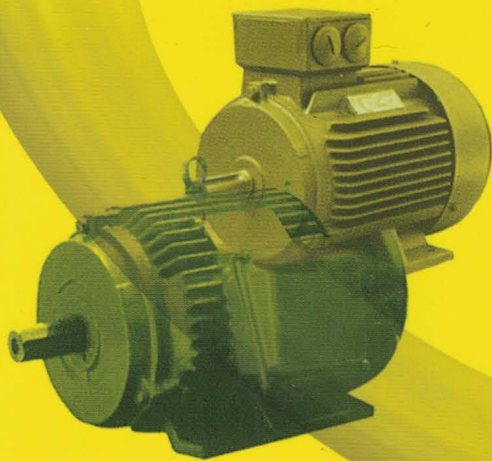


机械设备维修问答丛书

电动机 维修 问答

中国机械工程学会设备与维修工程分会
“机械设备维修问答丛书”编委会 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械设备维修问答丛书

电动机维修问答

中国机械工程学会设备与维修工程分会
“机械设备维修问答丛书”编委会 编



机械工业出版社

本书是“机械设备维修问答丛书”中的一本，由中国机械工程师学会设备与维修工程分会组织编写。

全书分8章。第1章介绍国内外电动机现状及发展趋势；第2章介绍电动机维修必备的基础知识；第3章介绍电动机的维修及故障排除；第4章直流电动机的使用与维修；第5章介绍交流电机的使用与维修；第6章介绍特殊电动机的使用与维修；第7章介绍电动机修理常用电工材料；第8章介绍电动机标准及修理试验；附录给出国内外电气图形符号对照表。

本书取材广泛，浅显易懂，针对性强，可供广大设备维修人员、操作人员管理人员和工程技术人员参考使用。

B \$*1
/ ц ц >
B u .— 2010.3
B
*4# 978-7-111-28877-0
■. ... ē. - -
*7.5. 320.7 -44

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第240357号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：沈红 责任编辑：沈红

封面设计：姚毅 责任校对：李秋荣 责任印制：乔宇

北京机工印刷厂印刷

2010年3月第1版第1次印刷

169mm×239mm·26.75印张·550千字

0 001—4 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-28877-0

定价：56.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

机械设备维修问答丛书

编 委 会

主 任 邢 敏

副主任 洪孝安 杨申仲

编 委 (按姓氏笔画排序)

马 彪	刘林祥	沈 红
陈万诚	岳福林	周 本
杨申仲	杨士奇	洪孝安
徐小力	蒋世忠	

《电动机维修问答》主 编	蒋世忠	罗 晖	王苏光
编写人	王苏光	阎 书	李学建
	刘 俊	王凤喜	
审稿人	曾翰林		

序 言

由中国机械工程学会设备与维修工程分会主编，机械工业出版社 1964 年 12 月出版发行的《机修手册》（8 卷 10 本），深受设备工程技术人员和广大读者的欢迎，曾于 1978 年和 1993 年两次再版和 6 次印刷，对我国设备管理和维修工作起到了积极的作用。

随着科技发展和知识更新，设备的更新换代，《机修手册》的内容已不能适应时代发展的要求，应该重新编写和修订。为了满足广大设备管理和维修工作者的需要，经机械工业出版社和中国机械工程学会设备与维修工程分会共同商定，从《机修手册》中选出部分常用的、有代表性的机型，充实新技术、新内容，以丛书的形式重新编写。

从 2000 年开始，中国机械工程学会设备与维修工程分会，组织四川省设备维修学会和中国第二重型机械集团公司、中国航天工业总公司第一研究院、兵器工业集团公司、沈阳市机械工程学会、陕西省设备维修学会和陕西鼓风机厂、上海市设备维修专业委员会和上海重型机器厂、天津塘沽设备维修学会和大沽化工厂、大连海事大学、武汉钢铁公司氧气有限责任公司、广东省机械工程学会和广州工业大学、山西省设备维修学会和太原理工大学等单位进行编写。

从 2002 年开始到现在已经出版了 20 余本。其中，2002 年出版了《液压与气动设备维修问答》、《空调制冷设备维修问答》、《数控机床故障检测与维修问答》、《工业锅炉维修与改造问答》等 4 本；2003 年出版了《电焊机维修问答》、《机床电器设备维修问答》、《电梯使用与维修问答》等 3 本；2004 年出版了《风机及系统运行与维修问答》、《发生炉煤气生产设备运行与维修问答》、《起重设备维修问答》、《输送设备维修问答》等 4 本；2005 ~ 2006 年出版了《工厂电气设备维修问答》、《密封使用与维修问答》、《设备润滑维修问答》、《工程机械维修问答》、《工业炉维修问答》等 5 本；2007 ~ 2008 年出版了《泵类设备维修问答》、《锻压设备维修问答》、《铸造设备维修问答》、《空分设备维修问答》等 4 本，2009 年出版了《工业管道及阀门维修问答》、《压力容器设备管理与维护问答》、《焦炉机械设备安装与维修问答》。

正在出版和编写的有《电动机维修问答》、《矿山机械设备维修问答》、《中小柴油机使用维修问答》等。

我们对积极参加组织、编写和关心支持丛书编写工作的同志表示感谢，也热忱欢迎从事设备与维修工程的家手里积极参加丛书的编写工作，使这套丛书真正成为从事设备维修人员的良师益友。

中国机械工程学会
设备与维修工程分会

编写说明

电动机作为各种设备的动力，被广泛应用于工业、商业、国防和公用设施等各个领域。目前电动机的用电量平均占世界各国的总用电量的 50% 以上，占工业用电量的 70% 以上。

随着国民经济的快速发展，我国设计、制造的电动机出口逐年增加，已成为世界生产电动机的大国之一。由于人民生活水平的提高，家用冰箱、空调器、洗衣机等设施不断增加，以及船用、工厂的设备等各行各业都有电动机在运行。这些电动机长期工作应该按时维护保养，发生故障必须及时处理。为此，中国机械工程学会设备与维修工程分会和机械工业出版社组织编写了《电动机维修问答》一书，可供电动机维修人员、广大电气技术人员参考使用并对电动机订购选型提供了厂家名录和技术数据。也可作为专业培训教材。

本书结合我们的实践，并参考了新出版的国家标准和国内外新技术书刊杂志汇编而成。

本书由蒋世忠、罗晖、王苏光主编。第 1~3 章由王苏光编写，第 4~6 章由阎书编写，第 7 章由王凤喜编写，第 8 章由李学建编写，附录由刘俊汇编，全书由王凤喜整理，曾翰林审稿。本书在编写过程中曾得到第二重型机械集团公司总经理石柯、副总经理曾祥东、装备部部长郭国英、万信公司副总经理花津路等的热情帮助和支持，在此表示感谢。

目 录

序言

编写说明

第1章 国内外电动机现状及发展趋势

1.1 我国交流电动机行业技术发展趋势如何?	1
1.2 我国高效电动机市场现状和发展趋势有哪些?	2
1.3 微特电机技术的市场发展趋势与措施是什么?	9
1.4 直线电动机的技术趋势如何?	12
1.5 智能型电动机保护器工作原理及组网应用有哪些?	14
1.6 我国已生产制造的大型电机、中小型电机有哪些?	18

第2章 电动机维修必备的基本知识

2.1 电气设备如何分类?	24
2.2 电气设备按种类和功能如何分类?	25
2.3 电工常用术语有哪些?	25
2.4 电动机常用标准技术数据有哪些?	33
2.5 常用电动机设备图形符号有哪些?	36
2.6 电动机检修及维修人员常用的工具和仪器有哪些?	55
2.7 电气设备的维修周期如何确定?	55
2.8 电气设备维修改造或大修后按什么标准检查验收?	57
2.9 设备诊断技术是什么?	57
2.10 电气设备诊断技术常用方法是什么?	58
2.11 电气设备的在线监测有什么特点?	58
2.12 电力变压器的主要试验项目及诊断判据是什么?	58
2.13 直流电动机的主要试验项目及诊断判据是什么?	60
2.14 异步电动机的主要试验项目及诊断判据是什么?	60
2.15 电动机日常修理和大修工时定额如何确定?	61
2.16 电动机修理停歇时间定额如何确定?	62
2.17 电动机维修实践要则是什?	62
2.18 电动机如何选择?	62
2.19 电动机的滚动轴承使用哪些润滑方式, 如何选择?	63

2.20	电动机修理时应如何选择合适的润滑脂？	63
2.21	电动机的轴承用哪些润滑油？	64
2.22	中小型电动机滚动轴承装配方法，润滑脂如何选择？	65
2.23	电动机润滑时间间隔是多少？	65
2.24	电动机润滑油荐用粘度是多少？电动机润滑油的标准性能有哪些？	67
2.25	法定电工计量单位有哪些？	68
2.26	常用电气设备文字符号有哪些？	70
2.27	常用电工图形符号有哪些？	74

第3章 电动机的维修及故障排除

3.1	电机如何分类？大、中、小型电动机怎样区别？	81
3.2	电动机维修的工艺流程有哪些？	85
3.3	电动机起动前如何检查？	85
3.4	电动机在运行中应注意哪些项目？且如何维护？	86
3.5	电动机如何拆卸？	87
3.6	电动机绕组如何拆除？	88
3.7	电动机绕组如何维修？	88
3.8	铝线绕组如何维修？	89
3.9	电动机绕组如何浸漆和烘干？绝缘漆怎样选择？	92
3.10	铁心故障如何鉴别？如何维修？	94
3.11	电动机轴如何维修及换轴方法？	95
3.12	机座和端盖如何维修？	96
3.13	换向器如何维修？	96
3.14	什么是电刷？常用电刷的类别及应用范围有哪些？	97
3.15	电刷的选用注意什么？常用电刷的主要技术特性及运行条件是什么？	98
3.16	电刷运行中常见的故障如何排除？	100
3.17	电刷如何更换？	100
3.18	常用的电刷尺寸有哪些？	101
3.19	集电环和刷握如何维修？	103
3.20	集电环工作表面故障在现场如何处理？	103
3.21	在现场怎样处理集电环绝缘局部烧伤故障？能否带电更换电刷？	104
3.22	为什么新购的滚动轴承要清洗？有的不清洗？	104
3.23	电动机修理装配滚动轴承有哪些方法？	105
3.24	提高滚动轴承使用寿命的措施是什么？	106
3.25	降低轴承噪声的措施是什么？	108

3.26	常用电动机的滚动轴承有哪些?	109
3.27	常用电动机的滚动轴承型号规格有哪些?	110
3.28	修理国外电动机需要更换轴承时, 如何选用国内轴承代用?	115
3.29	滚动轴承常见的故障如何排除?	120
3.30	滑动轴承常见的故障如何排除?	121

第4章 直流电动机的使用与维修

4.1	直流电动机的主要特点是什么?	123
4.2	直流电机主要用途及有哪些产品型号对照?	123
4.3	直流电机的工作原理是什么?	124
4.4	大、中、小型直流电动机在结构上的主要差别是什么?	124
4.5	直流电动机的基本结构有哪些部分?	125
4.6	国产主要直流电动机的型号有哪些?	127
4.7	国产主要直流电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有哪些?	127
4.8	直流电动机铭牌数据、额定值及出线标志各代表什么意义?	153
4.9	换向火花的划分原则是什么? 等级如何划分?	154
4.10	换向火花产生的原因是什么?	155
4.11	换向恶化原因的检查与处理有哪些?	156
4.12	直流电动机环火产生的原因是什么?	165
4.13	直流电动机发生环火故障后检查哪些部位?	166
4.14	直流电动机发生环火故障后应进行哪些处理?	167
4.15	防止环火的措施有哪些?	168
4.16	直流电动机在运行过程中常见的换向故障原因及排除方法有哪些?	168
4.17	直流电机故障原因及排除方法有哪些?	173
4.18	直流电动机换向器质量的要求是什么?	176
4.19	直流电动机换向器按结构如何分类?	180
4.20	升高片铆接点及换向器松动如何修理?	182
4.21	直流电动机电枢绕组如何维修?	184
4.22	直流电动机如何拆装?	185
4.23	直流电动机在运行维护中必须监视的项目有哪些?	186
4.24	直流电动机定期检修项目有哪些?	187
4.25	直流电动机检修后有哪些检查?	189

第5章 交流电机的使用与维修

5.1	交流电机如何分类? 各有什么用途?	190

5.2	同步电机如何分类？各有什么用途？	190
5.3	小功率同步电动机的类型及用途是什么？	190
5.4	异步电动机的类型及用途是什么？	191
5.5	小功率异步电动机的类型及用途是什么？	192
5.6	三相异步电动机如何分类？	193
5.7	新老异步电动机型号的对照有哪些？	193
5.8	三相异步电动机工作原理是什么？	196
5.9	三相异步电动机典型结构如何？	196
5.10	异步电动机的主要产品型号有哪些？	197
5.11	国产主要异步电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有 哪些？	198
5.12	三相交流电动机绕组出线端通常使用什么标志？	216
5.13	三相交流电动机使用的绕组分类有哪些？其适用范围是什么？	217
5.14	单相异步电动机的工作原理是什么？	218
5.15	三相异步电动机使用中过载和轻载各有什么危害？	219
5.16	三相异步电动机过载原因是什么？应该怎样处理？	219
5.17	同步电动机的主要产品型号有哪些？	220
5.18	国产主要同步电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有 哪些？	220
5.19	三相异步电动机缺相故障的原因是什么？有什么危害？	245
5.20	三相交流电动机绕组故障有哪些类型？	247
5.21	异步电动机故障如何排除？	247
5.22	同步电动机故障如何排除？	251
5.23	如何处理交流电动机绕组绝缘不良故障？	254
5.24	交流电动机绕组接地故障有哪些类型？如何处理？	255
5.25	交流电动机绕组短路故障有哪些类型？如何处理？	255
5.26	交流电动机绕组断路故障有哪些类型？如何处理？	257
5.27	怎样正确判断交流电机线圈是否接错？	257
5.28	三相异步电动机小修内容有哪些？	257
5.29	三相异步电动机大修内容有哪些？	257
5.30	同步电动机小、项、大修项目和检修周期有哪些？	258
5.31	三相异步电动机运行中功率因数降低原因是什么？提高措施 有哪些？	259
5.32	怎样正确判断、识别三相交流电动机定子绕组的首尾端？	260
5.33	交流电动机三相电流不平衡是什么原因？	261
5.34	笼型转子绕组常见故障形式、原因及处理方法有哪些？	261

第6章 特殊电动机的使用与维修

6.1	什么是单相异步电动机?	264
6.2	单相异步电动机如何分类?	264
6.3	单相异步电动机的产品型号含义是什么? 主要技术数据有哪些?	264
6.4	单相异步电动机有哪些常见故障? 引起故障的原因是什么?	273
6.5	罩极式单相异步电动机的常见故障及其排除方法有哪些?	273
6.6	什么是多速异步电动机?	274
6.7	怎样拆装、修理多速异步电动机并接线试车?	275
6.8	什么是步进电动机?	275
6.9	步进电动机有哪些种类?	275
6.10	步进电动机产品名称代号是什么?	276
6.11	常用步进电动机的结构和特点是什么?	276
6.12	步进电动机的故障如何检修?	277
6.13	什么是伺服电动机?	278
6.14	伺服电动机如何分类?	279
6.15	直流伺服电动机的基本结构包括哪些部分?	279
6.16	交流伺服电动机的基本结构包括哪些部分?	279
6.17	交流伺服电动机的用途和特点是什么?	279
6.18	直流伺服电动机的用途和特点是什么?	280
6.19	伺服电动机如何选择与使用?	281
6.20	交流伺服电动机使用注意什么?	281
6.21	直流伺服电动机使用注意什么?	281
6.22	交流伺服电动机和直流伺服电动机的单机概述、型号含义、新老产品 代号对照及技术数据有哪些?	282
6.23	直流伺服电动机的故障如何排除?	297
6.24	交流伺服电动机的故障如何排除?	297
6.25	舞台用单相异步电动机绕组的故障如何排除?	297

第7章 电动机修理常用电工材料

7.1	常用绝缘材料按耐热等级怎样划分?	300
7.2	电工绝缘材料如何分类?	300
7.3	电动机绕组常用哪些表面覆盖漆, 特点如何?	302
7.4	电动机绕组常用哪些浸渍漆, 特点如何?	302
7.5	常用浸渍漆的品种和特性及用途有哪些?	303
7.6	修理电动机常用哪些云母带的组成和特性是什么?	306

7.7	修理电动机常用哪些云母板的组成和用途是什么?	307
7.8	换向器常用的云母板和塑型云母板的型号、组成成分及用途是什么? ...	308
7.9	云母制品的种类、特点和用途有哪些?	308
7.10	云母带的电气性能有哪些?	312
7.11	柔软云母板的电气性能有哪些?	313
7.12	塑型云母板的电气性能有哪些?	314
7.13	换向器云母板的电气性能有哪些?	314
7.14	衬垫云母板的电气性能有哪些?	315
7.15	云母箔的电气性能和规格有哪些?	315
7.16	云母玻璃的品种和性能有哪些?	316
7.17	修理电动机常用哪些粘带、组成和特性如何?	316
7.18	常用粘带的品种、性能和用途有哪些?	316
7.19	电工用棉布带规格有哪些?	318
7.20	漆布的性能特点和用途是什么?	319
7.21	漆布的电气性能和规格有哪些?	319
7.22	玻璃漆布的性能特点和用途是什么?	320
7.23	漆绸的性能特点和用途是什么?	321
7.24	漆绸的电气性能和标称厚度是什么?	321
7.25	玻璃漆布的电气性能和标称厚度是什么?	321
7.26	漆管的性能特点和用途是什么?	324
7.27	漆管规格有哪些?	324
7.28	电容器纸的性能是什么?	325
7.29	修理电动机时常用的复合材料的组成和用途有哪些?	327
7.30	复合薄膜品种、性能及用途有哪些?	328
7.31	修理电动机常用哪些电工薄膜? 特性如何?	328
7.32	电工常用薄膜的性能及用途有哪些?	329
7.33	硅钢片漆的组成、特性和用途有哪些?	330
7.34	酚醛层压纸板的特点和用途有哪些?	331
7.35	酚醛层压纸板的电气性能有哪些?	332
7.36	酚醛层压纸板的厚度是什么?	332
7.37	层压布板的特点和用途有哪些?	333
7.38	层压布板的厚度是什么?	333
7.39	层压布板的电气性能有哪些?	334
7.40	层压玻璃布板的特点和用途有哪些?	334
7.41	层压玻璃布板的电气性能有哪些?	335
7.42	层压玻璃布板的厚度是什么?	336

7.43	层压管的组成、特性和用途有哪些？	336
7.44	层压管的物理性能是什么？	336
7.45	层压棒的组成、性能和用途有哪些？	339
7.46	电工硅钢片的分类和用途有哪些？	339
7.47	热轧硅钢片磁性能有哪些？	340
7.48	冷轧取向硅钢片磁性能有哪些？	340
7.49	冷轧无取向硅钢片磁性能有哪些？	341
7.50	国内外常用硅钢片牌号对照如何？	342
7.51	什么是电磁线？电磁线如何分类？	342
7.52	漆包线的品种、特点和用途有哪些？	343
7.53	漆包铜圆线的规格有哪些？	347
7.54	漆包铜圆线标称直径公差规定有哪些？	348
7.55	漆包铜圆线最小漆膜厚度规定是什么？	348
7.56	环氧漆包铜圆线规格尺寸及重量有哪些？	349
7.57	油性漆包铜圆线的规格尺寸及重量有哪些？	351
7.58	漆包铜圆线直流电阻是什么？	352
7.59	聚酯、缩醛、聚酯亚胺、聚酰亚胺等铜扁线的规格有哪些？	352
7.60	聚酰胺-酰亚胺漆包铜扁线规格有哪些？	356
7.61	QAN 自粘直焊漆包铜圆线规格有哪些？	361
7.62	自粘性漆包线的内漆层最小厚度有哪些？	361
7.63	自粘漆包线的最大外径有哪些？	361
7.64	耐油水漆包铜圆线规格有哪些？	362
7.65	绕包线的品种规格有哪些？	362
7.66	修理和制造电动机线圈时常用的电磁线有哪些？	367
7.67	纸包绕组圆线规格有哪些？	368
7.68	铜扁线的规格及截面积有哪些？	369
7.69	铜母线的规格及截面积有哪些？	373
7.70	铝母线尺寸偏差允许值是什么？	374
7.71	铜带的规格及截面积有哪些？	375
7.72	电动机修理用电工材料的名称含义及用途有哪些？	377
7.73	电动机引出线的型号、名称和用途是什么？	377

第8章 电动机标准及修理试验

8.1	我国的电动机标准有哪些？	379
8.2	为什么电动机经过修理要进行试验？	393
8.3	异步电动机试验项目有哪些？	394

8.4	试验前一般检查哪些部分？	394
8.5	绝缘电阻如何测定？	395
8.6	直流电阻如何测定？	395
8.7	耐压试验是什么？	396
8.8	匝间绝缘试验是什么？	396
8.9	转子开路电压如何测定？	397
8.10	空载试验是什么？	397
8.11	短路试验（堵转试验）是什么？	398
8.12	超速试验是什么？	398
8.13	温升试验是什么？	398
8.14	直流电动机修理后必须进行哪些试验项目？	399
8.15	直流电动机试验前检查哪些部位？	400
8.16	直流电机修理试验项目及要求是什么？	401
8.17	直流电动机如何进行温升试验？	402
附录 国内外电气图形符号对照		403
参考文献		413

第 1 章 国内外电动机现状及发展趋势

1.1 我国交流电动机行业技术发展趋势如何？

答：我国交流电动机行业技术发展趋势分析如下：

1. 国内技术现状

普通电动机属于成熟工业产品，新技术含量比较低，对生产设备的要求也不高。随着国内电动机制造企业技术水平的提高和对产品研究开发的重视，以及不断地消化吸收国外同行的先进技术。现阶段国内电动机行业的研发水平已有较大的提高。目前，国内生产的电动机品种规格多，适用范围广，工作效率高，并向节能环保方向发展。近年来主要的新产品包括：变频调速电动机、变极多速电动机、低噪声电动机、电磁调速电动机、高效率异步电动机、永磁同步电动机、高转差率电动机、旁磁制动电动机、电磁制动电动机、振动源异步电动机、防腐蚀型异步电动机等。

然而，与国外同行相比，国内电动机行业的技术水平还存在一定差距，包括外观、材料、制造工艺、设备专业化程度等都落后于国际先进水平。

2. 国内外行业技术发展趋势

(1) 节能环保 由于能源和环境保护愈来愈受到人们的关注，而交流电动机的用电量约占发电量的 60% 以上，因而电动机行业成为节能潜力最大的产业之一。今后，电动机产品将围绕节能和环保两大方面进行研发。在“十一五”规划中，国家提出实施十大节能工程，电动机节能为其中之一。行业内的企业应积极开展电动机节能工程的技术攻关，开展对超高效率电动机、高效永磁同步电动机、中型高低压电动机、再生能源配套发电机等产品新技术的研发，以环保指标作为开发新产品的要求，大力降低噪声，提高行业技术水平。

在各类节能型电动机中，高效永磁同步电动机节能效果显著，因而发展前景良好。与传统的电励磁电动机相比，永磁电动机特别是稀土永磁电动机具有结构简单，运行可靠；体积小，质量轻；损耗小，效率高；电动机的形状和尺寸可以灵活多样等显著优点。

因此，大力推广高效电动机，以及采用变频调速和串级调速技术，是目前国内外公认的电动机节能的最佳途径，其节电效率可达 20% ~ 30%。若配合国家的财政、税收、价格、信贷等优惠政策措施，大力鼓励支持开发此项先进节能技术，同时建立和完善节能服务体系，培育和规范节能技术市场，会加快促进企业节能实践，进而推进产业升级。

虽然目前电动机已具有比较高的效率，但是新的高效设计可进一步降低损耗，

提高效率,节省电费。设计、材料和制造技术的改进,使得高效电动机比标准电动机的性能更胜一筹。高效电动机的初始投资成本虽然比标准电动机略高一些,但由于其高效率,多投资的成本通过节省的电费很快就能收回,投资回收期有时短至几个月。

(2) 机电一体化方向 机电一体化技术是以微电子为主导的多种新兴技术与精密机械融合的综合性新技术。国际上技术领先的国家已大量采用电力电子技术、计算机技术、传感技术改造电动机产品,开发出一批机电一体化产品、智能化产品。新技术的运用给电动机行业带来了新的发展机遇。

随着电力电子技术产品的成熟发展和客户对自动化需求的增加,单独的电动机产品越来越淡化,电动机、调速装置和电器被视为一个整体。电动机产品与驱动系统发展方向是:集成化,即电力电子、电动机及控制系统高度集成化,使三者从设计、制造到运行、维护都更紧密地融为一体;智能化,即大量应用自适应、模糊及基于遗传算法的各种人工智能控制方法;通用化,即同一传动系统可以针对不同形式的电动机和不同的运行模式而实行不同的控制方式;信息化,即现代电气传动系统不但是转换、传送能量的装置,而且要成为传递、交换信息的通道。

(3) 特殊专用电动机市场广阔 由于节约能源的需要和满足新型产业产品配套的需求,特殊专用派生系列产品将会有更大的发展,从而为用户提供个性化的产品。例如泵用电动机、风机用电动机,适用于高温、粉尘、污垢或恶劣的大气环境的耐用电动机,适用于食品加工和其他潮湿环境的可冲洗电动机;适用于石油化工等工厂的防腐电动机;适用于农业户外作业的农业电动机等。

1.2 我国高效电动机市场现状和发展趋势有哪些?

答:研究表明,通过实施电动机能效标准和推广高效电动机的应用,到2011年,可累计节电764亿kW·h,节约电费497亿元,减排CO₂7640万t(排放系数:1kg CO₂/kW·h);到2020年,可累计节电1653亿kW·h,节约电费7800亿元,减排CO₂1.6亿t。因此,电动机能效水平的提高对于我国当前的节能减排工作具有重要意义。

1. 中小型电动机市场现状

随着我国经济的快速发展,电动机行业的发展也进入了高速增长阶段(2009年情况除外),产量以年平均15%的速度增长(图1-1)。在整个行业中,中小型电动机占据着主要的市场份额。据统计2006年,中小型电动机产量占到全部电动机产量的60%以上,占整个交流电动机产量的90%以上,因此中小型电动机的节能是实现电动机节能的重点。

另外,钢铁、化工、电力和石化等六个工业行业是耗电大户,也是中小型电动机的主要应用领域(图1-2)。2005年,这六个行业耗电总量占工业用电总量的60%(图1-3),占全社会总用电量的45%。能耗越大,节能的潜力越高。同时这些行业的电动机工作时间比较长,工作负载相对稳定,这些特点都有利于高效电动

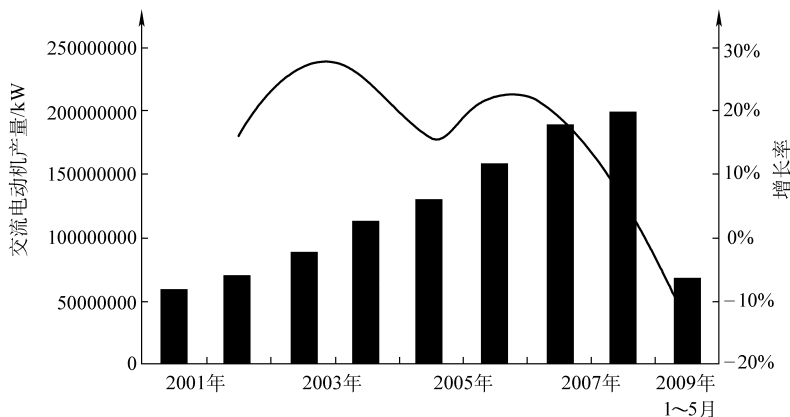


图 1-1 2001 ~ 2009 年 1 ~ 5 月交流电动机产量

机在这些行业的推广和应用。

2. 高效电动机发展现状

(1) 市场现状 我国目前主要有 Y 和 Y2 两个低压异步电动机系列在生产和使用。Y 系列是 20 世纪 80 年代初期全国统一设计的产品，Y2 系列是 90 年代中期的产品。两者共占据了市场将近 90% 的份额。虽然目前已经有 40 多家企业能够生产高效电动机，如 YX、GX、HJN 等产品，但高效电动机的市场规模依然较小（图 1-4），仅占整个市场的 10.4%，且相当一部分高效电动机是出口到海外（图 1-5），而真正的国内需求较少。

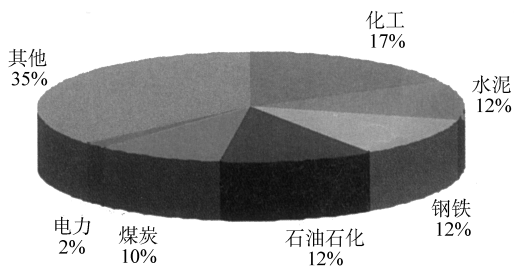


图 1-2 中小型电动机在主要工业行业的应用比例（按照千瓦数）（来源于 ICA 调研）

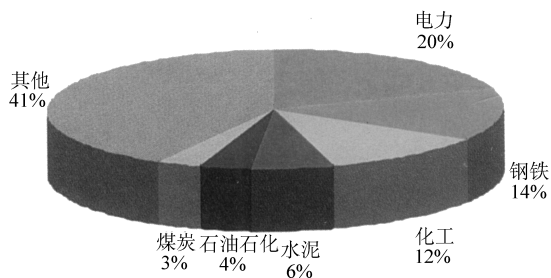


图 1-3 2005 年主要工业行业耗电量占工业总用电量的比例（来源于国家统计局）

(2) 技术发展状况 国际上自 20 世纪 70 年代出现高效率电动机后，于 20 世纪 90 年代又出现了更高效率的“超高效率电动机”。一般而言，高效率电动机与普通电动机相比，损耗平均下降 20% 左右，而超高效率电动机则比普通电动机损耗平均下降 30% 以上。因为超高效率电动机的损耗较高效电动机有进一步的下降，因此对于长期连续运行、负荷率较高的场合，节能效果更为明显。

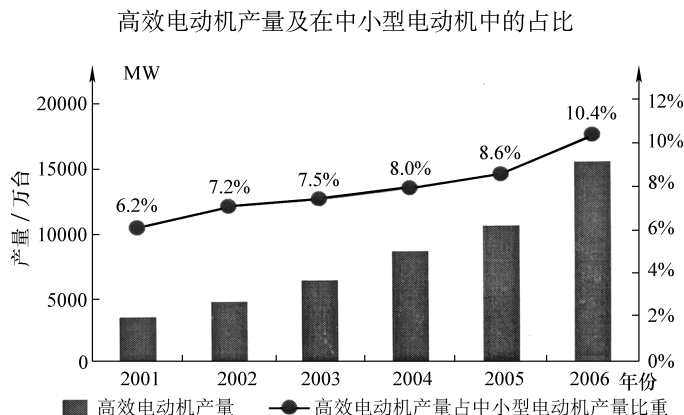


图 1-4 2001 ~ 2006 年高效电动机产量及在中小型电动机中的占比 (来源于 ICA 调研)

要实现从普通电动机达到超高效率电动机的效率提高,除了增加硅钢片和铜线的用量以及缩小风扇尺寸等措施外,还必须在新材料的应用,电动机制造工艺以及优化设计等方面采取措施,以控制成本和满足电动机结构尺寸的限制。

国内外很多企业在这些方面开展了积极的研究,并取得了一些进展。比如英国

Brook Hansen 公司和日本东芝公司都是通过硅钢材料的改进及电动机设计的优化,实现高效电动机的研发工作的。在我国,国际铜业协会与云南铜业和南阳防爆集团合作进行了铸铜转子电动机的研发工作及商业化过程,并已经取得了积极的进展。众所周知,铜的导电性要比铝高 40% 左右。如果使用铸铜转子替代目前笼型三相异步电动机广泛使用的铸铝转子,电动机的总损耗将可以显著下降,从而提高电动机的整体效率。使用铸铜转子可以制造出高效甚至超高效的电动机。在同样的电动机尺寸条件下,可以达到更高的电动机能效水平。目前已经试制出了达到并超过 EFFI 能效标准的铸铜转子样机,并证明了在当前的原材料情况下,铸铜转子样机具有比传统铝转子电动机更低的材料成本。

3. 我国高效电动机市场展望

(1) 目前推广应用高效电动机的有利市场环境

1) 国家在“十一五节能中长期规划”中明确了中小型电动机的发展目标,即设计效率由 2002 年的 87% 提升到 90% ~ 92% 的水平。

2) 2006 年国家开始实施十大重点节能工程,其中“电动机系统节能工程”明

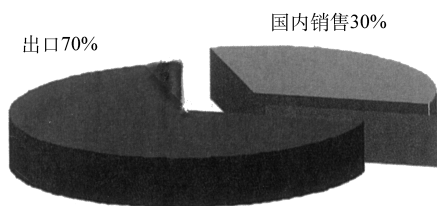


图 1-5 2006 年高效电动机出口与国内销售占比 (来源于 ICA 调研)

确了电动机系统节能的总体目标：以提高电动机及其系统运行效率为中心，降低电耗，在我国“十一五”期间，使电动机系统的运行效率提高2个百分点，形成年节电200亿kW·h的目标，并建立健全完善的电动机系统节能配套政策和标准体系，形成有利于电动机系统能效向高效化发展的长效机制和产业基础。

3) 完善了电动机能效标准与标识制度。在修订GB 18613—2002的基础上，国家颁布了《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》(GB 18613—2006)。该标准规定了三个能效等级，1级和2级是节能等级，同时标准规定，自标准实施之日起4年后，2级指标即目前的高效指标(相当于EFFI)将作为强制性最低能效指标。2008年6月1日，国家将实施《中小型三相异步电动机能源效率标识实施规则》，这将是第一个工业产品能效标识，也将成为高效电动机的生产、认证的强制规范，对推动高效电动机的应用将起到很好的拉动作用。

4) 中小型电动机行业内部出现了整合，许多小型的生产企业将被兼并、重组和关闭，行业内部生产厂商的集中将更有利于高效电动机的健康发展。另外，中小型电动机的利润空间日益缩小，通过生产高效电动机来提升利润率也将成为生产厂商的重要驱动力。目前，我国高效电动机出现加速增长的态势。潜在的生产厂商对市场前景看好，有30%的厂商表达了近期生产意愿，如图1-6所示。

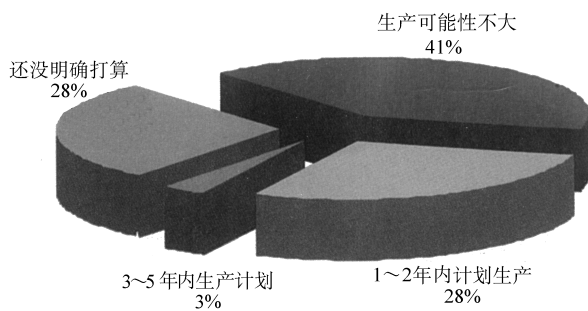


图 1-6 电动机厂商生产高效电动机的意愿 (来源于 ICA 调研)

(2) 加快我国电动机系统节能工作的步伐

1) 出台优惠政策，落实电动机系统节能工程的总体目标。结合国家节能减排工作的要求，切实抓好落实电动机系统节能工程的总体目标。研究制定我国的财税优惠政策，以鼓励电动机制造商和用户生产和应用高效电动机。

2) 完善电动机及电动机系统的能效标准体制。强制性能效标准的制定与实施是促进电动机及其系统效率水平提高的最有效手段。进一步完善电动机系统能效标准体系，同时，还应关注全球标准一体化的问题，使我国的电动机及系统能效标准的水平与世界同步。

3) 建立和实施“中国电动机挑战计划”。“中国电动机挑战计划”的目的是为了协助电动机系统节能工程的实施，实现电动机系统节能，出台相应的政策法规，并针对潜在用户开展信息传播及向潜在用户大力宣传决策工具，建立电动机系统节能示范项目，在设计、采购及企业电动机系统管理方面，通过改进系统方法达到改善企业效率，节约电能，提高生产力，减排温室气体。

4) 建立重点耗能行业高效电动机系统标准体系。针对重点耗能行业如石油石化、冶金、城市给排水和建材等行业，研究制定高效电动机系统采购标准和选型技术规范。由于我国行业特点和性质决定了在一些国家垄断的行业中，能够更加便于贯彻标准和规范的实施。

5) 实施电动机及其系统能效标识制度。实施电动机及其系统能效标识制度，是为用户的购买决策提供必要的信息，以引导和帮助用户选择高效的电动机及其拖动设备，从而影响耗能电动机及其拖动设备的设计和市场销售，以促进电动机系统能效的提高和节能技术的进步。

6) 加强国际交流与合作。

4. 高效电动机推广所面临的问题

通过对中小型电动机厂商，OEM 厂商和最终用户的大量调研发现，导致高效电动机推广不力的主要原因在于：

1) 高效电动机能效标准执行力度不够，造成最终用户认知度不高。

2002 年 国家颁布实施的《中小型三相异步电动机能效限定值及节能评价》国家标准，即 GB 18613—2002，其中，电动机的能效限定值是强制性指标，符合现行的电动机运行状况，但对电动机节能的指导作用不大；而节能评价是推荐性指标，是电动机制造商在自愿的原则下进行节能产品认证的依据，但由于这个标准的宣传和执行力度不够，造成国内用户对高效电动机的认知存在一定的混乱和模糊。研究发现，目前在电动机最终用户中，对高效电动机的认知度不足 30%，如图 1-7 所示。

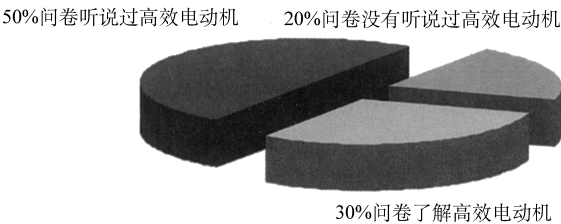


图 1-7 最终用户对高效电动机的认知程度（来源于 ICA 调研）

目前主要最终用户行业的高效电动机应用比例都不高。但是，石油石化和煤炭的用户正在使用高效电动机的比例较高，如图 1-8 所示。

目前主要最终用户行业的高效电动机应用比例都不高。但是，石油石化和煤炭的用户正在使用高效电动机的比例较高，如图 1-8 所示。

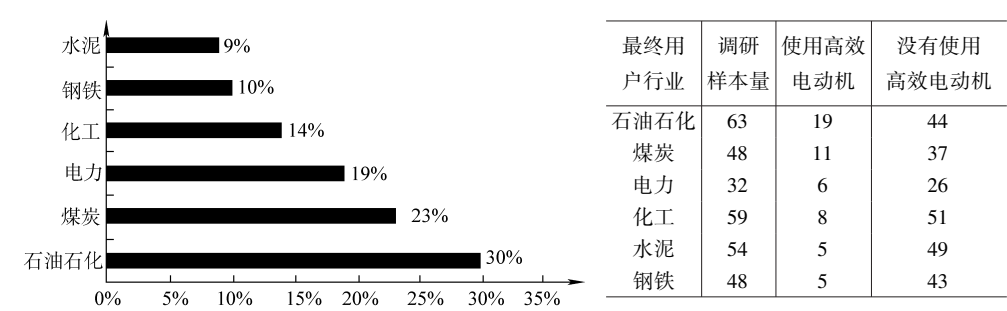


图 1-8 主要工业行业是否应用高效电动机的比例

调研结果也表明，最终用户在看重价格的同时，最关注的就是高效电动机的节能效果，如图 1-9 所示。但是阻碍最终用户采用高效电动机的重要原因就在于高效电动机节能效果的准确计量。

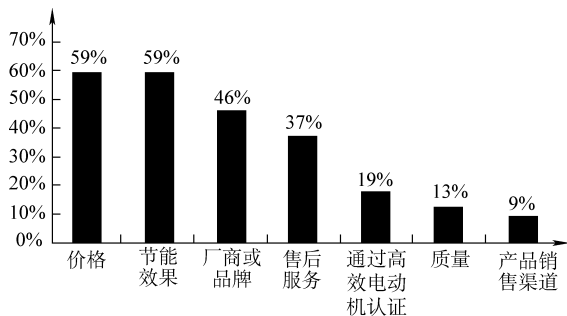


图 1-9 最终用户购买高效电动机考虑的因素
(来源于 ICA 调研)

另外调研结果显示，“专业媒体”和“电动机厂商或机械设备厂商推介”是最终用户了解高效电动机的两个最主要渠道，如图 1-10 所示。如果生产厂商利用专业媒体等形式加强宣传，将会极大促进最终用户对高效电动机的认知。

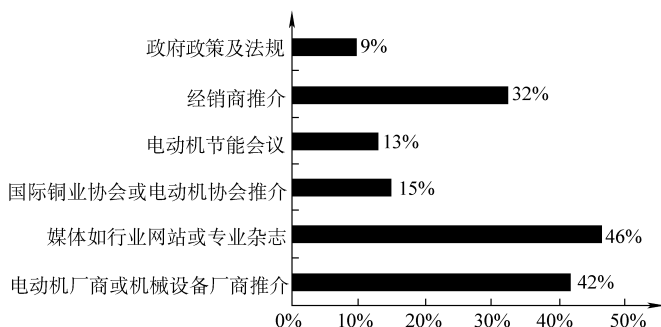


图 1-10 最终用户了解高效电动机考虑的渠道 (来源于 ICA 调研)

2) 最终用户需求不是导致生产厂商缺乏生产高效电动机的动力。

中国中小型电动机市场是一个典型的以用户需求为导向的市场，用户需求的缺乏，使得电动机厂商不可能大量生产高效电动机。调查结果显示，在 300 家规模以上企业中，约有 35 家正在生产高效电动机，占比约为 12%，如图 1-11 所示。

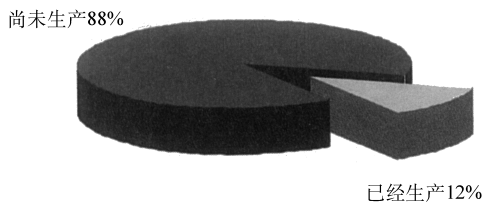


图 1-11 生产高效电动机的厂商比例
(来源于 ICA 调研)

厂商生产高效电动机的两个主要动力为“满足出口和海外需求”以及“满足国内用户需求”，如图 1-12 所示。而对于目前没有生产高效电动机的厂商，他们同样认为“市场需求不足”是不生产高效电动机的主要原因，如图 1-13 所示。可见，用户需求是厂商生产高效电动机的直接驱动力。

因此，想要推动高效电动机的大量生产，提高生产厂商的生产积极性，则要么

通过政策的强制措施，要么通过最终用户需求的有效挖掘。

3) 作为重要的市场参与者，OEM 厂商（机械设备配套厂商）缺乏采用高效电动机的利益驱动。

由于中国中小型电动机有 80% 是通过 OEM 厂商来销售的，如图 1-14 所示，因此他们就成了市场中举足轻重的主体。OEM 厂商相对比较集中，如果能推动他们配套采用高效电动机，就能很好地实现高效电动机的推广。

调研表明，OEM 厂商都认识到电动机对于配套机械的重要性，其中 67% 认为“十分重要”，如图 1-15 所示。但目前 OEM 厂商配套使用高效电动机的比例还比较低，如图 1-16 所示。如果加上最终用户没有明确提出电动机效率的要求，这些 OEM 厂商就缺乏强有力的经济利益驱动，通常情况下他们不会主动采用高效电动机。

已经配套使用高效电动机的 OEM 厂商对“节能效果”关注程度非常高，如图 1-17 所示，这恰恰有利于高效电动机的推广。

因此，要想更好地推广高效电动机使用，对 OEM 厂商的激励力度就要加强，他们对高效电动机的价格是最敏感的一个群体，有超过一半的 OEM 厂商认为价差

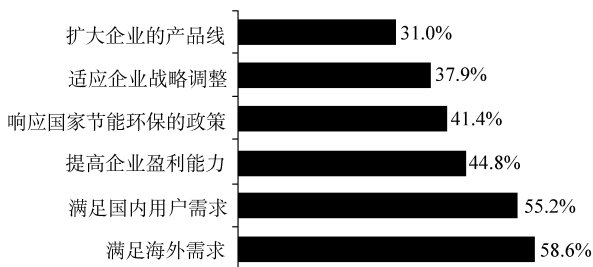


图 1-12 厂商生产高效电动机的驱动力
(来源于 ICA 调研)

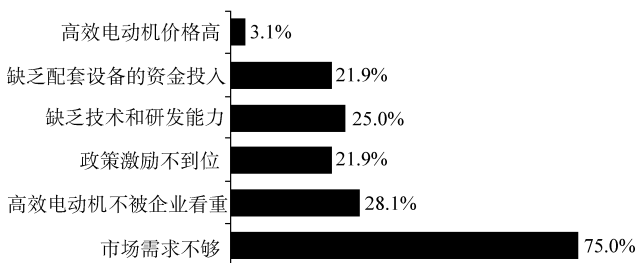


图 1-13 目前尚未生产高效电动机的原因
(来源于 ICA 调研)

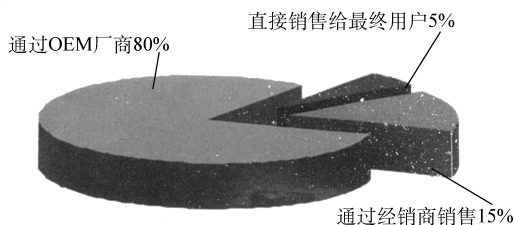


图 1-14 中小型电动机销售渠道 (来源于 ICA 调研)

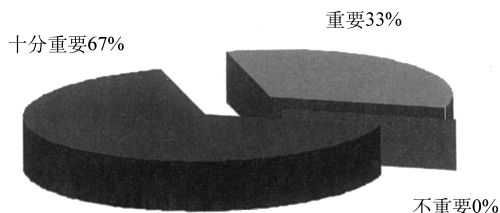


图 1-15 OEM 厂商对电动机在配套机械中的重要性认识
(来源于 ICA 调研)

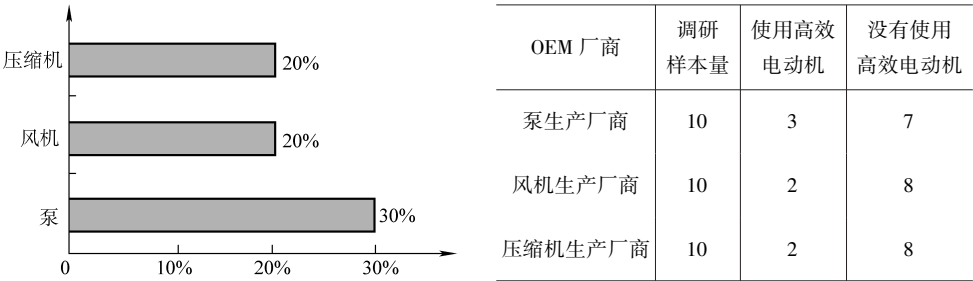


图 1-16 主要机械设备是否配套高效电动机的比例（来源于 ICA 调研）

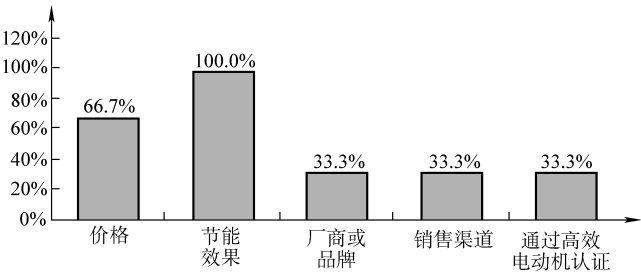


图 1-17 OEM 厂商购买高效电动机考虑的因素（来源于 ICA 调研）

（高效电动机价格减去普通电动机价格） < 10% 的情况下才会配套使用高效电动机，如图 1-18 所示。

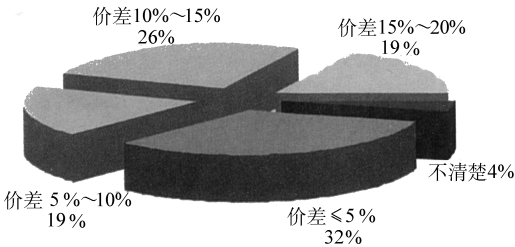


图 1-18 何种价差下 OEM 厂商愿意购买高效电动机（来源于 ICA 调研）

价格下降和财政补贴或许是两种不错的激励措施。当然如果国家能够从上游来限制非高效电动机的生产也不失为一种推广策略。另外，机械设备本身性能的提升将有利于 OEM 厂商配套采用高效电动机。

1.3 微特电机技术的市场发展趋势与措施是什么？

答：微特电机技术的市场发展趋势与措施是：

自 20 世纪 50 年代末期创建，经过近半个世纪的发展，我国微特电机行业沐浴着改革开放的春风，承接世界制造业转移的机遇，现已形成产品开发，规模化生产和关键零部件，关键材料、专用制造设备、专用测试仪器配套基本完整的工业体系。微特电机已成为我国国民经济、人民生活各个领域里凡是需要“动”的场合不可缺少的一个基础产品。我国的微特电机市场也早已打破 20 世纪 70 年代国有企

业一统天下的局面，形成“三资”并立之势。

2002 年我国年产各类微特电机约 50 亿台，占全球总产量 70% 左右，生产品种多达 5000 余种以上，中国已成为世界微特电机生产大国。然而，技术含量高的微特电机，如精密无刷电机、片状电机、超声电机、高速电机、数字交流伺服系统等尚未具备形成产业化、大批量生产能力，所以还称不上世界微特电机技术强国。如何使我国由微特电机世界生产大国向技术强国转变，已经成为我国微特电机行业企业、专家共同关心的问题。

1. 民用市场需求强势拉动

随着国民经济的快速发展，人民生活水平不断提高，民用市场对电子与电器产品的品种、数量、质量需求日益增长。早先一个普通家庭购买的电子电器产品不过是电视、冰箱、空调器、洗衣机，现在很多家庭还要购买 PC 机、数码摄像机、视频音响乃至轿车；以上家庭占总人数还是不多。另一方面，传统产品的更新换代也带来了巨大的市场需求。

这些民用电子与电器产品因其功能的不同，需要应用不同品种、不同规格、不同数量的微特电机。民用市场的巨大需求强有力地拉动了微特电机行业的高速发展。如表 1-1 中的统计与预测数据明显地反映了民用市场的拉动作用。

表 1-1 全球部分电子与电器产品用微特电动机市场需求统计与预测

(单位：百万台)

产品名称	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
HDD 主轴电动机	228. 41	283	372	512
FDD 主轴电动机	205. 95	162. 7	122	85
光盘主轴电动机	536. 87	537	541	545
复印机用电动机	21. 66	21. 78	22. 13	23. 01
打印机用电动机	181. 96	194. 48	206	222. 47
空心杯振动电动机	274	310. 6	322. 7	345
有铁心振动电动机	131	150	165. 2	181. 7
DVD 用无刷主轴电动机	68. 5	80. 5	93. 65	103. 3
DVD 用直流主轴电动机	23. 5	29. 2	34. 3	40. 5
DVD 用步进电动机	49	60	70. 6	82. 8
DVD 用盒仓直流电动机	145. 2	165	200	235
磁带摄像机用电动机	254. 6	250. 5	247. 6	244. 5
照相机用电动机	104. 45	116. 1	125. 4	137. 5
家用空调器用电动机	78. 9	81. 6	82. 8	84
吸尘器电动机	56. 57	58. 73	61. 08	63. 52
洗衣机电动机	154. 43	155. 63	157. 5	159
轿车用电机	807	816. 6	824	829. 2
卡车用起动机、发电机	33. 06	33. 8	34. 4	35. 8
机器人用电动机	128. 4	166. 9	210. 6	273. 6
游戏机用电动机	170. 5	176. 75	183. 05	189. 95
电动自行车电动机	100 (估)	110	121	132
小计	3753. 9	3960. 87	4197. 7	4524. 85

2. 微特电动机技术发展趋势

在微特电动机应用的领域中,对其技术性能的要求与使用要求在不断地提高,它指引着作为驱动部件——微特电动机向着小型化、扁平化、轻量化、无刷化、高速化、高精度化、节能、电磁兼容、低噪声、长寿命的技术方向发展。同时,电力电子技术、微电子技术、永磁材料技术、精密和精细加工技术的发展,也为微特电机技术的发展提供有力支撑。

1) 小型化、扁平化、轻量化是现代电子产品的发展趋势,微特电机相应地被要求适应这一发展趋势。例如, HDD 从 3.5 ~ 2.5in 再到 1.8in。现在 1in HDD 形如一枚纪念币大小,重量仅为 16g,已经量产,下一代将是 0.7in HDD。为适应 HDD 小型化、微型化的趋势,采用片状绕组或薄膜绕组作定子,采用钕铁硼磁体或采用溅射工艺制成的永磁转子的永磁无刷直流电动机已分别在上述 HDD 中作主轴驱动。

2) 无刷化,实现变频节能。以永磁无刷直流电动机替代单相交流异步电动机,能够实现空调器、冰箱、洗衣机等家用电器的变频调速,使其转速随工况自动调节,提高了节能、电磁兼容性能,并且降低了噪声。例如,冰箱的变频压缩机中采用永磁无刷直流电动机,其工作转速在 1600 ~ 4000r/min 之间可调,使制冷可调范围的能力增大到 1:2.5,节能 25%。

3) 电动机控制 DSP 化。目前信息产品和家用电器中大量使用永磁无刷直流电动机,要对这些产品进行数字化控制,实现电动机的智能功能,应用 DSP 技术是必然的技术保证。例如,日本东芝公司开发的 TW-V8630 型家用洗衣烘干一体机采用了一台由 DSP 控制的电动机,MCU 随时监控电动机的转矩,并以每 125 μ s 就进行一次计算,从而实现提高对电动机的控制频率达到 80 倍以上,使洗衣筒振动减少一半,洗衣效率提高 10%。

4) 高速化、高精度化。信息产品和视听设备中应用的微特电机向高速化、高精度化的方向发展。在近年日本小电动机技术展上,松下电器等公司展出的 DVD、CD-ROM 主轴电动机,其转速在 20000r/min 以上,激光打印机电动机转速在 10000 ~ 50000r/min。

微特电机高精度化也是满足信息产品和视听设备性能指标的技术保证。例如, HDD 主轴用永磁无刷直流电动机以高速驱动盘片,在磁头与盘片只有 0.1 ~ 0.3 μ m 间隙中悬浮旋转,电动机端面转盘跳动度要求就非常高。在 ODD 中,电动机端面跳动度要求尽管比 HDD 低,但在承受振动、冲击、耐低温、耐高温、耐湿度、高低温循环耐久性能试验和额定负载下连续 5000h 寿命试验后,仍应不大于 20 μ m。正是由于永磁无刷直流主轴电动机的高速化、高精度化,才能保证了 HDD、ODD、激光打印机及 PC 机外设高速、精确、可靠运行。

5) 低噪声、电磁兼容、长寿命。低噪声和优良的电磁兼容性能也是消费类电子与电器产品对微特电机的一个基本要求。采用永磁无刷直流电动机替代传统的直流永磁电动机,由于没有电刷与换向器,降低了电动机噪声,提高了电磁兼容性

能。HDD 用高速电动机采用动压（液体、空气）轴承将大大延长电动机的寿命（ $>50000\text{h}$ ）。

6) 新原理微特电动机的开发与推广。超声波电动机是微特电机新原理电机中获得商业化应用的一种新颖电动机。超声波电动机是利用压电陶瓷的逆压电效应，将压电材料的微观变形，经共振放大和摩擦耦合转换成转子的宏观运动。它不存在绕组和磁场部件，结构简单，是一种转矩大、直接驱动、速度可调、低噪声、电磁兼容性良好的驱动元件。除了在照相机自动调焦系统中获得商业化应用外，还在家用电器、办公自动化设备、音响视频设备、FDD 及 HDD 等电子和电器中获得推广应用。

3. 我国实现微特电动机技术强国的途径与措施

入世后的我国微特电动机行业面临机遇与挑战并存的全球经济大环境。以市场需求牵头，开发技术含量高的具有自主知识产权的微特电动机及其系统，并形成专业化、规模化生产能力，从而满足应用领域日益增长的需求。要使我国成为世界微特电动机技术强国，应着力做好以下几项工作：

1) 开展高精度关键零部件、高性能关键材料的研发和生产，因为这是高技术含量微特电机的基础，也是提高微特电机市场竞争力的有效措施。

2) 在新产品开发时与整机用户紧密配合，开发自主知识产权品牌的产品，诸如将数字交流伺服系统，无刷电机驱动控制芯片、电路、软件等作为突破口，在技术引进的基础上，真正做到产品国产化、系列化，方便用户开发新品时选用。

3) 充分发挥专业研究所、高校科研先导的领头羊作用，实施生产、教学、科研三结合，加快微特电动机科研成果转化工作，把具有自主技术知识产权的技术渗透到微特电机规模化产品生产中去，创一流品牌。

4) 增加新品开发资金的投入。在民营企业已成为我国微特电机主力军的今天，政府应在税收政策、资金方面为民营企业提供必要的条件。企业也应考虑自身的发展，投入资金建立技术开发中心，加速新品研发速度，改善产品结构，提高产品的技术档次和质量。

5) 加强与海内外的技术交流与合作，不间断地跟踪海外微特电机技术发展动向。走出国门参加、参观国际性会展；考察访问相关的企业；邀请境外专家来华讲学，从而促进我国微特电机新技术的发展。

6) 加强企业人才培养，留住高技术素质的人才，重视高技术素质人才是企业乃至我国走向微特电机强国之根本。

1.4 直线电动机的技术趋势如何？

答：直线电动机的技术趋势是无电刷的永久磁铁电动机。

在需要进行推拉操作或直线定位操作时，可供选择的器件很多。液压缸和气缸是流体动力工业的基本器件。电动致动器能把旋转运动转变为直线运动，它在低速运动时具有更高的精度。电动致动器这种间接电驱动器件的应用已有许多年了。电

动致动器工作时，电动机通过球形螺母机构、带齿的传动带、齿轮连接或直接连接驱使丝杆旋转。虽然这些器件的成本不高，但是它们需要经常维护，运行时间长了难以保持最初的精度。

为了取得更高的定位精度和再现性，一种新的电动直线致动器是直线伺服电动机。这是一种直接驱动器件，其工作原理有若干种，机构设计也各不相同。

无电刷直线伺服电动机直接推动有效负荷定位、推力与电动机重量之比高，快速加速时惯性低。由于没有内部运动部件，运行安静无磨损，适用于实验室机器人。

1. 管式电动机

这种电动机的管式推杆上的运动块具有环形线圈，这样设计可使电动机转子线圈完全环绕定子的永久磁铁，从而最佳地利用了存储的能量。鉴于所有的线圈切割所有的磁力线，能产生单纯的直线推力。

管式电动机可在 0.5s 内把 10kg 的负荷推动 1m 以上的距离。另外，两个管式电动机运动块可以完全独立地在一根推杆上运行，操作软件可以确保运行安全，不会碰撞。另一种运行方式是让管式电动机运动块固定，让推杆运动。

Sulzer 电子公司设计出无电刷的 LinMot 管式电动机。这种设计让磁铁运动，把线圈固定在外筒上。英国 Quin 系统公司生产一种管式电动机，行程为 1460mm，推力为 240N、加速度为 268m/s^2 ，最大速度为 3.1m/s 。如果应用强制风冷，推力将更大。

永久磁铁无电刷直线电动机正在成为将来的技术。有电刷直线电动机由于输出推力与外形尺寸之比的限制，而且要求额外的维护，正在失去市场。

无电刷直线伺服电动机设计的主要差别是有无永久磁铁，以及是线圈运动还是磁铁运动。磁铁运动的缺点是运动部件较重，但优点是电缆固定，运行可靠。线圈运动的优点是运动部件的重量较轻，但缺点是电缆在移动，有可能产生故障。

另一个设计差别是线圈是否有铁心。无铁心的线圈密封在环氧树脂之中。由于没有线圈与磁铁之间的吸引，线圈运动时没有伺服电动机的齿槽效应。电动机下侧的运动能源产生较小的力。如果要求较大的力，则应采用有铁心的线圈，线圈与磁铁之间有更大的吸引力。吸引力为 600 ~ 20000N。美国 Kollmorgen 公司生产这两种无电刷直线电动机。

提高磁力线的强度无疑能增加单位体积的连续吸引力，可增加 10% ~ 20%。然而，伴随增加的电感应可能使动态性能发生问题，影响系统稳定的时间。而且，有铁心线圈的电动时间常数比无铁心线圈的时间常数大 5 ~ 20 倍，带来较低的伺服带宽，降低伺服刚性，可能导致定位误差。

2. 无铁心设计

瑞士的 Etel 公司生产有铁心和无铁心两种类型的无电刷电动机。有铁心的电动机推力为 10000N，速度为 10m/s ，加速度为 $5g$ 。这种电动机的性能满足机床市

场的需要，也满足其他“取得并放置”类机械的需要。无铁心电动机更适用于高度动态的应用，它的加速能力是有铁心电动机的两倍，但推力限制在 2000N。配备空气轴承，这种电动机被应用在半导体工业中。

无电刷直线伺服电动机常常是平面形状，或者“U 槽”形。Aerotech 公司生产的直线电动机包括配备稀土磁铁的 BLM 系列，额定连续推力为 280N，行程无限制，最高速度为 5m/s。采用强制风冷可提高连续推力。线圈的反馈控制可通过霍尔效应装置，或通过直线编码器。

对各公司生产的各种直线电动机进行了一次性能比较。比较项目有外形尺寸、输出推力（最大推力、连续推力、有冷却、无冷却），电动机常数等。比较结果显示，Aerotech 公司生产的直线电动机有更大的推力。

英国 Baldor 公司生产有电刷和无电刷的直线电动机，以及交流感应直线电动机。其样本的性能曲线帮助用户选择电动机。与其他直线电动机生产者一样，Baldor 公司注意到无电刷电动机的发展增加了效率和加速度。尽管这种电动机的成本更高，用户对这种电动机的接受程度还是增加了。但是如果把成本作为最重要的因素，则还是应考虑采用交流矢量控制的电动机。这种电动机的行程长，闭合回路的定位精度为 0.025mm。

为了发挥直线电动机性能的优点，生产厂不得不寻找或设计适用的第三方控制器。按照惯例，对于随机移动的应用，直线电动机采用正弦整理三相线圈。这就要求用一个放大器来激励绕组，并用六相顺序脉冲来激励绕组，通过磁场传感器反馈。定位精度取决于所选用的传感器，包括霍尔效应装置、直线编码器、直线标尺、激光监控。

3. 联网的结构

推动闭合回路直线电动机技术发展的一个因素是“现场总线 (Fieldbus)”联网结构的发展。实际上，Baldor 公司售出的每一台电动机控制器都包括场总线连接。目的是在与输入、输出、机器接口等连接时，减少机器的布线。现代结构的趋势是追求开放的结构。要想拥有一种伺服控制算法，能够处理每一台机器的动态要求是不可能的。Baldor 公司的解决方法是开放其控制结构，提供一种修改的软件，以满足各个用户的特定应用。这种办法期待在未来几年能对原始设备生产商发挥影响力。

Baldor 公司的新项目中，有 1/5 的项目规定要在机器中设计直线电动机。许多运动控制软件也配备各种直线电动机。该公司的直线电动机生产率一直在提高。

无电刷直线伺服电动机的成本相对高一些。但与间接驱动器件相比，价格差距正在缩小。随着技术的发展，电动机、编码器、放大器的设计日益先进，应用范围将日益宽广。

1.5 智能型电动机保护器工作原理及组网应用有哪些？

答：智能电动机保护控制器替代传统的热继是发展趋势，并进入普及阶段。随

着自动化水平的不断提高,市场上需求的智能电动机保护控制器除保护功能外,还要具有实现组网需求的网络通信功能。而这种智能型的电动机保护控制器在电厂中应用时,为了实现合理、可靠的组网架构,必定需要 DPU (网络通信管理机) 这样的关键设备。

据不完全统计,国内每年烧毁电动机的数量在 20 万台以上,容量约占 0.4 亿 kW,直接经济损失高达约 16 亿元,间接经济损失高达百亿元。此外,因修电动机每年约浪费铜线 5000 万 kg,生产铜线每公斤需用电 $33.4\text{kW}\cdot\text{h}$,每年仅此浪费电能 16.7 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,所以电动机节能和电动机保护的研究与推广应用在节能中具有突出的重要地位。

长期以来,我国的电动机保护主要是采用熔断器和热继电器。热继电器属电流信号的间接保护,具有成本低等优点,但是热继电器本身存在缺陷,例如,低倍过载反时限动作和极限过载应及时动作,与 6 倍过载一定时限内应不动作矛盾;断相过载及时动作与三相不平衡应稳定的矛盾;热继电器易受外部环境温度影响,电流调整不方便并且不精确。

因此,1996 年 9 月 26 日,当时的机械部、国家计委、国家经贸委、国家科委、国家技术监督局、电子部、电力部、财政部等八部委联合发出《关于公布机械工业第 17 批节能机电产品推广项目及第 16 批淘汰落后机电产品项目的通知》,要求于 1997 年 12 月 31 日彻底淘汰 JR0、JR9、JR14、JR15、JR16-A、B、C、D 系列热继电器。1999 年 1 月 22 日,国家经济贸易委员会关于《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》再次彻底淘汰 JR0、JR9、JR14、JR15、JR16-A、B、C、D 系列热继电器。

随着现代电子技术的高速发展,智能型电动机保护器应运而生。这里以丹东华通测控有限公司生产的 PDM 系列电动机保护控制器为例,说明一下电动机保护器的保护原理及电气系统(包括智能电动机保护器及智能配电设备)在电厂组网中的应用。

作为电动机保护控制器个体设备,实现就地保护是基本功能,但从电力系统自动化层面来看,其智能通信方面的功能也是特别重要的。PDM 系列的电动机保护控制器本身可具有 2 路 RS485 通信接口,实现多种协议的选择,如 Modbus RTU、Profibus-DP 等,这为产品在自动化系统中的组网提高了灵活性,但目前国内最为常见的双网构架还是采用 Modbus RTU 组网方案。

智能电动机保护器及智能配电设备(DCS)

电厂中电动机保护控制器与配电产品的应用有着相同的比重。在实现组网的工作中,它们是密不可分的。因此,在讨论组网方案时,不将电动机保护器单独列出,而是从整个电气系统与 DCS 如何接口方面入手。

目前,在发电厂集散控制系统中(DCS)已得到了广泛的应用,但大都侧重于汽轮机和锅炉,对电气系统考虑较少。主要表现为:电气系统主要的保护、安全自

动装置基本独立运行、与 DCS 系统间通过硬接线方式进行有限的控制和信号交换；电气系统的控制基本上采用常规控制手段，电气系统的测量、保护动作、定值整定、事故追忆、电量报表等电气运行参数在 DCS 系统无法完整反应。

近年来，各电厂及设计院都致力于提高电气系统的自动化水平，并提出了各种电气系统联网及接入 DCS 的方案，并在许多电厂组建了相应试点。普遍的观点认为，电气系统接入 DCS 是一个趋势。这也给电气系统自动化产业提出了新的课题，行业内有实力的厂家都以此为着眼点，努力寻求更为适合电厂现状的解决途径。

以前，系统中的电气量是通过硬接线方式接入 DCS 的。这些电量（I、U、P 等）通过变送器送至 DCS 模拟量采集板、开关、保护状态等开关量信号通过硬接线方式接入到 DCS 的开关量采集板。而对控制而言，则是由 DCS 的开关量输出板卡接至电气系统设备的开关控制回路中。这种方式由于电厂电气部分的设备量大，模拟量与信号量如果都由硬接线方式输入输出，必定造成系统成本高，设计、施工复杂，资源浪费严重、扩展性差、维护困难等问题。

基于独立的 ECS 系统设想，在 ECS 系统中通过设备自身的双通信网络功能，首先实现现场间隔层设备的双网架构，保证系统的可靠性。这种方案可靠强、成本稍高。ECS 系统可以完全拥有自己的监控中心及数据管理服务器。

方案一 间隔层一般采用低速的 485/Modbus 网络，通过 DPU（网络通信管理机）进行协议转换，实现高速网络传输（图 1-19）。并就地设立 ECS 系统的监控中心，实现对电力系统自动化的信息采集与管理。通过以太网网关服务器，运用高速网络层将 DCS 需要的信息上送。

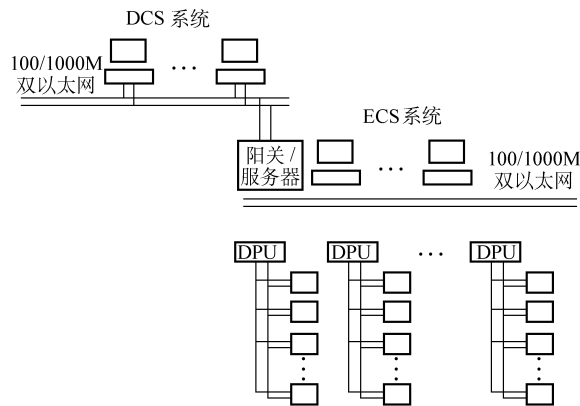


图 1-19 网络通信管理系统方案一

优点：这种方案不仅解决了由 DCS 系统直接组网而带来的问题，而且 ECS 系统完全独立，而且运用双网架构提高了系统的可靠性。

缺点：由于信息由 ECS 系统转送，多了一级硬件设备和软件程序，增加了系统的风险。

方案二 与方案一相比，就是从 DPU（网络通信管理机）直接将间隔层设备的信息送至 DCS 系统，越过 ECS 系统本身，要求 DPU 的上行通信接口有足够的冗余接口及协议转换能力（图 1-20）。

方案三 可以在前两套方案中，将 ECS 独立的监控中心取消，直接由 DPU 上送至 DCS 系统。这样既可减少电厂组网的成本，又可较为规范的划分 DCS 与 ECS

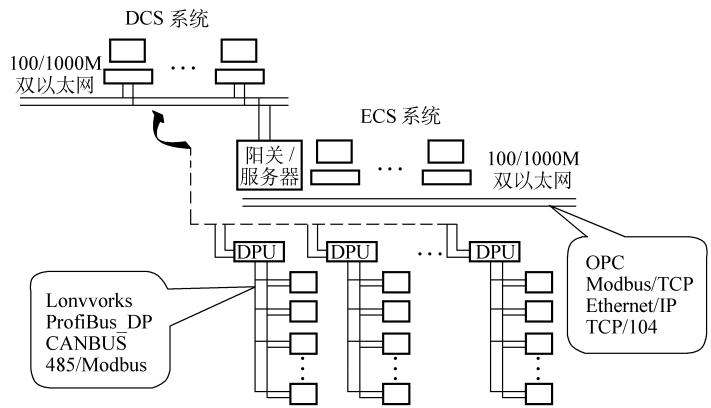


图 1-20 网络通信管理系统方案二

的界线，明确施工责任，解决了 DCS 厂家与 ECS 厂家的配合问题。

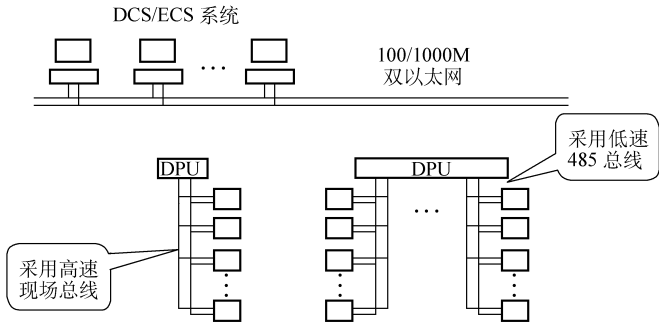


图 1-21 网络通信管理系统方案三

在这里，后两种方案在电厂应用比较多，但无论哪种方案，DPU（网络通信管理机）设备的软硬件技术水平都将成为组网的关键。

一般情况下，网络通信管理机应由低压配电和保护设备厂家提供，这样在系统实际操作时对各系统的兼容性较好，调试配合上更为合理，下面就 2000R⁺ 型网络通信管理机的原理加以说明（图 1-22）。

2000R⁺ 型网络通信管理机可以称为小型数据采集前置机，完全具有独立于任何系统而完成下行数据采集与整合功能的装置。2000R⁺ 具有多下行口（根据具体

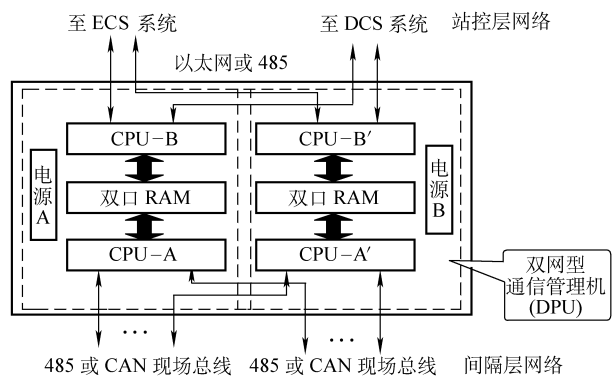


图 1-22 2000R⁺ 型网络通信管理系统

具有多下行口（根据具体

型号不同可有 2~8 个下行采集口), 设备内部的 CPU-A 实时依据 2000R⁺ 配置信息表完成采集模拟量及开关量的工作, 并将信息存储至内部的 RAM 中。设备的上行通信口 (RS485 或以太网) 根据不同网络的组网需要, 将 RAM 中的数据信息通过多上行口冗余上送至 DCS 个系统或同时上送至 DCS 与 ECS 系统中, 并且实现数据传输的绝对独立、互不干扰。

1.6 我国已生产制造的大型电机、中小型电机有哪些?

答: 我国已生产制造的大型电机、中小型电机见表 1-2 所示。

表 1-2 我国已生产制造的大型电机、中小型电机

大型电机	
一、异步电动机	14. TQFR 系列同步牵引发电机
1. YR (JRZ) 系列大型三相异步电动机	三、直流电机
2. Y (JSZ) 系列大型三相异步电动机	1. Z 系列大中型直流电动机
3. YK 系列大型三相高速笼型异步电动机	2. ZD 系列大型直流电动机
4. YL 系列大型三相立式笼型异步电动机	3. Z 系列轧机用大中型直流电动机
5. YFM 系列大型异步电动机	4. GZ 系列中型直流电动机
6. JS 系列中型三相异步电动机	5. ZKG 系列大中型直流电动机
7. YD 型及其他多速异步电动机	6. ZD 系列矿井提升机用大型直流电动机
8. YLB、YRB、YQT 型等大型变速异步电动机	7. ZQ 型直流牵引电动机
9. BPY 变频调速异步电动机	8. ZD2 系列中型直流电动机
10. YQMKK、YQMWK、YTM 系列磨机用大型三相异步电动机	9. ZDU 系列中型直流电动机
11. YKK、YKS、YRKK (SK) 系列大型异步电动机	10. IJW 型连轧机用大型直流电动机
12. YQGN990、YCH、YKOS、YAd 型等大型异步电动机	11. ZDH 型直流电动机
13. CY 异步测功机	12. ZLD 型立式直流电动机
14. CW 系列涡流测功机	13. ZKD 型直流高速电动机
二、同步电机	14. ZCD 系列电铲电动机
1. T、TD 系列大型同步电动机	15. ZZ 系列轧机主传动大型直流电动机
2. TK、TDK 系列空气压缩机用大型同步电动机	16. ZZJ 系列大型冶金起重用直流电动机
3. TZ、TDZ 系列轧机用大型同步电动机	17. ZF 系列大型直流发电机
4. TM、TDMK、TDQ 系列磨机用大型同步电动机	18. ZJF 系列大型直流发电机
5. TL、TDL 系列立式大型同步电动机	19. ZJF 系列中型直流发电机
6. TG、TDG 系列高速大型同步电动机	20. ZF2 系列中型直流发电机
7. TYD 系列大型同步异步电动机	21. ZFS 型直流发电机
8. TAKW、TAQW 系列增安型大型同步电动机	22. ZFT、ZMF 大型直流冲击、脉冲发电机
9. 变频调速同步电动机	23. ZC 型直流测功机
10. TT 系列同步调相机	24. ZCF 型直流电铲发电机
11. TF、TFW、TDTF 系列同步发电机	25. ZGF 型港口用发电机
12. TFS 系列试验设备用同步发电机	26. ZQFR 型直流发电机及 ZQDR 型直流电动机
13. TPF、TFBP 系列变频同步发电机	27. 引进型石油钻井用及 ZS 型试验用直流电动机

中小型电机

一、中型异步电动机	二、异步电机
1. Y 系列高压三相异步电动机 (6kV)	1. Y2 系列 (IP54) 三相异步电动机
2. YKK、YKK-W 系列高压三相异步电动机 (6kV)	2. Y 系列 (IP23) 三相异步电动机 (机座号 160 ~ 355 号)
3. YKS、YKS-W、YQF 系列高压三相异步电动机 (6kV)	3. Y 系列 (IP44) 三相异步电动机 (机座号 80 ~ 355 号)
4. YK 系列高速低噪声三相异步电动机 (380、380/660、6000V)	4. YR 系列 (IP23) 绕线转子三相异步电动机 (机座号 160 ~ 355 号)
5. YR 系列高压三相异步电动机 (6kV)	5. YR 系列 (IP44) 绕线转子三相异步电动机
6. YRKK、YRKK-W 系列高压三相异步电动机 (6kV)	6. NEMA-HE 系列标准高效异步电动机
7. YRKS、YRKS-W、YRQF 系列高压三相异步电动机 (6kV)	7. NEMA 系列三相异步电动机
8. YL、YLS、YLST、YKKL 系列中型立式三相异步电动机	8. SGA 系列三相异步电动机
9. YTM、YHP、YMPS 系列磨煤机专用三相异步电动机 (6kV)	9. YCP 型 (IP54) 三相异步电动机
10. YFQF、YFSK、YFKK 系列大型火电设备风机专用三相异步电动机	10. YH 系列高转差率三相异步电动机
11. YZR、YKJ 系列三相异步电动机 (双轴伸)	11. YD 系列变极多速三相异步电动机
12. YD、YDKK、YDKS (风机、水泵用) 三相单绕组双速异步电动机	12. YD-TH-V1 系列离心机类负载用变极多速三相异步电动机 (380V、50Hz)
13. YSL 系列水泵专用电动机	13. YDT 系列风机水泵专用变极调速节能电动机
14. JS、JR 系列三相异步电动机 (机座号 11 ~ 15 号)	14. YCT 系列电磁调速三相异步电动机
15. JK、JK2、YK 系列三相高速笼型异步电动机 (6kV)	15. YCTD 系列低电阻端环电磁调速异步电动机
16. JAK 系列高速三相笼型安全型异步电动机	16. YCTF 系列风机泵专用电磁调速异步电动机
17. JY 系列三相异步电动机 (380、3000/6000、6000、10000V)	17. YCTT 系列电磁调速三相异步电动机
18. Y、YKS 系列高压三相异步电动机 (10kV)	18. YCTJ 系列低转速电磁调速异步电动机
19. YR、YRKS 系列高压三相异步电动机 (10kV)	19. YZT2 系列电磁调速电动机
20. JK 系列三相高速笼型异步电动机 (10kV)	20. JZT2 系列电磁调速异步电动机
21. Y、YKS 系列大型高压三相异步电动机	21. JZTT 系列电磁调速异步电动机
22. Y、YR 系列大型三相异步电动机	22. JZTS 水冷电磁调速电动机
23. YL、YKSL、YLST 系列大型立式三相异步电动机	23. JZS2 系列三相换向器电动机
	24. YCJ 系列齿轮减速三相异步电动机
	25. JXJ 型摆线针轮减速三相异步电动机
	26. YCJ-B 系列齿轮减速三相异步电动机
	27. YTC 系列齿轮减速三相异步电动机
	28. U 系列齿轮减速三相异步电动机
	29. ST 系列齿轮减速电动机
	30. 高承载能力同轴式硬齿面齿轮减速电机
	31. YJI 系列谐波齿轮减速电动机

32. YJZ 系列振动源三相异步电动机	62. YLEW112 涡流力矩电动机
33. VA、VB 系列振动三相异步电动机	63. YDF 系列阀门用三相异步电动机 (一)
34. YVP 系列变频调速电动机	64. YDF 系列阀门用三相异步电动机 (二)
35. YTSP、YZP 系列 (IC416) 变频调速三相异步电动机	65. YDT 系列推杆阀门三相异步电动机
36. YTSP 系列 (IC411) 变频调速三相异步电动机	66. YLT、YBLT 系列连体式高转矩阀门用三相异步电动机
37. YTPS 系列交流变频调速三相异步电动机	67. YGF 系列耐高温三相异步电动机
38. BPY、YJT 系列变频调速三相异步电动机	68. YLM 型炉用密封电动机
39. YTSZ、YZPB、YZPBF 系列冶金及起重用变频调速三相异步电动机	69. YLM1 炉用密封电动机
40. VF 系列变频调速电动机	70. YLM2 炉用密封电动机
41. YBT 系列变频调速电梯专用三相异步电动机	71. YLD 型炉用多速电动机
42. YTDP 系列变频调速电梯用三相异步电动机	72. YGD 系列管道泵专用三相异步电动机
43. YTDP210 型小功率变频调速电梯用三相异步电动机	73. YGJ 系列滚筒用三相异步电动机
44. YG、YSG 系列辊道用变频调速三相异步电动机	74. YGY 系列油冷式滚筒用三相异步电动机
45. KCT 系列开关磁阻调速电动机	75. SZY 系列注塑机专用三相异步电动机
46. YEJ 系列电磁制动三相异步电动机	76. YZJ 系列塑胶机专用三相异步电动机
47. YEJ2 系列三相交流制动异步电动机	77. YSDL 系列冷却塔专用三相异步电动机
48. YDEJ 系列多速电磁制动三相异步电动机	78. YLZC 系列低噪声冷却塔专用三相异步电动机
49. YDEJ2 系列交流多速制动异步电动机	79. YM 型木工用三相异步电动机
50. YDSE 系列多速制动电动机	80. YJB 系列混凝土搅拌机专用电动机
51. FEJS160S-4/24 型电磁制动三相异步电动机	81. YZL 系列直驱式离心脱水机用三相异步电动机
52. YEZ 系列起重用锥转子制动三相异步电动机	82. 压缩机用低压三相异步电动机
53. ZD 型锥形转子制动三相异步电动机	83. INE 系列压缩机配套三相异步电动机
54. YLB 系列深井水泵用三相异步电动机	84. JG ₂ 系列辊道用三相异步电动机
55. Y-L 系列低噪声三相异步电动机	85. YXQR 系列 (IP23) 低压谐波起动三相异步电动机
56. YTD 系列电梯用三相异步电动机	86. JXQR 系列低压谐波起动三相异步电动机 (老产品)
57. 调压调速电梯用三相异步电动机	87. 频繁起动异步电动机 (JDCX 型老产品)
58. YYTD 系列电梯用电动机	88. SGNA 型三相异步电动机
59. JTD 双速电梯用三相异步电动机	89. YSP 系列三相抛光机
60. YLJ 系列三相力矩异步电动机	90. JP2 系列三相异步磨光电动机
61. YLJU 系列力矩齿轮减速三相异步电动机	91. LG 系列轮胎机械用异步电动机
	92. 轮胎硫化机用异步电动机 (JQLX 型老产品)
	93. FX (FXD) 系列纺织高效三相异步电动机

94. Y-W、Y-F、Y-WF 户外型、防腐蚀型、户外防腐蚀型三相异步电动机	122. JY-H 系列舰用三相异步电动机
95. YB 系列隔爆型三相异步电动机 (机座号 80 ~ 355 号)	123. YZ、YZR 系列起重及冶金用三相异步电动机
96. YB 系列中型高压隔爆型三相异步电动机 (机座号 355 ~ 450 号)	124. YZ2 系列起重及冶金用三相异步电动机
97. YB2 系列隔爆型三相异步电动机	125. YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机
98. YA 系列增安型三相异步电动机	126. YZJ、YZRJ、YZRWJ 系列起重及冶金用三相异步电动机
99. YBCB 系列管道泵用隔爆型三相异步电动机	127. YZR-Z 系列起重专用绕线转子三相异步电动机
100. VBB 系列隔爆型三相异步振动电机	128. YZRW 系列起重及冶金用涡流制动绕线转子三相异步电动机
101. YBCT 系列隔爆型电磁调速电动机	129. YZRF、YZRG 系列起重及冶金用强迫通风型绕线转子三相异步电动机
102. NBYD 油冷隔爆型电动滚筒装置	130. YZRD、YZRS 系列起重及冶金用绕线转子双速三相异步电动机
103. YBXJ 系列摆线针轮减速机用隔爆型三相异步电动机	131. YZRDF 系列起重用绕线转子三相异步电动机
104. YBJ 系列绞车用隔爆型三相异步电动机	132. YZRSW、YZRDW 系列塔式起重机用涡流制动绕线转子三相异步电动机
105. YBU 型掘进机用隔爆型三相异步电动机	133. YZD 系列起重用双速三相异步电动机
106. 皮带输送机用三相异步电动机	134. YZTD 系列塔式起重机用多速三相异步电动机
107. YBS 系列运输机用电动机	135. YZE、YZRE 系列起重及冶金用电磁制动三相异步电动机
108. YFB 系列粉尘隔爆三相异步电动机	136. YZTDE180L-2/4/16 起重用电磁制动多速三相异步电动机
109. YBZa-H 系列船用起重隔爆型三相异步电动机	137. YZES132S-4 施工电梯用电磁制动三相异步电动机
110. YBTd 系列防爆轴流式局部通风机 (矿用)	138. YSE 系列起重专用无冲击制动电动机
111. YDF-WF、YBDF-WF 系列阀门三相异步电动机	139. YQS2 系列井用潜水三相异步电动机
112. Y-H 系列船用三相异步电动机	140. YQS 系列井用潜水三相异步电动机
113. YHLQ-H 系列船舶起货机用恒力矩异步电动机	141. 1215 ~ 6H1178 系列井用潜水三相异步电动机
114. YZW-H 系列船舶用稳索绞车三相异步电动机	142. 1215 ~ 1228 系列井用潜水三相异步电动机 (60Hz)
115. CY-H 系列船舶侧向推力器用异步电动机	143. YQST ₁ 系列大容量潜水三相异步电动机
116. YZ-H 系列船用起重交流三相异步电动机	144. YQSH 系列潜海水三相异步电动机
117. YPB-H 型船用起重三相异步电动机	145. YQWGW (YQWGN) 系列潜污水三相异步电动机
118. IPB 型船用起重和起货电动机	146. YQWG 系列潜污水三相异步电动机
119. JZ2-H 系列船用起重交流三相异步电动机	147. YC 系列单相电容起动异步电动机
120. JZF2-H 系列船用起货交流三相异步电动机	148. YL 系列单相双值电容异步电动机
121. JYZC 型舰用低噪声三相异步电动机	

149. YWY 型风机用单相异步电动机	181. JWB-X 系列机械无级变速器
150. YFK、YDK 系列空调器电动机	182. BP4 系列频敏变阻器
151. YYS 系列交流塑封电机	183. ZL 系列电磁离合器
152. CST 型单相电容起动电动机	184. XB-Z 系列自励式相位补偿机
153. YS 系列三相异步电动机	185. BLF 型变压器冷却风扇
154. YDW 系列外转子低噪声三相异步电动机	186. BP 系列变频机组
155. AO2-H 系列三相异步电动机	187. BPS 系列变频机组 (立式)
156. AE 系列分马力三相异步电动机	188. BPZ 系列旋转整流器变频机组
157. A3H 系列船用微型三相异步电动机	189. BPFS 系列中频发电机组
158. 液压推杆专用微型三相异步电动机	190. JZ XK、JTXK 型标准正弦波电源机组
159. JWF 型变极双速微型三相异步电动机	191. JZTX 型计算机隔离电源机组
160. JWY081-4 型电泵用三相异步电动机	192. JYTX、JZTK、JTTX、JZSK 型 50/60Hz 变频试验电源机组
161. QJ 型井用潜水电泵	193. TFZ-H 系列船用轴带交流发电机组
162. QY、QX、QX-Z、QD、QDX、WQD 潜水电泵	194. GF 系列陆用柴油机发电机组
163. QS 型潜水电泵	三、直流电机
164. WQ 型污水污物潜水电泵	1. Z4 系列直流电机
165. PN2 制冷屏蔽泵	2. ZSL4 系列直流电机 (IP23)
166. G 系列管道屏蔽电泵	3. ZBL4 系列直流电机 (IP44)
167. GJ-NY 管道电泵	4. Z2 系列直流电机
168. GJZ 型转角式管道泵	5. ZZJ-800 系列轧机辅助传动直流电动机
169. AYB 系列三相电泵	6. ZZ 系列起重冶金直流电动机
170. DB 系列三相电泵	7. ZTP 型铁路机车车辆用直流辅助电动机
171. DYB 系列单相电泵	8. ZZG 型起重用直流电动机
172. CJT 系列抽油机节能拖动装置	9. ZYZJ 系列制糖压榨机用直流电动机
173. CDJT 系列变极多速抽油机节能拖动装置	10. ZYN 系列钕铁硼永磁直流电动机
174. JP5C-K、D 系列变频调速装置	11. ZYK、ZYKW 型永磁直流高速电动机
175. TW220-8 无换向器电机及变频调速装置	12. ZYCG 型永磁直流激振器电动机
176. 普通型和变频 (恒压) 型全自动供水装置	13. ZYCD 型永磁直流电动车电机
177. JZSK 型三相交流换向器变速电动机控制箱	14. ZY 型永磁直流电动机
178. ZTK、ZTMK、HX-K 系列电磁调速异步电动机控制装置	15. ZYZD 型电助动车用永磁直流电动机
179. BPY-J 型变频调速控制器	16. ZK 系列直流电动机
180. SKZ 系列电动执行机构	17. SZKW 型小惯量宽调速永磁直流伺服电机
	18. SZYW 型永磁直流伺服电机
	19. SZJ 系列微型直流伺服齿轮减速电动机

(续)

20. ZXJ 系列微型直流减速电动机	45. S 系列伺服电机
21. 36ZY55 永磁直流电动机	四、同步电机
22. 70、90ZYT 型永磁直流电动机	1. T2 系列三相交流同步发电机
23. 55、110ZYT 铁氧体永磁直流电动机	2. T2H 系列船用三相交流同步发电机
24. 20、28ZYT11 永磁直流电动机	3. T2H2 系列船用小型三相同步发电机
25. ZD 系列直流永磁风扇电机	4. T2SIN 系列三相正弦波发电机
26. ZK13TH 型直流电动机	5. T2H2XZ 系列船用三相交流同步发电机
27. 10DZ02C、10DZ03 型直流电动机	6. TFZ2-H 系列船用轴带交流发电机
28. 4DZ27 型直流电动机	7. TFX-H 系列船用三相同步发电机
29. DP 型直流电动机	8. TYX 小型三相同步发电机
30. 28SYT1 型永磁直流电动机	9. TFXV 系列三相同步发电机
31. 28SYT2 型永磁式直流电动机	10. TFW 系列无刷三相交流同步发电机
32. 70SYT1 型永磁式直流电动机	11. TFW 系列三相交流同步发电机
33. 4DSY-1 型永磁直流稳速电动机	12. TFZXPW-TH 中频无刷三相同步发电机
34. 28SYWT 型永磁直流稳速电动机	13. TF-X 同步发电机
35. 30SYWT 型永磁直流稳速电动机	14. TZT 型三相交流同步发电机
36. 36ZYX 型永磁式直流行星减速电动机	15. TF 系列同步发电机
37. KC50 系列直流减速电动机	16. ST2 系列单相交流同步发电机
38. QDY 系列直流永磁起动机	17. TFYF 系列永磁风力发电机
39. ZFQ 起重用直流发电机	18. SNW4000 系列交流伺服电动机
40. ZQF-800、ZQF-800×2 电源车用直流发电机	19. BW 系列变频外转子同步电动机
41. ZCF 系列直流测速发电机	20. FTY 系列三相永磁同步电动机
42. ZKK 电机扩大机电机	21. TYD 系列单相永磁低速同步电动机
43. LYX 型永磁直流力矩 (测速) 机组	22. T、TM、TL、TK、TZJ 系列同步电动机 (大型)
44. SZ 系列微型直流伺服电动机	23. TF、TPF、TFW 系列同步发电机

第2章 电动机维修必备的基本知识

2.1 电气设备如何分类？

答：电气设备的分类，一般按电压分类有高压、低压两类。高压：额定电压在1000V 以上者；低压：额定电压在 1000V 及以下者。

电气设备也有分低压、中压、高压、超高压和特高压等的划分，见表 2-1。

表 2-1 电气设备的分类方法

关于低压、中压、高压、超高压和特高压等的划分	相关标准	具体规定
	DL/T5118—2000 《农村电力网规划设计导则》	高压配电电压为 110kV、66kV、35kV 中压配电电压为 10kV 或 20kV 低压配电电压为 380V/220V 或 440V/220V
	GB12326—2008 《电能质量电压波动和闪变》	低压（LV） $U_N \leq 1\text{kV}$ 中压（MV） $1\text{kV} < U_N \leq 35\text{kV}$ 高压（HV） $35\text{kV} < U_N \leq 220\text{kV}$
	IEC/TR36100-3-6—1996 国际电工委员会标准电压等级的划分	低压系统（LV） $U_N \leq 1\text{kV}$ 中压系统（MV） $1\text{kV} < U_N \leq 35\text{kV}$ 高压系统（HV） $35\text{kV} < U_N < 230\text{kV}$ 超高压系统（EHV） $U_N \geq 230\text{kV}$
	ANSI 美国国家标准关于电压等级的划分	低压系统（LV） $U_N \leq 1000\text{V}$ 中压系统（MV） $1000\text{V} < U_N \leq 72500\text{V}$ 高压系统（HV） $72500\text{V} < U_N \leq 242000\text{V}$ 超高压系统（EHV） $242000\text{V} < U_N \leq 800000\text{V}$
	《中国大百科全书·电工卷》	超高压为 330 ~ 765kV 特高压为 1000kV 及以上

根据《设备工程实用手册》对动力设备管理范围的电器设备分类见表 2-2。

表 2-2 电器设备分类概况

电气设备	细分类别
变压器	各类电力配电变压器、电炉变压器、试验变压器、调压器、电渣熔炼变压器、特殊规格功能的变压器等
高低压配电设备	各类高压配电柜、低压配电柜、高低压电力电容器、避雷器、断路器（油开关）、电压互感器及其他配电设备等
变频、变流设备	高频、中频电热加工整套设备、特定变频机组、电镀直流供电整套装置、电瓶充电设备等
各类电气试验设备	
焊切设备	各类交直流电焊机、点及缝式焊机、氩弧焊机、电渣焊机、焊切设备等
通信设备	各类电话交换机及蓄电池组、充电设备等
电力电信线路	动力线路、照明线路、通信线路、电缆线路等

2.2 电气设备按种类和功能如何分类？

答：电气设备按种类和功能分类方法，见表 2-3。

表 2-3 电气设备按种类和功能分类

类别	细分	类别	细分
旋转电机	异步电动机	变压器与互感器	电力变压器
	同步电动机		电压互感器
	直流电机		电流互感器
	小功率电动机	熔断器与避雷器	高压熔断器
高压开关电器	高压隔离开关		低压熔断器
	高压负荷开关		高、低压避雷器
	高压断路器	成套配电装置	高压开关柜
	高压接触器		低压配电屏和配电箱
	高压开关的操动机构		
低压开关电器	低压刀开关	无功补偿设备	同步补偿机（同步调相机）
	低压负荷开关		并联电容器（电力电容器）
	低压断路器		无功功率自动补偿装置
	低压接触器		动态无功补偿—静补装置
	主令电器和转换开关		

注：无功补偿设备是专用来补偿供电系统感性无功功率以提高功率因数的电气设备。按补偿的无功功率性质分：稳态无功功率的无功补偿设备和动态无功功率的无功补偿设备。稳态无功功率补偿设备，主要有同步补偿机和并联电力电容器两类。

2.3 电工常用术语有哪些？

答：1. 电荷

电荷是电的量度，习惯上也把带电体本身简称电荷，电子带负电，其带电量为电荷的最小单元。物体由分子构成，分子由原子构成，由于原子的电结构呈中性，在正常条件下，物体并不带电。若使两种不同的物体相互摩擦，一物体的负电荷多于（或少于）正电荷，因此这个物体带负电（或带正电）。电荷用符号 Q 表示，单位为库仑（C）。一个电子的电荷是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

2. 电流

每秒钟通过导线某一截面的电荷量（电量），叫做电流，用符号 I 表示。电流的单位为安培，简称安（A）。如果每秒钟有 1C 的电量通过导线的某一截面，这时的电流就是 1A，即

$$1 \text{ 安培(A)} = \frac{1 \text{ 库仑(C)}}{1 \text{ 秒(s)}} \text{ 或 } I = \frac{Q}{t} \tag{2-1}$$

3. 电流密度

通过单位面积电流的大小叫电流密度，用符号 J 表示，单位为安/毫米²（A/mm²）。

4. 电压

静电场或电路中两点间的电位差，叫做电压，其数值等于单位正电荷在电场力的作用下，从一点移动到另一点所作的功，用符号 U 表示。电压的单位为伏特，简称伏（V）。

5. 电阻

导体固然有导电性，但仍有阻碍电流通过的作用，这种阻碍作用叫做导体的电阻，用符号 R 或 r 表示。电阻的单位为欧姆，简称欧（ Ω ）。如果在导体两端加上 1V 的电压，通过导体的电流是 1A，那么这个导体的电阻是 1Ω 。

6. 电阻率

电阻率又叫电阻系数或比电阻，是衡量物质导电性能好坏的一个物理量，用符号 ρ 表示，单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。电阻率在数值上等于长 1m、截面积为 1mm^2 的导线在温度为 20°C 时的电阻值。

7. 电阻的温度系数

导体的温度每增高 1°C 时，它的电阻值增大的百分数叫做电阻的温度系数，用符号 α 表示，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

8. 电导

物体传导电流的本领叫做电导。在直流电路中，电导的数值就是电阻值的倒数，用符号 G 表示，单位为西门子（S）。

9. 电动势

电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所作的功，叫做电源电动势。用符号 E 表示，单位为伏特（V）。

10. 自感

当闭合回路中的电流发生变化时，则由此电流所产生的磁通也发生变化，因此在回路中将感应出电动势，这种现象称为自感现象，所产生的电动势称为自感电动势。自感电动势的大小和回路中磁通的变化率成正比。回路中线圈的磁通量与电流的比值叫做自感系数，简称自感，用符号 L 表示，即

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad (2-2)$$

式中 Φ ——磁通量（Wb）；

I ——电流（A）；

L ——自感（H）。

11. 互感

如果有两只线圈互相靠近，其中第一只线圈中电流所产生的磁通有一部分与第二只线圈相环链，当第一只线圈电流发生变化时，第二只线圈中就引起感应电动势，这种现象叫做互感现象，由互感现象而产生的电动势叫互感电动势。由第一只线圈的电流所产生而与第二只线圈相环链的磁通量与该电流的比例系数，叫做第一只线圈对第二只线圈的互感系数，简称互感，用符号 M 表示，单位为亨（H）。

12. 电感

自感与互感统称为电感。

13. 电容

任何两块金属导体，中间用不导电的绝缘材料隔开，在单位电压的作用下，有储存电场能量能力，其物理量称为电容，用符号 C 表示。电容的单位为法拉，简称法 (F)，平时常用微法 (μF) 或皮法 (pF) 作单位。

电容在数值上等于导体具有电量与两导体电位差 (电压) 之比，即

$$C = \frac{Q}{U} \quad (2-3)$$

14. 感抗

交流电流过具有电感的电路时，电感有限制电流通过的作用，这种作用叫做电感抗，简称感抗，用符号 X_L 表示，单位是 Ω 。感抗 X_L 与电感 L 和角频率 ω 的乘积成正比，即

$$X_L = \omega L \quad (2-4)$$

式中 L ——线圈的电感 (H)；

ω ——电源电压的角频率 (rad/s)， $\omega = 2\pi f$ ；

f ——电源电压的频率 (Hz)。

15. 容抗

交流电流过具有电容的电路时，电容有阻碍交流电流过的作用，这种作用叫做容抗。用符号 X_C 表示，单位为 Ω 。容抗 X_C 与电容 C 和角频率 ω 的乘积成反比，即

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (2-5)$$

16. 阻抗

交流电流通过有电阻、电感、电容的电路时，它们有阻碍交流电流通过的作用，这种作用叫阻抗，用符号 Z 表示，单位为 Ω 。阻抗 Z 与电阻、感抗、容抗之间的关系式为

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ &= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \end{aligned} \quad (2-6)$$

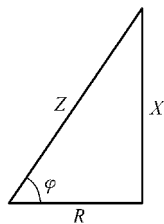


图 2-1 阻抗三角形

根据式 (2-6)， Z 、 R 、 X ($X = X_L - X_C$) 构成阻抗三角形，如图 2-1 所示。

17. 直流

大小和方向不随时间变化的电流称为直流，又称稳恒电流，如图 2-2a 所示。

18. 正弦电流

随时间按正弦 (或余弦) 规律作周期性变化的交变电流叫做正弦电流，如图

2-2b 所示。

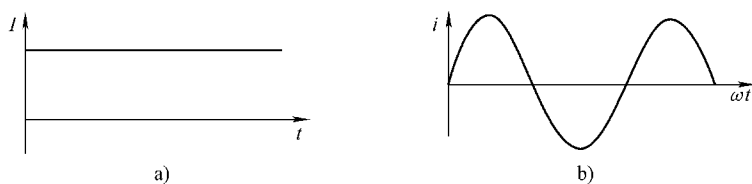


图 2-2 直流电和正弦交流电的波形图

a) 直流电流 b) 正弦交流电流

19. 非正弦电流

不按正弦（或余弦）规律而随时间变化的交变电流叫非正弦电流，如图 2-3a 所示。

20. 脉动电流

大小随时间变化而方向不变的电流叫做脉动电流，如图 2-3b 所示。

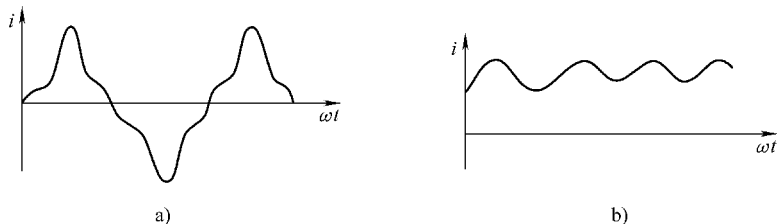


图 2-3 非正弦电流和脉动电流

a) 非正弦电流 b) 脉动电流

21. 频率

正弦量每秒钟变化的周期数叫做频率，用符号 f 表示。单位为周/秒或赫兹，简称赫（Hz）。

22. 周期

正弦量完成一次循环所需要的时间叫做周期，用符号 T 表示，单位为秒（s）。

23. 初相位

正弦量在 $t=0$ 时的相位叫做初相位，用符号 φ 表示。

24. 相位差

两个同频率的正弦量在相位上的差别叫做相位差。如果它们的相位差是 180° ，则它们的相位相反（反相）。相位差的大小与时间和角频率没有关系，它仅决定于两正弦量的初相位。

25. 振幅

交变电流（或其他量）在一个周期内出现的最大值叫做振幅。

26. 交变电流的平均值

交变电流的平均值是指在某段时间内流过电路的总电荷与该段时间的比值。正

弦量的平均值与振幅值（最大值）的关系：平均值 = 0.637 振幅值。

27. 交变电流的有效值

在两个相同的电阻器中，分别通以直流电和交流电，如果经过同一时间它们发出的热量相等，那么就把此直流电的大小定作此交流电的有效值。正弦电流的有效值与振幅值的关系：有效值 = 振幅值 / $\sqrt{2}$ 。

28. 功和能

在力的作用下，使物体在力的方向上有一定的位移，就叫做力作了功，以符号 A 表示，单位为焦耳（J）。力所作的功表示为

$$A = FS \quad (2-7)$$

式中 F ——力（N）；

S ——位移（m）。

使物体作功的本领叫做能，电力作功的本领叫做电能，并以它实际所作的功来量度，以符号 W 表示，单位为千瓦小时（kW·h）。

29. 功率

单位时间内所作的功叫做功率。电功率一般分为视在功率、有功功率和无功功率三种。

30. 有功功率

交流电的瞬时功率不是一个恒定值，功率在一个周期内的平均值叫做有功功率。它是指在电路中电阻部分所消耗的功率，对电动机来说是指它的出力，用符号 P 表示，单位为瓦特，简称瓦（W）。

31. 视在功率

在具有电阻和电抗的电路中，电压与电流有效值的乘积叫做视在功率，用符号 S 或 P_s 表示，单位为伏安（VA）或千伏安（kVA）。

32. 无功功率

在有电感（或电容）的电路中，电感（或电容）在半周期的时间里，把电源的能量变成磁场（或电场）的能量储存起来，在另外半周期的时间里又把储存的磁场（或电场）能量送还给电源。它们只是与电源进行能量交换，并没有真正消耗能量。我们把与电源交换能量的速率的振幅值叫做无功功率，用符号 Q 表示，单位为乏（var）或千乏（kvar）。

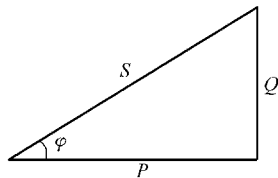


图 2-4 功率三角形

视在功率 S 、有功功率 P 和无功功率 Q 之间的关系可以用一个直角三角形来表示，叫做功率三角形，如图 2-4 所示。它们的关系式可写成

$$S^2 = P^2 + (Q_L - Q_C)^2 \quad (2-8)$$

令 $Q = Q_L - Q_C$ ，则

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-9)$$

式中 S ——视在功率 (VA);

Q_L ——感性无功功率 (var);

Q_C ——容性无功功率 (var);

P ——有功功率 (W)。

33. 功率因数

在直流电路里, 电压与电流的乘积就是有功功率。但在交流电路中, 电压乘以电流为视在功率, 而真正作功的一部分功率 (有功功率) 将小于视在功率。有功功率与视在功率之比, 叫做功率因数, 用 λ ($\lambda = \cos\varphi$) 表示。

34. 效率

输出能量 (或功率) 与输入能量 (或功率) 的比值叫做效率, 用符号 η 表示。比值越大, 说明效率越高。

35. 相电压

三相输电线 (相线) 与中线 (地线) 间的电压叫做相电压 (星形联结)。

36. 相电流

三相输电线每相负载中流过的电流叫做相电流。

37. 线电压

三相输电线各线 (相线) 间的电压叫做线电压。在星形联结时, 线电压等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。在三角形联结时, 线电压等于相电压。

38. 线电流

三相输电线各线中流过的电流叫做线电流。

39. 矢量、相量

既有大小又有方向的量叫做矢量。在电工学中, 用以表示正弦量大小和相位的矢量叫做相量。

40. 磁极

把一块条形磁铁移近一堆铁屑, 它会吸附上很多铁屑。这些铁屑大部分集中在磁铁的两端, 这说明磁铁两端对铁屑的吸力最大, 这两端就叫做磁极。

41. 磁场

在磁铁或电流周围空间的其他磁性物质或载流导体将受到力的作用, 磁力线所作用的空间叫做磁场。

42. 磁通

磁感应强度和垂直于磁场方向的面积的乘积, 叫做通过这块面积的磁通, 用符号 Φ 来表示, 即

$$\Phi = BS \quad (2-10)$$

式中 Φ ——磁通 (Wb);

B ——磁感应强度 (Wb/m^2);

S ——面积 (m^2)。

43. 磁通密度

单位面积上所通过的磁通的大小叫做磁通密度,用符号 B 表示,单位为韦伯/米² (Wb/m^2)。韦伯/米² 又称为特斯拉 (T)。磁通密度又称磁感应强度。

44. 磁场强度

磁场强度是表示磁场强弱与方向的物理量,指单位磁路长度的磁通势值,用符号 H 表示,单位为安/米 (A/m)。磁场强度的大小在数值上等于磁通密度与磁导率 (μ) 之比。

45. 磁通势

要使通电线圈建立一定的磁通,就必须在一定匝数(圈数)的线圈中通以一定大小的电流。增大电流或增加线圈匝数,都可以增大磁通,故电流与匝数的乘积称为磁路中的磁通势,用符号 F 表示,单位为安匝 (N)。

46. 磁阻

磁阻表示磁路对磁通势建立磁通所呈现的阻力,用符号 R_m 表示,单位为 $1/\text{H}$ 。

47. 磁导率

磁导率又称导磁系数,是衡量物质导磁性能的一个系数,导磁系数等于磁通密度与磁场强度之比,用字母 μ 表示,单位为亨/米 (H/m)。

48. 相对磁导率

任何一种物质的磁导率 μ 与真空的磁导率 μ_0 之比值叫做相对磁导率,用符号 μ_r 表示。

49. 电磁力

载流导体在外磁场中将受到磁力的作用,这种力叫做电磁力。

50. 涡流

在具有铁心的线圈中通以交流电时,铁心内就会产生交变的磁通,由电磁感应可知,在铁心中必然会产生感应电流,由于它自成闭合回路且形如漩涡状,因此称为涡流,如图 2-5 所示。

51. 磁滞

铁磁体在反复磁化的过程中,它的磁感应强度的变化总是滞后于它的磁场强度,这种现象叫做磁滞。

52. 剩磁

剩磁是铁磁材料的一种性质。铁磁材料经磁化后切断线圈电流,外磁

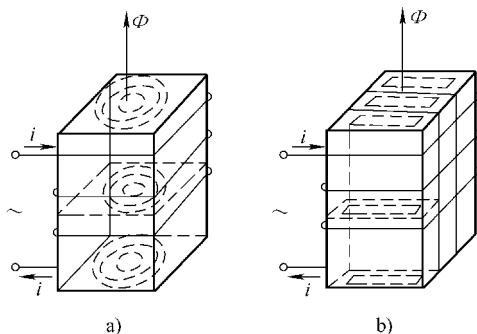


图 2-5 铁心中的涡流

场消失，铁磁体仍保持一定的磁性叫做剩磁。

53. 磁滞损耗

放在交变外磁场中的铁磁体，因磁滞现象而产生一些功率损耗，从而使铁磁体发热、这种损耗叫做磁滞损耗。

54. 电场

在带电体周围的空间，当引入其他带电体时，这些被引入的带电体将受到力的作用，我们就说在带电体周围的空间中存在着电场。

55. 电场强度

电场强度是描述电场的一个物理量，既有大小，又有方向。数值是单位正电荷在电场中所受的电场力。用符号 E 表示，单位为 V/m 。

56. 击穿

绝缘物质在电场的作用下发生剧烈放电或导电的现象叫做击穿。

57. 介电常数

介电常数又叫介质常数、介电系数或电容率。它是表示物质绝缘能力特性的一个系数，用符号 ϵ 表示，单位为 F/m 。

58. 相对介电常数

任何一种物质的介电常数 ϵ 与真空介电常数 ϵ_0 的比值叫做相对介电常数，以符号 ϵ_r 表示。

59. 导体

物体内的电子或离子能够自由移动的叫导体，如金属和电解液等。

60. 绝缘体

绝缘体又叫电介质。导电率很小的物体叫做绝缘体，如云母、瓷等。

61. 欧姆定律

在电阻电路中，电流的大小与电阻两端电压的高低成正比，而与电阻的阻值大小成反比。

62. 半导体

导电性能介于导体与绝缘体之间的物体叫做半导体，如硅、锗等。

63. 电流的磁效应

电流在其周围的空间产生磁场，这磁场将使载导体或铁磁物质受到力的作用，这种效应叫做电流的磁效应。

64. 电机

将电能转换成机械能或将机械能转换成电能的电能转换器。依靠电磁感应而运行的电气装置，它具有能够作相对运动的部件，用于能量转换。

65. 电动机

将电能转变为机械能的电动机。

66. 旋转电机

依靠电磁感应而运行的电气装置，它具有能够作相对旋转运动的部件，用于转变能量。

此术语也适用于原理相同，结构类似，作其他用途（例如改变电压、电流、频率用）的电气装置，但不适用于静机械。在不致引起误解和混淆的情况下，本术语可以简称为电机。

67. 直流电机

这种电机的电枢绕组经过换向器连接到直流系统，磁极由直流或波动电流励磁或为永久磁铁。

68. 交流电机

这种电机具有与交流系统联接的电枢绕组。

69. 同步电动机

交流电动机的一种，其转速与工作电压的频率之比为恒定值。

70. 异步电动机

交流电动机的一种，其负载时的转速与所接电网频率之比不是恒定值。

71. 感应电动机

一种异步电动机，仅一套绕组连接电源。

72. 小功率电动机

折算至 1500r/min 时连续额定功率不超过 1.1kW 的电动机。

73. 发电机

将机械能转变为电能的电机。

2.4 电动机常用标准技术数据有哪些？

答：电动机常用标准技术数据有：

1. 电动机的允许温升

额定电压变动在 -5% ~ +10% 的范围内时，电动机可以在额定功率下连续运行；若超过上述范围，则应控制负荷。运行中电动机的允许温升见表 2-4。

表 2-4 电动机的允许温升

序号	电动机部件	环境温度 /℃	允许温升/℃	
			温度计法	电阻法
1	滑环	35	70	
2	换向器	35	65	
3	滑动轴承	35	30	
4	滚动轴承	35	65	
5	A 级绝缘的绕组	35	60	65
6	B 级绝缘的绕组	35	75	85
7	E 级绝缘的绕组	40	65	75
8	F 级绝缘的绕组	40	85	100
9	H 级绝缘的绕组	40	95	100

注：对于封闭式电动机，电动机温升可允许再提高 5℃。

当冷却空气温度低于 35℃ 时，电动机的功率可比额定功率高，但最多不得超过 8% ~ 10%；而冷却空气温度高于 35℃ 时，电动机的功率应比额定功率低 $(35 - t)\%$ 。 t 为冷却空气的实际温度。

2. 电动机的允许振动与轴承润滑技术数据

电动机的允许振动与轴承润滑条件见表 2-5 ~ 表 2-9。

表 2-5 电动机的允许振动

转速/（r/min）	振动值/mm	
	一般电动机	防爆电动机
3000	0.06	0.05
1500	0.10	0.085
1000	0.13	0.10
750 以下	0.16	0.12

表 2-6 滑动轴承电动机允许轴向窜动量

电动机功率/kW	轴向窜动量/mm	
	向一边	向两边
10 以下	0.50	1.00
10 ~ 20	0.75	1.50
30 ~ 70	1.00	2.00
70 ~ 125	1.50	3.00
125 以上	2.00	4.00
轴颈直径大于 200mm 的电动机		轴颈直径的 2%

表 2-7 滚动轴承添加油脂的标准

转速/（r/min）	加入量
1500 以下	加入轴承腔的 1/2 以上 圆柱型轴承加到最下面滚柱的 2/3 即可
1500 ~ 3000	加入轴承腔的 1/2 圆柱型轴承加到最下面一个滚柱的 1/2 处即可

表 2-8 滚动轴承的允许间隙

轴承内径/mm	允许间隙/mm	轴承内径/mm	允许间隙/mm
30 ~ 50	0.10	100 ~ 120	0.30
50 ~ 80	0.20	120 ~ 140	0.30
80 ~ 100	0.25	140 ~ 180	0.35

表 2-9 滑动轴承的允许间隙

部位	转速小于 750r/min			转速大于 1000r/min		
轴的直径/mm	30 ~ 50	50 ~ 80	80 ~ 120	30 ~ 50	50 ~ 80	80 ~ 120
间隙（二面之和）/mm	0.1 ~ 0.15	0.15	0.15 ~ 0.2	0.15	0.15 ~ 0.2	0.2 ~ 0.25

滑动轴承添加油量一般经验公式：

$$D = 25 \sim 40\text{mm 时} \quad t = \frac{D}{4} \tag{2-11}$$

$$D = 45 \sim 60\text{mm 时} \quad t = \frac{D}{5} \tag{2-12}$$

$$D = 70 \sim 310\text{mm 时} \quad t = \frac{D}{6} \tag{2-13}$$

式中 D ——油环直径（mm）；
 t ——油位高度（油环下部内径到油面距离）（mm）。

3. 电动机与机械找正的检查允许公差

安装及检查电动机故障，有时需检查电动机和机械之间的连接是否合乎规定。
对轮按全面间隙的允许公差见表 2-10；两对轮平面间隙见表 2-11。

表 2-10 对轮按全面间隙的允许公差表

类型	允许公差/mm	
	圆周	平面
半固定式	0.06	0.05
固定式	0.04	0.02
齿轮	0.1	0.08

表 2-11 两对轮平面间隙

对轮直径/mm	两对轮平面间隙/mm
90 ~ 140	2.5
140 ~ 260	2.5 ~ 4
200 ~ 500	4 ~ 6

4. 电动机引出线的规格

电动机的引出线可选择国产牌号为 BXR 的橡胶绝缘线，它的截面积可根据电动机额定电流选择，见表 2-12。

表 2-12 电动机引出线规格

电流/A	引出线截面积/mm ²	电流/A	引出线截面积/mm ²
0.4 ~ 0.7	0.3	46 ~ 60	10
1.2 ~ 2	0.72	61 ~ 90	16
3.4	1	91 ~ 120	25
5.6 ~ 6	1	121 ~ 150	35
6 ~ 10	1.5	151 ~ 190	50
11 ~ 20	2.5	191 ~ 240	70
21 ~ 30	4	241 ~ 290	95
31 ~ 45	6		

5. 转子绑扎钢丝的选择

1) 钢丝的选择：在修理时若无原有钢丝，可按式（2-14）计算：

$$W_2 = W_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

(2-14)

式中 W_1 ——原钢丝匝数；
 W_2 ——改后钢丝匝数；
 d_1 ——原来钢丝的直径；
 d_2 ——改后钢丝的直径。

2) 钢丝的拉力：见表 2-13。

表 2-13 钢丝拉力表

钢丝直径/mm	拉力/N	钢丝直径/mm	拉力/N
0.5	118 ~ 147	1.0	490 ~ 588
0.6	167 ~ 196	1.2	637 ~ 784
0.7	245 ~ 294	1.5	980 ~ 1152
0.8	294 ~ 343	1.8	1372 ~ 1470
0.9	392 ~ 441	2.0	1764 ~ 1960

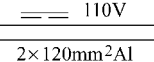
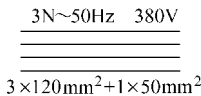
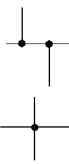
2.5 常用电动机设备图形符号有哪些？

答：电动机系统图图形符号见表 2-14。

表 2-14 电动机系统图图形符号

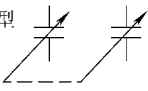
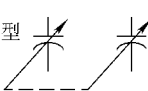
限定符号和常用的其他符号			
名称		新标准（GB/T4728. 2—2005）	旧标准（GB312—1964）
限定符号	直流	---	—
	交流	~	~
	中性	N	=
	中间线	M	
	正极性	+	=
	负极性	-	=
常用的其他符号	接地，一般符号		=
	接地壳		 或 
	故障		

(续)

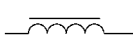
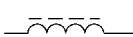
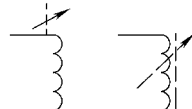
限定符号和常用的其他符号			
名称		新标准 (GB/T4728. 2—2005)	旧标准 (GB312—1964)
常用的其他符号	闪络		
	永久磁铁		N  S
	动触点		
导线和连接器件			
名称		新标准 (GB/T4728. 3—2005)	旧标准 (GB312—1964)
导线	连线, 一般符号		
	导线组	 或 	
	直流电路, 110V, 两根铝导线, 导线截面积为 120mm ²		
	三相交流电路, 50Hz, 380V, 三根导线截面积为 120mm ² , 中性线截面积为 50mm ²		
	柔性导线		
端子和导线的连接	连接		
	端子		
	端子板 (示出带线端标记的端子板)		
	T 形连接	 形式 2 	
	导线的双 T 连接	形式 1  形式 2 	

导线和连接器件			
名称		新标准 (GB/T4728. 3—2005)	旧标准 (GB312—1964)
连接 器 件	阴接触件 (连接器的)		
	阳接触件 (连接器的)		
	插头和插座		
	插头和插座, 多级 (多线表示法)		
	插头和插座, 多级 (单线表示法)		
电阻器、电容器和电感器			
名称		新标准 (GB/T4728. 4—2005)	旧标准 (GB312—1964)
电 阻 器	电阻器, 一般符号	优选型	
	可调电阻器		
	压敏电阻器		
	热敏电阻器		
	0. 125W 电阻器		
	0. 25W 电阻器		
	0. 5W 电阻器		
	1W 电阻器 注: 大于 1W 电阻器都用阿 拉伯数字表示		
	熔断电阻器		
	带滑动触点的电阻器		
	带滑动触点和断开位置的电 阻器		
	带固定抽头的电阻器		
	两个固定抽头的可变电阻器		
	带分流和分压端子的电阻器		

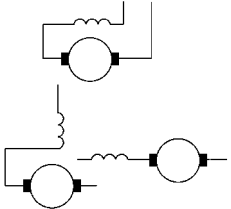
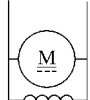
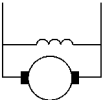
(续)

电阻器、电容器和电感器			
名称		新标准 (GB/T4728.4—2005)	旧标准 (GB312—1964)
电 阻 器	碳柱电阻器		
	加热元件		
	带滑动触点电位器		
	带开关的滑动触点电位器		
	带滑动触点和预调的电位器		
电 容 器	电容器, 一般符号	优选型 	
	穿心电容器	优选型 	
	极性电容器	优选型 	 
	可调电容器	优选型 	 (A) 
	双联同调可变电容器 注: 可增加同调联数。	优选型  其他型 	
	预调电容器	优选型 	 

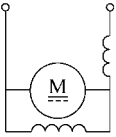
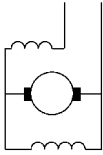
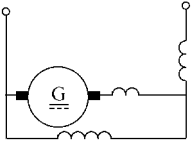
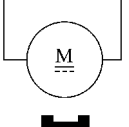
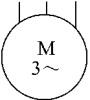
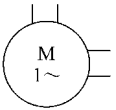
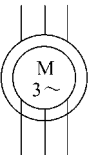
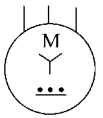
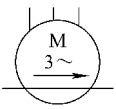
(续)

电阻器、电容器和电感器			
名称		新标准 (GB/T4728. 4—2005)	旧标准 (GB312—1964)
电感器	线圈；绕组，一般符号		
	带磁心的电感器		
	磁心有间隙的电感器		
	带磁心连续可变的电感器		
	带固定抽头的电感器 注：①可增加或减少抽头数目；②抽头可在外侧两半圆交点处引出		
绕组、电机、变压器和电抗器			
名称		新标准 (GB/T4728. 6—2008)	旧标准 (GB312—1964)
内部连接的绕组	两相绕组		
	V形（60°）连接的三相绕组		
	中性点引出的四相绕组		
	T形连接的三相绕组		
	三角形连接的三相绕组		
	开口三角形连接的三相绕组		
	星形连接的三相绕组		
	中性点引出的星形连接的三相绕组		
	曲折形或双星形互相连接的三相绕组		
	双三角连接的六相绕组		
	星形连接的六相绕组		

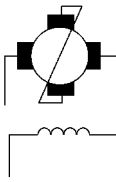
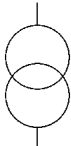
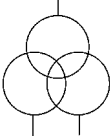
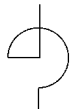
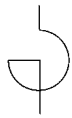
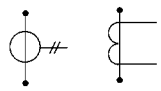
(续)

绕组、电机、变压器和电抗器			
名称		新标准 (GB/T4728.6—2008)	旧标准 (GB312—1964)
电 机 的 零 部 件	集电环或换向器上的电刷		
	电机的一般符号 符号内的星形必须用下述字母代替： C 旋转换（变）流机 G 发电机 GS 同步发电机 M 电动机 MS 同步电动机		
电 机 的 类 型	直线电动机		
	直流电动机		
	交流发电机		
	交流电动机		
直 流 电 动 机	直流串励电动机		
	直流并励电动机		

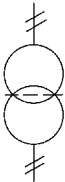
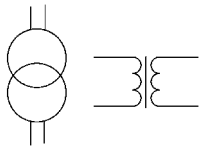
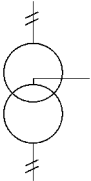
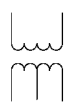
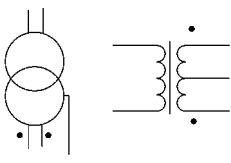
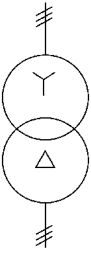
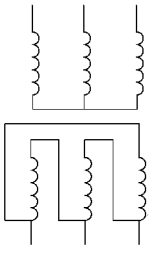
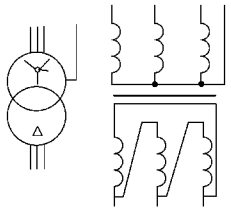
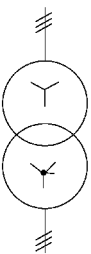
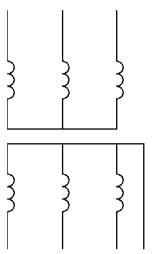
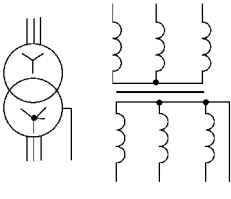
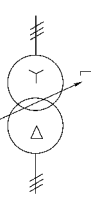
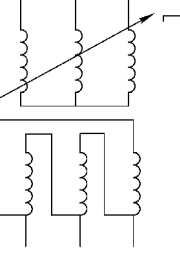
(续)

绕组、电机、变压器和电抗器			
名称		新标准 (GB/T4728.6—2008)	旧标准 (GB312—1964)
直 流 电 动 机	复励直流电动机		
	短分路复励直流发电机示出 换向绕组和补偿绕组, 以及接 线端子和电刷		
	永磁直流电动机		
异 步 电 动 机	三相笼型 (鼠笼式) 感应电 动机		
	单相笼型 (鼠笼式) 感应电 动机		
	三相绕线式转子感应电动机		
	三相星形连接感应电动机		
	三相直线感应电动机		

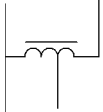
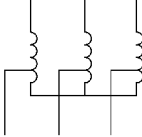
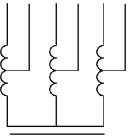
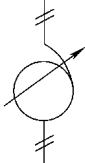
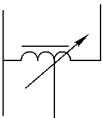
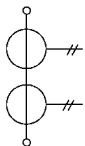
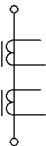
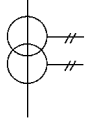
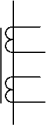
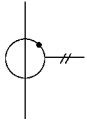
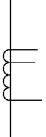
(续)

绕组、电机、变压器和电抗器				
名称		新标准 (GB/T4728.6—2008)		旧标准 (GB312—1964)
电机扩大机	电机扩大机			
名称		新标准 (GB/T4728.6—2008)		旧标准 (GB312—1964)
		形式 1	形式 2	
变压器、电抗器的一般符号	铁心 带间隙的铁心			
	双绕组变压器			
	三绕组变压器			
	自耦变压器			
	电抗器、扼流圈			
	电流互感器 脉冲变压器			

(续)

名称	新标准（GB/T4728. 6—2008）		旧标准（GB312—1964）
	形式 1	形式 2	
绕组间有屏蔽的双绕组变压器			
一个绕组上有中间抽头的变压器			
具有独立绕组的变压器 三相变压器 星形-三角形连接			
三相变压器 中性点引出的星形-星形连接			
具有分接开关的三相变压器			

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 6—2008)		旧标准 (GB312—1964)
		形式 1	形式 2	
自 耦 变 压 器	单相自耦变压器			
	三相自耦变压器, 星形连接			
	可调压的单相自耦变压器			
互 感 器	具有两个铁心, 每个铁心有一次级绕组的电流互感器			
	在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器			
	一个次级绕组带一个抽头的电流互感器			

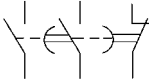
(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 6—2008)		旧标准 (GB312—1964)
		形式 1	形式 2	
原 电 池 或 蓄 电 池	原电池或蓄电池			
	带抽头的原电池组或蓄电池组			
名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)		旧标准 (GB312—1964)
限 定 符 号	接触器功能	d		
	断路器功能	×		
	隔离开关 (隔离器) 功能	—		
	隔离开关功能	U		
	自动释放功能	■		
	位置开关功能	∇		
两 个 或 三 个 位 置 的 触 点	动合 (常开) 触点 注: 本符号也可以用作开关一般符号			
	动断 (常闭) 触点			
	先断后合的转换触点			

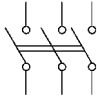
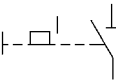
(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
两个或三个位置的触点	中间断开的双向触点		
	先合后断的转换触点		
	先合后断的双向转换触点		
	双动合触点		
	双动断触点		
具有两个位置的过渡触点	吸合时的过渡动合触点		
	释放时的过渡动合触点		
	过渡动合触点		
提前或滞后动作的触点	提前闭合的动合触点		
	滞后闭合的动合触点		
	滞后断开的动断触点		
	提前断开的动断触点		

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
延 时 触 点	延时闭合的动合触点		
	延时断开的动合触点		
	延时断开的动断触点		
	延时闭合的动断触点		
	延时动合触点		
	触点组		
单 极 开 关	手动操作开关, 一般符号		
	自动复位的手动按钮开关		
	自动复位的手动拉拨开关		
	无自动复位的手动旋钮开关		
位 置 和 限 制 开 关	带动合触点的位置开关		
	带动断触点的位置开关		
	组合位置开关		

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
开关装置和控制装置	多位开关		
	接触器; 接触器的主动合触点		
	带自动释放功能的接触器		
	接触器; 接触器的主动断触点		
	断路器		
	隔离开关		
	双向隔离开关		
	隔离开关; 负荷隔离开关		
	带自动释放功能的负荷隔离开关		
	隔离开关; 隔离器		

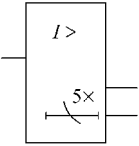
(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
电动机 起 动 器 的 方 框 符 号	电动机起动器，一般符号		
	步进起动器		
	调节-起动器		
	可逆直接在线起动器		
	星-三角起动器		
	带自耦变压器的起动器		
	带晶闸管（可控硅）整流器的调节-起动器		
操 作 器 件	操作器件，一般符号		
	驱动器件；继电器线圈（组合表示法）		=

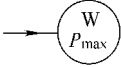
(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
操 作 器 件	缓慢释放继电器线圈		
	缓慢吸合继电器线圈		
	延时继电器的线圈		
	快速继电器线圈		
	对交流不敏感继电器线圈		
	交流继电器线圈		
	剩磁继电器线圈	形式1  形式2 	
	热继电器驱动器件		

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 7—2008)	旧标准 (GB312—1964)
测量继电器	断线检测继电器		
	断相故障检测继电器		
	堵转电流检测继电器		
	过流继电器		
熔断器和熔断器式开关	熔断器一般符号		
	供电端由粗线表示的熔断器		
	带机械连杆的熔断器 (撞击器式熔断器)		
	具有报警触点的三端熔断器		
	具有独立报警电路的熔断器		
	跌开式熔断器		

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 8—2008)	旧标准 (GB312—1964)
指示 仪 表	电压表		
	无功电流表		
	最大需量指示器 (由一台积 算仪表操纵的)		
	无功功率表		
	功率因数表		
	相位表		
	频率表		
	转速表		
积 算 仪 表	小时计		
	安培小时计		
	电度表 (瓦特小时计)		
	电度表 (仅测量单向传输能 量)		

(续)

名称		新标准 (GB/T4728. 8—2008)	旧标准 (GB312—1964)
电 钟	时钟 (二次钟、副钟) 一般符号		
	母钟		
	带有触点的钟		
灯 和 信 号 器 件	灯, 一般符号 信号灯, 一般符号 注: 如果要求指示颜色, 则在靠近符号处标出下列字母: RD 红 YE 黄 GN 绿 BU 蓝 WH 白		 
	闪光型信号灯		
	音响信号装置	优选型 	
	蜂鸣器	优选型 	

2.6 电动机检修及维修人员常用的工具和仪器有哪些？

答：电动机检修及维修人员常用的工具和仪器有：

通用电工工具：是指维修电工的常用工具，主要包括试电笔，钢丝钳又称钳子，旋具（十字、一字）又称改锥、起子或旋凿，电工刀，活口扳手又称扳子，电烙铁（锡焊的专用工具）等。

电动机维修专用工具：包括绕线工具（绕线机、绕线模）。嵌线工具（划线板又称刮线板，压线板）。拆卸工具又称拉具、拉拔、扒子或拉力器，拆卸电动机的带轮和轴承等。拆线工具（鏊子、冲子、清槽片用断钢锯片制作）。测量工具（螺旋测微仪又称千分尺，游标卡尺、塞尺、百分表）。短路侦察器又称短路测试器。转速表。试验灯（220V 试验灯、干电池试验灯）。

电动机常用维修仪表：万用表（指针式可用表、数字式万用表）。绝缘电阻表又称摇表、高阻计、兆欧表等；钳形电流表又称卡表。

2.7 电气设备的维修周期如何确定？

答：电气设备的修理周期结构、修理间隔期、修理周期可参考见表 2-15。

设备中各类电器修理间隔期和修理周期结构应根据不同情况区别对待。

对各种刀开关、各种起动器和各类接触器、起动及调节变阻器、电磁离合器、电磁铁及电磁吸盘、机床电器及其配线等，其电器修理间隔期和修理周期结构不单独规定，应随主机设备的修理周期结构和修理间隔期进行检修。

空气断路器应与安装的配电盘的修理周期结构相同。

设备中配备的各类电动机功率超过 100kW 时，应单独确定其修理周期结构及修理间隔期（表 2-15）。

表 2-15 电气设备修理周期结构

电气设备名称		修理周期结构	D: II 次数	修理周期 /年	修理间隔 期/月	备注
变配 电设 备	电力变压器	D—II—II—II—II—II— II—II—II—II—D	1:9	10	12	
	油断路器 SN—10 SN1—10 SW—110	II—II			12 12 12	
	负荷开关	II—II			12	
	隔离开关及高压 开关柜	II—II			12	
	互感器	II—II			12	
	保护用及自动控 制仪表	II—II			12	

(续)

电气设备名称		修理周期结构	D: II 次数	修理周期 /年	修理间隔 期/月	备注
外线	架空线路	D—II—II—II—II—II—D	1:5	12	24	
内线	车间动力（照明）线路、低压配电箱和电器控制盘	D—II—II—II—II—II—II—II—II—II—D	1:9	10	12	
电器设备	交直流电动机	D—II—II—II—II—D	1:4	10	24	适用于净化房间或冷加工车间
		D—II—II—II—D	1:3	8	24	适用于热加工车间、有灰尘车间的封闭式电动机
		D—II—II—II—II—D	1:4	5	12	适用于热加工车间、多灰尘的车间开启式电动机
	热加工车间桥式起重机及起重机的电气部分	II—II			12	随主机一起大修
	机械车间桥式起重机及起重机的电气部分				12	随主机一起大修
电炉设备	电阻炉	D—II—II—II—II—II—II—II—D	1:7	4	6	根据温度和产量可适当缩短周期
	电弧炉	D—II—II—II—II—II—II—II—D	1:7	4	6	
	高频（装置）炉	D—II—II—II—II—II—D	1:4	5	12	发电机式高频装置相同
	感应式电炉	D—II—II—II—II—II—II—D	1:5	3	6	
	盐浴炉	D—II—II—II—II—II—II—II—D	1:7	4	6	
	电弧炉及变压器	D—II—II—II—II—II—II—D	1:5	6	12	
	电热烘箱	D—II—II—II—D	1:3	4	12	

(续)

电气设备名称		修理周期结构	D: II 次数	修理周期 /年	修理间隔 期/月	备注
焊接 设备	交流焊机	D—II—II—II—II—II—D	1:5	6	12	
	直流焊机	D—II—II—II—II—II—D	1:4	5	12	
	点焊机 (缝焊机)	D—II—II—II—II—II—D	1:4	5	12	
	对焊机	D—II—II—II—II—II—D	1:3	4	12	
	氩弧焊机	D—II—II—II—II—II—D	1:4	5	12	
电镀 电解 设备	电镀槽	D—II—D	1:1	2	12	

2.8 电气设备维修改造或大修后按什么标准检查验收？

答：电气设备的标准，一般都是以成套设备（机械与电气）设计、制造、装配、安装、检查、验收等编制一个标准。例如，桥式起重机修理技术标准（DB11/T106—1998），该标准内容包括：机械与电气的修理技术要求、安全、检查、验收等，其中对所有电气设备必须进行检修，检修合格后方可组装。

2.9 设备诊断技术是什么？

答：设备诊断技术，就是“在设备运行中或基本不拆卸全部设备的情况下，掌握设备运行状态，判定产生故障的部位和原因，并预测预报未来状态的技术”。因此，它是防止事故的有效措施，也是设备维修的重要依据。

设备诊断技术是当前在国内外发展迅速、用途广泛、效果良好的一项重要的设备工程新技术。其起源和命名与仿生学有关。

任何一个运行的设备系统，都会产生机械的、温度的、电磁的种种信号，通过这些信号可以识别设备的技术状况，而当其超过常规范围，即被认为存在异常或故障。设备只有在运行中才可能产生这些信号，这就是为什么要强调在动态下进行诊断的重要原因。

应用设备诊断技术的目的，至少可以达到以下目的，见表 2-16。

表 2-16 应用设备诊断技术的目的

采用设备诊断技术至少可以达到的目的	保障设备安全，防止突发故障
	保障设备精度，提高产品质量
	实施状态维修，节约维修费用
	避免设备事故造成的环境污染
	给企业带来大的经济效益

注：在我国推广设备诊断技术的积极意义，是有利实行现代设备管理，进行维修体制改革，克服“过剩维修”及“维修不足”，从而达到设备寿命周期费用最经济和设备综合效率最高的目标。

2.10 电气设备诊断技术常用方法是什么？

答：电气设备在运行中受到电、热、机械、环境等各种因素的作用，其性能将逐渐劣化，引起故障。绝缘材料是电气设备的重要组成部分，大多是有机材料如矿物油、绝缘纸、各种有机高分子材料等，容易因老化而导致故障。

为了减少乃至避免突发性事故，可通过对电气设备的试验和各种特性的测量，了解及评估设备在运行过程中的状态，从而发现故障。长期以来，电力部门根据《电力设备预防性试验规程》定期对电力设备进行试验，取得了良好效果。为了克服定期预防性试验的不足，近年来在线监测技术得到发展，在此基础上，设备的预防性维修将得以向预知性维修即状态维修过渡。

对电气设备的试验、各种特性的测量、在线监测等都是电气设备诊断技术常用方法之一。

电气设备预防性试验方法：

- 1) 绝缘电阻和吸收比、极化指数的测量。
- 2) 介质损耗因数和电容量的测量。
- 3) 局部放电的测量。
- 4) 工频交流耐压试验。
- 5) 直流耐压试验和泄漏电流的测量。

根据 DL/T596—1996《电力设备预防性试验规程》对诊断的规定。规定中规定了较多的试验项目，并举例介绍 35kV 及以下电压等级设备的主要试验项目及诊断判据；适当介绍 35kV 以上电压等级设备的少量试验项目及诊断判据。

2.11 电气设备的在线监测有什么特点？

答：电力系统中推行的预防性试验存在一定缺点，在线监测则可避免预防性试验的缺点，使诊断更加准确及时，这就是在线监测的特点。由于被测信号一般都很微弱，故有效抑制现场的电磁干扰是发展在线监测的关键技术。电气设备在线监测的内容主要为泄漏电流的监测，介质损耗因数与电容量的监测、局部放电的监测、绝缘油中溶解气体的监测、异步电动机转子断条的监测等。

2.12 电力变压器的主要试验项目及诊断判据是什么？

答：35kV 及以下电压等级油浸式电力变压器的主要试验项目及诊断判据见表 2-17。

表 2-17 电力变压器的试验项目

序号	项目	要 求	说 明
1	绕组直流电阻	对 1.6MVA 及以下的变压器，相间差别≤三相平均值的 4%，线间差别≤三相平均值的 2% 对 1.6MVA 以上的变压器，相应数值分别为 2% 和 1% 与历年值比较，其变化≤2%	不同温度下电阻值的换算公式为 $R_2 = R_1 (K + t_2) / (K + t_1)$ 其中 R_1 、 R_2 分别为 t_1 、 t_2 时的电阻值； K 为常数，对铜取 235，对铝取 225

(续)

序号	项目	要 求	说 明
2	绕组绝缘电阻及吸收比或（和）极化指数	绝缘电阻与前一次测试结果比应无明显变化 吸收比（10～30℃范围）≥1.3或极化指数≥1.5 尽可能在油温（指顶层油温）<50℃时测量，并尽量使每次测量在相近油温下进行	不同温度下绝缘电阻值的换算公式为 $R_2 = R_1 \times 1.5^{(t_1 - t_2)/10}$ 其中 R_1 、 R_2 分别为 t_1 、 t_2 时的绝缘电阻值 吸收比和极化指数不进行温度换算
3	绕组介质损耗因数 $\tan\delta$	20℃时的 $\tan\delta$ 值≤1.5%；与历年值比较，变化≤30% 每次测量尽量在相近温度（指顶层油温）下进行 按绕组电压等级确定测试电压值；绕组电压≥10kV时，测试电压为10kV；<10kV时，测试电压为 U_n （ U_n 为额定电压，下同）	不同温度下的 $\tan\delta$ 值的换算公式为 $\tan\delta = \tan\delta_1 \times 1.3^{(t_2 - t_1)/10}$ 其中 $\tan\delta_1$ 、 $\tan\delta_2$ 分别为 t_1 、 t_2 时的介质损耗因数 U_n （ U_n 为额定电压，下同）
4	绕组泄漏电流	读取1min时的泄漏电流值，与前一次结果相比应无明显变化；按绕组电压等级确定直流试验电压值，额定电压10kV或35kV的绕组，试验电压值分别为10kV或20kV	
5	绝缘油试验	新变压器验收时，绝缘油的酸值≤0.03mgKOH/g， $\tan\delta$ （90℃）≤1%，击穿电压≥30kV（对15kV以下变压器）或≥35kV（对15～35kV变压器） 运行中变压器油的击穿电压≥25kV（对15kV以下变压器）或≥30kV（对15～35kV变压器）	
6	工频耐压试验	按绕组电压等级确定工频耐压试验电压值；当全部更换绕组后， U_n < 1kV、10kV或35kV的绕组，试验电压值分别为3kV、35kV或85kV；部分更换绕组时相应试验电压值分别为25kV、30kV或72kV	变压器在注油后应有足够的静置时间才可进行耐压试验，如制造厂无规定，110kV及以下变压器的静置时间为24h
7	油中溶解气体色谱分析	220kV及以上的所有变压器、容量120MVA及以上的发电厂主变压器应进行本项试验 总烃（包括CH ₄ 、C ₂ H ₆ 、C ₂ H ₄ 、C ₂ H ₂ 四种气体）含量（体积分数，下同）>150×10 ⁻⁶ ，或H ₂ 含量>150×10 ⁻⁶ ，或C ₂ H ₂ 含量>5×10 ⁻⁶ （对500kV变压器为1×10 ⁻⁶ ）时应引起注意 当烃类气体总和的产气速率>0.25mL/h（开放式）或0.5mL/h（密封式），或相对产气速率>10%/月，则认为设备有异常	

正常运行变压器的绝缘油中会含有少量氢、烃类和一氧化碳等气体，但若变压器内存在某些隐藏缺陷，这些气体的含量会增加；表中同时给出仅对大型变压器才进行的油中溶解气体气相色谱分析项目。

2.13 直流电动机的主要试验项目及诊断判据是什么？

答：直流电动机的主要试验项目及诊断判据见表 2-18。

表 2-18 直流电动机的试验项目

序号	项目	要 求	说 明
1	绕组的绝缘电阻	一般 $\geq 0.5\text{M}\Omega$	用 1000V 绝缘电阻表测定
2	绕组的直流电阻	与制造厂试验数据或以前测得值比较，相差一般 $\leq 2\%$	
3	电枢绕组片间的直流电阻	相互间的差值应 $\leq$ 正常最小值的 10%	
4	绕组的交流耐压试验	磁场绕组对机壳和电枢对轴的试验电压为 1000V	
5	电枢及磁极间的空气间隙	各点气隙与平均值的相对偏差不超过下列范围： 3mm 以下气隙， $\pm 10\%$ 3mm 及以上气隙， $\pm 5\%$	大修时进行

2.14 异步电动机的主要试验项目及诊断判据是什么？

答：异步电动机的主要试验项目及诊断判据见表 2-19。

表 2-19 异步电动机的试验项目

序号	项目	要 求	说 明
1	绕组绝缘电阻和吸收比	$U_n < 3\text{kV}$ 的电动机，室温下的绝缘电阻 $\geq 0.5\text{M}\Omega$ $U_n \geq 3\text{kV}$ 的电动机，接近运行温度时的绝缘电阻 $\geq U_n\text{M}\Omega$ （取 U_n 的千伏数） $\geq 500\text{kW}$ 的电动机，应测量吸收比或极化指数 沥青浸胶及烘卷云母绝缘吸收比 ≥ 1.3 或极化指数 ≥ 1.5 环氧粉云母绝缘相应数值分别为 1.6 或 2.0	$U_n < 3\text{kV}$ 的电动机，使用 1000V 的绝缘电阻表 $U_n \geq 3\text{kV}$ 的电动机，使用 2500V 的绝缘电阻表
2	绕组直流电阻	U_n 为 $\geq 3\text{kV}$ 的电动机，各相绕组直流电阻的差别应 $\leq$ 最小值的 2% 中性点未引出者，可测量线间电阻，相互间差别应 $\leq 1\%$	

(续)

序号	项目	要 求	说 明
3	定子绕组泄漏电流和直流耐压试验	泄漏电流相间差别≤最小值的100%，泄漏电流为<20μA者不作规定 全部更换绕组时的直流试验电压值为3U _n ； 大修或部分更换绕组时的直流试验电压值为2.5U	
4	定子绕组交流耐压试验	全部更换定子绕组后的试验电压值为(2U _n +1000)V，但≥1500V；大修或部分更换绕组后为1.5U _n ，但≥1000V	

2.15 电动机日常修理和大修工时定额如何确定？

答：电动机的修理工时定额取决于每种预防性作业的典型内容和电动机本身的系数，同时要考虑到电动机各元件的磨损程度不一。如电动机进行大修时，它的部件和零件只有一部分需要进行日常修理，而另一部分零件和部件则不进行修理而用备件更换。见表 2-20 列出了电动机的日常修理和大修工时定额。由于电动机的参数型号和结构形式、用途不同，对修理工时定额都会有一定的影响。表 2-20 列出了应用广泛、电压低于 400V 的单速三相异步笼型电动机为对象的定额、为了反映各种不同电动机的特点对修理工时的影响，计算时可引入下列系数：电动机转速为 3000r/min 乘以系数 0.8；为 1500r/min 乘以系数 1.0；为 960r/min 乘以系数 1.1；对于直流和交流换向器电动机乘以系数 1.8；对于 450r/min 电动机乘以系数 1.2；对于防爆式电动机、起重机用电动机及多速电动机乘以系数 1.3；对于电压为 6.3kV 的电动机乘以系数 2.1。

表 2-20 电动机修理工时定额

功率/kW	工时定额/h			功率/kW	工时定额/h		
	大修并重新绕制绕组	大修时不重新绕制绕组	日常修理		大修并重新绕制绕组	大修时不重新绕制绕组	日常修理
1.8 以下	11	6	2	30.1 ~ 40	47	25	10
0.18 ~ 1.5	12	6	2	40.1 ~ 55	55	29	12
1.6 ~ 3.0	13	7	3	55.1 ~ 75	69	37	15
3.1 ~ 5.5	15	8	3	75.1 ~ 100	85	44	13
5.6 ~ 10	20	11	4	101 ~ 125	110	57	22
10.1 ~ 17	27	14	6	126 ~ 160	130	68	27
17.1 ~ 22	32	17	7	161 ~ 200	140	75	30
22.1 ~ 30	40	21	8	201 ~ 250	155	82	33

当电动机修理工作较复杂时，可引入相应的修正系数。表 2-20 未列入启动调节装置和其他一些装置的修理工时。一般在计算大修工时，应采用电动机完全重新绕制绕组的定额，因为它反映了大修时所需消耗的平均工时，在所有各类修理工

时中，还包括占全部工时 10% 的机加工作业工时。

2.16 电动机修理停歇时间定额如何确定？

答：对电动机进行修理时，不仅要计划工时额，而且还要制定合理的修理延续时间。所以，应合理安排修理作业的工艺组织及电动机修理后的交付运行等，使电动机的停歇时间最短。根据修理工时确定的电动机修理停歇时间定额可查阅表 2-21，其中增加了按规定计算的停歇时间，这是考虑到电动机进行烘干绝缘所需的实际时间决定的，由于电动机属于配套装置，往往是随主机进行大修，有时不一定要绕制绕组，故可选用另一组的数值。例如，空压机按开动台时已达到修理周期，应进行大修，按规定电动机要进行大修并更换绕组。但是，检查结果认为电动机绕组的技术状态良好，不需要重绕，故修理工时减少、修理停歇时间可相应缩短。

表 2-21 电动机修理停歇时间定额

修理工时/h	大修理停歇时间/h		日常修理停歇时间/h
	绕组完全重绕	绕组不重新绕制	
15 以下	48	24	3
16 ~ 50	72	48	8
51 ~ 100	96	72	16
101 ~ 150	120	96	24
150 以上	144	120	32

2.17 电动机维修实践要则是什么？

答：电动机维修实践要则见表 2-22 所示。

表 2-22 电动机维护实践要则

电动机不用时，将电动机断开电源	使电刷、换向器和轴承减少不必要的磨损，节约润滑油
断开电动机磁场电路，除非其设计规定不必断开	用温度计检测并励磁场的温度，并确认不超过 90℃。在磁场激励时，维修人员在着手维护工作前应确认磁场电路断开。对交流电动机，应作定子绕组检查
确保无金属粉末，切屑进入绕组和极靴	在磁场引力下金属粉末进入空气隙会损坏绕组。铸铁粉末的危害性特别大
重新组装电动机	从机架上拆卸电极之前，事先应对极面（镗孔）进行检查，确定合适的空气隙，并对垫片和电极的位置作好记号。重新组装时，将电极和衬垫装到原来的位置
注意磨损部件和经常更换的部件，以便确定预期修理极限	将备件存入合适的库房。对标准备件进行测量，以免使用时弄错

2.18 电动机如何选择？

答：不同种类的电动机具有不同的特点和用途，表 2-23 列出了不同电动机主要性能特点，可供选择电动机时参考。

表 2-23 不同电动机主要性能特点

电动机种类	主要性能特点	
直流电动机	他励、并励	机械特性硬，起动转矩大，调速性能好
	串励	机械特性软，起动转矩大，调速方便
	复激	机械特性软硬适中，起动转矩大，调速方便
三相异步电动机	笼型转子	机械特性硬，起动转矩不太大，可以调速
	绕线转子	机械特性硬，起动转矩大，调速方法多
单相异步电动机	功率小，机械特性硬	
三相同步电动机	转速不随负载变化，功率因数可调	
单相同步电动机	功率小，转速恒定	

2.19 电动机的滚动轴承使用哪些润滑方式，如何选择？

答：滚动轴承的润滑分油润滑和脂润滑。使用时应根据轴承的类型、尺寸、运行条件来选择。

一般油润滑比脂润滑优越。但油润滑需要复杂的密封装置和供油设备，脂润滑对轴承座的密封结构可简化一些。通常低速轻载荷时，选用脂润滑；高速重载荷时选用油润滑。脂润滑和油润滑的比较，见表 2-24。

表 2-24 油润滑和脂润滑的比较

项 目	油润滑	脂润滑
允许速度	高	低
润滑性能	非常好	好
使用温度	高	低
冷却作用	好	坏
摩擦力矩	低	稍高
润滑剂的循环性	好	不大好
润滑剂的更换	容易	麻烦
润滑剂的寿命	长	比较短
轴承箱的结构	密封结构复杂	密封结构可以简化
润滑剂中杂质的过滤	容易	几乎不可能
与其他零件共同润滑	容易	困难

2.20 电动机修理时应如何选择合适的润滑脂？

答：电动机轴承的正常运转、寿命、噪声、过热及振动等，均与是否合理选用润滑脂有关。通常选用 3 号锂基脂，可以降低机械损耗，近年来又有新的润滑脂出现，如洛阳轴承研究所和汉沽石油化学厂研制的“中小型电动机轴承润滑脂”比 ZL-3 号锂基脂在性能上要优越。在 Y180M-4（IP44）电动机做试验，平均噪声降低 0.6dB，其特性达到日本 JIS2220—80 滚动轴承润滑脂的标准，接近瑞士 SKF65C

的润滑脂水平，含杂质极低，售价与 3 号锂基脂相当。

电动机修理时，可参考表 2-25 所推荐的润滑脂牌号进行选择。

表 2-25 电动机用润滑脂选择表

名称	钙基润滑脂				钠基润滑脂		钙钠基润滑脂		复合钙基润滑脂		复合铝基润滑脂	二硫化钼润滑脂
牌号	SYB1401-62				SYB1402-62		SYB1403-59		SYB1107-59			HSY- ¹⁰¹ ₁₀₃
最高工作温度/℃	70	75	80	85	120	140	110	125	170 190	180 200	200	200
最低工作温度/℃	不低于 - 10				不低于 - 10		不低于 - 10		不低于 - 40		—	不低于 - 40
抗水性	不易溶于水，抗水性较强				易溶于水，抗水性弱		抗水性弱		抗水性强		抗水性强	抗水性强
外观	黄色到暗褐色软膏状				深黄色到暗褐色软膏状		蓝色到深棕色软膏状		淡黄色到暗褐色光滑透明膏状		青褐色软膏状	灰色或褐色光泽软膏状
适用电动机	一般工作温度，有水分或与水接触条件下，适用于封闭式电动机				较高工作温度，清洁无水分条件下，适用于开启式电动机		较高工作温度，允许有水蒸气的条件下工作，适用于开启式及封闭式电动机		高温工作条件下，有水接触及严重潮湿的场合，适用于封闭式电动机		高温工作条件下，有水接触及严重潮湿的场合，适用于封闭与开启式电动机	高温工作条件及严重潮湿的场合，特别适用于湿热带电动机

2.21 电动机的轴承用哪些润滑油？

答：电动机的轴承用润滑油见表 2-26。

表 2-26 电动机的轴承用润滑油

工作条件		容量/kW		
		< 100	< 100 ~ 1000	> 1000
滚动轴承	高速 1500 ~ 3000r/min	3 号锂基脂、3 号钙基脂、2 号钙钠基脂	3 号锂基脂、3 号钠基脂	3 号锂基脂、3 号复合钙基脂
	中速 1000 ~ 1500r/min	3 号锂基脂、3 号钙基脂、2 号钙钠基脂	3 号锂基脂、3 号钠基脂	3 号锂基脂、3 号复合钙基脂
	低速 1000r/min 以下	2 号锂基脂、2 号钙基脂、2 号钙钠基脂	2 号锂基脂、2 号钠基脂	2 号锂基脂、2 号复合钙基脂
滑动轴承	高速 1500 ~ 3000r/min	HL32 液压油	HL32 液压油	HL46 液压油
	中速 1000 ~ 1500r/min	HL32 液压油	HL46 液压油	HL46 液压油
	低速 1000r/min 以下	HL46 液压油	HL68 液压油	HL68 液压油

2.22 中小型电动机滚动轴承装配方法，润滑脂如何选择？

答：装配轴承时，要使轴承带型号的一面朝外，以便检修更换时方便。轴承内要塞满润滑脂，从轴承的一端挤入润滑脂，由轴承的另一端挤出少许，使润滑脂添加在轴承内。而轴承盖内腔所涂的油量应占轴承盖总容积的 1/3 ~ 2/3 左右。润滑脂的选择见表 2-27。

表 2-27 中小型电动机滚动轴承润滑脂的选择

名称	代号	外观	滴点/℃ ≥	抗水性	适用场合
钠基 润滑脂	ZN-2	深黄色到暗褐色 的均匀软膏	140	易溶于水亲 水性强	较高工作温度，清洁无水分条件，适用于开启式电动机
	ZN-3		140		
	ZN-4		150		
钙基 润滑脂	ZG-2	淡黄色到暗褐色 的均匀软膏	80	不易溶于水， 抗水性较强	一般工作温度，有水分或与 水接触的条件，适用于封闭式电动机
	ZG-3		85		
	ZG-4		95		
	ZG-5		120		
钙钠基 润滑脂	ZGN-2	黄色到棕色的均 匀软膏	120	抗水性弱	较高工作温度，有水蒸气条件下，适用于开启式及封闭式电动机
	ZGN-3		135		

2.23 电动机润滑时间间隔是多少？

答：电动机的不同规格、不同速度、不同用途和不同的工作环境，制订出不同的轴承润滑时间表。电动机的规格越大、速度越高、环境温度越高、振动越大、作用越重要、负载越大、其润滑工作就越应频繁进行。润滑工作的时间间隔取决于上述因素，长则 10 年，短则一个月。如一个不经常运转的电动机（如轻便工具上的电动机，它通常都在 10 ~ 30℃ 的合理的温度条件和干净的工作环境下使用）每 10 年只需润滑一次。然而，一个长期在脏污和高温条件下作大功率传动的 150kW 电动机，由于振动强烈，每隔一个月就应润滑一次。这就构成了一个 84:1 的时间间隔范围。

表 2-28 为电动机润滑的参考时间表。请注意，有些制造厂推荐的间隔时间更长，有些则更短。该表仅适用于无防尘盖、单防尘盖或双防尘盖，旁边装有润滑脂盒的深槽球轴承或滚子轴承。

表 2-28 最长润滑时间间隔参考表

使用情况	电动机功率/kW				
	0.18 ~ 7.5	10 ~ 30	40 ~ 100	150 ~ 185	185
良好：不经常运转的电动机和用于闸门起动，大门开、关及轻便工具的电动机	7 年	5 年	3 年	2 年	9 个月
一般：一班或两班连续运转的机具上的电动机，如用于通风装置、压缩机冷却装置、洗衣机、纺织机、木工机械、水泵上的电动机以及 B 级绝缘的电动机	5 年	3 年	1 年	9 个月	6 个月

(续)

使用情况	电动机功率/kW				
	0.18 ~ 7.5	10 ~ 30	40 ~ 100	150 ~ 185	185
恶劣：连续运转的电动机，如用于风扇、泵、电动发动机组、煤矿和其他矿山机械、轧钢机上的电动机以及某些 F 级绝缘的电动机	3 年	$1\frac{1}{4}$ 年	6 个月	4 个月	3 个月
十分恶劣：在脏污和振动情况下使用的电动机以及在高温条件下的电动机，包括 H 级绝缘的电动机	9 个月	4 个月	3 个月	2 个月	$1\frac{1}{2}$ 个月

一般情况下不使用密封轴承，因为用于润滑的润滑脂和润滑油往往受到充入量的限制，从而使轴承的使用寿命与润滑脂的寿命变得一样长短。不过，在某些情况下使用，尤其是对轴承的使用寿命只要求 4000 ~ 5000h 的军事领域，这类轴承十分理想。因为，只要安装就位，它们就不存在润滑脂合适不合适的问题，污物几乎无法进入轴承，而且也不会出现过量润滑等故障。密封轴承和有防尘盖的轴承都要求较稠的润滑脂，以便当它被密封到滚球附近时提供更好的机械稳定性。

有防尘盖的轴承只允许有来自轴承箱蓄脂盒润滑脂小量供给，而无防尘盖轴承则允许润滑脂大量供给。

近年来，用于球轴承和滚子轴承的润滑脂一直都在得到改善。目前使用的球轴承润滑脂，化学性能非常稳定。

只要保持清洁并在合理的工作温度下使用，这些经过改善的润滑脂使用多年仍有令人满意的润滑效果。因此，有些功率较小的电动机不设计油杯或注油孔，不需要进行润滑方面的维护工作。

从 1925 年开始，钠钙混合基润滑脂取代了钙基润滑脂；1940 年，抗氧化添加剂被推广使用；1953 年，锂基润滑脂被推广开来；到了 1968 年，加有人造增稠剂的石油润滑剂被应用于相当于 F 级绝缘电动机的高温轴承（H 级绝缘电动机的高温轴承大多使用 1945 年问世的硅润滑脂或某种近年发展的润滑脂，外加如聚脲（Polyurea）之类的增稠剂）。在高温情况下通常应添加与原润滑脂质地相同或能与原润滑脂相容的润滑脂。

坚持不懈地执行预防性维修计划可使轴承的有效寿命延长数年。采用滚动轴承的机器出厂前其轴承就已填足了润滑脂。如果机器在库存了很长一段时间、则在操作之前最好再重新进行一次润滑，100kW 或规格更大的电动机尤其应该如此。润滑脂在搁置很长一段时间后就会泛油。对于某个给定的轴承，润滑脂的老化失效主要取决于润滑脂类型、轴承规格、轴承转速、温度、承载程度和工作条件。尽管不可能准确地预定何时添加新润滑脂，但按下列程序进行维护，必将取得良好的效果：

- 1) 擦净所有的注油嘴。
- 2) 卸下溢流塞，除净硬化润滑脂。
- 3) 在机器运转的情况下，用压注式润滑枪慢慢加注润滑脂，直至新润滑脂挤出溢流口（如果在机器运转的情况下接近注油嘴不安全，可在停机时少量添加）。
- 4) 为了防止润滑脂从轴端盖配合缝流出和进入内端盖空穴和电动机绕组，同时也为安全起见，对电动机的润滑最好在它静止的状态中进行。
- 5) 卸下溢流口塞，使机器运转 10 ~ 20min，以便挤出过量的润滑脂。
- 6) 清理并装上溢流口塞。
- 7) 确认新润滑脂干净无污。如果添加润滑脂时带入脏物和污染物，那就可能导致轴承润滑的失效。像硅石或铸铁粉尘之类的杂质足能引起轴承故障。
- 8) 使用电动机制造厂荐用的润滑脂（或等效的润滑脂）。某些优质润滑剂往往互不相容。因此，如果对混合使用的润滑脂的相容性存有疑虑，那就应和电动机制造厂取得联系。
- 9) 润滑脂不宜注入过多，因为这样会导致轴承过热、从而造成润滑失效。有些电动机设有滑脂塞而不设有压注油嘴，以防止无意之中的过量润滑。

如果出于某种原因（如清理或修理转子或定子）而需对电动机进行拆解，这时，可就此机会用润滑脂溶剂将轴承和轴承盖内的陈润滑脂清洗干净。然后，用电动机制造厂荐用的润滑脂或类似的润滑脂将轴承填满大约 50% 的空间。但一定要注意保持润滑脂的清洁。因为，球轴承和滚子轴承间隙很小。重负载的球轴承，滚球和座圈接触时，在每分钟接触面积中，压应力通常都在 7000MPa 上下。显而易见，一小颗硬质砂或铸铁粉尘都有可能破坏滚球和座圈。

如果某个轴承非拆卸不可，则在拆卸轴承和安装轴承或更换新轴承时就必须小心谨慎，并应使用轴承拆卸器。在可能的情况下，应在内圈上施加拉力。拉动外圈会对轴承钢球造成影响，从而有可能使轴承钢球表面变形。如果非拉动外圈不可，那就应更换轴承。除非无法买到同一规格的新轴承，事实上，拉取下来的轴承一般都应更换。

安装新轴承时，首先应确认其规格，类型是否正确，在很多情况下，电动机铭牌上都标有轴承类型。如果无法采购到原厂出品的轴承，那就最好向制造厂核实，以便采用合适的替代轴承。轴承在安装前，所有的机加工表面都应用合适的溶剂清洗干净，并检查端盖、轴承座、挡油圈和滑脂盖的机加工配合面有无毛刺。这些配合面光滑与否，意义十分重要。

2.24 电动机润滑油荐用粘度是多少？电动机润滑油的标准性能有哪些？

答：装有滑动轴承的电动机一般都用汽轮机油作润滑油，在容器或循环润滑系统中使用，这种润滑油比任何石油润滑剂的使用寿命都长。它含有的防锈蚀剂还能使轴表面、轴承表面和轴承盖表面的锈蚀保持在最低程度。

表 2-29 和表 2-30 可供选择合适等级的汽轮机润滑油时参考。表中列出了用于

几种电动机转速的润滑油粘度。在 37℃ 的温度条件下，粘度为 32mm²/s 的低粘度润滑油被荐用于 0.75kW 以下的小功率电动机以及转速为 1500r/min 或更快的大功率电动机。某些滚动接触的推力轴承（如用于垂直泵的推力轴承），由于速度较低，温度较高、负载较大，一般都要求粘度高达 132mm²/s 的高粘度润滑油。由此可见，为了获得最佳效果，选择润滑油时，一定要参考制造厂的推荐意见。

表 2-29 电动机润滑油荐用粘度

轴承系统类型	润滑油粘度/（mm ² /s），37℃ 时	
	< 1500r/min	≥ 1500r/min
滑动接触		
压力润滑	65	32
环式润滑	65	32
油盘	65	32
油绳润滑（小功率电动机）	32 ~ 65	32
平板式、推力轴承	65	65
滚动接触		
球轴承和滚子轴承	32	32
鼓形滚子轴承	132	132

表 2-30 电动机润滑油的标准性能

特 性	低粘度	中粘度	高粘度
粘度/（mm ² /s），37℃ 时	28.5 ~ 36	58.7 ~ 71	118 ~ 154
粘度指数，最小	85	85	85
流动点/℃，最高	-17.7	-15	-3.9
闪点/℃，最小	193	204	215
中和值，每克中的 KOH 毫克数，最大	0.15	0.15	0.8
苯胺点/℃，最低	90	90	
汽轮机滑油氧化试验时间/h，最少（ASTM D943）	1000	1000	1000
防锈蚀试验（ASTM D665）	通过	通过	通过

不过，有些等级的润滑油常常能成功地相互代替。例如，尽管轴承温度高于理想范围而且动力损失略大，但是，粘度为 65mm²/s 的润滑油在高速电动机中使用，其润滑效果同样令人满意。另一方面，转速为 1500r/min 以下的电动机采用低粘度润滑油，起动起来很容易。

对油润滑的维护工作，主要包括每隔 3 ~ 4 个月对油位和油质进行一次检查。

2.25 法定电工计量单位有哪些？

答：常用法定电子计量单位见表 2-31。

表 2-31 常用法定电工计量单位

电工量		电工量的单位		换算	备 注
名称	符号	名称	符号		
电量	Q	库(仑)	C	$1\text{C} = 1\text{A} \cdot \text{s}$	
电流	I i $\dot{I}$ I_m	安(培)	A		直流电流或交流有效值 瞬时值 向量 峰值或振幅
电位差 (电压)	U (V) u $\dot{U}$ U_m	伏(特)	V	$1\text{V} = 1\text{W}/\text{A}$	直流电压或交流有效值 瞬时值 向量 峰值或振幅
电动势	E e	伏(特)	V		瞬时值
电容	C	法(拉)	F	$1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$	
介电常数 (电容率) 真空介电常数 相对介电常数	ε ε_0 ε_r	法(拉)/米	F/m		$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{F}/\text{m}$ $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$
电场强度	E	伏(特)/米 牛顿/库仑	V/m N/C	$1\text{V}/\text{m} = 1\text{N}/\text{C}$	矢量
磁通量	Φ	韦伯	Wb	$1\text{Wb} = 1\text{V} \cdot \text{s}$	
磁感应强度	B	特(斯拉)	T	$1\text{T} = 1\text{N}/\text{A} \cdot \text{m} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$	矢量
磁场强度	H	安(培)/米	A/m		矢量
自感 互感	L M, L_{12}	亨(利)	H	$1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$	$1\text{H} = 10^3\text{mH}$ (毫亨)
磁导率 真空磁导率 相对磁导率	μ μ_0 μ_r	亨(利)/米	H/m		$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H}/\text{m}$ $\mu_r = \mu/\mu_0$
磁化强度	M	安(培)/米	A/m		矢量
(直流)电阻 (直流)电导	R G	欧(姆) 西(门子)	Ω S	$1\Omega = 1\text{V}/\text{A}$ $1\text{S} = 1\Omega^{-1}$	
功率	P	瓦(特)	W	$1\text{W} = 1\text{V} \cdot \text{A} = 1\text{J}/\text{s}$	
电阻率	ρ	欧(姆)·米	$\Omega \cdot \text{m}$		也可表示成 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
(交流)电阻	R	欧(姆)	Ω		复阻抗实部
频率	f, ν	赫(兹)	Hz	$1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$	
转速	n	转/秒	r/s		
角频率	ω	弧度/秒	rad/s		$\omega = 2\pi n$ $\omega = 2\pi f$

(续)

电工量		电工量的单位		换算	备 注
名称	符号	名称	符号		
相(位)差 相(位)移	φ $\Delta\varphi$	弧度	rad		
周期	T	秒	s		$T = 1/f$
阻抗	Z	欧(姆)	Ω		等效阻抗或复阻抗 $Z = R + jX = \dot{U} / \dot{I}$ 容抗或感抗统称 $ Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
电抗 阻抗模	X $ Z $				
有功功率	P	瓦(特)	W	$1\text{W} = 1\text{J/s}$	$P = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i dt$ J(焦耳) $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ 电工学单位 电工学单位
无功功率 视在功率	Q S	(千)乏 伏安	(k) var $\text{V} \cdot \text{A}$		
有功电能 无功电能	W_a W_r	千瓦·时(度) 千乏时	$\text{kW} \cdot \text{h}$ $\text{kvar} \cdot \text{h}$		$W_a = \int u \cdot i dt$
功率因数	$\cos\varphi$				$\cos\varphi = P/S$
损耗角	$\tan\delta$				
长度 质量	l M	米 千克	m kg		
力 力矩 时间 温度	F M t, τ $t(\theta)$	牛(顿) 牛(顿)·米 秒 摄氏度	N $\text{N} \cdot \text{m}$ s $^{\circ}\text{C}$		矢量 矢量
光照度 光通量 光亮度	$E, (E_v)$ $\Phi, (\Phi_v)$ $L, (L_v)$	勒(克斯) 流(明) 坎(德拉)/米 ²	lx lm cd/m^2		

2.26 常用电气设备文字符号有哪些？

答：常用电气设备单字母符号见表 2-32，常用电气设备双字母符号见表 2-33、常用辅助文字符号见表 2-34、特殊用途文字符号见表 2-35。

表 2-32 常用电气设备单字母符号

字母代码	项目种类	举 例
A	组件 部件	分离元件放大器、磁放大器、激光器、微波激励器、印刷电路板
B	变换器 (从非电量到电量或相反)	热电传感器、热电池、光电池、测功计、晶体换能器、送话器、拾音器、扬声器、耳机、自整角机、旋转变压器
C	电容器	

(续)

字母代码	项目种类	举 例
D	二进制单元 延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件、延迟线、双稳态元件、单稳态元件、磁芯存储器、寄存器、磁带记录机、盘式记录机
E	杂项	光器件、热器件、本表其他地方未规定的元件
F	保护器件	熔断器、过电压放电器件、避雷器
G	发电机、电源	旋转发电机、旋转变频机、电池、振荡器、石英晶体振荡器
H	信号器件	光指示器、声响指示器、指示灯
K	继电器、接触器	交流继电器、接触器、极化继电器、簧片继电器、延时继电器
L	电感器 电抗器	感应线圈、线路陷波器 电抗器（并联和串联）
M	电动机	电动机、同步电动机、力矩电动机
N	模拟集成电路	运算放大器，模拟/数字混合器件
P	测量设备 试验设备	指示、记录、积算、测量设备 信号发生器、时钟
Q	电力电路的开关	断路器、隔离开关
R	电阻器	可变电阻器、电位器、变阻器、分流器、热敏电阻
S	控制电路的开关选择器	控制开关、按钮、限制开关、选择开关、选择器、拨号接触器、连接极
T	变压器	电压互感器、电流互感器
U	调制器 变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、交流器、电报译码器
V	电真空器件 半导体器件	电子管、气体放电管、晶体管、晶闸管、二极管
W	传输通道 波导、天线	导线、电缆、母线、波导、波导定向耦合器、偶极天线、抛物面天线
X	端子 插头 插座	插头和插座、测试塞孔、端子板、焊接端子片、连接片、电缆封头和接头
Y	电气操作的机械装置	制动器、离合器、气阀
Z	终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平衡网络 压缩扩展器 晶体滤波器 网络

表 2-33 常用电气设备双字母符号

名称	新符号		旧符号	名称	新符号		旧符号
	单字母	双字母			单字母	双字母	
发电机	G		F	起动电抗器	L	LS	QK
直流发电机	G	GD	ZF	感应线圈	L		GQ
交流发电机	G	GA	JF	电线	W		DX
同步发电机	G	GS	TF	电缆	W		DL
异步发电机	G	GA	YF	母线	W		M
永磁发电机	G	GM	YCF	避雷器	F		BL
水轮发电机	G	GW	SLF	熔断器	F	FU	RD
汽轮发电机	G	GT	QLF	照明灯	E	EL	ZD
励磁机	G	GE	L	指示灯	H	HL	SD
电动机	M		D	蓄电池	G	GB	XDC
直流电动机	M	MD	ZD	光电池	B		GDC
交流电动机	M	MA	JD	晶体管	V		BG
同步电动机	M	MS	TD	电子管	V	XE	G
异步电动机	M	MA	YD	调节器	A		T
笼型电动机	M	MC	LD	逆变器	U		NB
绕组	W		Q	变频器	U		BP
电枢绕组	W	WA	SQ	断路器	Q	QF	DL
定子绕组	W	WS	DQ	隔离开关	Q	QS	GK
转子绕组	W	WR	ZQ	自动开关	Q	QA	ZK
励磁绕组	W	WE	LQ	转换开关	Q	QC	HK
控制绕组	W	WC	KQ	刀开关	Q	QK	DK
变压器	T		B	低压断路器	Q	QL	
电力变压器	T	TM	LB	高压断路器	Q	QH	
控制变压器	T	T	KB	真空开关	Q	QV	
升压变压器	T	TU	SB	控制开关	S	SA	KK
降压变压器	T	TD	JB	行程开关	S	ST	CK
自耦变压器	T	TA	OB	限位开关	S	SL	XK
整流变压器	T	TR	ZB	终点开关	S	SE	ZDK
电炉变压器	T	TF	LB	微动开关	S	SS	WK
稳压器	T	TS	WY	脚踏开关	S	SF	TK
互感器	T		H	按钮开关	S	SB	AN
电流互感器	T	TA	LH	接近开关	S	SP	JK
电压互感器	T	TV	YH	继电器	K		J
整流器	U		ZL	电压继电器	K	KV	YJ
变流器	U		BL	电流继电器	K	KA	LJ
电位器	R	RP	W	时间继电器	K	KT	SJ
起动电阻器	R	RS	QR	频率继电器	K	KF	PJ
制动电阻器	R	RB	ZDR	压力继电器	K	KP	YLJ
频敏电阻器	R	RF	PR	控制继电器	K	KC	KJ
附加电阻器	R	RA	FR	信号继电器	K	KS	XJ
电容器	C		C	接地继电器	K	KE	JDJ
电感器	L		L	接触器	K	KM	C
电抗器	L		DK				

(续)

名称	新符号		旧符号	名称	新符号		旧符号
	单字母	双字母			单字母	双字母	
电磁铁	Y	YA	DT	自整角机	B		ZZJ
制动电磁铁	Y	YB	ZDT	测速发电机	B	BR	CSF
牵引电磁铁	Y	YT	QYT	温度变换器	B	BT	WDB
起重电磁铁	Y	YL	QZT	送话器	B		S
电磁离合器	Y	YC	CLH	受话器	B		SH
电阻器	R		R	拾声器	B		SS
变阻器	R		R	扬声器	B		Y
放大器	A		FD	耳机	B		EJ
晶体管放大器	A	AD	BF	天线	W		TX
电子管放大器	A	AV	GF	接线柱	X		JX
磁放大器	A	AM	CF	连接片	X	XB	LP
变换器	B		BH	插头	X	XP	CT
压力变换器	B	BP	YB	插座	X	XS	CZ
位置变换器	B	BQ	WZB	测量仪表	P		CB
速度变换器	B	BV	SDB				

表 2-34 常用辅助文字符号

名称	新符号	旧符号	名称	新符号	旧符号
高	H	G	绿	GN	L
低	L	D	黄	YE	U
升	U	S	白	WH	B
降	D	J	蓝	BL	A
主	M	Z	直流	DC	ZL
辅	AUX	F	交流	AC	JL
中	M	Z	电压	V	Y
正	FW	Z	电流	A	L
反	R	F	时间	T	S
红	RD	H	闭合	ON	BH
断开	OFF	DK	手动	M, MAN	S
附加	ADD	F	起动	ST	Q
异步	ASY	Y	停止	STP	T
同步	SYN	T	控制	C	K
自动	A, AUT	Z	信号	S	X

表 2-35 特殊用途文字符号

名 称	文字符号	备 注	名 称	文字符号	备 注
交流系统电源第 1 相	L ₁	旧符号 A	交流系统设备第 3 相	W	C
交流系统电源第 2 相	L ₂	B	直流系统电源正极	L ₊	
交流系统电源第 3 相	L ₃	C	直流系统电源负极	L ₋	
中性线	N	O	直流系统电源中间线	M	旧符号 Z
交流系统设备第 1 相	U	A	接地	E	旧符号 D
交流系统设备第 2 相	V	B	保护接地	PE	

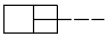
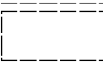
(续)

名 称	文字 符号	备 注	名 称	文字 符号	备 注
不接地保护	PU		机壳或机架	MM	
保护接地线和中性线	PEN		等电位	CC	
共用			交流	AC	旧符号 JL
无噪声接地	TE		直流	DC	旧符号 DL

2.27 常用电工图形符号有哪些？

答：常用电工图形符号见表 2-36。

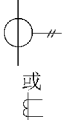
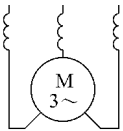
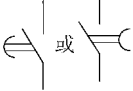
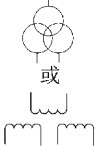
表 2-36 常用电工图形符号

名 称	图形符号	名 称	图形符号
直流	—	永久磁铁	
交流	~	电动机操作	
中性（中性线）	N	气动或液压操作	
中间线	M	电池	
正极性	+	蓄电池组	
负极性	-	柔软导线	
连接	•	二股绞合导线	
接机壳		同轴电缆	
屏蔽		屏蔽导线	
故障		导线的双 T 连接	形式1  形式2 
闪络		端子（必要时圆圈可画成黑点）	。
		接地，一般符号	
		抗干扰接地	

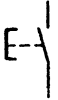
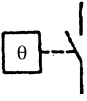
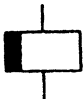
(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
保护接地		N 型沟道结型场效应晶体管	
连接片		P 型沟道结型场效应晶体管	
电阻器，一般符号		光敏电阻	
带滑动触点的电位器		光生伏打电池	
可调电阻器		两相绕组	
线圈；绕组		三个独立绕组	
带固定抽头的电感器		三角形连接的三相绕组	
电容器，一般符号		开口三角形连接的三相绕组	
极性电容器		星形连接的三相绕组	
半导体二极管，一般符号		中性点引出的星形连接的三相绕组	
单向击穿二极管稳压管		曲折形连接的三相绕组	
双向击穿二极管		直流发电机	
三极晶体闸流管		直流电动机	
NPN 晶体管		交流发电机	
PNP 晶体管		交流电动机	
		直流串励电动机	

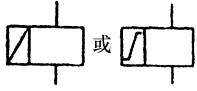
(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
直流并励发电机		电抗器	
永磁直流电动机		电流互感器	
三相串励换向器电动机		电压互感器	
无中性点引出线的星形连接的三相同步发电机		动合（常开）触点	
单相永磁同步发电机		动断（常闭）触点	
三相永磁同步发电机		先断后合的转换触点	
三相笼型（鼠笼式）感应电动机		先合后断的转换触点 先合后断的双向转换触点	
三相绕线式转子感应电动机		延时闭合（断开）的动合（常开）触点	
双绕组变压器		延时断开（闭合）的动断（常闭）触点	
三绕组变压器（同双绕组变压器）			
自耦变压器			

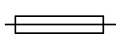
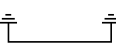
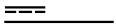
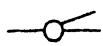
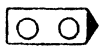
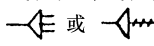
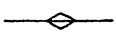
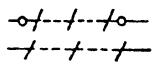
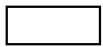
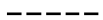
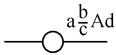
(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
多位开关		自动复位的手动按钮开关	
过渡动合触点		温度开关	
断路器		继电器线圈，一般符号	
隔离开关		缓慢释放继电器线圈	
熔断器		缓慢吸合继电器线圈	
跌开式熔断器		避雷器	
接触器		延时继电器线圈	
		过流继电器	

(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
剩磁继电器线圈	 或 	电度表 (瓦時計)	
极化继电器线圈		无功电度表	
热继电器驱动器件		整流器	
欠压继电器		逆变器	
火花间隙		桥式全波整流器	
双火花间隙		滤波器, 一般符号	
热电偶		音响信号装置	
时钟		报警器	
电流表		蜂鸣器	
电压表		灯、信号灯	
功率因数表			
频率计			
记录式功率表			

(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
电杆上装设放电器 注：可在 A 处标注放电 器型号		装在支柱上的封闭式母 线	
电杆的一般符号（单杆、 中间杆） A——杆材或所属部门 B——杆长 C——杆号		装在吊钩上的封闭式母 线	
		电缆铺砖保护	
		电缆穿管保护 （加注文字符号可表示 规格数量）	
拉线一般符号		电缆上方敷设防雷排流 线	
母线的一般符号		电缆预留	
交流母线		电信电缆的蛇形敷设	
直流母线		电缆充气点	
防爆型按钮盒		电缆终端头	多线表示 单线表示 
带指示灯的按钮		电缆中间接头	
变电站、配电所	规划的 	电缆分支接头	
	运行的 	接地装置 (1) 有接地极 (2) 无接地极	
架空线路		屏、台、箱、柜一般符 号	
事故照明线		动力或动力—照明配电 箱 注：需要时符号内可标 示电流种类符号	
带照明灯的电杆一般画 法 注：a 编号，b 杆型，c 杆高（米），A 连接相序， d 容量（瓦）		照明配电箱（屏） 注：需要时允许涂红	

(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
一般按钮盒		“与”元件，一般符号	
密闭型按钮盒		非门	
电力电缆与其他设施交叉点 a—交叉点编号 (1) 电缆无保护 (2) 电缆有保护		有非输出的与门（与非门）	
		有非输出的或门（或非门）	
“或”元件，一般符号			

第 3 章 电动机的维修及故障排除

3.1 电机如何分类？大、中、小型电动机怎样区别？

答：电动机的分类方法有：电动机按一般分类如图 3-1 所示，电动机按国家标准（GB）制订的国家标准分类如图 3-2 所示，电动机按机电产品综合分类如图 3-3 所示，小功率电动机按工作原理分类如图 3-4 所示，电动机按使用电源分类如图 3-5 所示，电动机按防护方式分类如图 3-6 所示。

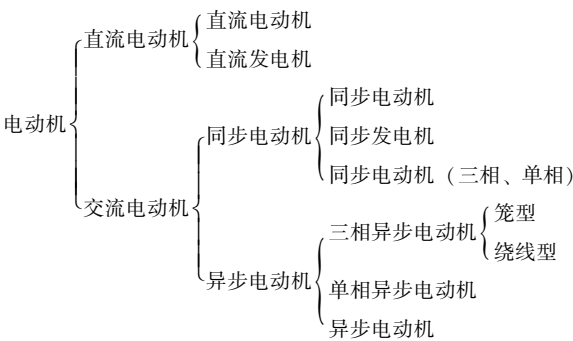


图 3-1 电动机按一般分类

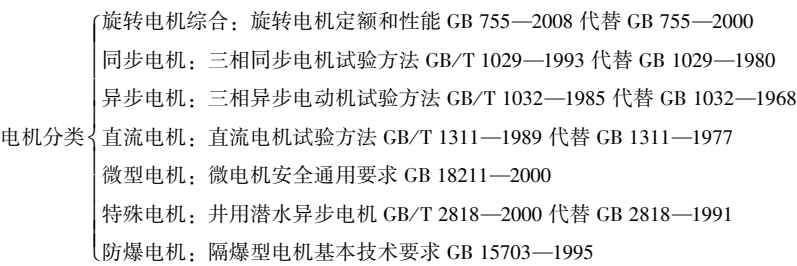


图 3-2 电机按国家标准（GB）制定的国家标准分类

电机按机械行业标准（JB）制订的机械行业标准与国家标准（GB）分类方法完全一致。有关电机的国家标准和行业标准及信息，请查阅本书第 8 章。

小功率电动机（旧称分马力电动机）是指折算至 1500r/min 时最大连续定额不超过 1.1kW 的电动机。

小功率电动机按工作原理可分为异步电动机、同步电动机、直流电动机和交流换向器电动机四大类。其主要类型及系列如图 3-4 所示。

电动机根据使用电源的不同，主要分为直流电动机和交流电动机两大类，见表 3-1 所示。另外，还有一种单相串励电动机，它既可以使用直流电，也可以使用交流电。

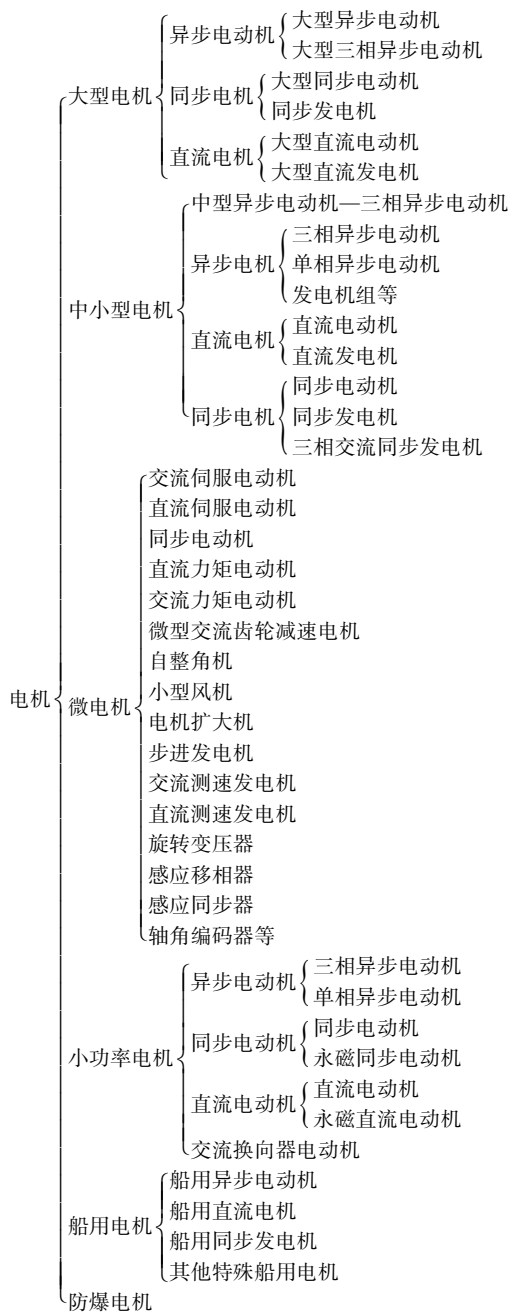


图 3-3 电机按机电产品综合分类

注：本表摘自《中国机电产品目录》⑭⑮国家机械工业局编，机械工业出版社，2000。

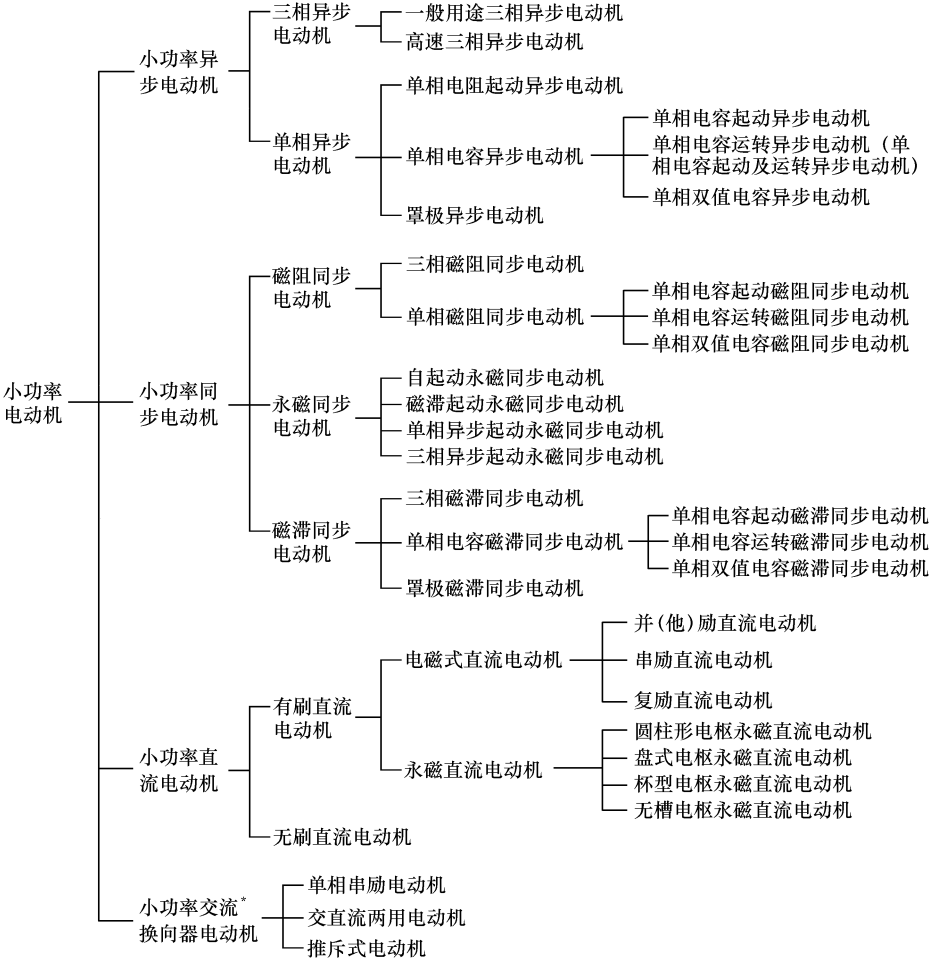


图 3-4 小功率电动机按工作原理分类

注：* 小功率交流换向器电动机是另一类异步电动机。

表 3-1 电动机按使用电源分类

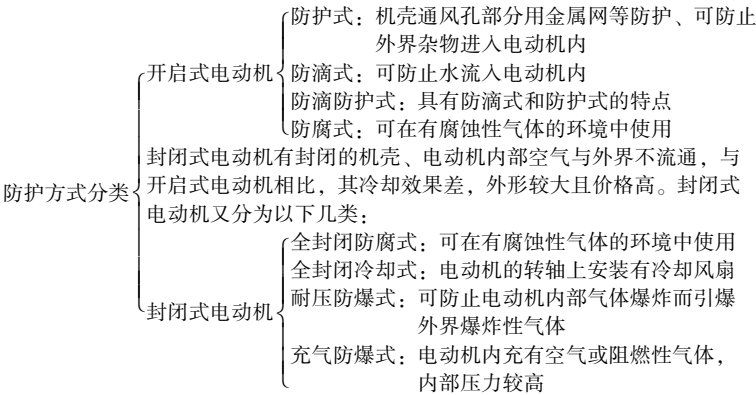
直流电动机	无刷直流电动机		
	有刷直流电动机	永磁式直流电动机	
		电磁式直流电动机	他励直流电动机
			并励直流电动机
			串励直流电动机
			复励直流电动机

(续)

交流电动机	异步电动机	三相异步电动机	笼型转子
			绕线转子
		单相异步电动机	分相式电动机
			电容起动电动机
			电容运转电动机
			电容起动运转电动机
			罩极式电动机
	同步电动机（三相、单相）		

电动机按防护方式分类可分为开启式和封闭式两大类，如图 3-5 所示。

开启式电动机的定子两侧和端盖上都有很大的通风口。它散热好，价格便宜，但容易进灰尘，水滴和铁屑等杂物，只能在清洁、干燥的环境中使用。开启式电动机又可分以下几类：



电动机按安装方式分类

电动机按安装方式，可分为卧式和立式，卧式电动机的转轴安装后为水平位置，立式的转轴则为垂直地面的位置。两种类型电动机使用的轴承不同，立式的价格稍高，日常使用的电动机一般为卧式。

大、中、小型电动机主要区别，一般以电动机轴中心高度和电动机定子铁心外径等尺寸而定，见表 3-2 所示。

表 3-2 大、中、小型电动机的区别

名称	电动机轴中心高度 H/mm	电动机定子铁心外径 D/mm	电动机的机座号
大型电动机	> 630	> 1000	16 号以上者
中型电动机	$355 \sim 630$	$500 \sim 1000$	11 ~ 16 号
小型电动机	$89 \sim 315$	$100 \sim 500$	10 号以下者
微型电动机	< 71	< 100	

注：三相交流微型电动机主要用于小型机床，医疗器械等设备上。

3.2 电动机维修的工艺流程有哪些？

答：电动机维修的工艺流程如图 3-6 所示。

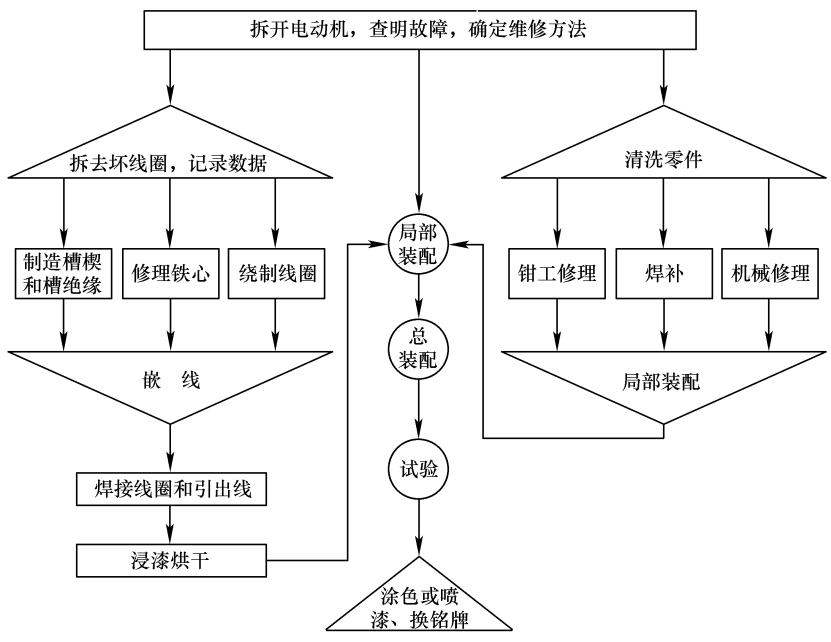


图 3-6 电动机修理的工艺流程图

3.3 电动机起动前如何检查？

答：电动机起动前的检查是：

- 1) 新的或长期停用的电动机，使用前应检查绕组间和绕组对地的绝缘电阻。通常对 500V 以下的电动机用 500V 绝缘电阻表；对 500 ~ 1000V 的电动机用 1000V 绝缘电阻表；对 1000V 以上的电动机用 2500V 绝缘电阻表。绝缘电阻每千伏工作电压不得小于 $1\text{M}\Omega$ ，并应在电动机冷却状态下测量。
- 2) 检查电动机的外壳有无裂纹，各紧固螺钉及零件是否齐全，电动机的固定情况是否良好。
- 3) 检查电动机传动机构的工作是否可靠。
- 4) 根据铭牌所示数据，如电压、功率、频率、联结、转速等与电源、负载比较是否相符。
- 5) 检查电动机的通风情况及轴承润滑情况是否正常。
- 6) 扳动电动机转轴，检查转子能否自由转动，转动时有无杂声。
- 7) 检查电动机的电刷装配情况及举刷机构是否灵活，举刷手柄的位置是否正确。
- 8) 检查电动机接地装置是否可靠。

3.4 电动机在运行中应注意哪些项目？且如何维护？

答：1）电动机一般设计在海拔不超过 1000m，环境空气温度不超过 40℃ 的地点运行。

2）电动机在额定电压变化 ±5% 以内时，可以按额定功率连续运行。如果电压变动超过 ±5% 时，则应按制造厂的规定或试验结果限制负载。

3）运行中电动机的温升应遵照制造厂的规定，缺乏此项资料时，可参照表 3-3 的规定。

表 3-3 用空气冷却的电动机的温升限值 (单位：K)

项 号	电动机的部件	A 级绝缘		E 级绝缘		B 级绝缘		F 级绝缘		H 级绝缘	
		温度 计法	电 阻 法	温度 计法	电 阻 法	温度 计法	电 阻 法	温度 计法	电 阻 法	温度 计法	电 阻 法
1	中小型电动机的交流绕组	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
2	直流励磁的磁场绕组（第 4 项和第 5 项除外）	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
3	有换向器的电枢绕组	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
4	补偿绕组和多层低电阻磁场绕组	60	60	75	75	80	80	100	100	125	125
5	裸露的单层绕组	65	65	80	80	90	90	110	110	135	135
6	永久短路的绝缘绕组	60	—	75	—	80	—	100	—	125	—
7	永久短路的无绝缘绕组	其温升不应使邻近的绝缘有损坏的危险数值									
8	不与绕组接触的铁心及其他部件										
9	与绕组接触的铁心及其他部件	60	—	75	—	80	—	100	—	125	—
10	换向器或集电环	60	—	70	—	80	—	90	—	100	—

4）对短时定额的电动机，其各部分的温升限值允许较表 3-3 中规定的数值提高 10K。

5）滑动轴承的容许温度为 80℃（油温不高于 65℃ 时）。滚动轴承的容许温度为 95℃（环境温度不超过 40℃）。

6）如电机运行的最高环境温度在 40 ~ 60℃ 之间时，上表中规定的温升限值应减去环境温度超过 40℃ 的数值。

7）如电动机运行的环境温度在 0 ~ 40℃ 之间时（例如为 $t^{\circ}\text{C}$ ），温升限值一般不增加。当与制造厂取得协议后，允许增加 $(40 - t)$ K，但最大为 30K。

频繁满压起动的笼型异步电动机，应特别注意其发热情况。

8）由室外供给冷却空气的电动机，为了避免受潮，在停机后，必须及时停止冷却空气的供给。

9）检查电刷下火花是否正常，集电环（或换向器）是否有灼伤和磨损。

10）检查电动机在运转时是否有不正常的噪声和振动，定子和转子是否相摩

擦。

11) 电动机的允许振动值（双振幅）见表 3-4 所示。

表 3-4 电机的允许振动值

转速/（r/min）	振动值/mm	转速/（r/min）	振动值/mm
3000	0.06	1000	0.13
1500	0.10	750 以下	0.16

3.5 电动机如何拆卸？

答：1) 先拆下电动机的外部接线，并作好标记，例如对于异步电动机，应做好与三相电源线对应的标记，对于直流电动机，应分别做好并励绕组、电枢绕组等与外部接线对应的标记。然后将底脚螺钉松开，把电动机与传动机械分开。

2) 用图 3-7 所示的工具来拆卸电动机轴上的带轮或联轴器，有时需要先加一些煤油在带轮和电动机轴之间的缝隙中，使之渗透润滑，便于拆卸。有时轴和轮配合较紧的，还需要对轮迅速加热（同时用湿布包住转轴），才能将轮拆下。

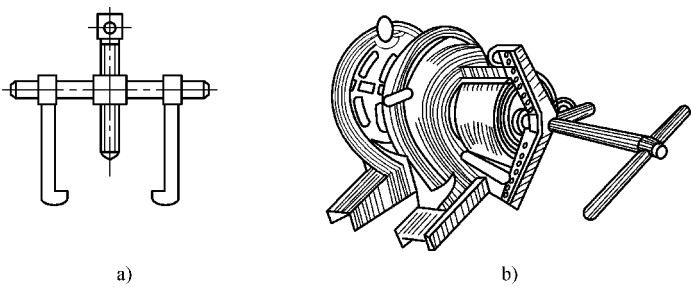


图 3-7 拆卸带轮用的工具和方法

a) 两脚卡子 b) 三脚卡子

3) 对于装有滚动轴承的电动机，应先拆下轴承外盖，再松开端盖的紧固螺钉，并在端盖与机座外壳的接缝处做好标记（前后两个端盖的标记不应相同），将卸下的紧固端盖的螺钉拧入电动机端盖上专门设置的两个螺孔中，将端盖顶出。没有这种螺孔的电动机，则只能用撬子（又叫扁铲）和铁锤敲打端盖与机座的接缝处，把端盖从机座上卸下来。如端盖较重，应用起重设备吊住端盖，逐步卸下。

4) 拆卸带有电刷的电动机时，应将电刷自刷握中取出，对于直流电动机，还要将电刷中性线的位置作上标记。

5) 抽出转子时，必须注意不要碰伤定子线圈，转子重量不大的，可以用手抽出；重量较大的，就应该用起重设备来吊出，操作步骤如图 3-8 所示。先将转子轴两端套以起重用钢丝绳用起重设备吊住转子（图 3-8a），慢慢移出，注意防止碰坏线圈。再在轴的一端套上一根钢管，为了不使钢管刮伤轴颈，可在钢管内衬一层厚纸板（图 3-8b），继续将转子逐步移出，待转子的重心已移到定子外面时，在转子轴端下垫一支架，将钢丝绳套在转子中间（图 3-8c），即可将转子全部抽出。

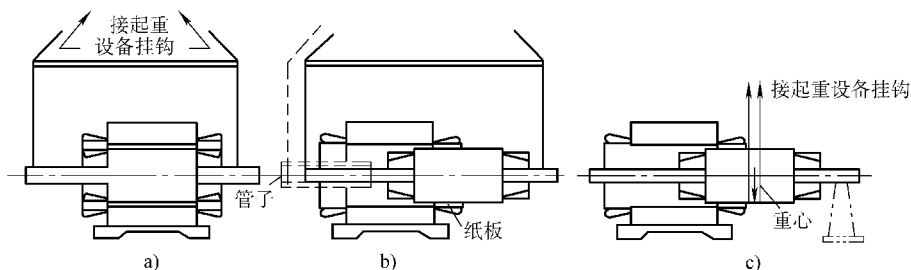


图 3-8 转子由定子内抽出的工序

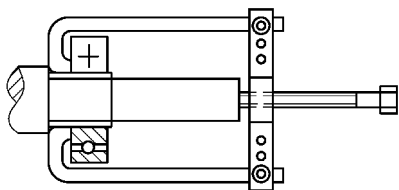


图 3-9 拆卸滚动轴承的工具

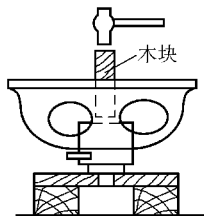


图 3-10 拆卸滑动轴承正确的方法

6) 拆卸滚动轴承的工具如图 3-9 所示。拆卸滑动轴承的正确方法如图 3-10 所示。不正确的拆卸方法如图 3-11 所示。

3.6 电动机绕组如何拆除？

答：拆除旧线圈时，应先将定子或转子放在烘箱中加热，或用电流通过线圈的方法来加热，加热的温度不宜超过 150℃。加热后逐步打出槽楔，拆下各线圈。拆下来的线圈应保留一个比较完整的，以便在重绕线圈时作为样品参考用。

拆线圈时必须详细记录以下各项：

- 1) 电动机的型号，制造厂名称和产品编号。
- 2) 电动机的容量、电压、电流、相数、频率、绝缘等级、转速。
- 3) 铁心的内径、外径、长度、通风道的数目和尺寸、槽数、槽的形状和尺寸。

- 4) 线圈导线的牌号、截面积（或直径），每槽中的导线数，并联根数，节距，匝数。

- 5) 线圈的形状、尺寸和数量。

- 6) 线圈和槽内各部分的绝缘材料、尺寸、厚度和数量。

- 7) 绕组接线圈。

- 8) 引出线的材料、截面积和牌号。

3.7 电动机绕组如何维修？

答：在单相小功率电动机中，因用线较细及连绕制作，特别是家用电器电动机

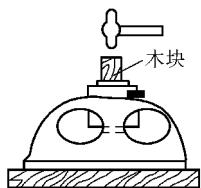


图 3-11 拆卸滑动轴承不正确的方法

常处于满载运行。故一般电动机修理中所采用的穿绕修补法及跳接方法都不适用。但此类电动机也有它的特点,因为细导线线圈的端部较软,加热后比较容易拨开,所以对绕组接地、短路故障可采用加强绝缘法进行修理,检修方法如下:

拆卸电动机后将定子绕组清扫干净,再拆去线圈捆扎线,将绕组烘热到 105°C ,使绕组绝缘漆软化。用万用表测故障点两端电阻,同时翻动绕组端部,并按线圈拨开,若表针发生变化则说明故障点在附近;再小心拨动,使阻值变化到无限大;然后在拨开处垫上绝缘纸后进行端部复位绑扎;再复检绝缘正常即可滴浸1032号绝缘漆,烘干后便可试车使用。

绕组绝缘受潮,绝缘表面和缝隙中浸入刷粉、油污、尘垢以及化学腐蚀性气体,均会引起电动机绝缘不良。至于因绝缘老化引起的不良机会较少。

绝缘受潮的电动机,首先应吹风清扫,然后经烘干驱除绝缘中的潮气,使绝缘电阻恢复正常。对于被尘垢、油泥严重沾污的绕组绝缘(如轴承漏油,使绕组表面沾满油泥)而引起的绝缘不良故障,最好采用洗涤剂清洗。

经洗涤后的电动机需经烘干浸漆处理。因此要具备加热装置,如果无此条件、建议采用不需加热烘干的混合溶剂清洗绝缘。

3.8 铝线绕组如何维修?

答:为了节约用铜,某些电动机绕组采用漆包铝线。在修理铝线电动机时,最重要的问题是铝线与铝线及铝线与铜线的焊接问题。目前,常用的焊接方法有以下几种:

(1) 铝-铝电阻焊 铝-铝电阻焊的设备是一台1.5kVA接触电焊机,二次电压为 $3.8\sim 7.5\text{V}$,电压加到一对压力可调节的焊接电极上,电极的材料是Ta—2型或D5—83—12型电化石墨(即碳精棒),如图3-12。它适用于数根直径为 $0.8\sim 1.68\text{mm}$ 铝线的焊接。

焊接前,先将铝线的绝缘层清除干净,然后把铝线绞合成绳状,涂上铝焊粉(硼砂95%、氯化钠4%,氧化锌1%),根据铝线截面大小调整二次电压。通电后,石墨电极烧红,将铝线加热熔化,同时使电极对铝线焊接点加压力,此时铝线熔合。断电后,将焊接点稍加清理即可。

(2) 铝-铝气焊 先将铝线的绝缘层清理干净,并把铝线拧成绳状,涂上牌号为XH432铝焊药,用乙炔-氧气进行气焊。焊接时应选用较小的焊枪和喷嘴,用中性焰在还原燃烧区进行焊接,如图3-13所示。操作时火头宜小,火力要集中,操作要迅速。

(3) 铝-铜气焊 先将铜线用焊锡焊成一个整体,并将铝线的绝缘层清理干净。

铝线与铜线的连接方式有两种:一种是并焊,如图3-14a所示,将铝线并绕在铜线上,端头剪平,涂上XH432型铝焊药,再进行气焊。另一种是对焊,如图3-

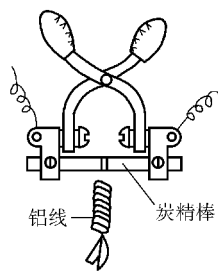


图3-12 铝-铝电阻焊

14b 所示, 先将多股铝线的端部焊成球形, 然后加少量铝焊药烧焊, 使铝线与铜线焊接。

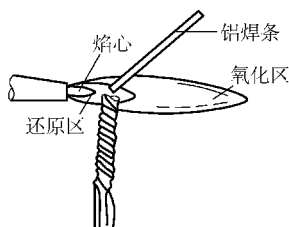


图 3-13 铝—铝气焊

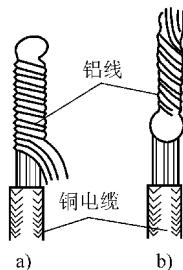


图 3-14 铝—铜气焊

XH432 型铝焊药的配方为：

氯化钾 (KCl) 50%；

氯化钠 (NaCl) 28%；

氯化锂 (LiCl) 14%；

氟化钠 (NaF) 8%。

这种铝焊药极易吸潮，熔点为 560℃，呈碱性。焊后的残留物属酸性，所以必须清洗干净。

(4) 冷压接 冷压接是在常温下用手动油压钳对导线加压力，使金属接触面产生塑性流动成为牢固结合成一体压接。

图 3-15 是国产 LTV 型手动压接钳，可以压接直径 1.3 ~ 3.6mm 的铝-铝导线或铝-铜导线。

压接时应先将导线表面的绝缘层及油污清理干净，然后将两根要压接的导线接头对准中心，使在同一轴线上，然后用手扳动压接钳的手柄，压下 2 ~ 3 次。对于铝-铜接头，则应压 3 ~ 4 次。

在某些场合，由于缺乏必要的铝线焊接或压接设备，铝线电动机的修理变得十分困难，那么，也可将铝线换为铜线。

铝线绕组改为铜线时，每组线圈的匝数，绕组形式、线圈节距、联结方式等均应和原来绕组一样，只是由于铝的电阻率是铜的 1.7 倍，按照保持定子绕组每相电阻不变的原则，换成铜线后，其截面积应是原来铝线面积 0.588，即

$$A_{\text{Cu}} = 0.588 A_{\text{Al}}$$

改为铜线后，铜线的直径应为：

$$d_{\text{Cu}} = \sqrt{0.588 d_{\text{Al}}^2}$$

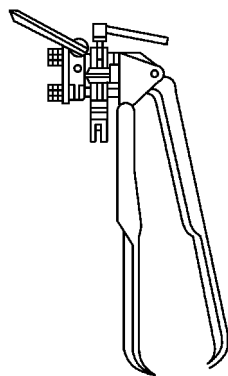


图 3-15 LTV 型手动压接钳

表 3-5 常用的绝缘漆的技术性能供电动机选择参考

牌号	名称	用途	特性	主要成分	溶剂和稀释剂	固体含量 (%)	烘干温度 /℃	烘干时间 /h	电气强度 / (kV/mm)		绝缘等级
									20℃时	浸水后	
1030	油改性醇酸漆	油浸绕组的浸渍	弹性好, 耐油	亚麻油、桐油、醇酸树脂	200 号溶剂汽油	47	100 ~ 110	2	70	30	B
1031	丁基酚醛醇酸漆	湿热带电机绕组浸渍	耐潮, 机械强度高	醇酸树脂、丁醇改性酚醛树脂	二甲苯、200 号溶剂汽油	47	100 ~ 110	3	70	40	B
1032	三聚氰胺醇酸漆	湿热带电机、电器绕组浸渍	耐潮、耐油、耐电弧、机械强度高	醇酸树脂、三聚氰胺树脂	二甲苯、200 号溶剂汽油	47	115 ~ 125	2	70	40	B
1033	环氧脂漆	湿热带电机、电器绕组浸渍	耐潮、粘结力强, 机械强度高	环氧树脂、植物油酸、三聚氰胺树脂	二甲苯和丁醇	47	120	2	70	40	B
1038	三聚氰胺醇酸快干漆	湿热带电机、电器绕组浸渍	耐潮、耐油、耐电弧、快干节能	醇酸树脂、三聚氰胺树脂	二甲苯、200 号溶剂汽油	47	120	1	116	85	B
1053	有机硅浸渍漆	H 级电机、电器绕组浸渍	耐热性和电气性能好	有机硅树脂	二甲苯	50	200	2	65	40	H
开林 A6—9B	醇酸快干漆	湿热带电机、电器绕组浸渍	耐热、抗潮、耐化学腐蚀	醇酸树脂、氨基树脂	二甲苯、丁醇、松节油	45	120	2	70	45	B
上绝 1130	环氧聚酯无溶剂漆	湿热带电机、电器绕组浸渍	固体含量高, 固化时间短, 节电	环氧改性聚酯	苯乙烯	70	130	4	20	15	B
西绝 138	环氧少溶剂漆	小型电机、电器绕组浸渍	粘度低、固体含量高, 不用刮漆		酒精	70	130 ~ 140	2	80	40	B

由于改为铜线后，截面积减小了很多，槽满率降低，可适当加大铜线直径，以解决原来铝线电动机温升偏高的问题。

必须指出，机座号及功率相同的铝线电动机与铜线电动机其铁心长度，定子槽形和绕组参数大部分是不相同的，不能简单的将机座号相同的铜线电动机绕组数据直接套用于铝线电动机改用铜线时的数据。

3.9 电动机绕组如何浸漆和烘干？绝缘漆怎样选择？

答：电动机绕组在浸漆、滴漆和烘干的过程中都应该使电动机立式放置，使漆容易渗入，减少存在的气泡，且便于过多的漆流出，尤其是绕线转子（包括直流电动机转子）立式浸漆，滴漆和烘干，使得转子校平衡的工作容易成功。

浸漆、滴漆场所应保持通风良好，清洁干燥。绝缘漆和溶剂应按规定妥善放置在阴凉场所，并注意防火。

常用的绝缘漆和选择见表 3-5。

绕组的浸漆与烘干的工艺见表 3-6。

表 3-6 1032 漆绕组沉浸与烘干的工艺

工序	工艺过程	温度/℃	时 间	绝缘电阻/MΩ	注意事项
1	预烘	115 ~ 125	5 ~ 7h (H80 ~ 160) 9 ~ 11h (H180 ~ 280)	> 50 > 15	
2	第一次浸渍	绕组 60 ~ 80	15min 以上		漆的粘度 22 ~ 26St
3	流滴过多的漆	室温	30min		立式浸漆和滴漆
4	第一次烘干	125 ~ 135	6 ~ 8h (H80 ~ 160) 14 ~ 16h (H180 ~ 280)	> 10 > 2	立式烘干
5	第二次浸漆	绕组 60 ~ 80	10 ~ 15min		漆的粘度 30 ~ 38St
6	流滴过多的漆	室温	30min		立式浸漆和滴漆
7	第二次烘干	125 ~ 135	8 ~ 10h (H80 ~ 160) 16 ~ 18h (H180 ~ 280)	> 1.5 > 1.5	立式烘干

注：1. 表中工艺过程适用于 E 级及 B 级绝缘的绕组。
2. 漆的粘度是在 20℃ 时用粘 - 4 型粘度计测得的。

(1) 浸漆设备

1) 浸漆桶—用 3 ~ 5mm 钢板焊成，可以作为浸漆，储漆和稀释漆料之用。桶的容积应根据经常修理的电动机的外形尺寸而定。桶应有严密的盖，以避免灰尘落入桶内和防止漆液中稀释剂的挥发。

2) 加压浸漆设备—浸漆时若能增加压力，浸漆的效果会更好。图 3-16 是加压浸漆设备的示意图。浸漆时把要浸漆的线圈放在浸漆罐内，将盖子盖好并旋紧螺栓，用泵将漆从储漆桶内压入浸漆罐中，增加压力。这种加压浸漆设备如果配上

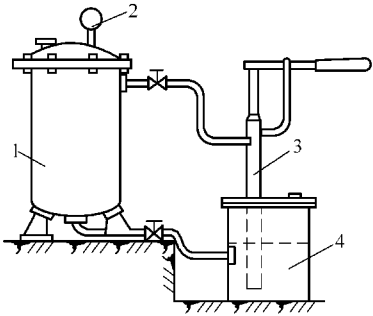


图 3-16 加压浸漆设备
1—浸漆罐 2—压力表
3—泵 4—储漆罐

真空泵，则可成为真空烘干加压浸漆设备。

(2) 常用的烘干设备和烘干方法

1) 循环热风干燥室：这种干燥室用保温的耐火砖砌成，最好有内外两层，中间填有隔热材料（如石棉粉、硅藻土、硅酸铝纤维），以减少热的损失。干燥室外装有电动鼓风机，将电热器产生的热空气吹入干燥室内，热空气的流速约为 $3 \sim 5 \text{ m/s}$ ，气流的压力为 $2 \sim 10 \text{ kPa}$ 。电热器的功率可按每立方米干燥室的容积为 $5 \sim 8 \text{ kW}$ 选用。电热器的发热元件（炽热的电阻丝）不应裸露在干燥室中，因为电动机浸漆后的绝缘漆及其稀释剂都是易燃易爆的，所以在干燥室的顶部应设有排气孔，在干燥室的背面应装有防爆安全门。在供电不足的地方，也可将电热器改用饱和蒸汽或过热蒸汽的管道。

2) 红外线干燥：这种干燥室的构造和循环热风干燥室相似，但是将电热器换以红外线灯泡，并将灯光直接照射到电动机的绕组上。灯泡的功率可按每立方米干燥室容积 $4 \sim 5 \text{ kW}$ 选用。

3) 远红外线烘干：常用的远红外辐射源有管状和板状电热器（内部装有电阻丝及氧化镁结晶粉末填料），直接通电发热的合金电阻带、碳化硅电加热器这三种，它们的外面都涂覆远红外辐射层。干燥室内应设置反射板（表面经抛光处理的铝板或不锈钢板）。

采用上述的烘干设备时，干燥室的温度都应该保持在一定的范围内。E 级和 B 级绝缘浸 1032 漆后的烘干温度应为 $125 \sim 135^\circ\text{C}$ ，如温度低至 115°C ，烘干的时间就要延长 25%。如温度低于 90°C 时，无论烘干时间持续多久，漆膜虽能硬化，但绝缘材料中仍含有较多水分，不能彻底烘干。

(3) 适用于受潮电动机在现场的烘干方法

1) 各种电动机的绕组都能用直流电烘干。方法是将低压直流电通入需要烘干的绕组中，通入的电流不应超过该绕组额定电流的 50% ~ 70%。三相绕组最好改接为各相绕组串联连接。为了避免拉闸和合闸时瞬间感应电动势而可能击穿线圈绝缘，必须串接变阻器后接通和切断电流。

2) 同步电动机的电枢绕组和异步电动机的绕组都可用交流电烘干。方法是在电动机转子抽出后，将三相低压交流电通入需要烘干的三相绕组中，电压约为该绕组额定电压的 7% ~ 15%，最好用感应调压器来调整电压，并观察三相线路中串联的电流表，使电流不超过该绕组额定电流的 50% ~ 70%。

3) 定子铁损烘干法：适用于已抽出转子的交流电机的定子。方法是将橡胶绝缘电线穿绕在定子铁心上（图 3-11），通以单相交流电，利用定子铁心里产生的涡流，使铁心发热，烘干绕组绝缘。

绕在定子铁心上的线圈匝数可按 $N = (45 \sim 50) \frac{U}{A}$ 计算。线圈上可以留几个抽头，以便调节电流，控制温度。

烘干时应该在电动机铁心，绕组等各处多安装几个温度计，应密切注意不要使

电动机的温升超过额定值,尤其要注意电动机上部的温度,因为上部的温度比其他各处的温度要高些。

通电烘干时应使温度逐步提高,因为对于大、中型电动机,如果绕组温度升高得较快时,有可能使线圈绝缘涨裂。

应每隔 1h 测量绕组的绝缘电阻,并作记录。测量应先将电源切断。绝缘电阻在干燥的过程中,先是降低到某一最低限度,然后逐渐升高(图 3-17)。绝缘电阻升高后,如持续 6~8h 不变,则可认为干燥合格。在现场进行电动机烘干时,要注意防止触电和火灾。

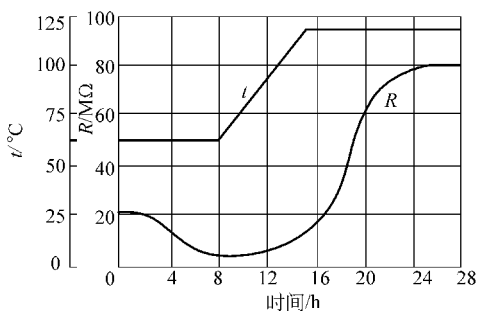


图 3-17 电动机烘干时绝缘电阻变动的曲线

3.10 铁心故障如何鉴别? 如何维修?

答:铁心的常见故障是铁心齿端沿轴向朝外涨开。这是由于铁心两侧压圈(或压片)的压紧力不够。如果不及时修理,会使槽绝缘和线圈磨坏。修理方法是用两块钢板制成的圆盘压在铁心的两侧(不得碰坏线圈和绝缘物),用双头螺杆夹紧或用油压机压紧,使其恢复原形。压力可按 2MPa (20kgf/cm²) 来选用。

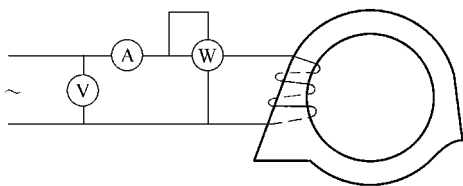


图 3-18 定子铁心的铁损试验

对于长期过热运行的铁心,在修理前应先作温升试验,然后确定是否需要拆开铁心来修理。其方法是,在定子上绕一组线圈,通入单相 50Hz 交流电(这时定子绕组应在开路状态),如图 3-18 所示。

线圈的匝数可按下式计算:

$$N = (45 \sim 50) \frac{U}{A}$$

式中 N ——线圈匝数;

U ——电源电压 (V);

A ——定子铁心轭的净截面积 (cm²);

45~50——按铁心轭磁通密度为 10T (10000Gs) 计算的。

线圈导线的截面积可按该电动机的空载电流来选择,但应考虑到定子铁心发热对导线散热的影响。

穿绕线圈时,只应穿绕定子铁心,而不要穿绕定子机座,以免在机座外壳中产生涡流,影响温升试验的正确性。

测量铁心的温度最好用热电偶,也可用酒精温度计。测量时应在铁心各部位多埋设几个温度计。在通电试验 60~90min 以后,如果铁心温度比环境温度高出

45℃，或铁心个别部位温度相差 30℃，那么应将铁心全部拆开重涂绝缘漆。

拆散铁心硅钢片时，必须注意对齐硅钢片的定位孔，硅钢片的排列顺序也应保持原状，以免重新装配时发生参差不齐的缺点。

涂漆前应先除去硅钢片齿和槽边缘上的毛刺和铁锈。然后用稀释过的 1611 号绝缘漆在硅钢片两面薄薄地涂上一层，稀释剂用松节油，粘度用 4 号粘度计于 20℃ 时测得为 50 ~ 70St ($1\text{St} = 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$)，然后在 200℃ 的烘箱中烘 12 ~ 15min。

铁心可能由于绕组短路而局部熔毁，如损坏面积不大，可以不拆开铁心，用锉刀把损坏处修平，用压缩空气吹净，再在铁心表面涂一层薄的绝缘漆即可。

定子铁心压入机座时配合不紧密，焊接处脱焊或定位螺钉松动，电动机在起动或运行时，铁心会发出不正常的响声和振动。发现这些情况，可在机座上另加定位螺钉将铁心固定，或用电焊将铁心与机座焊牢。

3.11 电动机轴如何维修及换轴方法？

答：常见的电动机轴损坏情况有：轴弯曲、轴颈磨损、轴裂纹和轴伸部分断裂等。

轴的弯曲可以在车床上用千分表找得。当轴的弯曲不超过 0.2mm 时，不一定要矫正。当弯曲不大时，可以稍稍磨光轴颈。如弯曲较大，则可用螺旋压力机矫正，或者架在车床上用杠杆来校正。如弯曲过大，就需要在锻压车间里将轴加热后用锻压机械来矫正，然后在轴伸端、轴颈处用车床或外圆磨床加工。

键槽磨损时，可先用电焊堆焊，除去熔渣后在车床上车圆再重铣键槽。键槽磨损不大时，也可用加宽键槽的方法来补救，但加宽的宽度不应大于正常键槽宽度的 15%，这时键也要相应更换。如键槽已无法加宽，也可以将轴转过一个角度而另铣一个键槽。

对于滑动轴承的电动机轴，当轴颈稍有磨损时，可在磨床或车床上加工，稍加修整，但轴颈的减少不能超过原来直径的 5% ~ 6%，同时滑动轴承也要相应地更换。

对于有裂纹或已断裂的轴，最好是换以一根新轴，小型电动机轴一般用 35 钢或 45 钢制成。对于大、中型电动机的轴，在配制新轴前应由理化实验室分析和试验旧轴的化学成分和力学性能，以决定钢的牌号。

换轴时，先将旧轴压出。转子重量在 30 ~ 40kg 以下的，并且轴与转子铁心配合不过分紧密的，可在铁砧上或铁平台上用撞击的方法，将旧轴顶出。如转子较重或轴与转子铁心配合紧密的，可用油压机或螺旋压力机将旧轴压出。然后，测量旧轴的各部分尺寸（必须对被磨损的部位作适当的修正）。对于气隙较小的异步电动机，为了保持定子和转子间的气隙均匀，在车床上加工新轴时，应分两次来加工：第一次将整根轴的中间部分（即装转子铁心的部分）车好，再压入转子铁心（应保持转子铁心在轴向长度上的位置和原来的一样）。第二次将此转子在车床上用千分表根据转子铁心外圆仔细找正，务使铁心外径与新轴的中心线保持同心，再车削（或磨削）轴的轴承段和轴伸部分。

3.12 机座和端盖如何维修?

答: 常见的机座和端盖的缺陷是裂缝。大多数电动机的机座和端盖是铸铁制成的。其裂缝可以用铸铁电焊条热焊（必须预热到 $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ），或用铜焊条焊补（不必预热）。焊接电源可用直流弧焊机。焊补后应把焊件放在保温炉内逐渐冷却，以消除焊件中的内应力。

电动机的机座和端盖应保持精确的同心度，所以在焊补时要注意防止铸件的变形，以免在装配时发生很大的困难，甚至无法应用。

3.13 换向器如何维修?

答: 换向器在运行中常被电刷磨下的粉末和外界进入的灰尘充填在换向片与 V 形云母圈之间或换向片的升高片之间，使换向片发生短路，电刷下剧烈地冒火花，使电动机不能继续运行，因此必须全部或局部拆开换向器进行修理。其方法如下：

1) 将电枢线圈与换向片的焊接点用烙铁烫化焊锡，使之分开，并将换向片之间的焊锡残渣清理干净，再用压缩空气将转子吹净，必要时用汽油清洗转子上的油垢。

2) 用绝缘电阻表或试灯检查各换向片之间和各换向片对铁心的绝缘情况。如有短路点，则会出现小火花或冒烟的现象。短路点如在外路，可用小刀将它清理干净，直到绝缘情况恢复正常为止。

3) 如短路点在换向器内部（经常发生在换向片与 V 形云母圈之间），则必须拆开换向器（有些换向器是整体注塑成一体，无法拆开修理，只能更换）。拆开前应先将换向器外面沿圆周方向包一层厚约 0.5mm 的绝缘纸板，绝缘纸板用钢线紧紧绑住，以免 V 形压圈拆开时，换向片松散。

4) 用图 3-2 所示的拆卸带轮的工具，将换向器从电动机轴上拆下（将换向器的 V 形云母圈的左右两侧的压圈卸下）检查换向器内部是否有碳粉和粉尘。如有，将其清理干净。

5) V 形云母圈上如有电弧灼伤点，可将灼伤点的云母刮去，在刮后的凹陷部分，用 5132 醇酸柔软云母板与 1430 醇酸油漆粘贴、烘焙和压平。

6) 用绝缘电阻表或试灯在相邻各换向片之间逐片检查绝缘情况，如绝缘良好，即可将 V 形云母圈和压圈装上，拧紧后，再用绝缘电阻表或试灯检查各片间和各片对铁心的绝缘情况，确认换向器已正常，装上轴、并将电枢线圈按原来接线法焊好。

换向器在长期运行后常被电刷在表面磨出高低不平的深沟，有时由于电刷下火花严重、也会将换向器表面烧成斑点。对于这种毛病，应将转子架在车床上，将换向器表面细心地车削一刀。切削速度约为 $1 \sim 1.5\text{m/s}$ 。

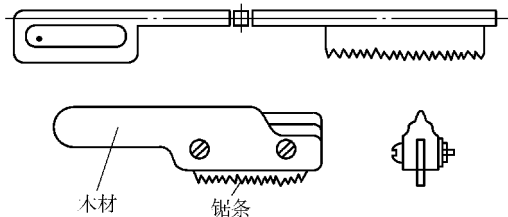


图 3-19 挖削换向器上云母片的工具

进刀量约为 0.05 ~0.1mm/r。进刀时应注意不要使换向器产生短路毛刺。切削完毕后，再用金刚砂布将换向器表面磨光，并检查换向器的线轮廓度不应超过 0.1mm。

换向器车圆后，还必须把云母片挖得比换向片低 1mm 左右。挖掘的工具可用钢锯条改制，如图 3-19 所示。

图 3-20 是挖掘前后的情况。

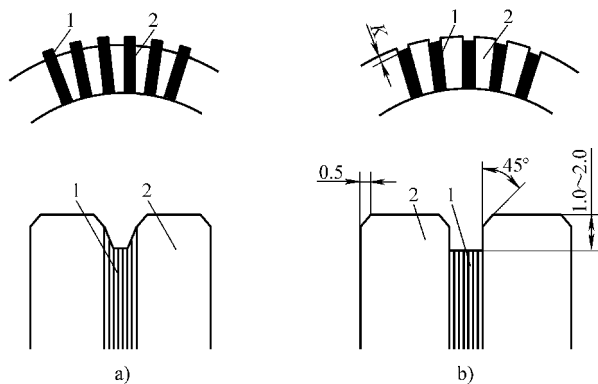


图 3-20 换向器上云母片挖掘后的形状

a) 不正确的挖掘 b) 正确的挖掘

1—云母片 2—换向片

3.14 什么是电刷？常用电刷的类别及应用范围有哪些？

答：电动机用电刷（简称电刷）用于各种电动机的换向器或集电环上，作为传导电流的滑动接触件，它是用石墨粉末或石墨粉末与金属粉末的混合物压制而成的。按其材质分有石墨电刷，型号以字母 S 表示；电化石墨电刷，型号以字母 D 表示；金属石墨电刷，型号以字母 J 表示。

电刷在换向器或集电环表面，工作时能形成适宜的由氧化亚铜、石墨和水分等组成的表面薄膜，以延长使用寿命。为此，要求电刷具有磨损小、功率损耗和机械损耗小、噪声小等性能。

但是，电刷能否满足要求还要考虑到电动机的结构，电刷的安装及运行条件，磁极气隙、电刷是否在中性区等。

常用电刷的类别及应用范围见表 3-7。

表 3-7 常用电刷的类别及应用范围

类别	型号	老型号	基本特征	主要应用范围
石墨电刷	S—3	S—3	硬度较低，润滑性较好	换向正常，负荷均匀，电压为 80 ~ 120V 的直流电动机
	S—6	SQZ—6	多孔、软质石墨电刷，硬度低	汽轮发电机的集电环 80 ~ 230V 的直流电机

(续)

类别	型号	老型号	基本特征	主要应用范围
电化石墨电刷	D104	DS—4	硬度低，润滑性好，换向性能好	一般用于 0.4 ~ 200kW 直流电动机，充电用直流发电机，轧钢用直流发电机，汽轮发电机和绕线型异步电动机的集电环，直流电焊机等
	D172	DS—72	润滑性好，摩擦系数小，换向性能好	大型汽轮发电机的集电环，励磁机，水轮发电机的集电环，换向正常的直流电动机
	D207	DS—7	强度和机械强度较高，润滑性好，换向性能好	大型轧钢直流电机，矿用直流电动机
	D213	DS—13	硬度和机械强度比 D214 高	汽车、拖拉机的发电机，具有机械振动的牵引电动机
	D214 D215	DS—14 DS—15	硬度和机械强度较高，润滑、换向性能好	汽轮发电机的励磁机，换向困难，电压在 200V 以上的带有冲击性负荷的直流电动机，如牵引电动机、轧钢电动机
	D252	DS—52	硬度中等，换向性能好	换向困难，电压为 120 ~ 400V 的直流电机，牵引电动机、汽轮发电机的励磁机
	D308 D309	DS—8 DS—9	质地硬，电阻系数高，换向性能好	换向困难的牵引电动机，角速度较高的小型直流电动机，以及电动机放大机
	D374	DS—74	多孔，电阻系数高，换向性能好	换向困难的高速直流电机，牵引电动机，汽轮发电机的励磁机轧钢电动机
金属石墨电刷	J102 J164	TS—2 TS—64	高含铜量，电阻系数小，允许电流密度大	低电压、大电流直流发电机，如电解、电镀、充电用直流发电机，绕线型异步电动机的集电环
	J201	T—1	中含铜量，电阻系数比高含铜量电刷大，允许电流密度较大	电压在 60V 以下的低电压，大电流直流发电机，如汽车发电机、直流电焊机、绕线型异步电动机的集电环
	J204	TS—4		电压在 40V 以下的低电压，大电流直流电机，汽车辅助电动机，绕线型异步电动机的集电环
	J205	TSQ—5		电压在 60V 以下的直流发电机，汽车、拖拉机用的直流起动电机，绕线型异步电动机的集电环
	J203	T—3	低含铜量，与高、中含铜量的电刷相比，电阻系数较大，允许电流密度较小	电压在 80V 以下的大电流直流充电发电机，小型直流牵引电动机，绕线型异步电动机的集电环

3.15 电刷的选用注意什么？常用电刷的主要技术特性及运行条件是什么？

答：电刷的正确选用，对电动机能否正常运行有密切关系。在更换电刷时，最

好采用原来的型号，不要轻易改变，但对于进口电动机及无法搞清原来电刷型号时，要考虑电刷的技术特性及运行条件，包括以下几个方面：

1) 接触电压降：是指电流通过电刷、接触点薄膜、换向器或集电环的电压降。每一种电刷的接触电压降，都有其极限值。如果超过了极限值，滑动接触点的电功率损耗将过大，并引起电刷过热。

2) 摩擦系数：摩擦是电刷运行时必须考虑的一个重要因素，它是电刷发热的原因之一。电刷的摩擦情况，通常用它的摩擦系数衡量。圆周速度越大，机械摩擦损耗也越大。因此，用于高速电动机的电刷，宜选摩擦系数较小的。否则会使电刷运行过程中引起较大的振动、噪声，接触不良而产生火花，严重时甚至使电刷碎裂。

3) 电流密度：电流密度的增加，电刷的功率损耗也增加。当电流密度超过额定值时，由于发热过剧、摩擦系数增大，很容易引起火花，电动机甚至不能正常运行。

4) 圆周速度：当圆周速度超过最大值时，随之而来的是接触电压降急剧增加，摩擦系数急剧降低，产生火花、磨损增加等，因此在选用电刷时可遵照下列原则选用：圆周速度高的电动机用电化石墨电刷或石墨电刷；圆周速度低的电动机选用金属石墨电刷；圆周速度为 90m/s 以上的汽轮发电机和圆周速度在 70m/s 以上的直流电机，必须选用特殊的电化石墨电刷。

5) 施于电刷上的单位压力：施于电刷上的单位压力过小或过大都是不利的（过大摩擦系数增大，过小易出现火花），一般应按各种电刷和运行情况而定。同一台电动机各电刷上的单位压力应力求均匀，以免引起个别电刷过热或火花增大。

常用电刷的主要技术特性及运行条件见表 3-8。

表 3-8 常用电刷的主要技术特性及运行条件

型号	一对电刷接触 电压降/V	摩擦系数 不大于	额定电流密度 / (A/cm ²)	最大圆周速度 / (m/s)	使用时允许的 压力/kPa
S—3	1.9	0.25	11	25	19.6 ~ 24.5
S—6	2.6	0.28	12	70	21.6 ~ 23.5
D104	2.5	0.20	12	40	14.7 ~ 19.6
D172	2.9	0.25	12	70	14.7 ~ 19.6
D207	2.0	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D213	3.0	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D214	2.5	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D215	2.9	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D252	2.6	0.23	15	45	19.6 ~ 24.5
D308	2.4	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D309	2.9	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
D374	3.8	0.25	12	50	19.6 ~ 39.2
J102	0.5	0.20	20	20	17.7 ~ 22.6
J164	0.2	0.20	20	20	17.7 ~ 22.6
J201	1.5	0.25	15	25	14.7 ~ 19.6
J204	1.1	0.20	15	20	19.6 ~ 24.5
J205	2.0	0.25	15	35	14.7 ~ 19.6
J203	1.9	0.25	12	20	14.7 ~ 19.6

3.16 电刷运行中常见的故障如何排除？

答：电刷运行中常见的故障现象，产生的原因，排除方法见表 3-9。

表 3-9 电刷运行中常见的故障

序号	故障现象	产生的原因	排除方法
1	电刷磨损严重	(1) 电刷选型不当 (2) 换向器（或集电环）偏心、摆动或云母绝缘片凸起	(1) 根据电动机的技术状况，按照表 3-10 选配合适的电刷 (2) 修理换向器（或集电环）
2	电刷磨损不均匀	(1) 电刷质量不一致 (2) 刷握上弹簧压力不均匀	(1) 更换电刷 (2) 调整各弹簧压力
3	电刷下连续出现 2 级或 3 级火花	(1) 换向器偏心、摆动或云母片凸起 (2) 电动机过载；电刷不在中性线上；换向极绕组接反等	(1) 修理换向器 (2) 详见表 4-12
4	电刷引线烧坏或变色，使引线脱落	(1) 电刷与引线之间铆压的质量不高 (2) 各刷握弹簧压力不均匀	(1) 更换电刷 (2) 调整各弹簧压力
5	换向器（或集电环）表面磨出沟槽	(1) 电刷硬度过高或质量不一致 (2) 电刷工作表面夹有硬颗粒 (3) 换向器（或集电环）的质量不佳	(1) 更换电刷 (2) 清理或更换电刷 (3) 修理或更换之
6	电刷或刷握过热	(1) 电动机过载或通风不良 (2) 电刷上压力太大 (3) 各电刷牌号或质量不一致	(1) 降低负载或改善通风 (2) 调整刷握对电刷的压力 (3) 更换电刷
7	电刷在电机运转中出现噪声	(1) 电刷的工作面未磨好 (2) 电动机转速超过额定转速 (3) 电刷的摩擦系数太大	(1) 按图 3-11 所示方法磨好 (2) 将电动机转速调整到额定转速 (3) 换以摩擦系数较小的电刷
8	运行中电刷破损，边缘碎裂	(1) 电刷材质较脆或质软 (2) 电动机振动太大	(1) 换以材质合适的电刷 (2) 减轻电动机的振动

3.17 电刷如何更换？

答：电刷磨损后，应按电动机制造厂的规定进行更换。

更换部分电刷时，必须保证整台电动机的电刷牌号一致。因为电刷牌号不同，会引起各电刷间电流分配不均。假如配不到和原来牌号相同的电刷，则需将整台电动机的电刷全部更换。

更换电刷后，一定要将电刷与集电环（或换向器）的接触面用00号玻璃砂纸磨好，而不要用金刚砂布来磨，因为脱落的金刚砂粒会附在电刷的接触面上或落入换向片之间的沟缝中，使电刷、集电环（或换向器）磨坏。磨电刷的方法如图3-21所示，磨好后，用压缩空气吹净。

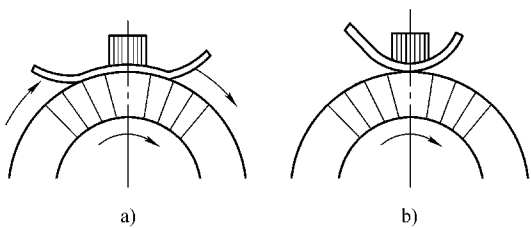


图 3-21 磨电刷的方法
a) 正确的方法 b) 不正确的方法

电刷的压力可用刷握上的弹簧来调整。各电刷压力之差不应超过±10%，压力可以用弹簧秤来测量，以20~25kPa（约相当于200~250gf/cm²）为宜。

一台电动机一次更换半数以上的电刷之后，最好先以轻载运行12h以上，使电刷与集电环（或换向器）有较好的配合之后再满载运行。

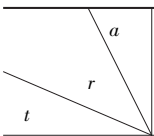
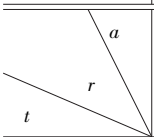
3.18 常用的电刷尺寸有哪些？

答：电刷的尺寸用 $t \times a \times r$ 来表示，其中 t 是沿换向器（或集环）旋转方向的尺寸，又叫电刷厚度； a 是沿换向器轴线方向的尺寸，又叫电刷宽度； r 是沿换向器半径方向的尺寸，又叫电刷高度。常用的电刷尺寸见表3-10。

表 3-10 常用的电刷尺寸 (单位：mm)

a r t	5	6.5	8	10	12.5	16	20	25	30	40
4	10 16 20	10 16 20	16 16 20	16 16 20						
4.5	8 12.5 20	12.5 16 20	12.5 16 20	16 16 20	16 20					
5		10 12.5 16	12.5 16 20	16 20	20	20 25	25			
5.5		12.5 16	12.5 16 20	16 20	16 20 25	20 25	25			

(续)

	5	6.5	8	10	12.5	16	20	25	30	40
6.5	16 20 25	20 25	20 25 32	20 25 32	20 25 32	25 32	32 40	40		
8	16 20	20	20 25 32	20 25 32	25 32	25 32 40	32 40 50	40 50		
10	16 20	16 20 25	20 25 32	25 32 40	25 32 40	25 32 40	25 32 40 50	40 50 60	50 60	
	6.5	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50
12.5	20 25	25 32	25 32	25 32 40	32 40 50	32 40 50	40 50 60	50 60 80	60 80	
16	20 25	25 32	32 40	32 40	32 40 50	32 40 50	40 50 60	40 50 60	60 80	
20		25 32	25 32 40	32 40 50	32 40 50	32 40 50 60	40 50 60	40 50 60	60 80	

3.19 集电环和刷握如何维修？

答：集电环在运行中因电弧的闪络或电刷对集电环的磨损，使集电环表面有灼痕，斑点和高低不平的深沟，对于这些毛病，应将转子架在车床上，将集电环表面细心地车削一刀。车削的方法及要求与 3.13 题中所述的相同。

集电环和集电环之间以及集电环和转轴之间的绝缘物常被电弧烧焦，失去绝缘性能。如烧焦的面积和深度不大，可用小刀、细锉和金刚砂布将烧焦点刮净，涂一层水玻璃或醇酸绝缘漆，也可以用环氧树脂粘补。但如烧焦得较严重，就应该换以新的。

由于电刷或刷握安装得不正确，有时刷握内流过不应流过的电流，致使刷握内表面产生灼痕，这时应更换电刷，校正电刷及刷握的装配，并将电刷铜辫的固定螺钉拧紧。

刷握上的弹簧有时因流过不应流过的电流或因电刷过热而退火，以致弹性大大降低，这时应另配弹簧，并检查弹簧头上的绝缘。

3.20 集电环工作表面故障在现场如何处理？

答：集电环工作表面常见故障有：

- 1) 滑环表面磨出凹坑、麻点、表面粗糙。
- 2) 滑环表面烧损、发热。
- 3) 滑环表面急剧磨损、有刷火、跳弧现象等。

引起上述故障原因：

- 1) 电刷牌号不对，刷压不合适，电刷在刷盒内间隙不合适。
- 2) 电刷排列不均匀。
- 3) 滑环本身材质不好。
- 4) 转子有轴向串动。
- 5) 电动机振动。
- 6) 滑环有径向偏摆。
- 7) 集电环有椭圆、偏差超限等。

对于滑环表面磨出沟槽的故障有时可以不经处理滑环表面而得到解决。办理是将电刷表面形状磨出与滑环表面的沟槽相适应（吻合）的形状，从而保证电刷与滑环表面接触良好（接触面大于 70%），可以得到满意的效果。采用这种办法的前提是电动机运行平稳，没有轴向串动。

对于滑环表面严重的缺陷，需要对滑环表面进行车削，但要卸下集电环或拆下转子，是很麻烦的。集电环重新装配不易保证质量，电动机运输又增加困难，所以应考虑在现场就地车削集电环工作面，具体办法是如下：

1) 用普通车床上的小拖板作为夹持车刀的刀架，将小拖板固定在虎头钳上，虎头钳用一支撑架（或工作台）固定。一般集电环是用铜质制作的，所以车刀可选用 TS 或 T15 或 B3 型。

2) 车削时, 要选择锋利的车刀, 吃刀量要小, 车削速度控制在 $1 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。

3) 滑环工作表面车削后, 要用 0 号砂布砂磨工作面, 然后再用砂布背面紧贴滑环表面进行抛光。最后用蘸少许润滑油的旧砂布进行精抛光, 使工作表面粗糙度细于 $Ra = 1.6 \sim 0.8 \text{ mm}$ 。

4) 车削加工后的集电环要求工作面的偏摆在 $0.01 \sim 0.03 \text{ mm}$ 之间。

5) 用百分表测量集电环外径的椭圆度, 偏摆不应超过 $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$, 轴颈径向圆跳动 $\leq 0.1\%$ 。

6) 各滑环外径之差不应大于外径的 1% , 对于滑环表面轻微的麻点和烧痕, 可用油石、细锉打磨, 最后用 0 号砂布打光, 不可轻易车削滑环。对于集电环径向偏摆严重和滑环表面损伤严重时, 才进行车削滑环工作。通常是滑环损伤深度超过 1 mm , 损伤面积大于 20% , 以及电动机集电环偏摆量在 0.05 mm (1000 r/min 及以上) 和超过 0.08 mm (1000 r/min 以下) 时方考虑车削滑环。

3.21 在现场怎样处理集电环绝缘局部烧伤故障? 能否带电更换电刷?

答: 通常集电环与转轴的铁套筒之间垫有绝缘套, 当电动机运行在恶劣环境中, 周围的粉尘、潮气和刷粉就会积满在滑环之间, 缩短滑环之间的爬电距离, 尤其电动机正反转运行时, 过高的脉冲电压很容易造成滑环之间和对地之间绝缘击穿。这时由于击穿时的弧光放电使绝缘套局部烧伤。在现场对于局部烧伤的绝缘套可采取局部修复法, 不必拆卸集电环大修。

具体工艺如下:

1) 首先确定局部故障范围, 查准故障点。

2) 用洗油或酒精彻底擦拭绝缘表面脏垢。

3) 用电工刀将击穿部分切除坡口 (一般绝缘套厚度 $1.5 \sim 2 \text{ mm}$), 再用压缩空气吹净坡口坑, 勿使落入灰尘。

4) 用环氧胶和无碱玻璃丝绒 (也可用电工用的粘合剂) 混合后垫入坑内, 使坑口垫平。最后用无纬带或涂有环氧胶的玻璃丝带沿集电环绝缘套缠绕 $2 \sim 3$ 层, 经室温固化。

5) 测集电环绝缘电阻, 合格后便可投产。

至于能否不停机更换电刷问题, 事实上在实际运行当中经常是不停机更换电刷的, 但一定要注意以下事项:

1) 对更换的电刷要事先检查牌号, 规格, 不可混刷, 并且要事先研磨好与滑环接触的圆弧面, 使其与滑环表面吻合。

2) 每次更换电刷数量是一只, 不可正负极同时更换电刷。

3) 对于同步机, 还要注意在降低励磁电流时, 要使励磁电流最少维持大于失步时所需的临界电流值。

3.22 为什么新购的滚动轴承要清洗? 有的不清洗?

答: 新购的全封闭轴承在出厂时已经彻底清洗过, 并将润滑脂涂满轴承内, 然

后进行密封的，所以不需要清洗加润滑脂，如中国厦门 180204K 型轴承，日本 63052NK 型轴承，就是全封闭轴承。

除此之外，新购轴承在使用前要进行清洗工作。不要认为轴承是新购的，出厂是干净的，就不进行清洗工作，因为出厂的新轴承在出厂时要在轴承表面涂一层防锈剂，清洗的目的是除掉这层防锈剂，同时也可清洗掉轴承内的污垢。如果不经清洗，直接把润滑脂涂在轴承内安装，则电动机运行时会产生噪声和振动，并引起轴承发热。

国产的滚动轴承所涂的防锈剂有 3 种：油剂防锈剂；水剂防锈剂；气相防锈剂。各厂家对不同规格的轴承所涂的防锈剂种类不同，甚至一个轴承涂两种防锈剂。所以在清洗前一定要弄清楚轴承所涂防锈剂的种类，然后才能选择相应的清洗剂，有效地进行清洗工作，如果认为所有滚动轴承都可用同一种清洗剂（如常用的洗油、汽油、煤油）进行清洗是不对的。涂油剂防锈剂的轴承，是用汽油、煤油清洗的，而涂水剂防锈剂和涂气相防锈剂的轴承，是用油酸钠皂水溶液或 664 水溶液清洗，用汽油是清洗不掉的。

对新领的轴承要测量间隙，判断是否是合格品。滚动轴承的间隙有径向间隙和轴向间隙两种，修理时只需测量径向间隙，此间隙值为原始径向间隙，也是出厂时的制造间隙，有的不合格品，可在测量间隙时被发现。

3.23 电动机修理装配滚动轴承有哪些方法？

答：电动机修理装配滚动轴承常用以下四种方法。

1) 手锤敲击金属棒法 用手锤通过金属棒打击轴承的圈（向轴颈装配）或外圈（向端盖轴承室装配），虽然边打边转动金属棒在轴承圈上的受力点，但轴承受力也是不均匀的。

2) 手锤敲击垫圈法 将金属棒改为垫圈垫在轴承内圈或外圈上，用手锤敲打垫圈，这样做比第一种方法稍好，但并未解决轴承受力不均问题。

3) 冷压法 将轴承上面的垫圈放在电动或手动的压力机上，将轴承压入轴颈或端盖轴承室内。

4) 热套法 将轴承加热，然后进行装配。

上述 1)、2) 种方法在乡镇企业的电动机修理单位最常见，这是不允许使用的装配方法，因为采用这种方法会把合格的轴承敲打成废品，是属于破坏性的操作。3)、4) 种方法是在设备较完善的修理单位常见的方法。这两种方法以热套法最好，冷压法次之。如果原来是热套装轴承，改冷套法时会造成轴承发热、噪声和振动增大。热套法在加热时变形最小、加热均匀，得到一定的装配间隙，很容易套入轴颈，不会损伤转轴和轴承表面的配合精度。另外，对于全封闭式轴承在加热时使轴承内润滑脂受热后可均匀地附着在滚动体和内外圈跑道表面，电动机在启动时可减少启动时的干摩擦和噪声。加热方法最好在烘箱内加热，或在感应铁心式轴承加热器上加热，不用油煮加热，因为油煮时会把矿物油渗入到轴承内部与润滑脂混

合，使润滑脂变质，即便是密封式轴承，矿物油也会经密封圈渗入内部。加热温度应控制在 120℃ 以内，因为润滑脂不许超过 120℃，否则会流出，另外轴承在高温下（比如超过 200℃），轴承钢中残余奥氏体向马氏体转变，将导致轴承内外圈的圆周长度增长，从而引起振动，轴承退火又会引起硬度降低。

通过垫圈冷压轴承的缺点：①润滑脂不能均匀地分布在轴承内部各表面上，造成滚动体与跑道表面干摩擦，引起轴承发热和噪声。②因冷压入，不像热套法有装配间隙，所以将轴承压入轴颈或端盖轴承室时，使其配合精度遭受破坏。③在压入轴颈时，使轴承内圈受力，此力通过滚动体传给轴承外圈，使轴承内圈跑道表面的原始波纹变劣，同时使轴承径向游隙的不均匀度增大，使电动机噪声增大。

严禁用手锤敲击法的原因：当用手锤敲击金属棒或垫圈时，使轴承内圈跑道和滚动体受冲击力，使轴承内跑道的波纹度和粗糙度变坏，使电动机运行时增大噪声和轴承发热。另外，轴承与轴颈之间也发生冲击力，轴承内圈（或外圈）受力不平衡，使轴颈表面（或轴承室表面）遭受损伤，影响配合精度，轴承遭受冲击力情况如图 3-22 所示。轴颈遭受冲击力情况，如图 3-23 所示。

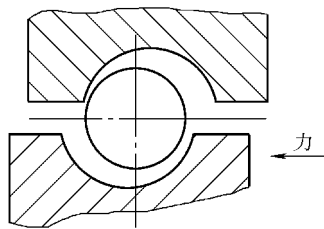


图 3-22 轴承遭受冲击力的情况

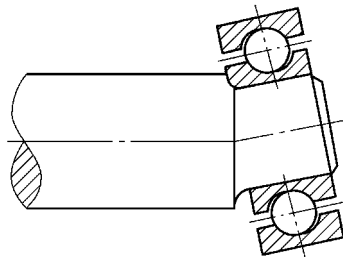


图 3-23 轴颈遭受冲击力的情况

3.24 提高滚动轴承使用寿命的措施是什么？

答：电动机滚动轴承的使用寿命主要润滑，轴承制造质量、组装、公差配合等因素影响。采用联轴器带动负载设备的电动机的轴承寿命如表 3-11。

通常达不到正常轴承运行寿命的原因：

- 1) 电动机与负载机械安装不正，使轴承承担附加应力。
- 2) 电动机本身串轴、不平衡等将轴承振坏。
- 3) 电动机风道堵塞，电动机温度升高，影响轴承发热。

表 3-11 电动机滚动轴承运行寿命与电动机极数和轴承规格关系

滚动轴承规格	轴承运行寿命/h		
	2 极	4 极	6 极
326	—	10000	15000 以上
324	—	14000	21000
322	—	18000	27000

(续)

滚动轴承规格	轴承运行寿命/h		
	2 极	4 极	6 极
321	—	24000	36000
320	16000	32000	48000
319	21000	40000	60000
318	24000	48000	72000
317	29000	58000	87000
316	34000	68000	102000
315	39000	78000	117000
314	44000	88000	132000
313	49000	98000	147000
312	54000	108000	162000
311	59000	118000	177000
310 以下	64000 以上	128000 以上	192000

4) 润滑油加入过多过少，加油间隔期不对。对于有油杯长期运转的电动机加润滑油次数。

2 极电动机，一个月加一次油；

4 极电动机，两个月加一次油；

6 极电动机，三个月加一次油。

对于拆开电动机轴承盖才能加润滑脂的电动机、润滑脂的填充量标准和填加次数为：

2 极电动机，填充量为轴承室的 1/3，每两个月填加一次；

4 极电动机，填充量为轴承室的 1/2，每四个月填加一次；

6 极电动机，填充量为轴承室的 3/3，每六个月填加一次。

以上润滑油不可混用。

5) 车制与轴承外圈配合的端盖轴承室和与轴承内圈配合的轴颈，以及车制轴承盖时，公差配合尺寸不正确。

在选定轴与轴承内圈配合公差时，要考虑电动机运行时轴伸长时会使轴承内圈受热膨胀，破坏了轴承滚动体与内外圈跑道之间的正常润滑，从而使轴承发热甚至破坏了轴承。

在选定轴承外圈与端盖轴承室配合公差时，配合尺寸不可过紧，否则轴承运行发热后，滚动体受挤压使轴承发热，造成局部缺少润滑油，同时轴承的噪声增大。有人试验过，Y820 系列电动机，轴承室尺寸为 $\phi 47^{-0.025}$ 时，噪声为 77dB；当把轴承室尺寸放大为 $\phi 47^{+0.03}$ 时，电动机噪声降为 71dB。因此，只要轴承外圈不发生走

外圈时（即外圈与轴承室发生转动），就可以适当放大配合公差，这样做对调节轴承移动也有好处。但有的年轻电动机修理工不清楚这些道理，发现轴承外圈是滑配合，便误认为轴承“跳井了”，必需镶套或者采取别的方法使配合过盈，结果造成电动机轴承发热，轴承寿命降低。

套装轴承时要采取热套办法，加热 150°C 左右，不可大于 200°C ，以防轴承退火。

热套装轴承不可改为冷装，否则轴承寿命降低。为了延长轴承使用寿命，还要重视轴承装配和电动机零部件的安装质量。

1) 配制的零部件，如端盖、轴承盖、机座等，加工长度误差积累会使定、转子轴向长度不一致，使球轴承的内外圈有轴向平面移动、使滚珠受挤压、在挤压地点失去润滑脂，发生干摩擦，影响轴承寿命。

检查电动机轴向长度是否有误差，可拧紧两端轴承盖螺钉，然后转动转子。未拧前转子转动灵活，拧紧后不灵活，则说明电动机存在轴向积累误差。这时可在轴承室内加垫解决。也可将滚珠轴承改为单列向心短圆柱滚子轴承。另外要考虑轴的热膨胀问题，在轴伸端与外轴承盖止口之间应留有 0.05mm 的间隙，也可选用合适的弹性垫圈垫上。

2) 滚动轴承内，外圈的中心线不重合，造成两者有倾斜角，引起中心线不同心。原因是定子端盖止口被磨损，配制的机座和端盖机加工误差所致。由于有倾斜角，使滚动体受挤压、不能在跑道上自由滚动，影响轴承运行寿命，对于单列向心短圆柱滚子轴承允许的倾斜角应小于或等于 2° ；单列向心球轴承允许的倾斜角应小于或等于 $2' \sim 10'$ 。

3.25 降低轴承噪声的措施是什么？

答：修理时要使轴承外圈与端盖配合公差合适，不可过紧。造成过紧原因：操作人员怕车废端盖轴承室，偏重采用公差范围的下限，不愿车到上限，这样就使轴承室直径偏小，增大了与轴承外圈配合的过盈量；另外，修理工人对于适当减少配合公差的最大过盈量对轴承减少噪声有好处的认识不够，比如在拆轴承时发现轴承外圈与端盖配合非常好拆，就误认为轴承配合过松，说轴承“跳井了”，于是垫铜皮、打冲孔眼，甚至更换端盖，或更换轴承、扩大外圈直径来解决这个问题，最常见的办法是将端盖轴承室再扩大，然后镶套，使轴承与端盖轴承室配合紧密，其结果造成电动机修后轴承噪声增加，轴承发热等不良现象。由于配合过紧，轴承发热，使润滑脂被挤出去，轴承跑道（轴承工作面）局部无润滑油，轴承因过热而产生轴承故障。因此，轴承外圈与端盖的配合只要不走外圈，可以在修理加工时采用上限公差，适当放大些，对降低轴承噪声有好处，也就是最好控制公差尺寸达到轴承在工作时，轴承外圈产生微量缓慢地转动，会使轴承跑道磨损量均匀，噪声大大降低，延长轴承的使用寿命。

另外，为了降低轴承噪声，安装轴承时一定要采取正确的方法，使轴承受力均

匀。

热套装的轴承不可改为冷装，否则噪声增加 5dB 以上，轴承使用寿命大大降低。

目前修理单位购买的轴承质量有时保证不了。新购的轴承就有不合格的，所以购买的轴承产品要有合格证，是正式厂家生产的。为了提高轴承的质量和降低轴承噪声，要精选轴承，可用轴承振动测量仪对轴承进行挑选检查。

再有轴承型式的选择，比如滚柱轴承比滚珠轴承要大，只要端盖尺寸可以，稍加修改，不影响负载要求，可以更换滚珠轴承，更换后噪声会降低。这是因为滚珠轴承径向间隙变动范围比滚柱轴承小。另外滚珠轴承的保持器比较稳定，一般这样更换后噪声可降低 3 ~ 5dB。

3.26 常用电动机的滚动轴承有哪些？

答：常用滚动轴承规格见表 3-12。

表 3-12 常用滚动轴承规格

轻型			尺寸/mm		
球轴承		滚子轴承	内径	外径	宽度
深沟球轴承	角接触球轴承	圆柱滚子轴承			
200	6200	—	10	30	9
201	6201	—	12	32	10
202	6202	—	15	35	11
203	6203	—	17	40	12
204	6204	2204	20	47	14
205	6205	2205	25	52	15
206	6206	2206	30	62	16
207	6207	2207	35	72	17
208	6208	2208	40	80	18
209	6209	2209	45	85	19
210	6210	2210	50	90	20
211	6211	2211	55	100	21
212	6212	2212	60	110	22
213	6213	2213	65	120	23
214	6214	2214	70	125	24
215	6215	2215	75	130	25
216	6216	2216	80	140	26
217	6217	2217	85	150	28
218	6218	2218	90	160	30
219	6219	2219	95	170	30
220	6220	2220	100	180	34
300	6300	—	10	35	11
301	6301	—	12	37	12
302	6302	—	15	42	13
303	6303	—	17	47	14
304	6304	—	20	52	15

(续)

轻型			尺寸/mm		
球轴承		滚子轴承	内径	外径	宽度
深沟球轴承	角接触球轴承	圆柱滚子轴承			
305	6305	2305	25	62	17
306	6306	2306	30	72	19
307	6307	2307	35	80	21
308	6308	2308	40	90	23
309	6309	2309	45	100	25
310	6310	2310	50	110	27
311	6311	2311	55	120	29
312	6312	2312	60	130	31
313	6313	2313	65	140	33
314	6314	2314	70	150	35
315	6315	2315	75	160	37
316	6316	2316	80	170	39
317	6317	2317	85	180	41
318	6318	2318	90	190	43
319	6319	2319	95	200	45
320	6320	2320	100	215	47

3.27 常用电动机的滚动轴承型号规格有哪些？

答：常用电动机（包括老产品系列。如 J 字头系列，对照参考表 5-5）的滚动轴承型号规格见表 3-13 ~ 表 3-30。

表 3-13 Y 系列（IP23）电动机轴承规格

机座号	极数	轴承规格		轴承尺寸/mm (内径×外径×宽度)
		主轴伸端	非轴伸端	
160	2	211Z ₁	211Z ₁	55×100×21
	4、6、8	2311Z ₁	311Z ₁	55×120×29
180	2	212Z ₁	212Z ₁	60×110×22
	4、6、8	2312Z ₁	312Z ₁	60×130×31
200	2	213Z ₁	213Z ₁	65×120×23
	4、6、8	2313Z ₁	313Z ₁	65×140×33
225	2	214Z ₁	214Z ₁	70×125×24
	4、6、8	2314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
250	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2317Z ₁	317Z ₁	85×180×41
280	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2318Z ₁	318Z ₁	90×190×43
315	2	316Z ₁	316Z ₁	80×170×39
	4、6、8、10	2319Z ₁	319Z ₁	95×200×45

表 3-14 Y 系列（IP44）电动机轴承规格

机座号	极 数	轴承规格		轴承尺寸 (内径×外径×宽度) /mm
		主轴伸端	风扇端	
80	2、4	180204Z ₁	180204Z ₁	20×47×14
90	2、4、6	180205Z ₁	180205Z ₁	25×52×15
100	2、4、6	180206Z ₁	180206Z ₁	30×62×16
112	2、4、6	180306Z ₁	180306Z ₁	30×72×19
132	2、4、6、8	180308Z ₁	180308Z ₁	40×90×25
160	2	309Z ₁	309Z ₁	45×100×25
	4、6、8	2309Z ₁		
180	2	311Z ₁	311Z ₁	55×120×29
	4、6、8	2311Z ₁		
200	2	312Z ₁	312Z ₁	60×130×31
	4、6、8	2312Z ₁		
225	2	313Z ₁	313Z ₁	65×140×33
	4、6、8	2313Z ₁		
250	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2314Z ₁		
280	2	314Z ₁	317Z ₁	85×180×41
	4、6、8	2317Z ₁		
315	2	316Z ₁	316Z ₁	80×170×39
	4、6、8、10	2319Z ₁	319Z ₁	95×200×45
250	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2314Z ₁		
280	2	314Z ₁	317Z ₁	85×180×41
	4、6、8	2317Z ₁		
315	2	316Z ₁	316Z ₁	80×170×39
	4、6、8、10	2319Z ₁	319Z ₁	95×200×45

表 3-15 YZR、YZ 系列起重电动机滚动轴承型号

机座号	1M1		1M3	
	驱动端	非驱动端	驱动端	非驱动端
112	308	308	308	308
132	309	309	309	309
160	311	311	311	311
180	313	313	313	313

(续)

机座号	1M1		1M3	
	驱动端	非驱动端	驱动端	非驱动端
200	32315	315	32315	46315
225	32315	315	32315	46315
250	32316	316	32316	46316
280	32320	320	32320	46320
315	32322	322	32322	46322
355	32326	326		
400	32330	330		

表 3-16 J、JO、JQ 及 JQO 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	2 极		4 极及以上	
	轴伸端轴承	非轴伸端轴承	轴伸端轴承	非轴伸端轴承
3	304	304	304	304
4	306	306	306	306
5	308	308	308	308
6	308	308	310	310
7	310	310	2312	312
8	312	312	2314	314
9	314	314	2317	317

表 3-17 J2、JO2、JQZ 及 JQO2 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	2 极		4 极及以上	
	轴伸端轴承	非轴伸端轴承	轴伸端轴承	非轴伸端轴承
1	204	204	204	204
2	205	205	305	305
3	206	206	306	306
4	208	208	308	308
5	309	309	309	309
6	310	310	2310	2310
7	311	311	2311	311
8	314	314	2314	2314
9	317	317	2317	317

表 3-18 JO3 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

中心高/mm	80	90	100	112
轴承	204	305	306	307

表 3-19 JRQ 及 JSQ 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	极数	轴伸端轴承	滑环端轴承
14	4、6、8、10	2324	324

表 3-20 JC、JS 及 JR 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	极数	轴伸端轴承	滑环端轴承	第三轴承
11	4、6	2319	319	2314
11	8、10	2319	319	
12	4	2319	319	
12	6	2320	320	
12	8、10	2320	320	
13	4	2319	319	
13	6	2322	322	2314
13	8、10	2322	322	

表 3-21 JZT 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	离合器		拖动电动机	
	输出端	非输出端	负载端	非负载端
1	6305	42306	—	—
2	6306	42307	—	—
3	6307	42309	—	—
4	6309	42310	—	—
5	6309	42311	—	—
6	6311	32312	—	—
7	6314	32313	—	—
8	6314	6314	6319	32315
9	6317	6316	6322	32317

表 3-22 JLB2 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号	上轴承	下轴承
6	310	46314
7	313	66317
8	316	66322

表 3-23 JBS 和 1JBS 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号		极数			机座号		极数		
		2	4	6			2	4	6
JBS	1	205	205	308	1JBS	2	306	208	308
	2	206	206			3			
	3	308							

表 3-24 JB 和 1JB 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号		2 极		4 极及以上	
		轴伸端	非轴伸端	轴伸端	非轴伸端
JB	1	308	308	2317 2320	317 320
	2	310	310		
	3	312	312		
	4	313	313		
	5	2314	314		

(续)

机座号		2 极		4 极及以上	
		轴伸端	非轴伸端	轴伸端	非轴伸端
1JB	1			311	311
	2			312	312
	3			2314	314
	5	2316	316	2320	320

表 3-25 BJO2 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号		极 数		
		2 极	4、6、8	2、4、6、8
		轴伸端		非轴伸端
1		60204		60204
2		60305		60305
3		60306		60306
4		60308		60308
5		60309		60309
6		2309		309
7		2311		311
8		2314		314
9		317	2317	317

表 3-26 JZ 及 JZR 系列（老产品系列）异步电动机滚动轴承型号

机座号		2 极		4 极及以上	
		轴伸端	非轴伸端	轴伸端	非轴伸端
1		204	204	204	204
2		205	205	305	305
3		206	206	306	306
4		208	208	308	308
5		309	309	309	309
6		310	310	310	310
7		311	311	6311	311

表 3-27 Z 系列直流电动机轴承型号

电动机型号	轴伸端	换向器端	电动机型号	轴伸端	换向器端
Z-2.5	302	302	Z-145	2311	309
Z-5	303	303	Z-205	2313	311
Z-10	305	305	Z-290	2313	311
Z-17.5	306	306	Z-400	2317	314
Z-28.5	308	308	Z-550	2317	314
Z-48	308	308	Z-750	2320	317
Z-68	309	309	Z-1000	2320	317
Z-85	309	309	Z-1320	2320	317
Z-100	2311	309	Z-1750	2320	317

表 3-28 ZZ 系列直流电动机轴承型号

机座号	轴伸端	换向器端	机座号	轴伸端	换向器端
1	302	302	8	2311	310
2	304	304	9	2314	313
3	305	305	10	2317	315
4	307	307	11	2320	318
5	309	309	12	2320	320
6	309	309	13	2320	320
7	2310	309	14	32326	326

表 3-29 ZZ 和 ZZK 系列直流电动机轴承型号

电动机型号	轴伸端	换向器端	电动机型号	轴伸端	换向器端
ZZ-12 ZZK-12	307	307	ZZ- ⁵¹ ₅₂ ZZK- ⁵¹ ₅₂	42417	42417
ZZ-22 ZZK- ²¹ ₂₂	408	407			
			ZZ-62	42620	42620
ZZ-32 ZZ- ³¹ ₃₂	410	408	ZZ-72	42624	42624
ZZ- ⁴¹ ₄₂ ZZK- ⁴¹ ₄₂	316	313	ZZ- ⁸² _{82a}	42626	42626

表 3-30 YLB 系列轴承规格

机座号	极数	推力轴承型号	径向轴承型号	最大轴向力/N
132	2	46312	208	7840
160	2	46314	210	9800
160	4	46314	210	12740
180	2	66317	212	15680
180	4	66317	311	19600
200	2	66318	214	16660
200	4	66318	313	21560
250	4	66322	316	28420
280	4	66328	319	39200

3.28 修理国外电动机需要更换轴承时，如何选用国内轴承代用？

答：修理国外电动机需要更换轴承时，如果没有国外轴承备品，可选用国内轴承代用。

表 3-31 ~ 表 3-34 给出国内外滚动轴承对照表，参考此表可直接查出国内代用的轴承型号。

表 3-31 特轻（1）窄系列单列向心球轴承型号对照表

尺寸/mm				国产 轴承型号	外国轴承型号				国产轴承性能参数		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		ITI3	ASK NWG DKF OVR FAG RBF FLT SKF GF Steyr KGM VKF	CBF	RIV	工作能 力系数 <i>c</i>	极限转速 /(r/min)	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
20	42	8	0.5	7000104	7000104	16004	EA20	—	8400	15000	2600
25	47	8	0.5	7000105	7000105	16005	EA25	EL25	9300	13000	4200
30	55	9	0.5	7000106	7000106	16006	EA30	EL30	11000	13000	5400
35	62	9	0.5	7000107	7000107	16007	EA35	EL35	11000	10000	5700
40	68	9	0.5	7000108	7000108	16008	EA40	EL40	15000	10000	8000
45	75	10	1	7000109	7000109	16009	EA45	—	17100	8000	8500
50	80	10	1	7000110	7000110	16010	EA50	—	18000	8000	9000
55	90	11	1	7000111	7000111	16011	EA55	—	21000	6300	10800
60	95	11	1	7000112	7000112	16012	—	—	22000	6300	11500
65	100	11	1	7000113	7000113	16013	—	—	22000	6300	12000
70	110	13	1	7000114	7000114	16014	—	EL70	20000	6300	11000
80	125	14	1	7000116	7000116	16016	—	—	—	—	—
90	140	16	1.5	7000118	7000118	16018	—	—	—	—	—
95	145	16	1.5	7000119	7000119	16019	—	—	—	—	—
125	180	19	1.5	7000124	7000124	16024	—	—	—	—	—
130	200	22	2	7000126	7000126	16026	—	—	—	—	—
140	210	22	2	7000128	7000128	16028	—	—	—	—	—
150	225	24	2	7000130	7000130	16030	—	—	100000	2500	63000
160	240	25	2.5	7000132	7000132	16032	—	—	—	—	—
170	260	28	2.5	7000134	7000134	16034	—	—	—	—	—
180	280	31	3	7000136	7000136	16036	—	—	164000	2000	110000

尺寸/mm				国产 轴承 型号	外国轴承型号				国产轴承性能参数			
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		ITI3 ITI	ADK Mauhi ASK NSK DKF NWG FAG OVR FLT SKF GF Steyr	KOYO REF KGM SKB KOVO SRO MAB VKF NAGHI IKF	Fafniy	RIV	工作能 力系数 <i>c</i>	极限转 速/ (r /min)	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
10	26	8	0.5	100	100	6000	6000X	—	EL10	5400	25000	1900
12	28	8	0.5	101	101	6001	6001X	—	EL12	5400	20000	2100
15	32	9	0.5	102	102	6002	6002X	9102K	ELL15	6300	20000	2400
17	35	10	0.5	103	103	6003	6003X	9103K	ELL17	6800	20000	2700
20	42	12	1	104	104	6004	6004X	9104K	ELL20	10600	16000	4200
25	47	12	1	105	105	6005	6005X	9105K	ELL25	11700	13000	4800
30	55	13	1.5	106	106	6006	6006X	9106K	ELL30	15700	10000	6700
35	62	14	1.5	107	107	6007	6007X	9107K	ELL35	19000	10000	8300
40	68	15	1.5	108	108	6008	6008X	9108K	ELI40	19000	10000	9000
45	75	16	1.5	109	109	6009	6009X	9109K	ELI45	25000	10000	12000

(续)

尺寸/mm				国产 轴承 型号	外国轴承型号						国产轴承性能参数		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		ГД3 ITI	ADK Mauhi ASK	KOYO REF KGM	Fafniy	RIV	工作能 力系数 <i>c</i>	极限转 速/ (r /min)	允许静 负荷 <i>Q</i> /N	
						NSK DKF NWG	SKB KOVO SRO						
						FAG OVR FLT	MAB VKF NAGHI						
					SKF GF Steyr	IKF							
50	80	16	1.5	110	110	6010	6010X	9110K	ELL50	25000	8000	12000	
55	90	18	2	111	111	6011	6011X	9111K	ELL55	34500	8000	16500	
60	95	18	2	112	112	6012	6012X	9112K	ELL60	37000	8000	17000	
65	100	18	2	113	113	6013	6013X	9113K	ELL65	40000	6300	19000	
70	110	20	2	114	114	6014	6014X	9114K	ELL70	47000	6300	24000	
75	115	20	2	115	115	6015	6015X	9115K	ELL75	50000	5000	25000	
80	125	22	2	116	116	6016	6016X	9116K	ELL80	57000	5000	30000	
85	130	22	2	117	117	6017	6017X	9117K	ELL85	57000	5000	30000	
90	140	24	2.5	118	118	6018	6018X	9118K	ELL90	65000	4000	35000	
95	145	24	2.5	119	119	6019	6019X	9119K	ELL95	—	—	—	
100	150	24	2.5	120	120	6020	6020X	9120K	ELL100	74000	4000	40000	
105	160	26	3	121	121	6021	6021X	9121K	ELL105	86000	4000	47000	
110	170	28	3	122	122	6022	6022X	9122K	ELL110	100000	3200	56000	
120	180	28	3	124	124	6024	6024X	9124K	ELL120	104000	3200	60000	
130	200	33	3	126	126	6026	6026X	9126K	ELL130	120000	3200	71000	
140	210	33	3	128	128	6028	6028X	9128K	ELL140	125000	2500	75000	
150	225	35	3.5	130	130	6030	6030X	9130K	ELL150	152000	2500	94000	
160	240	38	3.5	132	132	6032	6032X	—	—	165000	2500	100000	
170	260	42	3.5	134	134	6034	6034X	—	ELL170	194000	2500	120000	
180	280	46	3.5	136	136	6036	6036X	—	—	216000	2000	137000	
190	290	46	3.5	138	138	6038	6038X	—	—	—	—	—	
200	310	51	3.5	140	140	6040	6040X	—	—	280000	2000	180000	
220	340	56	4	144	144	—	—	—	—	290000	1700	200000	
320	480	74	5	164	164	—	—	—	—	460000	1000	380000	

表 3-32 轻 (2) 窄系列深沟球轴承型号对照表

尺寸/mm					外国轴承型号						国产轴承性能参数			
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		国产轴承型号	ГД3 Hoover ITI Mc Giv	AKF KGM ASK KOVO BCA MAB CJB Mauhi DKF NACHI Durkopp NSA FAG NWG FBC OVR FYH RBF FLT SKB GF Steyr HIC VKF KOYO SKF	Fafnir	Hoffmann	RIV	SRO	工作能力 系数 <i>c</i>	极限转 速/（r /min）	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
10	30	9	1	200	200	6200	200K	110	04A	4200	7100	20000	2500	
12	32	10	1	201	201	6201	201K	112	03A	4201	7100	20000	2600	

(续)

尺寸/mm					外国轴承型号						国产轴承性能参数		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		ГДЗ Hoover ITI Mc Gie	AKF KGM ASK KOVO BCA MAB CJB Mauhi DKF NACHI Durkopp NSA FAG NWG FBC OVR FYH RBF FLT SKB GF Steyr HIC VKF KOYO SKF	Fafnir	Hoffmann	RIV	SRO	工作能力 系数 <i>c</i>	极限转 速/ (r /min)	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
15	35	11	1	202	202	6202	202K	115	02A	4202	8500	16000	3400
17	40	12	1	203	203	6203	203K	117	01A	4203	11300	16000	4200
20	47	14	1.5	204	204	6204	204K	120	1A	4204	15000	13000	6000
25	52	15	1.5	205	205	6205	205K	125	2A	4205	16000	13000	7000
30	62	16	1.5	206	206	6206	206K	130	3A	4206	22000	10000	9500
35	72	17	2	207	207	6207	207K	135	4A	4207	30000	10000	13000
40	80	18	2	208	208	6208	208K	140	5A	4208	39000	10000	17000
45	85	19	2	209	209	6209	209K	145	6A	4209	39000	8000	17000
50	90	20	2	210	210	6210	210K	150	7A	4210	42000	8000	19000
55	100	21	2.5	211	211	6211	211K	155	8A	4211	52000	8000	24000
60	110	22	2.5	212	212	6212	212K	160	9A	4212	62000	6300	30000
65	120	23	2.5	213	213	6213	213K	165	10A	4213	68000	6300	33000
70	125	24	2.5	214	214	6214	214K	170	11A	4214	74000	5000	36000
75	130	25	2.5	215	215	6215	215K	175	12A	4215	78000	5000	40000
80	140	26	3	216	216	6216	216K	180	13A	4216	84000	5000	42000
85	150	28	3	217	217	6217	217K	185	14A	4217	98000	4000	50000
90	160	30	3	218	218	6218	218K	190	15A	4218	112000	4000	59000
95	170	32	3.5	219	219	6219	219K	195	16A	4219	124000	4000	67000
100	180	34	3.5	220	220	6220	220K	200	17A	4220	136000	3200	77000
105	190	36	3.5	221	221	6221	221K	205	18A	4221	152000	3200	87000
110	200	38	3.5	222	222	6222	222K	210	19A	4222	164000	3200	97000
120	215	40	3.5	224	224	6224	224K	—	20A	—	182000	3200	110000
130	230	40	4	226	226	6226	—	—	21A	—	182000	2500	110000
140	250	42	4	228	228	6228	—	—	22A	—	182000	2500	110000
150	270	45	4	230	230	6230	—	—	23A	—	230000	2500	145000
160	290	48	4	232	232	6232	—	—	24A	—	280000	2000	195000
170	310	52	5	234	234	6234	—	—	25A	—	280000	2000	195000
180	320	52	5	236	236	6236	—	—	26A	—	320000	1600	225000
190	340	55	5	238	238	6238	—	—	27A	—	340000	1600	255000
200	360	58	5	240	240	6240	—	—	28A	—	340000	1600	255000
220	400	65	5	244	244	—	—	—	—	—	360000	1300	260000
240	440	72	5	248	248	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3-33 中 (3) 窄系列深沟球轴承型号对照表

尺寸/mm					外国轴承型号						国产轴承性能参数		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		国产轴承型号	AKF KOVO ASK MAB CJB Maechi DKE NACHI Dürkopp NSK FAG NWG FBC OVR FYH RBF FLT SKB CF SKF HIC SRO KOYO VKF KGM	Fafnir	R&M	RIV	Hoffmann	工作能 力系数 <i>c</i>	极限转 速/ (r /min)	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
10	35	11	1	300	300	6300	300K	MJ10	1B	310	10000	16000	3700
12	37	12	1.5	301	301	6301	301K	MJ12	2B	312	12300	16000	4500
15	42	13	1.5	302	302	6302	302K	MJ15	3B	315	13500	16000	5200
17	47	14	1.5	303	303	6303	303K	MJ17	4B	317	17100	13000	6500
20	52	15	2	304	304	6304	304K	MJ20	5B	320	19000	13000	7500
25	62	17	2	305	305	6305	305K	MJ25	6B	325	27000	10000	11000
30	72	19	2	306	306	6306	306K	MJ30	7B	330	33000	10000	14000
35	80	21	2.5	307	307	6307	307K	MJ35	8B	335	40000	8000	17000
40	90	23	2.5	308	308	6308	308K	MJ40	9B	340	48000	8000	21000
45	100	25	2.5	309	309	6309	309K	MJ45	10B	345	57000	6300	25000
50	110	27	3	310	310	6310	310K	MJ50	11B	350	72000	6300	35000
55	120	29	3	311	311	6311	311K	MJ55	12B	355	84000	6300	41000
60	130	31	3.5	312	312	6312	312K	MJ60	13B	360	94000	5000	46000
65	140	33	3.5	313	313	6313	313K	MJ65	14B	365	106000	5000	54000
70	150	35	3.5	314	314	6314	314K	MJ70	15B	370	120000	5000	62000
75	160	37	3.5	315	315	6315	315K	MJ75	16B	375	132000	4000	69000
80	170	39	3.5	316	316	6316	316K	MJ80	17B	380	144000	4000	70000
85	180	41	4	317	317	6317	317K	MJ85	18B	385	158000	4000	87000
90	190	43	4	318	318	6318	318K	MJ90	19B	390	170000	3200	96000
95	200	45	4	319	319	6319	—	MJ95	20B	395	182000	3200	105000
100	215	47	4	320	320	6320	—	MJ100	21B	400	210000	3200	125000
105	225	49	4	321	321	6321	—	MJ105	22B	405	230000	2500	140000
110	240	50	4	322	322	6322	—	MJ110	23B	410	260000	2500	165000
120	260	55	4	324	324	6324	—	MJ120	24B	420	270000	2500	175000
130	280	58	5	326	326	6326	—	—	25B	—	290000	2000	190000
140	300	62	5	328	328	6328	—	—	26B	—	320000	2000	215000
150	320	65	5	330	330	6330	—	—	27B	—	350000	2000	245000
170	360	72	5	334		6334	—	—	—	—	—	—	—

表 3-34 重（4）窄系列深沟球轴承型号对照表

尺寸/mm				国 产 轴 承 型 号	外国轴承型号						国产轴承性能参数		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		ГДБ BCA Mc Gie	AKF KOVO ASK MAB CJB Mauhi DKF MACHI FAG NSK FBC RBF TLT SKF KOYO Steyr	F&S	CEF	RIV	Hoffmann Poliard	工作能 力系数 <i>c</i>	极限转 速/（r /min）	允许静 负荷 <i>Q</i> /N
17	62	17	2	403	403	6403	C17	1P	1C	517	29000	10000	1100
20	72	19	2	404	404	6404	C20	2P	2C	520	39000	10000	1600
25	80	21	2.5	405	405	6405	C25	3P	3C	525	47000	8000	2000
30	90	23	2.5	406	406	6406	C30	4P	4C	530	60000	8000	2500
35	100	25	2.5	407	407	6407	C35	5P	5C	535	68000	6300	3100
40	110	27	3	408	408	6408	C40	6P	6C	540	78000	6300	3500
45	120	29	3	409	409	6409	C45	7P	7C	545	92000	6300	4400
50	130	31	3.5	410	410	6410	C50	8P	8C	550	108000	5000	5300
55	140	33	3.5	411	411	6411	C55	9P	9C	555	120000	5000	6000
60	150	35	3.5	412	412	6412	C60	10P	10C	560	132000	4000	6700
65	160	37	3.5	413	413	6413	C65	—	11C	565	144000	4000	7000
70	180	42	4	414	414	6414	C70	—	12C	570	182000	4000	10000
75	190	45	4	415	415	6415	C75	—	—	575	194000	4000	11000
80	200	48	4	416	416	6416	C80	—	13C	580	210000	3200	12000
85	210	52	5	417	417	6417	C85	—	—	585	220000	3200	13000
90	225	54	5	418	418	6418	—	—	14C	590	250000	2500	15500
100	250	58	5	420	—	6420	—	—	—	—	290000	2000	19000

3.29 滚动轴承常见的故障如何排除？

答：在运行中的滚动轴承常见的故障、产生的原因、排除方法见表 3-35。

表 3-35 滚动轴承常见的故障

序号	故 障	产生的原因	排除方法
1	轴承过热，且润 滑脂滴落	(1) 润滑脂过多或过少或质量不好 (2) 轴承装上电动机时，过松或过紧 (3) 轴的不同轴度	(1) 打开轴承外盖，检查润滑脂的数量及质量 (2) 检查轴颈与轴承内孔的配合情况，检查轴承外圈与壳体的配合情况，作针对性修理和改进 (3) 检查轴和轴承与轴承座壳体 内孔的同轴度

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
2	轴承的噪声大或 振动大	(1) 轴承及润滑脂太脏或混入杂质 (2) 轴承磨损、锈蚀或已破坏 (3) 轴承本身质量不好 (4) 电动机转子不平衡或轴弯曲 (5) 轴承装上电动机时，过松或过紧	(1) 彻底清洗，更换润滑脂，必要时换以新轴承 (2) 换以新轴承 (3) 换以合格的新轴承 (4) 校正或修理 (5) 参见本表中上述有关条款
3	轴转动困难	(1) 轴承及润滑脂太脏或混入杂质 (2) 轴承磨损、锈蚀或已破坏 (3) 缺少润滑剂 (4) 润滑脂不适当或已变质 (5) 轴承装上电动机时，过松或过紧	(1) 彻底清洗，更换润滑脂，必要时换以新轴承 (2) 换以新轴承 (3) 清洗轴承后，添加润滑脂 (4) 清洗轴承后，改用较软的润滑脂 (5) 参见本表中上述有关条款

3.30 滑动轴承常见的故障如何排除？

答：在运行中的滑动轴承常见的故障见表 3-36。

表 3-36 滑动轴承常见的故障

序号	故障现象	产生的原因	排除方法
1	油温高，轴承过热，轴颈烧伤，甚至粘住	(1) 润滑油中有杂质 (2) 润滑油量不足 (3) 轴和轴承的机械加工质量差 (4) 轴与轴承的间隙太小 (5) 电动机转速过高 (6) 轴上负载过大，轴承面压强过高 (7) 轴承的材料选得不对	(1) 清洗轴颈及轴承，清洗油路及过滤器，换以清洁、合格的油 (2) 增加润滑油量，加大油泵的输油量，重新选用更为适用的润滑油，改进轴承的结构（例如油沟和油环） (3) 重新加工轴颈和轴承 (4) 修理轴颈，研刮轴承 (5) 增加油流量，改善润滑情况，或采用高强度轴承材料 (6) 改进轴承结构，提高润滑油的粘度 (7) 重新选择轴承的材料

(续)

序号	故障现象	产生的原因	排除方法
2	轴承磨损得较快	(1) 轴的振摆大 (2) 轴的挠曲度大 (3) 润滑油中有杂质或油量不足 (4) 电动机转速过高, 轴上负载过大, 轴承面压强过高	(1) 转子作平衡校正 (2) 增加轴的刚性, 改进轴的支承, 尽量保持轴处于水平状态 (3) 参见表中前述有关条款 (4) 参见表中前述有关条款
3	轴承材料剥离脱落	(1) 轴承制造时质量低 (2) 轴承的合金材料选用得不正确	(1) 重新更换 (2) 重新选用
4	轴颈和轴承有锈斑和受腐蚀	(1) 润滑油变质 (2) 润滑油中混入杂质	更换清洁合格的油并全面清洗轴承油路

第 4 章 直流电动机的使用与维修

4.1 直流电动机的主要特点是什么？

答：直流电动机具有以下特点：

- 1) 调速特性好，具有调速方便、平滑、调速范围广等特点。
- 2) 能承受频繁冲击负载，过载能力强，能满足各种机械负载的特性要求。
- 3) 能实现频繁快速起、制动以及逆向旋转，适应工矿企业自动化系统的各种不同的特殊要求。

由于直流电动机具有以上的优越性，虽然大规模集成电路和半导体等技术的发展，以交流机代直流机的研究，有“以交代直”的发展趋势，但目前大型直流电动机仍在生产和使用。对于电动机修理部门，还要承接这方面的修理改造任务。

当前直流电动机被广泛应用在冶金、矿山、交通运输、纺织印染，以及高调速的传动领域之中。

4.2 直流电机主要用途及有哪些产品型号对照？

答：直流电机是电能和机械能相互转换的旋转电机。将机械能转换为直流电能的电机称为直流发电机；将直流电能转换为机械能的电机称为直流电动机。

直流电机具有可逆性，如果将直流发电机接上直流电源，就可以成为电动机。反之，将直流电动机用原动机带动旋转，亦可以作为发电机使用。因此，直流电动机和发电机的结构相同。

直流电机广泛用于机械制造、矿山、冶金、纺织印染、造纸、印刷、化学工业和交通运输等部门，例如龙门刨床、轧钢机、电力机车和矿井卷扬机等。直流伺服电动机在自动控制系统中，一直占有突出的地位。

直流电机及其派生，专用产品的主要用途及产品型号对照见表 4-1 所示。

表 4-1 直流电机及其派生、专用产品的主要用途及产品型号对照

序号	产品名称	主要用途	产品型号	原用型号
1	直流电动机	一般用途、基本系列	Z	Z、ZD、ZJD
2	直流发电机	一般用途、基本系列	ZF	Z、ZF、ZJF
3	广调速直流电动机	用于恒功率调速范围较大的传动机械	ZT	ZT
4	冶金起重直流电动机	冶金辅助传动机械等用	ZZJ	ZZ、ZZK、ZZY
5	直流牵引电动机	电力传动机车、工矿电力机车和蓄电池供电车等用	ZQ	ZQ
6	船用直流电动机	船舶上各种辅助机械用	Z-H	Z ₂ C、ZH

(续)

序号	产品名称	主要用途	产品型号	原用型号
7	船用直流发电机	作船上电源用	ZF-H	Z ₂ C、ZH
8	精密机床用直流电动机	磨床、坐标镗床等精密机床用	ZJ	ZJD
9	汽车起动机	汽车、拖拉机、内燃机等用	ST	ST
10	汽车发电机	汽车、拖拉机、内燃机等用	F	F
11	挖掘机用直流电动机	冶金矿山泥掘机用	ZKJ	ZZC
12	龙门刨床用直流电动机	龙门刨床用	ZU	ZBD
13	防爆安全型直流电动机	矿井和有易爆气体的场所用	ZA	Z
14	无槽直流电动机	快速动作伺服系统中用	ZW	ZWC
15	力矩直流电动机	用于位置或速度伺服系统中作为执行元件	ZLJ	
16	直流测功机	测定原动机效率和输出功率用	CZ	ZC

4.3 直流电机的工作原理是什么？

答：直流电机的工作原理分直流电动机和直流发电机。

直流电动机是将电源的电能转变为从转轴上输出的机械能的电磁转换装置。

定子励磁绕组通入直流励磁电流，产生励磁磁场。当电枢从外界引入直流电，经电刷传给换向器，再通过换向器将此直流电转化为交流电引入电枢绕组，并产生电枢电流，此电流产生磁场，与励磁磁场合成为气隙磁场。电枢绕组切割气隙合成磁场，按左手定则可判断出电枢产生转矩，这就是直流电动机的简单工作原理。

直流发电机是将原动机输入的机械能转变为从换向器上输出的电能的电磁转换装置。

定子励磁绕组内通入直流励磁电流，产生励磁磁场，当电枢被原动机拖动旋转时，电枢绕组切割气隙磁场在电枢绕组中产生感应电动势，并产生感应电流，此电流经换向器整流后输出直流电，这就是发电机的简单原理。

换向器的作用，对于电动机是把外界的直流电，经电刷传给换向器，变成交流，供给电枢绕组；而对于发电机、换向器则是把电枢绕组感应出来的交流电经换向器整流，传给电刷输出外界。不论是发电机还是电动机，电枢绕组中的电流总是交流电，而电刷两端的电动势（或电压）总是直流成分。

4.4 大、中、小型直流电动机在结构上的主要差别是什么？

答：大、中、小型直流电动机在结构上的主要差别见表 4-2。

表 4-2 大、中、小型直流电动机在结构上的主要区别

结构名称	中小型电动机	大型电动机
通风冷却方式	一般采用自扇冷式通风，中型直流电动机多数采用他扇冷式通风	普遍用循环冷却通风或管道直通冷却方式通风

(续)

结构名称	中小型电动机	大型电动机
机座	常用焊接、铸钢或叠片整体机座	铸钢、焊接或叠片分半结构机座
电枢铁心	由整圆冲片叠装在带键轴上，部分中型电动机的冲片叠装在电枢支架上	用扇形冲片拼成圆，冲片与支架间用切向和径向楔键或鸽尾筋固定
轴承	小型常用滚动轴承，中型少数用座式滑动轴承	多数用座式滑动轴承，为提高工作可靠性，某些滑动轴承采用油盘式带油润滑和油泵顶起装置
换向器	常采用塑料换向器和螺母、螺栓、螺杆紧固的拱形换向器（其中塑料换向器一般仅适用于小型电动机），换向器系直接套装在轴上	常用长螺杆固定的拱形换向器或分段换向器，换向器固定在电枢支架上
电刷装置	小型电动机的刷握为直刷盒，刷架固定在端盖或轴承盖上，中型电动机刷握用直刷盒，刷架固定在端盖上	刷握有直刷盒和斜刷盒两种，多数用斜刷盒。刷杆座圈为分半结构，固定于机座或独立的支架上
与原动机或传动机械的连接方式	中小型电动机一般用弹性连接，少数中型电动机用刚性连接	刚性连接

4.5 直流电动机的基本结构有哪些部分？

答：直流电动机由定子、转子和其他部件组成，如图 4-1 所示。

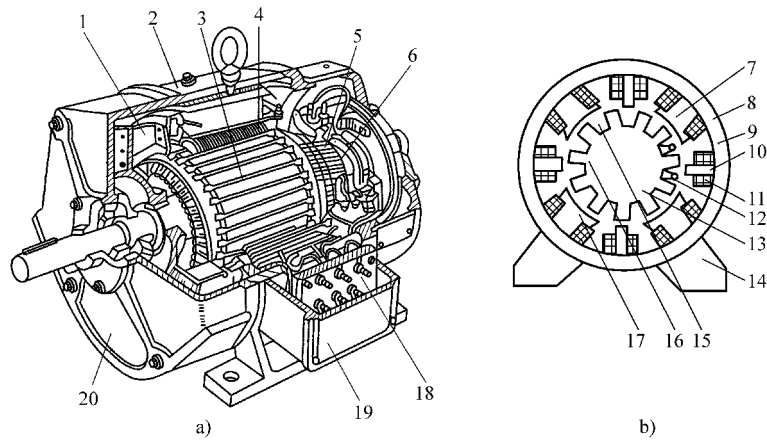


图 4-1 直流电动机的结构图
a) 内部结构 b) 剖面图

- 1—风扇 2、9—机座 3—电枢 4、7—主磁极 5—刷架 6—换向器
8—励磁线圈 10—换向极 11—换向极绕组 12—电枢绕组 13—电枢铁心
14—底脚 15—电枢槽 16—电枢齿 17—极掌 18—接线板 19—出线盒 20—端盖

(1) 定子 定子是产生电动机磁场并构成部分磁路的部件，它又可分成以下几个部分：

1) 机座 用铸钢或钢板焊成,具有良好的导磁性能和机械强度,起保护和支撑作用,同时还是电动机磁路的一部分(即磁轭部分)。

2) 主磁极 由铁心和励磁绕组组成,作用是产生主磁场。铁心通常用1~2mm厚的薄钢板冲制叠压后,用铆钉铆紧制成,也有用0.5mm厚的硅钢片叠压制成的。励磁绕组用铜线或铝线绕制,按一定尺寸用模具绕制成形后套装在铁心上,一起固定在机座上。励磁绕组通入直流电后,便产生主磁通。

3) 换向极 又叫附加极或中间极,作用是改善换向。铁心大多用整块钢加工制成,大型直流电机也有用钢片叠成的。换向极绕组和电枢绕组串联,电流较大,一般用圆铜线或扁线绕制。换向极安装在相邻两主磁极之间的几何中线上,用螺钉与机座固定。

(2) 转子(电枢) 转子是能量转换的重要部分,由以下部分组成:

1) 电枢铁心 由相互绝缘的0.5mm厚的硅钢片叠压而成,以减少涡流和磁滞损耗。铁心的作用是固定电枢绕组,同时又是磁路的一部分,整个铁心固定在转轴上。

2) 电枢绕组 将绝缘铜线在模具上绕成线圈后,嵌入铁心的槽中,线圈的两端接在相应的换向片上,槽口用槽楔压住,线圈端部用环氧酚醛无纬玻璃丝带或铜丝扎紧。电枢绕组的作用是产生感应电动势并通过电流,使电机实现能量交换。

3) 换向器 由许多互相绝缘的楔形换向片装成一个圆柱体,有金属套筒式和塑料套筒式两种,如图4-2所示。换向器起换向作用。

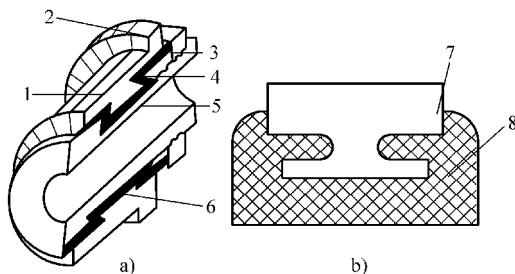


图4-2 换向器

a) 金属套筒式 b) 塑料套筒式

1—换向片 2—片间云母 3—螺母 4—V形杯

5—金属套筒 6—铜片 7—塑料套筒 8—云母

(3) 其他部件 包括电刷装置、端盖、轴承、风扇等。

1) 电刷装置 如图4-3所示,换向器通过电刷与外电路相连,使电流流入或流出电枢绕组。

2) 端盖 一般用铸铁铸成,作为转子的支撑和安装轴承用。大型电机的轴承是装在轴承座上的。

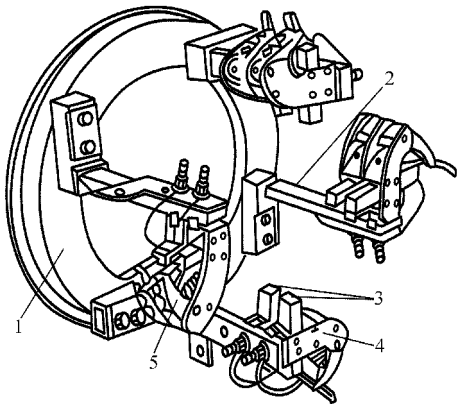


图 4-3 电刷装置

1—刷杆座 2—刷杆 3—电刷 4—刷握 5—弹簧压板

4.6 国产主要直流电动机的型号有哪些？

答：国产主要直流电动机的型号较多，现举例见表 4-3。

表 4-3 直流电动机的主要产品型号

类别	型号	名 称	型号意义	表 4.4 排列序号
大型直流电动机	Z 系列	大中型直流电动机	GB 4831—1984	1
		轧机用大中型直流电动机	GB 4831—1984	3
	ZD 系列	大型直流电动机	GB 4831—1984	2
	ZKG 系列	大中型直流电动机	GB 4831—1984	5
	ZDH 型	直流电动机	GB 4831—1984	7
	ZLD 型	立式直流电动机	GB 4831—1984	8
	ZKD 型	直流高速电动机	GB 4831—1984	9
	ZZJ 系列	大型冶金起重用直流电动机	GB 4831—1984	11
	IJW 型	连轧机用大型直流电动机	引进德国西门子公司技术型号	6
中小型直流电动机	GZ 系列	中型直流电动机	GB 4831—1984	4
	ZD2 系列	中型直流电动机	GB 4831—1984	
	ZK 系列	直流电动机	GB 4831—1984	16
	ZY 型	永磁直流电动机	GB 4831—1984	
	Z4 系列	直流电动机	GB 4831—1984	12
	ZSL4 系列	直流电动机（IP23）	GB 4831—1984	13

注：上表内的型号的单机产品用途、型号含义、结构形式及技术数据在表 4.4 中已列出，请查阅。

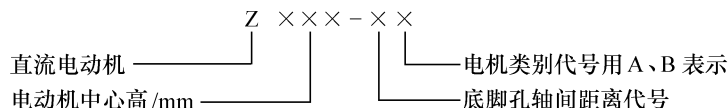
4.7 国产主要直流电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有哪些？

答：国产主要直流电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据如下。

1. Z 系列大中型直流电动机

(1) 用途 该系列电动机按用途分为两类，A 类和 B 类。A 类为普通工业用直流电动机，适用于传动一般金属轧机或轧机辅助机械，及广泛调速的大型金属切削机床、挖掘机、造纸机、卷扬机、榨糖机等机械设备。B 类为金属轧机用直流电动机，用来传动有连续过载要求和较高短时过载能力的金属轧机（可逆热轧机除外）及其辅助机械。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 该系列电动机的机座采用薄钢板多角形叠片结构，具有体积小、重量轻等优点，适用晶闸管整流电源，在负载电流的迅速变化下，电动机有良好的换向性能。整个定子采用无溶剂真空压力浸渍处理（VPI），使绕组具有良好的抗潮能力和机械强度，并且绝缘和导热性能优良。电动机铁心由硅钢片叠压而成，具有良好的导磁性能，绝缘等级为 F 级。该系列电动机全部采用滚动轴承，不停机加油结构。

技术数据：

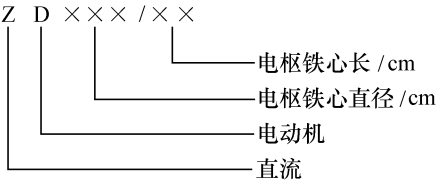
型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm			备 注
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高	
Z355-1 ^A B	66	200	400	340	1000	2.5/2.5	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	73	220	400	380	1150	2.5/2.5	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	85	250	400	440	1300	2.5/2.5	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	110	315	400	570	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm			备 注
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高	
Z355-1 ^A B	116	330	400	600	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	143	400	400	740	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	159	440	400	820	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	182	500	400	940	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	232	630	400	1200	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	244	660	400	1250	1700	2.5/2.0	9.75	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	85	200	500	440	1320	2.5/2.5	10	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	95	220	500	485	1450	2.5/2.0	10	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	
	110	250	500	560	1700	2.5/1.8	10	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.15	1618	700	710	

2. ZD 系列大型直流电动机

- (1) 用途 适用于过载力矩较大、调速范围较宽的动力机械，如大型轧机等。
- (2) 型号含义



(3) 结构形式 均为卧式结构、封闭强迫通风，采用座式轴承带底架。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZD99/35	1250	660	2010	600	800		333					13.34	3315	1980	1942
2ZD99/35	2×1250	660	2×2010	600	1000		668					26.81	6036	1980	1942
ZD99/49	800	660	1300	320	800		410					13.5	2920	1880	1852
ZD99/51	850	400	2330	330	750		435					14.5	3190	1880	1816
ZD99/58	800	660	1305	270	800		465					15	3075	1880	1852
ZD99/61	800	800	1075	240	600		495					17	2560	2060	1800
ZD99/99	1640	740	2400	229	908		695					27.3	4470	2300	1800
ZD120/24-6	1150	600	2090	750	360		707					13	2370	2480	1670
ZD120/71	1000	550	1960	200	410		1220					29.2	3750	2600	2350
ZD120/72	1200	800	1615	220			1230					30	3797	2600	2146
ZD150/25-8	1300	850	1650	750			5600					16.3	2600	3020	2180
ZD150/38-8	2630	700	4000	600			6400					25.5	3600	3240	2010
ZD150/45	1100	500	2360	230	350		1930					26	3560	2940	2002
ZD150/50-8	2600	750	3690	440	500		8800					28	3700	3060	2005
ZD150/55	150	440	440	25			2300					32	3670	2950	2295
ZD180/50	175	220	1110	25			4334					31	3400	3260	2452

(续)

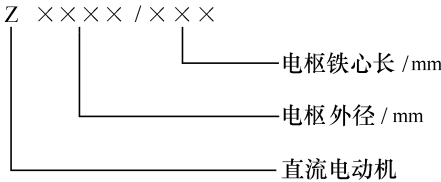
型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZD-180/59	2×2000	800	2×2670	180	400		2×5000					90	6560	3470	2552
ZD-180/76	1600	700	2450	125	250		6250					50	4415	3480	3042
ZD-180/85	1700	660	2790	100	220		6375					47.7	4100	3300	3022
ZD-180/122	2000	800	2720	86	110		8250					64.9	4850	3480	2630
2ZD215/40P	1100	700	1828	64			6719					35.52	2900	4320	3677
ZD215/93	2600	700	4000	115	290		12400					68.7	4500	4150	2857
2ZD215/127	2×2000	800	2×2750	55	110		2×16400					185	8245	4200	3680
2ZD215/137	2×3000	800	2×4000	90	180		2×17600					189	9360	4150	2907
ZD250/83	2050	800	2800	60	120		18000					88	4890	4640	3200
2ZD250/90	2×2650	800	2×3580	70	110		2×22500					1000	8220	4640	3422
ZD250/120	2500	750	3690	40	80		26000					111.5	5101	4300	3932
2ZD285/64	2×3250	1000	2×3480	90	180		2×27500					177	8220	4900	3485
ZD285/150	2500	800	3530	30	60		50000					145	6260	4880	3480
ZD315/134	4100	750	6000	40	80		72900					133.3	6782	5045	4665
ZD315/142	5750	1000	6340	50	120		70000					203	7400	5360	3465
ZD315/145	4300	800	5860	40	60		72500					170	6510	5400	3660
ZD386/64	4600	860	5800	80	160		60000					105	5070	5850	3880
2ZD90/52	2×1100	750	2×1565	460	830		2×310					21.4			
ZD112/72	1500	740	2190	250	800		720					20			
ZD150/25-8	1300	850	1650	750			5600					16.3	2600	3020	2180
ZD150/38-8	2630	700	4000	600			6400					25.5	3600	3420	2010
ZD150/40-8	2630	700	4000	660			6600					25	3500	3060	2000

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZD150/50-8	2600	750	3690	440	500		8800					28	3700	3060	2005
ZD285/58	3000	800	4070	76.4			23150					60			
ZD285/75	2200	800	3130	40			26813					70.5			
ZD315/65	3000	970	3445	50.9			3262.5					80			
ZD315/81	5400	860	6750	80	160		38450					127			

3. Z 系列轧机用大中型直流电动机

- (1) 主要用途 适用于驱动调速范围较宽的机械,例如大型轧钢机、卷扬机等。
- (2) 型号含义



(3) 结构形式 一般为卧式、座式轴承;油环带油润滑(油环循环加油);可制成单枢、双枢或三枢;有管道通风、封闭强制通风、两路通风及开启式自然通风四种通风方式。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
Z423/50	54	220	290	205			16.5	卧式	他励			3.7	1955	880	830
Z990/320	1600	700	2120	800	1000		375					13.2			

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
Z990/400	1400	750	1980	700	1200		435	卧式	他励			14	2550	1540	1420
Z1120/850	700	660	1200	130	260		1115	IM7311				30	4750	2400	1790
Z1350/470	2650	800	3520	500	750		5700	卧式				30			
Z1200/420-8	1200	660			400/700		3520					19.25			
Z1200/550-8	500	750			120/300		3830					25			
Z1200/850-6	2×1500	800			200/500		2×6000					75			
Z1800/250-12	700	440			150/250		10600					29			
Z1800/290-8	700	630			240/560		12500								
Z1800/440-12	1200	750			200/400		16900					24.5			
Z1800/490-8	700	660			105/210		27900					39.5			
Z1800/650-8	900	630			80/150		21300					60			
Z1800/790-12	1300	660			100/220		25000					39			
Z1800/950-8	1600	900			80/150		29600					63			
Z1800/950-12	1000	630			75/150		28800					63			
Z1800/1050-12	500	750			35		28500					50			
Z1800/1050-12	1800	600			90/180		30000					52			
Z2150/1100	2800	750			160		15650					75			
2Z2150/440-10	2×2300	800			210/525		31700					121			
2Z2150/740-10	2×3000	800			180/400		45400					140			
2Z2150/800-10	2×3000	800			150/300		55500					153			

(续)

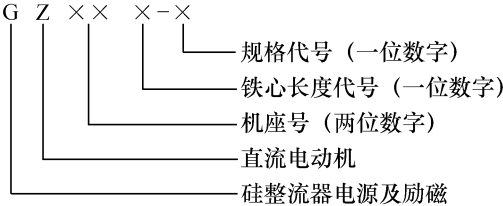
型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
Z22150/1100-10	2 × 3000	800			120/256		67500		他励			180			
Z22150/1350-10	2 × 3000	800			90/180		73700					210			
Z2400/1450	5000	860			120		27250					140			
Z22400/480	2 × 5000	1189			550		19700					97			
Z2500/1050-10	2800	750			62/120		99400					180			
Z2800/1400	4300	900			100		44500					117.5			
Z3200/1270	2850	568			30		78340					214			
Z900/315-4	2500	750	3555		650/850		781					15.2			
Z900/400-4	2000	750	2810		500/750		910					16.5			
Z900/1250-3	220	840	2785		150/250		2300					30.75			
Z493/320	150	220/440	730	500	1000		23.5					3.5	1680	1050	1080
	300	220/440	730	500	1000		23.5					3.5	1680	1050	1080
Z493/390	670	750	960	1100			27.5					3.53	1480	1132	1448
Z493/400	45	165/330	340	115	230		26					3.57	1680	1050	1080
	90	165/330	340	115	230		26					3.57	1680	1050	1080
Z560/280	450	440	1100	1000	1200		40					4.65	1933	1200	1215
Z560/440	400	440	970	750	1000		210					5.4	1770	1200	1195
	500	600	890	750	1000		210					5.4	1770	1200	1195
Z560/500	250	500	560	320	1000		525					5.88	2494	1291	1215
Z560/500	200	400	560	250	1000		210					6.2	2494	1291	1215
Z560/550	400	400	970	500			239					6.6	2863	1190	1465
Z560/630	320	630	560	320	800		625					6.9	2314	1291	1215

4. GZ 系列中型直流电动机

(1) 用途 适用于拖动轧延机床及其辅助机械和其他需要广泛调速的中大型金属切削机床、挖土机、造纸机、卷扬机等。该系列电动机的电源可为晶闸管整流电源或直流发电机。该系列电动机可作为发电机状态运行，此时其拖动机械应为交流电动机或其他无冲击原动机。

(2) 结构形式 一律为外鼓风机，其中 12、14 号机座如用户需要时可配带风机（装在电动机上部）。磁回路全部采用叠片涂漆结构，并采用了一系列有效绝缘措施，以适应晶闸管整流电源快速性的要求并保证换向良好。换向器端有较大的窗口和空间，便于观察和维护。B 级绝缘。

(3) 型号含义



(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
GZ-121-1	75	250	359	500	1500	2.5/1.8	8.8	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.75	1605	960	890
GZ-121-2	100	315	369	630	1500	2.2/1.8	8.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.75	1605	960	890
GZ-121-3	125	400	353	800	1500	2.2/1.8	8.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.75	1605	960	890
GZ-121-4	138	440	351	880	1500	2.0/1.8	8.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.75	1605	960	890
GZ-121-5	160	500	355	1000	1500	2.0/1.8	8.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.75	1605	960	890
GZ-121-6	200	315	700	1300	1500	1.8	8.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.75	1605	960	890
GZ-122-1	75	250	363	400	1500	2.5/1.8	9.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.98	1655	960	890

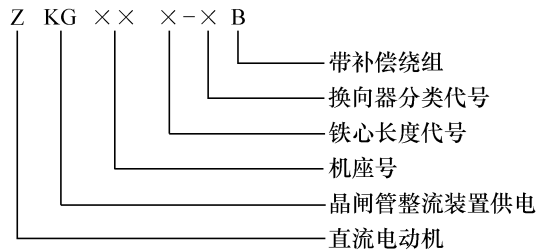
(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
GZ-122-2	100	315	372	500	1500	2.5/1.8	9.8	IM1001 或 IM1002	他励	220/110		2.98	1655	960	890
GZ-122-3	125	400	355	630	1500	2.2/1.8	9.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.98	1655	960	890
GZ-122-4	138	440	353	700	1500	2.2/1.8	9.8	IM1001 或 IM1002		220/110		2.98	1655	960	890
GZ-181-5	800	800	1093	400	1000		402	IM1001 或 IM1002		220/110		13.8	2840	2150	2020
GZ-181-6	1000	500	2174	500	1000		446	IM1001 或 IM1002		220/110		13.8	2840	2150	2020
GZ-181-7	1250	630	2141	630	1000	2.2/2.0	446	IM1001 或 IM1002		220/110		13.8	2840	2150	2020
GZ-181-8	1600	800	2150	800	1000	2.2/2.0	446	IM1001 或 IM1002		220/110		13.8	2840	2150	2020
GZ-182-1	500	500	1140	200	800	2.5/2.2	466	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-182-2	630	630	1117	250	1000	2.5/2.2	466	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-182-3	800	800	1097	315	1000	2.5/2.2	460	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-182-4	1000	500	2177	400	1000	2.5/2.2	511	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-182-5	1250	630	2139	500	1000	2.5/2.2	511	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-182-6	1600	800	2144	630	1000	2.2/2.0	511	IM1001 或 IM1002		220/110		15.6	2940	2150	2020
GZ-183-1	630	630	1127	200	800	2.5/2.2	543	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020
GZ-183-2	800	800	1103	250	850	2.5/2.0	543	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020
GZ-183-3	1000	500	2183	315	850	2.5/2.0	588	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020
GZ-183-4	1250	630	2143	400	850	2.5/2.0	588	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020
GZ-183-5	1600	800	2143	500	850	2.5/2.0	588	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020
GZ-183-6	2000	1000	2134	630	850	2.2/2.0	588	IM1001 或 IM1002		220/110		17.5	3060	2150	2020

5. ZKG 系列大中型直流电动机

(1) 用途 适用于晶闸管整流电源供电,用于拖动轧钢机辅机、卷扬机、造纸机等调速范围较宽的机械。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 该系列电动机为防护式,17 号机座为滑动轴承带底板成套供货,15 号及以下为滚动轴承,机座带底脚,可制成单、双圆柱形轴伸。通风方式为管道通风或自带鼓风机。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZKG-121-1B	55	220	299	320	1200	2.5/1.6	40.6	管道通风	他励	220			1406	1195	1010
	75	220	398	400	1200	2.5/1.6	43.4			220			1406	1195	1010
	100	220	526	500	1200		43.4			220			1406	1195	1010
	100	440	260	500	1200		40.6			220			1406	1195	1010
ZKG-122-1B	75	220	395	320	1200		50.2			220			1476	1195	1010
	100	220	526	400	1200		50.2			220			1476	1195	1010
	100	440	260	400	1200		47.4			220			1476	1195	1010
	125	440	321	500	1200		47.4			220			1476	1195	1010
ZKG-122-2B	125	220	640	500	1200		55			220			1624	1195	1010
ZKG-123-1B	100	220	532	320	1200		57.8			220			1551	1195	1010
	100	440	263	320	1200		55			220			1551	1195	1010

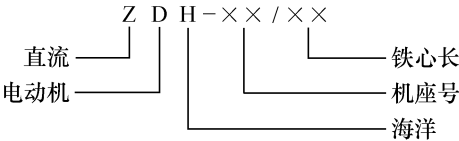
6. IJW 型连轧机用大型直流电动机

- (1) 用途 适用于大型连轧机。
- (2) 型号含义 引进德国西门子公司技术、型号。
- (3) 结构形式 同 ZD 系列大型直流电动机。
- (4) 技术数据

型 号	功率 /kW	电压 /V	电流 /A	转速 /(r/min)	短时过载电流倍数		励磁 电压 /V	通风数据		转动惯量 /kg·m ²	重量 /t	外形尺寸/mm		
					基速 最大/切断	高速 最大/切断		风压 /kPa	风量 /(m ³ /min)			长	宽	高
IJW3936-6ET03	2×1120	713/925	1720/1290	216/200~670	2	2	135	3.6	468+36	2×478	78.6	7700	2×1750	1850
	2×1500	938	1720	290~900	2	2	135	3.6	468+36	2×478	78.6	7700	2×1750	1850
IJW3936-3ET03	3×725	460/915	1865/838	129/290~926	1.85	2	135	3.6	468+36	3×478	58.2	12525	1750	1850
IJW3936-2ET03	800	551/913	1620/925	164/290~904	2	2	135	3.6	468+36	478	18.8	3850	1750	1850
	2×1085	929	1240	440~984	2	2	48	3.6	468+36	2×478	37.1	7700	1750	1850
IJW3936-3ET03	3×900	557/921	1855/1038	161/290~900	1.85/2	2	135	3.6	468+36	3×478	58.2	12525	1750	1850

7. ZDH 型直流电动机

- (1) 用途 海洋石油钻井平台专用。
- (2) 型号含义



- (3) 结构形式 卧式、带鼓风机。
- (4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZDH-74/36	630	660	1015	800		堵 1.4 (30s)	530	带鼓风机		220	18.4	6.6	2220	1700	2170
ZDH-74/60	550	600	980	625	1000		600			220	18.5	7.6	2115	1700	2160

8. ZLD 型立式直流电动机

(1) 用途 用于立式安装的调速传动,例如轧钢机的立辊传动,试验室推力轴承试验。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 管道通风式为强制通风。电动机为立式、滚动轴承、单轴伸、他励,由晶闸管励磁并供电,绝缘等级为 B 级或 F 级。

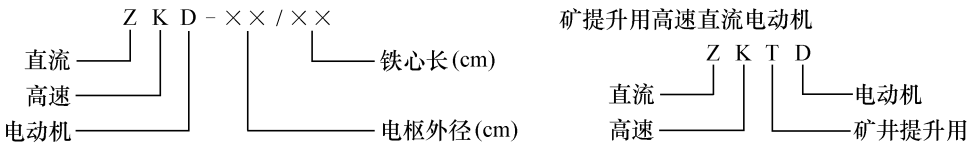
(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZLD49. 3/23-4	125	220	660	1100	2200	2	77	管道通风	他励	220	5.2	4.7	1250	1250	1800
	250	440	630	1100	3600	2	77			220	5.2	4.7	1250	1250	1800

9. ZKD 型直流高速电动机

(1) 用途 作为各种高速机械动平衡、超速及负载试验用拖动电动机。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 带有交流鼓风机进行强迫通风冷却,绝缘等级为 B 级,如有需要也可提供 F 级绝缘。电动机出线位置从非换向器端看为“右出线”,并且具有两个相同直径的圆柱轴伸。

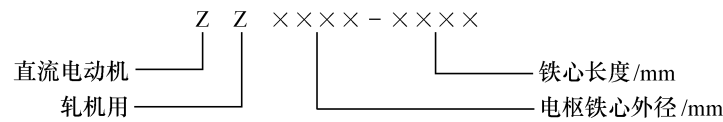
(4) 技术数据

型 号	功率 /kW	电压 /V	电流 /A	转速 /(r/min)	励磁电流 /A	励磁功率 /kW	转动惯量 /kg·m ²	重量 /t	外形尺寸/mm		
									长	宽	高
ZKD-56/30	600	660	990	1500/2500	12.5	2.75	35		2147	1365	1800
	540	660	888	1500/3000	12.8	2.82	35		2147	1365	1800
ZKD-56/20	500	440	1250	3000/3600	6.8	1.50	33		2430	1260	2020
ZKD-49.3/40	300	440	740	1000/3000	12.9	2.84	25		2045	1260	1800
ZKD-42.3/32	200	440	500	1500/3000	9.6	2.11	12		1710	1150	1585
ZKD-42.3/28	400	440	984	2400/3000	7.2	1.58	10.5		1775	1150	1585
ZKD-42.3/24	360	440	890	3000/3600	5.8	1.21	10.3		1795	1150	1520
ZKD-42.3/21	360	440	888	3000/3600	7.4	1.63	9.2		2080	1090	1820
ZKD-42.3/20	250	440	620	3000/3600	6.1	1.34	8.8		1615	1150	1520
ZKD-36.8/22	200	440	500	3000/4500	6.0	1.32	5.5		1480	980	1410
	150	440	385	3000/3600	6.0	1.32	5.5		1480	980	1410
ZKD-32.7/20	100	440	248	1800/2200	4.09	0.9	3.0		1270	750	1130
ZKD-32.7/12.5	80	440	199	3000/3600	3.2	0.7	2.3		1196	750	1130
ZKD-25/24	86	440	216	4500	5.5	1.21	1.1		1116	680	855
ZKTD215/40	1120	750	1706	68			6658	35.52	2900	4320	3677
ZKTD215/569	1000	660	1812	43			8475	42.9	3170	4320	3677
ZKTD215/63	1000	660	1830	38			9243	46	3310	4320	3677
ZKTD250/60	2000	1000	2250	56			14710	52.86	3530	4380	3932
ZKTD285/56	2200	800	3075	58			21470	57.4	2050	4970	4260

10. ZZ 系列轧机主传动大型直流电动机

(1) 用途 主要用作大型轧机的主传动电动机。

(2) 型号含义



(3) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	最高转速/ 最低转速 /(r/min)	过载 能力 /倍	转动 惯量 /kg·m ²	结构 形式	励磁 方式	励磁		重量 /t	外形尺寸/mm		
										电压 /V	电流 /A		长	宽	高
ZZ990-560	1306	750	1840	450	750	2.5/2.28	520		他励	56	89	16	2900	1620	1500
ZZ1200-1050	1000	550	2040	105	245	2.5/2.0	1800			145	52	47.5	4805	2900	1850
ZZ1500-440	1600	660	2620	300	550	2.5/2.0	1970			110	44.3	29	4104	3240	2012
ZZ1800-440	1800	750	2610	200	400	2.5/2.0	4125			110	78	36.1	3023	3500	2230
ZZ1800-620	3000	800	4010	250	450	2.5/2.0	4990			220	54	41	4327	3150	2100
ZZ1800-850	2000	750	2930	100	250	2.5/1.8	6450			60	170	71	4840	3640	2270
ZZ1800-1100	1800	750	2680	80	160	2.5/2.0	8000			70	154	80.4	5050	3640	2270
ZZ1800-1300	1800	750	2690	65	130	2.5/2.5	9000			80	170	89.5	5250	3640	2270
ZZ2150-400	4000	860	5000	500		1.5	7100			50	231	52	4160	4300	2450
ZZ2500-820	2500	750	3700	60	120	2.5/1.8	20000			110	292	98.2	6370	4400	2530
ZZ2500-1000	2500	750	3740	50	100	2.5/2.0	22500			110	276	105.5	6550	4400	2530
ZZ2500-1350	3250	800	4550	50	100	2.5/2.0	28000			65	430	145	7205	4520	2800
	3500	800	4900	50	120	2.5/2.0	28000			75	498	148	7240	4520	2800
ZZ2500-1550	4250	860	5470	54	100	2.5/2.0	31700			75	473	145	7200	4400	2700

11. ZZJ 系列大型冶金起重用直流电动机

(1) 用途 主要用于冶金工业中的起重作业。

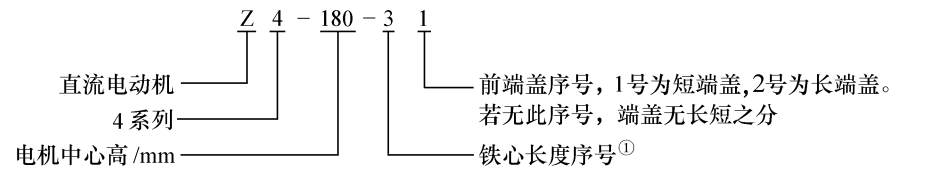
12. Z4 系列直流电机

(1) 用途 Z4 系列小型直流电动机是我国 20 世纪 80 年代设计的系列产品，广泛用于冶金、机床、造纸、染织、水泥、铁道等工业部门，适用于调速范围广、过载能力不大于 1.6 倍的电力拖动。恒功率弱磁向上调速范围对于不同规格可以达到额定转速的 1.0~3.8 倍，恒转矩降低电枢电压向下调速，最低可至 20r/min。

Z4 系列直流电动机比 Z2、Z3 系列具有更大的优越性，它不仅可用直流电源供电，更适用于静止整流电源供电，转动惯量小，有较好的动态性能，并能承受较高的负载变化率，适用于需要平滑调速、效率高、自动稳速、反应灵敏的控制系统。

额定电压为 160V 的电动机，在单相桥式整流供电情况下，一般需带电抗器工作，外接电抗器的电感数值在铭牌上注明。额定电压为 440V 的电动机，均不需要外接电抗器。

(2) 型号含义



① 就 Z4-112 机座而言，第一位数字代表极数，第二位数字为铁心长度序号。

(3) 结构形式

1) Z4 系列电动机设计成八角形全叠片机座，比圆形机座能更好地利用空间，在相同输出情况下，中心高较圆形机座结构显著地减小，当用静止整流电源供电时，它能在动态条件下经受电流波动和负载电流的快速变化。机座不带底脚，电动机底脚放在端盖上，这样可以减小电动机振动。

Z4 系列电动机一般不带串励绕组，适用于正、反转的自动控制技术中。中心高 100~280mm 的是无补偿绕组电动机。中心高 315mm 和 355mm 的是有补偿绕组的电动机。

2) 冷却方式和结构、安装形式。

电动机的基本冷却方式为 IC06，即自带鼓风机的外通风并有多派生形式，如自通风型、带轴向风机型、封闭型、空/空冷却器型等。

外壳基本防护等级为 IP23S。

电动机的安装形式为 IMB3、IMB35，电动机安装尺寸除地脚孔轴向距离（B 尺寸）外，其余尺寸均符合 IEC 标准。

结构及安装形式	代 号	电机型号
卧式带有底脚	IMB3	Z4-100 ~ 355
卧式带有底脚端盖有凸缘	IMB35	Z4-100 ~ 315

3) 电动机的附件。根据用户需要电动机能设计成可附装测速发电机、脉冲发生器、离心开关等附件。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	外接 电感 /mH	效率 (%)	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 (外鼓风包括风机)/mm		
													长	宽	高
Z4-100-1	2.2	160	17.9	1500/3000	215	1.19	11.2	22	10	67.8	0.044	60	580	297	398
	1.5	160	13.4	1000/2000	315	2.2	21.4	13	13	58.5					
	4.0	440	10.7	3000/4000	250	2.85	26.0	18		80.1					
	2.2	440	6.5	1500/3000	250	9.23	86.0	18		70.6					
	1.5	440	4.8	1000/2000	250	16.80	163.0	18		63.2					
Z4-112/2-1	5.5	440	14.7	3000/4000	280	2.02	17.9	18		81.1	0.072	78	603	325.5	452
	3.0	440	8.7	1500/3000	280	6.26	59.0	17		72.8					
	2.2	440	7.1	1000/2000	335	11.70	110.0	13		63.5					
	3.0	160	24.0	1500/3000	335	0.79	7.1	13	9	69.1					
	2.2	160	19.6	1000/2000	335	1.50	14.1	13	20	62.1					
Z4-112/2-2	7.5	440	19.6	3000/4000	305	1.29	14.0	19		83.5	0.088	86	633	325.5	452
	4.0	440	11.3	1500/3000	260	4.45	48.5	24		76					
	3.0	440	9.3	1000/2000	375	7.94	83.0	14		67.3					
	4.0	160	31.4	1500/3000	375	0.575	6.2	14	9	72.3					
	3.0	160	24.8	1000/2000	375	0.934	10.3	14	9	66.8					
Z4-112/4-1	5.5	160	42.7	1500/3000	375	0.392	3.85	6.8	6	73	0.128	84	645	325.5	452
	4.0	160	33.7	1000/2000	375	0.741	7.70	6.7	4	64.9					
	11.0	440	28.9	3000/4000	450	0.939	9.00	6.8		83.3					
	5.5	440	15.6	1500/2200	365	3.28	32.00	9.3		75.7					
	4.0	440	12.3	1000/1400	365	5.95	63.00	9.1		68.7					
Z4-112/4-2	5.5	160	43.6	1000/2000	590	0.445	5.1	5.8	3	69.5	0.156	94	747	325.5	487
	15.0	440	38.6	3000/4000	590	0.565	6.4	5.8		85.4					
	7.5	440	20.6	1500/2200	480	2.200	24.1	7.8		78.4					
	5.5	440	16.1	1000/1500	590	4.000	42.5	5.8		71.9					
Z4-132-1	18.5	440	47.4	3000/4000	625	0.409	5.3	6.5		85.9	0.32	123	814	380.5	527
	11.0	440	29.6	1500/2500	505	1.310	18.9	9.0		80.9					
	7.5	440	21.4	1000/1600	625	2.560	37.5	6.4		74.5					
Z4-132-2	22.0	440	55.3	3000/3600	535	0.223	3.65	10.0		88.3	0.4	142	865	380.5	527
	15.0	440	39.3	1500/2500	635	0.806	13.50	7.9		83.4					

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	外接 电感 /mH	效率 (%)	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 (外鼓风包括风机)/mm		
													长	宽	高
Z4-132-2	11.0	440	30.7	1000/1600	635	1.62	27.5	7.8		77.7					
Z4-132-3	30.0	440	75	3000/3600	780	0.168	2.75	7.2		88.6	0.48	162	924	380.5	527
	18.5	440	48	1500/3000	780	0.558	9.8	7.1		84.7					
	15.0	440	41	1000/1600	780	1.02	19.4	7.0		80.5					
Z4-160-11	37.0	440	93.4	3000/3500	620	0.183	3.15	10.0		88.5	0.64	202	953	456	618
	22.0	440	58.8	1500/3000	740	0.62	10.40	7.7		82.6					
Z4-160-22	45.0	440	113.0	3000/3500	670	0.143	2.7	10.0		89.1	0.76	224	1026	456	618
Z4-160-21	18.5	440	51.1	1500/3000	810	0.915	17.7	7.9		79.4					
Z4-160-32	55.0	440	137	3000/3500	725	0.0967	2.07	11.0		90.2			1076	456	618
Z4-160-31	30.0	440	77.8	1500/3000	725	0.376	8.3	10.0		85.7	0.88	250	993	456	618
	22.0	440	59.2	1000/2000	870	0.675	15.2	8.2		81.7					
Z4-180-11	37.0	440	95	1500/3000	975	0.263	4.9	7.67		86.5	1.52	305	1022	493	696
	18.5	440	51.2	750/1900	1150	0.912	16.2	6.36		78.1					
	15.0	440	43.8	600/2000	975	1.41	22.7	7.85		74.1					
Z4-180-22	75.0	440	185	3000/3400	1210	0.064	1.2	6.67		90.7	1.72	335	1127	493	696
Z4-180-21	45.0	440	115	1500/2800	1230	0.217	4.7	6.30		87.0			1062		
Z4-180-21	30.0	440	79	1000/2000	1060	0.423	9.2	7.96		83.7			1062		
Z4-180-21	22.0	440	60.3	750/1400	1060	0.766	16.3	7.76		79.7			1062		
Z4-180-21	18.5	440	52	600/1600	1210	0.973	19.9	6.96		76.8			1062		
Z4-180-31	37.0	440	97.5	1000/2000	1350	0.346	6.8	6.34		83.6	1.92	370	1112	493	696
Z4-315-11	144	400	409	540/1900	3850	0.0692	1.30	7.60			21.2	1890	1897	824	1221
	118	400	344	450/1600	3850	0.10	2.30	9.43			21.2	1890	1897	824	1221
Z4-315-12	253	400	690	900/1600	3850	0.0236	0.46	5.08			21.2	1890	1987	824	1221
	180	400	500	680/1900	3850	0.0487	0.83	4.97			21.2	1890	1987	824	1221
	144	400	409	540/1900	3850	0.0692	1.30	7.6			21.2	1890	1987	824	1221
Z4-315-22	284	400	772	900/1600	4350	0.0203	0.49	5.91			24	2080	2067	824	1221
	225	400	624	680/1600	4350	0.0339	0.74	18.8			24	2080	2067	824	1221

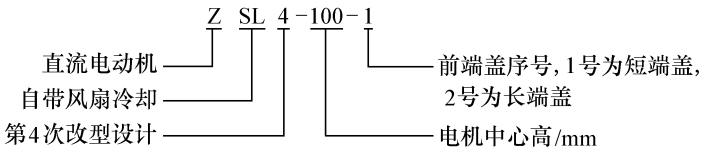
(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	外接 电感 /mH	效率 (%)	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 (外鼓风包括风机)/mm		
													长	宽	高
Z4-315-21	166	400	468	540/1600	4350	0.0538	1.20	25.0			24	2080	1977	824	1221
	143	400	413	450/1500	4350	0.076	1.50	19.0			24	2080	1977	824	1221
Z4-315-32	320	400	867	900/1600	4650	0.0166	0.39	23.1			27.2	2290	2157	824	1221
	252	400	698	680/1600	4650	0.0304	0.82	21.5			27.2	2290	2157	824	1221
	180	400	501	540/1500	4650	0.0454	0.95	31.6			27.2	2290	2157	824	1221
Z4-315-31	118	400	344	360/1200	4650	0.1002	2.10	23.3			27.2	2290	2067	824	1221
Z4-315-42	361	400	971	900/1600	5200	0.013	0.33	29.0			30.8	2520	2257	824	1221
	284	400	778	680/1600	5200	0.0236	0.67	20.8			30.8	2520	2257	824	1221
	225	400	626	540/1600	5200	0.0355	0.87	21.9			30.8	2520	2257	824	1221
Z4-315-41	166	400	468	450/1500	5200	0.055	1.40	37.4			30.8	2520	2167	824	1221
	143	400	416	360/1200	5200	0.0803	1.8	22.2			30.8	2520	2167	824	1221
Z4-355-12	406	400	1094	900/1500	5400	0.0126	0.36	37.6			42.0	2890	2100	1068	1301
	321	400	877	680/1500	5400	0.0209	0.59	28.1			42.0	2890	2100	1068	1301
Z4-355-11	253	400	697	540/1600	5400	0.0209	0.59	28.1			42.0	2890	2010	1068	1301
	180	400	506	450/1500	5400	0.0502	1.50	8.91			42.0	2890	2010	1068	1301
	166	400	478	360/1200	5400	0.066	1.80	22.4			42.0	2890	2010	1068	1301
Z4-355-22	361	400	978	680/1600	5900	0.0158	0.44	15.6			46	3170	2010	1068	1301
	284	400	793	540/1500	5900	0.0268	0.81	34.7			46	3170	2190	1068	1301
	225	400	624	450/1600	5900	0.0346	1.0	20.5			46	3170	2190	1068	1301
Z4-355-21	180	400	511	360/1200	5900	0.0564	1.6	35.5			46	3170	2100	1068	1301
Z4-355-32	406	400	1098	680/1500	6200	0.0136	0.39	19.0			52	3490	2290	1068	1301
	320	400	877	540/1600	6200	0.0215	0.70	24.3			52	3490	2290	1068	1301
	284	400	789	450/1500	6200	0.0293	0.91	18.5			52	3490	2290	1068	1301
Z4-355-31	197	400	559	360/1200	6200	0.0496	1.30	34.6			52	3490	2290	1068	1301
Z4-355-42	361	400	985	540/1600	6700	0.0184	0.64	29.6			60	3840	2400	1068	1301
	320	400	882	450/1600	6700	0.0236	0.76	17.7			60	3840	2400	1068	1301
	225	400	627	360/1200	6700	0.0358	1.2	17.7			60	3840	2400	1068	1301

13. ZSL4 系列直流电动机（IP23）

（1）用途 ZSL4 系列直流电动机适用于降压调速范围不大和降压调速时转矩随之下落的工况及安装工况（空限）限制而不适合带有鼓风机的场合。

（2）型号含义



（3）结构形式 本系列电动机的防护形式为 IP23S，冷却方式为自带风扇轴向通风式。安装结构与 Z4 系列电动机相同。

（4）技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 /mm		
											长	宽	高
ZSL4-100-1	2.2	160	16.5	2970/3600	145	0.425	4.3	57	0.044	68	530	250	330
	1.1	160	8.5	1500/3000	145	1.45	14.6	44	0.044	68	530	250	330
	0.75	160	6.1	1010/2000	145	2.88	29.6	44	0.044	68	530	250	330
	0.55	160	4.65	745/1500	145	4.73	49.0	44	0.044	68	530	250	330
	2.2	440	5.9	3000/3600	145	2.96	31.0	44	0.044	68	530	250	330
ZSL4-100-2	1.50	160	11.50	1510/3000	145	1.43	13.9	159	0.044	68	570	250	330
	1.10	160	8.8	1010/2000	145	2.07	23.4	69	0.044	68	570	250	330
	0.75	160	6.1	750/1500	145	3.28	38.0	50	0.044	68	570	250	330
	1.50	440	4.08	1500/3000	145	7.98	90.0	68	0.044	68	570	250	330
ZSL4-112/2-2	3	160	22.4	3020/3600	203	1.054	2.55	78	0.088	100	595	280	340
	1.1	160	9	750/1500	203	2.35	26.5	50	0.088	100	595	280	340
	3	440	8	3000/3600	203	1.687	18.3	63	0.088	100	595	280	340
ZSL4-112/2-3	4	160	29.5	3010/3600	203	0.241	2.65	136	0.088	100	645	280	340
	2.2	160	16.2	1510/3000	203	0.526	7	69	0.088	100	645	280	340
	1.5	160	11.5	985/2000	203	1.248	15	70	0.088	100	645	280	340
	4	440	10.5	3000/3600	203	1.037	13.5	52	0.088	100	645	280	340
	2.2	440	5.8	1500/3000	203	4.24	54	69	0.088	100	645	280	340
	1.5	440	4.14	1000/2000	203	9.44	112	70	0.088	100	645	280	340
ZSL4-112/2-4	3.0	160	21.9	1470/3000	203	0.42	58	85	0.088	100	715	280	340
	2.2	160	16.2	1010/2000	203	0.647	9.8	47	0.088	100	715	280	340
	1.5	160	11.5	760/1500	203	1.353	18.7	84	0.088	100	715	280	340
	3.0	440	7.8	1510/3000	203	2.98	42	84	0.088	100	715	280	340
	2.2	440	5.9	1010/2000	203	5.71	79	61	0.088	100	715	280	340
	1.5	440	4.18	740/1500	203	10.79	150	85	0.088	100	715	280	340

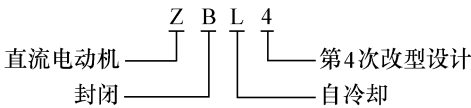
(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 /mm		
											长	宽	高
ZSL4-112/4-2	5.5	160	39.7	2950/3600	203	1.084	1.43	37	0.156	108	635	280	340
	5.5	440	14.2	2960/3600	203	0.842	11.0	37	0.156	108	635	280	340
ZSL4-132-1	4	160	29	1500/3000	299	0.216	3.15	25	0.32	130	640	320	410
	3	160	22	1010/2000	299	0.426	6.70	25	0.32	130	640	320	410
	2.2	160	16.4	750/1500	299	0.711	11.60	26	0.32	130	640	320	410
	7.5	440	19.6	3010/3600	299	0.396	6.0	19	0.32	130	640	320	410
	4.0	440	10.4	1500/3000	299	1.65	26.5	34	0.32	130	640	320	410
	3.0	440	8.0	995/2000	299	3.69	60.0	34	0.32	130	640	320	410
	2.2	440	6.0	750/1500	299	6.30	99.0	34	0.32	130	640	320	410
ZSL4-132-2	5.5	160	39.4	1480/3000	299	0.148	2.55	29	0.4	150	705	320	410
	3.0	160	22.0	755/1500	299	0.472	8.2	22	0.4	150	705	320	410
	5.5	440	14.0	1520/3000	299	1.96	18.5	29	0.4	150	705	320	410
	3.0	440	7.9	755/1500	299	3.48	64	22	0.4	150	705	320	410
ZSL4-132-3	4	160	28.5	1010/2000	299	0.249	4.85	42	0.48	170	765	320	410
	11	440	28.0	2950/3600	299	0.314	57	55	0.48	170	765	320	410
	4	440	10.3	985/2000	299	1.91	39	41	0.48	170	765	320	410
ZSL4-160-1	5.5	160	39.6	1040/2000	385	0.174	3.15	15	0.64	230	770	385	455
ZSL4-160-2	4	160	29.3	750/1500	385	0.333	6.6	36	0.64	230	830	385	455
	15	440	38.6	3000/3600	385	0.173	3.35	25	0.64	230	830	385	455
	4	440	10.5	745/1500	385	2.28	48.5	36	0.64	230	830	385	455
ZSL4-160-3	5.5	160	39.5	750/1500	385	0.222	5.1	27	0.88	255	885	385	455
	18.5	440	46.8	3000/3600	385	0.154	3.4	48	0.88	255	885	385	455
	11.0	440	27.8	1490/3000	385	0.538	12.2	50	0.88	255	885	385	455
	7.5	440	19.2	990/2000	385	1.068	24.3	36	0.88	255	885	385	455
	5.5	440	14.5	755/1500	385	2.03	43	51	0.88	255	885	385	455

14. ZBL4 系列直流电机(IP44)

(1) 用途 ZBL4 系列直流电动机具有全封闭的外壳，适用于多尘埃及金属切削等场合。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 电动机的防护形式为全封闭（IP44），冷却方式为自冷式（IC0041），机座外表面有散热筋。安装结构形式与 Z4 系列电动机相同。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 /mm		
											长	宽	高
ZBL4-100-1	1.1	160	8.4	3000/3600	116	0.465	4.3	57	0.044	68	530	250	330
	0.75	160	5.7	1480/3000	116	1.73	15.9	57	0.044	68	530	250	330
	0.55	160	4.39	1010/2000	116	3.6	33	75	0.044	68	530	250	330
ZBL4-100-2	1.5	160	11.2	2900/3600	116	0.322	3.43	31.5	0.044	68	570	250	330
	1.1	160	8.1	1510/3000	116	1.16	12.5	42.5	0.044	68	570	250	330
	0.75	160	4.8	980/2000	116	2.44	27	43	0.044	68	570	250	330
	0.55	160	4.4	730/1500	116	4.02	45	66	0.044	68	570	250	330
	1.5	440	4.0	2900/3600	116	2.59	27	86	0.044	68	570	250	330
ZBL4-100-3	2.2	160	15.8	2940/3600	116	0.228	3.05	181	0.044	68	630	250	330
	1.5	160	10.9	1480/3000	116	0.722	9.3	83	0.044	68	630	250	330
	0.75	160	5.8	740/1500	116	2.63	34.5	110	0.044	68	630	250	330
	2.2	440	5.7	2990/3600	116	1.8	20.9	141	0.044	68	630	250	330
	1.5	440	39.0	1510/3000	116	5.65	72	108	0.044	68	630	250	330
ZBL4-112/2-3	3	160	21.8	2970/2970	140	0.988	2.65	138	0.088	100	645	280	340
	1.1	160	8.3	1010/2000	140	1.30	15.0	71	0.088	100	645	280	340
	3.0	440	7.8	2980/3600	140	1.36	15.0	72	0.088	100	645	280	340
ZBL4-112/2-4	2.2	160	15.9	1500/3000	140	0.442	5.8	85	0.088	100	715	280	340
	1.5	160	11.0	1020/2000	140	0.860	11.3	85	0.088	100	715	280	340
ZBL4-112/2-4	1.1	160	8.3	730/1500	140	1.60	20.9	85	0.088	100	715	280	340
	2.2	440	5.7	1500/3000	140	3.26	42	85	0.088	100	715	280	340
	1.5	440	3.9	1010/2000	140	6.71	88	85	0.088	100	715	280	340
ZBL4-132-2	4.0	160	29.1	3030/3600	250	0.097	1.25	109	0.4	150	705	320	410
	3.0	160	21.7	1520/3000	250	0.22	5	107	0.4	150	705	320	410
	2.2	160	16.4	990/2000	250	0.375	11.2	106	0.4	150	705	320	410
	1.5	160	11.0	750/1500	250	0.575	9.2	29	0.4	150	705	320	410
	4.0	440	10.4	2940/3600	250	1.125	18.5	271	0.4	150	705	320	410
	3.0	440	7.7	1510/3000	250	2.08	36.5	106	0.4	150	705	320	410
	2.2	440	5.8	1020/2000	250	3.88	66	85	0.4	150	705	320	410
	1.5	440	3.97	755/1500	250	5.87	95	61	0.4	150	705	320	410
ZBL4-132-3	5.5	160	39.7	3000/3600	250	0.118	2.16	296	0.48	150	765	320	410
	4.0	160	28.1	1480/3000	250	0.143	2.75	55	0.48	150	765	320	410
	3.0	160	21.5	920/2000	250	0.372	6.6	74	0.48	150	765	320	410
	2.2	160	16.0	745/1500	250	0.591	10.9	74	0.48	150	765	320	410
	5.5	440	14.1	2950/3600	250	0.471	8.6	121	0.48	150	765	320	410
	4.0	440	10.2	1460/3000	250	1.536	28.5	86	0.48	150	765	320	410
	3	440	7.8	975/2000	250	2.96	54	71	0.48	150	765	320	410

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /V	额定 电流 /A	额定转速/ 最高转速 /(r/min)	励磁 功率 /W	20℃时 电枢回 路电阻 /Ω	电枢 电感 /mH	磁场 电感 /H	转动惯量 /kg·m ²	重量 /kg	外形尺寸 /mm		
											长	宽	高
ZBIA-132-3	2.2	440	5.8	750/1500	250	4.55	84	71	0.48	150	765	320	410
ZBIA-160-31	5.5	160	38.7	1490/3000	366	0.134	2.7	90	0.76	255	885	385	455
	4.0	160	28.2	1040/2000	366	0.162	3.4	82	0.76	255	885	385	455
	3.0	160	21.3	750/1500	366	0.292	6.1	60	0.76	255	885	385	455
	7.5	440	19.1	3000/3600	366	0.292	6.1	165	0.76	255	885	385	455
	5.5	440	13.9	1500/3000	366	0.654	13.7	81	0.76	255	885	385	455
	4.0	440	10.3	1000/2000	366	1.477	30.5	56	0.76	255	885	385	455
	3.0	440	7.7	750/1500	366	2.22	43	61	0.76	255	885	385	455
ZBIA-180-21	5.5	160	38.7	1010/2000	430	0.159	3.25	56	1.72	320	890	425	510
	4.0	160	28.8	750/1500	430	0.301	6.3	75	1.72	320	890	425	510
	11.0	440	27.8	2980/3600	430	0.199	3.9	101	1.72	320	890	425	510
	7.5	440	18.9	1490/3000	430	0.699	14.3	71	1.72	320	890	425	510
	5.5	440	14.0	1000/2000	430	1.243	25.5	55	1.72	320	890	425	510
	4.0	440	10.3	750/1500	430	2.04	56.0	88.9	1.72	320	890	425	510
ZBIA-180-31	15.0	440	37.3	3000/3600	430	0.182	3.95	127	1.92	350	940	425	510
ZBIA-180-41	5.5	160	38.6	750/1500	430	0.166	3.75	67	1.92	350	1000	425	510
	5.5	440	13.8	750/1500	430	1.031	22.4	61	2.2	380	1000	425	510
	7.5	440	18.8	990/2000	430	0.598	13.4	61	2.2	380	1000	425	510
	11.0	440	27.4	1500/3000	430	0.446	10.4	94	2.2	380	1000	425	510
ZBIA-180-51	7.5	440	18.7	750/1500	430	0.771	17.8	49	2.2	410	1070	425	510

15. Z2 系列直流电机

(1) 用途 Z2 系列直流电机包括直流电动机、直流发电机、直流调压发电机三种，其工作方式为连续，仅适用于正常使用条件，即非湿热带地区、非多尘或无有害气体场所，非严重过载或大冲击过载的情况下。Z2 系列湿热带型（TH）直流电机具有防潮、防霉、防盐雾性能，可用于湿热带地区。

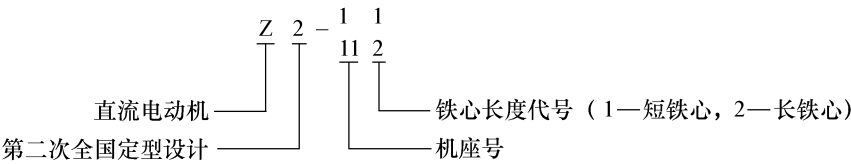
电动机可使用于恒速或转速调节范围不大于 2:1 的电力拖动系统中，并可与发电机按发电机—电动机或发电机—电动机—发电机组合的方式运用。恒速运行用于转速调整率较小，如应用于风扇、泵、自动加煤机、小型木工工具机床等。调速运行时转速可在一较大范围内变化，但转速相当稳定，不因负载变化而变化，应用于压缩机、小型起重机、开门机、喷漆机、往复机、风扇、吹风机、离心机、混凝土搅拌机、输送机、锻床、车床、钻床、镗床等。电动机转速调节可削弱磁场向上调

速或降低电枢电压向下调速（仅他励电动机使用）。

发电机可作照明、动力电源或作其他恒压供电之用。

调压发电机可作蓄电池组充电及供电缓冲之用。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 电动机的基本冷却方式为 IC01，即自带风扇的自通风冷却；Z2 系列 7 ~ 11 号机座还有外鼓风结构形式；Z2 系列 2 ~ 11 号机座还可制成带 ZYS-A 型测速发电机的派生结构。全系列电机外壳防护等级均为 IP22。电机的安装形式见下表。

安装形式	代号	电机生产范围
卧式带有底脚	B3 (D2)	Z2-11 ~ 112
卧式带有底脚,端盖有凸缘	B35 (D2/T2)	Z2-11 ~ 82
卧式不带底脚,端盖有凸缘	B5 (T2)	Z2-11 ~ 62
立式不带底脚,端盖有凸缘(轴伸向下)	V1 (I3)	Z2-11 ~ 112
立式带有底脚,端盖有凸缘(轴伸向下)	V15 (I3/D2)	Z2-11 ~ 82

(4) 技术数据

直流电动机

型号	额定功率 /kW	额定电枢电压 /V	额定电枢电流 /A	额定转速/ (r/min)	调磁最高转速 /(r/min)	励磁方式	励磁电流 /A	转动惯量 /kg·m ²	外形尺寸/mm			重量 /kg
									长	宽	高	
Z2-11	0.8	110	9.82	3000	3000	并励或他励	0.469	0.012	401	292	254	32
Z2-12	1.1	110	13	3000	3000	110V	0.64	0.015	421	292	254	36

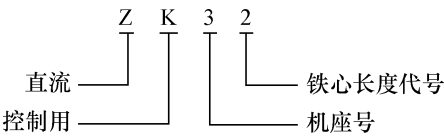
型号	额定电压 /V	额定功率 /W	额定转速 /(r/min)	最大功率 /W	最大扭矩 /N·m	额定效率 (%)	工作制	重量 /kg	外形尺寸/mm		
									总长	外径	轴径
ZYZD-200	24	120	200	180	12	70	S1	5.5	124	200	M10
ZYZD-250	24	150	200	225	15	75	S1	6.5	119	250	M10

16. ZK 系列直流电动机

(1) 用途 ZK 系列直流电动机适用于自动调节系统中作为执行元件之用。根据用户要求还可制成振动和噪声较小的 ZK 电动机，作精密机床传动用。

ZK 系列电动机工作制为连续，其中 ZK-32 型电动机可在海拔不超过 1000m，环境温度在 0~40℃，相对湿度不大于 85% 的环境下运行。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 电动机制成全封闭自冷式。电动机有以下几种安装方式。

卧式：机座带底脚，可装测速发电机。

卧式：机座带底脚，不可装测速发电机。

立式：机座不带底脚，一端盖上有凸缘，不可装测速发电机（也可做卧式用）。

(4) 技术数据

型号	功率 /kW	电压 /V	电流 /A	转速 / (r/min)	外形尺寸 (长×宽×高) /mm
ZK-32J	0.45	110	5.78	1500	432×281×224
ZK-32J	0.76	220	4.32	2500	
ZK-32T	0.76	110	8.4	2300	527×279×224
ZK-32T-1	0.6	110	6.6	1500	387×264×212
ZK-32Φ	0.37	110	4.4	1000	412×292
ZK-41	1.6	220	9.5	2500	512×425×353
ZK-42	3.2	220	18.2	2500	587×425×353
ZK-32	0.76	110	8.45	2500	412×281×224
	0.45		5.78	1500	
	0.37		4.4	1000	
	0.76	220	4.32	2500	
	0.45		3	1500	
	0.37		2.2	1000	

4.8 直流电动机铭牌数据、额定值及出线标志各代表什么意义？

答：直流电机铭牌上的数据是额定值，作为选择和使用直流电机的依据。直流电机铭牌如图 4-4 所示。

直流电动机

型 号		励磁方式	
容 量	kW	励磁电压	V
电 压	V	励磁电流	A
电 流	A	定 额	
转 速	r/min	绝缘等级	
技术条件		质 量	kg
出厂编号		出 厂 日 期	

× × × 电机厂

图 4-4 直流电动机铭牌

- (1) 型号 型号包含电动机的系列、机座号、铁心长度、设计次数、极数等。
- (2) 额定功率 对于直流电动机是指其在长期使用时，轴上允许输出的机械功率；对于直流发电机是指从电刷两端输出的电功率。一般用 kW 表示单位。
- (3) 额定电压 对于直流电动机是指在额定条件下运行时从电刷两端施加给电动机的输入电压。对于直流发电机，是指从电刷两端发出的电压。单位用 V 表示。
- (4) 额定电流 对于电动机是指在额定电压下输出额定功率时，长期运转允许输入的工作电流。对于直流发电机，在额定工况下，是指从电刷两端输出的电流值。单位用 A 表示。
- (5) 额定转速 当电动机在额定工况下（额定功率、额定电压、额定电流）运转时，转子的转速称为额定转速。单位用 r/min 表示。直流电动机铭牌往往有低、高两种转速，低转速是基本转速，高转速是指最高转速。
- (6) 励磁方式 是指励磁绕组的供电方式。通常有他励和自励两种。自励又有串励、并励和复励三种，复励包括差复励和过复励两种。
- (7) 励磁电压 是指励磁绕组供电的电压值。一般有 110V、220V 等。单位是 V。
- (8) 励磁电流 在额定励磁电压下，励磁绕组中所流通的电流大小，单位是 A。
- (9) 定额 也就是电动机的工作方式，是指电动机在正常使用时的持续时间，一般分为连续制、断续制和短时制三种。
- (10) 绝缘等级 是指直流电动机制造时所有绝缘材料的耐热等级。一般有 B 级、F 级和 H 级等。

(11) 额定温升 指电动机在额定工况下运动时，电动机所允许的工作温度减去绕组环境温度的数值，单位用 K 表示。

直流电动机的出线标志如表 4-4 所示。

表 4-4 直流电动机的出线标志

绕组名称	以前标志		目前标志		IEC 推荐	
	始端	末端	始端	末端	始端	末端
电枢绕组	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	A ₁	A ₂
换向绕组	H ₁	H ₂	H ₁	H ₂	B ₁	B ₂
串励绕组	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂
并励绕组	F ₁	F ₂	B ₁	B ₂	E ₁	E ₂
他励绕组	W ₁	W ₂	T ₁	T ₂	F ₁	F ₂
补偿绕组	B ₁	B ₂	BC ₁	BC ₂	C ₁	C ₂

4.9 换向火花的划分原则是什么？等级如何划分？

答：换向火花划分原则：保持电刷与换向器良好的工作状态，保持优良的换向性能是保证直流电动机安全运行的重要条件。通常情况下，电动机无火花运行（或微弱的无害火花下运行）。换向器表面氧化膜均匀而有光泽，电刷与换向器之间滑动接触稳定，电刷与换向器磨损轻微等均可认为是良好的换向性能的象征。相反，强烈的换向火花，换向器表面氧化膜破坏或异常，电刷与换向器之间滑动接触不稳定，电刷与换向器的异常磨损等都是换向不良的症状，将直接威胁电机运行。

火花是电刷与换向器之间的电弧放电现象，是直流电动机换向不良的最明显标志。由于轻微的电刷火花释放能量微弱，不会构成对电动机运行的危害，故称无害火花。较强的电刷火花其能量将会破坏电刷与换向器之间的滑动接触，灼伤电刷镜面和换向器表面氧化膜，使两者磨损增加，并造成恶性循环，这种火花属有害火花。更有甚者，由于强烈的电刷火花使电刷磨道上空气游离，因电弧飞越而导致环火事故对电动机造成巨大的损坏，构成对直流电动机运行的威胁。

不同的换向火花对直流电动机运行的影响和危害不同，为了确定换向火花对直流电动机运行的影响和危害，必须要划分火花等级。

换向火花是电刷和换向片脱离接触时换向元件中释放电磁能量，以电弧放电形式表现出来。根据对换向火花研究表明，它是一种频谱广阔的电磁波，其频谱主要范围是 30kHz 至 1MHz。换向火花的危害性应根据火花的能量来确定，而火花的亮度和电压则是火花能量的标志，可以作为评价换向火花的标准。但由于火花测量十分复杂和困难，因而通常都是以火花亮度、密集程度和大小作为划分火花等级的依据。

世界各国对于火花划分标准各不相同，但是所有这些标准都是根据换向火花的亮度、密集程度、大小，以及对电刷和换向器的损害表现，来划分换向火花等级

的。由于至今尚未有某种仪器可精确测定换向火花等级，都是由观察者目视决定的，因而不可避免的带有火花观察者的某些主观因素。

火花等级：电动机国家标准 GB 755—1987 规定的火花等级如表 4-5（GB 755—2008 中此表已取消）。

表 4-5 换向火花等级标准

火花等级	电刷下火花程度	换向器及电刷状态
1	无火花	换向器上没有黑痕及电刷没有灼痕
$1\frac{1}{4}$	电刷边缘仅小部分有点状火花（约 1/5 至 1/4 刷边只有断续几点）	
$1\frac{1}{2}$	电刷边缘大部分（大于 1/2 刷边）有连续的，较稀的颗状火花	换向器上有黑痕，但不发展，用汽油擦其表面即能消除，同时在电刷表面有轻微灼痕
2	电刷边缘全部或大部分有连续的，较密的颗粒火花，开始在断续的舌状火花	换向器上有黑痕，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕，如短时出现这一火花，换向器上不出现灼痕，电刷不烧焦或损坏
3	电刷整个边缘有强烈的舌状火花，伴有爆裂声音	换向器黑痕较严重，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕。如在这一火花等级下短时运行，则换向器将出现灼痕，同时电刷将被烧焦或损坏

可以看出，标准规定的火花等级，一是电刷下火花特征，即火花大小，亮度和密集程度；二是火花对换向器表面和电刷的损害程度。即 1 级和 $1\frac{1}{4}$ 级火花是无害火花； $1\frac{1}{2}$ 级火花虽然在换向器和电刷表面产生轻微灼痕，但仍允许长期运行，不致造成对电动机的威胁；2 级火花的电弧能量较大，会造成对换向器和电刷的灼伤，是有害火花，只允许在过载时短时出现；3 级火花是危险火花，它能导致环火事故，不允许经常出现。

关于换向火花允许等级，通常认为：从空载至额定负载，换向火花不应大于 $1\frac{1}{2}$ 级；在最大工作过载时，换向火花不应大于 2 级。即认为 $1\frac{1}{2}$ 级以下的火花为无害火花，因此允许电动机长期连续运行；2 级火花是有害火花，只允许在过载时短时出现；3 级火花则是十分危险的，有可能导致环火，不允许经常出现。

当直流电动机采用晶闸管供电时，换向火花通常会比电池或机组供电大些，但其允许火花亦比机组供电大一些，原因是晶闸管供电电动机火花中含有交流分量，用眼睛观察到的火花亮度虽然大一些，但是实际上其电弧能量较小。

4.10 换向火花产生的原因是什么？

答：良好换向的前提是电刷与换向器之间稳定的滑动接触，主要是保持换向器

氧化膜动态平衡,为此必须满足必要的机械、电气条件和适当的物理、化学因素。当必要的机械、电气条件不能满足,物理、化学因素改变时,由于氧化膜动态平衡的改变,滑动接触变得不稳定,就会产生换向火花。产生换向火花的原因可以归结为下面几个方面:

(1) 电磁原因 如果换向元件内的合成电势不等于零,根据电磁理论,换向元件中产生的附加换向电流就会造成电刷前后刷边电流密度分布不均匀,电刷与换向片接触或脱离时,有较高的接触电位差;另外,如果电刷与换向片脱离时,元件内换向附加电流并未为零,元件内的电磁能将以火花形式释放出来。延迟换向火花产生在后刷边;超越换向火花将产生在前刷边。

电枢绕组开焊或片间(匝间)短路都会造成电路上的不对称,亦将造成严重火花。

当电枢绕组为不对称多重绕组时,由于支路间的电势不对称,在换向元件中产生一个脉动电势,将产生空载火花,负载时将加大。

电刷不在几何中心线上时,如换向元件进入主极区,换向元件因切割主磁通,将产生空载火花。

(2) 机械原因 换向器表面工作状态不良,如换向器突片或变形、片间云母片突出、换向器表面粗糙、电枢动平衡不好和电动机振动等都将造成电刷与换向器之间无法保持稳定滑动接触,而产生火花。电刷和刷握的工作状态不良,如电刷与刷握的间隙不合适,电刷压力不均匀,过大或过小,电刷材质不合适和刷握结构形式不合适等等,都会影响滑动接触,也将产生火花。

(3) 电动机负载及周围环境 电动机严重过载时,由于电抗电势增加,换向极磁路饱和,电刷电流密度过大,换向火花将加大。冲击性负载、电流变化率过高将导致换向极磁通滞后,造成换向困难而产生火花。

当湿度太高或太低、温度过高或过低、周围存在油雾或有害性气体和含尘量过高等都会导致氧化膜平衡的破坏,无法形成正常氧化膜而影响正常滑动接触而产生火花。

产生火花的因素很多,而很多的因素又是相互影响的,在分析和检查换向火花产生原因时,必须根据实际运行条件来加以区分,以针对解决。

4.11 换向恶化原因的检查与处理有哪些?

答:换向火花产生原因是多种多样的,必须在复杂众多的因素中,找到主要原因,针对性排除故障,恢复正常的换向。

寻找换向恶化原因的方法,通常称换向条件正常化检查,是直流电动机换向事故处理最常用办法。其原理是这样的:一台直流电动机在刚投入运行或过去一直运行,换向一直是正常的,而在以后运行过程中,逐渐变坏或突然恶化,说明电动机在换向恶化前,其运行状态、滑动接触,电动机结构和各部件工作情况是正常的。在电动机运行过程中,某些部件的工作状态发生了改变,从而破坏了滑动接触,改

变了正常的换向状态，而导致换向的恶化。如果通过各种检查项目，对影响电动机换向的机械电气条件和物理化学因素进行全面检查和调整，使其能恢复原来的正常状态，则换向也能恢复正常。

换向正常化检查是采用不同的检查方法，寻找换向事故原因并排除故障，通常包括：换向器片间电阻测量，换向器摆度检查，电刷中性面的检查，极距、刷距和气隙的检查与调整，电刷与刷握工作性能检查，换向器表面工作状态的检查，电动机振动的检查，补偿绕组和换向极绕组极性检查和匝间短路检查。

通过换向正常的检查，一般说绝大部分的换向故障原因都可以检查出来，并加以排除。但是如果通过上述检查后，换向恶化原因依然没有解决，这时必须进行直流电动机的无火花区域试验，试验方法按直流电动机试验方法进行。

1. 换向器片间电阻的测量

当电枢绕组发生断线、开焊、匝间短路、或换向器发生升高片断裂、片间短路时，造成电磁上的不对称，将会产生换向火花。测量片间电阻就能发现电动机是否存在上述故障。

片间电阻测量通常采用压降法，也可以采用专用片间电阻测量仪。

用压降法测量片间电阻时，把相等的测量电流依次通入两个相邻换向片，并用毫伏表测量通电两换片间的电压降，其示意图如图 4-5。如果电枢绕组和换向器的焊接是良好的，没有短路开焊和断线，则全部换向器片间电压降应该相等（非全均压电枢绕组换向器片间电阻有时会随均压线分布规律出现很小变化）。片间电阻测得最大值或最小值与平均值之比，误差应不大于 5%。测量结果如符合上述标准，说明电枢绕组和换向器焊接是符合要求的。如果电枢绕组和换向器存在开焊或短路时，则故障点所在的换向片间电阻值与平均值之间出现较大的差别，可以确定故障所在部位和性质。

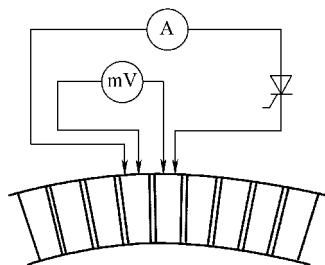


图 4-5 压降法测量片间电阻原理图

如果电枢绕组是蛙绕组，由于在换向片之间构成了复杂的等值电路，当绕组并头套或换向器焊接有一处焊接不良或开焊时，片间电阻即会出现以极对数为周期的正弦变化规律、其中最高峰值即为故障所在位置。相反，当绕组和片间有短路点时，片间电阻正弦律变化的最低点即为故障所在位置。

在测量片间时，应注意以下几点：

- 1) 测量时，电源电压要稳定，避免电压波动影响测量结果。
- 2) 对于中、大型直流电机，必须用较大的电流（30 ~ 40A）通入换向片，才能较准确发现故障点。由于测量电流较大，送电棒和换向片脱离接触时必然会产生电弧，因此，测量最好在换向器非工作表面进行，以免破坏换向器工作表面。

3) 测量操作时应注意，送电棒和测量棒不能直接相接触，以免损坏毫伏表。

片间电阻测量仪是测量片间电阻的专用设备。

在事故抢修和现场测量时，压降法测量需 4 ~ 5 人同时操作，所需设备和仪器也较多，现场准备工作时间较长，有不便之处。现在国内已经研制成功了专用片间电阻测量仪。PD-1 型片间电阻仪是根据压降法原理设计的。它由稳压器、调压器、整流器、测量回路和保护回路五部分组成，其框图如图 4-6 所示，线路如图 4-7 所示。

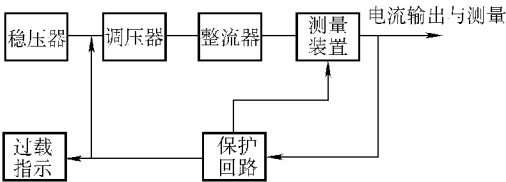


图 4-6 片间电阻测量仪框图

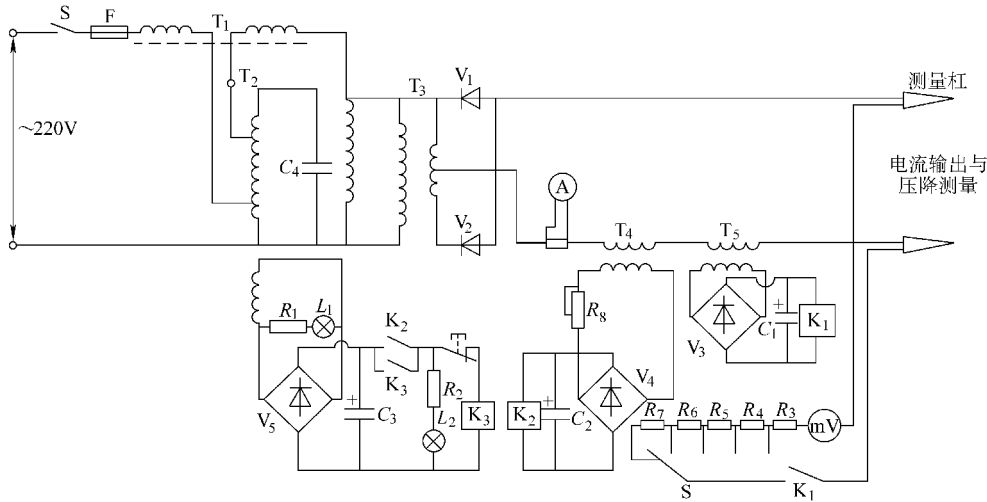


图 4-7 PD-1 型片间电阻仪线路图

PD-1 型片间电阻测量仪技术性能如下：

测量电流：0 ~ 50A 连续可调。长期工作制 30A，2h 工作制 40A，短时工作制 50A。

测量精度：面板表头为 1.5 级；外接精密毫伏表 0.5 级。

稳定性：电源电压波动 $\pm 10\%$ ，输出电流变化小于 $\pm 1\%$ 。

外形尺寸：180mm × 380mm × 410mm。

重量：16kg。

片间电阻测量仪大大减少现场测量的准备工作，也可减少现场测量的操作人员，已被不少单位采用。

2. 换向器摆度检查

换向器在长期运行后，由于云母材料有机物的挥发产生收缩，紧固件的松动等

使整体结构松弛而片间压力降低，产生变形和突片。当换向器变形或偏心时，在运行时将会使电刷跳动，滑动接触稳定性受到干扰，将产生机械性火花，严重时火花加大，换向器表面出现烧伤和氧化膜破坏，导致换向恶化。高速电动机和多重绕组电机的换向，对于换向器变形更为敏感。

当电动机换向火花较大，而且发现电刷跳动现象时，必须检查换向器摆度。

(1) 换向器摆度测量方法 换向器摆度测量，通常有两种方法：

1) 在低速运行或盘车时，可用千分表直接测量，在千分表的端头上套上一个绝缘套，千分表座最好是磁吸式的，吸牢在铁板制成的基座上。如图 4-8。根据电动机盘车时千分表指针摆动范围，和换向器对应部位，即可测得换向器摆度和确定突片位置。

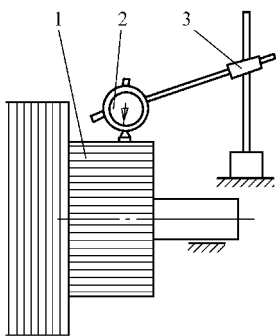


图 4-8 用千分表测换向器摆度
1—换向器 2—千分表
3—千分表座

2) 对于无法盘车和低速运行的电动机，换向器的摆度可用测振仪来测量，先将测振仪进行校准，在测振探头拾振器的探杆上，套上一个绝缘套，可用手持或用套圈固定拾振器，使之接触电刷压板或刷握的压指，即可从测振仪读得换向器摆度，如果将测振仪的输出接至示波器或记录器，即可以读得变形数值并观察振动波形，测量原理如图 4-9 所示。

用测振仪测得的换向器摆度有时会有一定误差，这是由于电动机在高速转动时，电刷的起伏幅度中，不仅有换向器的摆度，还包括了电刷的惯性跳动。

(2) 允许摆度 在测量摆度时，应区分是换向器变形和偏心，还是凸片（或凹片），当换向器由于变形和偏心造成摆度时，在电机旋转时，摆度是逐渐过渡的，换向片之间径向的变化梯度较小，电刷的随从性较好，这种换向器摆度允许值见表 4-6。

表 4-6 换向器允许摆度
(单位：mm)

电枢状态	换向器线速度 $v_k \geq 15\text{m/s}$	换向器线速度 $v_k < 15\text{m/s}$
	热态	0.06
冷态	0.05	0.09

由凸片（或凹片）造成的换向器摆度，其换向片局部位置在半径方向的变化梯度较大，电刷随从性不好，易引起电刷跳动，对滑动接触的影响较大。根据运行实践，凸片（或凹片）数值 δ_m 应限制在

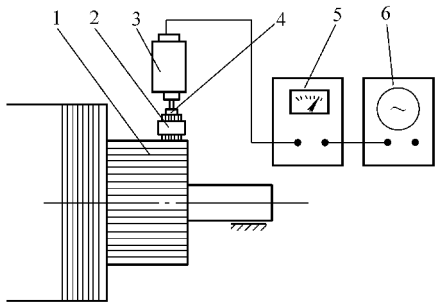


图 4-9 用测振仪测换向器摆度
1—换向器 2—电刷 3—拾振器
4—绝缘套 5—测振仪
6—示波器

下列范围:

$$\begin{aligned} v_k &\geq 40\text{m/s} & \delta_m &< 0.01\text{mm} \\ 15\text{m/s} &\leq v_k < 40\text{m/s} & \delta_m &< 0.02\text{mm} \\ v_k &< 15\text{m/s} & \delta_m &< 0.05\text{mm} \end{aligned}$$

当换向器摆度超过允许值时, 换向器必须进行车削, 车削工艺见换向器修理。

3. 电刷中性面的检查

直流电动机电刷中性线位置, 一般应严格在主磁极几何中心线上, 对于大型电动机、可逆运行电动机和高速电动机尤其是如此。因为当电刷偏离主极中性线时, 换向将发生超前和延迟。纵轴电枢反应使电动机的外特性发生变化, 对可逆转电动机来说, 两个转向下转速不同, 而且外特性也不同, 两个转向时换向强弱也不同。在电刷偏离中性位置较大时, 由于换向元件进入主极磁通区, 电动机将产生空载火花。

电刷中性面检查方法如下: 将全部电刷提起, 在励磁绕组出线端上连接一组蓄电池和一个刀闸开关。再用一个毫伏表依次测量相隔一个极距的换向片, 当切断和合上开关时, 毫伏表上指针将要摆动、毫伏表读数最小位置所对应换向片位置, 即为电刷中性面的位置。测量方法示意如图 4-10 所示。

在中性面确定后, 将刷架或刷焊座图固定螺钉松开, 移动刷架使刷握中心线与中性面对正, 此时再紧固固定螺钉, 并用漆在机座与刷架上做好标志。

应该注意的是中性面检查应在极距、刷距调整后, 以减少误差。

4. 极距、刷距和气隙的检查与调整

直流电动机各排电刷之间的距离、主极之间和换向极之间距离应力求相等。因为刷距和极距不等则会造成各排电刷下被短路的元件在磁场中的位置不一样, 换向极磁场和换向元件电抗电势波形不重合, 造成电磁上的不对称, 各个刷架下火花不等会使电动机换向不正常。

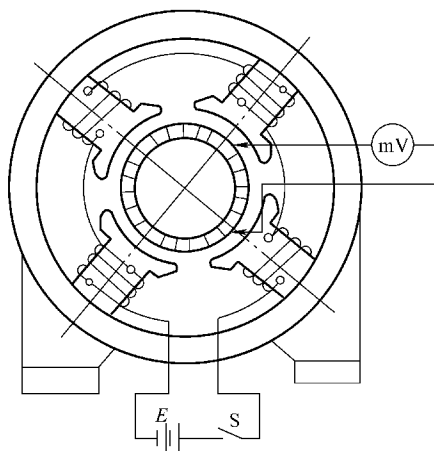


图 4-10 电刷中性位置检查方法

(1) 刷距检查与调整 刷距允许误差通常为 $\pm 0.5\text{mm}$, 一般用铺纸等方法来检查和调整。方法如下: 首先将电动机上一排刷架电刷位置调整好, 使这排电刷边缘正好与一个换向片边缘相重合, 然后在换向器表面铺一张纸, 在接缝处做好搭接标记后取下, 将纸以极数进行等分。划好等分线后, 再铺在换向器上, 使调整好刷焊和刷握垫片, 使每个刷架刷握中电刷的边缘正好压在一条等分线上, 再将全部电刷落下, 电刷边缘与等分线的距离就是刷距等分的误差, 如将全部电刷按等分线调

整，则可以纠正刷距误差。应该注意，在调整刷杆和刷握垫片时，应使刷握离换向器表面距离符合要求。

(2) 极距检查与调整 由于磁极固定螺钉在运行后松动，极距分布将出现误差，极距允许误差为 $\pm 0.75\text{mm}$ 。极距较准确的测量一般采用磁极极靴上划中心线，再用游标卡尺和卡钳等进行测量，可以得到较精确的结果。当电动机装配完后，电枢不能抽出的情况下，可以用卡钳测量极靴边缘之间的距离，也可以测量出极距等分误差。

(3) 气隙检查与调整 直流电动机各主极和各换向极与电枢间气隙 δ 必须均等，如气隙不均，则各极下磁阻不等，在相同的励磁磁势下，磁通量不相等，在部分刷架下火花就会较大。同时，由于主极下磁通量不等，还将出现电枢绕组内环流和单边磁拉力，当电动机运行后，由于机座变形、轴承磨损等原因，均会出现气隙不均问题。

为使定子和电枢间的空气隙沿圆周各点均匀，设计规定允许偏差如下：

$$\delta \leq 3\text{mm} \quad \Delta\delta \text{ 为 } \pm 10\%$$

$$\delta > 3\text{mm} \quad \Delta\delta \text{ 为 } \pm 5\%$$

气隙测量可采用如图 4-11 所示方法：

1) 用塞尺测量。通常用于 $\delta < 10\text{mm}$ 小型电动机情况，如图 4-11a 所示。

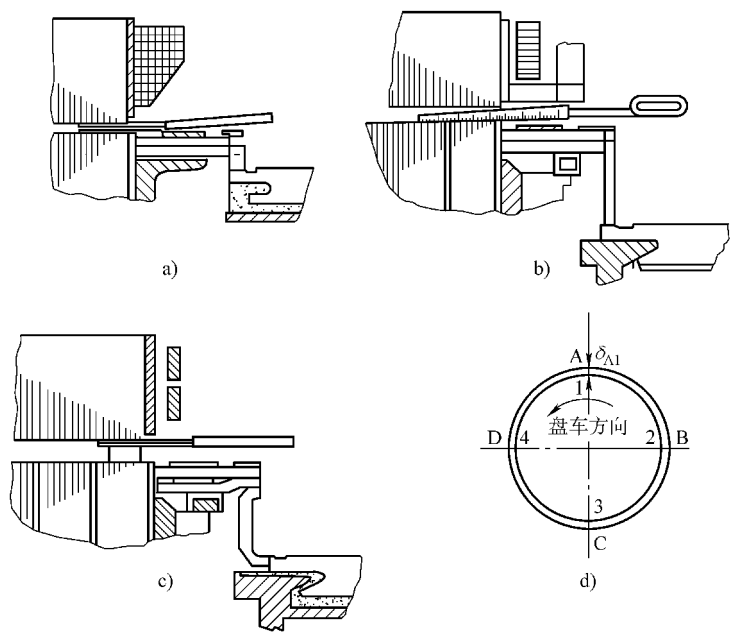


图 4-11 直流电动机气隙测量方法

a) 塞尺检查 b) 专用气隙斜尺 c) 垫块和塞尺测量
d) 盘车测量示意图

2) 用专用气隙斜面塞尺测量。通常用于 $\delta = 5 \sim 15\text{mm}$ 气隙允许的电动机中, 测量比较方便, 如图 4-11b 所示。

3) 用气隙垫块和塞尺测量 气隙垫块可以加工成固定厚度, 再用塞尺测量垫块和极靴之间的气隙值, 如图 4-11c 所示。这种方法通常用于气隙较大的电动机。

气隙测量时应注意以下几点: ①极靴和电枢表面漆膜必须刮去, 测量处必须直接接触电枢和极靴叠片。②对于大中型直流电动机, 要防止铁心不圆度和转轴弯曲造成气隙值偏差, 为得到准确的气隙平均值, 应将转子位置每次盘车 90° , 共 4 次, 在相同的位置每次测量气隙, 平均气隙值可以用下列公式计算:

$$\delta_A = \frac{\delta_{A1} + \delta_{A2} + \delta_{A3} + \delta_{A4}}{4} \quad (4-1)$$

$$\delta_B = \frac{\delta_{B1} + \delta_{B2} + \delta_{B3} + \delta_{B4}}{4} \quad (4-2)$$

5. 电刷与刷握工作性能检查

电刷与刷握工作性能检查:

(1) 电刷弹簧压力的调整 合适的电刷压力是保持滑动接触的重要条件, 电刷压力过小, 造成电刷跳动和接触压降不稳定; 压力过大则能造成电刷机械磨损增加, 换向器温升增高, 电刷压力不均匀, 则会造成各电刷之间电流分布不均和个别电刷的火花。

电刷弹簧压力一般应保持在 $16 \sim 24\text{kPa}$ 范围内, 而且电刷间的压力差不超过 $\pm 10\%$ 。电刷的压力与电刷材质和换向器表面圆周速度有关, 应合理选定。

电刷弹簧压力测定方法如下:

用弹簧称在电刷提起方向勾起电刷压指, 在电刷下垫一纸片, 当纸片能轻轻被拉出时, 弹簧称的读数, 就是电刷弹簧压力, 如图 4-12 所示。

(2) 刷握间隙检查 电刷与刷握之配合应保持一合适间隙并应符合一定公差, 如图 4-13 所示。间隙过大, 电刷在刷握内晃动, 影响接触的稳定性, 有时还产生“啃边”现象; 但间隙过小时, 影响电刷在刷握内的自由滑动, 甚至被“卡死”。合适的刷握间隙如表 4-7。

(3) 刷握离换向器表面距离的检查 由于刷

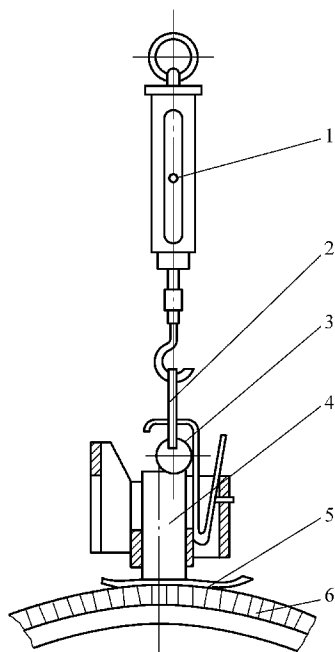


图 4-12 直流电动机电刷
弹簧压力的测定

- 1—弹簧称 2—钢丝绳
- 3—恒压弹簧 4—电刷
- 5—纸片 6—换向器

架和刷握固定螺钉的变形，刷握离换向器表面距离将会发生变化。刷握离换向器表面距离应保持在 $2.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 范围内。

刷握离换向器表面距离与电刷应保持一定，这对防止电刷振动有很大关系。双斜刷握与换向器表面距离，还影响电刷宽度，当距离过大时，电刷还将产生“顶角”，影响工作。刷握距离可用厚度为 $2 \sim 3\text{mm}$ 的绝缘板条进行检查，当距离超过允许值时，可用 2.5mm 厚绝缘板垫在刷握下，作为调整基准进行调整。

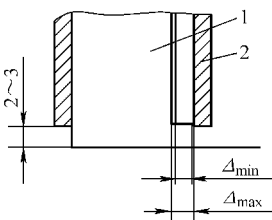


图 4-13 刷握间隙
1—电刷 2—刷握

(4) 电刷材质和镜面检查 电刷型号是否符合要求，镜面是否出现异常，在换向火花较大时是必须检查的。电刷是构成滑动接触的主要部件，电刷材质和工作状态对换向有很大关系，因电刷牌号不合适或工作状态不正常，将影响滑动接触，或造成换向恶化。

表 4-7 刷握间隙 (单位: mm)

项 目		电刷容差	刷握容差	最大间隙	最小间隙
厚度 8mm 以下	厚度 宽度	-0.02	+0.10	0.17 0.25	0.02 0.05
		-0.07	0		
		-0.05	+0.10		
		-0.15	0		
一般 电动机	厚度 宽度	-0.05	+0.10	0.30 0.45	0.05 0.15
		-0.20	0		
		-0.15	+0.10		
		-0.35	0		
可逆 电动机	厚度 宽度	-0.05	+0.10	0.20 0.40	0.05 0.10
		-0.10	0		
		-0.10	+0.10		
		-0.30	0		
分块电刷	厚度 宽度	-0.10	+0.10	0.25 0.40	0.10 0.10
		-0.30	0		
		-0.10	+0.10		
		-0.30	0		

一般说，不同型号的电刷，最好不要混用。电刷镜面在换向正常时是平滑光亮的。换向火花较大时，就会出现雾状和灼痕。当电刷中含有碳化硅和金刚砂等杂质时，镜面中就会出白色斑点或在旋转方向留下细沟。湿度过大或有酸性气体，电刷表面将出现镀铜现象。

6. 换向器表面工作状态的检查

换向器表面工作状态是保持良好滑动接触的重要因素之一。换向火花较大时，必须检查换向器表面状态，换向器片间云母下刻质量不好，云母片突出或粘附在云母沟两侧，换向片倒棱不直均会引起换向火花；换向器条纹、斑纹都会使换向火花加大；云母沟中积存碳粉和换向片挤铜产生铜毛刺都会产生换向火花和闪络。如果发现上述现象，必须立即清理换向器表面，使其工作状态恢复正常。

有害的换向火花会造成换向器表面的烧伤，除一般烧伤外，有时会出现有规律的烧伤，通常烧伤的规律有重路数型、极距型、槽距型等，这时必须分析换向火花产生的电磁原因，根据存在问题加以解决。

7. 电动机振动的检查

电动机振动的检查：电动机振动也是造成滑动接触不稳定的一种因素，是换向不良时需要检查的项目之一，换向火花大的，通常需用测振仪检查电动机轴承、机座和刷架等部位的振动值，看是否超过允许值（表 4-8、表 4-9）。

表 4-8 电动机振动速度有效值限值 (单位：mm/s)

轴中心高 /mm 标称转速/ (r/min)	安装	弹性悬置			刚性安装
		$45 \leq H \leq 132$	$132 < H \leq 225$	$225 < H \leq 400$	$H > 400$
$600 \leq n \leq 1800$		1.8	1.8	2.8	2.8
$1800 \leq n \leq 3600$		1.8	2.8	4.5	2.8

表 4-9 大、中型直流电动机振动位移限值

电动机转速 / (r/min)	600r/min 以下	500r/min 及以下	400r/min 及以下	300r/min 及以下
振动等级	振动位移双振幅值/mm			
良好	0.063	0.08	0.10	0.125
可用	0.10	0.125	0.16	0.20

如果振动值超过规定的允许值时，则需用快速福里哀分析仪（FFT）进行简单的频谱分析，从频谱主要成分分析中寻找出振源，并采取必要的消除振源或减振措施。

8. 补偿绕组和换向极绕组极性检查和匝间短路检查

补偿绕组和换向极绕组极性检查和匝间短路检查：

补偿绕组和换向极绕组的主要作用，一是抵消电枢反应减少主磁场畸变；二是产生换向电势，抵消换向元件中的电抗电势。当补偿绕组和换向极绕组极性接反时，则电抗电势不仅不会被抵消，而且由于换向电势的叠加而增加了换向的困难。当补偿绕组和换向极绕组极性错误时，直流电动机表现为小负载情况下即出现火

花，随着负载增加换向火花迅速加大，而空载时火花立即消失。极性错误一般发生在电动机修理后，其检查方法通常按图样核对，检查接线是否有误。另一种办法可使绕组通电，用磁针来检查绕组极性。

当补偿绕组和换向极绕组出现匝间短路时，由于换向电势的减少不能完全抵消电动机电势，将会出现严重的延迟换向而产生换向火花。对于小型直流电动机的换向极线圈匝路短路，一般可用压降法检查，对于大型直流电动机补偿绕组和换向极绕组的匝数很少，而电阻值极小，只能用外观检查，对短路处一定会出现表面绝缘漆变色和放电痕迹，根据这些现象即可发现故障所在并进行排除。

4.12 直流电动机环火产生的原因是什么？

答：环火是恶性事故。直流电动机在运行中由于片间累积击穿，换向严重恶化，或特别恶劣的负载条件，均会出现正负极性刷架之间电弧飞越，环绕换向器表面出现一圈强烈的电弧，并伴随着强烈的弧光和巨响，这种事故称为环火。在环火发生极短时间内，电弧的高温和巨大能量，不仅对换向器和电刷装置造成严重破坏，而且对其他绕组也会造成不同程度损害，由于环火接地而产生轴电流还会使轴颈和轴瓦出现麻点和蚀痕。环火的巨响和强光还会使机旁维护人员受到伤害。因而在运行维护中必须要尽一切可能消除环火发生的隐患。

环火产生原因：

(1) 片间击穿 当换向器片间电压较高，而运行中又产生过电压，由于片间累积击穿，会产生环火。而更多的情况是由于换向器维护不良，清扫不认真，在换向器云母沟中积存了碳粉、铜粉和油污，或由于电刷挤铜，换向片铜毛刺延长导致相邻换向片的短路，这些导电物都构成了换向器片间云母沟中的导电桥，当这一导电桥随电枢旋转而进入主极区时，换向器表面电位梯度增大，通过电流逐渐加大。当电流产生电动力超过维持粉末定位的力时，粉末构成的导电桥就会错位，导电桥由于熔化灼热而产生片间闪络。如果导电桥断裂点的有效电压超过电弧最低电压，就产生电弧。当断裂部分宽度增加到云母沟宽度时，维持电弧的电压也需增加，否则电弧将熄灭。当片间电压和起弧时感应电压大于维持电弧电压时，电弧将继续燃烧。电流随着换向片击穿而增大，磁场区域也增加，片间电弧沿换向器表面扩展过程，如图 4-14 所示。

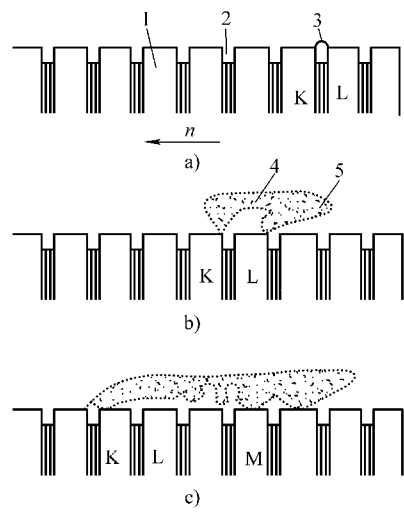


图 4-14 片间电弧的扩展

a) 起动电弧 b) 电离区的形成
c) 电弧扩展

1—换向片 2—片间云母 3—片间电弧
4—等离子区 5—空气电离区

当换向器相邻的换向片 K 和 L 因存在电位差, 而片间存在导电物质时, 导电桥断裂而产生电弧, 如图 4-14a。在电弧作用下, 导电物质的气化和电弧的灼热, 造成了换向片 K 和 L 之间区域的空气局部游离成一个等离子区, 如图 4-14b。在这个区域内, 由于电离气体内压力和电动力的作用, 换向器的旋转电弧将沿着换向器表面扩展至 M (图 4-14c)。

如果电弧扩展的两个换向器片 K 与 M 之间的电位差, 能维持片间电弧而不熄灭, 则电弧将继续扩展。在一定条件下, 片间电弧可以扩展到正负两个极性刷架之间, 而最终造成环火。

(2) 严重的电刷火花 电刷火花是导致换向器环火的另一个主要原因。当直流电动机在恶劣的负荷条件下, 换向器表面滑动接触受到严重破坏时, 就会在电刷与换向器之间产生严重火花。当换向器火花大到一定程度时, 火花能量将引起电刷与换向片的燃烧和气化, 并在燃烧区造成一个等离子区域、而这个电弧又被旋转的换向器沿电刷磨道所拉长, 如图 4-15 所示。

当这电弧被拉长至一定长度的某一换向片 M 时, 电弧是否能继续燃烧, 就决定于换向器表面电位分布曲线和电弧特性。当换向片 M 的电位 V_{KM} 小于电弧维持电压 U_g 时, 电弧将熄灭。当 V_{KM} 大于电弧维持电压 U_g 时, 电弧将持续燃烧, 并将继续延伸。电刷磨道上空气的电离使为电弧延伸创造了条件。当换向火花能量大到某一量级时, 电弧将伸展到异极性电刷上, 而造成环火。

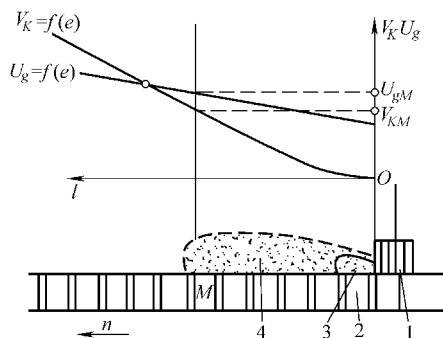


图 4-15 电刷火花的延伸

1—电刷 2—换向片 3—起始电刷火花
4—电刷电弧的延伸

4.13 直流电动机发生环火故障后检查哪些部位?

答: 直流电动机发生环火事故后, 首先应检查受损部位和程度, 环火事故程度一般有三种情况。

较轻的环火事故。一般是电动机容量较小, 转速较低, 环火发生时快速开关或自动开关很快动作, 切断了主回路和励磁回路, 电弧很快被短路电流磁吹作用所熄灭。这种环火一般只是烧黑了换向器表面和烧断个别刷辫。

较重的环火事故。电动机容量较大, 而转速较高, 环火时虽然快速开关或自动开关及时动作, 但是短路时电弧能量较大, 所以损坏程度较重。这种环火可在换向器表面产生深浅不等的烧灼点, 换向器外端部出现部分烧蚀, 部分刷握被烧熔或烧损, 刷架、导电环或定子绕组也会局部受损, 熔化铜的喷溅, 气化了铜和碳结晶微粒附着绝缘表面, 往往使表面泄漏电流大大增加, 绝缘电阻降低为零。

严重的环火事故一般发生在高速和大容量直流电动机上, 除本身外特性曲线较硬外, 由于保护系统接线错误和开关动作不及时等, 将会造成十分严重的损害, 此

时电机必须大修，并重新制作换向器。

检查受损部位程度：

1) 检查绝缘电阻。环火事故后，必须将烧黑的换向器重新打磨，绕组吹风清理后用绝缘电阻表检查各绕组绝缘电阻，是否符合相关标准的规定，以决定绝缘是否需要处理。

2) 测量片间电阻，以检查升高片和电枢并头套是否出现开焊和片间短路现象。

3) 检查换向器表面的受损程度是否表面氧化和积炭发黑，或是由于电弧烧灼而出现点状凹陷，还是出现了端部局部烧损或深度大面积烧蚀。

4) 检查电刷和刷握的受损程度，刷握和电刷烧损数量以及必须更换的数量。

5) 检查刷架和导电环是否出现缺损和需要修补更换的部件。

6) 检查主极绕组、换向极绕组和补偿绕组。通常这些绕组是由于铜和碳蒸汽的蒸熏而降低绝缘电阻，严重时也会使绕组受损。

7) 检查电枢绕组和升高片。由于铜和碳的蒸熏和喷溅，以及环火时电枢绕组内部流过巨大的短路电流，必须检查绝缘电阻和片间电阻。

8) 轴瓦的检查。环火后流经轴承的强大轴电流会使轴颈和轴瓦接触面上出现严重麻点，甚至使巴氏合金熔化。

9) 轴承和定子固定螺钉的检查。环火时产生巨大的短路力矩，有可能使这些紧固件松动。

4.14 直流电动机发生环火故障后应进行哪些处理？

答：直流电动机发生环火故障后的处理：

1) 换向器的处理。对于表面发黑的换向器，可用砂纸或换向器磨石等进行清理性的打磨；对于表面出现轻微和较浅灼点的换向器，可用换向器磨石进行一次打磨；对于烧灼较严重的换向器，必须重新车削外圆；烧蚀严重无法修复的必须重新制作换向器。在打磨和车削换向器后，必须重新进行换向器的倒棱和下刻。处理后必须进行片间电阻检查。

2) 更换烧损的刷握和电刷，电刷牌号必须和原来相同，电刷压力亦需调整均匀。

3) 对于受损的绕组和其他部件进行焊补或更换。

4) 绕组及导电部件表面绝缘层处理。如绕组及导电部件表面绝缘仅受蒸熏而绝缘电阻下降时，可用棉纱蘸少许汽油、酒精和四氯化碳等溶剂，擦洗去这些部件表面凝聚的碳和铜微粒，再测量绝缘电阻。当擦洗清理后绝缘电阻仍难恢复，这时应考虑清洗整台电动机的处理方式了。当表面绝缘层被电弧烧焦时，需剥去被烧灼绝缘层，重新绝缘处理。处理后绝缘电阻必须高于允许标准。

5) 轴瓦处理。当轴瓦上出现较轻轴电流烧灼点时，轴瓦经研刮后可继续使用。当烧灼点密集和很深时，应更换备品轴瓦或重新浇铸轴瓦。轴瓦处理时，必须检查

轴承座的绝缘层是否正常。

6) 定子和轴承座固定螺钉如有松动时，必须重新紧固。

4.15 防止环火的措施有哪些？

答：防止环火的措施：由于环火发生的时间很短，而且又在电动机内部发生，所以很难用继电保护、空气开关和快速开关来保护。必须从设计和运行维护上采取措施解决。防止的措施有：

1) 设计时，适当降低片间电压。对于大型电动机片间电压最好不高于 16V；对于小型电动机，不超过 18V。对于片间电压较高，经常发生环火的电动机，应适当降低过电压保护值。

2) 采用补偿绕组，直流电动机加设补偿绕组后，首先是解决了换向级饱和问题，改善了过电流换向；同时由于补偿绕组抵消了横轴电枢反应，因而解决主磁场畸变，从而使换向器电位分布曲线较为平滑（因为换向器表面电位分布曲线实际上就是气隙合成磁场的空间分布曲线的积分）。采用补偿绕组有利于抑制电刷火花和片间电弧的扩展。对于无法采用补偿绕组的小型电动机，最好采用不同心气隙，也可以适当减少气隙磁场的畸变。

3) 改善换向器表面处理，特别是换向片的倒角和片间云母的下刻质量，以及消灭换向片上存在的端部尖棱、夹角，这是有效防止环火的措施。

4) 加设隔弧板。在刷架之间的空间，用耐弧材料做成隔板进行挡隔，其作用是起电弧扩展的机械性障碍和减轻环火造成的损害。

5) 加强换向器的维护。经常清理、擦抹和吹风，防止片间积尘，防止片间铜毛刺产生，是防止环火发生的有效措施，特别是换向不好而发生过环火的电动机，更应加强换向器的运行维护。

4.16 直流电动机在运行过程中常见的换向故障原因及排除方法有哪些？

答：换向故障原因及排除方法见表 4-10 所示。

表 4-10 换向故障原因及排除方法

序号	故障征状	原 因	排 除 方 法
1	电 刷、刷 握 及换向器过热	1) 电动机过负载 2) 电刷在刷握中晃动 3) 电刷有卡住现象 4) 电刷压力过大或过小 5) 电刷牌号不符 6) 电刷接触面小 7) 刷握离换向器表面高 8) 转子绕组匝间短路 9) 空气湿度过低 10) 通风不良，环境温度高	1) 限制过负载 2) 调整电刷在刷握中的配合间隙 3) 调整电刷在刷握中的配合间隙 4) 降低或增大弹簧压力，或更换弹簧 5) 更换合适电刷 6) 研磨电刷 7) 调整刷握，使距离合适 8) 消除匝间短路故障 9) 调节空气湿度，增加喷雾装置 10) 改善通风系统，降低环境温度

(续)

序号	故障征状	原 因	排 除 方 法
2	片间短路	1) 换向器3°面密封不好, 有导电粉尘进入 2) 换向器焊头或运行时有锡块进入3°面缝隙内 3) 片间云母槽内有炭粉和污粉 4) 片间云母损坏 5) 铜片内部槽有脏物	1) 将3°面密封, 密封前彻底清理3°面内粉尘 2) 3°面清除干净后密封好 3) 云母槽下刻, 并吹风清理于净 4) 更换片间云母或进行局部清理 5) 打开换向器, 清理短路点和脏物
3	接地故障	1) V形环击穿 2) 换向器受潮水淹 3) 3°面有污物引起对地击穿	1) 更换V形环或局部修补 2) 烘干处理 3) 3°面清除干净后密封好
4	换向器表面有条纹	1) 换向器偏心 2) 电刷在刷握内随动性差 3) 电刷压力太大或小 4) 电刷接触面小 5) 刷握离换向器表面高 6) 定子极距不等 7) 换向器表面有油污 8) 空气湿度过高或低 9) 空气灰尘大 10) 刷面镀铜 11) 电刷电流密度过低 12) 电刷材质不适合 13) 换向器表面有油雾附盖	1) 加工换向器外圆度 2) 调整电刷在刷握内配合间隙 3) 降低或提高弹簧压力 4) 研磨电刷 5) 调整刷握位置, 使距离合适 6) 调整极距 7) 清理换向器表面油污 8) 调节空气湿度 9) 过滤冷却空气 10) 防止潮气和有害气体进入, 选用合适电刷 11) 要避免在低电流密度下长期运行 12) 更换合适电刷牌号 13) 防止油雾进入, 清擦换向器表面
5	环火	1) 电动机过负载 2) 片间电压过高 3) 换向极磁路饱和 4) 换向云母片突出 5) 换向片凸出或凹下 6) 转子绕组开焊 7) 短路或重负载冲击 8) 转速过高	1) 限制过负载 2) 限制电压, 刷架装隔弧板 3) 加补偿绕组, 限制负载 4) 下刻云母片 5) 加工换向器外圆, 加工前要紧固换向器 6) 补焊 7) 防止过载, 消除短路故障 8) 检查增高转速原因并消除

(续)

序号	故障征状	原 因	排 除 方 法
6	电 刷 表 面 镀 铜	1) 换向极磁场太强 2) 换向极磁场太弱 3) 换向极气隙太小或太大 4) 换向极气隙不均 5) 电动机过负载 6) 云母片突出或换向器偏心 7) 电刷刷距不均或压力太小 8) 电刷在刷握内随动性差 9) 电刷牌号不合适 10) 电刷太宽或太窄 11) 刷握离换向器表面高 12) 换向器表面油污 13) 空气湿度过高或温度过高	1) 加大气隙或换向器绕组分流 2) 减少气隙或增加刷宽 3) 增大或减小气隙 4) 调整各极气隙使均匀 5) 限制过负载 6) 下刻云母或加工换向器外圆度 7) 调整刷距或增大刷压 8) 调整电刷在刷握内配合间隙 9) 更换合适牌号电刷 10) 减少或增加刷宽 11) 调整刷握位置 12) 清理换向器表面油污 13) 调节空气湿度或改善通风加强冷却
7	电 刷 振 动, 有 噪 声	1) 换向器云母片突出 2) 换向片凸出、凹下或偏心 3) 电刷在刷握内晃动或随动性差 4) 电刷压力太小或倾斜角不当 5) 刷握离换向器表面高 6) 空气湿度过低 7) 电刷材质不合适 8) 电机振动	1) 下刻云母 2) 加工换向器外圆度 3) 调整电刷在刷握内配合间隙 4) 增大压力或调整倾斜角 5) 调整刷握位置 6) 调节空气湿度 7) 换符合要求牌号的电刷 8) 校好平衡和排除电动机振动
8	电 刷 磨 损 不 均 匀	1) 换向极气隙不均 2) 换向器偏心 3) 电刷刷距不均 4) 电刷在刷握内间隙大或随动性差 5) 电刷压力太小或接触面小 6) 刷握离换向器表面高 7) 换向器表面有油污	1) 调整各极气隙, 使均匀 2) 加工换向器外圆度 3) 调整刷距 4) 调整电刷在刷握内配合间隙 5) 增大压力或研磨电刷 6) 调整刷握位置 7) 清理换向器表面
9	电 刷 磨 损 快	1) 换向器云母片突出 2) 电刷压力太大 3) 电刷牌号不合适 (含铜量少或含石墨量多) 4) 换向器表面有油污 5) 空气湿度过低或灰尘大 6) 换向器表面粗糙 7) 换向不良	1) 下刻云母 2) 降低弹簧压力 3) 更换合适牌号电刷 4) 清理换向器表面 5) 调节空气湿度或过滤冷却空气 6) 车光换向器表面 7) 调整和改善换向

(续)

序号	故障征状	原 因	排 除 方 法
10	电 刷 碎 裂、 掉边缺角	1) 换向器云母片突出 2) 换向片凸出或凹下 3) 电刷在刷握中幌动或随动性差 4) 电刷牌号不对 5) 刷握离换向器表面高 6) 空气湿度过低	1) 下刻云母 2) 加工换向器外圆度 3) 调整电刷在刷握中配合间隙 4) 更换合适电刷 5) 调整刷握位置 6) 调节空气湿度
11	换 向 器 表 面 对称烧伤	1) 换向极磁场太强 2) 换向极磁场太弱 3) 换向极气隙太小或太大 4) 换向区太宽或太窄 5) 换向极气隙不均 6) 电机过负载 7) 换向极磁路饱和 8) 电刷刷距不均 9) 电刷在刷握内随动性差 10) 电刷压力太大或太小 11) 电刷牌号不符 12) 电刷太窄或太宽 13) 刷握离换向器表面近 14) 转子绕组焊接不良或开焊 15) 换向极、补偿绕组接反或短接 16) 定子极距不等	1) 加大气隙或加大换向极绕组分流 2) 减少气隙或增加刷宽 3) 增大或减少气隙 4) 减少或增加刷宽 5) 调整各极气隙 6) 限制过负载 7) 限制负载，并加补偿绕组 8) 调整刷距 9) 调整电刷在刷握内配合间隙 10) 降低或增大弹簧压力 11) 更换合适电刷 12) 增加或减少刷宽 13) 调整刷握位置 14) 进行补焊 15) 改变接头或消除短路点 16) 调整极距
12	换 向 器 表 面 不对称烧伤	1) 云母片突出 2) 换向片凸出、凹下或偏心 3) 电刷压力太小 4) 刷握离换向器表面高 5) 电枢绕组匝间短路	1) 下刻云母片 2) 加工换向器外圆度 3) 增加压力 4) 调整刷握位置 5) 消除短路故障
13	换 向 器 表 面 烧黑	1) 云母片突出 2) 换向片凸出、凹下或偏心 3) 电刷在刷握内随动性差 4) 电刷压力太小或电刷牌号不对 5) 换向极、补偿绕组接反或短接 6) 电机机械振动	1) 下刻云母 2) 加工换向器外圆度 3) 调整电刷在刷握内配合间隙 4) 增大压力或更换合适牌号电刷 5) 改变接头或消除短路点 6) 消除振源

(续)

序号	故障征状	原 因	排 除 方 法
14	换向器磨损快, 不能建立好氧化膜	1) 云母片突出 2) 换向器凸出或凹下 3) 电刷与刷握配合间隙大或电刷在刷握内随动性差 4) 电刷牌号不对 5) 刷握离换向器表面高 6) 换向极、补偿绕组反接或短接 7) 换向器表面有油污 8) 空气湿度过低或灰尘大 9) 电机机械振动	1) 下刻云母片 2) 加工换向器外圆度 3) 调整配合间隙 4) 更换合适电刷 5) 调整刷握位置 6) 改正接线或消除短路点 7) 清理换向器表面油污 8) 调节空气湿度或过滤冷却空气 9) 消除振源
15	电 刷 电 流 分 布不均	1) 刷压不相等 2) 电刷在刷握中间隙过小 3) 刷辫螺钉未拧紧 4) 混用不同牌号电刷 5) 电刷粘结在刷握内	1) 调整各刷压, 使一致 2) 调整间隙, 研磨电刷 3) 固定刷辫螺钉 4) 改用同一材质或牌号电刷 5) 清扫刷握内表面
16	滑入端有刷 火	1) 换向极磁场太强或气隙太小 2) 换向区太宽或窄 3) 换向极气隙不均 4) 电刷刷距不均 5) 电刷与刷握配合间隙过大 6) 电刷在刷握内随动性差 7) 电刷太宽或太窄 8) 电刷接触面小 9) 刷握离换向器表面近 10) 电枢绕组焊接不良、开焊或匝间短路 11) 定子极距不相等 12) 电动机机械振动	1) 加大气隙或使换向极绕组分流 2) 减少或增加刷宽 3) 调整各极间气隙, 使之均匀 4) 调整刷距 5) 调整间隙, 使之合适 6) 调整电刷与刷握间的配合 7) 减少或增加刷宽 8) 研磨电刷 9) 调整刷握位置 10) 进行补焊或消除短路点 11) 调整极距 12) 消除振源
17	滑出端有刷 火	1) 换向极磁场太弱或气隙太大 2) 换向区太窄或气隙不均 3) 换向极磁路饱和或电机过载 4) 云母片突出 5) 换向片凸出、凹下或偏心 6) 刷距不均 7) 电刷在刷握内晃动或随动性差 8) 刷压太小或电刷牌号不符 9) 电刷太宽或太窄 10) 电刷接触面小	1) 减小气隙或增大刷宽 2) 增加刷宽或调整各极间气隙均匀 3) 加补偿绕组或限制负载 4) 下刻云母片 5) 加工换向器外圆度 6) 调整刷距 7) 调整电刷与刷握间隙 8) 增大压力或更换合适牌号电刷 9) 减少或增加刷宽 10) 研磨电刷

(续)

序号	故障症状	原 因	排 除 方 法
17	滑出端有刷火	11) 刷握离换向器表面高 12) 转子绕组焊接不良、开焊或转子绕组匝间短路 13) 换向极、补偿绕组接反或短路 14) 定子极距不等	11) 调整刷握位置 12) 进行补焊或消除短路 13) 改变接头或消除短路点 14) 调整极距

4.17 直流电机故障原因及排除方法有哪些？

答：直流电机故障原因及排除方法见表 4-11 所示。

表 4-11 直流电机故障及排除方法

序号	故 障	产生的原因	排 除 方 法
1	发电机的空载电压较额定电压低	(1) 发电机的转速较额定转速低 (2) 并励绕组回路中励磁变阻器的电阻值太大 (3) 他励绕组回路中励磁电流较额定值低 (4) 电刷不在中性线上 (5) 主磁极绕组有匝间短路或连接线错误	(1) 检查原动机的转速，如用带轮传动，还应检查传动带有无打滑 (2) 重新调整变阻器，使励磁电流增加到额定值 (3) 提高励磁电流到额定值 (4) 可用感应法调整电刷位置 (5) 可在主磁极绕组电路中通以直流电，测量各主磁极线圈的电压降。或用双臂电桥测量各主磁极线圈的直流电阻值，并检查连接线是否有错，然后按故障情况加以消除
2	直流发电机不能建立电压	(1) 他励发电机的励磁电路中没有励磁电流 (2) 并励和复励发电机没有剩磁 (3) 电机旋转方向不对 (4) 并励绕组与电枢的连接方法不对，致使剩磁和自励磁的作用相反 (5) 并励绕组、电枢绕组、电刷及连接线有短路、接地或断路 (6) 电刷不在中性线上	(1) 检查励磁电路，接通励磁电源 (2) 用直流电源加于并励绕组使其磁化，如仍无效，可变换极性，重新磁化。所加的直流电压必须低于额定励磁电压 (3) 改变电机旋转方向 (4) 按该电机所附的接线图正确接线。如没有这种接线图，可按图 4-16 ~ 图 4-19 接线 (5) 测量各绕组的直流电阻、电压降或绝缘电阻，以确定故障性质并加以消除 (6) 可用感应法确定中性线的位置：在电动机静止时，用较低的直流电压，经过按钮 SB 加于并励绕组 E1-E2，将直流毫伏表或直流毫安表（最好用零点居中，双侧有刻度的）接到电枢端钮 A1-A2。按下和松开按钮 SB 时，电枢内产生感应电压，毫伏表的指针即左、右偏摆，再将电刷架沿换向器圆周方向前后移动，直到接通和断开按钮 SB 时，毫伏表指针不再偏摆为止。为了改善换向，发电机的电刷可按旋转方向偏移 1 ~ 2 片换向片距

(续)

序号	故 障	产生的原因	排 除 方 法
3	发电机的空载电压正常, 加负载后电压显著下降	(1) 电刷不在中性线上 (2) 复励发电机的串励绕组接反 (3) 发电机的换向极绕组接反或主磁极与换向极的顺序不对 (4) 传动发电机的原动机特性太软, 加负载后转速降落太多	(1) 用感应法调整电刷位置 (2) 将串励绕组的两端钮互相更换位置 (3) 可将换向极绕组的端钮互相更换位置, 或用指南针检查主磁极 (N、S) 和换向极 (n、s) 的极性顺序。对于直流发电机, 顺转子旋转方向, 各磁极极性的顺序应为 N-s-S-n; 对于直流电动机, 顺转子转动方向, 各磁极极性的顺序应为 N-n-S-s (4) 检查原动机的工作情况, 如用带轮传动时, 还应检查传动带是否打滑
4	电刷下火花严重, 换向器和电刷剧烈发热	(1) 电刷不在中性线上 (2) 换向器偏心、振摆, 换向器表面不平, 换向器片间云母片突出 (3) 电刷的牌号或尺寸不适合 (4) 电刷架上各电刷臂之间的距离不相等, 或同一电刷臂上的各刷握不在一直线上 (5) 电刷的压力太低或太高 (6) 电刷与换向器的接触面没有磨好或接触面上有油污 (7) 电刷的质量不好 (8) 主磁极和换向极的顺序不正确 (9) 电动机过载 (10) 电枢绕组有短路或接地故障 (11) 换向极绕组接反	(1) 可用感应法调整电刷位置 (2) 修理换向器 (3) 可按题 3. 17 中所述的办法处理 (4) 调整各电刷臂或各刷握的位置 (5) 调整各电刷的压力, 应力求一致, 一般电动机应按 $15 \sim 25\text{kPa}$ (相当于 $150 \sim 250\text{gf/cm}^2$) 来选择, 牵引电动机和起重电动机应按 $25 \sim 40\text{kPa}$ (相当于 $250 \sim 400\text{gf/cm}^2$) 来选择 (6) 按图 3-16 所示的方法磨光电刷的接触面, 如有油污应先清洗 (7) 换以质量合格的电刷 (8) 用指南针检查各磁极极性 (9) 应降低负载或换一台容量较大的电动机 (10) 在电枢绕组中通以低压直流电, 测量各相邻两换向片之间的直流电压降来检查是否有短路。用绝缘电阻表或试灯来检查是否接地。然后按故障情况修理 (11) 改变接线

(续)

序号	故 障	产生的原因	排 除 方 法
5	直流电动机不能起动或转速达不到额定值	(1) 电刷不在中性线上 (2) 电枢的电源电压低于额定值 (3) 电动机轴上的负载过大 (4) 电枢绕组或各连接线有短路或接地等故障 (5) 换向极绕组接反 (6) 复励电动机的串励绕组接反	(1) 可用感应法调整电刷位置 (2) 提高电源电压到额定值 (3) 减少电动机的负载 (4) 检查电枢绕组和各连接线, 按故障情况修理 (5) 将换向极绕组 B1-B2 的端钮互相更换 (6) 可将串励绕组的两端钮互相更换, 或按照该电机所附的接线图正确接线。如果没有这种接线图, 则可参考图 4-16 ~ 图 4-19 的接法
6	直流电动机转速过高	(1) 电枢电压超过额定值 (2) 励磁电流减少过多或励磁电路有断路故障 (3) 电刷未在中性线上	(1) 降低电枢电压到额定值 (2) 增加励磁电流或检查励磁电路中是否有断路 (3) 可用感应法调整电刷位置
7	电动机振荡, 即电流和转速发生剧烈的变化	(1) 电刷未在中性线上 (2) 串励绕组或换向极绕组接反 (3) 励磁电流太小或励磁电路有断路 (4) 电动机的电源电压波动	(1) 可用感应法调整电刷位置 (2) 改正接线 (3) 增加励磁电流或检查励磁电路中是否有断路 (4) 检查电源电压
8	直流电动机线圈和铁心的温度过高	(1) 工作电压高于额定值 (2) 电动机超载 (3) 电动机线圈有短路或接地故障 (4) 电动机的通风散热情况不好	(1) 降低电压到额定值 (2) 降低电动机的负载或换一台容量较大的电机 (3) 检查电动机各线圈的发热情况, 按故障情况修理 (4) 检查环境温度是否过高, 风扇是否脱落, 风扇旋转方向是否正确, 电动机通风道是否被堵塞
9	直流电动机向某一方旋转时, 电刷下的火花比反方向旋转时来得大	(1) 电刷不在中性线上 (2) 电刷架上各电刷臂之间的距离不相等 (3) 电动机没有换向极或换向极的安匝数不够	(1) 可用感应法调整电刷位置, 对于可逆旋转的直流电动机应将电刷严格地固定于中性线上 (2) 调整各电刷臂或各刷握的距离 (3) 更换一台有换向极的电动机或增加换向极的安匝数

(续)

序号	故 障	产生的原因	排 除 方 法
10	在换向器圆周上，每隔一定角度（根据磁极数决定，多数直流电动机均为4极，则相隔180°）的换向片烧焦发黑，每次清理修整以后，仍是这几片发黑	(1) 这些发黑烧焦的换向片与电枢线圈之间的焊接不良 (2) 连接到这些换向片上的电枢线圈有断路故障 (3) 连接到这些换向片上的均压线焊接不良或有断路故障	(1) 重新焊接 (2) 更换或修复断路的电枢线圈 (3) 重新焊接或更换断路的均压线
11	电动机内部冒火或冒烟	(1) 电刷下火花过大 (2) 电枢绕组有短路故障 (3) 换向器的升高片之间及各电枢线圈之间充满了电刷粉末和油垢，引起燃烧 (4) 电动机内部各引线的连接点松动或有断路状态 (5) 电动机过载	(1) 检查电刷和换向器的工作情况 (2) 检查各电枢线圈的发热情况，是否均匀，或当电动机切除外部电源时，在电枢中通入低压直流电，测量各相邻两换向片之间的电压降 (3) 清洗油垢，吹净粉末，必要时作烘干处理 (4) 检查各引线之间的连接点 (5) 减轻电动机的负载或换一台容量较大的电动机

Z-28.5 至 Z-85 型并励直流电机接线图，如图 4-16 所示。

Z-28.5 至 Z-85 型复励直流电机接线图，如图 4-17 所示。

Z-100 至 Z-175 型并励直流电机接线图，如图 4-18 所示。

Z-100 至 Z-1750 型复励直流电机接线图，如图 4-19 所示。

用感应法确定直流电机的中性线如图 4-20 所示。

4.18 直流电动机换向器质量的要求是什么？

答：为了保证直流电动机安全可靠运行和延长电动机使用寿命，通常对换向器的质量有以下要求：

- 1) 换向器工作表面应有一层光泽的氧化膜、颜色正常。
- 2) 换向器工作表面清洁、光滑、平整、无伤痕和无毛刺，顺轴向方向的凸凹波浪不大于 0.5mm。

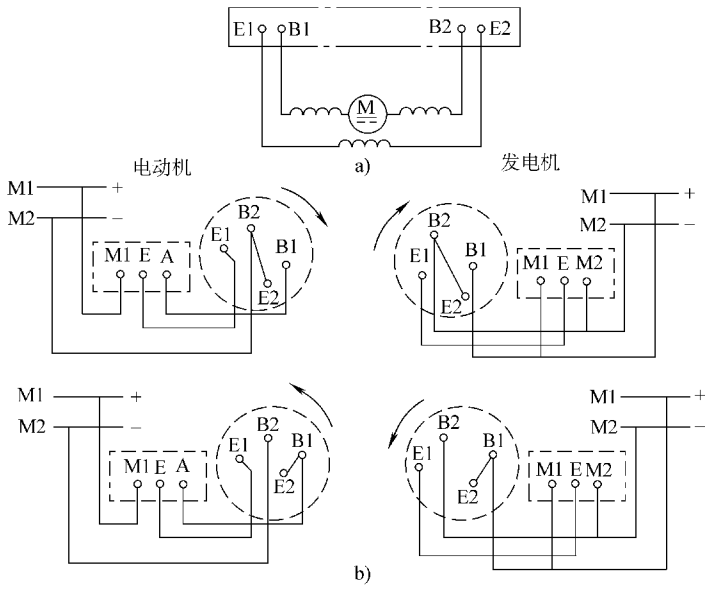


图 4-16 Z-28.5 至 Z-85 型并励直流电机接线图
a) 内部接线图 b) 外部接线图

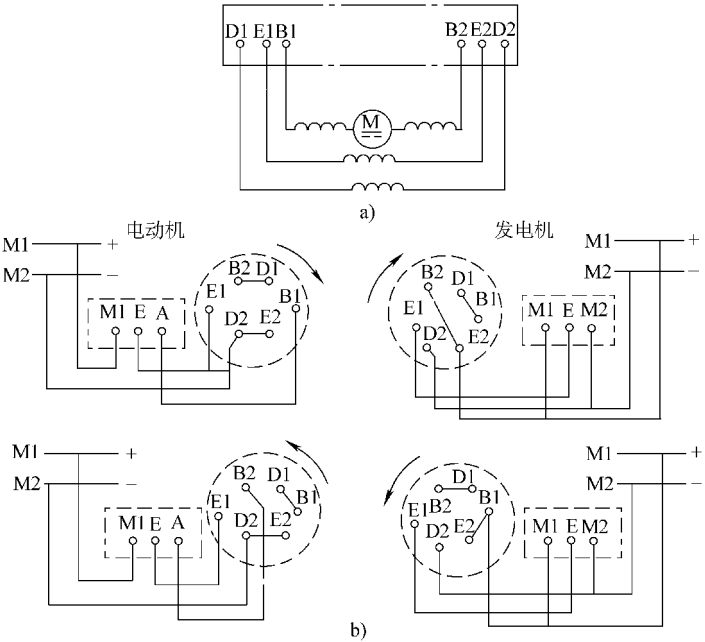


图 4-17 Z-28.5 至 Z-85 型复励直流电机接线图
a) 内部接线图 b) 外部接线图

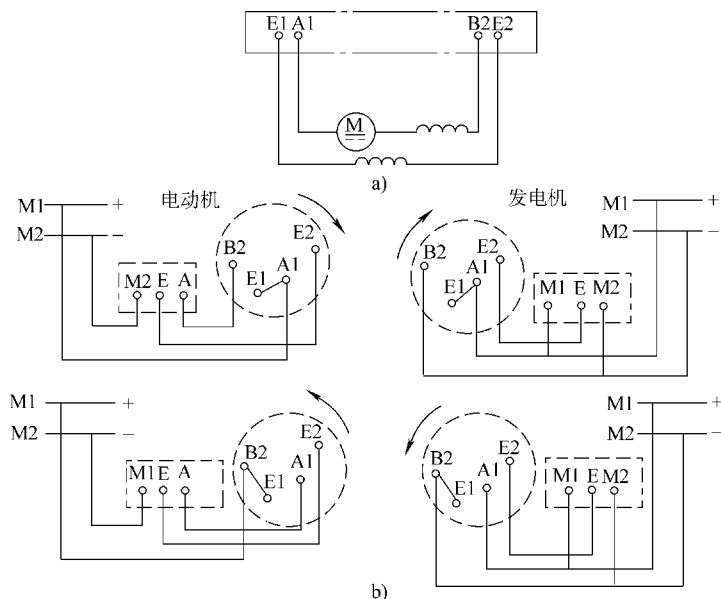


图 4-18 Z-100 至 Z-175 型并励直流电机接线图

a) 内部接线图 b) 外部接线图

3) 片间电压误差 ΔU 合格:

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\min}}$$

式中 $U_{\max}$ ——测量片间电压最大值;

$U_{\min}$ ——测量片间电压最小值。

采用 PD-2 型片间电阻测量仪测量时, 误差允许值为: 新电机 $\Delta U < 5\%$; 旧电机 $\Delta U < 8\%$ 。

4) 按相关标准规定, 换向器正常运行时, 换向火花不应大于 $1\frac{1}{2}$ 级, 在短时过载时, 火花不超过 2 级。特殊电动机要求较高, 如船用电动机, 正常运行时, 换向火花不大于 $1 \sim 1\frac{1}{4}$ 级, 短时过载情况, 火花不大于 $1\frac{1}{2}$ 级。

5) 换向器外形为圆柱体。外圆摆度的测量可采用盘车或低速下转动时用千分表测试, 其允许的误差值如下: ①由偏心引起的热态时的允许摆度: 圆周速度 $\geq 15\text{m/s}$ 时, 取 0.06mm ; 圆周速度 $< 15\text{m/s}$ 时, 取 0.10mm 。②由偏心引起的冷态时的允许摆度: 圆周速度 $\geq 15\text{m/s}$ 时, 取 0.05mm ; 圆周速度 $< 15\text{m/s}$ 时, 取 0.09mm 。③由凸片引起的允许摆度: 圆周速度 $> 40\text{m/s}$ 时, 应小于 0.01mm ; 圆周速度为 $15 \sim 40\text{m/s}$ 时, 应小于 0.02mm ; 圆周速度 $< 15\text{m/s}$ 时, 应小于 0.05mm 。

6) 换向片对轴中心线的平行度, 应满足以下要求: 小型电动机, 平行度公差为 0.8mm ; 中型电动机, 平行度公差为 1.0mm ; 大型电动机, 平行度公差为

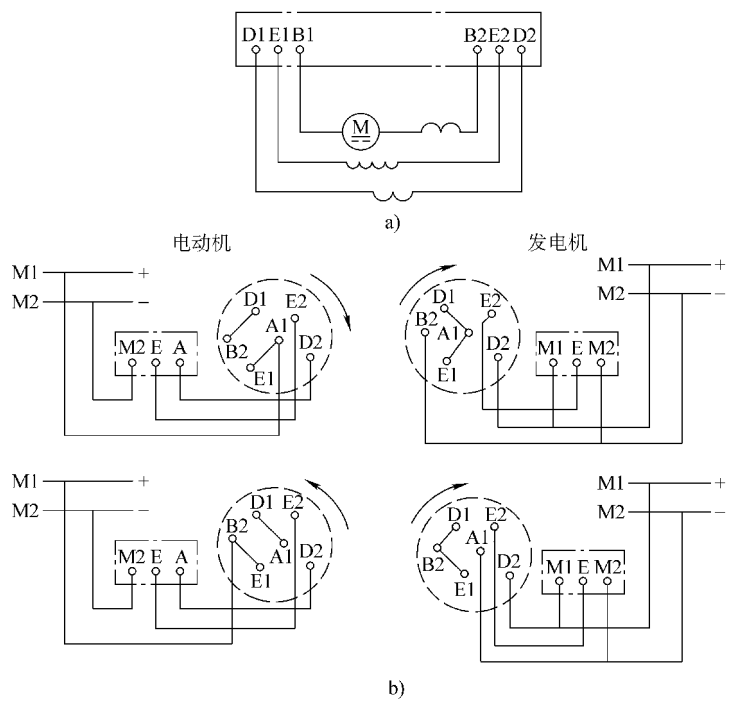


图 4-19 Z-100 至 Z-1750 型复励直流电机接线图
a) 内部接线图 b) 外部接线图

注：图 4-16、4-17、4-18、4-19 中箭头所示为面向轴伸端时的旋转方向。圆形虚线表示电机接线板。其旁边的矩形虚线表示变阻器。M1-M2 表示母线，A1-A2 为电枢绕组，E1-E2 为并励绕组，B1-B2 为换向极绕组，D1-D2 为串励绕组。

1. 5mm。

7) 换向器工作表面粗糙度应细于 $Ra = 0.8\mu m$ 。

8) 各刷距内的换向片数应分布均匀，容差为 1mm，也就是要求允许偏差不大于一个云母片厚度或 1/3 的换向片厚度。

9) 换向器具有良好的导电性、耐磨性、耐弧性、耐热性和机械强度。

10) 换向片或升高片与电枢绕组之间焊接良好，接触电阻小，运行时无开焊和过热现象发生。

11) V 形云母环 3°面涂封应严密，有较高的耐电弧性能。

12) 换向器绝缘可靠，耐压试验合格（包括片间耐压、对地耐压、片间电阻、直流电阻和绝缘电阻等，应全部合格）。

13) 换向器云母下刻正常。小型电动机为 0.8 ~ 1mm；中型电动机为 1.0 ~

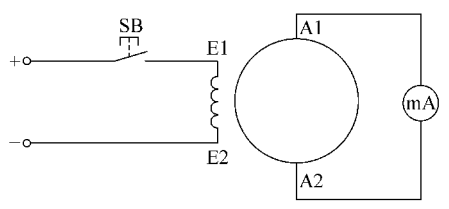


图 4-20 用感应法确定直流电机的中性线

1.5mm；大型电动机为 1.5 ~ 2.0mm。换向片下刻倒角为 45°，倒棱宽度为 0.3 ~ 0.5mm。

4.19 直流电动机换向器按结构如何分类？

答：换向器是直流电动机主要部件，其工作状态是否良好对直流电动机的运行起着至关重要的作用。换向器结构形式很多，已得到广泛应用，但都是铜、云母和钢（或塑料）构件组成的复杂弹性体。在运行中不但承受离心力，还受到热应力、惯性力、电刷摩擦力和振动应力的作用，而又要求换向器在各种运行条件下，始终保持一个不变形的光滑圆柱体表面，因此，有较高的技术要求和严格的工艺规程。

换向器结构通常由导电部分，绝缘部分和紧固与支撑部分所组成。按其结构形式通常常见的六种结构形式见表 4-12。

表 4-12 换向器的结构形式

换向器	拱形换向器	国内外采用最广泛的换向器
	塑料换向器	
	绑环式换向器	
	捆扎式换向器	美国通用电气公司（GENERAL ELECTRIC CO.）经常采用的结构形式
	集锁式换向器	英国联合电气工业公司（AEI）经常采用的结构
	紧圈式换向器	德国电机公司（BBC）经常采用的结构

现将国内外经常采用的换向器结构形式简要介绍如下：

（1）拱形换向器 换向器最常见的结构形式是拱形换向器，拱形换向器结构和受力原理如图 4-21 所示。

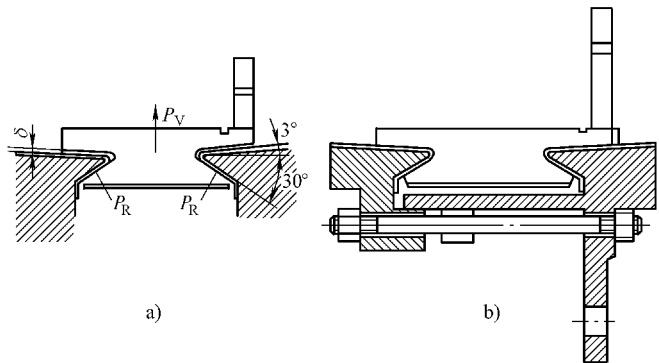


图 4-21 拱形换向器结构和受力原理图
a) 受力图 b) 结构图

图 4-21a 是拱形换向器的受力图，换向片侧面车有两个 V 形槽，使换向片下部形成一个鸽尾，V 形压圈在换向片鸽尾 30°锥面上，施加一个束紧力 P_R ，使换向片之间留有少量间隙。图 4-21b 是一个拉紧螺杆式拱型换向器结构，换向片和云母片

间隔排列成圆柱体，钢制 V 形压圈和套筒依靠拉紧螺杆的轴向拉力，把换向片束紧成一个整体，使它们之间有足够的片间压力，在电动机运行的各种工作状态下，换向片承受各种应力作用，不致发生有害变形。螺杆式拱形换向器通常用于直径和长度较大的结构，由于换向器受热膨胀时，螺杆柔度较大，而且螺杆也受热伸长，因此，换向片鸽尾和压圈热应力较小。压圈、套筒与换向片之间是用 V 形云母环绝缘的。在拱形换向器中，换向片和升高片是导电部分，片间云母和 V 形环是绝缘部分，压圈、套筒和螺杆是换向器的紧固和支承部分。

(2) 捆扎式换向器 它是美国通用电气公司 (GENERAL ELECTRIC CO.) 经常采用的结构形式。捆扎式换向器是换向片和片间云母用无纬玻璃丝绑扎带捆紧在绝缘的支承套筒上，如图 4-22 所示。捆扎式换向器具有较好的紧固性，热稳定性和光滑度，有利于保持良好滑动接触和延长电刷寿命。

捆扎式换向器制造工艺过程如下：先将梯形铜排和片间云母排成一个圆环，用扇形瓦块和锥形外环把换向片固紧在一起，并使达到一定片间压力。在换向片外表面上车出矩形绑扎槽。然后加热换向片，并将无纬带在恒定拉力下绕入绑扎槽内，送入烘箱进行固化。待槽内无纬带完全固化后换向片就在强力下形成一个定整的箍。换向片装配内孔需进行精确的机械加工，云母箔熨贴在支承套筒上，将加工完的换向片圆筒热套在绝缘后的套筒上，就坚固地形成了一个换向器整体。

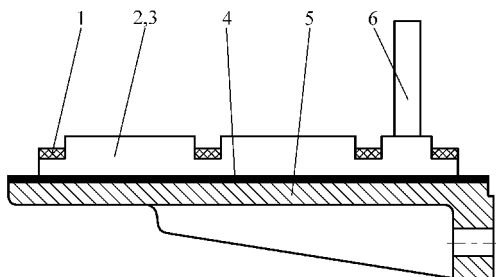


图 4-22 捆扎式换向器

- 1—玻璃丝绑带 2—换向片 3—片间云母
4—云母箔绝缘层 5—套筒 6—升高片

捆扎式换向器不但零件少，结构简单，而且不易产生变形，热稳定好，表面平滑性也优于拱形换向器。

(3) 集锁式换向器 这是英国联合电气工业公司 (AEI) 经常采用的结构。集锁式换向器固紧方式比较特殊，换向片尾部呈半圆形，支持杆是钢制的，头部也是圆形的，换向片间和换向片与钢杆间垫有玻璃布云母绝缘，换向片全长均被钢杆支撑着。钢杆再与换向器套支架的支持环焊牢，形成一个坚固的整体。如图 4-23 所示。

集锁式换向器工艺上要求较严格，必须使支承钢杆均匀地紧固整个换向器，而不挤坏间隔绝缘。

集锁式换向器的特点是换向片全长被支撑着，受力情况较好。对同一磨损深度来说，换向片厚度较薄，因而节约了用铜，也减少了转动惯量，尤其适用于高速电动机和大型轧钢电动机。

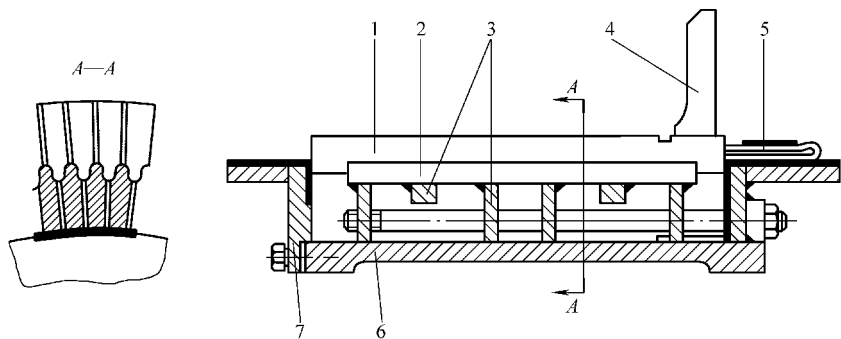


图 4-23 集锁式换向器

1—换向片 2—钢支持杆 3—支撑杆 4—升高片
5—均压线 6—支架 7—绝缘法兰

(4) 紧圈式换向器 这是德国电机公司 (BBC) 经常采用的结构。这种换向器是换向片两端车出两个紧圈槽, 用两个热套的紧圈将换向器束紧, 如图 4-24 所示。由于紧圈下仅垫有几层薄薄的聚酰亚胺薄膜, 而且不含粘结剂, 因而换向器变形小, 特别是凸片少, 因而能使换向器保持良好的滑动接触和换向性能。

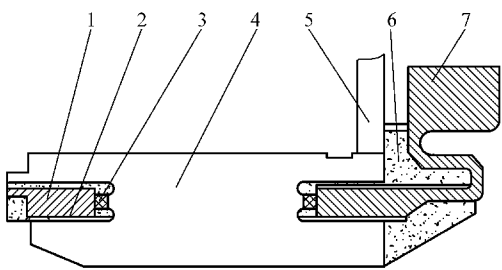


图 4-24 紧圈式换向器

1—紧圈 2—紧圈绝缘 3—绝缘瓷柱 4—换向片
5—升高片 6—浇灌树脂 7—支承紧固

由于这种换向器没有压圈和固紧螺杆, 换向器与轴间有较大的空间, 而且内外表面都是冷却面, 电动机通风和换向器的冷却效果均较好, 而且结构较简单, 省铜。

这种换向器的支承刚性较差, 致使换向器的径向摆度较大, 特别是热态摆度较大, 尚需研究和改进。

4.20 升高片铆接点及换向器松动如何修理?

答: 铆接式升高片铆接点松动的修理:

有些直流电动机, 升高片与换向片的连接是采用铆接方式固定的, 如图 4-25 所示。这种固定方式常发生铆接点松动故障, 引起电枢绕组直流电阻不合格的问题。有时测量片间电压降时, 发现电压降大或片间电阻大, 就是因铆接点松动、接触不良造成的。处理这种故障, 采用一般修理方法不能彻底解决。对于中小型直流电机, 如

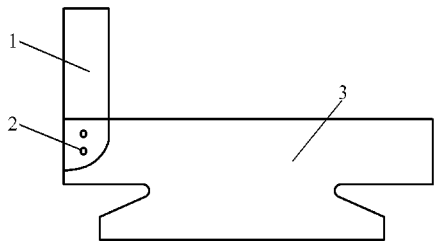


图 4-25 升高片与换向片铆接方式

1—升高片 2—铆接点 3—换向片

果存在这个问题,可考虑改为整体换向片式结构,即按原换向片梯形尺寸制做升高片,再与原换向片焊接成整体,这样就根除了铆接点松动的隐患。

下面介绍具体做法:

1) 为取下换向器,需要烫开电枢绕组与升高片的焊接头。记录好电枢绕组接头位置,如果电枢绕组质量较好,还可复用,在搬动电枢线圈端头时,要小心,防止绝缘损伤。

2) 将拆下的整体换向器放在车床上,车去原有的升高片,车削位置是按 $30^\circ \sim 35^\circ$ 角车掉,如图 4-26 所示,角度大小以去掉原来的铆接位置为限。

3) 车掉所有升高片之后,要记录换向片与换向器轴键槽相互间位置,并且用绝缘纸板上换向器,外表面用薄钢板或钢丝捆好,要求绝缘纸板的对口留有 $10 \sim 20\text{mm}$ 的间隙,这个间隙是为了逐片拆掉换向片时抽出换向片用。

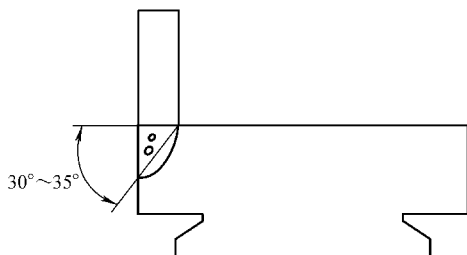


图 4-26 换向片车削位置

在拆除某一换向片时,将薄钢板或钢丝松开,剔出此换向片,其余换向片

不动,因电机运行日久,其余换向片不会松散。剔出的换向片可焊上新制的升高片,焊好经打磨毛刺(采用料 303 银铜焊料)后,再插入换向器的原来位置内,以后其他换向片也是逐片拆下来焊上新升高片。

4) 新制作的升高片锥度(梯形)应与原换向片一致。

5) 新制作的升高片经焊接后,需要整形、修平、铣出线槽并搪锡处理。

6) 将所有制做好的换向片经插入原来位置之后,要进行排圆工作。由于上述工艺是逐片焊接后放在原有位置的,所以排圆工作比全部拆散重新组装要省许多工时。为了排圆,要将全部换向片用薄钢板或钢丝捆牢,一边捆,一边用木锤敲打,使成圆形。初步排圆后,要经压装成型。要求在冷态和热态($100 \sim 110^\circ\text{C}$)下冷、热压装两次,使换向器压装成整体。

7) 检查 V 形云母环质量,必要时要进行修补或新制造。

8) 换向器组装好并经压型成为整体后,可套入转轴上,将电枢线圈端头嵌入换向片线槽进行焊接。焊接前要确认原始记录的正确,换向器要经过耐压试验。

9) 精车换向器表面,表面粗糙度 Ra 达到 $0.8\mu\text{m}$ 。

10) 换向器进行下刻、倒角工作。

11) 测试片间电压降。

以上介绍的修理方法适用于中小型直流电机、优点是升高片的机械强度增强(因为已形成整体),根除铆接点松动的隐患,但缺点是耗费工时和材料。

如果不采取上述方法,比如拆开换向器,取出换向片后,将铆接点处全部点焊牢也可,但升高片的机械强度未能提高,还存在升高片断裂之患。

总之，要根据具体负载运行情况来处理这种故障问题。

换向器松动的修理

造成换向器本身松动的原因是 V 形云母环老化收缩、紧固螺栓松动、V 形云母环的鸽尾尺寸与换向片的 30°锥面配合不齐，使换向片之间压力不足等，均会造成换向器松动。

由于换向片松动，引起换向片凸片，产生较大的刷火、使电刷碎裂、严重时造成换向片扭斜、变形，使换向片与轴线不平行，引起刷火加剧。

解决的办法是先将换向器加热后紧固螺栓，换向器紧固后，再在冷态下紧固一次。用小锤敲打换向器，应发出“ ”的清脆声。最后车削换向器表面。如果换向片经紧固后仍松动，这时先不要车削换向器，而是将 V 形云母环取出检查装配质量、V 形云母环厚度和 30°锥面配合情况。校正好之后，再装上 V 形云母环，进行烘压和紧固处理。

对于换向片扭斜和变形的处理方法是先将紧固螺栓松开，加热换向器，然后用夹紧工具将换向器夹住向扭变的反方向旋转，使换向片与轴线平行，最后再扭紧固定螺栓。扭紧时也是采取热、冷各一次或二次，视换向器容量大小而定，容量大的换向器要反复多紧几次。

4.21 直流电动机电枢绕组如何维修？

答：直流电动机的电枢绕组多半为采用扁铜线绕制的硬线圈，是在特制的绕线模上绕制，再按线圈节距宽度拉张成形，然后嵌入电枢槽。

图 4-27 是绕制电枢线圈用的通用绕线模。它的优点是可以用来绕制多种尺寸的电枢线圈，结构也很简单，上下两块夹板（厚度约为 3mm 左右的钢板）由位于中部的两个支架（槽钢制成）固定连接起来，在夹板左右两侧的长槽中装有两根螺杆，螺杆上套着钢管支柱。松开元宝螺母后，可以调整两根螺杆之间的距离，以便绕制尺寸不同的线圈。如果线圈的厚度或两端的圆弧半径要变动，也可以换以尺寸相当的槽钢支架和钢管支柱。为了减轻这种绕线模的重量，某些部件也可改为铝质的或塑料的。

B 级绝缘的槽绝缘和匝间绝缘通常采用 5438-1 环氧玻璃粉云母带、5131 醇酸

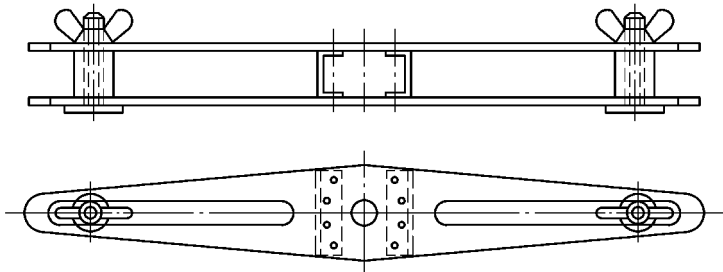


图 4-27 绕制直流电动机电枢线圈的通用绕线模

玻璃柔软云母板、2432 醇酸玻璃漆布、6530 聚酯薄膜玻璃漆布复合箔或 DMD。层间绝缘用 5131 云母板、6530 复合箔或 DMD。

线圈绕好后，在外面用聚酯纤维无纺带半叠包一层，以免线圈松散，如图 4-28 所示。

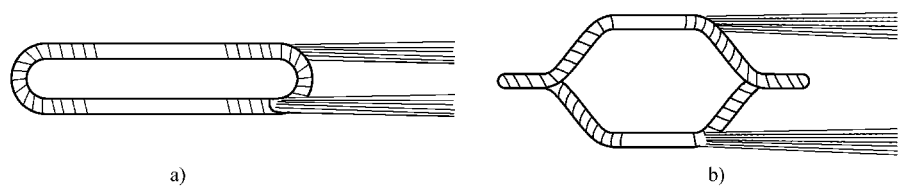


图 4-28 绕好并包扎好绝缘带的电枢线圈
a) 绕好并包扎好绝缘带的线圈 b) 已拉张成形的线圈

为了使线圈有一定的形状，绕好的线圈还应拉张成形。图 4-29 是一种较简便的线圈拉张成形的装置。它是由一块长板和一块短板组成的，两块板上均刻有线槽、线槽的截面尺寸相当于线圈的断面尺寸。使用时，把线圈的两条直线边放在长板和短板的线槽里，短板在上，长板在下（图 4-29a），再把短板沿长板移动，一直到线圈已拉张到所需的尺寸为止（图 4-29b）。

直流电动机电枢线圈与换向片正确连接，必须在嵌线后和焊接前按电枢绕组接线图在转子槽和换向片上分别标出对称轴线和号码（图 4-30）。

嵌线完毕和焊接结束后，还应绑扎钢线并作转子平衡校验。

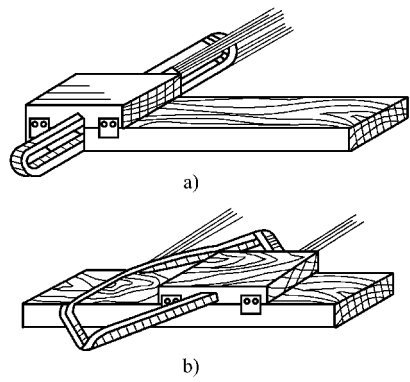


图 4-29 将电枢线圈拉张成形的装置
a) 刚装好的线圈 b) 已拉开的线圈

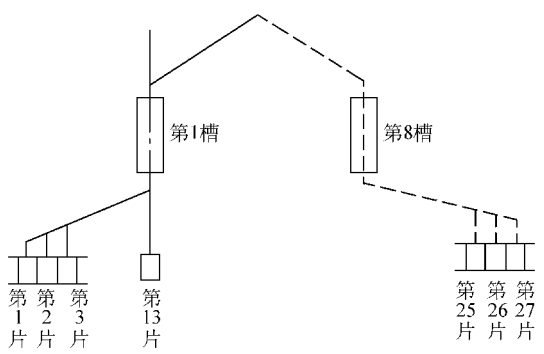


图 4-30 直流电动机电枢绕组接线图的表示法
(虚线表示线圈在槽的下层，实线表示线圈在槽的上层)

4.22 直流电动机如何拆装？

答：拆装直流电动机步骤：

- 1) 拆除所有外部接线，记好各线端标记，特别是有极性的线端。
- 2) 拆除换向器侧端盖螺钉和轴承盖螺钉，取下轴承外盖。
- 3) 打开换向器侧端盖的通风窗，从刷握中取出电刷，再拆下接到刷杆的连接

线并做好标记。

4) 拆卸换向器侧的端盖。拆卸时先在端盖与机座接合处打上标记, 然后垫上木板, 用铁锤均匀地敲打端盖边缘, 使端盖止口慢慢地脱离机座和轴承外圈。

5) 用厚纸或布将换向器包好, 以保持换向器的清洁和防止碰伤。

6) 拆除轴伸侧的端盖螺钉, 将电枢连同端盖从定子内抽出, 注意不要碰伤绕组。

7) 若需要更换轴承, 可拆除轴伸侧的轴承盖螺钉, 取下轴承外盖、端盖和轴承。

电动机的装配与拆卸时相反, 注意按所做的标记使部件复位, 最后恢复接线。

4.23 直流电动机在运行维护中必须监视的项目有哪些?

答: 直流电动机在运行中必须经常维护, 以保证正常运行。运行中, 必须监视下列项目:

(1) 换向状态监视 良好的换向, 是保证直流电动机可靠工作的必要条件。直流电动机在正常工作时, 应是无火花或小于 $1\frac{1}{2}$ 级的无害火花, 氧化膜的颜色应均匀, 并且有光泽。

在运行中, 换向器表面应保持清洁, 经常吹风清扫, 用干净白布擦换向器表面, 因换向器不洁将引起火花加大和环火事故。

(2) 温度的监视 温升同样是保证直流电动机安全运行的重要条件, 过高的温升, 会导致绝缘加速老化, 减少电动机寿命。对 B 级绝缘电机绕组温升超过允许温升 10°C , 寿命将缩短一半。因此对运行中电动机必须经常监视温升, 使之不超过绝缘等级的允许温升。

电动机温升超过允许温升时, 应立即检查:

1) 电动机是否过负载, 如果过负载较严重时, 必须适当减轻负载或使电动机空转冷却, 防止绕组温升过高而烧毁。

2) 冷却系统的故障。如风机停转、过滤器积灰过多而风阻增大, 冷却器水管堵塞, 冷却风温过高, 冷却水温过高等, 都会引起直流电动机温度升高, 发生这种情况, 应立即检修冷却系统, 对发生的问题进行处理。

3) 电动机因过滤不好, 油污和灰尘在绕组表面粘结, 使电动机散热困难、严重时堵塞了通风沟, 出现这种情况好, 应清洗电动机。

(3) 润滑系统的监视 直流电阻润滑系统, 特别是座式轴承的大型电动机, 润滑系统工作是否正常, 对于电动机安全运行亦有很大关系。

电动机在运行时, 需经常检查供油是否正常, 油环转动是否良好, 轴瓦温度是否正常, 供油是否畅通, 油标内指示及油面位置是否正常, 是否有严重漏油或甩油情况。

(4) 绝缘电阻的监视 直流电动机绕组的绝缘电阻, 仍是确保电动机安全运行

的重要因素。对于较重要的电机，每班应该检查和记录绝缘电阻数值。直流电动机绝缘电阻最低通常允许每千伏 $1\text{M}\Omega$ ，但不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。当绝缘电阻值经常波动，而其趋势是越来越低，即使加热干燥后仍难于恢复时，这样情况大都是由绝缘受碳粉、油雾等污染所导致的。发生这种情况时，必须对绕组表面进行抹擦和清扫。在清扫和加热干燥不起作用时，则应考虑用洗涤剂情况。

为了保持电动机有效高的绝缘电阻。电动机内部必须定时吹风清扫，过滤器的过滤、材料须及时更换。电动机较长时间停机时，则应使加热器通电加热以防止绝缘电阻下降，通常只要使电动机温度高于室温 5°C 时，就可以防止绕组吸潮而绝缘电阻降低。

(5) 异常情况的观察和注意

1) 异常气味。异味中较多的是绝缘味，除了新绝缘部件有机溶剂挥发时会有绝缘味外，当电动机温升过高，或绕组局部短路时，都要产生绝缘味，严重时因绝缘焦化还伴有烟雾，异味往往是事故征兆，应立即追查清楚，并处理。电动机冒烟和起火时，必须立即停机并加以解决。

2) 异常音响。通常是电动机运行噪声中突然出现一种不正常的音响，异音往往是电动机的故障信号，异声往往是轴承损坏，固定螺钉松脱、电动机定心出现变化，电动机内部件脱落刮碰，定、转子相擦等故障引起的，发现异声后，应立即停机检查原因，加以处理。

3) 异常振动，电动机运行中，振动突然加剧，因共鸣而引起噪声增加，往往是转动部分平衡破坏、轴承损坏和励磁绕组匝间短路引起过大的振动会引起某些结构部件的疲劳损坏，并影响换向性能，需及时处理。

在运行维护中发现的问题，应作具体详细记录，以便在定期检修中加以解决。

4.24 直流电动机定期检修项目有哪些？

答：定期检修项目是：①直流电动机的小修、项修（比中修有灵活性）和大修三种。②脏污电动机现场清洗。

对于大中型电动机，在现场清洗后没有大型烘干设备，所以一般选用不需烘干的清洗剂进行清洗。一般采用 GD 系列带电清洗剂。

使用这种洗涤剂无需干燥，可缩短设备检修工期、节约能源、材料和减少维修费用，特别适用于不能停电或要求停机时间尽量短，以及运输困难的机电设备的维护和检修，并能获得良好的经济效益。

(1) 主要技术指标 常用带电清洗剂有三种型号：GD-1 型、GD-2 型、GD-3 型。均是无色透明液体、水分小于 0.02% ，GD-1 型耐电压 $\geq 25\text{kV}$ ，燃点 $122^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，清洗率 $> 99.5\%$ ；GD-2 型耐电压 $\geq 10\text{kV}$ ，燃点 $> 130^{\circ}\text{C}$ ，清洗率 $> 99\%$ ；GD-3 型耐电压 $\geq 6\text{kV}$ ，燃点 $> 134^{\circ}\text{C}$ ，清洗率 $> 99\%$ 。

(2) 适用范围 该清洗剂主要适用于冶金、石油、化工、电厂电站、机车、内河及海洋运输等行业的所有机电设备、精密仪器的清洗，尤其是现场设备的维护与

清洗。

(3) 使用方法 将 GD 溶剂倒入特制喷枪罐（电动喷枪或接压缩空气）内即可连续喷射，也可用它擦洗其他清洗部件。

(4) 注意事项 应妥善存放在阴凉干燥处；对某些耐溶性较弱的物件不宜长时间浸泡；设备运行中出现火花部位，不宜带电清洗；切忌掺水使用。

1. 直流电动机的小修项目

- 1) 电机吹风清扫、清除电机内部灰尘和绕组、换向器表面污垢。
- 2) 清理云母沟内脏物和炭粉，检查和处理升高片缺陷及各种绑扎情况。
- 3) 更换和检查电刷、弹簧、调整刷压。
- 4) 测量各绕组的绝缘电阻。
- 5) 清理换向器表面、下刻云母沟。
- 6) 清理出线盒，检查和包扎引出线。
- 7) 轴承进行清洗和加油。
- 8) 绕组表面缺陷处理。
- 9) 紧固好所有紧固件。

2. 直流电动机的项修项目

- 1) 包括全部小修项目。
- 2) 解体电动机，清扫或清洗线圈，并进行干燥、喷漆处理。
- 3) 更换或修补局部线圈绝缘。
- 4) 加固松动的槽楔、绝缘垫片和修补局部线圈绝缘。
- 5) 加固和改进各绑扎线。
- 6) 清洗、换油和更换滚动轴承；刮研滑动轴承的新瓦面等。
- 7) 换向器打磨、车削和抛光处理。
- 8) 更换全部电刷和刷架。
- 9) 更换有缺陷的机械零部件。
- 10) 做检查试验（直流电阻、片间电阻、对地耐压等）。

3. 直流电动机的大修项目

- 1) 包含项修全部项目。
- 2) 电动机解体进行清扫、清洗和干燥浸渍处理。
- 3) 更换全部线圈，并做浸渍绝缘处理。
- 4) 车削换向器或转轴刷镀处理。
- 5) 更换全部电刷、改进和调整电刷装置。
- 6) 重新铸瓦、刮瓦面，安装和调整轴承座及电动机机座。
- 7) 转子找动平衡。
- 8) 机械零部件技术改造。如通风系统、升高片结构改造等。
- 9) 检查和处理常见故障，如：①补焊断裂的转子支架；②重包补偿绕组，加

固槽楔和垫片，用环氧树脂胶密封；③处理刷架和整个支架的松动位移；④换向器解体大修；⑤做 $1.3U_N$ 的超压试验及特殊要求试验等。

10) 处理换向器表面烧伤故障时做以下检查和试验项目：①测刷距，调整刷座；②测电刷中性线；③无火花区试验；④测极距、各部气隙；⑤用大电流（10A 以上）测片间电阻等。

4.25 直流电动机检修后有哪些检查？

答：直流电动机检修后应做下列项目的检查：

- 1) 各接线与端子标号是否相符，电机内部接线不得和转动部件相碰。
- 2) 换向器表面应光滑、清洁、片间云母不得凸出，沟深应为 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 。
- 3) 用塞尺检查气隙不均匀程度：3mm 以下的气隙，不均匀度不得大于 20%；3mm 以上时，不得大于 10%。
- 4) 刷握间的距离应等于换向器的极距，200kW 以下的电机，允许误差应小于 $1.5\% \sim 2\%$ 。
- 5) 刷握到换向器表面的最小距离为 $2 \sim 4\text{mm}$ 。
- 6) 电刷在刷握中应有间隙，确保电刷在刷握中能自由活动。轴向间隙为 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ ，顺着电枢的旋转方向为刷厚 $6 \sim 12\text{mm}$ 时，间隙为 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ ；刷厚大于 12mm 时，间隙为 $0.15 \sim 0.4\text{mm}$ 。
- 7) 电刷表面与换向器接触面不小于电刷面积的 75%，刷面应光滑。

第 5 章 交流电机的使用与维修

5.1 交流电机如何分类？各有什么用途？

答：交流电机主要分成同步电机和异步电机两大类。同步电机主要用作发电机外，还可作同步电动机和同步补偿机（以提高电网运行的功率因数，减少线损及电压稳定性）。异步电机主要作电动机用，特殊情况也可以做发电机用（如小型水电站的发电机），它是各种电机中应用最广、需要量最大的一种电机。

5.2 同步电机如何分类？各有什么用途？

答：同步电机是转子转速与电网的频率成恒定比例的一种交流电机，按用途不同，可分为同步发电机、同步电动机和同步补偿机。

同步发电机把机械能转换为电能，现代电力工业中，无论是火力发电、水力发电、核能发电或柴油机发电等，几乎全部采用同步发电机供给各工矿企业及日常生活的需要。

同步电动机把电能转换为机械能，由于电压频率与极对数一定时，其转速不随负载的变化而变化，且功率因数可调，因此广泛用于不要求调速和功率较大的机械设备。

同步补偿机专门用来调节向电网输送的电感性或电容性的无功功率，以改善电网的功率因数，提高电网运行经济性，同步补偿机本身消耗的功率很少。

与三相异步电动机相比，同步电动机用得不广泛。随着工业的迅速发展，一些生产机械要求的功率越来越大，如空气压缩机、送风机、球磨机、电动发电机组等，功率可达数百万至数千千瓦，采用同步电动机拖动更为合适。这是因为大功率同步电动机与同容量的异步电动机比较，有明显的优点。首先，同步电动机的功率因数较高，在运行时，能够改善电网的功率因数，这点是异步电动机做不到的。

5.3 小功率同步电动机的类型及用途是什么？

答：小功率同步电动机的类型及用途见表 5-1。

表 5-1 小功率同步电动机的类型及用途

类 型		用 途
小功率同步电动机	三相磁阻同步电动机	适用于三相电源及功率较大的恒转速拖动，如摄像机、大型复印机、通信设备等
	单相磁阻同步电动机	适用于单相电源场合的恒转速拖动
	三相磁滞同步电动机	适用于自动记录装置、音响设备和记录仪表等的拖动
	单相磁滞同步电动机	适用于录音机、自动记录装置、音响设备、仪器仪表等的拖动
	三相异步起动永磁同步电动机	适用于连续工作机械的拖动，如纺织、化纤等生产机械
	单相异步起动永磁同步电动机	
	单相爪极式永磁同步电动机	适用于低速及恒速的机械拖动，如自动记录仪、表定时器等

5.4 异步电动机的类型及用途是什么？

答：异步电动机的类型及用途见表 5-2。

表 5-2 异步电动机的类型及用途

	类 型	用 途	新型号
异步电动机	异步电动机	用于拖动一般机械设备，如机床、风机、水泵等	Y
	高效率异步电动机	适于运行时间长、负荷率高的各种机械设备配套	YX
	绕线式异步电机	适于功率较大及要求起动转矩较高、起动电流较小的场合	YR
	高起动转矩异步电动机	用于起动静止负载或惯性较大负载的机械，如压缩机、粉碎机 etc	YQ
	高转差率异步电动机	用于拖动飞轮惯量较大和不均匀冲击负载的机械，如锤击机、剪切机、冲击机、压缩机、绞车等	YH
	多速异步电动机	用于要求有 2~4 种转速的一般机械	YD
	精密机床用异步电动机	用于要求振动小、噪声低的精密机床	YJ
	制动异步电动机（傍磁式）	用于要求快速制动的机械，如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等	YEP
	制动异步电动机（杠杆式）	用于要求快速制动的机械，如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等	YEG
	制动异步电动机（附加制动器）		YEJ
	锥形转子制动异步电动机		YEZ
	电磁调速异步电动机	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及其他要求恒转矩无级调速的机械上	YCT
	换向器式（整流子）调速异步电动机	同 YCT 型，但效率和功率因数比 YCT 高	YHT
	齿轮减速异步电动机	用于要求低速、大转矩的机械，如炼钢机械、造纸机械、矿山机械、运输机械等	YCJ
	摆线针轮减速异步电动机		YXJ
	力矩异步电动机	用于恒张力、恒线速传动和恒转矩传动，如电线、电缆、纺织、印染、造纸、冶金等机械	YLJ
	起重冶金用异步电动机	用于起重机械及冶金辅助机械	YZ
	起重冶金用绕线式异步电动机		YZR
	化工防腐用异步电动机	用于有化学腐蚀性物质的场所	Y-F

(续)

类 型		用 途	新型号
异步电动机	隔爆型异步电动机	用于有爆炸性气体的场所	YB
	增安型异步电动机	用于仅在不正常情况下才能形成爆炸性混合物的场所	YA
	船用异步电动机	用于船舶上	Y-H
	浅水排灌异步电动机	用于农业排灌及消防等场合	YQB
	深水泵异步电动机	用于深井提水	YLB
	木工用异步电动机	适于木工机械	YM
	激振异步电动机	用于各种振动机械，如振动给料机、振动输送机、振动落砂机、振动干燥机、料仓的振动防闭塞装置等	YJZ YZO
	振动桩锤用耐振异步电动机	适用于拖动剧烈振动的机械如沉拔桩机等	YNZ
	夯实用异步电动机	与 WGYZH- I 、Ⅱ型可逆式电动振动夯实机配套使用，用于建筑行业及其他夯实作业	YZH
	辊道用异步电动机	适用于冶金企业的工作辊道辊子和传递辊道辊子的拖动	YG
	抛光专用异步电动机	适用于电镀零件及其他需要光亮处理的零件磨光、抛光	YSP
	油泵专用异步电动机	适用于 CY-Y 油泵机组、齿轮泵叶及其他类型的柱塞泵机组的电机配套	YYB
	户外型异步电动机	适用于户外环境用的各种机械配套	Y-W
	防腐型异步电动机	适用于在化学腐蚀介质环境中使用的各种机械配套	Y-F
	户外防腐型异步电动机	适用于在有少量化学腐蚀介质的户外使用的各种机械设备	Y-WF
	屏蔽型异步电动机	用于化工、石油、原子能等部门，可不泄漏地输送不含颗粒的剧毒、腐蚀性、易燃、放射性液体	YP
	制冷机用耐氟里昂异步电动机	专供全封闭和半封闭制冷压缩机特殊配套用，YLRB 为单相，YSR 为三相	YSR YLRB

5.5 小功率异步电动机的类型及用途是什么？

答：小功率异步电动机的类型及用途见表 5-3。

表 5-3 小功率异步电动机的类型及用途

类 型		用 途
小功率异步电动机	三相异步电动机	适用于有三相电源的场合，如小型机床、电钻、泵、风机等

(续)

类 型		用 途
小功率异步电动机	单相电阻起动异步电动机	适用于不经常起动、惯性低、转速基本不变的小车床、鼓风机、医疗器械等小型机械
	单相电容起动异步电动机	适用于小型空气压缩机、制冷压缩机、水泵等要求重载起动的小型机械
	单相电容运转异步电动机	适用于电风扇、通风机、录音机等轻载起动及要求低噪声的各种小型机械
	单相电容起动和运转异步电动机	适用于负载起动及要求噪声低的场合，如小型机床、食品机械、木工机械、泵等小型机械
	罩极式异步电动机	适用于对起动转矩要求不高的电风扇、电动模型、复印机等小型机械
	单相串励电动机	适用于电动工具、吸尘器、搅拌器等高速拖动的小型机械

5.6 三相异步电动机如何分类？

答：三相异步电动机分类见表 5-4。

表 5-4 三相异步电动机分类

分类依据	类 别	
按转子结构分	笼型异步电动机	单笼型异步电动机 双笼型异步电动机 深槽式异步电动机
	绕线式异步电动机	
按定额工作方式	连续定额工作电动机 短时定额工作电动机 断续定额工作电动机	
按防护类型分	开启式电动机 防护式（防滴、网罩）电动机 封闭式电动机 密闭式电动机 防爆式电动机	
按尺寸范围分	大型、中型、小型和微型电动机	

注：笼型应用广泛适用于工农业的各个领域的机电设备；绕线式结构比较复杂，维护不方便，用于对起动性能要求较高的设备上，例如起重机、卷扬机等。

5.7 新老异步电动机型号的对照有哪些？

答：新老异步电动机型号参照见表 5-5（仅供参考）。

表 5-5 新老异步电动机型号对照

产 品 名 称	产 品 代 号		代号汉 字意义	产品结构形式及特征
	新	老		
小型三相异步电动机	Y	JO、JO2、JO3、JO4、JO-L、JO2-L	异	封闭式，铸铁外壳，壳上有散热筋，外风扇吹冷，铸铝转子，防护等级为 IP44
小型三相异步电动机	Y	J、J2、J3、J-L、J2-L	异	防护式，铸铁外壳，铸铝转子，防护等级为 IP23
三相异步电动机	Y	JS、JS2、JSL2、JSL、JK、JK2、JSQ	异	中心高在 H355mm 以上，基本型式为防护式，卧式，机座带底脚，电动机为径向通风，电压等级有 380V、3000V 和 6000V
小型三相异步电动机	YR	JRO、JRO2	异绕	自冷式绕线转子，铸铁外壳，壳上有散热筋，防护等级为 IP44
小型三相异步电动机	YR	JR、JR2	异绕	防护式，铸铁外壳，绕线转子，防护等级为 IP23
三相异步电动机	YR	JR、JR2、JRL2、JRQ、JRL、JRAI	异绕	中心高 H355mm 以上，基本型式为防护式，绕线转子，防护等级为 IP23，根据用户要求可制成管道通风式，电压为 3000V、6000V
高转差率（滑差）异步电动机	YH	JH、JHO2	异滑	结构同 Y（IP44）型电动机，转子用合金铝浇铸
变极多速异步电动机	YD	JD、JDO2	异多	电动机转速可逐级调节，有双速、三双、四速三种，定子一套绕组，通过改变联结方法，达到变速，电动机引出线为 9 ~ 12 根，结构同 Y（IP44）
三相异步电动机	YX	补缺	异效	在 Y（IP44）上派生，采用较好的材料，增加有效材料的用量，改进设计，功率等级与安装尺寸同 Y 系列（IP44）
制动三相异步电动机（旁磁式）	YEP	JZD	异(制)旁	转子非轴伸端装有分磁块及制动装置，与电动机组成一体，功率等级与安装尺寸同 Y（IP44）
制动三相异步电动机（附加制动器）	YEJ	补缺	异(制)加	由电动机和电磁铁制动器组合成产品，可与 Y 系列（基本型）及派生系列组合成适合于各种要求的制动电动机，通用性高，但轴向长度长
电磁调速三相异步电动机	YCT	JZT	异磁调	由封闭式电动机和电磁转差离合器组成
齿轮减速三相异步电动机	YCJ	JTC	异(齿)减	由封闭式电动机和减速器组成

(续)

产 品 名 称	产 品 代 号		代号汉字意义	产品结构形式及特征
	新	老		
三相异步电动机（低振动、低噪声）	YZC	JJO、JJO2	异振噪	结构同 Y（IP44）电动机
立式深井泵用三相异步电动机	YLB	JLB2、DM、JTB	异立泵	H132mm 在 Y（IP44）上派生，其余机座号均在 Y（IP23）上派生，机座不带底脚，安装型式为 V6（立式），下端盖上有凸缘（配泵体），无轴伸
增安型三相异步电动机	YA	JA02	异安	功率等级与安装尺寸对应关系，在大功率部分比 Y（IP44）有所降低，定子温升限值比 Y（IP44）低 10K（电阻法不超过 70K）。也规定了转子堵转温升限值，定子绕组配有保护装置
隔爆型三相异步电动机	YB	BJO2、BJO3、JB、1JB、JBS、JC	异爆	功率等级和安装尺寸对应关系同 Y（IP44），仅结构特征和外形尺寸略有差异，接线盒为 IP54，位于顶部
户外和户外防腐型电动机	Y-W Y-F Y-WF	JO2-W JO2-F JO2-WF	异（外） 异（腐） 异（外腐）	在 Y（IP44）上采用加强结构密封和材料工艺防腐措施派生的
木工用三相异步电动机	YM	JM、JM2、JM3	异木	封闭自扇冷式，笼型转子，均为 2 极电动机
电梯用三相异步电动机	YTD	JTD	异梯电	YTD 为 2 速，YTD2 为 3 速
电动阀门用三相异步电动机	YDF YDF-WF	补缺	异电阀 异电阀（户外防腐型）	结构同 Y（IP44），转子采用高铝合金，没出线盒，有三根引出线从电动机前端盖引出
双值电容单相异步电动机	YL		异（双）	在 Y（IP44）上派生的一种单相电动机
船用三相异步电动机	Y-H	JO2-H	异（船）	在 Y（IP44）上派生，工艺上对电动机表面作过特殊处理，定子线圈进行三次浸漆，能适应盐、油雾和霉菌环境要求
辊道用三相异步电动机	YG	JC2	异辊	外表面有环形散热筋 采用 H 级绝缘用于冶金工业的辊道驱动

产 品 名 称	产 品 代 号		代号汉 字意义	产品结构形式及特征
	新	老		
力矩三相异步电动机	YLJ	JLJ	异力矩	防护等级有 IP44 和 IP21 两种，可频繁启动，或作一定时间的堵转
三相异步电动机（高启动转矩）	YQ	JQ、JQ02、JQ0	异起	充水式密封结构，与潜水泵组合，立式运行。专用于驱动井下水泵
隔爆异步电动机（小机座）	YB2	JBS（TAT）	异爆小	在 Y 系列上派生，是 YB 系列更新换代产品
起重及冶金用绕线转子三相异步电动机	YZ2 YZR2	JZ2、JZR2	异重绕	起重冶金用异步电动机

5.8 三相异步电动机工作原理是什么？

答：三相异步电动机工作原理是：

当异步电动机定子三相绕组中通入对称的三相交流电时，在定子和转子的气隙中便产生一个旋转磁场，该磁场切割转子导体，在转子导体内产生感应电动势。根据右手定则可知，在图 5-1 所示的瞬间，转子上半部导体的电动势方向“穿出”纸面，用符号“·”表示；下半部导体的电动势方向“进入”纸面，用符号“×”表示。由于转子导体通过端环相互联接形成闭合回路，因此，在导体中就出现感应电流。如果忽略导体电抗的影响，可认为电流与感应电动势方向一致。

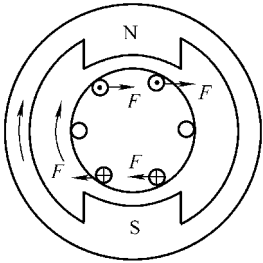


图 5-1 异步电动机工作原理

当导体中通过电流时，由于旋转磁场和转子感应电流的互相作用产生电磁力。根据左手定则可知：转子上半部及下半部导体受力方向均为顺时针方向，这一对电磁力对转轴形成一个旋转磁场同方向的电磁转矩。转子在电磁力的作用下，使转子沿着磁场旋转的方向而转动。

如果这时在电动机轴上加上机械负载，则电动机将输出机械能。所以，电动机由定子绕组输入电能，通过电磁感应将电能传递给转子，转换成机械能输出，这就是异步电动机的工作原理。

5.9 三相异步电动机典型结构如何？

答：Y 系列三相异步电动机，可取代老系列电动机，如 J、JO、J2、JO2、JO3、JO4 等系列电动机，具有国际互换特点，可用于出口和进口设备配套。图 5-2 表示 Y 系列（IP23）典型结构图，图 5-3 表示 Y 系列（IP44）典型结构图。Y 系

列的生产厂及技术数据可查阅本章的 5. 11 题。

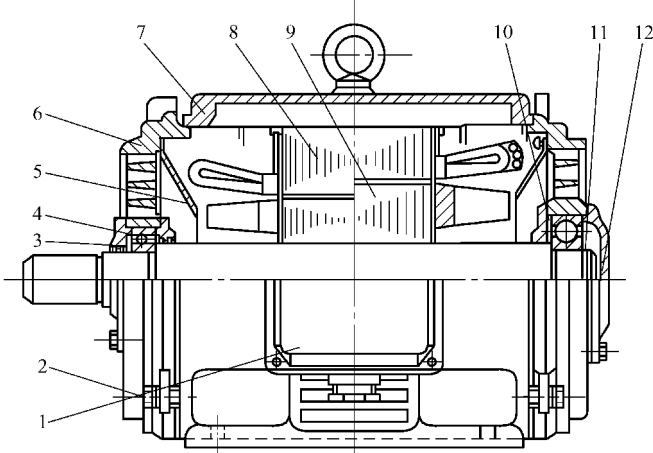


图 5-2 Y 系列 (IP23) 结构图

- 1—接线盒 2—紧固件 3—轴承外盖 4—轴承
5—挡风板 6—端盖 7—机座 8—定子 9—转子
10—轴承内盖 11—轴用挡圈 12—轴承外盖

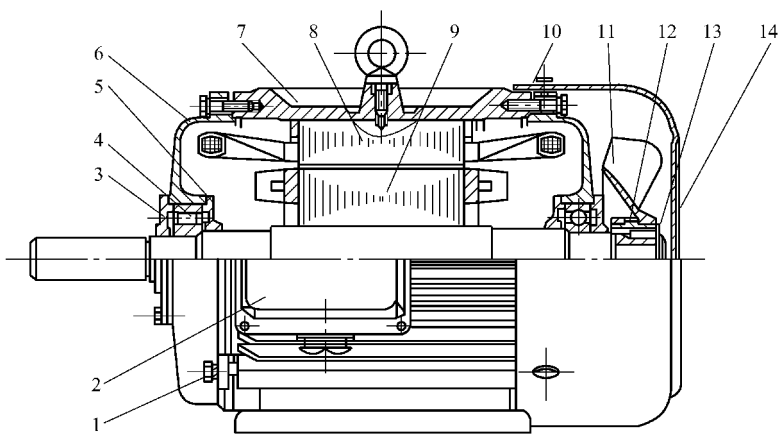


图 5-3 Y 系列 (IP44) 结构图

- 1—紧固件 2—接线盒 3—轴承外盖 4—轴承
5—轴承内盖 6—端盖 7—机座 8—定子 9—转子
10—风罩 11—风扇 12—键 13—轴用挡圈 14—外风扇罩

5. 10 异步电动机的主要产品型号有哪些？

答：异步电动机的主要产品型号见表 5-6。

表 5-6 异步电动机的主要产品型号

类别	型 号	名 称	型号意义	表 5-7 排列序号
大型异步电动机	YR (JRZ) 系列	大型三相异步电动机	GB 4831—84	1
	Y (JSZ) 系列	大型三相异步电动机	GB 4831—84	2
	YK 系列	大型三相高速笼型异步电动机	GB 4831—84	
	YL 系列	大型三相立式笼型异步电动机	GB 4831—84	
	YFM 系列	大型异步电动机	GB 4831—84	3
	JS 系列	中型三相异步电动机	GB 4831—84	4
	YD 型	及其他多速异步电动机	GB 4831—84	5
	YLB、YRB、YQT 型等	大型变速异步电动机	GB 4831—84	
	BPY	变频调速异步电动机	GB 4831—84	
	YQMKK、YQMWK、YTM 系列	磨机用大型三相异步电动机	GB 4831—84	
	YKK、YKS、YRKK (SK) 系列	大型异步电动机	GB 4831—84	
	YQGN990、YCH、YKOS、YAd 型等	大型异步电动机		
中型异步电动机	Y 系列	高压三相异步电动机	引进美国西屋公司技术	6
	YKK、YKK-W 系列	高压三相异步电动机	GB 4831—1984	7
	YKS、YKS-W、YQF 系列	高压三相异步电动机	GB 4831—1984	8
	YK 系列	高速低噪声三相异步电动机	GB 4831—1984	9

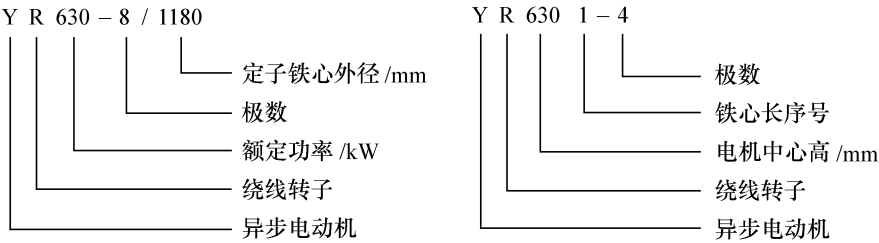
5.11 国产主要异步电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有哪些？

答：

1. YR (JRZ) 系列大型三相异步电动机

(1) 主要用途 可用于冶金、煤矿、造纸及机械制造等工业部门，驱动轧钢要、卷扬机、水泵、风机、碾煤机、电动发电机组及其他通风机械。该系列电动机不能在运行中反接电源，但可在停转后逆转运行。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 卧式结构，带两个座式轴承，一般有开启式自然通风和管道通风两种，部分电动机是长轴可移式的。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	最大转矩 额定转矩	转子		外形尺寸/mm			总重 /t
									电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
YR400-12/1180	400	6	51. 8	493	93	0. 78	开启式	2. 3	692	359	2260	1940	1480	6. 95
			50. 4	491	90. 5			1. 8	695	363	2430	1640	1550	6. 1
YR400-12/1180	400	6	55	490	92	0. 76	开启式	2. 09	521	493	2430	1640	1710	6. 1
YR400-12/1180	400	6	52	494	94. 4	0. 81	开启式	2. 7	411	349	2120	1640	1685	17. 4
YR400-12/1180	400		51	490	90. 5	0. 75		1. 8						5. 8
YR400-12/1180	400	6	51	500/492	90. 5/93. 8	0. 75/0. 80	箱式	1. 8/2. 32			2420	1640	1540	5. 8
YR6301/12/990	400	6	53	494	94. 5	0. 769	空-空冷	2. 5	766	307	3055	1690	2150	9. 35
YR500-12/1180	500		65	490	90. 5	0. 76	开启式短轴	1. 8						
YR500-12/1180	500	6	63	500/492	91/94	0. 76/0. 81	箱式	1. 8/2. 3			2410	1640	1540	5. 8
YR500-12/1180	500	6/3	65	493	93. 5		开启式	2. 3	830	374	2340	1940	1480	7. 19
YR500-12/1180	500	6	63	594	91. 7	0. 82	开启式	2. 6	495	361	2120	1640		6. 87
YR500-16/1430	500	6	66	365	93	0. 78	开启式	2. 1	684	440	2390	2330	1630	
YR500-16/1430	500	6	66	375	91. 2	0. 797	开启式	2. 4	421	430	2020	1990		
YR500-16/1430	500	6	74	366	90. 5	0. 72	开启式	1. 8	729	430	2380	1990	1850	7. 2
YR500-16/1430	500	6	69	375/369	90. 5/94	0. 72/0. 73	箱式	1. 8/2. 6	800	384	2630	1990	1560	8. 7
YR500-20/1730	500	6	71	300 (同步转速)	90. 8	0. 75	开启式	2. 3	469	389	2110	2460	2075	14. 7
YR500-20/1730	500	6	75	293	90	0. 71	开启式	1. 8	812	389	2490	2460	2250	8. 6
YR500-20/1730	500	6	67	300 (同步转速)	90	0. 71	开启式	1. 8	720	436	2110 2610	2460	2150	9. 7

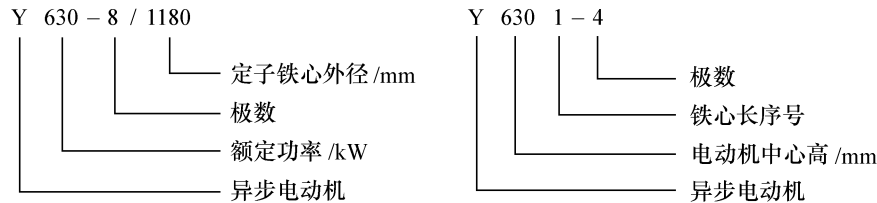
(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	最大转矩 额定转矩	转子		外形尺寸/mm			总重 /t
									电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
YR500-20/1730	500	6	75	250 (同步转速)	89.3	0.68	开启式	1.8	770	404	2110 2610	2460	2150	11.4
YR500-24/1730	500	6	75	250 (同步转速)	90.7	0.71	开启式	2.2	542	340	2110	2460		9.4
YR118/34-8	550	6	66.5	739	94	0.83	开启式	2.2	675	505	2300	1940	1480	6.75
YR118/34-8	550	6	66.5	739	94	0.83	开启式双轴伸	2.2	675	505	2640	1940	1480	6.81
YR118/44-8	630	6	76.3	741	93.5	0.82	封闭式	2.5	849	460	2800	1940	1480	7.9
YR118/44-8	630	6	76.3	741	94	0.83	开启式	2.5	849	460	2400	1940	1480	7.16
YR630-8/1180	630	6	76.3	741	94	0.81	开启式	2.5	848	460	2380	1940	1480	
	630		74.5	737	92		管道式	1.8	679	588	2430	2620	1685	
YR630-8/1180	630	6	72	750/740 (同步转速)	92/94.9	0.81/0.89	箱式	1.8/2.25			2460	1640	1540	5.7
YR630-8/1180	630	6	81	740	92	0.81	开启式	1.8	448	876	2430	1640	1550	6.5
YR630-8/1180	630	6	77	750 (同步转速)	93.3	0.84	开启式	2.1	448	507	2120	1640	1685	7.74
YR630-10/1180	630	6	78	600 (同步转速)	91.8	0.83	开启式	2.0	518	443	2120	1640		7.5
YR630-10/1180	630	6	77	580	94	0.848		2.37	586	380	2790	1640	1606	8.2
YR630-10/1180	630	6	82	592	82	0.8	开启式	1.8	943	416	2430	1640	1550	6.7
			76.3		94	0.898		2.37	895	438	2400	1940	1740	7.77

2. Y（JSZ）系列大型三相异步电动机

(1) 用途 适用于拖动风机、球磨机、破碎机、水泵、压缩机等机械设备。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 卧式结构，有两个座式轴承，通风方式有开启式自然通风、管道通风及半管道通风三种。

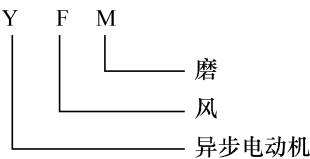
(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 /（r/min）	效率 （%）	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	外形尺寸/mm			总重 /t
											长	宽	高	
Y400-12/1180	400	6	52	494	93.2	0.828	开启式	4.74	0.98	2.04	2015	1620	1630	5.3
					92.36	0.807		6.34	1.82	2.63		1920	1640	5.32
Y500-12/1180	500	6	63	494	92.84	0.82	开启式	6.41	1.92	2.62	1920	1640		6.15
Y500-16/1430	500	6	67	370	92.14	0.784	开启式	5.59	1.52	2.43	1820	1990		5.6
Y630-8/1180	630	6	73	750/747	92/95	0.81/0.87	箱式	6.5/5.39	1.147	1.84	2230	1640	1685	6.59
Y630-10/1180	630	3	151	590	94.5	0.845		5.5	0.838	1.94	1920	1640		5.27
Y630-10/1180	630	6	78	600/594 (同步转速)	92/95	0.80/0.81	箱式	6.5/5.01	1.15	2.28	2135	1620	1630	4.7
Y630-12/1430	630	6	85	495	91.5	0.78	开启式	6.5	1.39	2.69	1820	1990		6.47

3. YFM 系列大型异步电动机

(1) 用途 用于拖动飞轮转动惯量特别大的风扇磨煤机及其他特性相似的机械。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 电动机为全封闭型、冷却器在机座上部。采用卧式端盖滚动轴承结构，单轴伸。绝缘等级为 F 级，温升按 B 级考核。

(4) 技术数据

型 号	额定功率 /kW	额定电压 /kV	极 数	效率 (%)	功率因数	起动电流 额定电流	起动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	允许的最大转动惯量 / (kg·m ²)
YFM400-10/1060	400	6	10	93	0.8	6	1	2.2	1.44 × 10 ⁶
YFM450-10/1060	450	6	10	93.1	0.8	6	1	2.2	1.58 × 10 ⁶
YFM560-10/1060	560	6	10	93.2	0.8	6	1	2.2	1.73 × 10 ⁶
YFM710-10/1060	710	6	10	93.5	0.8	6	1	2.2	2.34 × 10 ⁶
YFM500-12/1300	500	6	12	94	0.76	6	1	2.2	3.43 × 10 ⁶
YFM560-12/1300	560	6	12	94.2	0.76		1	2.2	3.91 × 10 ⁶
YFM710-12/1300	710	6	12	94.5	0.76	6	1	2.2	3.945 × 10 ⁶
YFM800-12/1300	800	6	12	95.2	0.76	6	1	2.2	4.87 × 10 ⁶
YFM900-12/1300	900	6	12	95.2	0.76	6	1	2.2	5.10 × 10 ⁶
YFM1000-12/1300	1000	6	12	95.2	0.76	6	1	2.2	5.96 × 10 ⁶
YFM1120-12/1300	1120	6	12	95.4	0.76	6	1	2.2	5.96 × 10 ⁶
YFM1250-12/1300	1250	6	12	95.4	0.76	6	1	2.2	4.29 × 10 ⁶

(续)

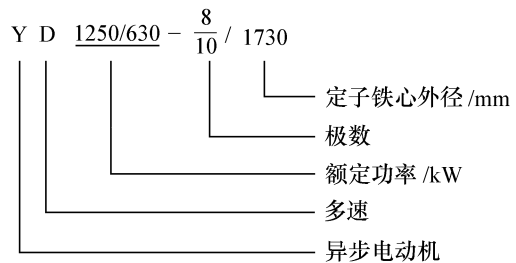
型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	推力轴 承负荷 保证值 /t	转子		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
YFM400-10/1060	400	6	52.5	600 (同步转速)	93	0.8	卧式封 闭式带 空气冷却器	6	1	2.2	36580			2220	1850	2300	
YFM450-10/1060	450	6	59.1	600 (同步转速)	93.1	0.8		6	1	2.2	40280			2220	1850	2300	
YFM560-10/1080	560	6	73.5	600 (同步转速)	93.2	0.8	卧式封 闭式带	6	1	2.2	45620			2420	2350	2300	
YFM560-10/1250	560	6	70.5	595	93.8	0.79	空气冷却器	7	1	2.5	99700			2990	2272	2750	
YFM710-10/1080	710	6	93.2	600 (同步转速)	93.5	0.8		6	1	2.2	59670			2420	2350	2300	
YFM500-12/1300	500	6	67.4	500 (同步转速)	94	0.76		6	1	2.2	87460			2470	2800	2820	
YFM560-12/1300	560	6	72.6	500 (同步转速)	94.2	0.76		6	1	2.2	99700			2940	2800	2820	
YFM710-12/1300	710	6	95.7	500 (同步转速)	94.5	0.76		6	1	2.2	100500			2730	2800	2820	
YFM800-12/1300	800	6	108	500 (同步转速)	95.2	0.76		6	1	2.2	124000			2730	2800	2820	16.7
YFM900-12/1300	900	6	121.3	500 (同步转速)	95.2	0.76		6	1	2.2	130000			3200	2800	2820	

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	推力轴 承负荷 保证值 /t	转子		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
YFM1000-12/1300	1000	6	134.8	500 (同步转速)	95.2	0.76		6	1	2.2	152000			2930	2800	2820	
YFM1120-12/1300	1120	6	142.5	500 (同步转速)	95.4	0.76		6	1	2.2	152000			2930	2800	2800	
YFM1250-12/1300	1250	6	168.5	500 (同步转速)	95.4	0.76		6	1	2.2	160400			3400	2800	2820	
YFM500-2-6	200	6	25	980	90	0.82	IP44	6	0.9	2				2920	1690	1750	4.6
YFM630-2-8	2850	6	36.6	740	92	0.8	IP44	6	0.9	2				2070	2000	2050	6.81
YFM630-3-8	320	6	41.8	741	92	0.8	IP44	6	0.9	2				2320	2000	2050	7.51
YFM630-4-8	360	6	46	742	92	0.8	IP44	6	0.9	2				2320	2000	2050	7.72

4. YD 型及其他多速异步电动机

(1) 型号含义



其余各项说明与 YLB 变速电动机相同。

(2) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	外形尺寸/mm			总重 /t
											长	宽	高	
YD630-2-6/8	1250/630	6	139. 7/83. 7	985/743	94/93. 5	0. 86/0. 76	水-空冷	6/7. 5	0. 8	1. 8	3125	2360	2420	11. 2
YD800-3-8/10	1250/630	6	159/86	744/594	93. 5/92. 5	0. 80/0. 75	水-空冷	6	1. 0	1. 8	3160	2210	2420	15. 75
YD800-3-8/10	1250/630	6	160/87	744/594	92. 5/91. 5	0. 80/0. 75	水-空冷	6	1. 0	1. 8	3560	2210	2900	16. 9
YD800-4-8/10	1600/800	6	203. 5/111. 7	735/588	93/91. 5	0. 80/0. 74	水-空冷	6	1. 0	1. 8	3280	2210	2420	16
YD800-1-8/10	1600/800	6	190. 8/120. 3	742/596	94. 5/93. 5	0. 84/0. 67	水-空冷	6/6. 5	0. 8/1. 0	1. 8	3200	3260	2420	14. 5
YD800-4-8/10	1600/800	6	200/110	742/593	94/93	0. 8/0. 75	IM7211	6. 5	1. 0	1. 8	3280	2060	2500	16. 1
YD1120-3-10/12	2000/1000	6	241. 6/129	595/496	93. 5/92. 5	0. 83/0. 79	IM7211	7	0. 9/1	2. 5	4230	2500	4100	28. 852
YD1120-4-10/12	3600/2200	6	435/239	595/496	95/94	0. 83/0. 76	IM7211	7/8	1/1. 3	2. 5	3860	2500	3490	33. 42
YD1000-7-8/10	3700/1850	6	423. 7/216. 6	745/595	96/95	0. 86/0. 85	IM1001	6. 5/6	0. 8/0. 9	2. 0	3395	2250	3085	25. 125
YD800-1-6/8	1250/630	6	145/85	982/746	94. 88/ 93. 48	0. 8736/ 0. 7	水-空冷	5. 14/ 5. 75	0. 833/ 0. 985	1. 83/ 2. 21	3170	2200	2460	13. 5
YD800-2-6/8	1400/710	6	164/92	891/743	95/94. 5	0. 8628/ 0. 787	防滴式 IP23	5. 141/ 4. 98	1. 21/ 1. 40	2. 02/ 2. 09	3160	1840	2850	13. 35
YD800-2-6/8	1400/710	6	160/90	992			上水冷	6. 5	0. 7	1. 8				14. 13
YD800-3-6/8	1600/800	6	184/104	995/747	95. 51/ 94. 36	0. 8764/ 0. 7	水-空冷	5. 53/ 5. 76	0. 938/ 1. 0	1. 823/ 2. 16	3170	2200	2460	15. 1
YD800/400-8/10	800/400	6	98. 3	743				6. 5	0. 7	1. 8				10. 95
YD800-3-8/10	1250/630	6	152/86	744/595	94. 86/ 93. 75	0. 8/0. 75	上水冷	6	1	1. 8	3160	2200	2350	17. 26

(续)

型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	外形尺寸/mm			总重 /t
											长	宽	高	
YD800-3-8/10	1250/630	6	157/86	744/595	94.86 93.75	0.8067/ 0.7512	水-空冷	5.357/ 4.762	1.4543/ 1.51	2.144/ 1.986	3160	2200	2350	16.5
YD1250/725-8/10/1730	1250/725	6	144/90	746/597	93.6/92.3	0.89/0.83	空-空冷	5.63/ 5.83	0.822/ 0.98	2.3/2.55	3970	3130	2085	19
YD800-4-8/10	1400/710	6	180/105	744/595	94/93	0.80/0.70	防滴式 IP23	6.0/6.0	0.7/0.7	1.8/1.8	3200	1840	2850	16.8
YD800-4-8/10	1400/710	6	169/93	744/595	95/93.8	0.82/0.7	上水冷	5.7/4.93	1.44/1.5	2.2/1.8	3285	2200	2435	14.4
YD800-5-8/10	1600/800	6	202/106	745/594	95.1/94	0.8/0.77	上水冷	6.5	0.8	1.8	3285	2200	2350	17.13
YD800-5-8/10	1600/800	6	202/106	745/594	95.197/ 94.06	0.8022/ 0.744	水-空冷	5.887/ 4.489	1.663/ 1.445	2.362/ 1.872	3285	2200	2350	17.133
YD800-5-8/10	1600/800	6	207/113	745/594	94.63/ 91.61	0.79/0.75	上水冷 IM7311	6.03/ 4.23	2.29/ 1.18	2.9/2.2	3285	2600	2470	16.9
YD2000/1000-8/10	2000/1000	6	750/600											
YD2000/1000-8/10	2000/1000	6	244/144	741/594	94.97/91.4	0.84/0.74	上水冷 IM7311	5.72/ 5.67	2.15/ 2.5	2.54/ 2.63	3285	2600	2555	17.1
YD2000/1250-16/8	2000/1250	6	375/300											
YD4000/2500-10/12	4000/2500	6	600/500											
YD1250/630-8/10/1730	1250/630	6	140/76	745/595	94.7/92.7	0.91/0.87	开启式	6.48/ 5.69	1.01/ 0.75	2.7/2.2	2840	2800	2075	12.894
YD1250/630-8/18/1730	1250/630	6	140/76	745/596	94.7/92.7	0.91/0.87	管道式	6.48/ 5.69	1.01/ 0.75	2.7/2.2	2840	2800	2075	14.14

(续)

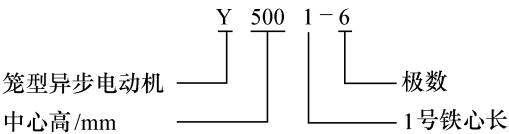
型 号	额定 功率 /kW	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	额定转速 / (r/min)	效率 (%)	功率 因数	结构 形式	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	外形尺寸/mm			总重 /t
											长	宽	高	
YD1250/630-8/10/1730	1250/630	6	140/76	745/596	94.7/92.2	0.91/0.87	水-空冷	6.84/5.69	1.01/0.75	2.7/2.2	2840	2505	3492	17.7
YD1250/630-8/10/1730	1250/630	6	140/76	745				6.5	0.7	2.0/1.8				14.17
YD1250/630-8/10/1730	1250/630	6	140/76	745				6.5	0.7	2.0/1.8				
YD1250/630-8/10/1730	1250/630	6	140/76	745			上水冷	6.5	0.7	2.0/1.8				12.29
YD1250/780-12/14/1730	1250/780	6	149/112	495/422	94/94	0.85/0.71	开启式	4.88/ 5.82	0.825/ 1.04	2.16/ 3.11	2420	2820	2400	11.8
YD1500/850-10/12/1730	1500/850	6	194/112	598				6.5	0.7	1.8				23.65
YD1500/850-10/12/1730	1500/850	6	194/112	598/498	94.62/ 92.97	0.91/ 0.87	空-空冷	5.888/ 5.4	0.845/ 0.906	2.63/ 2.41	3575	3275	3280	23.654
YDFW1400/700-8/10	1400/700	6	174/100	747/598	93.5/ 94.3	0.811/ 0.713	WP II	4.77/ 6.53	0.965/ 1.79	2.01/ 3.05	3060	2150	2380	13.34
YDFW3730/1940-8/10	3730/1940	10	254/153	744/597	96.7/96.3	0.875/ 0.76	WP II	5.17/ 6.44	0.72/ 0.94	2.21/ 3.13	3985	2900	3585	28.3
YDFW3700/2000-8/10	3700/2000	6	417.5/258	744/597	96.5/96.1	0.883/ 0.774	WP II	5.04/ 6.21	0.728/ 2.91	2.2/ 2.91	4135	2900	3585	28.3
YDFW4000/2500-10/12	4000/2500	10	288/211	595/497	96.6/96.2	0.83/ 0.709	WP II	5.05/ 5.14	0.81/ 0.84	2.2/ 2.56	3280	2900	3490	25.33
YSBD2400/1250-8/10	2400/1250	6	807/1915	747/598	95.8/94.7	0.786/ 0.663	封闭空冷	4.74/ 5.74	0.89/ 1.62	2.24/ 3.22	4570	2650	3125	25.8

5. Y 系列高压三相异步电动机（6kV）

（1）用途 该系列电动机具有高效、节能、噪声低、振动小、运行安全可靠、安装维护方便等特点，适用于一般用途的各种机械，如风机、压缩机、水泵等作原动机用。

电动机额定频率为 50Hz，额定电压为 6000V 或 3000V，连续工作制（S1）。

（2）型号含义



（3）结构形式 Y 系列电动机外壳防护等级为 IP23 或 IP44（管道通风）。电动机的冷却方法为 IC01、IC11、IC21 或 IC31。电动机的结构及安装形式为 IMB3。

Y 系列电动机采用箱式结构，电动机的机座、端盖全部用钢板焊接而成，由顶罩和机体组成基本防护形式（IP23），只要更换不同的顶罩，便能派生出各种不同的防护形式，以适应不同环境条件下的防护性能要求。

（4）技术数据

Y355 ~ 630 系列

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩	重量 /kg
Y3551-2	220	26.5	3000	92.8	0.86	0.6	7	1.8	1500
Y3552-2	250	30.1	3000	92.9	0.86	0.6	7	1.8	1550
Y3553-2	280	33.7	3000	93.1	0.86	0.6	7	1.8	1600
Y3554-2	315	37.7	3000	93.4	0.86	0.6	7	1.8	1650
Y3555-2	355	42.4	3000	93.7	0.86	0.6	7	1.8	1720
Y3556-2	400	47.6	3000	94.1	0.86	0.6	7	1.8	2200
Y4001-2	450	53.3	3000	94.4	0.86	0.6	7	1.8	2250
Y4002-2	500	58.5	3000	94.6	0.87	0.6	7	1.8	2350
Y4003-2	560	65.4	3000	94.7	0.87	0.6	7	1.8	2400
Y4004-2	630	73.4	3000	94.9	0.87	0.6	7	1.8	2500
Y4501-2	710	82.7	3000	95.0	0.87	0.6	7	1.8	3100
Y4502-2	800	92.9	3000	95.2	0.87	0.6	7	1.8	3160
Y4503-2	900	104	3000	95.3	0.87	0.6	7	1.8	3220
Y4504-2	1000	115	3000	95.4	0.88	0.6	7	1.8	3300
Y5001-2	1120	128	3000	95.5	0.88	0.6	7	1.8	4100
Y5002-2	1250	143	3000	95.6	0.88	0.6	7	1.8	4200
Y5003-2	1400	160	3000	95.7	0.88	0.6	7	1.8	4300
Y5004-2	1600	183	3000	95.8	0.88	0.6	7	1.8	4400
Y5601-2	1800	205	3000	95.9	0.88	0.6	7	1.8	
Y5602-2	2000	228	3000	96.0	0.88	0.6	7	1.8	
Y5603-2	2240	255	3000	96.1	0.88	0.6	7	1.8	

(续)

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩	重量 /kg
Y6301-2	2500	281	3000	96.2	0.89	0.6	7	1.8	
Y6302-2	2800	314	3000	96.3	0.89	0.6	7	1.8	
Y6303-2	3150	354	3000	96.3	0.89	0.6	7	1.8	
Y3553-4	220	25.42	1500	93.3	0.85	1.03	5.15	1.8	1790
Y3554-4	250	29.11	1500	93.4	0.85	1.20	5.77	1.8	1840
Y3555-4	280	32.63	1500	93.5	0.86	1.31	6.04	1.8	2000
Y3556-4	315	36.48	1500	93.6	0.86	1.30	5.94	1.8	2160
Y4001-4	355	41.2	1500	93.8	0.86	1.16	6.16	1.8	2340
Y4002-4	400	45.74	1500	94.0	0.86	1.06	5.70	1.8	2380
Y4003-4	450	51.33	1500	94.2	0.86	1.09	5.75	1.8	2440
Y4004-4	500	57.21	1500	94.3	0.87	1.19	6.06	1.8	2520
Y4005-4	560	63.78	1500	94.5	0.87	1.29	6.32	1.8	2620
Y4501-4	630	71.02	1500	94.8	0.87	1.20	6.12	1.8	3180
Y4502-4	710	80.22	1500	95.0	0.87	1.27	6.30	1.8	3210
Y4503-4	800	90.67	1500	95.1	0.87	1.26	6.16	1.8	3300
Y4504-4	900	101.03	1500	95.2	0.87	1.23	5.93	1.8	3850
Y5001-4	1000	112.6	1500	95.3	0.87	1.55	6.3	1.8	4070
Y5002-4	1120	126	1500	95.4	0.88	1.45	5.93	1.8	4280
Y5003-4	1250	140	1500	95.5	0.88	1.46	5.86	1.8	4420
Y5004-4	1400	156.4	1500	95.6	0.88	1.51	5.9	1.8	4600
Y5601-4	1600	174	1500	95.7	0.89	0.68	5.99	1.8	5220
Y5602-4	1800	196	1500	95.8	0.89	0.62	5.88	1.8	5420
Y5603-4	2000	217	1500	95.9	0.89	0.67	5.78	1.8	5680
Y6301-4	2240	242	1500	96.0	0.89	0.75	7.11	1.8	6390
Y6302-4	2500	270	1500	96.1	0.89	0.69	6.74	1.8	6750
Y6303-4	2800	301	1500	96.2	0.89	0.70	6.85	1.8	7110
Y3555-6	220	27.13	1000	93.0	0.82	1.68	5.78	1.8	2180
Y3556-6	250	30.29	1000	93.3	0.82	1.57	5.45	1.8	2290
Y4002-6	280	33.8	1000	93.5	0.83	1.25	5.73	1.8	2290
Y4003-6	315	37.75	1000	93.7	0.83	1.23	5.61	1.8	2380
Y4004-6	355	42.08	1000	93.9	0.83	1.12	5.21	1.8	2490
Y4005-6	400	47.21	1000	94.0	0.83	1.23	5.49	1.8	2590
Y4501-6	450	53.60	1000	94.3	0.84	1.10	5.47	1.8	3100
Y4502-6	500	59.32	1000	94.5	0.85	1.10	5.36	1.8	3300
Y4503-6	560	60.24	1000	94.7	0.85	1.16	5.51	1.8	3500
Y4504-6	630	74.73	1000	94.8	0.85	1.28	5.86	1.8	3700
Y5001-6	710	83	1000	95.0	0.85	1.45	5.59	1.8	3880
Y5002-6	800	93.6	1000	95.1	0.85	1.41	5.41	1.8	4020
Y5003-6	900	105.7	1000	95.2	0.85	1.41	5.45	1.8	4170
Y5004-6	1000	116.7	1000	95.3	0.85	1.36	5.27	1.8	4340
Y5601-6	1120	127	1000	95.4	0.86	0.75	5.64	1.8	4850
Y5602-6	1250	142	1000	95.5	0.86	0.79	5.85	1.8	5100
Y5603-6	1400	159	1000	95.6	0.86	0.79	5.83	1.8	5350
Y6301-6	1600	179	1000	95.7	0.86	0.70	6.13	1.8	6300
Y6302-6	1800	201	1000	95.8	0.86	0.71	6.13	1.8	6600
Y6303-6	2000	225	1000	95.9	0.86	0.75	6.35	1.8	6950

(续)

型 号	额定 功率 /kW	定子 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	效率（%）			功率因数			最大转矩 额定转矩	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	负载转 动惯量 /kg·m ²	电动机 重量 /kg
				负载 100%	负载 85%	负载 75%	负载 100%	负载 85%	负载 75%					
Y6303-10	1250	154.7	594	95.14	95.37	95.47	0.851	0.846	0.835	1.8	0.7	6.0	4954	7900
Y6304-10	1400	173.1	593	95.22	95.52	95.63	0.852	0.851	0.842	1.8	0.7	6.0	5517	8250
Y7101-10	1600	195.3	595	95.66	95.68	95.63	0.854	0.847	0.836	1.8	0.6	6.0	4802	10800
Y7102-10	1800	219.4	595	95.84	95.85	95.78	0.852	0.842	0.829	1.8	0.6	6.0	5547	11200
Y7103-10	2000	243.6	594	95.72	95.80	95.78	0.855	0.849	0.840	1.8	0.6	6.0	6664	12000
Y5601-12	500	65.0	495	94.02	94.21	94.13	0.794	0.777	0.753	1.8	0.7	6.0	3896	6000
Y5602-12	560	72.7	495	93.86	93.95	93.91	0.800	0.791	0.768	1.8	0.7	6.0	4439	6500
Y5603-12	630	81.7	495	94.19	94.32	94.29	0.810	0.788	0.765	1.8	0.7	6.0	5321	6800
Y6301-12	710	92.0	496	94.57	94.64	94.58	0.807	0.787	0.765	1.8	0.7	6.0	3837	7500
Y6302-12	800	103.4	496	94.64	94.55	94.51	0.807	0.787	0.764	1.8	0.7	6.0	4679.5	7700
Y6303-12	900	116.2	495	94.56	94.53	94.55	0.818	0.804	0.786	1.8	0.7	6.0	5184	7900
Y6304-12	1000	129.0	495	94.53	94.59	94.61	0.815	0.797	0.779	1.8	0.7	6.0	5965	8150
Y7101-12	1120	144.4	496	94.90	94.90	94.82	0.822	0.802	0.781	1.8	0.6	6.0	6272	10500
Y7102-12	1250	160.9	495	94.83	94.92	94.90	0.831	0.817	0.800	1.8	0.6	6.0	7350	11000
Y7103-12	1400	180.1	495	94.90	94.96	94.91	0.828	0.811	0.792	1.8	0.6	6.0	8330	11500
Y7101-16	630	89.2	371	93.21	93.32	93.17	0.734	0.716	0.699	1.8	0.6	6.0	9310	10800
Y7102-16	710	100.3	371	93.33	93.43	93.25	0.743	0.721	0.704	1.8	0.6	6.0	9650	11300
Y7103-16	800	112.9	370	93.45	93.51	93.34	0.756	0.734	0.710	1.8	0.6	6.0	9996	11800
Y7104-16	900	126.9	370	93.54	93.60	93.46	0.762	0.743	0.714	1.8	0.6	6.0	10780	12300

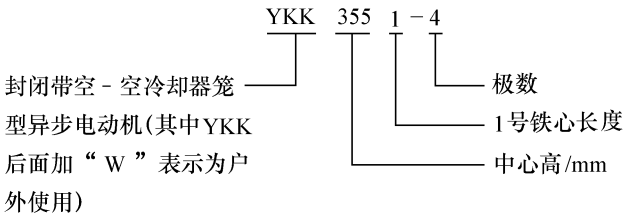
注：1. 表中所列数据供用户选型时参考，如与随机文件有出入，以随机文件为准。
2. 电动机重量为设计值，误差在 10% 左右。
3. 效率、功率因数为设计值。
4. Y560 ~ Y710 数据为重庆电机厂提供，其中 Y355 ~ 500 数据与其他各厂数据相同（略）。

6. YKK、YKK-W 系列高压三相异步电动机（6kV）

（1）用途 该系列电动机具有高效、节能、噪声低、振动小、运行安全可靠、安装维护方便等特点，适用于驱动各种不同机械设备，如通风机、水泵、压缩机、破碎机、搅拌机、球磨机、运输机械、化工机械、矿山机械等。YKK 系列外壳防护等级为 IP44，适用于户内环境；YKK-W 系列则为 IP54，适宜户外含有尘埃、盐分、潮湿等环境中使用。

该系列电动机额定频率为 50Hz，额定电压为 6000V 或 3000V，工作方式为连续（S1）。

（2）型号含义



(3) 结构形式 YKK、YKK-W 系列电动机采用箱式结构，机座为钢板焊接而成，电动机顶部安装封闭空-空冷却器，拆装方便，利于维护和修理。电动机冷却方法为 IC0161（空-空冷型），结构及安装形式为 IMB3。

(4) 技术数据

YKK、YKK-W 系列

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
YKK3551-4	185	22.6	1500	92.8	0.85	6.5	0.8	1.8
YKK3552-4	200	24.4	1500	92.9	0.85	6.5	0.8	1.8
YKK3553-4	220	26.8	1500	93.0	0.85	6.5	0.8	1.8
YKK3554-4	250	30.4	1500	93.1	0.85	6.5	0.8	1.8
YKK4002-4	280	33.6	1500	93.2	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4003-4	315	37.8	1500	93.3	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4004-4	355	42.5	1500	93.5	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4005-4	400	47.8	1500	93.7	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4006-4	450	53.6	1500	93.9	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4502-4	500	59.5	1500	94.0	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4503-4	560	66.5	1500	94.2	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4504-4	630	74.7	1500	94.4	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK4505-4	710	84.0	1500	94.6	0.86	6.5	0.8	1.8
YKK5001-4	800	93.3	1500	94.8	0.87	6.5	0.7	1.8
YKK5002-4	900	105	1500	94.9	0.87	6.5	0.7	1.8
YKK5003-4	1000	116	1500	95.0	0.87	6.5	0.7	1.8
YKK5004-4	1120	130	1500	95.1	0.87	6.5	0.7	1.8
YKK5601-4	1250	144	1500	95.2	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK5602-4	1400	161	1500	95.3	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK5603-4	1600	183	1500	95.4	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK6301-4	1800	206	1500	95.5	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK6302-4	2000	229	1500	95.6	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK6303-4	2240	256	1500	95.7	0.88	6.5	0.6	1.8
YKK4001-6	185	23.5	1000	92.4	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4002-6	200	25.3	1000	92.6	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4003-6	220	27.8	1000	92.8	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4004-6	250	31.5	1000	93.0	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4005-6	280	35.2	1000	93.3	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4006-6	315	39.5	1000	93.5	0.82	6.0	0.8	1.8
YKK4502-6	355	43.9	1000	93.7	0.83	6.0	0.8	1.8
YKK4503-6	400	49.4	1000	93.8	0.83	6.0	0.8	1.8
YKK4504-6	450	55.4	1000	94.1	0.83	6.0	0.8	1.8
YKK4505-6	500	61.5	1000	94.3	0.83	6.0	0.8	1.8
YKK5601-6	560	68.0	1000	94.4	0.84	6.0	0.7	1.8

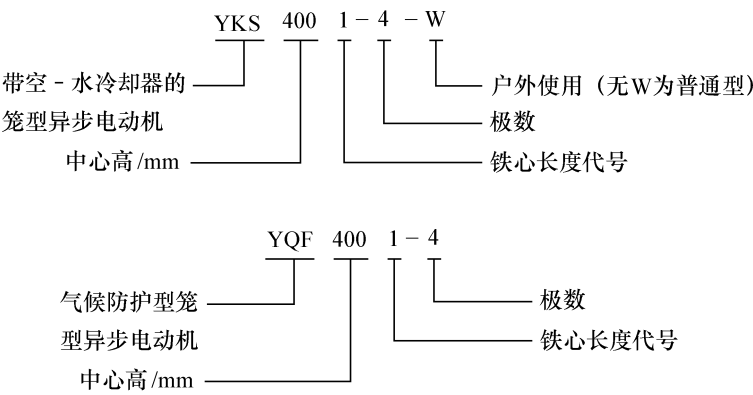
7. YKS、YKS-W、YQF 系列高压三相异步电动机（6kV）

(1) 用途 该系列电动机具有高效、节能、噪声低、振动小、运行安全可靠、安装维护方便等特点，适用于驱动各种不同机械设备，如通风机、水泵、压缩机、

破碎机、磨煤机、切削机床、塑料或橡胶机械、运输机械及其他设备等，并可供矿山、化工机械、冶金、发电厂及各种工矿企业中供原动机之用。

YKS、YKS-W 系列电动机额定电压为 6000V 或 3000V，电动机的定额为连续工作制（S1）。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 YKS、YKS-W 系列为 ICW37A81 空-水冷却型电动机，YQF 系列为 IC0（气候防护型），电动机的安装形式为 IMB3，全系列均为箱式结构，电动机具有一个圆柱形轴伸，可用联轴器与被驱动机械连接，电动机绝缘等级为 F 级，温升按 B 级考核。

YKS 系列外壳防护等级为 IP44，适用于户内环境；YKS-W 系列则为 IP54，适宜户外含有尘埃、盐分、潮湿等环境中使用。YQF 系列适用于户外一般环境中使用，防护等级为 IPW24。

(4) 技术数据

YKS（YKS-W、YQF）系列

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
YKS3551-4	220	26.7	1500	93.3	0.85	6.5	0.8	1.8
YKS3552-4	250	30.3	1500	93.4	0.85	6.5	0.8	1.8
YKS3553-4	280	33.5	1500	93.5	0.86	6.5	0.8	1.8
YKS3554-4	315	37.7	1500	93.6	0.86	6.5	0.8	1.8
YKS4001-4	355	42.3	1500	93.8	0.86	6.5	0.8	1.8
YKS4002-4	400	47.6	1500	94.0	0.86	6.5	0.8	1.8
YKS4003-4	450	53.5	1500	94.2	0.86	6.5	0.8	1.8
YKS4004-4	500	58.6	1500	94.3	0.87	6.5	0.8	1.8
YKS4005-4	560	65.5	1500	94.5	0.87	6.5	0.8	1.8
YKS4501-4	630	73.6	1500	94.7	0.87	6.5	0.8	1.8
YKS4502-4	710	82.7	1500	94.9	0.87	6.5	0.8	1.8

(续)

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	同步转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
YKS4503-4	800	93.0	1500	95.1	0.87	6.5	0.8	1.8
YKS4504-4	900	105	1500	95.2	0.87	6.5	0.8	1.8
YKS5001-4	1000	116	1500	95.3	0.87	6.5	0.7	1.8
YKS5002-4	1120	128	1500	95.4	0.88	6.5	0.7	1.8
YKS5003-4	1250	143	1500	95.5	0.88	6.5	0.7	1.8
YKS5004-4	1400	160	1500	95.6	0.88	6.5	0.7	1.8
YKS5601-4	1600	181	1500	95.7	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS5602-4	1800	203	1500	95.8	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS5603-4	2000	225	1500	95.9	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS6301-4	2240	252	1500	96.0	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS6302-4	2500	281	1500	96.1	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS6303-4	2800	315	1500	96.2	0.89	6.5	0.6	1.8
YKS3553-6	220	27.8	1000	93.0	0.82	6.0	0.8	1.8
YKS3554-6	250	31.4	1000	93.3	0.82	6.0	0.8	1.8
YKS4002-6	280	34.7	1000	93.5	0.83	6.0	0.8	1.8
YKS4003-6	315	39.0	1000	93.7	0.83	6.0	0.8	1.8
YKS4004-6	355	43.8	1000	93.9	0.83	6.0	0.8	1.8
YKS4005-6	400	49.3	1000	94.0	0.83	6.0	0.8	1.8
YKS4501-6	450	54.7	1000	94.3	0.84	6.0	0.8	1.8
YKS4502-6	500	59.9	1000	94.5	0.85	6.0	0.8	1.8
YKS4503-6	560	67.0	1000	94.6	0.85	6.0	0.8	1.8
YKS4504-6	630	75.3	1000	94.7	0.85	6.0	0.8	1.8
YKS5001-6	710	84.6	1000	95.0	0.85	6.0	0.7	1.8
YKS5002-6	800	95.2	1000	95.1	0.85	6.0	0.7	1.8
YKS5003-6	900	107	1000	95.2	0.85	6.0	0.7	1.8
YKS5004-6	1000	119	1000	95.3	0.85	6.0	0.7	1.8
YKS5601-6	1120	131	1000	95.4	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS5602-6	1250	146	1000	95.5	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS5603-6	1400	164	1000	95.6	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS6301-6	1600	187	1000	95.7	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS6302-6	1800	210	1000	95.8	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS6303-6	2000	233	1000	95.9	0.86	6.5	0.7	1.8
YKS4003-8	220	29.2	750	92.9	0.78	5.5	0.8	1.8
YKS4004-8	250	32.7	750	93.0	0.79	5.5	0.8	1.8
YKS4005-8	280	36.6	750	93.2	0.79	5.5	0.8	1.8
YKS4501-8	315	40.6	750	93.4	0.80	5.5	0.8	1.8
YKS4502-8	355	45.7	750	93.5	0.80	5.5	0.8	1.8
YKS4503-8	400	51.3	750	93.7	0.80	5.5	0.8	1.8
YKS4504-8	450	57.0	750	93.8	0.81	5.5	0.8	1.8
YKS5001-8	500	63.1	750	94.2	0.81	5.5	0.8	1.8
YKS5002-8	560	69.6	750	94.4	0.82	5.5	0.8	1.8
YKS5003-8	630	78.2	750	94.5	0.82	5.5	0.8	1.8
YKS5004-8	710	88.1	750	94.6	0.82	5.5	0.8	1.8

(续)

型 号	额定 功率 /kW	定子 电流 /A	同步 转速 /(r/min)	效率 (%)	功率 因数	最大 转矩 额定 转矩	堵转 转矩 额定 转矩	堵转 电流 额定 电流	电动机转 动惯量 /kg·m ²	允许负 载转动 惯量 /kg·m ²	重量 /kg (IP44 或 IP54)	外形尺寸 /mm		
												长	宽	高
YKS4001-2	450	53.3	3000	94.4	0.86	2.0	0.7	7	4.2	30	2650	2090	1425	1330
YKS4002-2	500	58.5		94.6	0.87	2.0	0.7	7	4.4	33	2750	2090	1425	1330
YKS4003-2	560	64.4		94.7	0.87	2.0	0.7	7	4.7	36	2900	2090	1425	1330
YKS4004-2	630	73.4		94.9	0.87	2.0	0.7	7	5.0	39	3100	2090	1425	1330
YKS4501-2	710	82.7		95	0.87	2.0	0.7	7	6.5	43	2900	2340	1850	1475
YKS4502-2	800	92.9		95.2	0.87	2.0	0.7	7	7.5	51	3300	2340	1850	1475
YKS4503-2	900	104.5		95.3	0.87	2.0	0.7	7	8.8	55	3900	2340	1850	1475
YKS4504-2	1000	114.6		95.4	0.88	2.0	0.7	7	10.1	57	4500	2790	1675	1655
YKS5001-2	1120	128.2		95.5	0.88	2.0	0.7	7	13	58	3900	2790	1675	1655
YKS5002-2	1250	143		95.6	0.88	2.0	0.7	7	14.5	67	4400	2790	1675	1655
YKS5003-2	1400	160		95.7	0.88	2.0	0.7	7	16	73	5000	2790	1675	1655
YKS5004-2	1600	182.6		95.8	0.88	2.0	0.7	7	18.5	80	5600	2790	1675	1655
YKS5601-2	1800	205.2		95.9	0.88	2.0	0.7	6.5	24	86	5800	3020	1900	1850
YKS5602-2	2000	227.8		96.0	0.88	2.0	0.7	6.5	27	92	6530	3020	1900	1850
YKS5603-2	2240	254.9		96.1	0.88	2.0	0.7	6.5	30	98	7200	3020	1900	1850
YKS6301-2	2500	281		96.2	0.89	2.0	0.7	6.5	36	105	9000	3220	2100	2050
YKS6302-2	2800	314.4		96.3	0.89	2.0	0.7	6.5	40	111	9990	3220	2100	2050
YKS6303-2	3150	353.7		96.3	0.89	2.0	0.7	6.5	45	117	11000	3220	2100	2050

注：允许负载转动惯量为已折算到电动机轴上的值。

(5) 外形尺寸 (H355 ~ 630)

(单位：mm)

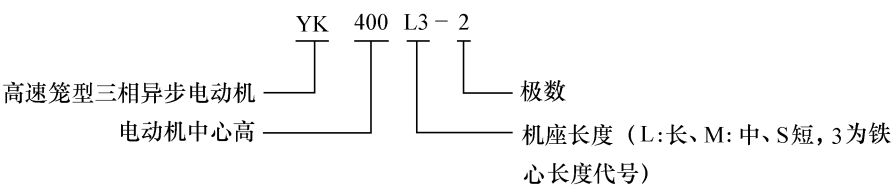
中 心 高	极 数	长	宽	高
			YKS、YKS-W/YQF	YKS、YKS-W/YQF
355	4	2000	1460/1600	2150/1650
400	4 ~ 8	2200	1580/1700	2350/1850
450	4	2400	1710/1800	2500/2100
450	6 ~ 12	2400	1710/1800	2500/2100
500	4	2700	1850/2000	2500/2250
500	6 ~ 12	2700	1850/2000	2500/2250
560	4	2900	2050/2250	2550
560	6 ~ 12	2900	2050/2250	2550
630	4	3100	2200/2450	2850
630	6 ~ 12	3100	2200/2450	2850

8. YK 系列高速低噪声三相异步电动机 (380、380/660、6000V)

(1) 用途 该系列电动机的同步转速为 3000r/min，可供电力、冶金、炼焦、化工及煤矿等工业部门作为传动鼓风机，水泵等机械之用。由于采用了独特的消音结构，因此具有低噪声的特点。

冷却方式代号为 ICA01，额定工作制为 S1。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 该系列电动机机座采用箱式结构，电动机上部装设消音罩，并选用高速低噪声滚珠轴承。定子绕组采用 F 级绝缘材料，温升按 B 级考核，转子为笼型转子。该系列电动机中的低压电机具有两个轴伸，每个轴伸都能单独传递额定功率，高压电机的旋转方向从非轴伸端看为顺时针方向。外壳防护等级为 IP23，安装形式为 IMB3。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率	额定 电压	额定 电流	额定 转速	联结	效率 (%)	功率 因数	堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩	外形尺寸/mm			GD_0^2	GD_D^2	重量 /kg
	/kW	/V	/A	/(r/min)				额定 电流	额定 转矩	额定 转矩	长	宽	高	N·m ²		
YK355S1-2	100	380	190	2965	△	92.0	0.87	6.5	1.0	2.0	1310	1090	1150	511	32	1020
YK355S2-2	112	380	230	2962	△	92.0	0.87	6.5	1.1	2.0	1310	1090	1150	520	32	1060
YK355S3-2	132	380	248	2961	△	92.0	0.88	6.5	1.1	2.0	1310	1090	1150	539	39	1090
YK355M1-2	160	380	300	2960	△	92.0	0.88	6.5	1.1	2.0	1370	1090	1150	561	46	1120
YK355M2-2	185	380	345	2960	△	92.5	0.88	6.5	1.0	2.0	1440	1075	1290	576	51	1410
YK355M3-2	220	380	411	2965	△	92.5	0.88	6.5	1.1	2.0	1370	1090	1150	589	55	1250
YK400M-2	290	380/ 660	532/ 306	2970	△	93.0	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1460	1300	169	2201
YK400M1-2	290	6000	34.5	2974		92.0	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1250	1460	1410	197	2310
YKC1-400S-2	290	6000	34.5	2974		92.0	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	1410	197	2310
YK400M1-2-G	290	6000	34.5	2974		92.0	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1250	1460	1410	197	2310
YK400L1-2	350	380/ 660	632/ 364	2970	△/	93.5	0.90	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1460	1410	197	2439
YK400L1-2	350	6000	41.4	2974		92.5	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1250	1460	1500	213	2490
YKC1-400M-2	350	6000	41.4	2974		92.5	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	1500	213	2490
YK400L1-2-G	350	6000	41.4	2974		92.5	0.88	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	1500	213	2490
YK400L2-2	440	380 (660)	790 (457)	2970	△()	94.0	0.90	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1460	1500	213	2547
YK400L2-2	440	6000	51.4	2973		92.5	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1250	1460	1640	241	2650
YKC1-400M-2	440	6000	51.4	2973		92.5	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	1640	241	2650
YK400L2-2-G	440	6000	51.4	2973		92.5	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	1640	241	2650
YKC1-400L-2	560	6000	65.1	2980		93.0	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	2900	245	3126
YKC1-400L-2	630	6000	73.2	2976		93.0	0.89	6.5	1.0	1.8	1440	1350	1470	3020	259	3186

注： GD_0^2 为理想空载允许飞轮力矩， GD_D^2 为电动机转子的飞轮力矩。

5.12 三相交流电动机绕组出线端通常使用什么标志?

答: 电动机的出线端标志按 GB 1971—1980 是以字母和数字组成。绕组以英文大写字母区别, 即 A、B、C…共 26 个字母。

绕组线端, 不论是终端或中间备抽头, 以数字紧接绕组字母用以区别, 如 U1、U2、U3。

同一类型的绕组, 用同样字母标志时, 绕组字母前冠以数字用以区别, 如 1U、2U、1V、2V、1W、2W。

交流电动机绕组选用字母顺序的后部分。

1) 同步、异步电动机定子三相绕组线端应按图 5-4 所示的标志方法。

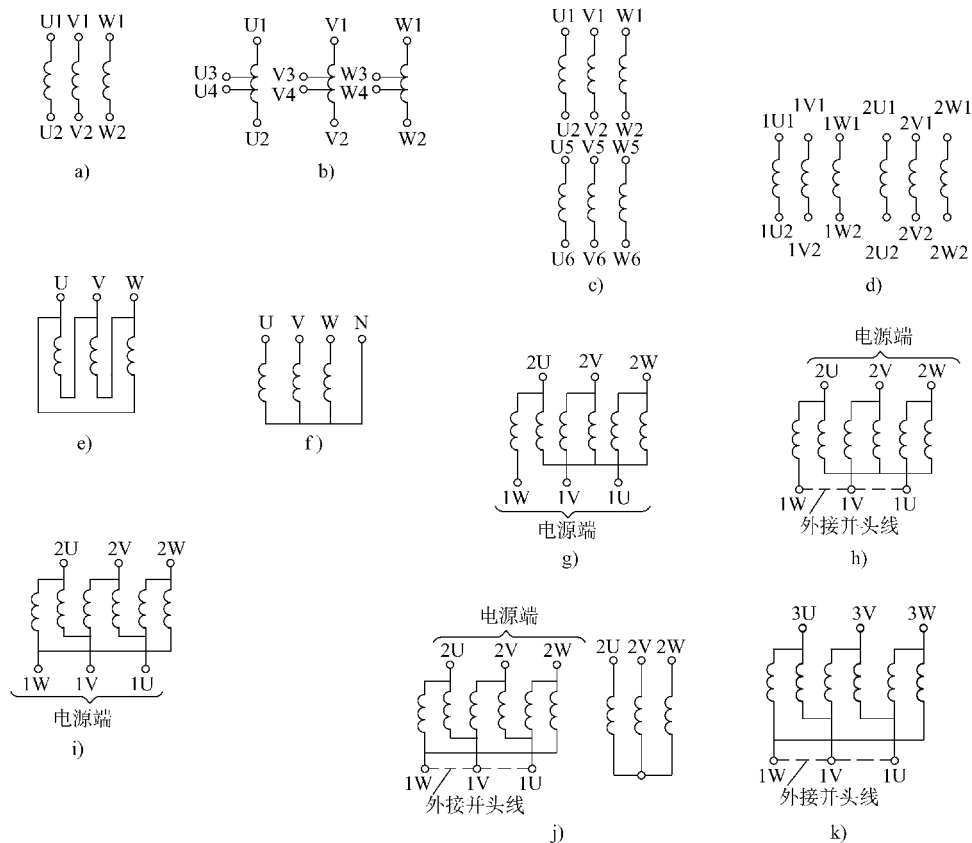


图 5-4 定子三相绕组标志方法

- a) 单绕组 6 个线端 b) 有分接头绕组 12 个线端 c) 供串、并联用的绕组 12 个线端 d) 一对不供串、并联用的绕组各 6 个线端 e) 三角形联结绕组 3 个线端 f) 星形联结绕组 4 个线端 g) 低速时, 1W、1V、1U 与电源相接, 此时绕组为串联星形 h) 高速时, 2U、2V、2W 与电源相接, 1W、1V、1U 并头, 此时绕组为并联星形 i) 低速时, 1W、1V、1U 与电源相连, 此时绕组为串联三角形 j) 高速时, 2U、2V、2W 与电源相接, 1U、1V、1W 并头, 此时绕组为并联星形 k) 变极三速电动机的两套绕组, 其中一套和图 i)、j) 相同, 可得最高和最低两个速度, 另一套单独的绕组产生中间速度, 共九个线端。前置数字与速度的顺序相同

2) 绕线转子异步电动机转子的三相绕组线端标志根据定子线端标志作如下的更换：

U 换成 K；V 换成 L；W 换成 M；N 换成 Q。

3) 三相交流电动机绕组出线端标志，如表 5-7。

表 5-7 三相交流电动机绕组出线端标志

序 号	绕 组 名 称		出线端标志					
			始 端			末 端		
1	定子绕组 (各相不连接)	第一相 第二相 第三相	U1 (D1) V1 (D2) W1 (D3)			U2 (D4) V2 (D5) W2 (D6)		
2	定子绕组 (各相连接)	第一相 第二相 第三相 中性点	U1 V1 W1 N					
3	定子绕组 (复式绕组)	第一相 第二相 第三相	1U1 2U1 1V2 2V2 1W3 2W3			1U4 2U4 1V5 2V5 1W6 2W6		
4	变极电动机	4 极	4U1	4V2	4W3	4U4	4V5	4W6
		6 极	6U1	6V2	6W3	6U4	6V5	6W6
		8 极	8U1	8V2	8W3	8U4	8V5	8W6
		12 极	12U1	12V2	12W3	12U4	12V5	12W6
5	同步电动机励磁绕组		L1			L2		
6	异 步 电 动 机 转 子 绕 组	第一相 第二相 第三相	Z1 Z2 Z3					

注：括弧内是对应的旧标志。

5.13 三相交流电动机使用的绕组分类有哪些？其适用范围是什么？

答：常见的三相交流电动机绕组形式及其适用范围如表 5-8。修理电动机时应尽量沿用原来的绕组形式，因为制造厂设计电动机时已有全面的设计优化选择。但对于早年出品的老系列电动机，因为限于当时科学技术水平，尚未发现更优越的绕组形式，所以，可以通过修理给予改进，可参考表 5-8 进行选择。

表 5-8 交流电动机绕组形式及其适用范围

绕 组 形 式			允许最大并联支路数	适 用 范 围
层数	端部连接方式	绕组排列方式	$a_{\max}$	
单 层	同心式	60°相带整 数槽绕组	$2p$ (q 为偶数) p (q 为奇数)	常用于 5 号机座以下 2 极电动机定子绕组
	同心链式		$2p$ (q 为偶数) p (q 为奇数)	常用于 5 号机座以下 $q=2、4、6、8$ 等 2、4 极电动机定子绕组
	等元件链式	60°相带整 数槽绕组	$2p$ (q 为偶数) p (q 为奇数)	常用于 5 号机座以下 $q=2$ 的 2、4、6、8 极电动机定子绕组
	交叉式		$2p$ (q 为偶数) p (q 为奇数)	常用于 5 号机座以下 $q=3、5、7$ 等的 2、4、6、8 极电动机定子绕组

(续)

绕组形式			允许最大并联支路数	适用范围
层数	端部连接方式	绕组排列方式	$a_{\max}$	
双 层	叠绕	60°相带整数槽绕组	$2p$	用于6号机座以上各极电动机定子绕组、小型绕线转子绕组
		分数槽绕组	$2p/p'$ (p' 为分数 q 约净后的分母)	常用于多极(8极以上)电动机定子绕组、小型绕线转子绕组
		散布绕组	$2p$	q 值较大的中、大型2极电动机定子绕组常应用
		- Δ 混合联结绕组	$2p$ (q 为偶数) p (q 为奇数)	适用于极数少的定子绕组
	波绕	分数槽绕组	$2p/p'$ (p' 为分数 q 约净后的分母)	用于中、大型绕线转子绕组
		60°相带整数槽绕组	$2p$	常用于大、中型绕线转子异步电动机转子绕组
单 双 层	同心式	分数槽绕组	$2p$ (一相带单层槽数为偶数) p (一相带单层槽数为奇数)	适用于 q 大于2的中小型异步电动机定子绕组
		60°相带整数槽绕组		

5.14 单相异步电动机的工作原理是什么？

答：单相异步电动机的定子绕组是单相的，转子绕组为笼型。它可以直接使用市电（220V），所以广泛地应用于各行各业和日常生活。实际上单相异步电动机的定子铁心上有两个绕组，一个是工作绕组，另一个是起动绕组，两个绕组在空间相差90°电角度。工作绕组通入单相交流后即可产生一个交变的脉动磁场。这个磁场的方向始终与绕组的轴线平行，只是磁感应强度大小、磁场方向随着电流大小、方向的改变而改变。因磁场不会旋转，起动转矩为零，所以电动机不能自行起动。在实际应用中，常用的起动方法有以下几种：

(1) 电容起动 在起动绕组回路中串联有一只适当容量的电容器（使起动绕组回路的阻抗呈容性），再与工作绕组并联，这时流过两绕组的电流相位差接近90°电角度，因而定子绕组产生旋转磁场，笼型转子有了起动转矩便转动起来。当转速达到额定转速的70%~80%时，离心开关自动将起动绕组的电路切断。

(2) 电阻起动 起动绕组回路中串联有一只适当阻值的电阻，使工作绕组与起动绕组的电流在相位中相差近90°电角度，此时定子绕组产生旋转磁场，使转子产生转矩而转动起来。

(3) 罩极起动 对于凸极式罩极电动机，其磁极铁心极面的1/4~1/3处开有

一小槽，在磁极较小的部分套装了一个铜环，此铜环即罩极绕组，又称副绕组。当套在整个磁极上的主绕组通入单相交流电时，在主副绕组的共同作用下磁极间形成一个连续转动的磁场，使转子获得起动转矩而转动起来。

5.15 三相异步电动机使用中过载和轻载各有什么危害？

答：正常运行的异步电动机，若负载变动在允许范围以内，虽然会引起内部电磁关系的变化，但通过自动调整，仍可维护电磁平衡。如果电动机过载运行，就会破坏电磁平衡关系，转速下降，工作电流加大，温升增高。如果是短时过载，电动机尚能保持正常运行；如果长时间过载，电动机的电流将大大超过其额定电流，导致绕组绝缘过热老化甚至电动机被烧毁，因此，不允许异步电动机长时间过载运行。

电动机如果轻载（欠载）运行，则效率低、不经济，造成“大马拉小车”，并且功率因数也低，会从电网吸收很多无功电流，增加供电的线路损失，对电网运行不利，因此，长期轻载运行的电动机，应调换容量较小的电动机。

5.16 三相异步电动机过载原因是什么？应该怎样处理？

答：电动机过载，一般有以下几种原因，可分别进行相应处理：

（1）端电压太低 端电压是指电动机起动或满载运行时，在其引线端测得的电压，而不是指线路空载电压。负载一定时，若电压降低，电流必然增加，从而电动机温升增高，特别是电压过低（例如 300V 以下）时，情况更为严重，往往因过热时间长而烧坏绕组。造成电压低的原因，有时是高压电源本身的电压较低，这应由供电部门调节变压器分接开关来提高电压；有时是接至电动机的架空线路太长，导线截面小，负荷重，造成线路电压降太大，这应适当增大线路导线截面来解决。

（2）绕组接法不符合要求 原来为 Y 接的绕组，检修时误为 Δ 接。原来两相绕组承受 380V 电压，错接后形成一相绕组承受 380V 电压，结果空载电流大于额定电流，绕组很快烧毁。

原来为 Δ 接的绕组，检修时误为 Y 接，原来一组绕组承受 380V 电压，错接后形成两组绕组承受 380V 电压（每相绕组只承受 190V），结果功率下降，在低于额定电压很多的情况下，如果电动机仍带原负载工作，则输入电流就会超过允许的额定电流，电动机也将过热而烧毁绕组。

上述接线差错，发现后改正接线即可。

（3）机械方面的原因 机械方面的原因有机故障和机械使用不当等情况，常见的有轴承损坏、滑动轴承断油咬死、高扬程水泵用于低扬程（压水量增加）等，这些故障或水泵使用不当，均会造成负荷过重，使电动机过载。同样，离心风泵在没有风压的情况下使用，也会使电动机过载。此外，某些机械的功率与速度成平方或立方的关系，例如风扇转速增加一倍，电动机功率必须增加三倍才能适应，因此，不适当地使用配套机械，也会造成电动机过载。查明上述各种机械故障或使用不当的情况后，可对症予以处理。

(4) 选型不当，起动时间长 有许多机械（如冲剪机、离心甩水机、球磨机
等）具有很大的飞轮惯量，起动时阻力矩大，起动时间长，极易烧坏电动机。这
些机械一般都采用起动电流小、起动转矩大的双笼型或深槽式电动机，选择电动机
时不可只考虑满载电流，还要考虑起动时的情况。起动时间长是造成电动机过载的
主要原因之一。通常，不允许电动机在热态下连续起动。如果需要电动机经常起
动，则应改用适当型号的电动机（如绕线式电动机和起重冶金用电动机等）。

5.17 同步电动机的主要产品型号有哪些？

答：同步电动机的主要产品型号见表 5-9。

表 5-9 同步电动机的主要产品型号

类别	型 号	名 称	型 号 意 义	表 5-11 排列序号
大型 同步 电动 机	T、TD 系列	大型同步电动机	GB 4831—1984	1
	TK、TDK 系列	空气压缩机用大型同步电动机	GB 4831—1984	
	TZ、TDZ 系列	轧机用大型同步电动机	GB 4831—1984	2
	TM、TDMK、TDQ 系列	磨机用大型同步电动机	GB 4831—1984	
	TL、TDL 系列	立式大型同步电动机	GB 4831—1984	3
	TG、TDG 系列	高速大型同步电动机	GB 4831—1984	4
	TYD 系列	大型同步异步电动机	GB 4831—1984	5
	TAKW、TAQW 系列	增安型大型同步电动机	GB 4831—1984	
	TZJ 系列	大型同步电动机	GB 4831—1984	
中小 型同 步电 动机	SNW4000 系列	交流伺服电动机	GB 4831—1984	6
	BW 系列	变频外转子同步电动机	GB 4831—1984	7
	FTY 系列	三相永磁同步电动机	GB 4831—1984	8
	TYD 系列	单相永磁低速同步电动机	GB 4831—1984	9

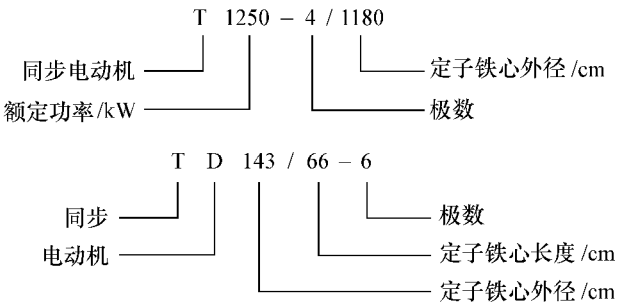
5.18 国产主要同步电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据有哪些？

答：国产主要同步电动机的单机用途、型号含义、结构形式及技术数据如下。

1. T、TD 系列大型同步电动机

(1) 用途 主要用于驱动鼓风机、水泵、电动发电机组、变频机组、及其他通
用机械。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为卧式，一般为单轴伸，也可以制成双轴伸。通风方式有管道
通风、半管道通风、密封循环通风及开启式四种。一般为短轴式，也可制成定子可以
移动的长轴式。旋转方向从集电环端看为逆时针方向，根据需要也可制成相反方向。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1500r/min																	
T200-4/740	200	0.9	0.3	367	92	密闭	6.47	2.43	1.28	1.8	0.2	35	73				2.5
T630M1-4	1000	0.9	6	113	95	管道	6	1	0.7	1.5	0.24	24.9	382	2190	1320	1920	5.78
T1250-4/1180	1250	0.9	6	140	95	管道	6.5	1	0.7	1.5	0.39	20.6	376	2870	1800	1730	9.5
T1600-4/1180	1600	0.9	6	179	95	管道	6.5	1	0.7	1.5	0.5	29.2	329	2870	1800	1730	10.1
T1600-4/1180	1600	0.9	6	181	95	管道	6.5	1	0.7	1.5	0.5	29.2	329	2870	1800	1730	10.1
T1600-4/1430	1600	0.9	6	180	94	箱式	7	1	0.7	1.5	0.182	29	434	3335	3783	2200	17.5
T1800-4/1180	1800	0.9	6	200	95.5	管道	6.5	1.2	0.8	1.6	0.136	36	250	3160	1800	1800	10.33
T1800-4/1180	1800	0.9	6	200	95.5	密闭	6.5	1.2	0.8	1.6	0.136	50	300	3905	2225	2750	13.4
T2000-4/1180	2000	0.9	6	221.5	96	密闭	5.5	1.2	0.8	1.6	0.136	50	300	3580	1800	1800	10.3
T2000-4/1250	2000	0.9	10	133	96	密闭	7	1.5	1	1.6	0.198	40	226	4185	1970	2710	15.7
T2000-4/1430	2000	0.9	6	225	95.2	管道	7	1	0.7	1.5	0.92	19.1	519	3180	2400	2000	12.26
T2000-4/1430	2000	0.9	6	224	95.2	管道	7	1	0.7	1.7	0.25	17.5	503.7	3180	2400	1910	12.25
T2100-4/1180	2100	0.9	6	233	95.7	防护	6.5	1.2	0.8	1.6	0.136	40	279	3580	1800	1800	10.5
T2200-4/1180	2200	0.9	6	244	96	密闭	6	1.2	0.8	1.6	0.136	44	288	3905	2225	2750	13.4
T2240-4/1430	2240	0.9	6	250	95	箱式	6.5	1	0.9	1.8	0.23	25	571	3534	2485	2720	16.5
T2240-4/1430	2240	0.9	10	150	95	箱式	6.5	1	0.9	1.8	0.25	30	419	3534	2485	2720	17
T2240-4/1430	2240	0.9	10	150.5	95.5	卧式	5.48	1.22	1.26	2.1		35.6	362.4	3164	2400	2020	12.39
T2240-4/1430	2240	0.9	6	252	96.18	管道	6.04	1.23	1.25	2				3165	2360	1380	12.47

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1500r/min																	
T2240-4/1430	2240	0.9	10	150	96.05	管道	15.45	1.22	1.26	2.02				3165	2360	1380	12.39
T2000-4/1180	2300	0.9	10	154	95.5	密闭	5	1	0.7	1.6	0.25	50	300	3500	2400	2050	12.9
T2500-4/1180	2500	0.9	6	240	96.2	密闭	5.5	1.2	0.8	1.5	0.157	47	300	3565	1850	1800	10.5
T2500-4/1180	2500	0.9	6	276	96.2	密闭	5.5	1.2	0.8	1.5	0.157	50	300	3565	1850	1800	10.5
T2500-4/1250	2500	0.9	10	166	96.2	密闭	6	1.2	0.8	1.6	0.198	45	260	4185	2055	2710	15.7
T2500-4/1430	2500	0.9	10	169	95	箱式	6.5	1	0.9	1.8	0.25	32	450	3534	2485	2720	17
T2500-4/1430	2500	0.9	6	281	95.2	管道	7	1	0.7	1.5	1.24	21.9	495	3180	2400	2000	13.5
T2800-4/1180	2800	0.9	6	309	96	密闭	6	1.5	1	1.6	0.17	43	281	3290	1800	1800	11.6
T2800-4/1180	2800	0.9	6	312	96	密闭	7	1	0.7	1.5		43	394	3400	2760	2420	13
T2800-4/1180	2800	0.9	6	309	96	密闭	6	1.5	1	1.6	0.17	50	450	3290	1800	1800	11.6
T2800-4/1250	2800	0.9	11	169	96.2	密闭	6	1.5	1	1.6	0.19	50	450	3630	1900	1800	12.8
T3200-4/1320	3200	0.9	6	353	96.5	密闭	5.5	1.2	0.8	1.6	0.328	50	450	3240	2340	2050	14.3
T3200-4/1430	3200	0.9	6	359	95.4	管道	7	1	0.7	1.5	1.56	26.3	500	3530	2400	2000	15.7
T3200-4/1430	3200	0.9	6	356	95.4	管道	7.5	1	0.6	1.5	1.6	26.3	500	3230	2400	2000	15.7
T3200-4/1430	3200	0.9	10	214	95.4	管道	7	1	0.7	1.5	1.55	26.5	506	3530	2400	2000	15.7
T3200-4/1430	3200	0.9	10	214	95.4	管道	7	1	0.7	1.5	1.6	26.5	506	3530	2400	2000	15.7
T3700-4/1430	3700	0.9	10	245	96.5	密闭	7	1.5	1	1.8	0.4	50	450	3830	2340	2050	17.3
T3700-4/1430	3700	0.9	6.6	371	96.5	密闭	6.5	1.5	1	1.8	0.385	50	450	3500	2340	2050	16.5

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电 流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电 流 额定 电 流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电 流 /A	长	宽	高	
额定转速 1500r/min																	
T4000-4/1430	4000	0.9	10	264	96.5	密闭	6.5	1.5	1	1.8	0.4	50	450	3790	2400	2050	17.3
T4000-4/1430	4000	0.9	6	441	96.5	密闭	6.5	1.5	1	1.8	0.385	50	450	3500	2340	2050	16.5
T4000-4/1430	4000	0.9	6	445	95.6	管道	8	1	0.7	1.5	2.54	30.3	553	3730	2800	2400	18
T4000-4/1430	4000	0.9	10	267	95.6	管道	8	1	0.7	1.5	2.54	31	566	3730	2800	2400	18.7
T4100-4/1430	4100	0.9	6	452	96.5	密闭	5.5	1.5	1	1.8	0.385	50	450	3500	2340	2050	16.5
T4100-4/1430	4100	0.9	6	452	96.5	密闭	5.5	1.5	1	1.8	0.385	47.5	392	3500	2340	2050	16.5
T4200-4/1430	4200	0.9	6	462	96.5	密闭	6	1.2	0.8	1.6	0.36	75	450	3500	2340	2050	16.3
T5000-4/1730	5000	0.9	6	555	95.8	管道	8	1	0.7	1.5	3.4	35	354	3880	2800	2400	25.5
T5000-4/1730	5000	0.9	10	333	95.8	管道	8	1	0.7	1.5	3.4	35.8	545	3880	2800	2400	25.5
T5400-4/1430	5400	0.9	6	593	96.5	密闭	6	1.5	1	1.7	0.415	65	404	3980	2340	2050	18.2
T5400-4/1430	5400	0.9	6	357	96.5	密闭	6	1.5	1	1.7	0.415	65	402	3980	2340	2050	18.3
T5600-4/1430	5600	0.9	6	614	96.1	密闭	6	1.5	1	1.7	0.415	67	415	3980	2340	2050	18.2
T5600-4/1430	5600	0.9	10	370	96.1	密闭	6	1.5	1	1.63	0.415	61.6	413	3980	2340	2050	18.3
T6000-4/1430	6000	0.9	6	658	97.1	密闭	6	1.4	0.9	1.6	0.415	75	450	3910	2340	2050	18.3
T6000-4/1430	6000	0.9	10	395	97.1	密闭	6	1.4	0.9	1.6	0.415	75	450	3910	2340	2050	18.3
T6000-4/1430	6000	0.9	6	658	97.1	密闭	6	1.4	0.9	1.6	0.415	70	435	3910	2340	2050	18.3
T6000-4/1430	6000	0.9	10	395	97.1	密闭	6	1.4	0.9	1.6	0.415	70	435	3910	2340	2050	18.3
T6300-4/1730	6300	0.9	6	698	96	管道	8	1	0.7	1.5	4.26	41.5	540	4140	2800	2400	31.5

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1500r/min																	
T6300-4/1730	6300	0.9	10	419	96	管道	8	1	0.7	1.5	4.26	41.5	540	4140	2800	2400	31.5
T7200-4/1430	7200	0.9	10	474	97.2	密闭	5.8	1.4	0.9	1.6	0.48	110	450	4240	2340	2050	20.9
T7200-4/1430	7200	0.9	10	474	97.2	密闭	5.8	1.4	0.9	1.6	0.48	83	432	4240	2340	2050	20.9
T7400-4/1430	7400	0.9	10	487	97.2	密闭	5.8	1.4	0.9	1.6	0.48	110	500	4240	2340	2050	21
T8000-4/1430	8000	0.9	10	526	97.2	密闭	5.2	1.3	0.8	1.5	0.48	110	500	4240	2340	2050	21
TD ₂ 118/44-4	1600	0.9	6	179		箱式	4.5	1	0.7	2		50	450	2770	2100	1510	8.3
TD ₂ 118/44-4	1600	0.9	6	179		管道	4.5	1	0.7	2		50	450	2770	2100	1510	8.3
TD2188/44-4	1600	0.9	6	179	95.7	箱式	4.5	1	0.7	2		50	450	2770	2170	1510	8.3
TD143/44-10	2000	0.9	6	226	94.5	管道	5.5	1.1	0.8	1.8	0.95	26.1	404	3300	2400	2000	12.26
TD143/44-4	2000	0.9	3	452	94.5	管道	5.5	1.1	0.8	1.8	0.95	26.1	404	3300	2400	2000	12.26
TD-4	4000	0.9	6	441	96.5	管道	5.97	1.7	0.7	2.415		46.5	434	4150	1500	2600	21
TD170/83-4	6300	0.9	10	419		密闭											23.6
TD170/83-4	6300	0.9	10	419	95.25	密封	8	1	0.7	1.5		75	600	4095	2680	2000	23.6
TD1730/83-4	6300	0.9	10	419	95	封闭	8	1	0.9	1.5	1	75	600	4015	2320	2580	23.6
TD6300/6-4	6300	0.9	6.3	693.5	97	管道	7	1.826		2.36		75	360	5000	1500	2500	24.5
TW1000-4/1180	1000	0.9	6	112.8	94.9	密闭	4.95	1.1	1.03	2.31	0.3			2820	2100	1510	9
额定转速 1200r/min(60Hz)																	
TD116/36-6	630	0.9	6	71.9	93	开启	7.2	1.2	1	2.2		27.7	231	2702	1740	1750	6.21
TD140/62-6	1600	0.8	6	201	95	开启	7	1	1	2.4		40.5	240.5	3678	2340	2050	14.2

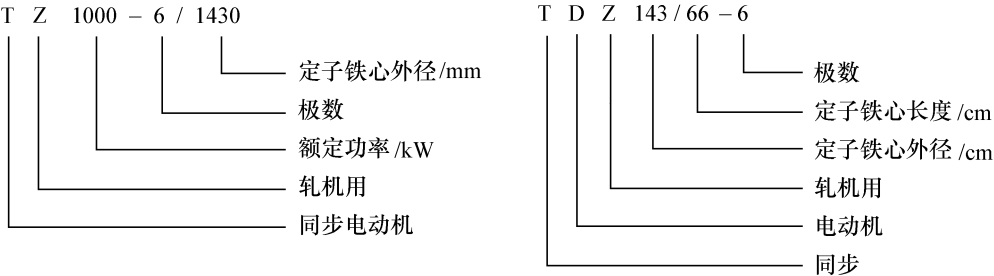
(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
T630S-6	380	0.9	10	38.4	92.5	半管道	6.5	1.2	0.9	1.8		40	65	2430	1684	1900	5.13
T530-6/990	530	0.9	6	60.3	94.7	开启	4.6	1.5	1.1	1.9	0.59	31.2	259.4				3.8
T560-6/990	560		6	63.5	94		5.2	1.1	0.9	2	0.2	35	285				3.8
T630-6/990	630		6	71.6	94.2		5.0	1.1	0.9	1.9	0.25	37	275				4.2
T710-6/990	710		6	80.5	94.5		5.6	1.12	0.95	2.0	0.28	45	270				4.8
T750-6/990	750		6	85.6	95		6.5	1.3	1.1	2.1	0.32	36	295				5.2
T800-6/990	800		6	90	95.1		6.2	1.25	1.1	2.1	0.35	38	310				5.6
T850-6/990	850		6	95.6	95.2		5.6	1.0	0.8	1.8	0.4	40	276				5.8
T900-6/990	900		6	101	95.4		5.3	1.0	0.8	1.8	0.42	45	290				6.5
T1000-6/1180	1000	0.9	6	112	95.3	开启	6.42	1.94	1.05	2.21				2400	1740	1790	7.58
T1000-6/990	1000		6	112	95.5		5.0	1.0	0.82	1.8	0.46	48	280				7.2
T4000-6/1730	4000	0.9	10	268	96.3	密封	6.5	1.2	1	1.8	6	85	447	5096	2800	2400	24
T15000-6/2150	15000	1	10	895	97.6	密封	7	1	0.8	1.5	15	83.5	438	4955	3580	2900	59

2. TZ、TDZ 系列轧机用大型同步电动机

(1) 用途 主要用于驱动各种用途的轧钢设备，亦可在轧机设备中用来拖动直流电动机,组成变流机组。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为卧式，为便于检修可制成长轴可移式。通风方式一般为管道通风，也可制成密闭式等其他形式。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
TZ1000-6/1430	1000	0.8	6	129		管道	7	1	0.9	2.5		41	378	3610	2400	2000	12
TZ1250-6/1430	1250	0.8	6	159		管道	7	1.2	1.2	2.5		44	400	3730	2400	2000	11.5
TZ1600-6/1730	1600	0.8	10	118		管道	7	0.9	1	2.5		67	392	4730	2800	2400	16.3
TZ140/49-6	1600	0.8	6	202	94	管道	6.5	2.1	1.7	2.6		34	412	3990	2400	2000	13
TZ2000-6/1430	2000	0.9	3	450	95		6.5	1.2	1	2.2		50	382	3780	2400	1930	12
TZ2000-6/1430	2000	0.8	6	225	95		6.5	1.2	1	2.2		50	382	3780	2400	1930	12
TZ2500-6/1730	2500	0.8	10	192		管道	6	0.9	1	2.5		85	450	3880	2800	2400	23
TDZ116/36-6	630	0.8	6	81	93		7.5	1	1	2.8	0.1	33	294	3370	1740	1740	6.3

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
TDZ116/41-6	800	0.8	6	102	93		7	0.8	0.7	2.5		46	240	2695	1740	1740	7.45
TDZ116/50-6	1000	0.8	6	127	94.5		7	1	0.85	2.3	0.15	48.5	235	3630	1740	1740	9.1
TDZ1000-6	1000	0.8	6	126	94.5	管道 可移	7	1	0.85	2.3	0.15	75	300	3720	1740	1850	9.1
TDZ1250-6	1250	0.8	6	157	95	管道 可移	7	1.2	1	2.5	0.225	50	300	3920	1740	1850	11.1
TDZ116/65-6	1250	0.8	6	157	95		7	1.2	1	2.5	0.226	44	258	4050	1740	1740	10.1
TDZ173/44-6	1600	0.8	10	123	93	密封	6.5	0.9	1.1	2.5	3.3	68	349	4750	2800	2400	21.5
TDZ1600-6	1600	0.8	6	201	95	管道 可移	7	1	1	2.8	0.37	75	450	4000	2340	2050	14.2
TDZ140/66-6	1600	0.8	6	201	95		7	1	1	2.8		50	300	3995	2340	1910	14.2
TDZ2000-6	2000	0.8	6	250	95.5	管道	7	0.9	0.9	2	0.438	75	450	4230	2340	2050	15.4
TDZ143/66-6	2000	0.8	6	525	95		7	1	1	2.5	0.437	52.4	352	4370	2340	1910	15.4
TDZ2500-6	2500	0.8	6	276	96	管道	7	0.9	0.9	2	0.45	110	200	3150	2340	2050	14.6
TDZ140/93-6	2500	0.8	3	625	95		7.5	0.9	0.7	2	0.507	79	229	3580	2340	1910	16.5
TZJ800-6/990	800		6	90.5	95		5.6	1.84	0.9	2.1	0.2						3.8
TZJ2000-6/1180	2000		10	132.8	96		6.35	1.18	1.46	2.0	0.225			3100	1540	1680	10.9
TZJ2000-6/1180	2000	0.9	10	132.8	96	卧式	6.35	1.18	1.46	2	0.9	53	279	3100	1540	1680	10.9

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
TZJ2500-6/1180	2500		6	276.5	96.5		8.0	1.59	1.36	2.3	0.263			3100	1540	1680	12.5
TDK173/59-6	2500	0.8	6	318	91.5	管道	7	1	1.2	2.5	4	76.1	398.7	4390	2800	2400	21.2
额定转速 750r/min																	
TDZ143/36-8	1000	0.8	3	256.5	94		7	1	0.75	2.3	0.35	76.5	184	3235	2340	1910	10.6
TDZ1250-8	1250	0.8	6	158	95	开启	7	0.9	1	2.5	0.49	75	300	2690	1890	1830	11
TDZ143/42-8	1250	0.9	6	140	95		6.5	1	0.9	2	0.375	68	229	3450	2340	1910	10.3
TDZ143/60-8	1600	0.8	6	201	95		7	1	1	2.5	0.525	64	278	3905	2340	1910	13.9
TDZ1600-8	1600	0.8	6	201	94.5	管道 可移	7	1	1	2.5	0.525	75	300	3710	2340	2050	13.9
TDZ173/52-8	2000	0.8	6	253	95		6.5	1	0.7	2.6		82.5	276.5	3930	2740	2180	18.5
TDZ2000-8	2000	0.8	6	251	95	管道	7	1	0.7	2.5	1.11	110	300	4060	2740	2450	18.5
TDZ2500-8	2500	0.8	6	313	95	管道 可移	6	0.9	0.9	2	1	110	450	3780	2880	2400	18.5
TDZ215/56-18	4000	0.8	10	302	95	密封	7	0.9	0.9	2	11.5	67	453	5090	3440	3000	36.8
TDZ215/56-8	4000	0.9	10	267	95		7	0.9	0.8	2.25	3.3	100.7	342	3240	5315	3240	30.8
TDZ4000-8/2150	4000	0.9	10	267	95.8	管道	7	0.9	0.8	2.25	3.3	101	342	5310	3240	2950	30.8
TDZ215/76-8	5000	0.8	10	374	96		7	1	1	2.7	4.325	96	382	5710	3240	2415	37

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 750r/min																	
TDZ5000-8/2150	5000	0.9	10	374	96	管道	7	1	1	2.7	4.325	96	382	5710	3240	2950	37
TDZ6300-8/2150	6300	0.9	6	782	96	管道	7.5	1	1	2	6.875	103	394	5220	3390	2950	35
TZJ800-8/1180	800		10	54	94.7		6.5	1.22	1.32	2.4	0.175			2860	1540	1680	8.9
TZJ800-8/1180	800	0.9	10	54	94.7	卧式	6.5	1.22	1.32	2.4	0.7	42	237	2860	1540	1680	8.9
TZJ1000-8/1180	1000		10	67.1	95.5		5.8	1.0	1.15	2.16	0.18			2860	1540	1680	9
TZJ1000-8/1180	1000	0.9	10	67.1	95.5	卧式	5.8	1	1.15	2.16	0.72	45	236	2860	1540	1680	9
TZJ1250-8/1180	1250		10	83.7	95.7		6.0	1.1	1.22	2.23	0.187			3030	1540	1680	9.2
TZJ1250-8/1180	1250	0.9	10	83.7	95.7	卧式	6	1.1	1.22	2.23	0.75	53	250	3030	1540	1680	9.2
TZJ1600-8/1180	1600		10	106.5	96.1		6.35	1.24	1.36	2.24	0.2			3030	1540	1680	9.8
TZJ1600-8/1180	1600	0.9	10	106.5	96.1	卧式	6.35	1.24	1.36	2.24	0.8	65	245	3030	1540	1680	9.8
额定转速 600r/min																	
TZ630-10/1180	630	0.9	6	71.2	94.5	管道	6.09	1.24	1.32	2.5				3420	1740	1750	7.94
TDZ118/44-10	630	0.9	6	71	93	开启	6.5	0.7	0.7	2.6	0.1825	61	184	3030	1740	1810	7.8
TDZ630-10/1180	630	0.9	6	71.5	94.5		6.09	1.24	1.238	2.5	0.155	75	300	3420	1740	1750	7.98
TDZ630-10/1180	630	0.9	6	71.5	94.5		6.09	1.24	1.238	2.5	0.62	75	300	3420	1740	1750	7.98
TDZ143/54-10	1250	0.8	6	158	94.5	管道	6.5	1.1	1	2.4	2.5	635	200	3040	2380	2000	12.3
TDZ143/62-10	1600	0.9	6	178	95		6	1	0.85	2.2	0.65	67	260	4030	2340	1910	14.3
TDZ215/57-10	3200	0.8	6	405	95.5		6	1	1	2.5	2.88	88	352	4020	3240	2415	26.2

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 600r/min																	
TZJ630-10/1180	630	0.9	10	13.2	93.77	管道 通风	6.25	1.30	1.20	2.52				3540	1740	1750	8.9
TZJ630-10/1180	630	0.9	10	43.2	94.5	管道	7	1	0.9	2.5				3570	1740	1750	8.9
额定转速 500r/min																	
TZ1600-12/2130	1600	0.8	6	205	93	管道	6	1	1	2.5		87	309	4240	3400	2365	30
TZ3450-12/2130	3450	0.8	10	432	95.5		6.5	1.2	1	2.6	4.25	140	350	5500	4100	2830	46
TZ4000-12/2130	4000	0.8	6	500		密闭	7	1	1	2.5	18	115	349	4700	3580	2900	34
TZ5400-12/2600	5400	0.8	6	410	95		7	1.5	1	3	7.25	149	391	6675	4090	2830	62.5
TZ7000-12/2600	7000	0.8	10	530	95.3		7	1.5	0.9	3	9.875	172	386	6675	4090	2830	62.5
TZ8000-12/2600	8000	0.8	10	600	95.5		6.5	0.9	0.9	2.8	13.75	150	600	6920	4190	2830	72.5
TZ10000-12/2600	10000	0.8	10	762	95.5		7	1.5	0.9	3	14.5	231	412	7050	4090	2830	81.5
TDZ1400-12/1430	400	0.9	6	47.8	93	卧式	6.3	2	1.1	2.1	1	30	210	2490	1990	1860	9.6
TDZ143/35-12	500	0.8	6	65	92		6.5	0.9	0.9	2.5	0.325	84	153	3210	2340	2910	9
TDZ143/53-12	860	0.8	6	110	93.7		6	1	1	2.4	0.425	51	286	3520	2340	2910	11.6
TDZ143/49-12	860	0.8	6	109	94	管道	7	1	1	2.4	1.7	57.9	270	3840	2740	2400	18.36
TDZ260/117-12	1000	0.8	10	747	96		6.5	0.9	0.9	2.7	15	167.5	365	7050	3940	2880	74
TDZ143/53-12	1000	0.8	6	113	94		6	0.9	0.9	2	0.475	48.4	273	2850	2340	2910	11.6
TDZ1000-12	1000	0.8	6	127	94.5	管道 可移	7	1	1	2.5	0.535	75	300	3515	2400	2100	12.5

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 500r/min																	
TDZ1250-12	1250	0.9	6	140	95.2	管道	5.5	0.7	0.7	2	0.535	75	300	2850	2340	2050	11.8
TDZ173/53-12	1600	0.8	6	180	94.5		6.5	0.9	0.9	2.5		82.5	255.5	3870	2740	2180	19
TDZ173/51-12	1600	0.8	6	202	94.5	管道	7	1	1	2.4	5.9	92.6	228	4140	3440	2900	29
TDZ1600-12/1730	1600	0.8	6	202.6	94.5	管道 通风	7	1	1	2.4	1	71.7	308.8	3610	2820	2150	17.3
TDZ1600-12	1600	0.8	6	202	94.5	管道 可移	6.5	0.9	0.9	2.5	1.425	110	300	3870	2740	2450	17.4
TDZ215/12-12	2000	0.8	6	254	94.5		6.5	1	1	2.8	2.8	104	293.5	4050	3240	2415	22
TDZ2000-12	2000	0.8	6	254	94	管道 可移	6.5	1	1	2.8	2.775	140	300	4040	3380	2950	22
TDZ2500-12/2130	2500	0.8	10	190		管道	7	0.9	0.9	2.5	12.2	105	362	4180	3400	2000	26
TDZ2500-12	2500	0.8	6	317	94.5	管道 可移	6.5	1	1	2.8	3.75	140	300	4240	3380	2950	26
TDZ231/49-12	2500	0.8	6	318	94.5	管道	5.5	1	1	2.4	12.2	400	290	3990	3420	2480	25
TDZ215/53-12	2500	0.8	6	317	94.5		6.5	1	1	2.8	3.75	105	290	4270	3240	2415	26
TDZ215/49-12	2500	0.8	6	316	94.5	管道	6.2	1	1	2.4	16	94.5	257.3	3690	3020	2750	24.77
TDZ3200-12	3200	0.8	6	405	95	管道 可移	6.5	1	1	2.5	4.175	110	400	4100	3380	2950	27

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 500r/min																	
TDZ4000-12	4000	0.8	6	501	95	管道 可移	6.5	1	0.8	2.8	6.875	110	600	4190	2940	3550	36
TDZ260/47-12	4000	0.8	6	501	95		6.5	1	0.8	2.8	6.87	102	459	4180	3940	2880	36
TDZ260/66-12	5000	0.8	10	377	95	密闭	6.5	0.9	0.9	2.8	35	104.5	500	5850	4110	3600	54
TDZ5400-12	5400	0.8	10	406	95	管道 可移	6.5	1	0.9	2.25	8.5	140	600	5320	4050	3490	42.5
TDZ260/64-12	5400	0.8	10	406	95		6.5	1	0.9	2.25	8.5	102	490	5320	3940	2720	43
TDZ260/62-12	5400	0.8	6	677	96		7	0.9	1.1	2.7	8.5	99	476	4980	3940	2720	42
TDZ160/66-12	5600	0.8	10	421	95	密闭	6.5	0.9	0.9	2.8	35	109	525	5850	4110	4890	64
TDZ6300-12	6300	0.8	10	474	96	管道 可移	6.5	0.9	0.9	2.7	11	140	600	6420	3940	3550	57.5
TDZ260/83-12	6300	0.8	6	474	96		6.5	0.9	0.9	2.7	11	107	503	6400	2940	2880	57.5
TDZ7000-12	7000	0.8	10	523	96	管道 可移	7	1	1	3	12.5	170	400	6370	3940	3550	61
TDZ260/97-12	7000	0.8	10	523	96		7	1	1	3	12.5	138	344	6370	3940	2880	61
TDZ8000-12	8000	0.8	10	598	96	管道 可移	6.5	0.9	0.9	2.7	12.5	170	400	6520	3940	3550	62.2
TDZ260/97-12	8000	0.8	10	598	96		6.5	0.9	0.9	2.7	12.5	147	365	6500	3940	2880	62.2

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 500r/min																	
TDZ10000-12	10000	0.8	10	747	96	管道 可移	6.5	0.9	0.9	2.7	15	200	400	7060	3940	3550	74
TD215/60-12	2800	0.8	6	353	95		6.5	0.8	0.8	2.7	4	105	317	4340	3240	2415	26
TD215/60-12	3200	0.8	6	405	95		6.5	1	0.9	2.5	4.17	97.5	310	4090	3240	2415	27
TZJ400-12/1430	400		6	47.8	93		6.3	2.0	1.1	2.1	0.25			2490	1990	1860	9.6
TZYK250-12/1430	250	0.9 (超前)	10	17.7	90	IM7311	7.5	1	0.6	1.8	0.125	75	200	2855	2300	1876	7.73
额定转速 428r/min																	
TZYK600-14/1430	600	0.9 (超前)	6	67.8	92.5	IM7311	6	0.9	0.7	1.8	0.275	75	200	2585	2140	1870	8.16
额定转速 375r/min																	
TZJ1250-16/1730	1250		6	141	94.8		5.5	1.38	0.95	2.51	1.125			3320	2800	2130	12.5
TZ1600-16/2150	1600	0.8	6	210	93		6	1	1	2		89	427	3940	3580	2380	22
TZ9000-16/3000	9000	0.95	6	924	97.5		4.5	0.5	0.5	1.5	18.4	165	285	5095	4440	3030	59
TZJ1250-16/1730	1250	0.9	6	141	94.8	卧式	5.5	1.38	0.95	2.51	4.5	98	220	3320	2800	2130	12.5
TZJ1250-16/1730	1250	0.9	10	83.5	95.5	卧式	6.5	1.8	1.14	2.5		107.5	181.6	3320	2800	2130	13.6
TDZ1250-16	1250	0.9	6	140	93.5	管道 可移	6	1	0.8	2.2	1.4	110	300	3690	2740	2400	15.7

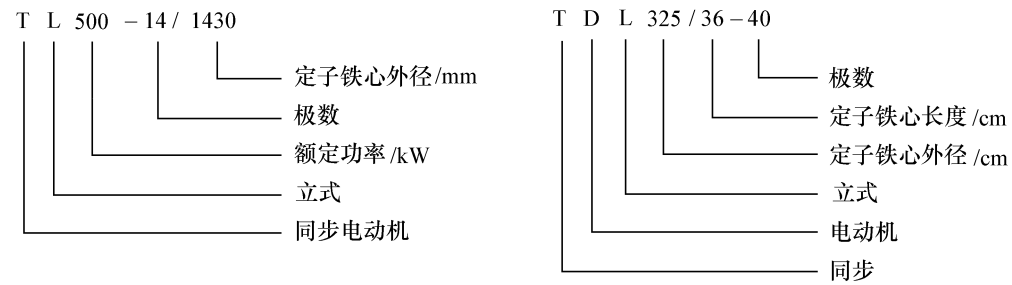
(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电 流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 375r/min																	
TZYK400-16/1430	400	0.9 (超前)	10	27.6	91.5	IM7311	6.5	0.9	0.8	1.8	0.275	75	200	2765	2430	1870	8.15
额定转速 333r/min																	
TZYKW630-29-18	550	0.9	6	63.2	92.5	正压	7	0.7	0.7	1.6	6	65	173	3560	2840	2512	14.7
TZYKW630-26-18	800	0.9	6	91.3	92.5	正压	7	0.7	0.7	1.6	5	83	213	3760	3180	2840	14
TZYKW630-26-18	800	0.9	6	91.3	92.5	正压	7	0.7	0.7	1.6	11	83	213	3740	3180	2860	17.5
TZYKW630-29-18	1000	0.9	6	113.7	92.5	正压	7	0.7	0.7	1.6	11	87	206	3740	3180	2860	18
额定转速 300r/min																	
TZ213/34-32	380		6	45.5		开启											11.2
TZ213/29-24	600		6	72		正压											11.9
TZ260/32-36	750		6	89		开启											14.7
TZ260/39-36	900		6	106		开启											
TZJ800-24/1730	800		6	91.5	93.6		5.5	1.12	1.06	3.1	1.175			3050	2720	2130	12.5
TZK473/26-40	2200	1	3	448	94	开启	4.68	1.171	0.786	1.705	246	130	200	3400	6500	3800	47
TZK473/26-40	2200		6	224	94	开启	4.68	1.171	0.786	1.705	246	130	200	3400	6500	3800	47
TZYKW360-37-20	1250	0.9	6	14.2	93	正压	7	0.8	0.7	1.6	5.5	114	150	3720	3240	2900	16.5

3. TL、TDL 系列立式大型同步电动机

(1) 用途 主要用于驱动立式轴流泵或离心式水泵。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为悬挂式结构，设有推力轴承，可以承受水泵等的轴向推力和定子转子重量。通风方式为开启式、管道通风式及密闭循环强制通风三种。

(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流	起动 转矩	牵入 转矩	失步 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
							额定 电流	额定 转矩	额定 转矩	额定 转矩		电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
TL560-6/990	560		6	63.5	94		5.2	1.1	0.9	2.0				2040	1450	1450	7.8
TL630-6/990	630		6	71.6	94.2		5.0	1.1	0.9	1.9				2140	1450	1450	8.2
TL710-6/990	710		6	80.5	94.5		5.6	1.12	0.95	2.0				2140	1450	1450	8.7
TL750-6/990	750		6	85.6	95		6.2	1.25	1.1	2.1		36	295	2400	1450	1450	8.9
TL800-6/990	800		6	90	95.1		6.2	1.25	1.0	2.1		38	310	2400	1450	1450	9.2
TL850-6/990	850		6	95.6	95.2		5.6	1.0	0.8	1.8		40	278	2450	1450	1450	9.5

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 1000r/min																	
TL900-6/990	900		6	101	95.4		5.3	1.0	0.8	1.8		45	290	2450	1450	1450	10.2
TL1000-6/990	1000		6	112	95.5		5.4	1.0	0.8	1.8		48	295	2500	1450	1450	12
额定转速 750r/min																	
TL530-8/990	530		6	60.5	93.5		4.8	1.0	0.82	1.8		57	190	2140	1450	1450	8
TL560-8/990	560		6	64	93.4		4.5	0.9	0.85	1.8	0.265	62	205	2140	1450	1450	8.2
TL570-8/990	570		6	65	93.5		5	1.3	0.9	1.9		54	180	2240	1450	1450	8.5
TL630-8/990	630		6	71.6	94		4.8	1.0	0.8	1.8		65	195	2240	1450	1450	8.6
TL710-8/990	710		6	80.5	94.5		5.8	1.0	0.92	1.8		45	280	2300	1450	1450	9
TL800-8/990	800		6	90.5	94.5		4.5	1.0	0.78	1.8		65	210	2400	1450	1450	10.2
TL900-8/990	900		6	102	95		4.6	1.0	0.76	1.8		56	230	2500	1450	1450	12.3
额定转速 600r/min																	
TL500-10/1430	500		6	58	90.5	开启式	5.5	0.7	1	1.8							10.8
TL500-10/1430	500	0.9	6	88	92	开启	5.5	0.7	1	1.8		50	320	2020	2200	3550	10.8
TL1000-10/1430	1000	0.9	6	112.5	94.5	开启式/ 管道式	4.8	1.0	0.9	2.3	2.1	52	268				13.5
TL1000-10/1430	1000	0.9	6	112.5	94.5	立式	4.8	1	0.9	2.3	2.1	52	268	2700	2700	2770	13.5
TL1250-10/1430	1250	0.9	6	140.3	95.2	开启式/ 管道式	4.8	1.05	0.95	2.13	2.2	75	247.5				14
TL1250-10/1430	1250	0.9	6	140.3	95.2	立式	4.8	1.05	0.95	2.13	2.2	75	247.5	2700	2700	2770	14
TL1600-10/1730	1600		6	180.6	94.5		5.5	1.2	1.0	1.8	1.2	95	242	2200	2200		17.2
TL1800-10/1730	1800		6	202	95		5.2	1.1	0.9	1.8	1.32	75	272	2200	2200		18.6

(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 500r/min																	
TL500-12/1430	500		6	59	91.5	开启式	6	0.45	1	1.8							13
TL500-12/1430	500	0.9	6	59	92.1	开启	6	0.45	1.1	2		51	290	2000	2200	4070	13
TL800-12/1730	800	0.9	6	91.4	93.6	开启式/ 管道式	5.5	1.1	1.05	3.1	4.8	128	135				10.5
TL1000-12/1730	1000	0.9	6	114	92	半管道	6	0.45	1	1.5	0.78	110	200	3800	3800	3390	13.1
TL1000-12/1730	1000	0.9	6	114	92	开启	6	0.45	1	1.5	0.78	96	178	2400	2400	3375	13.1
TL1250-12/1730	1250	0.9	6	141.4	94.5	开启式/ 管道式	6.5	1.3	1.25	2.2	4	105	175				16
TL1250-12/1730	1250	0.9	6	141.4	94.5	立式	6.5	1.3	1.25	2.2	4	105	175	2700	2700	3100	16
TL1600-12/1730	1600	0.9	6	190	95	开启式/ 管道式	6.5	1.4	1.125	2.1	4	106	190				16.5
TL1600-40/3250	1600	0.9	6	183	92.5	开启	6	0.522	1	1.87		110	277	4100	4100	4890	42
TL1800-40/3250	1800	0.9	6	200		立式								4100	4100	4890	
TL1900-40/3250	1900	0.9	6	214	94.5	半管道	5.5	0.55	1	1.6	16.9	110	300	5600	5600	4850	46.5
TL2000-40/3250	2000	0.9	6	136	94.5	半管道	6	0.55	1.1	1.6	17.7	110	300	6000	6000	5070	50
TL2200-40/3250	2200	0.9	6	244		立式								4100	4100	4890	
TL2200-40/3250	2200	0.9	6	248	94.2	半管式	6	0.6	1	1.6	18.1	170	300	5000	5000	4920	44.3
TL2200-40/3250	2200	0.9	6	248	94	半管道	6	0.6	1	1.6	17	139	255	4400	4500	4900	44.3
TL2800-40/3250	2800	0.9	6	314	94	半管道	5.5	0.45	1	1.5	20.5	170	300	5000	5000	5180	45
TL2800-40/3250	2800	0.9	6	314	94	半管道	5.5	4.5	1	1.5	18	149	262	4400	4500	5160	45

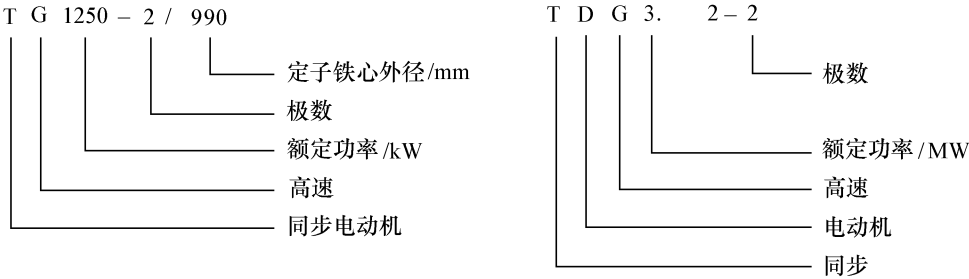
(续)

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
额定转速 500r/min																	
TL3000-40/3250	3000	0.9	6	338	94	半管道	5.5	0.45	1	1.5	20.5	170	300	5000	5000	4940	48
TL3000-40/3250	3000	0.9	6	340	94	半管道	5.5	4.5	1	1.5	18	140	275	4400	4500	4920	45.3
TL3000-40/3250	3000	0.9	6	340	95	开启	4.8	0.6	1	1.8		266	355	5000	5000	4920	48.5
TDL325/36-40	1600	0.9	6	183	92.5	开启	4.94	5.22	1.369	1.87	65	109.4	276.5	4100	4100	4890	42
TDL325/36-40	1600	0.9	6	183	92.5	开启	4.94	5.22	1.369	1.87	65	165	300	4100	4890		42
TDL325/36-40	1600	0.9	6	183	92.5	悬挂	4.94	5.22	1.369	1.5	65	161	255	4100	4902		42
TDL325/56-40	2800	0.9	6	314	95.5	悬挂	6	0.45	1	1.5	100	162	280	3800	5019		46
额定转速 125r/min																	
TL2000-48/3250	2000	0.9	6	227	93	半管道	5.5	0.45	1	1.5	20.5	170	300	5000	5000	4400	50.5
额定转速 107r/min																	
TL6000-56/5350	6000	0.9	6	668	96	立式	3533.7	333/ 546T.m	757/ 546T.m	999/ 546T.m	540	175	460	6200	6200	5750	118
TL6000-56/5350	6000	0.9	6	668	96	悬式	5.29	0.6	1.3	1.8	0.54			6200	6200	3800	118
TDL535/60-56	6000	0.9	6	668	94	悬挂	5.3	0.6	1.4	1.83	0.67	175	460	6200	6200	5700	118
额定转速 100r/min																	
TDL550/45-60	5000	0.9	6	563	94		5	0.45	1	1.5	0.502	220	320	8800	6060	130	
额定转速 75r/min																	
TL7000-80/7400	7000	0.9	10	475	95	封闭	6	0.4	0.8	1.5	0.476	243	495	8960	8960	6902	250

4. TG、TDG 系列高速大型同步电动机

(1) 用途 可供化工、冶金电力部门用于驱动压缩机、鼓风机、水泵及其他设备。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为卧式、隐极结构，采用管道通风。

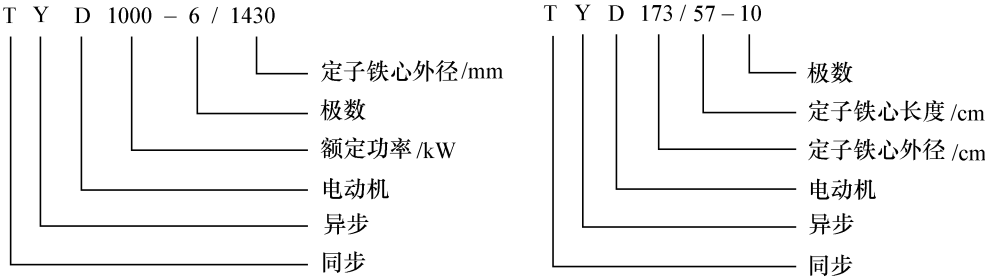
(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(× 10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
TG1250-2/990	1250	0.9	10	85.3	94.5	管道	0.35	0.92	1.26	2.5	0.255	64.6	180	3260	2050	1430	9.2
TG1250-2/990	1250	0.9	10	85.3	95.19	管道 通风	4.7	0.92	1.46	2.5				3260	2050	1430	4.7
DG-3. 2-2	3200		6	355	95.19	封闭				1.65		ZLG30	3000	4505	1705	1550	14
												100	300				
TD3. 2-2	3200	0.9	6	355		封闭	6.14							3889	1780	1300	13

5. TYD 系列大型同步异步电动机

(1) 用途 具有高起动转矩的特性，可用于水泥磨机、面粉磨机等磨机类机械的驱动。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为卧式，一般为单轴伸，亦可制成双轴伸。一般为开启式通风冷却，也可制成管道通风或封闭循环通风。一般为短轴式，亦可制成长轴式(定子可移动以便于检修)。

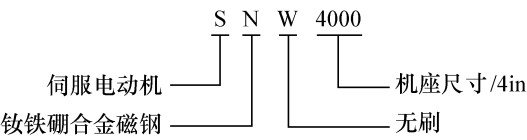
(4) 技术数据

型 号	额定 功率 /kW	功率 因数	额定 电压 /kV	额定 电流 /A	效率 (%)	结构 形式	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	牵入 转矩 额定 转矩	失步 转矩 额定 转矩	转动 惯量 /(×10 ³ kg · m ²)	励磁装置		外形尺寸/mm			总重 /t
												电压 /V	电流 /A	长	宽	高	
TYD1000-6/1430	1000	0.9	6.3	109	93			1.8	1.2	1.35	1.48	11.4	1370	1810	2902	2448	10.65
TYD173/57-10	1250	0.9	6	143	92			1.8	1.2	1.35	4.6	21.1	1650	3150	2460	2250	13
TYD1600-12/2150	1600	0.9	6	180	93.5	开启			0.8	1.3 2.5	2.61	35.7	820	3440	3040	2345	18.5
TYD1800-6/1430	1800	0.9	6.3	193.4	94			1.8	1.2	1.35	2.12	19.6	1577	3082	1810	2448	12.85
TYD1840-12/2150	1840	0.9	6	208	93.5	开启			0.8	1.3 2.5	2.9	44	719.5	3010	3040	2345	19

6. SNW4000 系列交流伺服电动机

(1) 用途 以其独有的快速响应、控制精确、运行平稳、宽广而平滑的调速性能以及寿命长、可靠性高、维护简单、适应恶劣环境等特点广泛应用于工业自动化、机器人、数控机床以及纺织、印刷、包装、食品、医疗器械等领域。

(2) 型号含义



(3) 技术数据

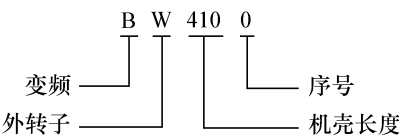
SNW4000 系列

型 号	规格	连续转矩 /(N·m)	峰值转矩 /(N·m)	转动惯量 /(kg·m ²)	转矩系数 /(Nm/A)	电阻 /Ω	反电势系数 /[V/(r/min)]	转速 /(r/min)	重量 /kg
SNW4001	01	3	7	0.00053	0.802	1.56	100	2	7.0
SNW4001	02	3	7	0.00053	0.401	2.78	50	4	7.0
SNW4002	01	5	11	0.00079	1.204	1.88	140	1.5	8.6
SNW4002	02	5	11	0.00079	0.602	0.94	70	3.0	8.6
SNW4002	03	5	11	0.00079	0.301	0.47	35	6.0	8.6
SNW4003	01	7	14	0.00105	0.802	1.08	100	2.0	10.6
SNW4003	02	4	14	0.00105	0.401	0.54	50	4.0	10.6

7. BW 系列变频外转子同步电动机

(1) 用途 又称为摩擦辊电动机，是一种高性能的专用电动机，用于涤纶长丝高速纺设备，作卷绕动力装置。

(2) 型号含义



(3) 结构形式 为外转子结构，内定子与一般异步电动机的定子相同。引出线由轴伸端引出。

(4) 技术数据

型 号	替代型号	额定频率 /Hz	额定功率 /W	额定电压 /V	额定电流 /A	起动电流 /A	额定转矩 /N·m
BW4100	1FU-2155	25 ~ 150	250 ~ 1500	55 ~ 330	2 ~ 4.1	15 ~ 45	1.59
BE4101		25 ~ 150	250 ~ 1500	55 ~ 330	2 ~ 4.1	15 ~ 45	1.59

(续)

型 号	替代型号	额定频率 /Hz	额定功率 /W	额定电压 /V	额定电流 /A	起动电流 /A	额定转矩 /N·m
BW4102	SW4S-5-192Z 1FU-2155	25 ~ 150	250 ~ 1500	62.5 ~ 375	2 ~ 4.1	15 ~ 45	1.05
BW4103	SW4S-5-192Z 1FU-2155	25 ~ 150	250 ~ 1500	62.5 ~ 375	2 ~ 4.1	15 ~ 45	1.59
BW4104	SW4SSD 1FU2047-2VW9	25 ~ 150	300 ~ 1800	62.5 ~ 375	2 ~ 4.1	15 ~ 45	1.05
BW6000	1FU-2049	25 ~ 150	250 ~ 1500	55 ~ 330	2 ~ 4.5	15 ~ 45	1.59
BW6001	P2EL ₁ -G-130	25 ~ 150	250 ~ 1500	62.5 ~ 375	3 ~ 5.1	30 ~ 90	1.45
BW6002	1FU2155-2VV9Z	25 ~ 150	500 ~ 2500	62.5 ~ 375	3 ~ 5.1	15 ~ 45	2.35
BW6003	SW4S-5-1327Z 1FU2155-2VV	25 ~ 212	500 ~ 4500	50 ~ 424	5 ~ 6.5	30 ~ 70	3.60
BW8000		25 ~ 150	250 ~ 1500	55 ~ 330	3 ~ 5.1	20 ~ 60	1.59
BW8001		25 ~ 150	250 ~ 1500	55 ~ 330	3 ~ 5.1	20 ~ 60	1.59

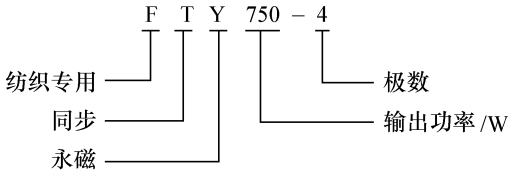
型 号	替代型号	额定转速 / (r/min)	外形尺寸/mm			重 量 /kg
			总长	ϕ_A/ϕ_B	转子长	
BW4100	1FU-2155	1500 ~ 9000	480	160/160	410	35
BE4101		1500 ~ 9000	480	160/160	410	35
BW4102	SW4S-5-192Z 1FU-2155	1500 ~ 9000	492	150.2/151	410	29
BW4103	SW4S-5-192Z 1FU-2155	1500 ~ 9000	480	160/160	410	30
BW4104	SW4SSD 1FU2047-2VW9	1500 ~ 9000	553	151/151	410	30
BW6000	1FU-2049	1500 ~ 9000	690	160/160	600	48
BW6001	P2EL ₁ -G-130	1500 ~ 9000	690	160/160.6	600	48
BW6002	1FU2155-2VV9Z	1500 ~ 9000	690	150/151	600	42
BW6003	SW4S-5-1327Z 1FU2155-2VV	1500 ~ 12720	690	150/151	600	42
BW8000		1500 ~ 9000	920	160/160.6	800	58
BW8001		1500 ~ 9000	920	150/151	800	50

8. FTY 系列三相永磁同步电动机

(1) 用途 是专为化纤工业设计的一种特殊电动机。该系列电动机能满足化纤纺丝机各部位传动达到同步运行和共同均匀调速的要求，适用于合成纤维长、短丝纺丝机等转速要求稳定的机器。电动机采用永磁体作励磁，具有高效节能、性能优

良和结构简单、运行平稳可靠、使用维护方便等优点。

(2) 型号含义



(3) 结构形式

1) FTY 系列永磁同步电动机安装形式有 IMB3、IMB5、IMV1 和 IM3003 几种，用户有要求，也可制成其他安装形式。

2) 山西精达电机有限公司的产品为笼型封闭自扇冷式结构，适合多尘有短纤维环境中使用。

(4) 技术数据

型 号	功率 /W	额定 电压 /V	额定 电流 /A	效率 (%)	功率 因数	调频范围 /Hz	转速范围 / (r/min)	起动电流 额定电流	起动转矩 额定转矩
FTY120-2	120	150	0.85	74	0.73	40 ~ 110	2400 ~ 6600	10	1.4
FTY1100-2	1100	210	5.2	81	0.75	50 ~ 85	3000 ~ 5100		1.8
FTY2200-2	2200	250	7.12	84	0.86	10 ~ 80	600 ~ 4800		1.4
FTY90-4	90	173	0.7	73	0.76	25 ~ 110	750 ~ 3300		
		110	0.91	72	0.72	40 ~ 110	1200 ~ 3300		
FTY120-4	120	110	1.19	73	0.725				
		173	0.86	73	0.72				
FTY180-4	180	110	1.73	75	0.73				
		173	1.2	75	0.73				
FTY250-4	250	173	1.8	83	0.75				
FTY370-4	370	110	3.6	81	0.745				
FTY550-4	550	110	4.64	83	0.75				
FTY750-4	750	110	6.17	84	0.76	15 ~ 80	450 ~ 2400		
		173	3.9	84	0.76				
		220	3.08	81	0.745				
FTY1000-4	1000	220	4.12	81	0.745				
FTY1100-4	1100	173	6.3	81	0.75	50 ~ 110	1500 ~ 3300	1.8	
FTY1500-4	1500	110	12.8	81	0.76	25 ~ 110	750 ~ 3300		
FTY2500-4	2500	173	14.4	81	0.76	40 ~ 110	1200 ~ 3300		
FTY120-6	120	220	0.56	75	0.75	25 ~ 70	500 ~ 1400		1.4

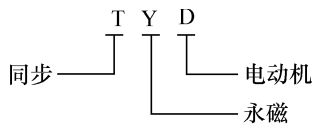
(续)

型 号	功率 /W	额定 电压 /V	额定 电流 /A	效率 (%)	功率 因数	调频范围 /Hz	转速范围 / (r/min)	起动电流 额定电流	起动转矩 额定转矩
FTY180-6	180	220	0.79	77	0.78	25 ~ 70	500 ~ 1400	10	1.4
FTY750-6	750	125	5.7	81	0.75	25 ~ 150	500 ~ 3000		1.8
FTY2600-6	2600	380	4.8	90	0.93				
FTY3000-6	3000	380	5.5	90	0.93				
型 号	外形尺寸 (长×宽×高) /mm								重 量 /kg
	IM3003		IMB5		IMV1		IMB3		
FTY120-2	240×120×130								
FTY1100-2	500×200×250								
FTY2200-2	665×200×285								
FTY90-4	298×182×230		260×182×230						
FTY120-4	298×182×230		260×182×230						
FTY180-4			260×182×230				247×220×173		
FTY250-4									
FTY370-4			315×182×230						
FTY550-4			330×210×255				370×222×260		
FTY750-4			330×210×255		400×222×260		323×260×194		
FTY1000-4	500×200×250								
FTY1100-4									
FTY1500-4									410×285×308
FTY2500-4			531×300×306						
FTY120-6	323×182×230		260×182×230						
FTY180-6			280×182×230						
FTY750-6					403×223×282				
FTY2600-6							500×350×315	70	
FTY3000-6							500×350×315	70	

9. TYD 系列单相永磁低速同步电动机

(1) 用途 TYD 系列单相永磁低速同步电动机，是一种无齿轮减速装置，它广泛用于电力、冶金、石油、化工、轻工等部门需要低速、恒速直接传动的场合，适用于传真装置，直行程和角行程电动执行机构、计测装置、机床自动化、仪表雷达天线、宇宙航行等领域的直线控制和定位控制。

(2) 型号含义



(3) 结构特征 TYD 系列无齿轮减速机构，转速恒定为 60r/min，避免了因齿轮减速而产生的噪声、振动、正反转向间隙和传动误差。具有长期堵转能力，能快速起动、瞬时停转，断电时有较大的自锁转矩，定位精度高。安装形式为 IMB5。

(4) 技术数据

型 号	电压 /V	电流 /A	频率 /Hz	转速 / (r/min)	额定转矩 /N · m	最大同步转矩 /N · m	电 容 /(μF/V)	外形尺寸/mm		
								长	宽	高
TYDI10-1	220	0.35	50	60	2.56	3.2	2.5/500	175	170	170
TYDI10-2	220	0.5	50	60	3.99	5.0	4/500	195	170	170
TYDI50-1	220	0.8	50	60	6.38	8.3	6/500	215	210	210
TYDI50-2	220	1.2	50	60	9.56	12.4	8/500	240	210	210
TYD200-1	220	1.6	50	60	15.94	20.7	10/500	260	290	290
TYD200-2	220	2.8	50	60	25.5	33.2	16/500	295	290	290

5.19 三相异步电动机缺相故障的原因是什么？有什么危害？

答：三相异步电动机缺相故障：

(1) 电动机缺相运行的危害、原因及其检查处理的方法 在三相异步电动机的运行过程中，三相电源或三相绕组断一相，称为三相电动机缺相运行、断相运行。如果电动机尚未起动就发生一相断路，则起动时电动机不能运转，若不立即切断电源，则绕组很快就会发热烧毁；如果运行中的电动机发生断相故障，则在负载不大时，电动机仍能够继续运转，但属于“带病”不正常运行，绕组会过热，甚至烧毁。所以，三相电动机缺相运行是不允许的。

造成三相异步电动机缺相运行的主要原因有：

- 1) 刮风下雨，造成电源导线一相的接头松脱或断开。
- 2) 闸刀或起动设备的触头烧伤、松动、接触不良，造成线路一相不通电。
- 3) 电动机内部线圈的接头脱焊或其他原因，造成一相绕组断路。
- 4) 保护电动机有一相熔体在安装过程中受到机械损伤，虽然当时未断开，但在电动机的运行过程中受电流的电动力作用而熔断，造成电动机缺相运行。
- 5) 配电变压器高压侧或低压侧的熔断器一相熔断。在这种情况下，由该变压器供电的所有电动机都会缺相运行。

三相异步电动机处于静止状态时，如果绕组一相断路或电源一相断开，则接通电源后，绕组产生的磁场分为两个大小相等、方向相反的旋转磁场，它们与转子作用产生的转矩是大小相等、方向相反相互抵消，因此起动转矩为零，电动机不能起动。

如果电动机在运转中缺相，绕组产生的磁场也可分为两个大小相等、方向相反的旋转磁场。但与电动机旋转方向相反的旋转磁场与转子间的相对速度很大，在转子中产生的感应电动势也很大。而转子的感抗很大，此时决定转矩大小的电流有功分量很小，所以逆向转矩远小于正向转矩。因此电动机能够继续运转，但此时电动机的负载只能是额定功率的一半左右。如果在额定功率下满载运行，则通过绕组的电流将超过额定电流，若不及时切断电源，电动机就会发热而烧毁。

电动机一旦发生断相故障，可首先检查电源线路是否有断路，开关熔体是否有熔断，起动器的触头是否有接触不良的，然后检查三相绕组中各相有无断路现象。此外，也可重新空载起动电动机（仅限于绕组为星形接线），如果电动机存在一相断线故障，则不能起动，同时发出嗡嗡响声，此时应立即切断电源。

检查结果，若是电源线有断线的，则应进一步查明断开点，并重新接好线头；若是熔体有熔断的，则应调换同规格的熔体；若是起动器发生故障，则应细心检查和修理起动器（一般是触头接触不良）；若是有一相绕组断路，则应重新接好或更换断路的绕组。

(2) 电动机缺相运行故障情况的分析 正常运行的三相异步电动机，其每相绕组两端与电源线相连，形成各自的回路，每相绕组两端的电压、电流基本相等，每相绕组输出 $1/3$ 的电动机额定功率。但是由于某种原因，其中一相绕组断路，就会造成电动机缺相运行。

三相电动机缺相运行是一种危害较大的故障。电动机缺相运行时间稍长，如果不减轻负载，绕组就会烧毁。此时拆开电动机端盖，如果发现端部 $1/3$ 或 $2/3$ 绕组烧焦，而其余绕组完全未变色，则可判定这种故障是电动机缺相运行造成的。

1) Δ 联结电动机缺相运行烧坏一组绕组的情况如图 5-5 所示。a 处熔体熔断造成电动机缺相运行。由图可见，如果 a 处熔体未断开，则每组绕组承受 380V 电压，每组绕组通过的电流基本相等，并且输出 $1/3$ 的电动机额定功率；a 处断开后，情况就会发生变化，V 相承受 380V 电压，U、W 两相共同承受 380V 电压（每相各承受 190V），原来有三路电流通过，而现在只有两路电流通过，一路通过串联的 U、W 两相绕组，另一路通过 V 相绕组，由于 V 相绕组的阻抗比串联的 U、W 两相绕组的阻抗小，所以通过 V 相绕组的电流比流过 U、W 两相绕组的电流要大得多；原来由三相绕组输出的功率，发生故障后，完全由 V 相输出，因此 V 相必然先烧坏。绕组端部烧坏情况如图 5-5b 所示。

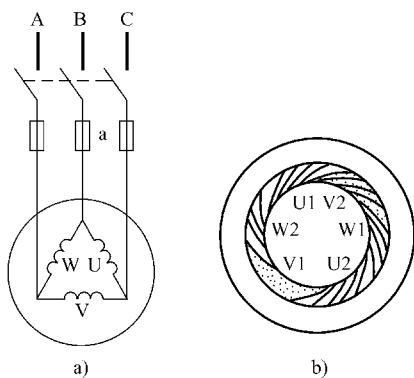


图 5-5 Δ 联结电动机缺相运行烧坏绕组情况

a) a 处断开 b) 烧坏 $1/3$ 绕组 (V)

2) 联结电动机缺相运行烧坏两相绕组的情况如图 5-6a 所示, c 处熔体熔断造成电动机缺相运行。由图可见, c 处断开后, V 相绕组两端没有电压, 也没有电流通过, U、W 两相承受 380V 电压, 电流从 U、W 两相绕组流进流过, 原来由三相绕组输出的功率, 发生故障后, 由 U、W 两相绕组输出, 电动机运行时间稍长, U、W 两相绕组必然烧坏。这两相绕组端部烧坏情况如图 5-6b 所示。

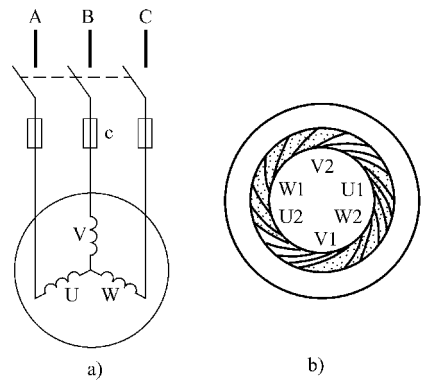


图 5-6 联结电动机缺相运行烧坏绕组情况
a) B 相熔体 c 处熔断
b) 烧坏 2/3 绕组 (U、W)

5.20 三相交流电动机绕组故障有哪些类型?

答: 三相交流电动机绕组故障见表 5-10。

表 5-10 三相交流电动机绕组故障的类型

三相交流电动机绕组故障的类型	绕组绝缘不良	
	绕组接地故障	槽口部位接地
		双层绕组线圈接地
	绕组短路故障	线圈端部的极相组间短路
		绕组端部连接线或过桥线绝缘损伤引起的绕组短路
		绕组端部线匝短路
		双层线圈层间短路
	绕组断路故障	引线和过桥线的开焊
		端部线圈烧断 槽内导线烧断

5.21 异步电动机故障如何排除?

答: 异步电动机故障排除见表 5-11。

表 5-11 异步电动机故障排除

序号	故 障	产生的原因	排除方法
1	电动机空载或加负载时, 三相电流不平衡	(1) 三相电压不平衡 (2) 定子绕组有部分线圈短路, 同时线圈局部过热 (3) 重换定子绕组后, 部分线圈匝数有错误 (4) 重换定子绕组后, 部分线圈之间的接线有错误	(1) 用电压表测量电源电压 (2) 可用电流表测量三相电流或用手检查过热的线圈 (3) 用双臂电桥测量各绕组的直流电阻值 (4) 应按正确的接线方法改正接线

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
2	电动机不能起动或转速低于额定值	(1) 可能是熔断器熔体烧断, 开关在分开状态, 或是电源电压过低 (2) 定子绕组中或外部电路中有一相断路 (3) 绕线转子异步电动机转子绕组及其外部电路 (集电环、电刷、线路、变阻器等) 有断路、接触不良或焊接点脱焊 (4) 笼型异步电动机转子绕组断裂或脱焊, 电动机能空载起动, 但不能加负载起动和运转 (5) 应该接成Δ联结的电动机, 接成了 联结, 因此电动机能空载起动, 却不能满载起动 (6) 电动机的负载过大或所传动的机械中有卡住等故障	(1) 检查电源电压和开关的工作状态 (2) 用兆欧表检查定子绕组有无断路, 检查电源电压 (3) 用兆欧表检查转子绕组及其外部电路中有无断路, 并检查各连接点是否接触紧密可靠 (4) 将电动机接到电压较低 (约为额定电压的 15% ~ 30%) 的三相交流电源上 (也可用单相低电压), 慢慢转动转子, 同时测量定子的电流。如果转子绕组有断裂或脱焊, 随着转子位置的不同, 定子的电流将会增大 (5) 按正确的联结法改正接线 (6) 检查电动机所传动的负载情况
3	电动机初次起动时响声大, 起动电流大, 且三相电流相差很大	定子三相绕组的六根引出线中有一相的始端和末端接反了	先用绝缘电阻表决定哪一对引出线是属于同一相的。再将任何两相绕组串联起来, 接于电压较低的单相交流电源 (电压约为电动机额定电压的 40% 左右) 上, 第三相绕组的两根引出线上接一只交流电压表或白炽灯泡 (灯泡的额定电压应不低于第三相绕组的感应电压)。接线方法如图 3-7 所示。如果电压表指示出正常电压或灯发光, 即表示第一相绕组的末端和第二相绕组的始端是接在一起 (图 3-7a); 如电压表无指示或灯不发光, 即表示第一相绕组的末端是和第二相绕组的末端接在一起 (图 3-7b)。然后将第一相和第二相绕组的始端和末端做好标志, 再用同样方法决定第三相绕组的始端和末端

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
4	电动机有不正常的振动和响声	(1) 电动机的地基不平, 电动机安装得不好 (2) 滑动轴承的电动机轴颈与轴承的间隙过小或过大 (3) 滚动轴承在轴上装配不良或滚动轴承本身有缺陷 (4) 电动机转子和轴上所附有的带轮、飞轮、齿轮等不平衡 (5) 转子铁心变形或轴弯曲 (6) 定子绕组有局部短路或接地故障, 这时三相电流也不均衡 (7) 绕线转子的绕组有局部短路故障 (8) 定子铁心硅钢片压得不紧 (9) 定子铁心外径与机座内径之间的配合不够紧密 (10) 定子槽数和转子槽数配合不好	(1) 检查地基情况及电动机安装的情况 (2) 检查滑动轴承的情况, 参见表 3-41 中有关条款 (3) 检查滚动轴承的装配情况或换以良好的轴承 (4) 应做静平衡或动平衡校验 (5) 拆开电动机, 将转子在车床上用千分表找正 (6) 用电桥或绝缘电阻表检查绕组是否有短路或接地 (7) 将转子绕组开路, 在定子绕组上加三相额定电压 (三相电压应平衡), 使转子不转, 测量转子绕组的三相开路电压, 与电动机铭牌数值比较 (8) 重新压紧后用电焊点焊数处 (9) 用电焊点焊数处或在机座外部向定子铁心钻螺孔, 加固定螺钉 (10) 对于电动机的正常运行没有妨碍
5	电动机严重过热, 或全部过热, 或局部过热	(1) 电动机过载 (2) 电源电压较电动机的额定电压过高或过低 (3) 定子铁心部分硅钢片之间绝缘不良或有毛刺 (4) 由于转子在运转时和定子相摩擦, 致使定子局部过热 (5) 电动机的通风不好	(1) 降低负载或换一台容量较大的电动机 (2) 应调整电源电压, 允许波动范围为 $\pm 5\%$ (3) 参阅图 3-13 的试验方法, 确认有必要时, 拆开定子铁心进行修复 (4) 拆开电动机, 抽出转子, 检查转子是否变形, 轴是否弯曲, 端盖的止口是否过松, 轴承是否磨损 (5) 应检查风扇的旋转方向, 风扇是否脱落, 通风道是否堵塞

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
5	电动机严重过热，或全部过热，或局部过热	(6) 电动机周围环境温度过高 (7) 定子绕组有短路或接地故障 (8) 重换绕组后的电动机由于接线错误或绕制线圈时匝数错误 (9) 在运转中的三相电动机某一相断路，如电源断一相或电动机绕组断一相 (10) 电动机受潮或浸漆后烘得不彻底 (11) 绕线转子的绕组焊接点脱焊，因而转子过热，且转速和转矩也显著降低	(6) 应换以 B 级或 F 级绝缘的电动机或采取管道通风 (7) 拆开电动机，抽出转子，用电桥测量各相绕组或各线圈的直流电阻值；或用绝缘电阻表测量绕组对机壳的绝缘电阻，局部或全部更换绕组 (8) 按正确图样检查和改正 (9) 分别检查三相电源电压和电动机绕组 (10) 彻底烘干 (11) 仔细检查各焊接点，将脱焊点重焊
6	电刷下冒火花，集电环过热或烧坏	(1) 电刷的牌号或尺寸不符 (2) 电刷的压力不足或过大 (3) 电刷与集电环的接触面磨得不好 (4) 集电环表面不平、不圆或不清洁 (5) 电刷的质量不好或总面积不够	(1) 按电动机制造厂的规定更换电刷，当牌号不详时，可参考电刷材料选用 (2) 调整各电刷的压力 (3) 按图 3-16 所示的方法仔细研磨电刷 (4) 修理集电环 (5) 换以质量良好的电刷，必要时可以增加电刷的数量或换以截面较大的刷握和电刷
7	电动机内部冒火或冒烟	(1) 参阅表 4-12 (2) 笼型两极电动机在起动时，由于起动时间较长，起动电流较大，笼型绕组中感应电动势较高，因而产生微小的火花，起动完毕后，火花也就消失	(1) 参阅表 4-12 (2) 这种火花对于电动机的运行是没有妨害的

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
7	电动机内部冒火或冒烟	(3) 转子和定子相摩擦	(3) 检查气隙，参见本表中有关条款
8	小功率电机修理后，但未更换线圈，空载损耗变大	(1) 滚动轴承的装配不良 (2) 轴承润滑不正常 (3) 滑动轴承与转轴之间的摩擦阻力过大 (4) 电机轴上风扇或通风孔的故障	(1) 检查滚动轴承的情况 (2) 检查轴承润滑情况 (3) 参阅表 3-41 (4) 检查电机的风扇或通风孔的情况
9	轴承的故障	见表 3-41 或表 3-40	

辨别三相绕组始端和末端的接线图见图 5-7。

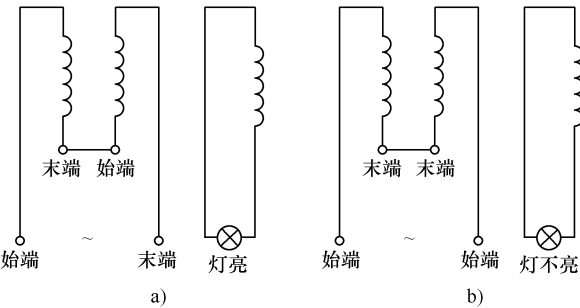


图 5-7 辨别三相绕组始端和末端的接线图

5.22 同步电动机故障如何排除？

答：同步电动机故障排除见表 5-12。

表 5-12 同步电动机故障排除

序号	故 障	产生的原因	排除方法
1	不能起动	(1) 电网电压过低或熔断器烧断，断路器处于分开状态 (2) 阻尼绕组断路或连接处接触不良（一般是因为阻尼环和阻尼条由于长期受热，使焊接部分松脱或阻尼环连接处的连接螺钉松动）	(1) 检查电网电压和断路器的工作状况。采用降压起动时，因起动转矩是与起动电压的降低而成平方的下降，因此，起动电压太低时，应适当提高电源电压 (2) 检查阻尼绕组的各连接点

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
1	不能起动	(3) 转子励磁绕组短路或励磁回路中加入的起动电阻太小 (4) 定子绕组或外部电路中有一相断路 (5) 负载过大或负载机械锁住 (6) 轴承损坏或端盖螺钉松动, 致使端盖与机座移位, 转子下沉与定子铁心相擦	(3) 测量励磁绕组的直流电阻并检查起动电阻的大小是否合适 (4) 用摇表检查定子绕组有无断路, 再检查外部电路的接线是否完好 (5) 断开负载, 若电动机单独能起动, 则检查负载的情况 (6) 更换轴承或分别按对角紧固端盖螺丝, 使电动机定、转子间的气隙保持均匀
2	牵入同步困难	(1) 电压过低, 力矩不够, 特别是负载起动的情况下牵入困难 (2) 负载太大 (3) 励磁回路接入的电阻太大或阻尼绕组产生脱焊、裂缝等现象, 使其电阻增大 (4) 没有励磁电压 (5) 转子励磁绕组有部分匝间短路	(1) 应适当提高电压 (2) 调整负载或进行强励 (3) 检查接入的起动电阻大小以及阻尼绕组的连接情况 (4) 检查励磁系统是否有故障 (5) 可在励磁回路中通入额定励磁电流, 用直流电压表测量各励磁线圈的电压降是否相同
3	运行中振动过大或有异常声音	(1) 单相运行 (2) 电气上的不平衡 (3) 负载不平衡或电动机本身不平衡 (4) 励磁绕组有匝间短路或接线不正确 (5) 定、转子间的气隙不均匀 (6) 联轴器连接松动 (7) 轴瓦间隙太大 (轴瓦间隙一般不应超过允许值一倍) (8) 安装不良, 如机组的中心线不在一直线上, 轴承有倾斜或联轴器装置不正确	(1) 停机再起动, 如不能起动时, 则需检查电源或电动机是否一相开路 (2) 检查电源电压是否平衡, 是否单相连接 (3) 断开负载, 如电动机振动值还较大, 则须检验转子的动平衡, 如电动机振动值不大时, 则检查负载机械的平衡情况 (4) 测量励磁绕组的直流电阻和极性 (5) 调整定子或转子的安装位置 (6) 拧紧连接螺栓 (7) 调整轴瓦的间隙, 或更换新轴瓦 (8) 检查机组的安装情况

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
3	运行中振动过大或有异常声音	(9) 底板固定不良或底板下基础不坚固及下沉 (10) 基础的自由振动频率与电机的振动频率相接近	(9) 检查底板的固定情况及基础是否振动、下沉 (10) 检查两者的振动频率，如果相近应设法改变基础的自由振动频率
4	定子铁心发出噪声	主要是铁心齿端沿轴向朝外涨开，这是由于铁心两侧的压圈没有压紧或运行日久铁心松动	重新拧紧铁心的拉紧螺杆，或者在每档铁心的中间打入非磁性材料做的楔子，并用环氧树脂粘牢，使铁心紧固
5	绕组和铁心过热	(1) 负载过大 (2) 匝间或相间短路 (3) 电源电压太高 (4) 通风冷却不良	(1) 调整负载或降低励磁电流，使功率因数接近或等于1.0，保证定子电流不超过额定值 (2) 检查绕组的直流电阻 (3) 降低电压到额定值 (4) 检查冷却系统及进、出口冷却空气的温度及风量是否符合要求，应避免出风重新回到电动机中去
6	绕组绝缘电阻太低	(1) 绝缘损坏或老化 (2) 绕组绝缘表面不清洁 (3) 环境过于潮湿	(1) 局部或全部更换线圈 (2) 清扫绝缘上的脏物及灰尘。并保证冷却空气清洁，不能含有损坏绝缘的酸碱气性气体 (3) 尽量保证周围环境的相对湿度不大于70%，且电动机投入运行前应烘干
7	集电环出现环火和烧伤	(1) 集电环与电刷不清洁 (2) 集电环表面粗糙 (3) 电刷材质不适合 (4) 电刷压力太小或电刷在刷盒内挤得太紧而不能滑动 (5) 被传动机械的振动太大	(1) 应使二者保持清洁、干燥 (2) 检查集电环表面，如有铁锈或灼痕时，可用00号砂纸研磨，并清理干净 (3) 更换电刷 (4) 检查电刷的压力及固定情况并进行调整 (5) 降低被传动机械的振动
8	轴承过热	(1) 油量不够或油温过高	(1) 在油环润滑的轴承中，油应加到油位计上标准油位线处，并应注意不应在运转时加油 强油循环润滑的轴承应检查油路系统有无阻塞现象，正常进油压力大致为50663Pa，进油温度应低于40℃

(续)

序号	故 障	产生的原因	排除方法
8	轴承过热	(2) 油质变坏 (3) 油环损坏或受磁性影响 传动滞缓 (4) 轴与轴瓦的间隙不对 (5) 轴瓦和轴颈表面不光 (6) 轴承压力太大 (7) 轴承倾斜 (8) 有轴电流	(2) 检查全部润滑系统是否清洁, 定期 试验油的纯度, 至少每半年换油一次 (3) 检查油环是否良好以及润滑油的牌 号是否符合要求, 对已经磁化的油环进行 退磁, 并杜绝轴电流的产生 (4) 调整轴瓦间隙 (5) 修整到规定的光洁度 (6) 验算轴承的单位压力, 必要时做适 应的调整 (7) 检查轴承的安装情况 (8) 用 500V 摇表测量轴承 (带绝缘) 与底板之间的绝缘电阻, 其值应大于 0.3MΩ, 同时还应检查轴承上之油管或水 管的绝缘
9	轴承漏油	(1) 油量过多或油压过高 (2) 压力加油轴承的出油管 阻塞或出油管太细 (3) 密封不严	(1) 调整油量或油压 (2) 检查出油管情况, 必要时加粗出油 管 (3) 检查并改善轴承的密封情况
10	空气冷却器冷却能 力下降	(1) 冷却器水管堵塞 (多因 使用江河水所致) (2) 冷却水管结垢 (多因使 用地下低温水所致) (3) 冷却水管使用年久, 因 受腐蚀而漏水	(1) 检查并控制进入冷却管的江河水 中悬浮物的含量, 并且定期冲洗冷却器 (2) 检查并控制所用冷却水的硬度 (3) 通常情况下, 可将漏水水管二端用 木塞或橡皮塞封住, 便可继续使用。当漏 水水管数达 15% 左右时, 则应更换冷却器

5.23 如何处理交流电动机绕组绝缘不良故障？

答：绕组绝缘受潮、绝缘表面和缝隙中浸入刷粉、油污、尘垢以及化学腐蚀性气体，均会引起电动机绝缘不良。至于因绝缘老化引起的不良机会较少。

绝缘受潮的电动机，首先应吹风清扫，然后经烘干驱除绝缘中的潮气，使绝缘电阻恢复正常。对于被尘垢、油泥严重沾污的绕组绝缘（如轴承漏油，使绕组表面沾满油泥）而引起的绝缘不良故障，最好采用洗涤剂清洗。

绕组表面沾满油泥采用绝缘洗涤方法：

1) 配方：中性洗涤剂（或普通中性洗衣粉）1.5% ~ 2%，自来水 98.5% ~ 98%（重量化）。

2) 清洗简易装置如图 5-8 所示。洗涤剂槽 4、5 可用 2mm 钢板焊成，周围用角铁加固。喷嘴是用 $\phi 20\text{mm}$ 钢管制成，端部压扁，留出 1 ~ 2mm 缝隙，使喷出的水压在 0.2 ~ 0.3MPa。

会造成相间短路。

电动机过载、过电压、单相运行、导线绝缘材质不良等均会造成绕组匝间短路。尤其聚酯漆包线的漆膜热态机械强度较差，当浸漆不良而线匝之间未能形成坚固的整体时，大量外界粉尘会积存在线匝缝隙当中，导线在电磁力作用下相互振动摩擦，塞在缝隙中的粉尘又起“研磨剂”作用，时间一久，将导线绝缘磨破，形成匝间短路。

(1) 线圈端部的极相组间短路故障的处理 线圈端部极相组间垫的三角形绝缘垫，在施焊时，流上焊锡，冷却时形成锡瘤或毛刺，刺破绝缘垫，或者焊锡将绝缘垫烧焦，均会使相间绝缘垫的局部因失去绝缘作用而被击穿，造成极相组间短路。

修理方法是将线圈加热，软化绝缘，然后用埋线板撬开线圈组之间线圈，重新插入新绝缘垫，最后涂漆处理。

(2) 绕组端部连接线或过桥线绝缘损伤引起的绕组短路故障处理 由于连接线的绝缘套管被压破，或者采用塑料套管经烘干后软化，不起绝缘作用，都会造成极相组间短路。修理时，是用埋线板撬开连接线处，清理旧套管，然后套入新绝缘套管，或者用绝缘带包扎好。

线圈之间过桥线处，由于嵌线或整形不当，也会发生线圈短路故障。解决办法也是将线圈加热软化，用埋线板撬开过桥线处，增垫绝缘即可。

(3) 绕组端部线匝短路的处理 绕组端部线匝短路是由于浸漆不良、线匝振动磨损绝缘造成的。通过压降法找到短路线圈后，为了快速找出线匝的短路点，建议将此相线圈通入单相低电压，并用交流电压表接在短路线圈的两端，这时用埋线板或竹板轻轻撬动短路线圈各线匝，当电压表指针突然上升到正常值时，表明此短路点已被隔开，用绝缘垫将此处绝缘好，再做涂漆绝缘处理。

(4) 双层线圈层间短路的处理 双层线圈在上下层间发生层间短路是由于层间绝缘材质不好，或嵌线时层间绝缘垫条尺寸不符、层间绝缘垫条垫偏、移位等原因造成。

处理槽内上下层间短路或上下层线圈本身的匝间短路故障，与前述处理接地故障方法相同。

对于拆下的线圈如果经包扎绝缘复用时，还要检查拆除过程中是否对完好的线圈也引起匝间绝缘损伤，所以要利用简易的变压器装置进行检查。图 5-9 是自行改装的简易装置，上轭铁可以开闭，套拆线圈比较方便。

实例 75kW，4 极电动机定子线圈，双层绕组，每线圈 18 匝。变压器原边 354 匝，接入 220V 电源，副边套入包扎好绝缘的线圈，

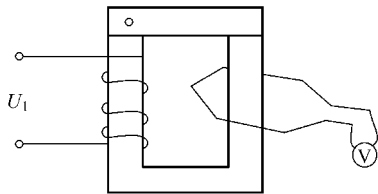


图 5-9 线圈匝间短路检查的简易装置

用交流电压表测量每个线圈的感应电压。正常线圈感应电压为 11.2V，唯有 24 号线圈感应电压为 1.5V，说明这只线圈有短路存在。

5.26 交流电动机绕组断路故障有哪些类型？如何处理？

答：由于绕组故障烧坏线圈而引起绕组断路故障，如端部线圈烧断、槽内导线烧断，但更常见的是由于焊接不良造成绕组断路这三种类型。至于因导线本身断裂而引起绕组断路的机会较少。因此，当发生绕组断路时，应先检查绕组引出线和各过桥线的焊接处是否有焊锡熔化，或焊接点松脱现象。

(1) 引线和过桥线的开焊处理 如果查明断路点是引出线或线圈过桥线的焊接部分开焊，可将脱焊处清理干净，然后在待焊处附近的线圈上铺垫一层绝缘纸，防止焊锡流入而损伤线圈绝缘，最后再进行补焊。

(2) 端部线圈烧断的处理 端部线圈烧断一根或几根导线时，需将线圈加热至 130℃ 左右，使绝缘软化，然后将烧断的线匝撬起，分清每根导线的端头，用相同规格的导线连接在烧断的导线端点上，连接好后进行焊接，焊好后，包扎绝缘，涂漆处理。

(3) 槽内导线烧断故障的处理 槽内导线烧断故障处理方法，与前述线圈接地或短路处理方法相仿，也需加热线圈，软化绝缘，然后剔除槽楔，由槽内抬出烧断的线圈，将烧断的线匝两端由端部剪断，使焊接点移在端部，避免线槽内拥挤。用同规格新导线焊接好，并在焊接处包好绝缘，最后将处理好的线匝再嵌入槽内，垫好绝缘纸，打入槽楔，刷上绝缘漆。

5.27 怎样正确判断交流电机线圈是否接错？

答：可用一圆形铁片，中间有孔，穿入铜棍，然后当作转子插入定子膛内，这时定子绕组可通入 30% ~ 50% 的额定电压，如果圆形铁片旋转正常，则说明三相绕组接线正确；如果圆形铁片停止不转，则说明绕组接线有严重错误；如果圆形铁片旋转不正常，则说明极相组或某一线圈接错。另外，也可用一铁丝做成 Z 形，套上铜棍，代替圆形铁片。

5.28 三相异步电动机小修内容有哪些？

答：小修内容包括：

- 1) 清除电动机外部灰尘、油垢。
- 2) 检查各转动部分，补充轴承油。
- 3) 清除集电环上的油垢，用细砂纸磨光灼痕。
- 4) 调节刷握支架，更换破损电刷。
- 5) 紧固各个部分螺栓，检查接地线是否牢靠、完整。
- 6) 用绝缘电阻表测量定子、转子绕组的绝缘电阻。

电动机小修周期一般为半年至一年。

5.29 三相异步电动机大修内容有哪些？

答：大修的内容包括：

1) 拆卸电动机, 清除内部污垢和绕组表面灰尘, 必要时清洗绕组。

2) 检查绕组绝缘有无变色、焦化、脱落或擦伤; 检查槽楔是否松动、断裂、焦化或短缺; 检查线圈接头有无脱焊。必要时对线圈和绝缘进行刷漆、干燥、焊接、绑扎、紧固等处理, 直到更换局部线圈或重绕。

3) 检查转子的笼有无断条、断环, 检查转子平衡块及风扇螺钉的紧固情况。

4) 检查或更换损坏的轴承、轴承盖、端盖和转轴。

5) 检查通风和冷却系统。

电动机大修周期一般为 1~2 年。

5.30 同步电动机小、项、大修项目和检修周期有哪些?

答: 同步电动机应根据使用和维护水平、制造质量以及环境条件制定检修周期。一般检修周期为: 小修周期为 0.5~1 年; 项修(项修比中修有灵活性)周期为 4~5 年; 大修周期为 20~25 年。

同步电动机的小修、项修、大修的修理项目如下。

(1) 小修项目

1) 吹风清扫和测试, 并做一般性的机械检查和处理。

2) 局部解体检查, 并处理一般的缺陷, 如绝缘局部修补等。

3) 轴承清洗检查。

4) 集电环清扫, 更换电刷及调整好。

5) 紧固各部松动螺丝和垫片等, 加强绑扎和局部涂漆等处理工作。

(2) 项修(比中修有灵活性)项目

1) 包含小修全部检修项目。

2) 解体清扫和检查, 并作绕组绝缘状态的鉴定。

3) 更换转子绕组的局部线圈和修补, 起出个别线圈进行绝缘修理。

4) 检查机械零部件的质量, 并做好加强和改进的措施。

5) 检查和处理磁极线圈, 更换局部绝缘, 对磁轭、磁极、支架、斜键等进行检查加固和小的改进措施。

6) 对集电环表面进行加工和处理。

7) 轴承清洗、更换, 刮研轴瓦等工作。

8) 对起动绕组、导条及端环进行检查和加强焊接, 局部更换端环连接板。

9) 更换刷架, 调整电刷。

10) 绕组干燥和喷漆处理。

(3) 大修项目

1) 包含项修全部检修项目。

2) 绕组全部更换、重绕。

3) 解体检查和鉴定, 并做机械零部件的重大改进措施, 如改进冷却系统、油系统、机械结构等。

4) 零部件重新制造与更换, 如制造集电环进行更换, 转轴更换或大量焊接工作等。

5) 转子调动平衡。

6) 更换转子磁极铁心和全部磁极线圈, 制造和更换全部斜键等。

7) 轴承更新和修理, 如重新注瓦、刮研。

8) 刷架全部更换、检修和调整。

9) 修理或更换机座、铁心, 并进行喷漆处理。

5.31 三相异步电动机运行中功率因数降低原因是什么? 提高措施有哪些?

答: 三相异步电动机运行时, 由于功率因数降低, 会造成企业总功率因数降低, 浪费电能, 这是不允许的。造成功率因数降低原因如下。

(1) 安装电动机的容量选择不合理, 造成功率因数降低

1) 电动机安装时, 气隙调整不均, 使空载电流增大, 功率因数降低。

2) 电动机安装时, 定中心不正确, 使电动机窜动引起磁场变化, 使空载电流增大, 功率因数降低。

(2) 经过不合理修理的电动机, 引起功率因数降低

1) 绕组匝数减少, 或线圈跨距变小, 在电源电压不变条件下, 使电动机磁通密度增大, 铁耗增大, 空载电流增大, 功率因数降低。

2) 绕组形式更改的不合理。

3) 铁心质量遭受损伤, 等等。

(3) 电源质量方面引起功率因数降低

1) 电源电压过高。使铁心过饱和, 铁耗增加, 空载电流增大, 使功率因数降低。

2) 电源电压过低。对于恒负载运行的电动机, 由于电源电压降低, 使电动机转速下降, 转差率上升, 使转子铜耗增加。因此转子的功率因数下降, 引起电动机总功率因数降低。

(4) 电动机处于轻载运行, 使功率因数降低

电动机的功率因数随负载大小而变化, 当电动机处于空载时, 空载功率因数很小, 一般为 $0.2 \sim 0.3$; 额定负载时, 电动机功率因数较高, 一般在 $0.7 \sim 0.9$ 之间, 当电动机处于轻载时的功率因数要介于空载和负载之间变化, 所以, 电动机轻载运行时, 其功率因数在 0.7 以下, 越是靠近空载, 其功率因数越低。

提高功率因数措施:

1) 小容量群的电动机, 可改为单体大容量的同步电动机, 因为电动机容量越大, 功率因数越高。

2) 用电容器补偿, 提高功率因数。

3) 负载率低于 30% 的 Δ 接线电动机, 可改成 接线运行。

4) 绕线转子异步电动机使同步化运行。

5.32 怎样正确判断、识别三相交流电动机定子绕组的首尾端？

答：星形及三角形联结的正确接法，如图 5-10 所示。在修理电动机时，有些旧的电动机出线端的标记已经丢失或模糊不清，为了正确接线，必须重新判断绕组的首尾。

1. 检查方法

(1) 灯泡检查法 先用兆欧表分清哪两个线头是同一相的，再将任意两相（U、V 相）串联起来接到 220V 交流电源上，在第三相（W 相）两端接上 36V 灯泡。如果灯亮表示 U 相的末端 U2 是联接 V 相的首端 V1，如图 5-11a 所示；如灯不亮，即表示 U 相的末端 U2 是接 V 相的末端 V2，如图 5-11b 所示。用同样的方法可决定 W 相的首端和末端。试验速度要快，以免电动机绕组长时间通过大电流而烧坏。

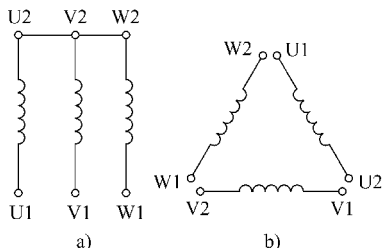


图 5-10 星形及三角形联结的正确接法

a) 星形联结 b) 三角形联结

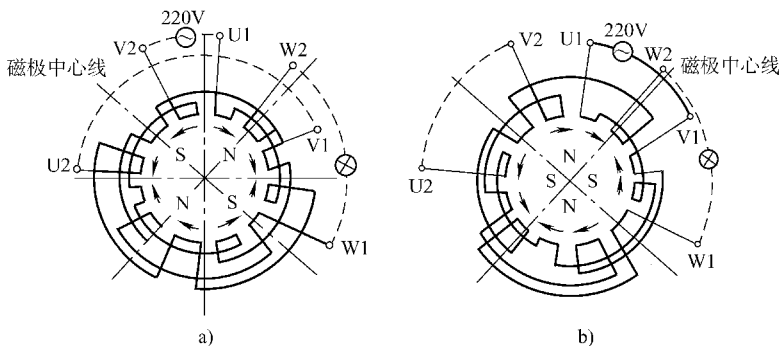


图 5-11 用灯泡法判断首末端

a) 灯亮 b) 灯不亮

(2) 电压表检查法 将三相电动机绕组任意假定首尾后，把三个尾端接在一起成星形（Y），再把其中一相接上 36V 交流电，在其余两相出线端接上电压表（或万用表的 10V 交流电压档），如图 5-12a 所示，观察表针，记下有否读数，然后再改接成如图 5-12b 所示的那样，观看表针，再记下有否读数。

一般有下列三种情况：

- 1) 如果两次都没有读数，说明接线正确。
- 2) 如果两次都有读数，说明这两次都没有接电源的那一相接反，即图 5-12 中间的那一相接反了。
- 3) 如果两次中只有一次无读数，而另一次有读数，说明无读数的那一次联接

电源的一相反接。

当没有 36V 交流电源时，可用干电池作电源，万用表选 10V 以下直流电压档，一个引线端接在电池的正极，将另一引线端去接电池的负极，当接通电池的瞬间万用表的指针摆动，即表示有读数；如万用表不摆动，即表示无读数。判断首末的方法如上所述。

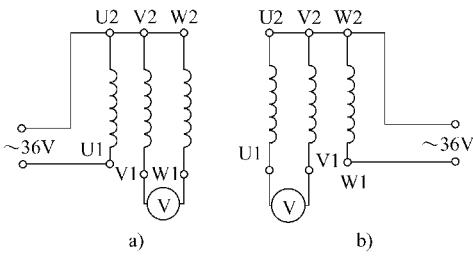


图 5-12 用电压表判断首末端

2. 一相反接的特征及其处理方法

在三相绕组中，如果一相绕组头尾互换，叫做一相反接。一相反接时，主要特征如下：

- 1) 电动机的起动转矩严重下降，只要稍带负载或电压偏低，电动机就不能起动至正常转速。
 - 2) 三相空载电流明显不等，而且都比正常值大得多。
 - 3) 机身严重振动并有明显的电磁噪声。
 - 4) 即使空载运行，电动机也要严重发热，如不及时断电，电动机很容易烧坏。
- 因此，发现一相反接时，必须立即检查，查出反接的一相并改接过来。

5.33 交流电动机三相电流不平衡是什么原因？

答：交流电动机三相电流不平衡可能由电动机内部或外部线路的故障所致。

(1) 外部线路故障 主要有三相电源电压不平衡和起动设备某相接触不良，要查明情况，针对故障原因处理。

(2) 电动机内部故障 主要有一相断路，绕组匝间短路和相间短路，三相绕组首末端接反，绕组接地和笼型转子断排或断环等。

5.34 笼型转子绕组常见故障形式、原因及处理方法有哪些？

答：笼型转子绕组常见故障形式、原因及处理方法见表 5-13 所示。

表 5-14 的序号 3 处理方法、正确切开焊接坡口（图 5-13a、b、c）。

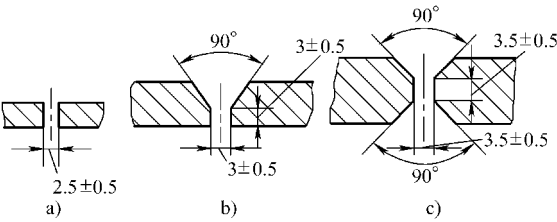


图 5-13 焊接坡口

a) 厚度 6mm 以下 b) 厚度 6 ~ 12mm c) 厚度大于 12mm

表 5-13 笼型转子绕组常见故障形式、原因及处理方法

序号	故障形式	故障特征及原因	处 理 方 法
1	伸出铁心部分的笼条拱起	当电动机在起、制动和正反转状态时，笼条内流过较大电流，在电热效应下使笼条局部热胀，当起、制动状态终了后，笼条开始收缩，在离心力作用下，当笼条端部强度不够时，便产生笼条拱起故障	(1) 加热拱起部分，用机械方法使拱起部分调直 (2) 拆下笼条，调直后再插入槽内焊接 (3) 更换强度较高的笼条
2	端部笼条沿转子旋转方向弯曲	这种故障常发生在转子具有较大的圆周速度和实心端环电动机转子上，是由钢制端箍固定不好，笼条在端箍圆周惯性力作用下造成的	(1) 将端箍改用无纬带绑扎或更换玻璃钢制作的端箍 (2) 加强端环与转子支架的配合，选用合理的公差配合尺寸
3	焊接的铜端环，在焊口接触处断开	为了节省铜料，修理时有时采用几段铜料经焊接制成圆形端环，这种拼成的端环，如果焊接不良，会在运行当中胀开，并割破定子绝缘	(1) 采用铜料锻制整体端环 (2) 改善焊接工艺 (3) 正确切开焊接坡口 (见图 5-13a、b、c)
4	铸铝转子风叶变形或断掉	(1) 拆装时机械损伤 (2) 铸铝时，风叶有夹杂	(1) 按工艺要求正确操作 (2) 采用氩弧焊机补焊 (3) 校正变形风叶
5	铸铝转子笼条断裂	(1) 铝液或槽内含有较多杂质 (2) 用火熔化的旧铝复用，其中含有杂质 (3) 单冲时，转子冲片个别槽漏冲 (4) 转子铁心压装过紧，铸铝后转子铁心涨开，有过大的拉力使铝条拉断 (5) 浇注时中途停顿，先后注入的铝液结合不好 (6) 铸铝后脱模早	(1) 检查铝液化学成分 (2) 用火熔化的旧铝不可直接复用 (3) 熔化铝后，将漏冲槽冲开 (4) 更换铜笼焊接结构 (5) 更换新转子 (6) 更换新转子
6	铸铝转子槽斜线犬牙交错，歪扭不齐 铸铝转子槽斜线犬牙交错，歪扭不齐	(1) 转子叠片时槽壁不整齐 (2) 假轴斜键与冲片键槽配合过松 (3) 转子铁心预热后乱扔乱滚，冲片产生角位移 (4) 铁心叠压力小或有毛刺和油泥影响，使预热后的转子松动	(1) 将铝熔化后，重新迭片 (2) 更换或修理键槽 (3) 按工艺规程操作 (4) 熔化铝后，重新压铁，更换铜笼焊接结构

(续)

序号	故障形式	故障特征及原因	处 理 方 法
7	笼条在槽内 松动	(1) 笼条尺寸选择过小 (2) 槽形尺寸不一致 (3) 笼条或槽形磨损	(1) 按槽形选笼条尺寸 (2) 校正槽形 (3) 校正槽形, 更换笼条
8	楔形笼条由 槽口凸出	(1) 电动机转速过高 (2) 笼条下面垫条松动或弹力不够	(1) 检查改极时转子强度 (2) 打紧垫条, 使固定好
9	双笼转子铜 条开焊	(1) 电动机处于频繁重载下起、 制动运行 (2) 上笼电流密度过大, 起动操 作不合理	(1) 应正常操作 (2) 操作应合理, 按规程操作
10	铜笼在端环 处断裂	(1) 产生机械振动及笼条在槽内 松动 (2) 端环采用焊接结构时, 工艺 不当	(1) 解决振动和松动原因及故障 (2) 按工艺规程正确施焊
11	铜笼开焊	(1) 焊接工艺不当 (2) 笼条与端环配合间隙不正确 (3) 笼条在槽内松动 (4) 机组振动 (5) 焊条牌号不适合 (6) 电动机过载	(1) 按正确工艺施工 (2) 使间隙均匀, 在 0.1 ~ 0.12mm 之间 (3) 处理松动 (见前述方法) (4) 解决机组振动 (5) 选用合适的焊条牌号 (6) 解决电动机过载问题
12	铝端环有轴 向和径向裂纹	(1) 铸造时铝液中含有夹渣 (2) 铝液含有杂质 (3) 铸模设计不合理	(1) 控制浇注温度和化学成分 (2) 清除铝液内杂质 (3) 修改设计

第 6 章 特殊电动机的使用与维修

6.1 什么是单相异步电动机？

答：单相异步电动机（即单相感应电动机）仅一相定子绕组由单相交流电源供电的异步电动机，称为单相异步电动机。其主要结构和工作原理都和三相异步电动机类似，在工农业等方面被广泛使用。最常见的如风扇、洗衣机、冷柜、冰箱、制冷设备、厨房设备、日用器具，在工业上有包装机械、电子仪器仪表、轻纺、小型机械设备、电气设备以及医疗机械、食品机械、石油取暖器、复印机、自动售货机、家用食物垃圾处理等所用的电动机均属于这类电动机。

6.2 单相异步电动机如何分类？

答：单相异步电动机的分类方法见表 6-1。

表 6-1 单相异步电动机的分类

分类依据	类 型
按起动和运行分 (基本系列产品名称)	单相电阻起动异步电动机
	单相电容起动异步电动机
	单相电容运转异步电动机
	单相电容起动与运转异步电动机
	罩极异步电动机
按转子形式分	笼型转子电动机
	用铁磁材料制成的实心转子电动机
	用非磁性或铁磁材料制成的空心杯形转子电动机
按转速分	低速电动机
	高速电动机
	单速电动机
	多速电动机

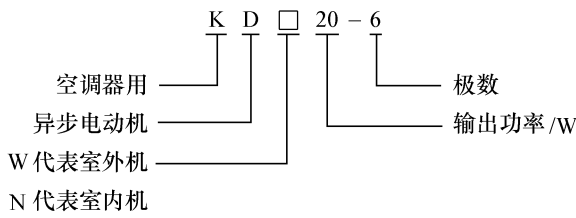
注：单相异步电动机是用单相交流电源供电的一类驱动用电动机，具有结构简单、成本低、运行可靠、维修方便等优点，日常生活中家电等小型设备，功率范围在 8 ~ 750W 之间。

6.3 单相异步电动机的产品型号含义是什么？主要技术数据有哪些？

答：1. KDW、KDN 系列分体式空调器风扇电动机

(1) 概况 KDW、KDN 系列分体式空调器风扇电动机（系单相电容运转异步电动机）。集中了国内外同类电动机的优点。该电动机具有外形美观、振动小、噪声低、运行可靠、维修方便、技术经济指标优异等特点。它有两种或三种速度。是分体式空调器及各类风扇理想的配套电动机。

(2) 型号含义



(3) 电压及工作方式 电压机的额定电压为 220V，额定频率为 50Hz，电动机的额定工作方式为连续运行。

电动机的环境温升及绝缘：电动机采用 E 级绝缘，当海拔不超过 1000m，环境温度为一5 ~ -43℃时，实际工况下，用电阻法测定（高速档运行）最高温升不超过 72K。

(4) 技术数据

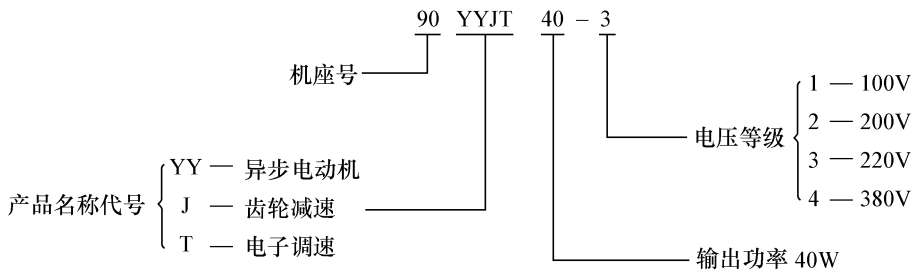
型 号	输出功率/W	极 数	效率(%) (高速档)	额定转速/(r/min)
KDW20-6	20	6	36	870/750
KDW30-4	30	4	38	920/810
KDW50-4	50	4	45	1070/920
KDN9-4	9	4	26	1350/1250/1120
KDN12-4	12	4	30	1350/1200

2. YYJT 系列齿轮减速电子调速单相异步电动机

(1) 概述 YYJT 系列齿轮减速电子调速单相异步电动机（以下简称调速电机）是由单相电容运转异步电动机（以下简称电动机），减速齿轮箱，永磁同步测速发电机和电子调速器组成，运行可靠，使用方便；只要改变减速齿轮箱的传动速比，即可获得不同的转速，因而具有较高的互换性和通用性；对于要求减速的场合只要配上合适的传动速比的齿轮箱即可实现。如安装上永磁同步测速发电机和电子调速器，还能得到不同的转速。

(2) 用途 适用于各类电子产品生产自动线上，亦可用于包装机械、服装机械、医疗机械、食品机械、农业机械及办公自动化设备等领域。

(3) 型号含义



(4) 使用条件 调速电动机工作在温度为 -10 ~ +55℃；相对湿度为 15% ~ 90%。电动机连续工作温升极限值为 75K。

齿轮箱速比数列 *i* 为 3、5、10、12、15、20、25、30、50、60、75、100、120、150、200、250、300。

(5) 技术数据

型 号	额定 功率 /W	电压 /V	电源 频率 /Hz	极 对 数	转速可 调范围 /(r/min)	转矩/N·cm		起动 转矩 /N·cm	电 流 /A	输入 功率 /W	电容 容量 /μF	电容 电压 /V
						1200 /(r/min)	90 /(r/min)					
60YYJT6-1	6	100	50	2	90 ~ 1400	4.7	1.47	3.43	0.23	22	3	200
60YYJT6-2		200							0.22		1	400
60YYJT6-3		220							0.15		0.5	600
60YYJT6-4		380							0.088			
70YYJT15-1	15	100				11.76	2.45	7.35	0.42	50	4	200
70YYJT15-2		200							0.25		1.5	400
70YYJT15-3		220							0.23		1.2	600
70YYJT15-4		380							0.13			
80YYJT25-1	25	100				16.8	4.9	13.8	0.7	55	6	200
80YYJT25-2		200							0.35		2.0	400
80YYJT25-3		220							0.32		1.5	600
80YYJT25-4		380							0.19			
90YYJT40-1	40	100				27.6	5.4	21.6	1.0	81.3	10	200
90YYJT40-2		200							0.5		2.5	400
90YYJT40-3		220							0.45		2.2	600
90YYJT40-4		380							0.26			
90YYJT60-1	60	100				54.2	13.8	34.5	2	125	1.5	200
90YYJT60-2		200							1		3.5	400
90YYJT60-3		220							0.95		3	600
90YYJT60-4		380							0.55			
90YYJ90-3	90	220						54.2	1.0	185	5	500
100YYJT120-3	120							86.5	1.5	214	8	500

3. YY 系列 (DO₂) 单相电容运转异步电动机

(1) 概述 YY 系列 (DO₂) 单相电容运转异步电动机，运行平稳，功率因数高，适用于风扇、电子仪器仪表、医疗器械作小功率驱动元件。

执行标准：JB1012 《YY 系列电容运转异步电动机技术条件》

YYJ01 啤酒柜搅拌机专用电动机。

(2) 技术数据

型 号	额定 功率 /W	额定 电压 /V	额定 频率 /Hz	额定 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数 (cosφ)	电容 /μF	备 注	外形尺寸/mm		
										总长	外径	轴伸
60YY01	35	110	50		2500	55	0.90	8		185	60	6
YY5024A	40	220	50	0.4	1400			2.7		159	86	9
YY7114	90	220	50	1.8	1400			4		141	138	14
YY8024	600	220	50	5	1400	64	0.95	47		186	152	20
YYJ01	15	220	50	0.07	1350			0.5	12mN·m	183	76.5	8
YYW01	120	220	50	1.5	930			6	外转子低 噪声 52dB	258	150	19
WD01	220	220	50	1.55	1350			6	外转子	250	138	20
DO ₂ 4022F	16	220	50	0.23	2800			20		149	82	6
DO ₂ 5014F	10	220	50/60	0.3	1340/1440	24	0.85			82	80	6.7
DO ₂ 5014F ₂	10	110	50/60	0.6	1340/1440	24	0.85			82	80	6.7
DO ₂ 5014F ₃	20	220	50/60	0.6	1340/1440	24	0.85			82	80	6.7
DO ₂ 5014F ₄	20	220	50/60	0.6	1340/1440	24	0.85		工作制 S ₂ 10min	107	80	6.7
DO ₂ 5014FA	10	220	50	0.3	1450	24	0.85		工作制 S ₂ 30min	127	80	6.7
DO ₂ 5014FA ₂	10	110	50	0.6	1450	24	0.85		工作制 S ₂ 30min	127	80	7.8
DO ₂ 5024F ₁		220	50	0.6	1340					130	80	9
DO ₂ 5024F ₂		220	50	0.6	1340					130	80	9
DO ₂ 5012Z	100	220	60	1.0	3500	60	0.9			150	113	9.5
DO ₂ 5022Z	40	220	50	0.3	2800			27		130	110	9
DO ₂ 5616	30	220	50	0.44	900			35		160	102	9
DO ₂ 7112	250	220	50	1.8	2800			8		205	144	14

4. YXB、YYG 系列洗衣机用电动机

(1) 概述 洗衣机用电动机是单相电容运转异步电动机，它是作为家用洗衣机的驱动元件。

该系列电动机设计先进合理、结构牢固、绝缘可靠。作为洗衣机用电动机，充分考虑了频繁正、反转起动和单方向连续运转的要求。

洗衣机用电动机转子经校验动平衡和精加工，使电动机振动小、噪声低、运行平衡，经久耐用。该系列电动机使用含油轴承和优质钢板拉伸端盖，具有多种外形结构和安装形式可供用户选择。

(2) 使用条件

温度/℃	相对湿度 (%)	海拔/m
≤40	≤95	<1000

(3) 技术数据

YXB 系列洗衣机电动机

型 号	YXB150 -9PB	YXB150 -9P	YXB150 -9PD	YXB120 -3PC	YXB100 -8P	YXB110 -9P	YXB150 -13P
额定电压/V	220	230	220	220	220	220	220
额定频率/Hz	50	50/60	50	50	50	50	50
额定输出功率/W	150	150	150	120	100	110	150
额定电流/A	<1.4	<1.4		≤1.1	≤1.22	<1.2	<1.4
额定转速/(r/min)	>1300	>1300	>1300	1370±90	1340	>1300	>1300
堵转转矩/N·m	>0.9	>0.9	>0.9	0.75	≥0.81	>0.74	>0.9
堵转电流/A	<3.5	<3.8	<3.5	2.5	<2.4	<2.8	<3.5
最大转矩/N·m	>1.6	>1.6	>1.6	1.42	≥1.28	>1.35	>1.6
效率 (%)	>50	>50	>50	52	>40		>50
功率因数 (cosφ)	>0.95	>0.95	>0.95	0.95	0.93		>0.95
空载电流/A	0.9~1.2	0.9~1.5	0.9~1.2	0.6~0.84	0.6~0.84		0.9~1.2
匹配电容/(μF/V)	10/420	10/420	10/420	8/400	10/400	9/400	10/590
空载输入功率/W	140~200	140~200	140~200	95~126	120~160	<170	140~200

YYG 系列洗衣机电动机

型 号	YYG60-5P	YYG60-5PA	YYG60-10P	YYG60-10PB
匹配电容/(μF/V)	4/500	5/400	5.5/420	5.5/420
额定输出功率/W	60	60	60	60
额定电流/A	≤0.74	0.74	<0.74	<0.74
额定转矩/N·m	0.43			
额定转速/(r/min)	≥1300	>1280	>1300	>1300
最大转矩/N·m	≥0.78	>0.68	>0.68	>0.68
堵转转矩/N·m	≥0.52	≥0.52	>0.52	>0.52
堵转电流/A	≤1.8	<1.5	<1.5	<1.5
效率 (%)	≥41	>41	>41	>41
功率因数 (cosφ)	≥0.92	>0.92	>0.92	>0.92
空载电流/A	≤0.72	0.35~0.45	0.35~0.45	0.35~0.45
空载输入功率/W	≤102	70~100	70~100	70~100
转向	CW	CCW	CW	CW
额定电压/V	220	220	230	220
额定频率/Hz	50	50	60	50

5. YYDT 系列单相电子调速电容运转异步电动机

(1) 概述 YYDT 系列单相电子调速电动机，由 KYD-1 型单相电动机转速控制器 YTD 系列单相异步电动机——测速发电机组成。电动机能在 90 ~ 1400r/min 范围内实现平滑无级调速和连续运转。并能方便地实现正反转。电动机具有运行时无电刷接触，无火花干扰，结构简单，工作可靠、寿命长、噪声低等特点。电动机可作为需要调速的小功率驱动元件使用，并且可以在一些有调速要求的使用场所替代小功率直流电动机。

(2) 技术数据

型 号	电压 /V	频率 /Hz	功率 /W	转 速 /(r/min)	转 矩/MN·m		转 速 变化率 (%) ≤	堵转 电流 /A	噪声 /dB ≤	转 速 控制器	外形尺寸/mm		
					90r/min	1300r/min					总长	外径	轴伸
YYDT40-4A	220	50	6	90 ~ 1300	32	44	5	0.4	65	KYD-1	138	72	7
YYDT40-4B	220	50	10	90 ~ 1300	34	73.5	5	0.7	65	KYD-1			
YYDT40-4C	220	50	16	90 ~ 1300	36	118	5	0.9	65	KYD-1			
YYDT40-2	220	50	16	200 ~ 2600	200r/min 16	2600r/min 59	5	0.9	65	KYD-1			
YYDT50-4	220	50	25	90 ~ 1300	48	184	5	1.3	65	KYD-1	155	92	9
YYDT56-4	220	50	40	90 ~ 1300	55	294	5	1.6	65	KYD-1	165	102	9
YYDT56-4A	220	50	60	90 ~ 1300	82	441	5	2.0	65	KYD-2			
YYDT56-4B	220	50	100	90 ~ 1300	120	735	5	3.0	65				
YYDT63-4	220	50	150	90 ~ 1300		1102	5	3.0	65		185	112	11
YYDT63-4A	220	50	200	90 ~ 1300		1470	5		65				

6. JZK 微型单相电阻起动异步电动机

(1) 概述 电动机绕组按 220V 电源，50Hz（或 60Hz）设计，电动机运转平衡，噪声低，机壳和端盖均开有通风孔，冷却条件好，温升低，电动机采用 E 级绝缘，绕组有良好的绝缘性能和机械强度。广泛用于小型机械，医疗器械，电器设备和日用器具等。

(2) 结构特点 为开启式结构，外壳防护等级为 IP23，机壳采用优质钢板制造，体积小、重量轻。

(3) 技术数据

型 号	功率 /W	满 载 时				起动电流 /A	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
		转速 /(r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	功率因数 (cosφ)			
JZK6324	120	1400	1.80	46.7	0.58	12.5	1.5	1.7
JZK7112	250	2800	2.90	58.8	0.67	20.0	1.5	1.7

(续)

型 号	功率 /W	满 载 时				起动电流 /A	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
		转速 / (r/min)	额定电流 /A	效率 (%)	功率因数 (cosφ)			
JZK7122	370	2800	4. 00	62. 0	0. 67	29. 0	1. 5	1. 7
JZK7104	145	1400	2. 35	48. 0	0. 58	17. 0	1. 5	1. 8
JZK7114	180	1400	2. 90	50. 0	0. 56	21. 0	1. 8	1. 8
JZK7124	250	1400	3. 50	56. 0	0. 58	25. 2	1. 8	1. 8
JZK8014	370	1400	4. 83	60. 0	0. 58	35. 0	1. 6	1. 8
JZK8024	550	1400	6. 30	62. 5	0. 63	45. 4	1. 6	1. 8

外形尺寸/mm≤

机座号	机座宽	宽	高	长	机座号	机座宽	宽	高	长
63	130	120	120	230	75	150	135	140	250
71	150	135	140	250	80	170	155	160	270

7. YSF156 处理机用单相电阻起动异步电动机

(1) 概述 专为家用食物垃圾处理而设计，目前属国内首创，性能达到国际同类产品水平。

(2) 技术数据

型 号	额定电压 /V	额定频率 /Hz	输入功率 /W	参考工况转速 / (r/min)	空载噪声 /dB (A)	绝缘等级
YSF156	220	50	375	1400	65	8

8. YYC 系列齿轮减速单相电容运转异步电动机

(1) 概述 YYC 系列齿轮减速单相电容运转异步电动机具有体积小、重量轻、输出转矩大、运行可靠、性能指标优异等优点，可供仪表、机械、轻纺等行业作驱动元件。

(2) 使用环境 环境温度为 0 ~ +40℃；海拔不高于 1000m；相对湿度不大于 90%（25℃）。

(3) 技术数据

型 号	电压 /V	频率 /Hz	额定电流 /A ≤	额定输入功率 /W≤	空载转速 / (r/min)	额定转速 / (r/min)	电容量 /μF	额定转矩 /N · m	最大输出转矩 /N · m
60YYC-7	220	50	0. 12	21	7	6. 5	0. 47/400V	1. 47	1. 76
60YYC-14	220	50	0. 12	21	14	13	0. 47/400V	1. 47	1. 76
60YYC-20	220	50	0. 12	21	20	19	0. 47/400V	1. 18	1. 42
60YYC-30	220	50	0. 12	21	30	29	0. 47/400V	0. 78	0. 94

(续)

型 号	电压 /V	频率 /Hz	额定电流 /A ≤	额定输入功率 /W≤	空载转速 / (r/min)	额定转速 / (r/min)	电容量 /μF	额定转矩 /N·m	最大输出转矩 /N·m
60YYC-60	220	50	0.12	21	60	55	0.47/400V	0.39	0.47
60YYC-96	220	50	0.12	21	96	86	0.47/400V	0.196	0.24
75YYC-29	220	50	0.35	65	29	26	3/400V	2.45	2.94
75YYC-29A	100	50	0.7	50	29	26	6/200V	2.4	2.94
75YYC-29B	220	50	0.4	85	29	26	2/400V	3.6	6.4
75YYC-65	220	50	0.4	85	65	62	2/400V	1.5	2.4
75YYC-76	110	50	0.7	50	76	68	3/400V	1.02	1.22
75YYC-115 *	220	50	0.4	85	115	110	2/400V	0.85	1.53
75YYC-180	220	50	0.35	65	180	175	3/400V	0.44	0.53
90YYC-19	220	50	0.4	75	19	16	3/400V	4.9	5.88
90YYC-22	220	50	0.4	75	22	18	3/400V	4.9	5.88
90YYC-29	220	50	0.4	75	29	24	3/400V	4.9	5.88
90YYC-58	220	50	0.4	75	58	49	3/400V	2.45	2.94
90YYC-96	220	50	0.4	75	96	81	3/400V	1.47	1.76
90YYC-160	220	50	0.4	75	160	136	3/400V	0.87	1.05
90YYC-270	220	50	0.4	75	270	229	3/400V	0.5	0.6
96YYC-96	220	50	0.97	110	96	91	4/400V	3.5	5.8
96YYC-300	220	50	0.97	110	300	290	4/400V	1.12	1.8

9. IS784、MS724 系列罩极式感应电动机

型 号	极数	电压 /V	频率 /Hz	输入功率 /W	转速 / (r/min)	额定转矩 /N·cm	电流 /A	起动转矩 /N·cm	用 途
IS-784-1001	4p	100	50	13	1100	0.65	0.18	0.7	石油取暖器、制冷设备、厨房设备、自动售货机
			60	12	1150	0.75	0.17	0.6	
IS-784-1002	4p	100	50	20	1100	1.0	0.29	1.0	
			60	18	1200	1.3	0.26	0.8	
IS-784-1003	4p	100	50	13	1100	0.9	0.19	0.7	
			60	12	1100	0.9	0.18	0.6	
MSH-724-000B	4p	100	50	19	1150	1.1	0.25	0.95	
			60	18	1250	1.15	0.30	0.75	
MS-724-005	4p	100	50	28	1100	1.0	0.34	1.0	
			60	26	1200	1.15	0.32	0.85	
MS-724-300	4p	100	50	34	1350	1.9	0.45	1.3	
			60	32	1560	2.6	0.42	1.0	

10. IS22、IS32 系列罩极式感应电动机

型 号	极数	电压 /V	频率 /Hz	输出 功率 /W	额定 转速 / (r/min)	额定 转矩 /N · cm	额定 电流 /A	起动 转矩 /N · cm	温升 /K	质量 /kg	用 途
IS-223	2p	115	60	9.2	3000	3.0	0.70	1.8	65	0.75	石油取暖器厨房设备、复印机
IS-224	2p	220	50	7.4	2400	3.0	0.35	2.0	65	0.75	
IS-227	2p	100	50	7.4	2400	3.0	0.77	1.8	60	0.75	
			60	8.9	2900	3.0	0.82				
ISH-3271	2p	100	50	3.5	2500	1.35	0.35	1.2		0.80	
		100	60	3.5	3000	1.15	0.30	0.85			
IS-3226	2p	100	50	2.5	2500	1.0	0.55	1.5		0.65	
		100	60	2.5	3000	0.85	0.45	1.25			
IS-3220	2p	100	50	3.7	2500	1.5	0.40	1.2		0.80	
		100	60	3.7	3000	1.2	0.35	0.85			
IS-3238	2p	100	50	5.0	2500	2.0	0.50	1.5		0.90	
		100	60	5.0	3000	1.65	0.40	1.0			

11. YJF 型罩极单相异步电动机

(1) 概述 YJF 型罩极单相异步电动机具有噪声小、耗电省、温升高、寿命长、可靠性好等特点。主要用于冷柜压缩机、冷凝器风扇冷却、冷柜、冰箱内部空气循环，也可用于啤酒机搅拌电动机及其他仪器、仪表、电器设备的通风散热。

(2) 技术数据

型 号	输出 功率 /W	额定 电流 /A	额定 电压 /V	额定 频率 /Hz	负载 转速 /(r/min)	风叶 直径 /mm	风叶 材质	主要 用途
YJF48S-4	2.5	0.17	220	50	1300	φ170	塑	冷柜压缩机、 冷凝器通风散热
YJF48M-4	4	0.19			1300	φ200	塑、铝	
YJF48/6-4	6	0.33			1300	φ220 φ230	铝	
YJF48L-4	10	0.5			1300	φ250	铝	
YJF7.5-2	0.6	0.08			2200	φ100	塑	
YJF7.5-2B	0.6	0.08			2200	φ100	塑	冷柜、冰箱内 部空气循环
YJF2.5-2	2.5	0.135			1600	φ60	铝	冷柜内部空气 循环
YJF48M-4B	4	0.19			1300	φ200	塑、铝	
YJF48M-4C	4	0.19			1300	φ55	塑	

12. SP、YUG 系列单相分相起动异步电动机

(1) 概述 该系列电动机机身是优质钢板卷制而成。广泛用于驱动小型机械，科学仪器及各种日用家庭器具。该系列电动机，新颖，结构紧凑，运行可靠，维护方便，并具有许多优良的电气性能。该系列电动机最显著的特点是通风结构完善，温升较低，如果用户需要，还可提供其他各种规格。

(2) 技术数据

型 号	功率 /W	电压 /V	频率 /Hz	转速 /(r/min)	型 号	功率 /W	电压 /V	频率 /Hz	转速 /(r/min)
SP7102	180	220	50	2800	SP7114	250	220	50	1400
SP7112	250	220	50	2800	YUG7124	250	220	50	1400
SP7122	370	220	50	2800	YUG7124	120	220	50	1400
SP7104	180	220	50	1400	YUG89-4	250	220	50	1400

6.4 单相异步电动机有哪些常见故障？引起故障的原因是什么？

答：常见故障主要有：

1) 电源电压正常，通电后电动机不能起动。原因可能是电源引线开路，工作绕组或起动绕组开路，离心开关触头未接通，电容器断路、定子和转子相碰、轴承损坏或润滑脂干涸、负载被卡死等。

2) 在空载或外力帮助下能起动，但起动缓慢。原因可能是离心开关接触不良、电容器老化，容量减少很多，如果电动机转向不固定，则是起动绕组开路或电容器开路。

3) 起动后电动机很快发热、冒烟。可能原因是：工作绕组短路或接地、起动绕组短路、起动后离心开关触头分不开，使起动绕组通电时间过长、起动绕组和工作绕组接错等。

4) 电动机转动时噪声大。原因是离心开关损坏、轴承损坏、轴承的轴向间隙过大和电动机内落入杂物等。

5) 电动机振动。原因是转子不平衡、轴伸端弯曲等。

6) 轴承过热。原因是轴承损坏、轴承内外圈配合不当、润滑脂过多或太脏以及混入沙土等杂物、连接负载装置装得不合适等。

7) 通电后熔断器熔断。原因是绕组短路或接地则很快熔断，如系统组间或绕组与地之间漏电，则经过一小段时间才熔断。负载卡死电流过大也会使熔断器熔断。

以上故障，找到原因后对症处理即可消除。

6.5 罩极式单相异步电动机的常见故障及其排除方法有哪些？

答：罩极式单相异步电动机的常见故障及其排除方法见表 6-2。

表 6-2 罩极式单相异步电动机的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
通电后电动机不能启动	(1) 电源线或定子主绕组断路 (2) 短路环断路或接触不良 (3) 罩极绕组断路或接触不良 (4) 主绕组短路或被烧毁 (5) 轴承严重损坏 (6) 定、转子之间的气隙不均匀 (7) 装配不当,使轴承受外力 (8) 传动带过紧	(1) 查出断路处,并重新焊接好 (2) 查出故障点,并重新焊接好 (3) 查出故障点,并焊接好 (4) 重绕定子绕组 (5) 更换新轴承 (6) 查明原因,予以修复,若转轴弯曲应校直 (7) 重新装配,上紧螺钉,合严止口 (8) 适当放松传送带
空载时转速太低	(1) 小型电动机的含油轴承缺油 (2) 短路环或罩极绕组接触不良	(1) 填充适量润滑油 (2) 查出接触不良处,并重新焊接好
负载时转速不正常或难于启动	(1) 定子绕组匝间短路或接地 (2) 罩极绕组绝缘损坏 (3) 罩极绕组的位置、线径或匝数有误	(1) 查出故障点,予以修复或重绕定子绕组 (2) 更换罩极绕组 (3) 按原始数据重绕罩极绕组
运行中产生剧烈振动和异常噪声	(1) 电动机基础不平或固定不紧 (2) 转轴弯曲造成电动机转子偏心 (3) 转子或带轮不平衡 (4) 转子断条 (5) 轴承严重缺油或损坏	(1) 校正基础板,拧紧地脚螺栓,紧固电动机 (2) 校正电动机转轴或更换转子 (3) 校平衡或更换新品 (4) 查出断路处,予以修复或更换转子 (5) 清洗轴承,填充新润滑油或更换轴承
绝缘电阻降低	(1) 潮气侵入或雨水进入电动机内 (2) 引出线的绝缘损坏 (3) 电动机过热后,绝缘老化	(1) 进行烘干处理 (2) 重新包扎引出线 (3) 根据绝缘老化程度,分别予以修复或重新浸渍处理

6.6 什么是多速异步电动机？

答：三相笼型异步电动机的定子绕组，经过不同的换接，可以得到两种以上的转速，这种电动机叫多速异步电动机。用一套定子绕组变速叫单绕组多速异步电动机，用两套定子绕组变速叫双绕组多速异步电动机，目前我国已生产出二速、三速、四速等多速异步电动机。

异步电动机的转速 (r/min) $n = 60f_1/p(1 - s)$ (f_1 ——频率/Hz; p ——极数; s ——转差率)，由此可知，改变极数 p 就能改变电动机的转速 n ，多速异步电动机就是通过改变定子绕组的接法来改变电动机的极对数，而达到变速目的的。这种方法多用倍极比 (2:1)，非倍极而速度比较近的双速或三速电动机，多速异步电动机的转子都

用笼型，由于笼型转子的极数总是和定子极数相等，因此变换极数时比较方便。变极调速是一种比较经济的调速方法，在不需要平滑调速的场所常采用多速异步电动机调速，例如轮船上的起锚机、钻床、磨床、车床，以及纺织机械上多有采用。

6.7 怎样拆装、修理多速异步电动机并接线试车？

答：由于多速异步电动机的结构与一般异步电动机相似，因此其拆装、修理也相同。不同的是定子绕组的接线，因而多速异步电动机在试车前要检查定子绕组的接线是否正确、方法按检查定子绕组的首尾和检查极相组是否接错及检查不同极数下绕组的线端，抽出转子，将低压直流电通入一相绕组，然后用指南针的变化来计算极数。一相测出，做好标记。采取同样方法再检查另外两相，根据极数及其分布位置，即可判断出接线是否正确，定子绕组接法不同、极数不同、加低压直流电的线端也不同。

在试车前检查定子绕组的接线是否正确，最后根据不同极数，分别单独通电试车，试车前还要注意以下几点：

- 1) 测量绕组的直流电阻时，应在各种不同极数的接线方法下分别测量。
- 2) 测量绝缘电阻时，对双绕组多速异步电动机，要分别测量两套绕组的绝缘电阻。
- 3) 耐压试验也要对双绕组多速异步电动机的两套绕组分别试验。
- 4) 空载试验应在各种极数下逐一进行。

6.8 什么是步进电动机？

答：步进电动机是一种把电脉冲信号变换成直线位移或角位移的执行元件。由于转轴的转动是每输入一个脉冲，步进电动机前进一步。所以叫做步进电动机或叫做脉冲电动机。

步进电动机广泛地用于数控机床、电子计算机外围设备、自动仪表、电子钟，以及飞机、导弹、潜艇等的导航装置。因为除了它能把电脉冲变成机械的角位移之外，还具有下列优点：

- 1) 每步位移值不受电压、电流的波动与温度的影响，电动机转速只和脉冲频率有关。
- 2) 误差不积累。每一步虽然有误差，但转过一周时，累积误差为零。
- 3) 控制性能好、精度高、快速性好、灵敏、准确、可靠。

6.9 步进电动机有哪些种类？

答：步进电动机的种类很多，有旋转运动的、直线运动的和平面运动的。步进电动机的种类见表 6-3。

表 6-3 步进电动机的种类

类 别	备 注
旋转运动的步进电动机	
直线运动的步进电动机	
平面运动的步进电动机	

(续)

类 别	备 注
反应式步进电动机	主要用的步进电动机
永磁式步进电动机	
永磁感应子式旋转步进电动机	
机械谐振式步进电动机	
混合式步进电动机	
三相反应式步进电动机	是目前应用最多的步进电动机

6.10 步进电动机产品名称代号是什么？

答：步进电动机产品名称代号见表 6-4。

表 6-4 步进电动机产品名称代号

产 品 名 称	代 号	含 义
电磁式步进电动机	BD	步、电
永磁式步进电动机	BY	步、永
感应子式永磁步进电动机	BYG	步、永、感
反应式步进电动机	BF	步、反
印制绕组步进电动机	BZ	步、制
直线步进电动机	BX	步、线
滚动步进电动机	BG	步、滚

6.11 常用步进电动机的结构和特点是什么？

答：常用步进电动机的结构和特点见表 6-5。

表 6-5 常用步进电动机的结构和特点

种类	结 构		特 点
反 应 式 步 进 电 动 机	单 段 式	定子有多相绕组，定子磁极开有小齿；转子沿圆周均布小齿，其齿距和齿形与定子相同	制造简单，精度容易保证；当相数、直径小时，沿径向分相困难较多。其性能特点是：步距角 θ 可以做到 $1^\circ \sim 15^\circ$ 甚至更小，起动和运行频率较高；断电时无定位转矩，消耗功率较大
	多 段 式	定转子沿电动机轴向分成 m （相数）段，每一段定子铁心上绕有一相环形控制绕组 定转子沿圆周开有相同数量和齿距的齿；转子（或定子）与相邻段铁心错开 $1/m$ 齿距	定子空间利用率较好；环形励磁绕组制造较方便；转子惯量较低；铁心分段和错位工艺较复杂，精度也不易保证，其性能特点同上
	径 向 磁 路	定转子沿电动机轴向分成 m 段，每段定子铁心上仅绕一相控制绕组，定子（或转子）铁心与相邻段铁心错开 $1/m$ 齿距，一段铁心上每个极的定转子齿相对位置相同。也可以在一段铁心上具有二三相控制绕组，它实质上是多台单段式电动机的组合	对于相数多而且直径和长度限制又严的反应式步进电动机来说，在结构布局上比以上两种结构灵活，铁心分段和错位工艺也较复杂，其性能特点同上

(续)

种类	结 构	特 点
永磁式步进电动机	定子结构为凸极，极上无小齿，绕有 m 相绕组，转子是硬磁材料制成的 P 对星形磁钢	步距角较大，消耗功率比反应式步进电动机小，但需要供给正、负电脉冲；起动和运行频率较低；有定位转矩
永磁感应子式步进电动机	定子结构与单段反应式步进电动机相同。转子由环形磁钢和两端铁心组成；转子铁心上沿圆周开有小齿，一端铁心上的小齿与另一端铁心上的小齿错开 $1/2$ 齿距；定转子的齿数的配合与单段反应式步进电动机相同	可以做成与反应式步进电动机一样小的步距角，有较高的起动和运行频率，需要正、负脉冲供电，消耗功率较小；有定位转矩。是具有反应式和永磁式步进电动机两者优点的一种步进电动机，但结构和制造都比较复杂

6.12 步进电动机的故障如何检修？

答：步进电动机的常见故障及检修见表 6-6。

表 6-6 步进电动机的常见故障及检修

故障现象	产 生 原 因	检 修 方 法
严重发热	(1) 使用时不符合规定 (2) 把六拍工作方式，用双三拍工作方式运行 (3) 电动机的工作条件恶劣，环境温度过高，通风不良	(1) 按规定使用 (2) 按规定工作方式运行，如确要将六拍改为双三拍使用，可先做温升试验，如温升过高可降低参数指标使用或改换电动机 (3) 加强通风，改善散热条件
定子线圈烧坏	(1) 使用不慎，或作普通电动机接在 220V 工频电源上 (2) 高频电动机在高频下连续工作时间过长 (3) 在用高低压驱动电源时，低压部分故障，致使电动机长期在高压下工作 (4) 长期在温升较高的情况下运行	(1) 使用时注意电动机的类型 (2) 严格按照电动机工作制度使用 (3) 检修电源电路 (4) 查明温升过高的原因
不能起动	(1) 工作方式不对 (2) 驱动电路故障 (3) 遥控时，线路压降过大 (4) 安装不正确，电动机本身轴承、止口或扫膛等使电动机不转 (5) 接线错误，即 N、S 极极性接错 (6) 长期在潮湿场所存放，造成电动机内部旋转部分生锈	(1) 按电动机说明书使用 (2) 检查驱动电路 (3) 检查输入电压，如电压太低，可调整电压 (4) 检查电动机 (5) 改变接线 (6) 检修清洗电动机
工作过程中停车	(1) 驱动电源故障 (2) 电动机线圈匝间短路或接地 (3) 绕组烧坏	(1) 检修驱动电源 (2) 按普通电动机的检修方法进行 (3) 更换绕组

(续)

故障现象	产生原因	检修方法
工作过程中停车	(4) 脉冲信号发生器电路故障 (5) 杂物卡住	(4) 检查有无脉冲信号 (5) 清洗电动机
噪声大	(1) 电动机运行在低频区或共振区 (2) 纯惯性负载、短程序、正反转频繁 (3) 磁路混合式或永磁式转子磁钢退磁后以单步运行或在失步区 (4) 永磁单向旋转步进电动机的定向机构损坏	(1) 消除齿轮间隙或其他间隙，采用尼龙齿轮；使用细分电路；使用阻尼器；降低电压，以降低出力；采用隔声措施 (2) 改长程序并增加摩擦阻尼 (3) 重新充磁 (4) 修理定向机构
失步（或多步）	(1) 负载过大，超过电动机的承载能力 (2) 负载时大时小 (3) 负载的转动惯量过大，启动时失步，停车时过冲（即多步） (4) 传动间隙大小不均 (5) 传动间隙中的零件有弹性变形（如绳传动） (6) 电动机工作在振荡失步区 (7) 电路总清零使用不当 (8) 定、转子相擦	(1) 变换大电动机 (2) 减小负载，主要减小负载的转动惯量 (3) 采用逐步升频来加速启动，停车时采用逐步减频后再停车 (4) 对机械部分采取消除措施，采用电子间隙补偿信号发生器 (5) 增加传动绳的张紧力，增大阻尼或提高传动零件的精度 (6) 降低电压或增大阻尼 (7) 在电动机执行程序的中途暂停时，不应再使用总清零键 (8) 解决扫膛故障
无力或出力降低	(1) 驱动电源故障 (2) 电动机绕组内部接线错误 (3) 电动机绕组碰壳、相间短路或线头脱落 (4) 轴断 (5) 气隙过大 (6) 电源电压过低	(1) 检查驱动电源 (2) 用磁针检查每相磁场方向，接错的一相指针无法定位 (3) 拧紧线头，对电动机绝缘及短路现象进行检查，无法修复时应更换绕组 (4) 换轴 (5) 换转子 (6) 调整电源电压使其符合要求

注：步进电动机除以上故障外，还有与其他电动机相同的故障，可参照三相异步电动机故障检修方法进行修理。

6.13 什么是伺服电动机？

答：伺服电动机是指能够把输入电信号转换成轴上的角位移或角速度的旋转电动机。在自动控制系统中一般用作执行元件，因此它具有良好的可控性，而且要响应快，进行稳定。

伺服电动机按其使用的电源性质不同，可以分为直流伺服电动机和交流伺服电

动机。直流伺服电动机通常在功率稍大的系统中，其输出功率约为 1 ~ 600W，但也有的可达数千瓦；交流伺服电动机输出功率约为 0.1 ~ 100W，其中最常用的为 30W 以下。为改善性能，所用电源的频率不一定是工频，有时也用较高的频率。

国产交流伺服电动机，其电源频率为 50Hz 时，电压为 36V、110V、220V、380V；电源频率为 400Hz 时，电压为 20V、26V、36V、115V。

对直流伺服电动机的主要要求是要有下垂的力学性能、线性的调节特性和对控制信号能作出快速响应。电压有 6V、9V、12V、24V、27V、48V、110V、220V 等。

6.14 伺服电动机如何分类？

答：伺服电动机的分类见表 6-7。

表 6-7 伺服电动机的分类

伺服电动机	交流伺服电动机按转子形式分	笼型
		非磁性杯型
	直流伺服电动机按励磁方式分	他励式
		永磁式

6.15 直流伺服电动机的基本结构包括哪些部分？

答：直流伺服电动机的基本结构和普通直流电动机相同，体积和容量都很小，换向性能好，无换向极，转子细而长，便于控制。按励磁方式分为他励式和永磁式两种，目前应用较多的是他励式。他励式直流伺服电动机的电枢绕组和磁场绕组分别由两个独立电源供电，故控制方式有磁场控制和电枢控制两种。由于电枢控制的机械特性和调节特性的线性度较好，所以系统中多采用电枢控制。磁场控制只用于小功率电动机中。

6.16 交流伺服电动机的基本结构包括哪些部分？

答：交流伺服电动机与一般异步电动机相似，基本结构包括定子、转子两大部分。定子铁心由硅钢片叠压而成，定子绕组多制成两相的，两相绕组在空间相差 90°电角度。转子有笼型和非磁性杯型，下面分别说明。

(1) 笼型交流伺服电动机 结构如图 6-1 所示励磁绕组和控制绕组为分布绕组，均匀地分布在定子槽里。转子同普通异步电动机的笼型转子一样，只是转子导条用高电阻率的青铜或铸铝制成。转子直径与长度的比值较小，便于灵活控制。

(2) 非磁性杯型转子交流伺服电动机 结构如图 6-2 所示，定子分内、外定子、绕组都安放在外定子上。转子用铝、铝合金或纯铜等非磁性导电材料制成，壁厚 0.2 ~ 0.8mm，固定在转轴上。能随转轴在内、外定子间自由转动。与笼型转子相比，杯形转子转动惯量小，反应灵敏，在自动控制系统中应用较广泛。

6.17 交流伺服电动机的用途和特点是什么？

答：交流伺服电动机的用途和特点见表 6-8。

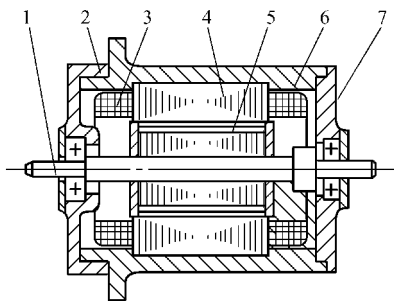


图 6-1 笼型转子交流伺服机结构图

1—轴 2—前端盖 3—定子绕组
4—定子铁心 5—转子铁心 6—外壳
7—后端盖

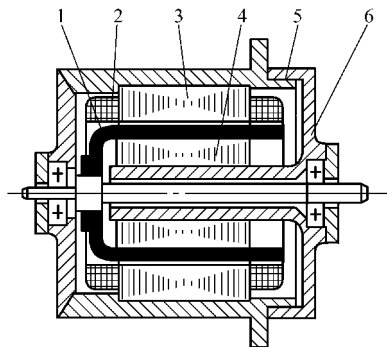


图 6-2 非磁性杯型转子

1—杯型转子 2—定子绕组
3—外定子 4—内定子 5—外壳
6—端盖

表 6-8 交流伺服电动机的用途和特点

种 类	转子的结构	特 点	应用范围
笼 型	笼型转子，细而长，笼型由铝、黄铜、纯铜制成	励磁电流和体积较小，机械强度较大；低速运转不平滑，有抖动现象	用于小功率自动控制系统
非磁性杯型	杯型转子用铝和纯铜制成。杯内、外由内、外定子构成磁路	转子运转惯量小，运行平滑、无抖动现象；励磁电流和体积比一般伺服电动机大	用于运行平滑系统，如积分电路

6.18 直流伺服电动机的用途和特点是什么？

答：直流伺服电动机的用途和特点见表 6-9 所示。

表 6-9 直流伺服电动机的用途和特点

分 类	励磁方式	结构与特点	性能特点	适用范围
直 流 伺 服电动机	电 磁 或永磁	与普通直流电动机相同，电枢铁心长，大于直径，气隙较小	有下垂的力学性能，线性调节度好，响应快	直流伺服系统
无 槽 电 枢 直 流 伺 服电动机	电 磁 或永磁	电枢铁心为光滑圆柱体，电枢绕组安放在圆柱体铁心的表面，气隙大	转动惯量小，机电时间常数小，换向良好	快速动作功率较大的伺服系统
空 心 杯 电 枢 直 流 伺 服电动机	永磁	电枢绕组成杯形，空心杯电枢内外两侧均有铁心构成磁路	机电时间常数小，换向好、低速运行平滑	快速动作的伺服系统
印 刷 绕 组 直 流 伺 服电动机	永磁	在圆形绝缘薄板上，印刷裸露的绕组构成电枢，磁极轴向安装，扇形极靴	机电时间常数小，低速性能好	低速起动，反转频繁的系统

(续)

分 类	励磁方式	结构与特点	性能特点	适用范围
无 刷 直 流 伺 服 电 动机	永磁	定子为多相绕组，用永久 磁钢作转子，无电刷和换向 器	噪声小，寿命长，无线电 干扰小	低噪声、高真 空、对无线电无 干扰的系统

6.19 伺服电动机如何选择与使用？

答：在选择伺服电动机时，要注意使用场所，控制方式的特点、电源种类和功率，电动机的规格、型号及使用条件，电源频率和电压被动、生产厂技术水平等。根据以上因素选择适当的伺服电动机。常用伺服电动机的特点见表 6-8 和表 6-9。交直流伺服电动机的比较见表 6-10。

表 6-10 交直流伺服电动机的比较

项目 \ 类型	直流伺服电动机	交流伺服电动机
力学性能和调节特性	力学性能硬，线性度好，不同控制电压下斜率相同，堵转力矩大，调速范围广	力学性能软，非线性，不同控制电压下斜率不同，系统的品质因素变坏，转速范围较窄，受频率及极对数的限制
体积重量和效率	功率较大，体积较小，重量较轻，效率高	体积较大，重量较重，效率低，功率小
放大器	直流放大器产生“零点漂移”现象，精度差，结构复杂，体积和重量较大	交流放大器结构简单，体积和重量较小
自转	不会产生自转	参数选择和制造工艺不良会产生自转现象
结构和运行的可靠性，对系统的干扰	需电刷与换向器，结构和工艺复杂，维修不便，运行的可靠性差，换向火花会产生无线电干扰，摩擦力矩大	无电刷和换向器，结构简单，运行可靠，没有火花，因而也没有无线电干扰，摩擦力矩小

6.20 交流伺服电动机使用注意什么？

答：交流伺服电动机使用注意事项为：

- 1) 50Hz 工频的伺服电动机多为 2 或 4 极高速电动机，400Hz 中频的多为 4、6、8 极的中速电动机，更多极数的慢速电动机是很不经济的。
- 2) 输入阻抗随转速上升而变大，功率因数变小。额定电压越低，功率越大的伺服电动机，输入阻抗越小。
- 3) 为了提高速度适应性能，减小时间常数，应设法提高起动转矩，减小转动惯量，降低起动电压。伺服电动机起动和控制十分频繁，且大部分时间在低速下运行，所以需要注意散热问题。

6.21 直流伺服电动机使用注意什么？

答：直流伺服电动机使用注意事项为：

1) 电磁式电枢控制的直流伺服电动机在使用时,要先接通励磁电源,然后再加电枢电压。运行中尽量避免励磁绕组断电,以免引起电枢电流过大和造成电动机超速。

2) 整流电路可用三相全波式可控供电,在选用其他型式的整流电路时,应有适当的滤波装置。否则,只能降低容量使用。

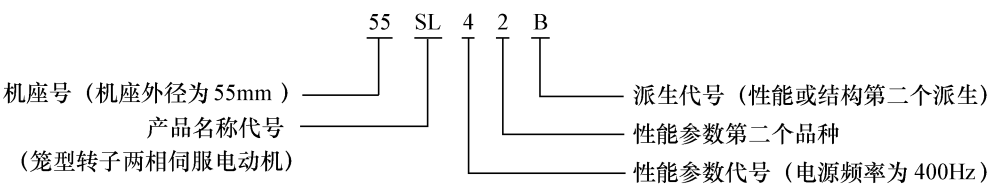
6.22 交流伺服电动机和直流伺服电动机的单机概述、型号含义、新老产品代号对照及技术数据有哪些？

答：交流伺服电动机和直流伺服电动机的单机概述、型号含义、新老产品代号对照及技术数据如下所述。

1. SL 系列笼型转子两相伺服电动机

(1) 概述 SL 系列伺服电动机,转子为笼型、定子分布槽内嵌以两相绕组,一相为励磁绕组,一相为控制绕组,结构简单,运行可靠。其功能是将电信号(控制电压或其相位)转变为轴上的机械传动,其转轴的角位移或转速是可控制的。广泛用于自动控制、随动系统和计算装置中作执行元件。

(2) 型号含义 (符合 GB/T 10405—2001)



(3) 新老产品名称代号对照和含义

新 代 号				老 代 号				含 义			
SL				SL				笼型转子两相交流伺服电动机			
型 号	励磁 电压 /V	控制 电压 /V	频率 /Hz	堵转转矩 /mN·m ≥	空载转速 /(r/min) ≥	输出 功率 /W	机电时 间常数 /ms	外形尺寸/mm			质量 /g
								总长	外径	轴径	
12SL4G4	20	20	400	0.637	9000	0.16	12	41	12.5	2	20
16SL1	26	26	400	0.882	9000			29.0	16		
20SL4E6	36	36	400	1.96	5600	0.32	12	42	20	2.5	50
20SL4E4	36	36	400	1.764	9000	0.50	25	46.2	20	2.5	50
20SL4E4	36	36	400		8500	0.50	14	46.2	20	2.5	
20SL4G6	20	20	400	1.96	5600	0.32	12	46	20	2.5	50
20SL1	26	26	400	1.176	9000			29.4	20	2.5	
24SL1	26	26	400	1.96	9000			29	24		
20SL4G4	20	20	400	1.764	9000	0.50	25	46.2	20	2.5	
20SL02	36	36	400	1.47	6000	0.25	15	40.2	20	2.5	45
20SL5F2	26	26	50	1.764	2700	0.12	15	43	20	2.5	50
24SL4E4	115	40/20	400	1.96	9000	0.5	30	32	24	3	60

(续)

型 号	励磁 电压 /V	控制 电压 /V	频率 /Hz	堵转转矩 /mN·m ≥	空载转速 /(r/min) ≥	输出 功率 /W	机电时 间常数 /ms	外形尺寸/mm			质量 /g
								总长	外径	轴径	
24SL4-6A	26	26/13	400	* 147	48	0. 18		65	24	4	100
24SLT330	26	26	400	2. 15	6000	0. 3		32	24	3	
24SLT440	18	18	400	0. 98	9000	0. 3		35	24	2. 94	
28SL40	36	36/18	400	3. 92	6000		25	54	28	3	
28SL41	115	36/18	400	3. 92	6000		25	54	28	3	
28SL42	115	115/57. 5	400	3. 92	6000		25	54	28	3	
28SL43	115	36/18	400	4. 90	6000		15	40	23	3	
28SL44	115	115/57. 5	400	4. 90	6000		15	40	28	3	
28SL45	36	36/18	400	4. 90	6000		15	40	28	3	
28SL4-4A	115	115/57. 5	400	5. 5	9000	1. 5	20	65	28	3	
28SL5-2A	36	36/18	50	5. 0	2500	0. 4	15	60	28	3	
28SL01	36	36	400	5. 0	6000	1. 0	20	56. 5	28	3	160
28SL02	115	115	400	4. 9	6000	1. 0	20	56. 5	28	3	140
28SL03	115	36	400	5. 0	6000	1. 0	20	56. 5	28	3	160
28SL4B	36	36	400	5. 39	9000	1. 5	15	34	28	3	100
28SL4C	115	36	400	5. 39	9000	1. 5	15	34	28	3	100
28SL4D	115	115	400	5. 39	6000	1. 0	10	34	28	3	100
28SL4B6	115	115	400		6000	1. 2	15	59	28	3	140
28SL4B6	115	115/115	400	5. 39	6000	1. 2	15	58. 5	28	3	100
28SL4B8	115	115	400	5. 88	4800	1. 0	20	58. 5	28	3	100
28SL4E6	36	36	400	5. 39	6000	1. 2	10	58. 5	28	3	140
28SL4E6	36	36/18	400	5. 39	6000	1. 2	15	58. 5	28	3	100
28SL4E8	36	36	400	5. 88	4800	1. 0	20	58. 5	28	3	100
28SL4A	115	115	400	5. 39	9000	1. 5	15	34	28	3	100
28SL4I6	115	36	400	5. 39	6000	1. 2	15	58. 5	28	3	160
28SL5C2	110	110	50	4. 9	2700	0. 4	8	56. 5	28	3	100
28SL04	115	26	400	6. 0	6000	1. 0	20	56. 5	28	3	160
28SL51	36	36	50	9. 0	2500	0. 4	15	56. 5	28	3	100

2. SD-15/2 型交流伺服电动机

型 号	电压 /V	频率 /Hz	空载转速 /(r/min)	功率 /W	制动转矩 /mN·m ≥	外形尺寸/mm			质量 /g
						总长	外径	轴径	
SD- $\frac{15}{2}$	110	50	2800	15	215. 6	169	70	6	2250
SD- $\frac{15}{2}$ -B	220	50	2800	15	215. 6	169	70	6	2250
SD- $\frac{15}{2}$ -C	220	50	2800	15	215. 6	169	70	6	2250

3. A2-406 型交流伺服电动机

型 号	励磁 电压 /V	控制 电压 /V	频率 /Hz	励磁 电流 /A	控制 电流 /A	额定 转速 /(r/min)	堵转转矩 /mN·m ≥	外形尺寸/mm			质量 /g
								总长	外径	轴径	
A2-406	90	20	50	0.35	0.5	2600	23.53	98.7	02	M4	800

4. 2ACM 系列两相交流伺服电动机

2ACM 系列两相交流伺服电动机系两相交流笼型转子可逆转异步电动机。其特点是：电动机一相以额定电压励磁时，用改变另一相电压的方法可得到由零至最大值的平滑转速调节，当电压为零时，转子能自动停止不动；起动力矩大，转动惯性小，能快速动作，故可在自控和追随系统中作为执行元件。

型 号	额定 电压 /V	额定 频率 /Hz	起动 电压 /V	输出 功率 /W	额定 电流 /A	输出 转矩 /mN·m	最大 转矩 /mN·m	转速 /(r/min)	转子惯 性矩 /g·m ²	外形尺寸/mm			质量 /g
										总长	外径	轴径	
2ACM-50	20	50	0.5	0.67	0.9	4.9	22.06	1300	0.0063	86	56	4	720
2ACM-50	110	50	5.5	0.67	0.95	4.9	22.06	1300	0.0063	86	56	4	720
2ACM-100	110	50	5.5	1.32	0.18	9.8	39.22	1280	0.011	115	56	4	1150
2ACM-200	110	50	5.5	2.4	0.30	19.61	54.91	1180	0.027	104	68	6	1250
2ACM-400	110	50	5.5	4.6	0.40	39.22	78.45	1120	0.044	135	68	6	1090
2ACM-200	220	50	7.0	2.4	0.11	19.61	54.91	1180	0.027	104	68	6	1250
2ACM-400	220	50	7.0	4.6	0.16	39.22	78.45	1120	0.044	135	68	6	1900

5. JXS 系列交流伺服电动机

JXS 系列交流伺服电动机为杠杆制动式交流笼型转子伺服电动机，专供与自动调节系统中 DXJ 和 DKZ 型电动执行器配套使用。它具有功率大、制动快等优点。

型 号	电压 /V	频率 /Hz	转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	额定 电流 /A	分相 电容 /μF	外形尺寸/mm (长×宽×高)
JXS-16	220	50	600	255	0.50	4	172×100×100
JXS-18	220	50	600	287	0.55	5	179×120×120
JXS-25	220	50	600	414	0.65	6	207×120×120
JXS-25B	220	50	600	414	0.65	6	207×120×120

6. QSL 系列单相电容运转伺服电动机

本系列电动机在工业电视中作为专用伺服元件，也可作为两相伺服电动机，用于自动控制系统及解算装置中作执行元件。

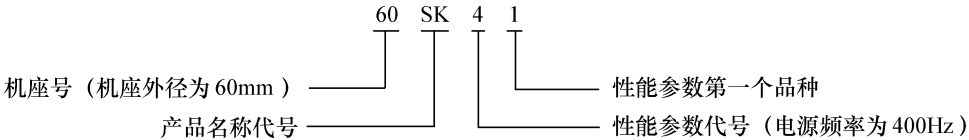
QSL 系列电动机为通孔结构，笼型转子，定子用环氧树脂灌封，具有体积小、重量轻、力能指标高、抗干扰性好、可靠性高等特点。

型 号	频率 /Hz	电压 /V	空载 转速/ (r/min) ≥	堵转 电流 /A ≤	堵转 转矩/ mN·m ≥	额定 电流 /A ≤	额定 转矩/ mN·m ≥	额定 输出 功率 /W	时间 常数 /ms	质量 /g	外形尺寸/mm		
											总长	外径	轴径
Q20SL01	50	20	2500	0.15	9.31	0.15	0.98	0.15	15	75	47.6	20	2.5
Q28SL01	50	20	2500	0.15	1.47	0.15	0.98	0.15	15	75	57	28	3
Q45SL01	50	110	1200	0.25	34.32	0.25	22.55	1.8	15	450	72	45	4
Q45SL02	50	110	1200	0.2	34.32	0.2	22.55	1.8	15	450	72	45	4
28YY5-2a	50	36	2500		5	0.12		0.4			44	28	3

7. 空心杯转子两相伺服电动机

(1) 概述 电动机由内、外定子和薄壁杯形转子构成，杯形转子在内、外定子之间气隙中旋转，故有转动惯量小、灵敏度高、运行平稳、噪声低等特点，可广泛应用于自动控制系统和计算解答装置作执行元件。

(2) 型号含义（符合 GB/T 10405—2001）



（空心杯转子两相伺服电动机）

(3) 新老产品名称代号对照和含义

新 代 号	老 代 号	含 义
SK	DRK、EM、ADP、SLP	空心杯转子两相伺服电动机

(4) 技术参数

型 号	频率 /Hz	功率 /W	转速 /(r/min)	堵转 转矩 /mN·m	励磁 电压 /V	励磁 电流 /A	控制 电压 /V	控制 电流 /A	外形尺寸/mm			质量 /kg
									总长	外径	轴径	
DRK-627	400	1.2(3000r/min)	6500	7.94	30	0.578	60	0.42	78.5	60	3	≤0.32

型 号	励磁 电压 /V	控制 电压 /V	电源 频率 /Hz	控制 电流 /A	励磁 电流 /A	额定 转矩 /mN·m	额定 转速 /(r/min)	堵转 转矩 /N·m	始动 电压 /V	机电时 间常数 /s	分相 电容 /μF
EM-1	115	115	400	0.055	0.25	3.2	2000	0.0065	1	0.03	0.3 ± 5%
EM-2-12	115	50	400	0.135	0.25	4.5	5000	0.0065	1	0.045	0.37 ± 5%

型 号	励磁 电压 /V	频率 /Hz	额定输 出功率 /W	额定 转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	控制 电压 /V	控制 电流 /A	外形尺寸/mm			质量 /g
								总长	外径	轴径	
ADP-1	120	500	3.7	9000	3.92	35	0.15	87	58	4	750
ADP-120	110	400	2.4	4000 ± 40	5.88	110		100	50	4	650
	110	500	2.4	4000 ± 40	5.88	110		100	50	4	650

(续)

型 号	励磁 电压 /V	频率 /Hz	额定输 出功率 /W	额定 转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	控制 电压 /V	控制 电流 /A	外形尺寸/mm			质量 /g
								总长	外径	轴径	
ADP-123	110	400	4.1	≥4000	9.81	110	0.27	90	50	4	550
	110	500	4.6	≥5000	8.83	110	0.2	90	50	4	550
ADP-123B	110	400	8.9	≥6000	14.22	110	0.23	90	50	4	550
	110	500	9	≥7000	12.25	110	0.18	90	50	4	550
ADP-202	110	400	1.5	6000	2.45	110	0.06	66.5	41	3	250
	110	500	1.3	6300	1.96	110	0.06	66.5	41	3	250
ADP-261	120	330	12	6600	17.64	170	0.23	122.5	70	6	1400
ADP-262	110	50	9.5	1850	49	125	0.53	122.5	70	6	1600
ADP-263	110	500	24.5	6000	39.2	170	0.75	122.5	70	6	1600
ADP-263A	36	500	24.7	6000	39.2	275	0.55	122.5	70	6	1600
ADP-362	110	50	19	1950	93.1	125	0.65	135	85	8	2600
ADP-363	110	500	35	6000	55.86	120	1.2	144.5	85	8	2700
ADP-363A	36	500	46.4	6000	73.5	245	0.68	144.5	85	8	2700
ADP-363B	115	400		4000	56.88	50	1.0	150	95	6	2700
ADP-562	110	50	41	2000	196.2	160	0.73	173.5	112	10	5500
ADP-563A	6	500	61	6000	98.1	220	0.75	183	112	10	

型 号	励磁 电压 /V	最大控 制电压 /V	相数	频率 /Hz	额定 转速 /(r/min)	额定 转矩 /N·m	额定 电流 /A	外形尺寸/mm		
								总长	外径	轴径
90SLP01	24	24	2	50	500	0.147	2	138.4	90	3

8. 永磁交流伺服电动机

ST 系列永磁交流伺服电动机是一种特殊设计的高性能永磁同步伺服电动机，永磁体系用高磁能积、低温度系数的钕铁硼材料。这里以电子换向取代了电刷换向，使之具有良好的控制性能，使系统的动态和静态性能更好。同步交流伺服不同于调频调压异步电动机，它的伺服驱动电路接受反馈回来的电机转速、转子位置及三相电流值，与给定的速度指令和力矩指令相比较，通过计算、调节后控制逆变器向电机馈送相序、频率和电压变化的励磁电流，使电动机能够在四象限内宽调速运行，调速比可达 1:10000 以上。电动机适用于精密数控机床进给驱动，机械手、工业机器人的伺服驱动，雷达和军事装备的随动系统，以及特殊环境条件工业控制的关键执行元件。

型 号	额定 功率 /kW	堵转 转矩 /N·m	最高 转速 /(r/min)	测速机输出 斜率/mV /(r/min)	编码器输 出脉冲 /(脉冲/r)	外形尺寸/mm		
						总长	外径	轴径
100ST-01A	0.7	2.0	4000			228	100	12
100ST-C01	0.7	2.0	4000	20		267	100	12

(续)

型 号	额定 功率 /kW	堵转 转矩 /N·m	最高 转速 /(r/min)	测速机输出 斜率/mV / (r/min)	编码器输 出脉冲 /(脉冲/r)	外形尺寸/mm		
						总长	外径	轴径
115ST-01A	1.2	2.0	6000			177.5	115	19
115ST-C01	1.2	10.4	1100	20		289	115	14
115ST-CMG01	1.1/1.4	6.5/9	2000	20	2500	357	115	19
115ST-CMG02	0.4/0.6	2.0/3.6	2000	20	2500	280	115	19
J140ST-C01	2.5		1100	20		426	140	19
140ST-CMG01	2.4	14	2000	20	2000	371	140	24
140ST-CMG02	2.2	30	1000	20	2500	375	140	24
140ST-CMG03	4.5	30	2000	20	2500	389	140	24
190ST-C01	15	70	3000	20		661	190	38
J190ST-C02	15	32.5	6000	15		500	190	—

9. 开关磁阻电动机调速系统

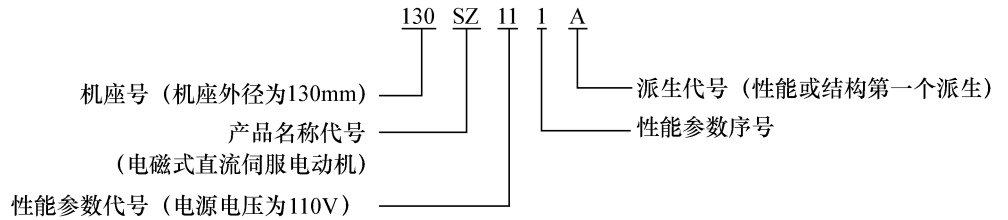
开关磁阻电动机与驱动器组成开关磁阻电动机调速系统，是国际上先进的机电一体化产品。它不仅结构简单、坚固，适于在较恶劣环境下使用，同时具备直流调速系统可控性好的优点，能驱动恒转矩与恒功率负载，可广泛用于各种产业的机器设备上。

型 号	电 源		额定功率 /W	输入电流 /A	调速范围 / (r/min)	输入特性/ (r/min)		效率 (%)
	/V	/Hz				恒转矩区	恒功率区	
S-R-1	220	50	250	3.5	300 ~ 2200	300 ~ 1500	1500 ~ 2200	62

10. SZ 系列电磁式直流伺服电动机

(1) 概述 SZ 系列电磁式直流伺服电动机，系电磁式直流微型电动机。具有体积小、质量轻、伺服性能好、力能指标高等优点，广泛用于自动控制系统中作执行元件，亦可作驱动元件。

(2) 型号含义 (符合 GB/T 10405—2001)



(3) 技术参数

型 号	转矩 /mN·m	转速 /(r/min)	功率 /W	电压/V		电流/A ≤		外形尺寸/mm			质量 /kg
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
36SZ01	16.66	3000	5	24		0.55	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ02	16.66	3000	5	27		0.47	0.3	95	36	3/3	0.29
36SZ03	16.66	3000	5	48		0.27	0.18	95	36	3/3	0.29

(续)

型 号	转矩 /mN·m	转速 /(r/min)	功率 /W	电压/V		电流/A≤		外形尺寸/mm			质量 /kg
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
36SZ04	14.21	6000	9	24		0.85	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ05	14.21	6000	9	27		0.74	0.3	95	36	3/3	0.29
36SZ06	14.21	6000	9	48		0.4	0.18	95	36	3/3	0.29
36SZ07	14.21	6000	9	110		0.17	0.085	95	36	3/3	0.29
36SZ08	13.72	4500±10%	6.5	48	24	0.3	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ51	23.52	3000	7	24		0.7	0.32	101	36	3/3	0.32
36SZ52	23.52	3000	7	27		0.61	0.3	101	36	3/3	0.32
36SZ53	23.52	3000	7	48		0.33	0.18	101	36	3/3	0.32
36SZ54	20.09	6000	12	24		1.15	0.32	101	36	3/3	0.32
36SZ55	20.09	6000	12	27		1.0	0.3	101	36	3/3	0.32
36SZ56	20.09	6000	12	48		0.55	0.18	101	36	3/3	0.32
36SZ57	20.09	6000	12	110		0.22	0.1	101	36	3/3	0.32
36SZ58c	14.7	7000	11	27		1.6	1.6	101	36	3/3	0.32
45SZ01	33.32	3000	10	24		1.1	0.33	104.7	45	4/3	0.45
45SZ02	33.32	3000	10	27		1.0	0.3	104.7	45	4/3	0.45
45SZ03	33.32	3000	10	48		0.52	0.17	104.7	45	4/3	0.45
45SZ04	33.32	3000	10	110		0.22	0.082	104.7	45	4/3	0.45
45SZ05	28.42	6000	18	24		1.6	0.33	104.7	45	4/3	0.45
45SZ06	28.42	6000	18	27		1.4	0.3	104.7	45	4/3	0.45
45SZ07	28.42	6000	18	48		0.8	0.17	104.7	45	4/3	0.45
45SZ08	28.42	6000	18	110		0.34	0.082	104.7	45	4/3	0.45
45SZ09c	21.56	≥6000	—	6		5.5	5.5	104.7	45	4/3	0.45
45SZ51	46.06	3000	14	24		1.3	0.45	112.7	45	4/3	0.53
45SZ52	46.06	3000	14	27		1.2	0.42	112.7	45	4/3	0.53
45SZ53	46.06	3000	14	48		0.65	0.22	112.7	45	4/3	0.53
45SZ54	46.06	3000	14	110		0.27	0.12	112.7	45	4/3	0.53
45SZ55	39.2	6000	25	24		2.0	0.45	112.7	45	4/3	0.53
130SZ01	2254	1500	355	110		4.4	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ01M	2255.52	1500	355	110		4.4	0.28	270	130	14	11.8
130SZ02	2254	1500	355	220		2.2	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ02M	2255.52	1500	355	220		2.2	0.18	270	130	14	11.8
130SZ03	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ03M	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ04	1911	3000	600	220		3.8	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ04M	1911	3000	600	220		3.8	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ05	2548	1500	400	110		4.6	0.28	248	130	14	

(续)

型 号	转矩 /mN·m	转速 /(r/min)	功率 /W	电压/V		电流/A≤		外形尺寸/mm			质量 /kg
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
130SZ06	2254	750	177	110		2.3	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ02/H6	2254	1500	355	220		2.2	0.18	324	130	14/12	11.8
130SZ02/H7	2254	1500	355	220		2.2	0.18	287	130	12	11.8
130SZ03M/H5	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	15/14	11.8
130SZ03/H1	1911	3000	600	110		7.6	0.28	258	130	14	11.8
130SZ05F/H1	1274	3000	400	110		5.4	5.4	242	130	14	14.5
130SZ07M/H1	1592.5	1500	250	220		1.6	0.18	242	130	14	14.5
130SZ08M/H1	1592.5	1500	250	180		1.8	0.3	242	130	14	14.5
130SZ09/H3	1911	2000	400	24		24	24	270	130	14	11.8
130SZ11	2254	1500	355	180	200	3.0	0.17	270	130	14/12	11.8
130SZ12	1911	3000±20%	600	180	200	5.0	0.17	270	130	14/12	12.6
130SZ13c	1900.2	2500 ^{+20%} -10%	500	160		5.0	5.0	270	130	14/12	12.6
130SZ13c/H10	1912.29	2500	500	160		5.0		270	130	14	12.6
130SZ14c	1912.29	1500	300	180		2.5	2.5	270	130	14	12.6
130SZ16/H10	1470.99	2000	300	90	220	4.7	0.18	270	130	14	12.6
130SZ17F/H12	1910	2000	400	24		25	25	244	130	13 齿轮	12.6
130SZ19/H3	2255	750	177	80		3.3	0.4	258	130	制动器	
130SZ6/H20	2868	2500	750	160	180	6	6	342	130	M8	
130SZ61T	2254	750	177	110		2.3	0.28	268	130	14	12.6
130SZ62JZ	1195.6	8000	1000	170		8	0.35	268	130	14	12.6
130SZ31	2548	3000	800	220		5	0.27	248	130	14	
130SZ53H	955.5	3000	300	110		3.5	0.30	248	130	14	
130SZ02K	2261	1500	355	220		2.2	0.18	248	130	14	
130SZ06K	2546	1500	400	220		2.5	0.18	248	130	14	
160SZ01	3920	1500	615	220		8	0.35	287	160	16	

注：上述产品型号中 01~49 为短铁心；51~99 为长铁心；101~149 为特长铁心；C 为串励式；F 为复励式；不注明者为他励（并励）式。

11. S 系列电磁式直流伺服电动机

（1）概述 S 系列伺服电动机系电磁封闭自冷式，具有换向器的电动机。可用于自动控制等系统中作执行元件，亦可用作驱动元件。

该系列电动机包括直流伺服电动机、交流换向器式串励电动机、交直流通用电动机、直流稳速电动机和直流他励电动机扩大机，按使用环境条件分为普通型和湿热带型两类。型号中 A 为双轴伸，F 为凸缘安装，J 为底脚安装。

（2）技术参数

1) 直流他励（并励）电动机

型 号	额定 电压 /V	有效 功率 /W	电流 /A ≤	转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S121	110	5	0.25	3500 ~ 5500	13.72	88	50	4	0.44
S121D	24	5.3	0.8	4300 (1 ± 10%)	11.76	88	50	4	0.44
S161	110	7.5	0.25	3500 ~ 5000	20.58	100	50	4	0.58
S161A	110	8	0.35	6500 ~ 8500	14.7	108	50	4/4	0.58
S161A	110	7.5	0.25	3500 ~ 5000	22.54	108	50	4/4	0.58
S161B	220	6	0.15	3500 ~ 5000	16.37	100	50	4	0.58
S161T	110	7.5	0.25	3500 ~ 5000	20.59	107	50	4	0.9
S221	110	13	0.35	3600 ~ 4200	34.3	107	70	6	0.90
S221A	110	13	0.35	3600 ~ 4200	34.3	113.5	70	6/6	0.90
S221D	24	13	1.5	3600 ~ 4200	34.3	107	70	6	0.90
S221DH	24	20	2.5	7500	25.48	107	70	6	0.90
S221E	48	13	0.8	3400 ~ 4000	34.3	107	70	6	0.90
S221V	12	13	2.7	3000 ~ 4800	31.36	107	70	6	0.90
S221KF	110	6	0.3	1400 ~ 2000	44.1	106.5	70	5	1.2
S261	110	24	0.5	3600 ~ 4600	63.7	118	70	6	1.25
S261B	220	24	0.25	3600 ~ 4600	65	118	70	6	1.25
S261D	24	20	2.0	4500 ~ 5500	44.1	118	70	6	1.25
S261BP	220	20	0.25	2700	71	118	70	6	1.25
S261DF	24	20	2.0	4500 ~ 5500	44.1	118	70	6	1.25
S261V	12	15	3.2	3000 ~ 4800	35.77	133.5	70	6	0.9
S261F	110	24	0.5	3600 ~ 4600	63.7	118	70	6	1.25
S281	24	26	2.4	5200 ~ 6200	49	126.5	70	6	1.25
S281F	24	26	2.4	5200 ~ 6200	49	124.5	70	6	1.25
S321	110	38	0.7	3000 ~ 3700	122.5	124	85	8	1.7
S321DJ	24	27	2.5	2700 ~ 3400	95.55	124	85	8	1.7
S321A	110	38	0.7	3000 ~ 3700	122.5	135	85	8/8	1.7
S321B	220	38	0.35	3000 ± 10%	121.52	127	85	6	1.8
S321D	24	27	2.5	2700 ~ 3400	95.55	124	85	8	1.7
S321DA	24	27	2.5	2700 ~ 3400	95.55	135	85	8/7	1.7
S321DH	24	35	3	4400	74.48	124	85	8	1.7
S321H	68	35	0.9	4400	74.48	124	85	8	1.7
S329	24	23.5	2.5	2300 ~ 2900	98.05	124	85	8	1.7

(续)

型 号	额定 电压 /V	有效 功率 /W	电流 /A ≤	转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S361	110	50	0.9	3000 ~ 3600	156.89	134	85	8	2
S361BL	220	40	0.4	1800 ~ 2200	191	134	85	8	2
S361D	24	57	4.5	4000 (1 ± 10%)	137.29	134	85	8	2
S361VX	12	36	6	3320 ~ 5200	50	134	85	8	2
S361BJ	220	40	0.4	1800 ~ 2200	191.1	134	85	8	2
S361T	110	50	0.9	3000 ~ 3600	156.8	134	85	8	2
S361V	12	24	4.5	2000 (1 ± 10%)	117.67	134	85	8	2
S365B	220	25	0.3	1800	132.38	136.5	85	8	2
S369	110	55	0.95	3600 ~ 4200	147.09	134	85	8	2
S369S	110	55	0.95	3600 ~ 4200	147	134	85	8	2
S369VX	12	36	6	4800 (1 ± 10%)	50	134	85	8	2
S369L	110	55	0.95	3600 ~ 4200	147	134	85	8	2
S369L ₂	60	55	1.6	3600		134	85	8	2
S369V	12	120	16	5200	220	134	85	8	2
S369A	110	55	0.95	3600 ~ 4200	147.09	136.5	85	8/8	2
S369B	226	45	0.35	3000 (1 ± 10%)	134.47	134	85	8	2
S369T	110	55	0.95	3600 ~ 4200	147.09	143	85	8/8	2.5
S521	110	77	1.2	3000 ~ 3700	245.16	149	108	10	3.3
S521K	110	20	0.5	1000 ~ 1200	191.22	149	108	10	3.3
S521D	24	50	4	2000 ~ 2500	239.28	149	108	10	3.3
S521F	180	77	0.7	3000	245	149	108	10	3.3
S561W	110	150	2.5	6000 (1 ± 10%)	239.28	174	108	10	4.5
S569	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.81	174	108	10	4.5
S569A	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.81	190	108	10/10	4.5
S569B	220	100	0.8	1800 ~ 2200	478.70	174	108	10	4.5
S569K	110	36	0.8	850 ~ 1050	405.01	174.5	108	10	4.5
S569HF	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.5	174	108	10	4.5
S569F	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.81	174	108	10	4.5
S569J	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.5	174	108	10	4.5
S569KJ	110	36	0.8	850 ~ 1050	465.81	174	108	10	4.5
S569L	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.81	174	108	10	4.5
S569J	110	160	2.2	3300 ~ 4000	465.81	174	108	10	4.5

(续)

型 号	额定电压 /V	有效功率 /W	电流 /A ≤	转速 /(r/min)	额定 转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S571K	24	95	7	2200 ~ 2700	411. 87	174	108	10	4. 6
S571KA	24	95	7	2200 ~ 2700	411. 87	190	108	10/9	4. 5
S571KF	24	95	7	2200	411. 87	199	108	10	4. 7
S571KFT	24	95	7	2200	411. 87	209	108	10	4. 9
S571KT	24	95	7	2200 ~ 2700	411. 87	184	108	10	4. 5
S571B	220	80	0. 65	1400 (1 ± 10%)	546. 23	208	108	10	5. 5
S571BJ	220	80	0. 65	1400 (1 ± 10%)	546. 23	270	108	10	5. 5
S621	110	172	2. 3	2400 ~ 2800	686. 46	204	122	10	7. 5
S369B	80	15	0. 25	3800					2
S261G	220	20	0. 25	3500 ~ 4500					1. 25
S262A	110	14	0. 48	4000 ~ 5200					1. 25
S528A	80	30	0. 85	3000 ~ 3400					3. 3
S621J	110	172	2. 3	2400 ~ 2800	686. 46	204	122	10	7. 5
S661	110	230	2. 9	2400 ~ 2800	907. 11	234	122	10	9. 7
S661P	220	200	1. 45	2900 ~ 3300	686. 46	234	122	10	9. 7
S661PZ	220	200	1. 45	2900 ~ 3300	686. 46	234	122	10	10
S661D	24	200	14	2000 ~ 2500	956. 14	234	122	10/10	9. 7
S661DT	24	250	18	2400 ~ 3000	1000. 27	234	122	10/10	10
S661KJ	110	150	1. 9	1500 ~ 2000	784. 53	234	122	10	10. 5
S661QJ	110	45	1	430 ~ 500	1019. 89	257	122	16	10
S661IJ	110	200	2. 6	3000 (1 ± 10%)	637. 43	134	122	10	10
S661PJ	220	200	1. 45	2900	659. 98	234	122	10/10	9. 35
S661PJH	220	200	1. 45	2900	659. 98	251. 5	122	10/10	9. 5
S661QT	110	100	1. 6	3000 (1 ± 10%)	318. 71	251. 5	122	10	10
S661T	110	230	2. 9	2400 ~ 2800	907. 11	234	122	10/10	9. 35
S661DT1	24	250	18	2400 ~ 3000	1000. 27	192. 5	122	10	—

2) 交流串励可逆电动机

型 号	额定电 压/V	频率 /Hz	有效功 率/W	电流/A ≤	转 速 / (r/min)	额定转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
							总长	外径	轴径	
S222	110	50	10	0. 35	4000 ~ 5200	23. 53	107	70	6	0. 87
S262	110	50	14	0. 45	4000 ~ 5200	34. 32	120. 5	70	6	1. 25
S262A	110	50	14	0. 45	4000 ~ 5200	34. 32	120. 5	70	6/6	1. 25

(续)

型 号	额定电 压/V	频率 /Hz	有效功 率/W	电流/A ≤	转速 / (r/min)	额定转矩 /mN · m	外形尺寸/mm			质量 /kg
							总长	外径	轴径	
S262B	220	50	10	0.23	3000 ~ 4800	31.87	118	70	6	1.25
S262BQ	220	50		3.0		490	118	70	6	1.7
S322	110	50	22	0.6	3600 ~ 4700	58.83	126.5	85	8	1.7
S322A	110	50	22	0.6	3600 ~ 4700	58.83	135	85	8/7	1.7
S322B ₂	220	50	25	0.55	1800	58.8	143	85	8	1.7
S322B	220	50	22	0.35	3600 ~ 4700	58.83	124	85	8	1.6
S322BF	220	50	25	0.5	1800 ~ 2500	132.38	143	85	8	1.6
S322F	110	50	22	0.6	3600 ~ 4700	58.83	143	85	8	1.6
S362BW	220	50	200	2.0	10000	177.50	138	35	8	1.8
S362B	220	50	250	2.0	12000	199.17	165	85	12	2
S372	55	50	25	1.7	2900 ~ 3800	79.43	134	85	8	2

3) 直流串励可逆电动机

型 号	额定电 压/V	有效功 率/W	电流/A ≤	转速 / (r/min)	额定转矩 /mN · m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S163	110	8.3	0.27	3500 ~ 5000	22.55	100	50	4	0.58
S163JA	110	8.3	0.27	3500 ~ 5000	22.55	104	50	4/4	0.58
S323	110	25	0.6	1800 ~ 2300	132.38	143	85	8	1.9
S323A	110	25	0.6	1800 ~ 2300	132.38	143	85	8	1.8
S323B	220	25	0.3	1800 ~ 2300	132.38	143	85	8	1.9
S323D	24	25	3.0	1800 ~ 2300	132.38	143	85	8	1.9
S323E	48	25	1.5	1800 ~ 2300	132.38	143	85	8	1.9
S523	110	74	1.15	3000 ~ 3800	235.35	149	108	10	3.3
S523J	110	74	1.15	3000 ~ 3800	235.35	149	108	10	4
S523BF	220	40	0.5	1500 ~ 1750	254.8	156	108	10	3.3
S523F	110	74	1.15	3000 ~ 3800	235.2	156	108	10	4.0
S523BJ	110	74	1.15	3000 ~ 3800	235.2	151	108	10	3.3
S523F	110	74	1.15	3000 ~ 3800	235.35	155	108	10	4
S523BF	220	40	0.5	1250 ~ 1750	254.97	155	108	10	4
S523BJ	220	40	0.5	1250 ~ 1750	254.97	149	108	10	4
S523TJ	115	40	0.9	1250 ~ 1750	254.97	149	108	10	4
S563	110	110	1.6	3800 ~ 4400	274.58	174	108	10	4.5
S563D	24	154	12	3400 ± 10%	431.49	174	108	10	4.5

4) 交直流通用串励不可逆电动机

型 号	电流 种类	电压 /V	频率 /Hz	有效 功率 /W	电流 /A ≤	转速 / (r/min)	旋转 方向	额定 转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
									总长	外径	轴径	
S328	交流 直流	12	50 —	25	7 5	4500 ± 70	—	53. 15	185	85	12	2. 0
S368W	交流	110	50	200	4	12000 (1 ± 10%)	逆时针	177. 50	226	85	8	2. 3
	直流		—		2. 9							
S368BW	交流	220	50	200	2. 6	12000 (1 ± 10%)	逆时针	177. 50	268	85	8	2. 3
	直流		—		1. 7							
S368BL		220		200	1. 7	12000 (1 ± 10%)		177. 4	140	85	8	2. 3
S368KF	交流	110	50	369	9. 8	≥6000	顺时针	588. 39	129	85	8	2. 3
	直流		—		8							
S368KJ	交流	110	50	369	9. 8	≥5000	逆时针	588. 39	133	85	8	2. 3
	直流		—		8							
S368BKF	交流	220	50	369	5. 8	≥6000	顺时针	588. 39	129	85	8	2. 3
	直流		—		5							
S568BKJ	交流 直流	220	50 —	369	5. 8 5	≥6000	逆时针	588. 39	138	85	8	2. 3
S368BWT		220	50	200	2. 6	12000 (1 ± 10%)	逆时针	177. 50	145. 5	85	8/8	1. 9
S368BWT2		220	50	123	1. 2	12000	顺时针	98. 06	209	85	3. 5	2. 1
S528	交流	90	50	30	1. 25	3000 ~ 3800	顺时针	95. 61	196	108	9/9	3. 3
	直流	80	—		0. 85	3000 ~ 3400						
S568BWJ	交流	220	50	1100	8	10000 ~ 13000	顺时针	882. 59	178	108	11	4. 5
	直流		—		6. 5							

5) 交直流通用串励可逆电动机

型 号	电流 种类	电压 /V	频率 /Hz	有效 功率 /W	电流 /A ≤	转速 / (r/min)	额定 转矩 /mN·m	外形尺寸/mm			质量 /kg
								总长	外径	轴径	
S368	交流 直流	220	50	250	2. 5	12000 (1 ± 10%)	199		85	8	2
S368BW	交流 直流	220	50	250	2. 5	12000 (1 ± 10%)	199		85	8	2

6) 交直流两用串励电动机

型 号	功率 /W	转速 /(r/min)	直流		交流			转矩 /mN·m	外形尺寸/mm		
			电压 /V	电流 /A	电压 /V	电流 /A	频率 /Hz		总长	外径	轴伸
130HL ^{01.02} 03.06	450	5000	160	5	180	6	50	860	329	130	20
130HL04	400	11000	160	5	180	6	50	398. 9	306		
130HL05	550	5000	160	5	180	6. 5	50	1051. 6	329		

7) 直流稳速电动机

型 号	额定电压 /V	有效功 率/W	电流/A ≤	转速 / (r/min)	额定转矩 /mN · m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S220	110	3.6	0.28	3500 ± 18	9.8	145.5	70	6	1.25
S240	22	18.5	2.5	4500 ± 22	39.22	156.5	70	6	1.4
S260	40	14	1.1	3000	44.12	151	70	5.5	1.4
S320	110	18.5	0.5	4500 ± 22	39.22	169.5	85	8	2.1
S340	22	16.5	2.1	4000 ± 20	39.22	169.5	85	8	2.1
S360	110	23	0.6	4500 ± 22	49.03	179.5	85	8	2.3
S360N	110	23	0.6	4500 ± 22	49.03	179.5	85	8	2.3
S370	22	28	3	4500 ± 22	58.83	179.5	85	8	2.3
S370S	26	28	3	4500 ± 90	58.83	179.5	85	8	2.3
S560	42 ~ 53	26	1.5 ~ 1.1	2600 ± 13	95.61	223			5
	56 ~ 71	30	1.2 ~ 0.9	3000 ± 15			108	10	
S570	110	77	1.2	3000 ± 15	245.16	249	108	10	6.7

8) 直流他励（并励）电动机（电枢回路内串接镇定电阻）

型 号	额定电 压/V	有效功 率/W	电流/A ≤	镇定电 阻/Ω	转速 / (r/min)	额定转矩 /mN · m	外形尺寸/mm			质量 /kg
							总长	外径	轴径	
S267	110	27	0.9	75	3800 ~ 4400	63.74	118	70	6	1.25
S267A	110	27	0.9	75	3800 ~ 4400	63.74	155	70	6/6	1.25
S267B	110	27	0.9	75	3800 ~ 4400	63.74	126.5	70	6	1.25
S367	110	32	1	62.5	2500 ~ 3000	122.58	134	85	8	2

9) 直流复励不可逆电动机

型 号	额定电 压/V	有效功 率/W	电流/A ≤	转速 / (r/min)	额定转矩 /mN · m	外形尺寸/mm			质量 /kg
						总长	外径	轴径	
S566A	220	35	0.5	800 ~ 1000	418.74	220	103	9/9	4.6

10) 直流他励电动机（具有磁电变换讯号发生器）

型 号	额定电压 /V		有效 功率 /W	电 流/A ≤		转 速 / (r/min)	额 定 转 矩 /mN · m	信号电压不低于 /V	外形尺寸 /mm			质 量 /kg
	电枢	励磁		电枢	励磁				总长	外径	轴径	
S361BC	220	55	50	0.25	0.2	200 ~ 3000	159.35	0.5(200r/min 时)	183.5	85	8	2.3
S361BWC	220	55	70	1.2	0.2	2000 ~ 10000	95.61	0.5(2000r/min 时)	183.5	85	8	2.3

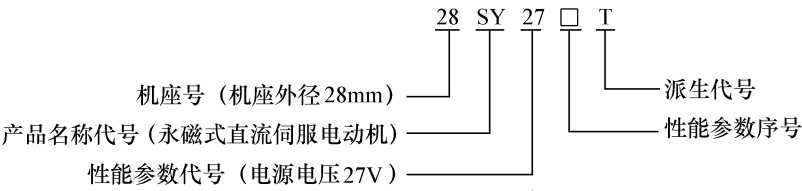
11) 直流他励电机扩大机

型 号	励磁		转速 /（r/min）	有效 功率 /W	电枢 电压 /V	电枢 电流 /A	外形尺寸			质量 /kg ＜
	电压 /V	电流 /A					/mm			
							总长	外径	轴径	
S369C	110	0.035	3800	50	≥67	0.75	136.5	85	8	2
S369PG			2850	24	≥40	0.6	136.5	85	8	2
S369G	35	0.15	3600	84	42±6	2	174	108	10	4.5
S661PG			2850	200	≥77	2.6	234	122	10/10	9.7
S650F			7500±750	675	45	15	211	130	13	9

12. SY 系列永磁式直流伺服电动机

(1) 概述 本系列永磁式直流伺服电动机，采用永久磁铁励磁，具有线性调节特性，能正、反转运行，对控制信号能作出快速响应，适用于自动控制等系统作执行元件，并可用作驱动元件。

(2) 型号含义 (符合 GB/T 10405—2001)



(3) 性能参数

型 号	电压 /V	电 流 /A ≤	转 矩 /mN · m	转 速 / (r/min)	功率 /W	允许顺逆 转差 / (r/min)	外形尺寸			质量 /kg
							/mm			
							总长	外径	轴径	
20SY01	9	0.5	1.96	6000	1.2	300	66.2	20	2.5	60
20SY02	9	0.65	1.96	9000	1.8	400	66.2	20	2.5	60
20SY03	12	0.36	1.96	6000	1.2	300	66.2	20	2.5	60
20SY04	12	0.45	1.96	9000	1.8	400	66.2	20	2.5	60
20SY05	5	0.48	1.96	3000	0.6	300	62	20	2.5	60
20SY05H1	5	0.48	1.96	3000	0.6	300	62	20	3	60
20SY01T1	9	0.5	1.96	6000	1.2	300	61.2	20	2	60
20SY01T2	9	0.6	2.94	6000	1.8	300	66.2	20	2	60
24SY01	9	0.54	2.94	6000	1.8	300	66.7	24	3	95
24SY02	9	0.75	2.94	9000	2.8	400	66.7	24	3	95
24SY03	12	0.4	2.94	6000	1.8	300	66.7	24	3	95
24SY04	12	0.57	2.94	9000	2.8	400	66.7	24	3	95
24SY002	28	0.4	5.73	5500		<600	50.4	24	3	90

(续)

型 号	电压 /V	电 流 /A ≤	转矩 /mN · m	转速 / (r/min)	功率 /W	允许顺逆 转差 / (r/min)	外形尺寸 /mm			质量 /kg
							总长	外径	轴径	
28SY001	27	0. 35	9. 80	3000		300	56. 5	28	3	130
28SY002	27	0. 55	9. 80	6000		600	56. 5	28	3	130
28SYWT	27	0. 35	2. 15	9000 ± 200	2	400	59. 5	28	4. 58	140
28SY01	12	0. 5	11	2500	2. 5	55	39	28	3	160
28SY01	9	0. 6	4. 9	3000	1. 5	200	73	28	3	130
28SY02	9	0. 95	4. 9	6000	3. 1	300	73	28	3	130
28SY03	9	1. 3	4. 9	9000	4. 6	400	73	28	3	130
28SY04	12	0. 45	4. 9	3000	1. 5	200	73	28	3	130
28SY05	12	0. 7	4. 9	6000	3. 1	300	73	28	3	130
28SY06	12	0. 9	4. 9	9000	4. 6	400	73	28	3	130
28SY07	27	0. 2	4. 9	3000	1. 5	200	73	28	3	130
28SY08	27	0. 32	4. 9	6000	3. 1	300	73	28	3	130
28SY09	27	0. 4	4. 9	9000	4. 6	400	73	28	3	130
28SY09A	27	0. 4	4. 9	9000	4. 6	400	73	28	3/3	130
28SY09T	27	0. 4	4. 9	9000	4. 6	400	73	28	3	130
28SY11	18	0. 55	6. 86	3000	2	150	73	28	3	115
28SY12	18	0. 7	5. 88	9000	5. 5	400	73	28	3	115
28SY12H	18	0. 7	5. 88	9000	5. 5	400	73	28	3	115
28SY13/H2	24	0. 36	4. 9	6000 ± 15%	3	300	73		齿轮 2. 92	130

6.23 直流伺服电动机的故障如何排除？

答：请参照普通直流电动机故障的检查和排除方法进行（表 4-11）。

6.24 交流伺服电动机的故障如何排除？

答：它和笼型电动机结构类似，所以故障的检查和排除也大致相同（表 5-12）。

6.25 舞台用单相异步电动机绕组的故障如何排除？

答：有一台舞台拉幕电动机的绕组每次重修后，基本上只使用了一年多就烧坏了，最近只用了两次就又烧了。据了解每次都是起动绕组烧毁，而工作绕组却安然无恙。

（1）工作原理与故障分析 该电动机是上海南洋电机厂生产的 JZ7114 型非标准电阻起动式单相异步电动机。它由起动绕组和工作绕组两套绕组组成，起动绕组匝数较少，只为工作绕组的 1/3 ~ 1/2，其导线横截面积也只有工作绕组的 1/3 ~ 1/2，因此其电流密度设计的较高。电动机起动后，当转速达到 80% 左右的额定值时，由离心开关断开起动绕组，工作绕组拖动负载运转。即起动绕组只在电动机起

动期间起辅助起动作用，而不能长时间工作。如果负载太重，起动时间太长，起重绕组就会因被迫延长工作时间而受到损伤乃至烧毁。由于舞台频繁开、闭幕布，电动机相应正、反转加重起动绕组的负担。检查离心开关，动作灵活可靠，说明离心开关完好无故障。工作绕组无损伤，说明电动机功率基本能满足负载要求。由此分析可知，起动绕组烧毁的主要原因是起动时间较长及频繁正、反转。

(2) 修理方案 单相异步电动机过载能力、起动转矩、运行性能和效率都较三相异步电动机差，为避免起动绕组再次被烧毁，决定在保证功率不变的情况下将其改为三相异步电动机（总控制室有三相电源）。定子槽内导线的满槽率也会不高，有利于嵌线和改造。电动机技术参数：定子铁心长度（ L ）51mm，槽数（ I ）24 槽，轭高（ h ）7mm，内径（ D ）71mm，输出功率（ P ）0.18kW，极数（2p）4 级。

1) 漆包线的选择。电动机采用星形接法，线电压 U_L 为 380V，参考 Y_2 系列同型号的电动机，设定其效率 η 为 0.61，功率因数 $\cos\varphi$ 为 0.734。则电动机的额定电流 I_e 为 0.61A。导线的截面积 $S = I_e / j \text{mm}^2$ ，式中， j 为铜导线的电流密度，一般封闭式电动机 j 值取 4 ~ 5A/mm²，即 S 约为 0.13mm²，选取对应线径为 0.38mmQZ 型高强度标准漆包圆铜线。

2) 绕组形式的确定。电动机拖动的拉幕齿轮变速器最高限速为 1600r/min，因此不能改变电动机的极数，仍采用 4 极。24 槽 4 极电动机，如采用单层链式绕组，嵌线时就必须吊两把线圈边，对于小内径电动机嵌线时就显得格外困难。因此，绕组采用 4 极单层同心式等节距（亦称整距），则每相四个线圈。

3) 绕组线圈匝数即每槽导线数的确定。决定绕组线圈匝数的主要因素是铁心的磁通密度要适当，特别是磁通密度不能过高。磁通密度过高，铁心易饱和，铁耗增加，空载电流和起动电流增大，功率因数降低，电动机在使用中易发热，甚至烧毁绕组；磁通密度过低铜耗增加，转矩降低，电动机运转显得无力。这一点对于气隙磁通密度尤其重要。

依据 $N = (22.4 \sim 24) \times 10^3 / S_k$ 确定每相线圈串联匝数。如算得到 N 值不能被 $Z/6$ 整除，可增减调整 N 值，使之能被整除。再用气隙磁通密度 B_g 校验 N 值。其中 S_k 为沿气隙的定子铁心极距面积。 $S_k = \pi DL / 2P = 3.14 \times 71 \times 51 \times 10^{-2} / 4 \text{cm}^2 = 28.42 \text{cm}^2$ 。则 N 值为 844 匝。

气隙磁通密度 $B_g = 1.57 \times 10^4 / NS_k = 0.655 \text{T}$ 。该电动机铁心内径较小且为 4 极，磁极极距小于 20cm，硅钢片质量较好、铁心紧密整齐、气隙磁通密度 B_g 与表 6-11 参考值吻合。

表 6-11 三相异步电动机气隙磁通密度 B_g 参考值 (单位: T)

磁极数	磁极极距 <20cm	磁极极距 20 ~ 40cm
2	0.65 ~ 0.7	0.6 ~ 0.65
4	0.65 ~ 0.7	0.7 ~ 0.73

因此每槽导线数为 $844/4 = 211$ 匝。

4) 嵌线与接线。电动机定子铁心内径较小, 嵌线采用二平面法, 不吊线圈边, 有利于嵌线、端部整形和线圈绝缘的处理。图 6-3 为嵌线与端部接线示意图, U、V、W 相分别用粗实线、细实线和双点划线表示, 极相组间的连线用虚线表示。嵌线顺序如图 6-3 所示。先嵌外档线圈: U 相, 1—6, 24—7。V 相, 17—22, 16—23。W 相, 9—14, 8—15。再嵌内档线圈, V 相, 5—10, 4—11。W 相, 21—2, 20—3。U 相, 13—18, 12—19。内、外档线圈

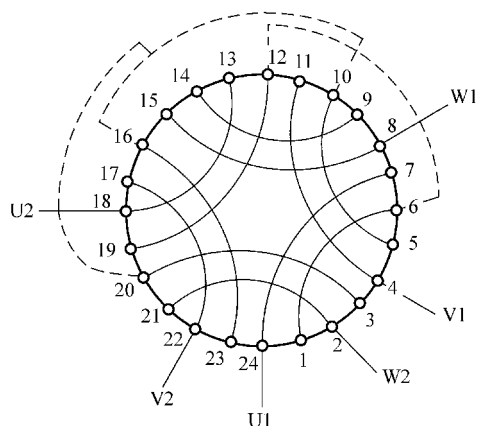


图 6-3 嵌线与端部接线示意图

分别形成两个平面, 嵌线过程中不吊线圈边, 使得小内径电动机的嵌线, 整形, 接线和绝缘的处理操作起来简单、方便。值得注意的是, 因为是等节距绕组, 极相组之间的连接是头尾相连, 如图 6-3 中的虚线连线。可在电动机的内部将 U2、V2、W2 连接在一起构成星形接法。U1、V1、W1 引出机壳接电源。

电动机绕组改修后, 运行良好。改变了过去才用几次就要重修的情形, 大大延长了电动机的寿命。电气维修要从根本上根除故障或隐患, 必要时应进行技术改造, 这是当代电气维修人员必须具备的素质。

第 7 章 电动机修理常用电工材料

7.1 常用绝缘材料按耐热等级怎样划分？

答：绝缘材料耐热等级的划分是：

绝缘材料的耐热等级按其在正常运行条件下容许的最高工作温度划分为 Y、A、E、B、F、H、C 七个等级，见表 7-1。

表 7-1 绝缘材料的耐热等级

级 别	绝缘材料	极限工作温度/℃
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和熔点点较低的塑料（脲醛树脂）	90
A	工作于矿物油中的和用油浸过的 Y 级材料，漆包线、漆布、漆丝及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜、云母、玻璃纤维、石棉等制品，聚酯漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母片制品、玻璃丝和石棉、玻璃漆布、以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品、以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品、化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	耐高温有机粘合剂和浸渍剂及无机物如石英、石棉、云母、玻璃、电瓷材料和聚四氟乙烯等	180 以上

7.2 电工绝缘材料如何分类？

答：电工绝缘材料的分类见表 7-2。

表 7-2 电工绝缘材料的分类

大类号	1									2								3				
大类名称	漆、树脂和胶									浸渍纤维制品								层压制品				
小类号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0	2	3	4	5	6	7	8	0	2	3	4	5
小类名称	有溶剂浸渍漆 无溶剂浸渍漆 覆盖漆 瓷漆 胶粘漆和树脂 熔敷粉末 硅钢片漆 漆包线漆 胶									棉纤维漆布 漆绸 合成纤维漆布 玻璃纤维漆布 混织纤维漆布 防电晕漆布 漆管 绑扎带								有机底材层压管 覆铜箔层压板 防电晕及导磁层压板 无机底材层压板 有机底材层压板				

大类号	3			4						5									6						
大类名称	层压制品			塑料						云母制品									薄膜粘带及复合制品						
小类号	6	7	8	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	4	5	7	8	9	0	2	3	5	6	7	
小类名称	无机底材层压管 有机底材层压棒 无机底材层压棒			木粉填料塑料 其他有机物填料塑料 石棉填料塑料 玻璃纤维填料塑料 云母填料塑料 其他矿物填料塑料 无填料塑料							云母带 柔软云母板 塑料云母板 云母带 换向器云母板 衬垫云母板 云母管 云母管 薄膜									薄膜粘带 橡胶及织物粘带 薄膜绝缘纸及薄膜玻璃漆布复合箔 薄膜合成纤维纸复合箔 多种材质复合箔					

第一位数字表示大类号，第二位数字表示小类号。电工绝缘材料按应用或工艺特征分成六大类，每大类中又按使用范围及形态分成 7~9 个小类。

第三位数字表示工作温度。其中：1—工作温度 105℃；2—工作温度 120℃；3—工作温度 130℃；4—工作温度 155℃；5—工作温度 180℃；6—工作温度 180℃以上。

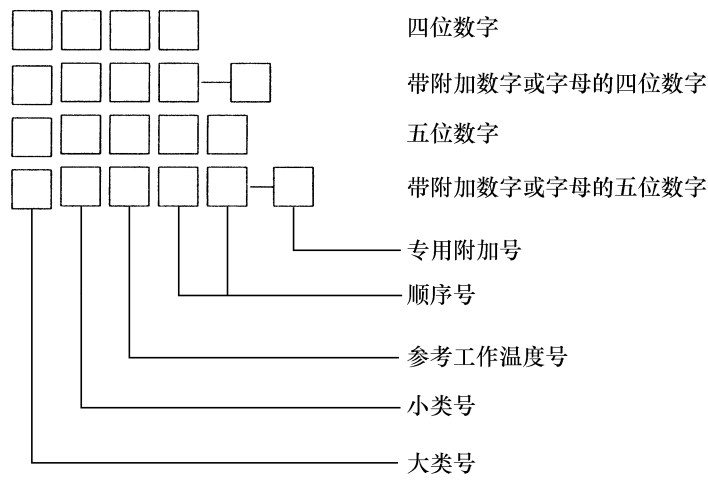
第四位及第五位数字表示品种顺序号。

云母制品型号中不附加数字为白云母制品，附加数字的意义为：1—粉云母制品；2—金云母制品；3—鳞片云母制品。

覆铜箔板的产品顺序号为奇数表示单面板，顺序号为偶数为双面板。

杀菌剂或防霉剂产品的附加字母是“T”。

电工绝缘材料产品型号以四位数字必要时增加到五位数字为基础编制，根据产品的特殊需要再增加附加数字或附加字母。



电工绝缘材料是指电阻率在 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上的绝缘漆、树脂、胶类以及浸渍纤维制品、层压制品、塑料和云母制品等。

7.3 电动机绕组常用哪些表面覆盖漆，特点如何？

答：电动机绕组常用的表面覆盖漆见表 7-3。

表 7-3 电动机绕组常用的表面覆盖漆

耐热等级	名 称	特 点
E、B	晾干醇酸漆 1231 (C31—1)	漆膜弹性、电气性能、耐气候性、耐油性都较好
	晾干醇酸灰瓷漆 1321 (C32—9)	漆膜硬度高，耐电弧性好和耐油性好
	醇酸灰瓷漆 1320 (C32—8)，(1322 红瓷漆)，(1323 晾干耐油红瓷漆)	漆膜坚硬，耐电弧性和耐油性好
	晾干环氧酯漆 9120 (H31—3)	漆膜附着力好，耐潮、耐油和耐气候性好
	环氧酯灰瓷漆 163 (H31—3)	漆膜硬度高，耐潮、耐霉、耐油性好
	晾干环氧酯灰瓷漆 164 (H31—2)	漆膜坚硬，耐潮、耐霉、耐油性好
	环氧聚酰胺红瓷漆 6341 (H31—7)	漆膜附着力强，耐潮、耐霉、耐油性好
F、H	晾干有机硅红瓷漆 167	耐油性好，电气性能好
	有机硅红瓷漆 1350、(W32—3)	耐油性、电气性能比 167 好，硬度高，耐油性好

7.4 电动机绕组常用哪些浸渍漆，特点如何？

答：电动机绕组常用的浸渍漆见表 7-4。

表 7-4 电机绕组常用的浸渍漆

耐热等级	名 称	特 点
E、B	三聚氰胺醇酸漆 1032 或 1038	较好的耐油性、内干性，漆膜平滑有光泽
	环氧酯漆 1033	耐潮性优良，粘结力强
	环氧聚酯酚醛无溶剂漆 5152—2	粘度低，贮存稳定性好，击穿强度高
	环氧聚酯快干无溶剂漆 1034	固化快，挥发物较少，耐霉性较差（适用于滴浸）
	环氧无溶剂漆 594 型	粘度低，贮存稳定性较好，用于高压电机整体浸渍
F	聚酯浸渍漆 155	耐热性、电气性较好，粘结力强
	聚酯环氧无溶剂漆 112	厚层凝胶固化快，挂漆量大，电气和力学性能好
	不饱和聚酯无溶剂漆 319—2	粘度较低，电气性能较好，贮存稳定性较好
H	有机硅浸渍漆 1053	耐热性和电气性能好，但烘干温度较高
	低温干燥有机硅漆 9111	耐热性较 1053 稍差，但烘干温度低，干燥快
	聚酯改性有机硅漆 931	粘结力较强，耐潮性和电气性能好，烘干温度较 1053 低
	聚酯改性二苯醚无溶剂漆 T1150	耐热性和电气性能优良，粘结力强，烘干温度低

注：表中所列的漆除 1034 适用于滴漆外，其他均适用于沉浸、真空压力、滚浸、浇漆等工艺。

7.5 常用浸渍漆的品种和特性及用途有哪些？

答：常用浸渍漆的品种和特性及用途见表 7-5。

浸渍漆具有高的耐潮性、耐热性、耐油性和化学稳定性，并且其粘度低、固体含量高、固化快、干燥性好、粘结力强、有热弹性以及对导体和其他材料的相容性好等特点。主要用来浸渍电动机、电器的线圈和绝缘零部件，以填充其间隙和微孔。浸渍漆固化后能在浸渍物表面形成连续平整的漆膜，并使线圈粘成一体，提高耐潮、耐热、导热、击穿强度和机械强度。

表 7-5 常用浸渍漆的品种和特性及用途

名 称	型号	特 性					主要用途
		干燥时间/h/ 干燥温度/℃	击穿强度/(kV/mm)		体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$		
			常态	浸水 24h 后	常态	浸水 24h 后	
沥青浸渍漆	1010	5 ~ 6/105 ± 2	55	22	—	—	耐潮性好，适于浸渍电机线圈及不要求耐油的电器零部件
醇酸浸渍漆	1030	1.5 ~ 2/105 ± 2	70	30	—	—	具有较好的耐油性和耐电弧性，适于浸渍在油中工作的线圈和绝缘零部件

(续)

名 称	型号	特 性					主要用途
		干燥时间/h/ 干燥温度/℃	击穿强度/(kV/mm)		体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$		
			常态	浸水 24h 后	常态	浸水 24h 后	
酚醛醇 酸浸渍漆	1031	2/120 ± 2	70	40	10 ¹⁴	10 ¹²	具有较好的流动性，干透性、耐潮和耐热性，供浸渍线圈，适用于湿热地区
三聚氰 胺醇酸浸 渍漆	1032	1.5 ~ 2/105 ± 2	70	40	—	—	具有较好的耐热性、耐油性、内干性和附着力，且耐电弧，供浸渍在湿热地区使用的线圈
环氧脂 浸渍漆	1033	1 ~ 2/120 ± 2	70	40	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁶	10 ¹³ ~ 10 ¹⁴	具有较好的耐油性、耐热性和耐潮性，机械强度高，粘结力强，可供浸渍用于湿热地区的线圈
醇酸玻 璃丝包线 浸渍漆	C34-1	2 ~ 3/105 ± 2	45	—	—	—	耐油性好，弹性好，粘结力较强，供浸涂玻璃丝包线
环氧醇 酸浸渍漆	H30-6	1.5/105 ± 2	60	30	—	—	耐热性、耐潮性较好，机械强度高，粘结力强，可供浸渍用于湿热地区的线圈
聚酯浸 渍漆	Z30-2	1 ~ 3/130 ± 2	65	50	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵	—	耐热性、电气性能较好，粘结力强，适于浸渍 F 级电动机、电器线圈
有机硅 浸渍漆	W30-1	1.5 ~ 2/200 ± 2	65	40	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵	—	耐热性和电气性能好，在高温和受潮后仍有良好的电绝缘性能，适于 H 级电动机电器线圈和绝缘零部件浸渍
低温干 燥有机硅 浸渍漆	9111	1/4 ~ 1/150 ± 2	50	35	10 ¹³ ~ 10 ¹⁵	—	耐热性较 W30-1 稍差，但烘干温度低，干燥快，适于 H 级线圈

(续)

名 称	型号	特 性					主要用途
		干燥时间/h/ 干燥温度/℃	击穿强度/(kV/mm)		体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$		
			常态	浸水 24h 后	常态	浸水 24h 后	
有机硅 聚酯浸渍 漆	W30-P	0.5 ~ 1/180 ± 2	90	70	$10^{14} \sim 10^{15}$	—	粘结力较强，耐潮 性和电气性能好，具 有较高耐热性，适于 H 级浸渍用
有机硅 玻璃丝包 浸渍漆	1152	1.5 ~ 2/200 ± 2	65	40	$10^{13} \sim 10^{14}$	—	漆膜柔软，机械强 度高，供浸渍 H 级 玻璃丝包线
聚酰胺 酰亚胺浸 渍漆	PAI-Z	$< \frac{1}{6}/180 \pm 2$	90	70	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	耐热性优于有机硅 漆，电气性能优良， 粘结力强，耐辐射性 好。供浸渍耐高温或 特殊条件下工作的电 动机、电器线圈
环氧无 溶剂浸渍 漆	110	2/130	70	40	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{12} \sim 10^{15}$	粘度低，击穿强度 高，具有良好的防 潮、防霉性能及良好 的电气和机械性能。 适用浸渍热带 E、B 级小型低压电动机电 器线圈
环氧无 溶剂浸渍 漆	111	116/120 (胶凝时间)	70	40	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{12} \sim 10^{14}$	粘度低，固化快， 具有良好的防潮、防 霉性和良好的电气和 力学性能。适用于快 干滴浸小型低压电动 机电器线圈
环氧无 溶剂浸渍 漆	672-1	3 ~ 4min/130 (胶化时间)	18 ~ 25	—	$> 10^{16}$	$10^{14} \sim 10^{15}$	挥发物少，固化 快，体积电阻高，适 用于浸渍小型电动机 电器线圈
环氧无 溶剂浸渍 漆	9101	1/140 ± 2 (胶凝时间)	20	20	$10^{16} \sim 10^{17}$	$> 10^{15}$	固化前渗透性较 高，固化后有一定热 稳定性，耐热性及附 着力。适于浸渍中型 高压电动机线圈

(续)

名 称	型号	特 性					主要用途
		干燥时间/h/ 干燥温度/℃	击穿强度/(kV/mm)		体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$		
			常态	浸水 24h 后	常态	浸水 24h 后	
环氧无溶剂浸渍漆	9102	14 ~ 17min/130	—	—	$10^{13} \sim 10^{15}$	—	挥发物少，固化较快，可用于滴浸小型低压电动机电器线圈
环氧聚酯无溶剂浸渍漆	1034	6 ~ 12min/120 (胶化时间)	20 ~ 35	18 ~ 25	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{12} \sim 10^{13}$	挥发物较少，固化快，但耐霉性较差，适用于浸渍小型低压电动机电器线圈
环氧聚酯无溶剂浸渍漆	EIV	—	70	40	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{14} \sim 10^{15}$	粘度低，挥发物较少，贮存稳定性好。适用浸渍小型 F 级电动机电器线圈
环氧聚酯酚醛无溶剂浸渍漆	5152-2	—	70	45	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{12} \sim 10^{14}$	粘度低，击穿强度高，贮存稳定性好。适用于浸渍小型低压电动机，电器线圈
不饱和聚酯无溶剂浸渍漆	319-2	3/155	20 ~ 30	—	$> 10^{15}$	$10^{14} \sim 10^{15}$	粘度较低，电气性能较好，贮存稳定性好。适于浸渍小型 F 级电动机电器线圈

7.6 修理电动机常用哪些云母带的组成和特性是什么？

答：常用的云母带的组成和特性见表 7-6。

表 7-6 常用的云母带的组成和特性

名 称	型号	组 成	耐热等级	特性和用途
沥青绸云母带	5032	片云母、沥青漆绸和纸双面补强	B	介电性能好，防潮性好，但耐热和耐油性差，主要用作高压电动机绕组的对地绝缘
醇酸绸云母带	5432	片云母、醇酸漆绸和纸双面补强	B	耐热性较高，耐油性好，但防潮性和热态电阻较差，主要用作绕组的匝间绝缘，直流电动机电枢线圈的对地绝缘等

(续)

名 称	型号	组 成	耐热等级	特性和用途
环氧玻璃粉云母带	5438—1	粉云母纸、环氧—70A 胶、无碱玻璃布	B	厚度均匀，具有良好的机电性能，但贮存期较短，用作电动机线圈对地绝缘
环氧桐与玻璃粉云母带	D606—1 570—1 J5444—1	粉云母纸、环氧桐与胶无碱玻璃布	F	耐热性好，具有良好的机电性能和工艺性，用作 F 级电动机线圈主绝缘
环氧硼胺玻璃粉云母带	D601—1 云 439—1	粉云母纸、环氧桐与胶无碱玻璃布	B	柔软性好，贮存期长，具有好的力学性能，主要用作高电压电动机端部绝缘
酚醛环氧硼胺玻璃粉云母带	D604—1 云 448—1	粉云母纸、酚醛环氧硼胺胶、无碱玻璃布	F	耐热性高、贮存期长，具有好的力学性能，主要用作 F 级电动机线圈端部绝缘
环氧玻璃聚酯薄膜粉云母带	云 436—1	粉云母纸、环氧硼胺胶无碱玻璃布、聚酯薄膜	B	电性能高，机械强度好，用作绕组匝间绝缘和端部绝缘
酚醛环氧玻璃聚酯亚胺薄膜粉云母带	云 446—1	粉云母纸、酚醛环氧硼胺胶、无碱玻璃布。聚酰亚胺薄膜	F	具有良好的机电性能，高的耐热性，用作绕组匝间绝缘和端部绝缘

7.7 修理电动机常用哪些云母板的组成和用途是什么？

答：常用的云母板的组成和用途见表 7-7。

表 7-7 常用的云母板的组成和用途

名称	型号	组 成	耐热等级	特性和用途
醇酸纸柔软云母板	5130	片云母、醇酸漆、双面云母纸补强	B	适用于低压电动机槽衬和端部层间绝缘等
醇酸玻璃柔软云母板	5131	片云母、醇酸漆、双面玻璃布补强	B	适用于低压电动机槽衬和端部层间绝缘等
醇酸柔软云母板	5133	片云母、醇酸漆、双面玻璃布补强	B	用于高压电动机定子线圈的排间、换位等绝缘
虫胶塑性云母板	5236	片云母、醇酸漆	B	用于汽轮发电机转子槽衬、磁极线圈极身绝缘等
硅有机衬垫云母板	5755	片云母、有机硅漆	H	用于高温电动机匝间、槽底衬垫绝缘
环氧玻璃胶粉云母板	0641—1	生粉云母纸、改性环氧酸、无碱玻璃布	F	用于条式定子线圈排间、换位绝缘等

7.8 换向器常用的云母板和塑型云母板的型号、组成成分及用途是什么？

答：常用的换向器云母板的型号、组成成分及用途见表 7-8。常用的塑型云母板的型号，组成成分及用途见表 7-9。

表 7-8 常用的换向器云母板的型号、组成成分及用途

型号	名 称	组成成分			耐热等级
		云母类型	胶粘剂	补强材料	
5535	虫胶换向器云母板	白云母片	虫胶漆	—	B
5535—2	虫胶换向器金云母板	金云母片			
5560—2	磷酸铵换向器金云母板	金云母片	磷酸铵胶粘漆	—	H
P9 型	聚二苯醚衍生物换向器粉云母板	粉云母纸	聚二苯醚衍生物胶粘漆	—	H F

注：1. 5535 和 5535—2 具有较高的机械强度，与其他云母板相比，所含胶粘漆最少，是密度高、厚度均匀、质地极为密实的硬质云母板，适用于一般电动机换向器片间绝缘。

2. 5560 和云 557—1 性能同注 1，但耐热性高，用于耐高温电动机换向器片间绝缘。

表 7-9 常用的塑型云母板的型号、组成成分及用途

型号	名 称	组成成分			耐热等级
		云母类型	胶粘剂	补强材料	
5230	醇酸塑型云母板	白云母片	醇酸漆	—	B
5231	虫胶塑型云母板	白云母片	虫胶漆	—	B
5235	醇酸塑型云母板	白云母片	醇酸漆	—	B
5236	虫胶塑型云母板	白云母片	虫胶漆	—	B
5250	有机硅塑型云母板	白云母片	有机硅漆	—	H
云 251	聚二苯醚衍生物塑云母板	白云母片	聚二苯醚衍生物胶粘漆	—	F、H

注：1. 5230 醇酸塑型云母板和 5231 虫胶塑型云母板常温下是固体，硬质材料，加热到一定温度后（110～130℃）具有可塑性，用于塑制电动机换向器 V 形绝缘环。

2. 5235 醇酸塑型云母板和 5236 塑型云母板，性能同注 1，但含胶量小，适用塑制温升较高、转速较快的电动机换向器 V 形绝缘环。

3. 5250 有机硅塑型云母板，性能同注 1，但耐热性高，用于耐热电动机换向器 V 形绝缘环。

7.9 云母制品的种类、特点和用途有哪些？

答：云母制品的种类、特点和用途见表 7-10。

云母属于稀有矿物，云母从云母矿开采到加工成薄片损失率高，加工效率低，成本高，因而一般使用天然金云母的拟似物——合成云母和粉云母。云母制品是由云母或粉云母、胶粘剂和补强材料组成。云母制品有云母带、云母板、云母箔和云母玻璃等。

表 7-10 云母制品的种类、特点和用途

品种	名 称	性能特点	主要用途
云母带	5030 沥青纸云母带	常态时具有柔软性	适于作电动机线圈绝缘
	5032 沥青绸云母带		
	5034 沥青玻璃云母带		
	5430 醇酸纸云母带		
	5432 醇酸绸云母带		
	5434 醇酸玻璃云母带		
	5437-1 环氧玻璃粉云母带		
	5438-1 环氧玻璃粉云母带	常态时具有柔软性，包绕线圈成形后，具有良好的电气、机械性能	适用于作工作温度 130℃ 的大中型高压电动机及其他各种电动机、电器绝缘
	5450 有机硅玻璃粉云母带	常态时具有柔软性	适用工作温度 180℃ 的电动机线圈绝缘
	5450-1 有机硅玻璃粉云母带		
	5450-2 有机硅玻璃金云母带		
	(企) TJ5434-1 醇酸玻璃粉云母带		适于作电动机线圈绝缘
	(企) 9541-1 钛环氧玻璃粉云母带	常态时具有柔软性，包绕线圈成形后具有良好的电气、性能	适用于大中型高压电动机线圈包扎绝缘
	(企) 云 439-1 环氧玻璃粉云母带	常态下有良好的柔软性，有较高的机械、电气性能，有较长的贮存期	适用于工作温度为 130℃ 的中型高压电动机的整体浸渍的线圈绝缘
	(企) 云 451-1 二苯醚玻璃粉云母带	常态下有良好的柔软性和较高的耐热性	适用于工作温度 180℃ 的电动机线圈绝缘
	(企) 丰 6101-594 环氧玻璃粉云母带	常态下具有柔软性，包扎线圈成形后具有优良的电气、力学性能和热弹性	适用作大中型高压电动机线圈的绝缘
柔软云母板	5130 醇酸纸柔软云母板	常态下具有柔软性，有较高的机械强度	适于作中小型电动机的槽绝缘及匝间绝缘，电器线圈的外包绝缘及柔软垫衬
	5130-1 醇酸纸柔软粉云母板	常态时具有柔软性	适于作电动机槽绝缘及匝绝缘

(续)

品种	名 称	性能特点	主要用途
柔软云 母板	5131 醇酸玻璃柔软云母板	有较高的机械强度及耐热性	适于作电动机的槽绝缘和匝绝缘，可在潮湿条件下使用
	5131-1 醇酸玻璃柔软云母板	常态下具有良好的柔软性	适于作电动机的槽绝缘及匝间绝缘
	5133 醇酸柔软云母板	常态时具有柔软性	适于作中小型电动机中要求厚度公差小、电性能高、抗潮性好的匝间绝缘及槽绝缘，也可作电器、仪表的柔软衬垫
	5135 沥青玻璃柔软云母板	常态时具有柔软性、耐潮性，但耐油性较差	适于作电动机的槽绝缘及匝间绝缘
	5136-1 环氧纸柔软粉云母板	常态时具有良好的柔软性	
	5137-1 环氧玻璃柔软粉云母板		
	5138-1 环氧薄膜玻璃柔软粉云母板		
	5150 有机硅柔软云母板	有较高的耐热性、介电性能及耐潮性	适于在 H 级中小电动机中作槽绝缘及匝间绝缘
	5151 有机硅玻璃柔软云母板	有较高的机械强度	
	5151-1 有机硅玻璃柔软云母板	常态具有柔软性，厚度均匀	
	（企）TJ5131-1 醇酸玻璃柔软粉云母板	常态时具有柔软性	适于作电动机的槽绝缘及匝间绝缘
	（企）云 134-1 聚酯环氧、聚酯薄膜玻璃柔软粉云母板	有良好的柔软性及较高的电气性能，厚度均匀	适用于工作温度 130℃ 的电动机槽绝缘
（企）云 139-1 聚酯环氧、聚芳酰胺薄膜玻璃柔软粉云母板	常态时具有良好的柔软性，有较高的电气性能和力学性能		
塑型云 母板	5230 醇酸塑型云母板	在一定温度范围内具有可塑性	可塑制成绝缘零件，适用于一般电动机电器
	5231 虫胶塑型云母板		适于作绝缘零件，还适于作温升较高或转速较高的电动机绝缘零件
	5235 醇酸塑型云母板		
	5236 虫胶塑型云母板		

(续)

品种	名 称	性能特点	主要用途
塑型云母板	5250 有机硅塑型云母板	具有高的耐热性及介电性能，在一定温度范围内具有可塑性	塑成绝缘零件，供 H 级电动机电器使用
	（企）564 有机硅塑型云母板	在一定温度下具有可塑性	适于作绝缘零件，还适于作温升较高或转速较高的电动机绝缘零件
换向器云母板	5535 虫胶换向器云母板	具有较高的机械强度	适于作直流电动机换向器铜片间绝缘
	5535-2 虫胶换向器金云母板		
	5536-1 环氧换向器粉云母板	机械强度较高，厚度均匀	适于作温升较高的直流电动机换向器铜片间绝缘
	5560-2 磷酸铵换向器金云母板	有较高的耐热性	
衬垫云母板	5730 醇酸衬垫云母板	具有较高的机械强度	适于作电动机、电器的衬垫绝缘
	5731 虫胶衬垫云母板		
	5737-1 环氧衬垫粉云母板	具有较高的机械强度，厚度均匀	适于 H 级电动机电器作衬垫绝缘
	5755 有机硅衬垫云母板	有较高的耐热性	
	5755-2 有机硅衬垫金云母板		
	5760-2 磷酸铵衬垫金云母板	有高的耐热性	适于作工作温度 180℃ 以上的电动机电器的衬垫绝缘
	（企）D640-1 环氧衬垫玻璃粉云母板	具有一定的力学性能和电气性能	适于作电动机电器的衬垫绝缘
云母箔	5830 醇酸纸云母箔 5830-1 醇酸纸粉云母箔 5831 虫胶纸云母箔 5831-1 虫胶纸粉云母箔 5831-2 虫胶纸金云母箔 5832 醇酸玻璃云母箔 5833 虫胶玻璃云母箔 5833-2 虫胶玻璃金云母箔 5836-1 环氧玻璃粉云母箔	在一定温度范围内具有可塑性，在温度 110℃ ± 5℃ 下处理 15min 可塑制成管	适于作电动机电器的卷烘式绝缘及零件，如筒（管）、槽衬和磁极绝缘等

(续)

品种	名 称	性能特点	主要用途
云母箔	5850 有机硅玻璃云母箔	具有较高的耐热性及防潮性，在一定温度范围内具有良好的韧性及可塑性	适于作 H 级电动机、电器的卷烘式绝缘及零件，如筒(管)、槽衬及磁极绝缘
	(企) TJ5831-1 虫胶纸粉云母箔	在一定温度下具有可塑性	适于作电动机、电器卷烘式绝缘及零件
	(企) 云 834-1 环氧聚酯薄膜玻璃粉云母箔	在一定温度下具有可塑性，并具有较高的电气性能和力学性能	适用于工作温度 130℃ 的电动机、电器的卷烘式绝缘及零件
	(企) 云 840-1 聚芳基醚苯酚聚酰亚胺薄膜玻璃粉云母箔	在一定温度下具有良好的可塑性，较高耐热性及电气、力学性能	适用于工作温度 155℃ 的电动机、电器的卷烘绝缘及零件

7.10 云母带的电气性能有哪些？

答：云母带的电气性能见表 7-11。云母带是云母片用胶粘剂粘合或粉云母加补强材料后经烘干而成。

表 7-11 云母带的电气性能

型号	击穿强度/（kV/mm） 常态时≥	抗张力/N ≥	标称厚度 /mm
5030	18	30	0.10、0.13
5032	16	50	0.13、0.16
5034			
5430	16	30	0.10、0.13、0.16
5432	16	50	0.13、0.16
5434	16	70	0.10、0.13、0.16
5437-1	20	70	0.14、0.17
5438-1	24（平均值）	100	0.14 0.15
5450	16	70	0.10、0.13、0.16
5450-1	16	70	0.14、0.17
5450-2	16	70	0.10、0.13、0.16
(企) TJ5434-1	15	50	0.13、0.15
(企) 5941-1	24	100	0.15
(企) 云 439-1	20	100	0.11
(企) 云 451-1	20	100	0.16
(企) 丰 6101-594	24	100	0.12

(续)

型号	每卷或盘长度 /m	每卷或盘直径 /mm	卷幅宽 /mm	带宽 /mm
5030 5032 5034 5430 5432 5434	20	不大于 100	400	15、20、25、 30、25
5437-1 5438-1	每卷或盘的直径（mm）为 95 ± 5、115 ± 5	95、115	400	15、20、25、 30、35
5450	20	不大于 100		
5450-1	每卷或盘的直径（mm）为 95 ± 5、115 ± 5	95、115		
5450-2 （企） TJ5434-1 （企） 5941-1	20	不大于 100		15
（企） 云 439-1	90			15、20、25
（企） 云 451-1 （企） 丰 6101-594	每卷或盘的直径（mm）为 95 ± 5	95 95		30、35 25

7.11 柔软云母板的电气性能有哪些？

答：柔软云母板的电气性能见表 7-12。

表 7-12 柔软云母板的电气性能 [面积 = (400 × 600) mm²]

型号	标称厚度/mm	击穿强度 / (kV/mm) 常态时 ≥	电阻率 / (Ω · cm) ≥	
			常态时	受潮 48h 后
5130	0. 15、0. 30、3. 40、0. 50 0. 20、0. 25	15 20	10 ¹²	10 ¹⁰
5130-1 5131-1 5136-1	0. 15、0. 30、0. 40、0. 50 0. 20、0. 25	16 18		
5131 5135 5151	0. 15、0. 30、0. 40、0. 50 0. 20、0. 25	16 18	10 ¹²	10 ¹⁰

(续)

型号	标称厚度/mm	击穿强度 / (kV/mm) 常态时≥	电阻率 / (Ω · cm) ≥	
			常态时	受潮 48h 后
5133	0. 15、0. 20、0. 25 0. 30、0. 40、0. 50	25	10 ¹²	10 ¹²
5137-1	0. 15 0. 20、 0. 25、 0. 30、 0. 40、 0. 50	25 30		
5138-1	0. 20、 0. 25、 0. 30、 0. 40、 0. 50	35		
5150	0. 15、0. 30、0. 40、0. 50 0. 20、0. 25	20 25	10 ¹²	10 ¹⁰
5151-1	0. 15 0. 20、0. 25 0. 30、0. 40、0. 50	15 25 20		
(企) TJ5131-1	0. 15、0. 20、0. 25 0. 30、0. 40、0. 50	18 16	10 ¹³	10 ¹⁰
(企) 云 134-1 (企) 云 139-1	0. 20、0. 25、0. 30 0. 20、0. 25	65	10 ¹⁴	10 ¹³

7.12 塑型云母板的电气性能有哪些？

答：塑型云母板的电气性能见表 7-13。

表 7-13 塑型云母板的电气性能 [面积 = (400 × 600) mm²]

型号	标称厚度/mm	击穿强度 / (kV/mm) 常态时≥	电阻率 /Ω · cm≥	
			常态时	受潮 48h 后
5230	0. 15、0. 20、0. 25	35	10 ¹³	10 ¹²
5231	0. 30、0. 40、0. 50	30		
5235	0. 6、0. 7、0. 8、1. 0、1. 2	25		
5236				
5250			10 ¹²	10 ⁹
(企) 564	0. 10 0. 12、0. 15、0. 20	25 30	10 ¹³	10 ¹¹

7.13 换向器云母板的电气性能有哪些？

答：换向器云母板的电气性能见表 7-14。

表 7-14 换向器云母板的电气性能

型号	面积/mm ²	标称厚度/mm	击穿强度/（kV/mm） 常态时≥
5535	不小于 250 × 500，其中允许有不小于 200 × 300 的占总重量 5% 以下	0.4 ~ 1.5（相隔 0.05）	18
5535-2			
5560-2			
5536-1			20

7.14 衬垫云母板的电气性能有哪些？

答：衬垫云母板的电气性能见表 7-15。

表 7-15 衬垫云母板的电气性能

型号	面积 /mm ²	标称厚度 /mm	击穿强度 /（kV/mm） 常态时≥	电阻率 /Ω · cm ≥	
				常态时	受潮 48h 后
5730	400 × 600	0.5 ~ 1.0（相隔 0.1）	20	10 ¹³	10 ¹²
5731		1.5、2.0、3.0、4.0、5.0			
5737-1	250 × 550	0.5 ~ 1.5（相隔 0.1）	20（平均值）	—	—
5760-2	250 × 550	0.5、0.8、1.0 1.5、2.0	10	5 × 10 ¹²	5 × 10 ¹⁰
5755	400 × 600	0.15	30	5 × 10 ¹²	5 × 10 ¹⁰
5755-2					
（企）		0.5 ~ 1.0（相隔 0.1）	20		
D640-1		1.5、2.0、3.0、4.0、5.0	15		

7.15 云母箔的电气性能和规格有哪些？

答：云母箔的电气性能和规格见表 7-16。

表 7-16 云母箔的电气性能和规格

型号	面积/mm ²	标称厚度/mm	击穿强度/（kV/mm） 常态时平均值≥
5830、5831、 5831-2、5832、 5833、5833-2、 5850	400 × 600	0.15 ~ 0.30（相隔 0.5）	16
5830-1		0.17、0.22	25
5831-1、5836-1		0.15 ~ 0.25（相隔 0.5）	25
（企）TJ5831-1		0.10 ~ 0.25（相隔 0.5）	12
（企）云 834-1	每盘长不短于 20m， 幅宽不小于 400mm	0.20	40
（企）云 840-1			

7.16 云母玻璃的品种和性能有哪些？

答：云母玻璃的品种和性能见表 7-17。

云母玻璃是由云母粉与低熔点硼铅玻璃粉混合后经热熔模压成形的板材，可用于高压电器作为耐弧、耐高温绝缘材料。

表 7-17 云母玻璃的品种和性能

性能名称	云母玻璃	合成云母玻璃
抗弯强度/MPa	74.5 ~ 84.3	83.4 ~ 98.1
耐热性/℃	300 ~ 500	350 ~ 650
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{13} \sim 10^{16}$	10^{15}
介质损耗角正切（1MHz 时）	$1.3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3} \sim 2.3 \times 10^{-3}$
相对介电系数（1MHz 时）	6.5	6.8 ~ 9.8
击穿强度/（kV/mm）	14 ~ 20	13 ~ 20

7.17 修理电动机常用哪些粘带、组成和特性如何？

答：常用的粘带组成和特性见表 7-18。

表 7-18 常用的粘带组成和特性

名 称	厚度 /mm	组 成	耐热 等级	特性和用途
聚酯薄膜粘带	0.0 ~ 0.17	聚酯薄膜、橡胶型或聚丙烯酸酯胶粘剂	E ~ B	耐热性较低，但机电性能好，可用作电动机线圈绝缘密封和对地绝缘
环氧玻璃粘带	0.14 ~ 0.17	无碱玻璃布、环氧树脂胶粘剂	B	具有较高的机电性能，可供电动机绕组绑扎绝缘
聚酰亚胺薄膜粘带 J—6250	0.045 ~ 0.07	聚酰亚胺薄膜、聚胺酰亚胺树脂胶粘剂	H	具有高的机电性能和耐热性，用作 H 级电动机线圈绝缘
有机硅玻璃粘带 6350	0.15	无碱玻璃布、有机硅树脂胶粘剂	H	有高的耐热性、耐寒性和防潮性，可用作 H 级电动机线圈绝缘
硅橡胶玻璃粘带	—	无碱玻璃布、硅橡胶胶粘剂	H	有高的耐热性、耐寒性和防潮性，可用作 H 级电动机线圈绝缘
自粘性硅橡胶三角粘带	—	硅橡胶、填料硫化剂	H	具有耐热、耐寒、抗振动、耐化学腐蚀等特性，但抗张强度低，可作特殊电动机对地绝缘

7.18 常用粘带的品种、性能和用途有哪些？

答：常用粘带的品种、性能和用途见表 7-19。

表 7-19 常用粘带的品种、性能和用途

名称	厚度 /mm	击穿强度/ (kV/mm)			体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$			表面 电阻 系数 (Ω)	介质损耗 角正切 $/ \times 10^6 \text{ Hz}$	相对介 电系数 $/ \times 10^6 \text{ Hz}$	特性和用途
		常态	受潮 后	热态	常态	受潮 后	热态				
聚乙烯 薄膜 粘带	0.22 ~ 0.26	>30	—	—	10^{13} ~ 10^{16}	—	—	—	0.02 ~ 0.03	1.8	有一定的电气性能和力学性能，柔软性好，粘结力较强，但耐热性低（低于 Y 级）。可用于一般电线接头包扎绝缘
聚乙烯 薄膜纸 粘带	0.10	>10	—	—	—	—	—	—	—	—	包扎服帖，使用方便，可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘
聚氯乙烯 薄膜 粘带	0.14 ~ 0.19	>10	—	—	—	—	—	—	—	—	有一定的电气性能和力学性能，较柔软，粘结力强，但耐热性低（低于 Y 级）。供作电压为 500 ~ 6000V 电线接头包扎绝缘
聚酯薄 膜粘带	0.055 ~ 0.17	>100	—	—	—	—	—	—	—	—	耐热性较好，机械强度高。可用作半导体元件密封绝缘和电动机线圈绝缘
聚酰亚 胺薄膜 粘带	0.045 ~ 0.07	190 ~ 210	120 ~ 150	130 ~ 150 (180℃)	$>10^{15}$	$>10^{15}$	$>10^{12}$ (180℃)	—	0.003	2.6 ~ 3.2	电气性能和力学性能较高，耐热性优良，但成形温度较高（180 ~ 200℃）。适于作 H 级电动机线圈绝缘和槽绝缘
聚酰亚 胺薄膜 粘带	0.05	>120	—	80 (180℃)	$>10^{16}$	—	$>10^{15}$ (180℃)	10^{14} ~ $>10^{15}$	0.001	2	同上，但成形温度更高（300℃ 以上）。可用于 H 级或 C 级电动机、潜油电动机线圈绝缘和槽绝缘

(续)

名称	厚度 /mm	击穿强度/ (kV/mm)			体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$			表面 电阻 系数 (Ω)	介质损耗 角正切 $/ \times 10^6 \text{Hz}$	相对介 电系数 $/ \times 10^6 \text{Hz}$	特性和用途
		常态	受潮 后	热态	常态	受潮 后	热态				
环氧玻 璃粘带	0.17	$>6^{①}$	$3.8^{②}$	—	$>10^{14}$	10^{13}	$>10^{12}$ (130℃)	—	—	—	具有较高的电气 性能和力学性能。 供作变压器铁心绑 扎材料,属 B 级绝 缘
有机硅 玻璃 粘带	0.15	$>0.6^{①}$	—	—	$>10^{11}$	—	$>10^{12③}$	—	—	—	有较高的耐热 性、耐寒性和耐潮 性,以及较好的电 气性能和力学性 能。可用于 H 级电 动机、电器线圈绝 缘和导线联接绝缘
硅橡胶 玻璃 粘带	—	$3 \sim 5^{①}$	—	—	10^{13} ~ 10^{14}	10^{12} ~ 10^{13}	—	$>10^{13}$	—	—	同上,但柔软性 较好
自粘性 硅橡胶 三角带	—	$20 \sim 30$	—	—	10^{14} ~ 10^{15}	—	—	10^{14} ~ 10^{15}	0.0014 ~ 0.01	>4	具有耐热、耐 潮、抗振动、耐化 学腐蚀等特性,但 抗张强度较低。适 用于半叠包法作高 压电 动机线圈绝 缘。但需注意胶带 保持清洁才能粘牢
自粘性 丁基橡 胶带	—	>20	—	—	$>10^{15}$	—	—	—	0.02	2.5 ~ 2.75	有硫化型和非硫 化型两种。胶带弹 性好,伸缩性大, 包扎紧密性好。主 要用于电力电缆联 接和端头包扎绝缘

①击穿电压 (kV); ②弯折后; ③180℃处理 18h 后。

7.19 电工用棉布带规格有哪些?

答: 电工用棉布带规格见表 7-20。

表 7-20 电工用棉布带规格

名 称	标称宽度 /mm (公差)	额定厚度 /mm	每百米重量/g ≥	每卷长度/m ≥
斜纹布带	10、12 (±0.5)			
	15 (±1.0)	0.45 ±0.02	187 ~ 232	50 ±5
	20、25、	0.45 ±0.02	284	50 ±5
	30 (±1.5)	0.45 ±0.02	368 ~ 549	50 ±5
	35、40、 50 (±2.0)	0.45 ±0.02	645 ~ 910	50 ±5
平纹白布带	10、12 (±0.5)			
	15 (±1.0)	0.25 ±0.02	100 ~ 120	50 ±5
	20、25、	0.25 ±0.02	152	50 ±5
	30 (±1.5)	0.25 ±0.02	199 ~ 291	50 ±5
	35、40、 50 (±2)	0.25 ±0.02	338 ~ 480	50 ±5
平纹细布带	12 (±0.5)			
	16 (±1.0)	0.22 ±0.02	126	50 ±5
	20、25、	0.22 ±0.02	168	50 ±5
	30 (±1.5)	0.22 ±0.02	209 ~ 297	50 ±5
	35 (±2)	0.22 ±0.02	340	50 ±5
平纹薄布带	12 (±0.5)	0.18 ±0.02	100	50 ±5
	16 (±1.0)	0.18 ±0.02	128	50 ±5
	20 (±1.5)	0.18 ±0.02	152	50 ±5

7.20 漆布的性能特点和用途是什么？

答：漆布的性能特点和用途见表 7-21。

漆布是由天然纤维或合成纤维纺织成布料再浸以不同的绝缘漆，经烘、切带而成。

表 7-21 漆布的性能特点和用途

名称	性能特点	主要用途
2010 油性漆布 (原黄漆布)	有一定的电气性能 和力学性能	可以在 105℃ 温度下长期使用，适用于一般电动机、电器的包扎绝缘和衬垫绝缘
2012 油性漆布 (原黄漆布)		可在 105℃ 温度下长期使用，适用于在变压器油中作衬垫绝缘和包扎绝缘

7.21 漆布的电气性能和规格有哪些？

答：漆布的电气性能和规格见表 7-22。

表 7-22 漆布的电气性能和规格

名称	标称厚度/mm	击穿电压/kV ≥								电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$ ≥		
		常态时		常态弯折后		热态时 105℃ ±2℃		受潮后		常态	热态 105℃ ±2℃	受潮后
		平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值			
2010 油性 漆布	0.15	6.0	4.0	3.6	2.9	4.1	2.5	3.6	2.0	10 ¹³	10 ¹⁰	10 ¹⁰
	0.17	6.8	4.5	4.2	3.1	5.0	3.0	4.1	2.3			
	0.20	7.5	4.9	4.6	3.5	5.5	3.3	4.6	2.6			
	0.24	8.8	5.6	5.3	3.7	0.5	4.0	5.4	3.2			
2012 油性 漆布	0.17	7.7	5.0	4.9	3.4	5.2	3.3	4.7	2.8	10 ¹³	10 ¹⁰	10 ¹⁰
	0.20	8.6	5.3	5.2	3.6	5.9	3.7	5.4	3.2			
	0.24	9.8	5.7	5.5	4.0	6.8	4.0	6.0	3.6			

7.22 玻璃漆布的性能特点和用途是什么？

答：玻璃漆布的性能特点和用途见表 7-23。

表 7-23 玻璃漆布的性能特点和用途

名称	性能特点	主要用途
2412 油性玻璃漆布	具有一定的电气性能和力学性能	可代替油性漆布，适用于一般电动机、电器及浸在变压器油中使用的包扎绝缘或衬垫绝缘
2430 沥青醇酸玻璃漆布		可在 130℃ 下长期使用，适用于电动机的包扎绝缘和衬垫绝缘
2432 醇酸玻璃漆布 (GB/T 8148.3—1999)		可在 130℃ 下长期使用。适用于电动机、电器及在变压器油中作包扎绝缘和衬垫绝缘
2433 环氧玻璃漆布	有较高的电气、力学性能，有良好的耐化学药品和耐湿热性	适用于工作温度为 130℃ 的耐化学腐蚀的电动机电器的槽绝缘、衬垫绝缘和线圈绝缘等
2450 有机硅玻璃漆布	具有较高的耐热性	适用于电动机、电器的包扎绝缘
2451 有机硅玻璃漆布 (GB/T 8148.3—1999)	具有较高的耐热性	
2452 硅橡胶玻璃漆布	具有弹性和高的耐热性	厚 0.11mm 的适用于特种用途的低电压电机端部绝缘，0.23mm 的适于作硅橡胶导线的绝缘
(企) D210 聚酰亚胺玻璃漆布	具有较高的耐热性，有优良的防潮性、耐辐射性和耐溶剂性	适用于电动机槽绝缘和端部衬垫绝缘，不适用作包扎绝缘。可在 220℃ 下长期使用，在 300℃ 下短期使用

(续)

名 称	性能特点	主要用途
(企) 239 聚酰亚胺玻璃漆布	具有优良的防潮性、耐辐射性, 耐溶剂性和介电性能	适用于工作温度 220℃ 的电动机作槽绝缘和端部衬垫绝缘

7.23 漆绸的性能特点和用途是什么？

答：漆绸的性能特点和用途见表 7-24。

表 7-24 漆绸的性能特点和用途

名 称	性能特点	主要用途
2210 油性漆绸 (原黄漆绸)	具有一定的电气性能和力学性能	可在 105℃ 下长期使用, 适用于电动机电器中要求较高电气性能的薄层包扎绝缘和衬垫绝缘
2212 油性漆绸 (原黄漆绸)		可在 105℃ 下长期使用, 适用于浸在变压器油中并要求高介电性能的薄层衬垫绝缘或包扎绝缘

7.24 漆绸的电气性能和标称厚度是什么？

答：漆绸的电气性能和标称厚度见表 7-25。

表 7-25 漆绸的电气性能和标称厚度

名 称	标称厚度 /mm	击穿电压/kV ≥								电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$ ≥		
		常态时		常态弯折后		热态时		受潮后		常态	热态	受潮后
		平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值			
2210 油 性 漆 绸	0.04	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.05	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.06	3.3	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.08	4.8	2.4	3.0	1.8	3.0	1.7	2.3	1.1	10^{13}	10^{10}	10^{10}
	0.10	5.8	3.8	4.4	2.2	4.3	2.2	3.5	1.7			
	0.12	7.2	4.8	6.3	3.2	5.2	2.5	4.1	2.0			
	0.15	8.7	5.2	6.9	3.8	5.8	3.1	4.7	2.6			
	0.08	5.0	2.8	3.2	2.1	3.3	1.9	3.2	1.6	10^{10}	$105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 10^{10}	10^{10}
2212 油 性 漆 绸	0.10	6.6	4.2	5.2	3.0	4.8	2.6	4.2	2.1			
	0.12	9.1	6.2	6.9	3.8	5.5	3.4	4.7	2.6			
	0.15	9.5	6.7	7.7	4.2	7.4	3.7	5.5	3.0			

7.25 玻璃漆布的电气性能和标称厚度是什么？

答：玻璃漆布的电气性能和标称厚度见表 7-26。

表 7-26 玻璃漆布的电气性能和标称厚度

型号与 名称	标称 厚度 /mm	击穿电压/kV ≥								电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$ ≥		
		常态时		常态弯折后		热态时		受潮后		常态 时	热态 时	受潮后
		平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值			
2412 油性 玻璃漆布	0.11	4.4	2.4	2.4	1.2	2.2 (105℃ ±2℃)	1.1 (105℃ ±2℃)	2.2	1.1	10 ¹²	10 ⁹ (105℃ ±2℃)	10 ¹⁰
	0.13	5.0	2.9	3.0	1.6	2.8	1.5	2.9	1.5			
	0.15	5.7	3.7	3.4	2.0	3.2	1.8	3.4	1.9			
	0.17	6.8	4.4	4.0	2.4	3.8	2.2	3.9	2.2			
	0.20	7.7	4.8	4.4	2.6	4.2	2.5	4.4	2.5			
	0.24	8.6	5.5	4.8	3.0	4.6	2.8	5.1	3.0			
2430 沥青 醇酸玻璃 漆布	0.11	5.3	2.8	2.9	1.5	2.4 (130℃ ±2℃)	1.2 (130℃ ±2℃)	2.6	1.3	10 ¹²	10 ⁹ (130℃ ±2℃)	10 ¹⁰
	0.13	6.1	3.7	3.5	2.2	3.0	1.6	3.4	1.8			
	0.15	6.6	4.2	4.2	2.6	3.4	1.8	3.8	2.6			
	0.17	8.0	4.8	5.0	2.9	4.0	2.4	4.6	2.9			
	0.20	9.8	5.5	7.0	4.5	4.4	2.6	5.0	3.5			
	0.24	11.0	5.9	8.8	5.2	5.2	3.2	6.0	3.8			
2432 醇酸 玻璃漆布	0.11	5.3	2.8	2.9	1.5	2.4 (130℃ ±2℃)	1.2 (130℃ ±2℃)	2.4	1.2	10 ¹²	10 ⁹ (130℃ ±2℃)	10 ¹⁰
	0.13	6.1	3.7	3.5	2.2	3.0	1.6	3.1	1.7			
	0.15	6.6	4.2	4.2	2.6	3.4	1.8	3.5	2.6			
	0.17	8.0	4.8	5.0	2.9	4.0	2.4	4.2	2.9			
	0.20	9.0	5.5	7.0	4.5	4.4	2.6	4.6	3.5			
	0.24	11.0	5.9	8.8	5.2	5.2	3.2	5.5	3.8			
2433 环氧 玻璃漆布	0.11	4.8	2.2	2.4	1.0	2.8 (130℃ ±2℃)	1.2 (130℃ ±2℃)	2.4	1.0	10 ¹²	10 ⁹ (130℃)	10 ¹⁰
	0.13	5.5	2.8	3.2	1.6	3.5	1.8	3.2	1.6			
	0.15	6.0	3.0	3.8	1.9	4.0	2.0	3.6	1.8			
	0.17	7.8	3.9	4.2	2.1	4.5	2.3	4.2	2.1			

(续)

型号与 名称	标称 厚度 /mm	击穿电压/kV ≥								电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$ ≥		
		常态时		常态弯折后		热态时		受潮后		常态 时	热态 时	受潮后
		平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值			
2450 有机 硅玻璃 漆布	0.06	2.9				0.9 (180℃ ±2℃)	(180℃ ±2℃)	1.0		10 ¹⁴	10 ¹¹ (180℃ ±2℃)	10 ¹³
	0.08	3.6				1.5		2.0				
	0.11	4.7	2.3	1.8	1.0	2.7	1.6	3.2	2.1			
	0.13	5.3	2.7	2.4	1.2	3.2	2.1	3.7	2.3			
	0.15	5.8	3.2	3.0	1.5	3.8	2.3	4.2	2.7			
	0.17	6.6	3.8	3.5	1.6	4.3	2.7	4.8	3.0			
	0.20	7.4	4.3	4.0	2.0	4.7	3.0	5.3	3.2			
	0.24	8.0	4.7	4.4	2.2	5.3	3.2	5.8	3.4			
2451 有机 硅玻璃 漆布	0.11	5.0	2.4	0.9	0.5	2.8 (180℃ ±2℃)	1.7 (180℃ ±2℃)	3.2	2.1	10 ¹⁴	10 ¹¹ (180℃ ±2℃)	10 ¹³
	0.13	5.5	2.8	1.2	0.6	3.2	2.2	3.7	2.3			
	0.15	6.0	3.3	1.5	0.8	3.8	2.4	4.2	2.7			
	0.17	6.8	3.8	1.8	0.9	4.4	2.8	4.8	3.0			
	0.20	7.7	4.4	2.0	1.0	5.0	3.1	5.3	3.2			
	0.24	8.4	4.8	2.2	1.1	5.5	3.3	5.8	3.4			
2452 硅橡 胶玻璃 漆布	0.11	1.5		热处理、弯折后 1.0				0.8		10 ¹²		10 ¹⁰
	0.23	2.0		热处理、弯折后 1.4				0.8				
(企) D210 聚酰亚胺 玻璃漆布	0.10	2.5	1.5	2.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	10 ¹⁴	10 ¹² (200℃ ±2℃)	10 ¹³
	0.15	5.5	3.0	3.8	2.4	3.5	2.2	4.0	2.5			
	0.17	6.2	3.5	4.2	2.5	4.0	2.5	4.5	2.8			
	0.20	7.0	4.0	6.0	3.2	4.5	2.8	5.0	3.0			
(企) 239 聚酰亚胺 玻璃漆布	0.10	2.5	1.5 (个别值)	2.0	1.0 (个别值)	1.5 (250℃)	1.0 (250℃, 个别值)	1.5	1.0 (个别值)	10 ¹⁴	10 ¹² (250℃)	
	0.15	5.5	3.0	3.8	2.4	3.5	2.2	5.0	2.5			
	0.17	6.5	3.5	4.5	2.5	4.0	2.5	5.0	3.0			
	0.20	7.0	4.0	6.0	3.5	4.5	3.0	5.0	3.0			

7.26 漆管的性能特点和用途是什么？

答：漆管的性能特点和用途见表 7-27。

漆管又称绝缘套管，用来作为电动机、电器及电工设备的引出线、连接线的外套绝缘。

表 7-27 漆管的性能特点和用途

名 称	性能特点	主要用途
2710 油性漆管 2714 油性玻璃漆管 2730 醇酸玻璃漆管	具有一定的电气性能、柔软性和弹性	适用于电动机、电器、仪表、无线电等装置的布线绝缘和机械保护
2715 聚氯乙烯玻璃漆管（GB 7116—86）	具有优良的柔软性和弹性、有良好的电气性能和耐化学性能	
2750 有机硅玻璃漆管	有一定的电气性能、柔软性和较高的耐热性	
2751 硅橡胶玻璃丝管	具有一定的介电性能、较高的耐热性、优良的弹性和耐寒性	用于要求较高的电动机、电器的布线绝缘和机械保护
玻璃纤维电碳套管	有良好的柔软性和裁剪不散性	用作电刷引线护套
聚氨酯聚酯纤维漆管	有良好的耐磨性和弹性，较好的耐化学腐蚀和耐环境老化性能	用于电器、仪表等设备导线的绝缘护套

7.27 漆管规格有哪些？

答：漆管规格见表 7-28。

表 7-28 漆管规格

型号及名称	标称厚度/mm	内径/mm	长度/mm
2710 油性漆管	0.4	0.5、0.7	$10 \pm \begin{matrix} 20 \\ 10 \end{matrix}$
	0.5	1.0、1.5	
	0.6	2、2.5、3、3.5	
	0.7	4、4.5、5.6	
	0.8	7、8、9	
	0.9	10、11、12	
2714 油性玻璃漆管 2730 醇酸玻璃漆管 2751 硅橡胶玻璃丝管	0.3（2751 无此厚度）	0.5、0.7（2751 无此内径）	允许有总重量的 5% 以下的短段（≥250）
	0.4	1.0、1.5	
	0.5	2、2.5、3、3.5	
	0.6	4、4.5、5、6	
	0.7	7、8、9	
	0.8	10、11、12	

(续)

型号及名称	标称厚度/mm	内径/mm	长度/mm
2750 有机硅玻璃漆管	0.3	1、1.5	$10 \pm \begin{smallmatrix} 20 \\ 10 \end{smallmatrix}$ 允许有总重量的 5% 以下的短段 (≥250)
	0.4	2、2.5、3、3.5	
	0.5	4、4.5、5、6	
	0.6	7、8、9	
	0.7	10、11、12	
玻璃纤维电碳套管	0.25	1、1.5、2、2.5	1000 ± 20
	0.30	3、3.5、4、5	
	0.40	6、7、8、9	
2715 聚氯乙烯玻璃漆管	0.4	1、1.5、2、2.5	$1000 \pm \begin{smallmatrix} 20 \\ 10 \end{smallmatrix}$ 允许有总重量的 5% 以下的短段 (≥200)
	0.7	3、3.5、4、5、6	
	0.8	7、8、9	
	0.9	10、12、14、16	
聚氨酯聚酯纤维漆管	0.25	0.6	订购时商洽
	0.30	1.0	
	0.4	1.5、2.0	
	0.45	2.5、3.0	

7.28 电容器纸的性能是什么？

答：电容器纸的性能见表 7-29。

电容器纸由未漂白的纯硫酸盐木浆制成。电容器纸按质量分为优等品、一等品、合格品三个等级，按其紧度分为Ⅰ型和Ⅱ型。

表 7-29 电容器纸的性能

Ⅰ 型										
指标名称		优等品			一等品			合格品		
厚度/ μm	标称厚度/ μm	波动差≤		公差 (%)	波动差≤		公差 (%)	波动差≤		公差 (%)
		横向	纵向		横向	纵向		横向	纵向	
	8	0.7	1.0	±7	0.7	1.1	±8	0.8	1.2	±8
	10 ~ 16	0.8	1.1	±6	0.8	1.2	±7	0.9	1.3	±8
	17 ~ 22	1.0	1.2	±6	1.2	1.4	±6	1.3	1.5	±7
紧度/(g/cm ³)		1.00 ± 0.05								
抗张指数(纵向)/(N·m/g)不小于		77.0			61.6					

(续)

指标名称		优等品		一等品		合格品	
工频击穿 电压/(V/层) 不小于 AC	厚度/ μm	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值
	8	260	340	260	320	250	305
	10	300	370	280	350	270	335
	12	330	410	310	390	300	375
	15	350	430	330	410	320	395
	17	380	470	360	450	350	435
	20	420	520	400	500	390	485
	22	440	540	420	520	410	505
导电点/ (个/ m^2) 不多于	8	50		110		150	
	10	40		60		110	
	12	25		50		65	
	15	15		35		50	
	17	10		25		45	
	20	5		15		20	
	22	5		15		20	
介质损耗 因数($\tan\delta$) /(%)不大于	60℃	0.15		0.17			
	100℃	0.20		0.22			

II 型

指标名称		优等品			一等品			合格品		
厚度/ μm	标称厚度/ μm	波动差 $\leq$		公差 (%)	波动差 $\leq$		公差 (%)	波动差 $\leq$		公差 (%)
		横向	纵向		横向	纵向		横向	纵向	
	4~6	0.3	0.5	± 10	0.4	0.6	± 10	0.4	0.6	± 10
	7~8	0.4	0.6	± 7	0.5	0.7	± 8	0.6	0.8	± 8
	10~12	0.5	0.7	± 5	0.6	0.8	± 6	0.7	0.9	± 6
	15~17				0.7	0.9	± 6	0.8	1.0	± 6
	17~22	0.9	1.2	± 6	1.1	1.4	± 6	1.2	1.5	± 7
紧度/ (g/cm^3)	4~15	1.20 $\pm$ 0.05								
	17~22	1.15 $\pm$ 0.05								
抗张指数(纵向)/(N· m/g)不小于		78.0			66.0					
工频击穿 电压/(V/层) 不小于 AC	厚度/ μm	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值	
	4	165	265	165	250	155	220			
	5	190	300	190	280	180	255			
	6	220	330	220	320	190	280			
	7	255	370	255	355	210	325			

(续)

指标名称		优等品		一等品		合格品	
工频击穿 电压/(V/层) 不小于 AC	厚度/ μm	最低值	平均值	最低值	平均值	最低值	平均值
	8	280	405	280	390	230	360
	10	330	460	330	450	270	415
	12	365	510	365	495	290	465
	15	410	535	410	520	310	490
	17	425	545	425	530	320	500
	20	435	555	435	540	330	510
	22	445	555	445	550	340	520
导电点/ (个/ m^2) 不多于	4	800		1100		1200	
	5	550		800		900	
	6	350		450		550	
	7	180		250		300	
	8	110		150		180	
	10	70		90		105	
	12	40		55		70	
	15	25		35		50	
	17	10		25		45	
	20	5		15		20	
	22	5		15		20	
介质损耗 因数(%) 不大于	60℃	0.19		0.20			
	100℃	0.25		0.26		0.27	

7.29 修理电动机时常用的复合材料的组成和用途有哪些？

答：修理电动机时常用的复合材料的组成和用途见表 7-30。

表 7-30 常用的复合材料的组成和用途

名 称	型号	组 成	耐热等级	用 途
聚酯薄膜绝缘纸 复合箔	6520	一层聚酯膜 一层绝缘纸	E	主要用作低压电动机绕组的槽绝 缘、层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆 布复合箔	6530	一层聚酯薄膜 一层玻璃漆布	B	主要用作低压电动机绕组的槽绝 缘、层间绝缘
聚酯薄膜聚酯纤 维纸复合箔	DMD 6630	一层聚酯薄膜 两层聚酯纤维纸	B	适用于 B 级电动机绕组的槽绝缘、 层间绝缘及衬垫绝缘等
聚酯薄膜芳香族 聚酰胺纤维纸复合 箔	NMN 6640	一 层 聚 酯 薄 膜、 两层芳香族聚酰胺 纤维纸	F	适用于 F 级电动机绕组的槽绝缘、 层间绝缘及衬垫绝缘等

(续)

名 称	型号	组 成	耐热等级	用 途
聚酰亚胺薄膜、芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NHN 6650	一层聚酰亚胺薄膜、两层芳香聚酰胺纤维纸	H	适用于 H 级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘

7.30 复合薄膜品种、性能及用途有哪些？

答：复合薄膜品种，性能及用途见表 7-31。

复合薄膜是在薄膜的一面或双面粘合纤维材料组成的一种复合材料，其作用是加强薄膜的力学性能，提高抗撕强度和表面挺度，主要用来作中小型电动机的槽绝缘、相间绝缘等。

表 7-31 复合薄膜品种、性能及用途

名称	型号或代号	厚度/mm	耐热等级	击穿电压/kV				体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$			用途
				常态	弯折	受潮后	热态	常态	受潮后	热态	
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	6520	0.15 ~ 0.30	E	6.5 ~ 12	6 ~ 12	4.5 ~ 12	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{11} ~ 10^{13}	用于 E 级电动机槽绝缘、端部层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	6530	0.17 ~ 0.24	B	8 ~ 12	6 ~ 8	6 ~ 10	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{14}	10^{11} ~ 10^{12}	用于 B 级电动机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。可用于湿热地区
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	0.20 ~ 0.25	B	10 ~ 12	9 ~ 12	8 ~ 12	8~11 (130℃)	10^{12} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{12} ~ 10^{14}	同上
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NMN	0.25 ~ 0.30	F	12 ~ 15	>10	—	>10 (155℃)	—	—	—	用于 F 级电动机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酰亚胺薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NHN	0.25 ~ 0.30	H	7 ~ 12	6 ~ 11	7 ~ 9	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{13} ~ 10^{14}	10^{14} ~ 10^{15}	同上，但适用于 H 级电动机

7.31 修理电动机常用哪些电工薄膜？特性如何？

答：修理电动机常用的电工薄膜的特性见表 7-32。

表 7-32 常用的电工薄膜的特性

名 称	型号	耐热等级	特性和用途
聚酯薄膜（定向）	6020	E ~ B	具有较高的抗张强度、绝缘电阻和击穿强度，耐有机溶剂、耐碱性好，但耐电晕性差，可用作低压电动机线圈的槽绝缘和对地绝缘以及绕组线绝缘、复合制品绝缘
聚苯酯薄脂（定向）	—	F	具有耐热性好、弹性模数高、断裂伸长率小，有较好的化学稳定性，但在高温下易水解，可用作 F 级电动机的槽绝缘和绕组式绝缘及复合绝缘制品
聚酰亚胺薄膜（不定向）	6050	> H	具有优异的耐高温和低温的耐寒性，并有高的耐辐射特性，可用作 H 级电动机的槽绝缘、绕组线绝缘及复合绝缘制品
聚四氟乙烯薄膜（定向）	SFM	> H	具有很高的耐热性、耐寒性，优良的介电性能和化学稳定性，可用作工作温度 - 60 ~ 260℃ 特殊电工产品的绝缘，也可用作线圈烘压绝缘时脱膜的材料

7.32 电工常用薄膜的性能及用途有哪些？

答：电工常用薄膜的性能及用途见表 7-33。

电工用薄膜厚度薄，柔软、耐潮，其电气性能和力学性能好，主要用来作电动机、电器线圈和电线电缆的包扎绝缘及作为电容器介质。

表 7-33 电工常用薄膜的性能及用途

名称	耐热等级	厚度 /mm	击穿强度 / (kV/mm)		体积电阻率 /Ω · cm		介质损耗角正切		相对介电系数		用 途
			常态	热态	常态	热态	50Hz	10 ⁶ Hz	50Hz	10 ⁶ Hz	
聚丙烯薄膜	—	0.006 ~ 0.02	>150	—	10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁷	—	0.0007 (100℃)	—	—	2 ~ 2.2	可用作电容器介质
聚酯薄膜	E	0.006 ~ 0.10	>130	100 ~ 180 (130℃)	10 ¹⁶ ~ 10 ¹⁷	—	<0.005	<0.02	3.2 ± 0.2	3.0 ± 0.2	可用作低压电动机、电器线圈匝间、端部包扎绝缘、衬垫绝缘，电磁线绕包绝缘，E 级电动机槽绝缘和电容器介质
聚苯酯薄膜	F	0.02 ~ 0.10	>210	150 (155℃)	10 ¹⁶	—	<0.004	—	2.9	—	可用作 F 级电动机槽绝缘、导线绕包绝缘和线圈端部绝缘

(续)

名称	耐热等级	厚度/mm	击穿强度 / (kV/mm)		体积电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$		介质损耗角正切		相对介电系数		用 途
			常态	热态	常态	热态	50Hz	10 ⁶ Hz	50Hz	10 ⁶ Hz	
芳香族聚酰胺薄膜	H	0.03 ~ 0.06	90 ~ 130	87 (180℃)	10 ¹³ ~ 10 ¹⁴	—	—	0.003 ~ 0.004	—	3.5 ~ 4	可用作 F、H 级电动机槽绝缘
聚酰亚胺薄膜	C	0.03 ~ 0.06	100 ~ 130	70 ~ 110 (200℃)	10 ¹⁶	10 ¹² (200℃)	0.004 ~ 0.01	—	3	—	可用作 H 级电动机、微电动机槽绝缘, 电动机、电器绕组和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕组绝缘
聚四氟乙烯薄膜	C	0.01 ~ 0.10	>60 (直流)	—	10 ¹⁶ ~ 10 ¹⁷	—	—	0.0002	1.8 ~ 2.2	1.8 ~ 2.2	可用作工作温度为 -60 ~ 250℃ 电容器介质, 电器、仪表、无线电装置的层间衬垫绝缘和耐电磁铁、安装线、耐油电缆、耐热导线绝缘
	C	0.04 ~ 0.12	>50 (直流)	—	>10 ¹⁶	—	—	—	—	—	
	C	0.02 ~ 0.50	>40 (直流)	—	10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁶	—	—	0.0002	—	—	
全氟乙丙烯薄膜	C	0.01 ~ 0.05	196	—	10 ¹⁸ ~ 10 ¹⁹	—	0.0003	—	2.0 (10 ³ Hz)	2.0	可用作电线、同轴电缆的包复层和印刷电路板
聚苯乙烯薄膜	Y 以下	0.02 ~ 0.10	>110	—	10 ¹⁷	—	—	0.003	—	2.3 ~ 2.7	可用作高频电信电缆绝缘和电容器介质
聚乙烯薄膜	Y 以下	0.02 ~ 0.20	>40	—	10 ¹⁷	—	—	0.0004	—	2.5	可用作电信电缆绝缘及工作温度不超过 70℃ 的电缆绝缘护层

7.33 硅钢片漆的组成、特性和用途有哪些？

答：硅钢片漆的组成、特性和用途见表 7-34。

硅钢片漆用来作硅钢片表面涂覆，减少硅钢片之间的涡流，并起着防锈和耐腐

蚀的作用。

表 7-34 硅钢片漆的组成、特性和用途

名称	型号	主要组成	耐热等级	特性和用途
油性漆	1611	干性植物油、松脂酸盐	A	在高温（400 ~ 500℃）下干燥快，漆膜厚度均匀、坚硬、耐油。供涂覆一般用途小型电动机、电器用硅钢片
醇酸漆	9161 5364	油改性醇酸树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂	B	在 300 ~ 350℃ 下干燥快，漆膜有较好的耐热性和耐电弧性。供涂覆一般电动机、电器用硅钢片，但不宜涂覆磷酸盐处理硅钢片
环氧酚醛漆	H52-1 E-9 114	环氧树脂、酚醛树脂	F	附着力强，在 200 ~ 350℃ 下干燥快、漆膜有较好的耐热性、耐潮性、耐腐蚀性和电气性能。供涂覆大型电动机、电器用硅钢片，且适宜涂覆磷酸盐处理硅钢片和其他硅钢片
有机硅漆	947S W35-1	有机硅树脂	H	漆膜耐热性和电气性能优良。供涂覆高温电动机、电器用硅钢片，但不宜涂覆磷酸盐处理硅钢片
聚酰胺酰亚胺漆	PAI-Q	聚酰胺酰亚胺树脂	H	漆的涂覆工艺性和干燥性好，漆膜附着力强、耐热性高、耐溶剂性优越。供涂覆高温电动机、电器用各种硅钢片

7.34 酚醛层压纸板的特点和用途有哪些？

答：酚醛层压纸板的特点和用途见表 7-35。

层压制品是在天然或合成纤维的纸或布上浸涂上各类胶粘剂，然后经加热叠压成板状、棒状或管状的绝缘材料，具有良好的电气性能、力学性能和耐热、耐油、耐霉、耐电弧、防电晕等特点。

表 7-35 酚醛层在纸板的特点和用途

型 号	性能特点	主要用途
3020	电气性能高	电气性能要求高的电动机、电器设备中，作绝缘结构零、部件。可在变压器油中使用
3021	力学性能高	力学性能要求较高的电动机、电器设备中，作绝缘结构零、部件。可在变压器油中使用
3022	有一定的耐潮湿性能	可作为潮湿条件下工作的电气设备的绝缘
3023	介质损失小	适用于无线电、电气设备中作绝缘结构零、部件
（企）9301	色泽美观，有较高的力学性能和电气性能	适用于电动机电器设备中作绝缘结构零、部件和装饰品。可在变压器油中使用
（企）324	有良好的冲剪性	适用于电信、无线电设备中作绝缘零、部件

(续)

型 号	性能特点	主要用途
(企) 320	有较好的抗劈强度和较好的机械加工性能	适用于电器设备中做绝缘零、部件。可在变压器油中使用
(企) 上 3022-2	有较好的机械冲剪性能和电气性能	适用于高频、无线电和电信等装置中
(企) 上 6075	有一定的机械冲剪性能和电气性能	适用于电信、无线电的电位器中作绝缘零、部件

7.35 酚醛层压纸板的电气性能有哪些？

答：酚醛层压纸板的电气性能见表 7-36。

表 7-36 酚醛层压纸板的电气性能

型 号	平行层向绝缘 电阻/ Ω 不低于		平行层向耐压/kV 变压器油中耐压 5min 温度 20℃ $\pm$ 5℃时	垂直层向耐压/kV 变压器油中耐压 5min，温度 20℃ $\pm$ 5℃			
	常态	受潮后		板厚/mm			
				0.2 ~ 1.0	1.1 ~ 2	2.1 ~ 3	3 以上经 面加工者
3020	10 ¹⁰	10 ⁸	16	25	22	19	19
3021	10 ⁹	10 ⁷	14	16	15	13	13
3022	10 ¹⁰	(浸盐水电后) 10 ⁷	14	17	16	14	14
3023	10 ¹¹	(浸盐水电后) 10 ⁸		33kV/mm	27kV/mm	25kV/mm	25kV/mm
(企) 9301			14				
(企) 324				17	16	14	14
(企) 329	10 ⁸		(板厚 10mm 及以上) 14	16	15	13	13
(企) 上 3022-2				14	12	11	11
(企) 上 6075				板厚/mm 耐压/kV			
				1		17	
				2		32	
				3		42	

7.36 酚醛层压纸板的厚度是什么？

答：酚醛层压纸板的厚度见表 7-37。

表 7-37 酚醛层压纸板的厚度

型 号	标称厚度/mm
3020	0.2；0.3；0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~8.0（相隔0.5）； 9.0~40（相隔1）；42~50（相隔2）
3021	0.2；0.3；0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~8.0（相隔0.5）； 9.0~40（相隔1）；42~50（相隔2）
3022	0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~8.0（相隔0.5）；9.0~40（相隔 1）；42~50（相隔2）
3023	0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~4.0（相隔0.5）
（企）9301	0.2；0.3；0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~8.0（相隔0.5）； 9.0~40（相隔1）；42~50（相隔2）
（企）324	0.5；0.6；0.7；0.8；1.0；1.2；1.5；1.6；1.8；2.0~4.0（相隔0.5）
（企329）	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~8.0（相隔0.5）；9.0~50（相隔1）
（企）上 3022-2	0.2；0.3；0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~4.0（相隔0.5）
（企）上 6075	0.5；0.6；0.8

7.37 层压布板的特点和用途有哪些？

答：层压布板的特点和用途见表 7-38。

表 7-38 层压布板的特点和用途

名称	性能特点	主要用途
3025 酚醛层压布板	力学性能高	机械、电动机、电器设备中作绝缘 结构零部件。可在变压器油中使用
3027 酚醛层压布板	具有一定的电气性能	
（企）上 3137 三聚氰胺层压 布板	有良好的耐电弧性	作少油断路器灭弧结构材料
（企）上 3321-I 酚醛层压布 板	有较高的电气性能和耐潮性	适用于电信仪表等电气设备中作绝 缘配件

7.38 层压布板的厚度是什么？

答：层压布板的厚度见表 7-39。

表 7-39 层压布板的厚度

型 号	标称厚度/mm
3025	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔0.5）；8.0~40（相隔1）；42~50 （相隔2）
3027	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔0.5）；8.0~40（相隔1）；42~50 （相隔2）
（企）上 3137	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔0.5）；8.0~40（相隔1）；42~50 （相隔2）

(续)

型 号	标称厚度/mm
(企) 上 3321-1	0.5; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.5; 1.8; 2.0~4.0 (相隔0.5)

7.39 层压布板的电气性能有哪些？

答：层压布板的电气性能见表 7-40。

表 7-40 层压布板的电气性能

名 称	平行层向绝缘 电阻不低于/ Ω		垂直层向击穿强度/ (kV/mm) 90℃ ±2℃变压器油中不低于			
	常态时	受潮后	板厚 (mm)			
			0.5~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.0 以上 经一面加工
3025 酚醛层压布板	10^{10}	10^7	4.0	3.0	2.0	2.0
3027 酚醛层压布板			8.0	6.0	5.0	5.0
(企) 上 3137 三聚 氰胺层压布板	10^{12}	10^8	4.0	3.5	2.0	2.0
(企) 上 3321-1 酚 醛层压布板		10^8	3.5	3.5	3.5	3.5

7.40 层压玻璃布板的特点和用途有哪些？

答：层压玻璃布板的特点和用途见表 7-41。

表 7-41 层压玻璃布板的特点和用途

名 称	性 能 特 点	主 要 用 途
3230 酚醛层压 玻璃布板	有一定的电气性能和力学性能	适用于电气设备中，作绝缘结构零、部件， 并可在变压器油中使用
3231 苯胺酚醛 层压玻璃布板	具有较高的电气性能	适用于电器设备中，作绝缘结构零、部件， 并适于潮湿环境和变压器油中使用
3232 酚醛层压 玻璃布板	具有高的力学性能和电气性能	适用于电器设备中，作绝缘结构零、部件， 并适于潮湿环境和变压器油中使用
3240 环氧酚醛 层压玻璃布板	具有高的力学性能和电气性能	适用于电气设备中，作绝缘结构零、部件， 可在潮湿环境和变压器油中使用
3250 有机硅环 氧层压玻璃布板	具有较高的机械强度、耐热性和电气 性能	适用于 H 级电动机电器中作槽楔、垫块和其 他绝缘零件
3251 有机硅层 压玻璃布板	有较高的耐热性	适用于 H 级电动机电器绝缘
(企) 331 酚 醛层压玻璃布板	在较高温度下具有良好的电气性能	适用于工作温度 155℃ 以下的电动机、电器设 备中

(续)

名 称	性 能 特 点	主 要 用 途
(企) 338 二苯醚层压玻璃布板	具有优良的耐热性能和力学性能, 可耐辐射、耐腐蚀、能自熄	可作 H 级电动机、电器的绝缘结构件
(企) 322 有机硅层压玻璃布板	有较高的耐热性能和电气性能	可长期在 350℃ 下使用或短期在 400℃ 下使用的高频绝缘结构材料
(企) D321 聚胺酰亚胺层压玻璃布板	具有高的耐热性能和优异的电气、物理和力学性能, 并有耐辐射性	可以在 H 级电动机、电器设备中应用
(企) 333 聚胺酰亚胺层压玻璃布板	具有高的耐热性能和优异的电气、物理、力学性能, 并具有耐辐射性	可在 H 级电动机、电器设备中使用

7.41 层压玻璃布板的电气性能有哪些?

答: 层压玻璃布板的电气性能见表 7-42。

表 7-42 层压玻璃布板的电气性能

型 号	表面电阻系数/ Ω $\geq$		电阻率不低于 $/\Omega \cdot \text{cm}$		垂直板层击穿强度/(kV/mm)			
	常态	受潮后	常态	受潮后	板厚/mm			
					0.5~1	1.1~2.0	2.1~3.0	3 以上, 经一面加工者
3230	10^{11}	10^{10}	10^{10}	10^9	于 90℃ ±2℃ 变压器油中试验			
					14	12	10	10
3231	10^{12}	10^{10} (浸水)	10^{12}	10^{10} (浸水)	于 90℃ ±2℃ 变压器油中试验			
					22	20	18	18
3232	10^{11}	10^9 (水煮)	10^{11}	10^9 (水煮)	于 20℃ ±5℃ 变压器油中试验			
					18	16	14	14
3240	10^{13}	10^{11} (浸水)	10^{13}	10^{11} (浸水)	于 90℃ ±2℃ 的变压器油中试验			
					22	20	18	18
3250	10^{13}	10^{11}	10^{13}	10^{11}	18	18		
3251	10^{12}	10^{10}	10^{12}	10^{10}	10	10	8	8
(企)331	10^{12}	10^{10}	10^{12}	10^{10}	12			
(企)338	10^{13}	10^{11}	10^{13}	10^{11}	18(常态), 12(受潮后)			
(企)322								
(企)D321	10^{13}		10^{14}		20(常态), 15(250℃ 下)			
(企)333	10^{13}		10^{14}		20(常态), 15(220℃ 下)			

7.42 层压玻璃布板的厚度是什么？

答：层压玻璃布板的厚度见表 7-43。

表 7-43 层压玻璃布板的厚度

型号	标称厚度/mm
3230	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔 0.5）；0.8~30（相隔 1）；32~50（相隔 2）；
3231 3230	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~10（相隔 0.5）；11~30（相隔 1）；32~50（相隔 2）；
3240	0.2；0.3；0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔 0.5）；8~30（相隔 1）；32~60（相隔 2）；65~80（相隔 5）；
3250	0.5；0.8；1.0；1.2；1.5；1.8；2.0~7.0（相隔 0.5）；8.0~30（相隔 1）

7.43 层压管的组成、特性和用途有哪些？

答：层压管的组成、特性和用途见表 7-44。

表 7-44 层压管的组成、特性和用途

名称	型号	组成		耐热等级	特性和用途
		底材	胶粘剂		
酚醛纸管	3520	卷绕纸	苯酚甲醛树脂	E	电气性能好，适于作电动机、电器绝缘结构件。可在变压器油中使用
	3522	卷绕纸	苯醛甲醛树脂	E	电气性能好，介质损耗较小。适于作无线电和电信装置中的绝缘结构件
	3523	卷绕纸	苯酚甲醛树脂	E	具有良好的机械加工性。适于作电动机、电器绝缘结构件，可在变压器油中使用
酚醛布管	3526	煮炼布	苯酚甲醛树脂	E	具有较高的机械强度和一定的电气性能。适于作电动机、电器绝缘结构件，可在变压器油中使用
环氧酚醛玻璃布管	3640	无碱玻璃布	环氧酚醛树脂	B-F	具有高的电气性能和力学性能，耐潮性和耐热性较好、适于作电动机、电器绝缘结构件，可在高电场强度、潮湿环境或变压器油中使用
有机硅玻璃布管	3650	无碱玻璃布	改性有机硅树脂	H	具有高的耐热性，耐潮性好。适于作 H 级电动机、电器绝缘结构件

7.44 层压管的物理性能是什么？

答：层压管的物理性能见表 7-45。

表 7-45 层压管的物理性能

性能名称	酚醛纸管				酚醛布管	环氧酚醛 玻璃布管	有机硅 玻璃布管
	3520		3522	3523	3526	3640	3650
	内径 16mm 及以上	内径 15mm 以下					
吸水率 (%)			3 ~ 12		< 4		
热稳定性/℃	≥ 105	105 (12h)	—	105	130 (4h)	—	200
耐油性/℃ (变压器油中经 4h)	—	—	—	—	> 130	—	—
抗弯强度/MPa	78.5 ~ 125.5	—	> 78.5	—	78.5 ~ 119.6	176.5 ~ 308.9	—
抗压强度/MPa	39.2 ~ 92.2	—	> 49	—	44.1 ~ 140.2	68.6 ~ 199	—
抗剪强度/MPa	—	—	—	—	—	14.7 ~ 26.5	—
表面电阻率/Ω							
常态	—	—	> 10 ¹⁰	—	10 ⁹ ~ 10 ¹²		> 10 ¹¹
受潮后	—	—	> 10 ⁸	—	10 ⁷ ~ 10 ¹¹		> 10 ¹⁰
体积电阻率/Ω · cm							
常态	—	—	> 10 ¹²	—	10 ⁹ ~ 10 ¹³	10 ¹² ~ 10 ¹⁴	> 10 ¹³
受潮后	—	—	> 10 ⁹	—	10 ⁷ ~ 10 ¹²	10 ¹⁰ ~ 10 ¹¹ (浸水后)	> 10 ¹⁰
平行层向绝缘							
常态						> 10 ¹⁰	
浸水后						> 10 ⁷	
介质损耗角正切 (50Hz)							
常态	< 0.03	—	< 0.05 ^②	—	—	< 0.03	< 0.035
受潮后	—	—	< 0.04 ^③ < 0.08 ^② < 0.06 ^③	—	—	—	< 0.1

(续)

性能名称	酚醛纸管				酚醛布管	环氧酚醛 玻璃布管	有机硅 玻璃布管
	3520		3522	3523	3526	3640	3650
	内径 16mm 及以上	内径 15mm 以下					
180℃ ±2℃	—	—	—	—	—	—	<0.3
相对介电系数/ ×10 ⁶ Hz	—	—	9	—	—	—	—
垂直壁层耐电压/kV							
(90℃ ±2℃ 变压器油中试验 5min) ≥							
壁厚 1.0mm	—	11	—	—	—	—	—
壁厚 1.5mm	16	—	—	16	—	12	—
壁厚 2.0mm	20	22	—	20	—	14	10
壁厚 2.5mm	22	—	—	22	—	16	—
壁厚 3.0mm	24	27	—	24	—	18	15
壁厚 4.0mm	28	34	—	28	—	20	18
壁厚 5.0mm	32	38	—	32	—	24	20
壁厚 6.0mm	36	39	—	36	—	28	22
壁厚 7.0mm	40	43	—	40	—	32	24
壁厚 8.0mm	44	48	—	44	—	36	26
壁厚 9.0mm	48	—	—	48	—	40	—
平行于壁层耐电压							
/kV ^① ≥	25	—	—	25	—	25	—
表面耐电压/kV							
(受潮后) ≥	12	—	—	12	—	12	—
垂直壁层击穿强度/ (kV/ mm) ≥							
(在变压器油中)							
20℃ ±5℃		—	6	—	3.5	—	—
90℃ ±5℃	—	—	—	—	2	—	—

①壁厚 10mm 及以上；90℃ ±2℃ 变压器油中试验 5min；②壁厚 1.5 及小于 1.5mm 者，在 10⁶Hz 测量；
③壁厚大于 1.5mm 者在 10⁶Hz 测量。

7.45 层压棒的组成、性能和用途有哪些？

答：层压棒的组成，性能和用途见表 7-46。

表 7-46 层压棒的组成、性能和用途

名称	组成		耐热等级	吸水率 (%)	耐油性 /℃ ^①	抗弯强度 /MPa	抗张强度 /MPa
	底材	胶粘剂					
酚醛纸棒 3720	浸渍纸	酚醛树脂	E	—	105	98 ~ 245.2	68.6 ~ 156.9
酚醛布棒 3721	棉布	酚醛树脂	E	<10.0	—	117.7 ~ 176.5	78.5 ~ 166.7
环氧酚醛玻璃布棒 3840	无碱玻璃布	环氧酚醛树脂	B、F	—	—	343.2 ~ 549.2	196.1 ~ 411.9

名 称	平行层向绝缘电阻 /Ω		平行层向击穿电压 (在变压器油中) /kV		特性和用途
	常态	浸水后	20℃ ±5℃	90℃ ±2℃	
酚醛纸棒 3720	>10 ^{10②}	—	8 ~ 22 ^③	—	具有一定的电气性能和力学性能。适于作电动机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器中使用
酚醛布棒 3721	>10 ⁸	—	10 ~ 40	—	具有较好的电气性能和力学性能。适于作电动机、电器及其他电工设备的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
环氧酚醛玻璃 3840	10 ¹⁰ ~ 10 ¹²	10 ⁷ ~ 10 ¹⁰	—	15 ~ 30	具有良好的电气性能和力学性能。适于作电动机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件，可在湿热地区或变压器油中使用

①在变压器油中 4h；②系内电阻率，单位为 Ω·cm；③电极间距为 10mm。

7.46 电工硅钢片的分类和用途有哪些？

答：电工硅钢片的分类和用途见表 7-47。

表 7-47 电工硅钢片的分类和用途

分 类		合金等级	含硅量 (%)	钢 号	厚度/mm	用 途
热轧硅钢片	热轧电机硅钢片	低硅 D1	0.8 ~ 1.80	D11、D12	1.0、0.5	中小型发电机和电动机；要求损耗小的发电机和电动机
		中硅 D2	1.81 ~ 2.81	D21、D22	0.5	
		较高硅 D3	2.81 ~ 3.80	D23、D24 D31、D32	0.5	
	高硅 D4	3.81 ~ 4.80	D41、D42、 D43、D44	0.35	大型汽轮发电机	
	热轧变压器硅钢片	较高硅 D3	3.0 ~ 4.5	D31、D32	0.35	电力变压器电抗器和电感线圈
		高硅 D4		D41、D42、D43	0.50 (少用)	

(续)

分 类		合金等级	含硅量 (%)	钢 号	厚度/mm	用 途
冷轧硅钢片	冷轧无取向硅钢片 (包括半冷轧钢片)		1.5 ~ 3.0		0.35	中小型发电机和电动机
					0.50	
	冷轧取向硅钢片		2.8 ~ 3.5		0.30	大型发电机和电力变压器
					0.35	

注：D——电工用钢；第一位数字（1，2，3，4）——钢片含硅量等级，第二位数字（1，2，3，4）——钢片电磁性能等级。

7.47 热轧硅钢片磁性能有哪些？

答：热轧硅钢片磁性能见表 7-48。

表 7-48 热轧硅钢片磁性能

代号	厚度 /mm	磁化性能/($\times 10^{-4}$ T) ≥			单位重量铁损 /(W/kg) ≥		密度 /(g/cm ³)	叠装系数 (%)
		B25	B50	B100	P10/50	P15/50		
D11	1.0	15300	16300	17600	5.30	12.00		
	0.5	15300	16300	17600	3.20	7.40		
D12	0.5	15000	16200	17500	2.80	6.50		
D21	1.0	14800	15900	17300	4.40	10.00	7.7	92
	0.5	14800	15900	17300	2.50	6.10		
	0.35	14800	15900	17300	2.00	5.00		
D22	0.5	15100	16100	17400	2.20	5.30	7.7	92
D23	0.5	15400	16400	17500	2.10	5.10	7.7	92
D24	0.5	15700	16700	17800	2.10	5.10		
D31	0.5	14600	15700	17100	2.00	4.40		
	0.35	14600	15700	17100	1.60	3.60		
D32	0.5	15000	16100	17400	1.80	4.00		91
	0.35	15000	16100	17400	1.40	3.20	7.65	90
D41	0.5	14500	15600	16800	1.60	3.60		
D42	0.5	14500	15600	16800	1.35	3.15		91
D43	0.5	14400	15500	16700	1.20	2.90	7.55	91
D44	0.5	14400	15500	16700	1.10	2.65	7.55	
D41	0.35	14500	15600	16800	1.35	3.20		
D42	0.35	14500	15600	16800	1.15	2.80	7.55	91
D43	0.35	14300	15400	16600	1.05	2.50	7.55	91
D44	0.35	14300	15400	16600	0.90	2.20	7.55	

注：1. 表中 B25、B50、B100 分别为磁场强度为 25A/cm、50A/cm、100A/cm 时的磁感应强度。

2. 表中 P10/50、P15/50 分别为频率是 50Hz、磁感应强度为 1T 和 1.5T 时的铁损。

7.48 冷轧取向硅钢片磁性能有哪些？

答：冷轧取向硅钢片磁性能见表 7-49。

表 7-49 冷轧取向硅钢片磁性能

公称厚度 /mm	型 号	单位重量最大铁损/(W/kg)	最小磁感应强度/T	理论密度 /(g/cm ³)
		P17/50	B10	
0.30	DQ122G-30	1.22	1.88	7.65
	DQ133G-30	1.33	1.88	
	DQ133-30	1.33	1.79	
	DQ147-30	1.47	1.77	
	DQ162-30	1.62	1.74	
	DQ179-30	1.79	1.71	
	DQ196-30	1.96	1.68	
	DQ126G-35	1.26	1.88	
0.35	DQ137G-35	1.37	1.88	7.65
	DQ151-35	1.51	1.77	
	DQ166-35	1.66	1.74	
	DQ183-35	1.83	1.71	
	DQ200-35	2.00	1.68	
	DQ230-35	2.30	1.63	

注：1. 型号中 G 表示高磁感。
2. P17/50 表示频率为 50Hz,磁感应强度 $B=1.7\text{T}$ 的情况。
3. B10 表示磁场强度 $H=10\text{A/cm}$ 的情况。

7.49 冷轧无取向硅钢片磁性能有哪些？

答：冷轧无取向硅钢片磁性能见表 7-50。

表 7-50 冷轧无取向硅钢片磁性能

公称厚度 /mm	型 号	单位重量最大铁损/(W/kg)	最小磁感应强度/T	理论密度
		P15/50	B50	/(g/cm ³)
0.35	DW270-35	2.70	1.58	7.6
	DW310-35	3.10	1.60	7.65
	DW360-35	3.60	1.61	7.65
	DW435-35	4.35	1.65	7.70
	DW500-35	5.00	1.65	7.75
	DW550-35	5.50	1.66	7.75
0.50	DW315-50	3.15	1.58	7.60
	DW360-50	3.60	1.60	7.65
	DW400-50	4.00	1.61	7.65
	DW465-50	4.65	1.65	7.70
	DW540-50	5.40	1.65	7.75
	DW620-50	6.20	1.66	7.75
	DW800-50	8.00	1.69	7.80
	DW1050-50	10.50	1.69	7.85
	DW1300-50	13.00	1.69	7.85
	DW1550-50	15.50	1.69	7.85

注：1. 表中 P15/50 表示频率为 50Hz,磁感应强度 $B=1.5\text{T}$ 时的铁损。
2. 表中 B50 表示磁场强度 $H=50\text{A/cm}$ 的情况。

7.50 国内外常用硅钢片牌号对照如何？

答：国内外常用硅钢片牌号对照见表 7-51。

表 7-51 国内外常用硅钢片牌号对照

厚度 /mm	中 国			德国	欧洲共同市场	法国	日本		美国	英国			
	部标/沪企标		武标 (硅) 1-79	DIN	106-71	NFC	NSC	JIS	AISI	BS			
	新	旧		46400-1973		28-900-71	1975	C2552-75		601 (1973)			
0. 5	DR530-50 DR510-50 DR490-50 DR420-52 DR400-50	D21	W23	V260-50A			H23	S23	M45	G630			
		D22	W20	V230-50A			H20	S20	M43	G500 G450			
		D23	W18	V200-50A			H18	S18					
		D24											
		D25											
		D26	W14	V170-50A			H14	S14	M36	G400			
			W12	V150-50A			H12	S12	M22	G335			
W10	V135-50A		H10		M19								
0. 35		D21	W23				H23	S23					
			W20				H20	S20					
			W18				H18	S18			M43		
		D27	W14				H14	S14	M36		G335		
			D28				W12	V130-35A	H12		S12	M22	G315
							W10	V110-35A	H10			M19	G265
0. 5	DR360-50 DR315-50 DR290-50 DR265-50	D41 D42 D43 D44		V150-50B	FeV150-50HB	FeV150-50HB							
				V135-50B	FeV135-50HB	FeV135-50HB							
				V125-50B	FeV125-50HB	FeV125-50HB							
				V110-50B	FeV110-50HB	FeV110-50HB							
0. 35	DR320-35 DR280-35 DR255-35 DR225-35	D41 D42 D43 D44		V130-35B	FeV130-35HB	FeV130-35HB							
				V110-35B	FeV110-35HB	FeV110-35HB							
				V100-35B	FeV100-35HB	FeV100-35HB							
				V90-35B	FeV90-35HB	FeV90-35HB							
轧制 方式	热轧	热轧	冷轧	热轧	冷轧	冷轧	冷轧		冷轧	冷轧			

7.51 什么是电磁线？电磁线如何分类？

答：电磁线是一种具有绝缘层的导电金属线，用以绕制电动机、变压器或其他电工产品等的线圈或绕组，目前多采用圆或扁的铜芯线。电磁线的绝缘层除部分采用天然材料（如绝缘纸等）外，主要采用有机合成高分子化合物和无机材料。由于用单一材料构成的绝缘层在性能上有一定的局限性，因此有的电磁线采用复合绝缘或组合绝缘，以提高绝缘层的综合性能。

按绝缘层的特点和用途不同，常用的电磁线可分为漆包线和绕包线两类。

1) 漆包线压导线外层涂覆一层绝缘漆，经烘干后形成一层漆膜，其特点是漆膜均匀、光滑、漆膜较薄，既有利于线圈的绕制，又可提高铁心槽的利用率，因此广泛用于中小型电动机及各种电器中。

2) 绕包线是用玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线上形成绝缘层，也有的是在漆包线上再绕包绝缘层的。除薄膜绝缘层外，其他绝缘层均需经胶粘浸渍处理，以提高其电性能，使之能较好的承受过电压和过电流。它一般用于大中型电动机、电焊机和变压器等电工产品。根据绕包线的绝缘结构不同，可分为纸包线、薄膜绕包线，玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线。

7.52 漆包线的品种、特点和用途有哪些？

答：漆包线的品种、特点和用途见表 7-52。

表 7-52 漆包线的品种、特点和用途

类别	型 号	名 称	规格/mm	特 点			主要用途	标准号
				耐温等级 温度指数	优点	局限性		
聚酯漆包线	QZ(G)-1/155 QZ(G)-2/155	155 级改性聚酯漆包铜圆线	1 级:0.20 ~ 3.150 2 级:0.020 ~ 5.00	155	(1) 在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能优 (2) 软化击穿性能优	耐水解性差;用于密闭的电动机、电器时须注意	通用中小型电动机的绕组,干式变压器和电器仪表的线圈	GB/T6109.2—2008
	QZ-1/130 QZ-2/130	130L 级聚酯漆包铜圆线	1 级:0.050 ~ 3.150 2 级:0.050 ~ 5.000	130L				GB/T6109.7—2008
	QZL-1 QZL-2	聚酯漆包铝圆线	0.06 ~ 2.50	130				
	QBZ-1/155/ I QBZ-1/155/ II QBZ-2/155/ I QBZ-2/155/ II	温度指数 155 的聚酯漆包铜扁线	a 边:0.8 ~ 5.6 b 边:2.0 ~ 16.0	155				GB/T7095.3—2008
	QBZL	聚酯漆包铝扁线	a 边:0.8 ~ 5.6 b 边:2.0 ~ 18.0	130				
缩醛漆包线	QQ-1 QQ-2 QQ-3	高强度缩醛漆包铜圆线	0.040 ~ 5.000	120	(1) 热冲击性优 (2) 耐刮性优 (3) 耐水解性能良	漆膜受卷绕应力,易产生裂纹,浸渍前须在 120℃ 左右加热 1h 以上,以消除应力	普通中小型电动机、微电动机绕组和油浸变压器的线圈,电器仪表用线圈	GB/T6109.3—2008
	QQL-2	缩醛漆包铝圆线	0.80 ~ 2.50	120				
	QBQ-1 QBQ-2	高强度缩醛漆包铜扁线	a 边 0.8 ~ 5.6 b 边 2.0 ~ 16.0	120				GB/T7095.2—2008
	QBQL	缩醛漆包铝扁线	a 边 0.8 ~ 5.6 b 边 2.0 ~ 18.0	120				

(续)

类别	型 号	名 称	规格/mm	特 点			主要用途	标准号
				耐温等级 温度指数	优点	局限性		
聚酰亚胺漆包线	QY-1/220 QY-2/220	温度指数 220 的聚酰 亚胺漆包铜 圆线	0.020 ~ 2.000	220	(1) 漆膜的耐热性是目前漆包线品种中最好的 (2) 软化冲击性能优越,能短期过载 (3) 耐低温性优 (4) 耐辐射性优 (5) 耐溶剂及化学药品腐蚀性优	(1) 耐刮性尚可 (2) 耐碱性差 (3) 在水密封系统中,容易水解 (4) 漆膜受应力容易产生裂纹(浸渍前,须在 150℃ 左右加热 1h 以上,以消除应力)	耐高温电动机,干式变压器,干式继电器及电子元件	GB/T6109.6 —2008
	QBY-1/200 QBY-2/200	聚酯或聚 酯亚胺/聚 酰酞亚胺 复合漆包铜 扁线	a 边 0.8 ~ 5.6 b 边 2.0 ~ 16.0	180,200				GB/T7095.4 ~6—2008
聚酰胺-酰亚胺	QXY-1 QXY-2	聚酰胺- 酰亚胺漆包 铜圆线	0.050 ~ 3.150	180, 200	(1) 耐热性优,热冲击及软化击穿性能 (2) 耐刮性优 (3) 在干燥和潮湿条件下耐压优 (4) 耐化学药品腐蚀性优 (5) 适用于密闭式电动机绕组	与聚氯丁橡胶等含分子化合物不相容	高温、重负荷电动机、牵引电动机、制冷设备的绕组、干式变压器和电器仪表的线圈	GB/T6109.12 —2008 GB/T6109.19 ~20—2008
	QBX	聚酰胺- 酰亚胺漆包 铜扁线	a 边 0.8 ~ 5.6 b 边 2.0 ~ 16.0					GB/T7095.6 —2008
特种漆包线	QAN	自粘性直 焊漆包铜圆 线	0.10 ~ 0.44	130, 155, 180	漆膜具有直焊性,接头时不需刮漆,在一定温度条件下烘烤,漆膜能自动粘结,不需浸漆	不推荐在过负载条件下使用	小型、微型电动机、仪器仪表及电信设备的绕组	GB/T6109.15 ~17—2008

(续)

类别	型 号	名 称	规格/mm	特 点			主要用途	标准号
				耐温等级 温度指数	优点	局限性		
特种漆包线	QHN	环氧基自 粘性漆包铜 圆线	0.10 ~0.521	120	(1) 不处一条自成 需浸渍,在温度下能行粘合成形 (2) 耐油性良	(1) 漆性刮差,耐刮性较差,不适用于自动高速绕线 (2) 因热塑性自粘层,容易在溶剂中溶解	适用于有特殊要求的或形状复杂的线圈,如电骨架,电机中线圈等	企业标准
聚氨酯漆包线	QA-1 QA-2 QA-3	直焊性聚 氨酯漆包铜 圆线	1 级:0.018 ~2.000 2 级:0.020 ~2.000	130	(1) 在高频条件下,介质损耗角小 (2) 可以直接焊接不需刮去漆膜 (3) 着色性好,可制成不同颜色的漆包线,在接头时便于识别	(1) 过载性能差 (2) 热冲击及耐刮性能尚可	要求 Q 值稳定的线圈、电视线圈和仪表用的微细线圈	GB/T6109.4 —2008
			1 级:0.018 ~0.800 2 级:0.020 ~0.800	155				GB/T6109.10 —2008
环氧漆包线	QH-1 QH-2	环氧漆包 铜圆线	0.06 ~2.5	120	(1) 耐水解性能优 (2) 耐潮性优 (3) 耐酸碱腐蚀和耐油性优	(1) 弹性差,耐刮性差,不适用于自动高速绕线工艺 (2) 对绝缘含氯油相容性差	油浸变压器的线圈和耐化学药品腐蚀,耐潮湿电动机的绕组	企业标准
聚酯亚胺漆包线	QZY-1/180 QZY-2/180	聚酯亚胺 漆包铜圆线	0.018 ~5.000	180				GB/T6109.5 —2008
	QBZY-1/180 QBZY-2/180	聚酯亚胺 漆包铜扁线	<i>a</i> 边:0.8 ~5.6 <i>b</i> 边:2.0 ~16.0	180	(1) 在干燥和潮湿条件下,耐电压性能优 (2) 热冲击性能良 (3) 软化冲击性能良	(1) 在含水密封系统中易水解(用电器时必须注意) (2) 与聚氯、氯、橡胶等含氯高分子化合物不相容	高温电动机和制冷装置中的电动机绕组、干式变压器仪表的线圈	GB/T7095.4 —2008
	QB(Z/XY) -1/180 QB(X/XY) -2/180	改性聚 酯、酰胺亚 胺漆包铜扁 线		200				GB/T7095.6 —2008

(续)

类别	型 号	名 称	规格/mm	特 点			主要用途	标准号
				耐温等级 温度指数	优点	局限性		
油性漆包线	(Y)	油性漆包铜圆线	0.050 ~ 2.50	105	(1) 漆膜均匀 (2) 介质损耗正切小	(1) 耐刮性差 (2) 耐溶剂性差 (对使用的浸渍漆应注意)	中、高频线圈及仪表、电器的线圈	
特种漆包线	QZYN-1B QZYN-2B	可粘合聚酯亚胺漆包铜圆线	0.020 ~ 1.600	180	(1) 能自行粘合成形 (2) 耐击穿电压性能优	因系热塑性自粘层, 容易在溶剂中溶解	适用于电视、电器、电动机及仪表中形状复杂, 尺寸精密, 及有骨架, 不需浸渍的绕组	GB/T6109.18—2008
	QAN-1B QAN-2B	热粘合或溶剂粘合直焊性聚氨酯漆包铜圆线	0.020 ~ 2.00			因系热塑性自粘层, 容易在溶剂中溶解	适用于电视、电器、电动机及仪表中形状复杂, 尺寸精密, 及有骨架, 不需浸渍的绕组	GB/T6109.15 ~ 16—2008
	QATWC	无磁性聚氨酯漆包铜圆线	0.02 ~ 0.20	E(120)	(1) 漆包线中的铁含量极低, 对感应磁场所起的干扰作用极微 (2) 在高频条件下, 介质损耗小 (3) 不需剥去漆膜即可直接焊接	不推荐在过负荷条件下使用	适用于制造高灵敏度电器仪表中的绕组, 如直流镜式检流式毫伏表、微安表、高级万用表、无力矩平均表、磁通计、测振仪、换能器、自动摇表等	企业标准

(续)

类别	型 号	名 称	规格/mm	特 点			主要用途	标准号
				耐温等级 温度指数	优点	局限性		
特种漆包线	QYS	耐油水漆包铜圆线	1.00 ~ 2.00				适用于制造井用充油式潜水电动机中的绕组	企业标准
	QF-1/180 QF-2/180	耐氟里昂漆包铜圆线	0.10 ~ 2.50	180	在密闭装置中,能耐潮、耐氟里昂	漆膜受卷绕应力,易产生裂纹	适用于电冰箱、空调器及其他制冷设备中配套的封闭或半封闭电动机绕组	企业标准
	QF-1/155 QF-2/155			155				
	Q(ZY/XY) -1/200 Q(ZY/XY) -2/200	200级聚酯亚胺/聚酯酰胺亚胺复合漆包铜圆线	1级:0.050 ~ 2.000 2级:0.050 ~ 5.000	200	同聚酯亚胺漆包线,又可改善其耐化学药品腐蚀性能	同聚酯亚胺漆包线	同聚酯亚胺漆包线,又可用于有化学药品腐蚀的环境	GB/T6109.20—2008
	QZY/QBXY	聚酯亚胺-聚酯酰胺亚胺复合漆包铜扁线	a边:0.8 ~ 5.6 b边:2.0 ~ 16	180, 200				GB/T7095.4—2008, GB/T7095.6—2008

7.53 漆包铜圆线的规格有哪些？

答：漆包铜圆线的规格见表 7-53。

表 7-53 漆包铜圆线的规格 (GB/T6109.1—2008) (单位:mm)

导体标称直径 <i>d</i>	最大外径 <i>D</i>			导体标称直径 <i>d</i>	最大外径 <i>D</i>		
	1 级	2 级	3 级		1 级	2 级	3 级
0.018	0.022	0.024	—	0.100	0.117	0.125	0.132
0.020	0.024	0.027	—	0.112	0.130	0.139	0.147
0.022	0.027	0.030	—	0.125	0.144	0.154	0.163
0.025	0.031	0.034	—	0.140	0.160	0.171	0.181
0.028	0.034	0.038	—	0.160	0.182	0.194	0.205
0.032	0.039	0.043	—	0.180	0.204	0.217	0.229
0.036	0.044	0.049	—	0.200	0.226	0.239	0.252
0.040	0.049	0.054	—	0.224	0.252	0.266	0.280
0.045	0.055	0.061	—	0.250	0.281	0.297	0.312
0.050	0.060	0.066	—	0.280	0.312	0.329	0.345
0.056	0.067	0.074	—	0.315	0.349	0.367	0.384
0.063	0.076	0.083	—	0.355	0.392	0.411	0.428
0.071	0.084	0.091	0.097	0.400	0.439	0.459	0.478
0.080	0.094	0.101	0.108	0.450	0.491	0.513	0.533
0.090	0.105	0.113	0.120	0.500	0.544	0.566	0.587

(续)

导体标称直径 <i>d</i>	最大外径 <i>D</i>			导体标称直径 <i>d</i>	最大外径 <i>D</i>		
	1 级	2 级	3 级		1 级	2 级	3 级
0.560	0.606	0.630	0.653	1.800	1.872	1.909	1.944
0.630	0.679	0.704	0.728	2.000	2.074	2.112	2.148
0.710	0.762	0.789	0.814	2.240	2.316	2.355	2.392
0.800	0.855	0.884	0.911	2.500	2.578	2.618	2.656
0.900	0.959	0.989	1.018	2.800	2.880	2.922	2.961
1.000	1.062	1.094	1.124	3.150	3.233	3.276	3.316
1.120	1.184	1.217	1.248	3.550	3.635	3.679	3.721
1.250	1.316	1.349	1.381	4.000	4.088	4.133	4.176
1.400	1.468	1.502	1.535	4.500	4.591	4.637	4.681
1.600	1.670	1.706	1.740	5.000	5.093	5.141	5.186

7.54 漆包铜圆线标称直径公差规定有哪些？

答：漆包铜圆线标称直径偏差规定见表 7-54。

表 7-54 漆包铜圆线标称直径偏差规定(GB/T6109.1—2008) (单位:mm)

导体标称直径 <i>d</i>	导体公差 ±	导体标称直径 <i>d</i>	导体公差 ±
0.071	0.003	0.400	0.005
0.080	0.003	0.450	0.005
0.090	0.003	0.500	0.005
0.100	0.003	0.560	0.006
0.112	0.003	0.630	0.006
0.125	0.003	0.710	0.007
0.140	0.003	0.800	0.008
0.160	0.003	0.900	0.009
0.180	0.003	1.000	0.010
0.200	0.003	1.120	0.011
0.224	0.003	1.250	0.013
0.250	0.004	1.400	0.014
0.280	0.004	1.600	0.016
0.315	0.004	1.800	0.018
0.355	0.004	2.000	0.020

7.55 漆包铜圆线最小漆膜厚度规定是什么？

答：漆包铜圆线(非自粘性)最小漆膜厚度规定见表 7-55。

表 7-55 漆包铜圆线(粘自粘性)最小漆膜厚度规定 (GB/T6109.1—2008)

(单位:mm)

导体标 称直径 d	最小漆膜厚度			导体标 称直径 d	最小漆膜厚度		
	1 级	2 级	3 级		1 级	2 级	3 级
0.071	0.007	0.012	0.018	0.630	0.027	0.050	0.075
0.080	0.007	0.014	0.020	0.710	0.028	0.053	0.080
0.090	0.008	0.015	0.022	0.800	0.030	0.056	0.085
0.100	0.008	0.016	0.023	0.900	0.032	0.060	0.090
0.112	0.009	0.017	0.026	1.000	0.034	0.063	0.095
0.125	0.010	0.019	0.028	1.120	0.034	0.065	0.098
0.140	0.011	0.021	0.030	1.250	0.035	0.067	0.100
0.160	0.012	0.023	0.033	1.400	0.036	0.069	0.103
0.180	0.013	0.025	0.036	1.600	0.038	0.071	0.107
0.200	0.014	0.027	0.039	1.800	0.039	0.073	0.110
0.224	0.015	0.029	0.043	2.000	0.040	0.075	0.113
0.250	0.017	0.032	0.048	2.240	0.041	0.077	0.116
0.280	0.018	0.033	0.050	2.500	0.042	0.079	0.119
0.315	0.019	0.035	0.053	2.800	0.043	0.081	0.123
0.355	0.020	0.038	0.057	3.150	0.045	0.084	0.127
0.400	0.021	0.040	0.060	3.550	0.046	0.086	0.130
0.450	0.022	0.042	0.064	4.000	0.047	0.089	0.134
0.500	0.024	0.045	0.067	4.430	0.049	0.092	0.138
0.560	0.025	0.047	0.071	5.000	0.050	0.094	0.142

7.56 环氧漆包铜圆线规格尺寸及重量有哪些？

答：环氧漆包铜圆线规格尺寸及重量见表 7-56。

表 7-56 环氧漆包铜圆线规格尺寸及重量

铜线标称直径 /mm	漆层最小厚度/mm		漆包线最大外径/mm		重量/(kg/km)	
	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2
0.06	0.005	0.010	0.085	0.09	0.028	0.029
0.07	0.005	0.010	0.095	0.10	0.038	0.039
0.08	0.005	0.010	0.105	0.11	0.049	0.050
0.09	0.005	0.010	0.115	0.12	0.062	0.063
0.10	0.010	0.015	0.125	0.13	0.075	0.076
0.11	0.010	0.015	0.135	0.14	0.091	0.092
0.12	0.010	0.015	0.145	0.15	0.107	0.108
0.13	0.010	0.015	0.155	0.16	0.125	0.126
0.14	0.010	0.015	0.165	0.17	0.145	0.146
0.15	0.015	0.020	0.18	0.19	0.166	0.167
0.16	0.015	0.020	0.19	0.20	0.188	0.189
0.17	0.015	0.020	0.20	0.21	0.212	0.213

(续)

铜线标称直径 /mm	漆层最小厚度/mm		漆包线最大外径/mm		重量/(kg/km)	
	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2
0.18	0.015	0.020	0.21	0.22	0.237	0.238
0.19	0.015	0.020	0.22	0.23	0.263	0.264
0.20	0.015	0.020	0.23	0.24	0.290	0.292
0.21	0.015	0.020	0.24	0.25	0.320	0.321
0.23	0.020	0.025	0.27	0.28	0.383	0.386
0.25	0.020	0.025	0.29	0.30	0.452	0.454
0.27	0.020	0.025	0.31	0.32	0.526	0.528
0.29	0.020	0.025	0.33	0.34	0.605	0.608
0.31	0.020	0.025	0.35	0.36	0.690	0.693
0.33	0.020	0.025	0.37	0.38	0.780	0.784
0.35	0.025	0.030	0.39	0.41	0.876	0.884
0.38	0.025	0.030	0.42	0.44	1.030	1.040
0.41	0.025	0.030	0.45	0.47	1.200	1.208
0.44	0.025	0.030	0.48	0.50	1.380	1.390
0.47	0.025	0.030	0.51	0.53	1.570	1.580
0.49	0.025	0.030	0.53	0.55	1.714	1.723
0.51	0.030	0.040	0.56	0.58	1.860	1.880
0.53	0.030	0.040	0.58	0.60	2.010	2.030
0.55	0.030	0.040	0.60	0.62	2.163	2.183
0.57	0.030	0.040	0.62	0.64	2.315	2.330
0.59	0.030	0.040	0.64	0.66	2.480	2.500
0.62	0.030	0.040	0.67	0.69	2.740	2.760
0.64	0.030	0.040	0.69	0.72	2.920	2.940
0.67	0.030	0.040	0.72	0.75	3.199	3.219
0.69	0.030	0.050	0.74	0.77	3.387	3.410
0.72	0.030	0.050	0.77	0.80	3.683	3.710
0.74	0.040	0.050	0.80	0.83	3.094	3.920
0.77	0.040	0.050	0.83	0.86	4.220	4.247
0.80	0.040	0.050	0.86	0.89	4.550	4.580
0.83	0.040	0.050	0.89	0.92	4.890	4.920
0.86	0.040	0.050	0.92	0.95	5.250	5.283
0.90	0.040	0.050	0.96	0.99	5.743	5.780
0.93	0.040	0.050	0.99	1.02	6.150	6.162
0.96	0.040	0.050	1.02	1.05	6.530	6.588
1.00	0.050	0.060	1.08	1.11	7.156	7.240

(续)

铜线标称直径 /mm	漆层最小厚度/mm		漆包线最大外径/mm		重量/(kg/km)	
	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2	QH-1	QH-2
1.04	0.050	0.060	1.12	1.15	7.696	7.713
1.08	0.050	0.060	1.16	1.19	8.290	8.320
1.12	0.050	0.060	1.20	1.23	8.910	8.940
1.16	0.050	0.060	1.24	1.27	9.600	9.660
1.20	0.050	0.060	1.28	1.31	10.33	10.40
1.25	0.050	0.060	1.33	1.36	11.13	11.20
1.30	0.050	0.060	1.38	1.41	12.03	12.10
1.35	0.050	0.060	1.43	1.46	12.94	13.00
1.40	0.050	0.060	1.48	1.51	13.92	14.00
1.45	0.050	0.065	1.53	1.56	13.91	15.00
1.50	0.050	0.065	1.58	1.61	15.99	16.08
1.56	0.050	0.065	1.64	1.67	17.26	17.35
1.62	0.050	0.065	1.70	1.73	18.26	18.71
1.68	0.050	0.065	1.76	1.79	20.05	20.15
1.74	0.050	0.065	1.82	1.85	21.50	21.60
1.81	0.050	0.065	1.90	1.93	23.24	23.34
1.83	0.050	0.065	1.97	2.00	25.10	25.20
1.95	0.060	0.070	2.04	2.07	26.98	27.00
2.02	0.060	0.070	2.11	2.14	28.87	28.98
2.10	0.060	0.070	2.20	2.23	31.20	31.30
2.26	0.060	0.070	2.36	2.39	36.11	36.21
2.44	0.060	0.070	2.54	2.57	42.00	42.19

7.57 油性漆包铜圆线的规格尺寸及重量有哪些？

答：油性漆包铜圆线的规格尺寸及重量见表 7-57。

表 7-57 油性漆包圆铜线的规格尺寸及重量

导体标称 外 径 /mm	漆膜最小 厚 度 /mm	漆包线最 大外径 <i>D</i> /mm	重量 /(kg/km)	导体标称 外 径 /mm	漆膜最小 厚 度 /mm	漆包线最 大外径 <i>D</i> /mm	重量 /(kg/km)
0.050	0.005	0.065	0.019	0.130	0.010	0.150	0.126
0.060	0.005	0.075	0.029	0.140	0.010	0.160	0.146
0.070	0.005	0.085	0.039	0.150	0.012	0.170	0.167
0.080	0.007	0.095	0.050	0.160	0.012	0.180	0.189
0.090	0.007	0.105	0.063	0.170	0.012	0.190	0.213
0.100	0.008	0.120	0.076	0.180	0.012	0.200	0.238
0.110	0.008	0.130	0.092	0.190	0.012	0.210	0.264
0.120	0.010	0.140	0.108	0.200	0.015	0.225	0.292

(续)

导体标称 外 径 /mm	漆膜最小 厚 度 /mm	漆包线最 大外径 <i>D</i> /mm	重量 /(kg/km)	导体标称 外 径 /mm	漆膜最小 厚 度 /mm	漆包线最 大外径 <i>D</i> /mm	重量 /(kg/km)
0. 210	0. 015	0. 235	0. 316	0. 860	0. 035	0. 920	5. 250
0. 230	0. 015	0. 255	0. 387	0. 900	0. 035	0. 960	5. 740
0. 250	0. 015	0. 275	0. 446	0. 930	0. 035	0. 990	6. 130
0. 270	0. 020	0. 310	0. 522	0. 960	0. 035	1. 020	6. 530
0. 290	0. 020	0. 330	0. 601	1. 000	0. 040	1. 070	7. 100
0. 310	0. 020	0. 350	0. 689	1. 040	0. 040	1. 120	7. 640
0. 330	0. 020	0. 370	0. 780	1. 080	0. 040	1. 160	8. 270
0. 350	0. 025	0. 390	0. 876	1. 120	0. 040	1. 200	8. 860
0. 380	0. 025	0. 420	1. 030	1. 160	0. 040	1. 240	9. 530
0. 410	0. 025	0. 450	1. 200	1. 200	0. 050	1. 280	10. 200
0. 440	0. 025	0. 490	1. 330	1. 250	0. 050	1. 330	11. 100
0. 470	0. 025	0. 520	1. 570	1. 300	0. 050	1. 380	11. 900
0. 490	0. 030	0. 540	1. 710	1. 350	0. 050	1. 430	12. 900
0. 510	0. 030	0. 560	1. 860	1. 400	0. 050	1. 480	13. 900
0. 530	0. 030	0. 580	2. 000	1. 450	0. 050	1. 530	14. 900
0. 550	0. 030	0. 600	2. 160	1. 500	0. 050	1. 580	15. 900
0. 570	0. 030	0. 620	2. 300	1. 560	0. 050	1. 640	17. 200
0. 590	0. 030	0. 640	2. 480	1. 620	0. 050	1. 710	18. 500
0. 620	0. 030	0. 670	2. 730	1. 680	0. 050	1. 770	19. 900
0. 640	0. 030	0. 690	2. 910	1. 740	0. 050	1. 830	21. 400
0. 670	0. 030	0. 720	3. 190	1. 810	0. 060	1. 900	23. 100
0. 690	0. 030	0. 740	3. 380	1. 880	0. 060	1. 970	24. 900
0. 720	0. 035	0. 780	3. 670	1. 950	0. 060	2. 040	26. 800
0. 740	0. 035	0. 800	3. 900	2. 020	0. 060	2. 120	28. 900
0. 770	0. 035	0. 830	4. 210	2. 100	0. 060	2. 200	31. 100
0. 800	0. 035	0. 860	4. 550	2. 260	0. 060	2. 360	36. 200
0. 830	0. 035	0. 890	4. 890	2. 440	0. 060	2. 540	42. 200

注：括号内规格为不推荐使用的保留的规格。

7.58 漆包铜圆线直流电阻是什么？

答：漆包铜圆线直流电阻见表 7-58。

表 7-58 漆包铜圆线直流电阻(GB/T6109. 1—2008)

导体标称直径 /mm	电阻/(Ω/m)		导体标称直径 /mm	电阻/(Ω/m)	
	最小	最大		最小	最大
0. 018	60. 46	73. 89	0. 036	15. 16	18. 42
0. 020	48. 97	59. 85	0. 040	12. 28	14. 92
0. 022	40. 47	49. 47	0. 045	9. 705	11. 79
0. 025	31. 34	38. 31	0. 050	7. 922	9. 489
0. 028	24. 99	30. 54	0. 056	6. 316	7. 565
0. 032	19. 13	23. 38	0. 063	5. 045	5. 922

7.59 聚酯、缩醛、聚酯亚胺、聚酰亚胺等铜扁线的规格有哪些？

答：聚酯、缩醛、聚酯亚胺、聚酰亚胺等铜扁线的规格见表 7-59。

表 7-59 聚酯、缩醛、聚酯亚胺、聚酰亚胺等铜扁线的规格

$\alpha(R20)$ $\alpha(R40)$ r $b(R20) \setminus b(R40)$		0.80		0.90		1.00		1.12		1.25		1.40		1.60		1.80
			0.85		0.95		1.06		1.18		1.32		1.50		1.70	
		$r = 0.5a$					$r = 0.5\text{mm}$									
2.00		1.463		1.626		1.785		2.025		2.285		2.585				
	2.12	—		—		—		—		—		—				
2.24		1.655		1.842		2.025		2.294		2.585		2.921		3.069		
	2.36	—		—		—		—		—		—				
2.50		1.863		2.076		2.285		2.585		2.910		3.285		3.785		4.137
	2.65	—		—		—		—		—		—		—		
2.80		2.103		2.346		2.285		2.921		3.285		3.705		4.265		4.677
	3.00	—		—		—		—		—		—		—		
3.15		2.383		2.661		2.935		3.313		3.723		4.195		4.825		5.307
	3.35	—		—		—		—		—		—		—		
3.55		2.702		3.021		3.335		3.761		4.223		4.755		5.465		6.027
	3.75	—		—		—		—		—		—		—		
4.00		3.063		3.426		3.785		4.265		4.785		5.385		6.185		6.837
	4.25	—		—		—		—		—		—		—		
4.50		3.463		3.876		4.285		4.825		5.410		6.085		6.985		7.737
	4.75	—		—		—		—		—		—		—		
5.00		3.863		4.326		4.785		5.385		6.035		6.785		7.785		8.637
	5.30	—		—		—		—		—		—		—		
5.60		4.343		4.866		5.385		6.057		6.785		7.625		8.745		9.717
	6.00	—		—		—		—		—		—		—		
6.30		4.093		5.496		6.085		6.841		6.660		8.605		9.865		10.98
	6.70			—		—		—		—		—		—		
7.10				6.216		6.855		7.737		8.660		9.725		11.15		12.42
	7.50					—		—		—		—		—		
8.00		宽窄比 $b/a > 8$ 不推荐					7.785		8.745		9.785		10.99		12.59	14.04
	8.50							—		—		—		—		

(续)

$\alpha(R20)$		0.80		0.90		1.00		1.12		1.25		1.40		1.60		1.80				
$\alpha(R40)$			0.85		0.95		1.06		1.18		1.32		1.50		1.70					
r		$r=0.5a$					$r=0.5mm$													
$b(R20)$	$b(R40)$																			
9.00									9.865		11.04		12.39		14.19		15.84			
	9.50											—		—		—				
10.00											12.29		13.79		15.79		17.64			
	10.06													—		—				
11.20									宽窄比 $b/a > 8$ 不推荐							17.71		—		19.80
	11.80																			
12.50																19.79				22.14
	13.20																			
14.00																				24.64
	15.00																			
16.00																				

$\alpha(R20)$			2.00		2.24		2.50		2.80		3.15		3.55		4.00		4.50		5.00		5.60	
$\alpha(R40)$		1.90		2.12		2.36		2.65		3.00		3.35		3.75		4.25		4.75		5.30		
r		$r=0.65mm$					$r=0.8a$							$r=1.0$								
$b(R20)$	$b(R40)$																					
2.00															宽窄比 $b/a > 1.4$ 不推荐							
	2.12																					
2.24																						
	2.36																					
2.50																						
	2.65																					
2.80		—	5.237																			
	3.00																					
3.15		—	5.937		6.693																	
	3.35			—																		
3.55			6.737		7.589		8.326															

宽窄比 $b/a > 1.4$ 不推荐

宽窄比 $b/a > 8$ 不推荐

(续)

α(R20) α(R40) r b(R20) b(R40)		2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60					
		1.90	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25	4.75	5.30					
		$r=0.65\text{mm}$				$r=0.8a$				$r=1.0$						
4.00	3.75	—	7.637	8.597	9.451	10.65	$a \times b$ 为 R20 $\times$ R20 优先规格的标准截面 $a \times b$ 为 R20 $\times$ R40 或 R40 $\times$ R20 的中间规格标准截面 $a \times b$ 为 R40 $\times$ R40 的不推荐规格									
	4.25	—	—	—	—	—										
	4.50	8.637	9.717	10.70	12.05	13.63										
	4.75	—	—	—	—	—										
	5.00	9.637	10.84	11.95	13.45	15.20					17.20					
5.60	10.84	12.18	13.45	15.13	17.09	19.33	21.54									
6.30	6.00	—	12.24	13.75	15.20	17.09					19.30	21.82	24.34	27.49		
7.10	6.70	—	13.85	15.54	17.20	19.33					21.82	24.66	22.54	31.09	34.64	
8.00	7.50	—	15.64	17.56	19.45	21.85					24.65	27.85	31.14	35.14	39.14	43.94
9.00	8.50	—	17.64	19.80	21.95	24.65					27.80	31.40	35.14	39.64	44.14	49.54
10.00	9.50	—	19.64	22.04	24.45	27.45					30.95	34.95	39.14	44.14	49.14	55.14
11.20	10.06	—	22.04	24.73	27.45	30.81					34.73	39.21	43.94	49.54	55.14	61.85
12.50	11.80	—	24.64	27.64	30.70	34.45					38.83	43.83	49.14	55.39	61.64	69.14
14.00	13.20	—	27.64	31.00	34.45	38.65					43.55	49.15	55.14	62.14	69.14	77.54
16.00	15.00	—	31.64	35.48	39.45	44.25					49.85	56.25	63.14	71.14	79.14	88.74

注：环氧改性聚酰胺亚胺漆包扁线规格与上表相同。

7.60 聚酰胺-酰亚胺漆包铜扁线规格有哪些？

答：聚酰胺-酰亚胺漆包铜扁线规格见表 7-60。

表 7-60 聚酰胺-酰亚胺漆包铜扁线规格

铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)	铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)
0.90 × 2.50	0.05	1.00 × 2.64	18.82	1.06 × 5.00	0.05	1.17 × 5.17	45.96
× 2.65	0.05	× 2.79	20.03	× 5.60	0.05	× 5.77	51.70
× 2.80	0.05	× 2.94	21.25	× 6.30	0.05	× 6.48	58.40
× 3.00	0.05	× 3.15	22.88	1.12 × 2.50	0.05	1.23 × 2.64	23.36
× 3.15	0.05	× 3.30	24.10	× 2.65	0.05	× 2.79	24.87
× 3.35	0.05	× 3.50	25.73	× 2.80	0.05	× 2.94	26.83
× 3.55	0.05	× 3.70	27.35	× 3.00	0.05	× 3.15	28.41
× 3.75	0.05	× 3.90	28.97	× 3.15	0.05	× 3.30	29.92
× 4.00	0.05	× 4.15	31.00	× 3.35	0.05	× 3.50	31.93
× 4.25	0.05	× 4.40	33.03	× 3.55	0.05	× 3.70	33.95
× 4.50	0.05	× 4.65	35.06	× 3.75	0.05	× 3.90	35.96
× 4.75	0.05	× 4.92	37.11	× 4.00	0.05	× 4.15	38.48
× 5.00	0.05	× 5.17	39.20	× 4.25	0.05	× 4.40	41.00
× 5.30	0.05	× 5.47	41.64	× 4.50	0.05	× 4.65	43.52
× 5.60	0.05	× 5.77	44.08	× 4.75	0.05	× 4.92	46.05
0.95 × 2.50	0.05	1.05 × 2.64	19.75	× 5.00	0.05	× 5.17	48.64
× 2.80	0.05	× 2.94	22.32	× 5.30	0.05	1.23 × 5.47	51.66
× 3.15	0.05	× 3.30	25.33	× 5.60	0.05	× 5.77	54.69
× 3.55	0.05	× 3.70	28.75	× 6.00	0.05	× 6.17	58.73
× 4.00	0.05	× 4.15	32.61	× 6.30	0.05	× 6.48	61.77
× 4.50	0.05	× 4.65	36.89	× 6.70	0.05	× 6.88	65.81
× 5.00	0.05	× 5.17	41.25	× 7.10	0.05	× 7.28	69.85
× 5.60	0.05	× 5.77	46.40	1.18 × 2.50	0.05	1.30 × 2.64	24.70
1.00 × 2.50	0.05	1.10 × 2.64	20.68	× 2.80	0.05	× 2.94	27.88
× 2.65	0.05	× 2.79	22.03	× 3.15	0.05	× 3.30	31.60
× 2.80	0.05	× 2.94	23.38	× 3.55	0.05	× 3.70	35.85
× 3.00	0.05	× 3.15	25.20	× 4.00	0.05	× 4.15	40.62
× 3.15	0.05	× 3.30	26.54	× 4.50	0.05	× 4.65	45.93
× 3.35	0.05	× 3.50	28.34	× 5.00	0.05	× 5.17	51.31
× 3.55	0.05	× 3.70	30.15	× 5.60	0.05	× 5.77	57.69
× 3.75	0.05	× 3.90	31.95	× 6.30	0.05	× 6.48	65.14
× 4.00	0.05	× 4.15	34.20	× 7.10	0.05	× 7.28	73.64
× 4.25	0.05	× 4.40	36.45	1.25 × 2.50	0.05	1.37 × 2.64	26.27
× 4.50	0.05	× 4.65	38.71	× 2.65	0.05	× 2.79	27.96

(续)

铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)	铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)
×4.75	0.05	×4.92	40.97	×2.80	0.05	×2.94	29.64
×5.00	0.05	×5.17	43.29	×3.00	0.05	×3.15	31.90
×5.30	0.05	×5.47	46.00	×3.15	0.05	×3.30	33.58
×5.60	0.05	×5.77	48.70	×3.35	0.05	×3.50	35.83
×6.00	0.05	×6.17	52.31	×3.55	0.05	×3.70	38.08
×6.30	0.05	×6.48	55.04	×3.75	0.05	×3.90	40.33
1.06 ×2.50	0.05	1.17 ×2.64	22.02	×4.00	0.05	×4.15	43.13
×2.80	0.05	×2.94	24.88	×4.25	0.05	×4.40	45.94
×3.15	0.05	×3.30	28.23	×4.50	0.05	×4.65	48.75
×3.55	0.05	×3.70	32.05	×4.75	0.05	×4.92	51.53
×4.00	0.05	×4.15	36.34	×5.00	0.05	×5.17	54.55
×4.50	0.05	×4.65	41.11	5.30	0.05	×5.47	57.82
1.25 ×5.60	0.05	1.37 ×5.77	61.20	1.50 ×4.50	0.05	1.62 ×4.65	58.78
×6.00	0.05	×6.17	65.70	×5.00	0.05	×5.17	65.80
×6.30	0.05	×6.48	69.09	×5.60	0.05	×5.77	73.68
×6.70	0.05	×6.88	73.59	×6.30	0.05	×6.48	83.13
×7.10	0.05	×7.28	78.09	×7.10	0.05	×7.28	93.90
×7.50	0.05	×7.68	82.59	×8.00	0.05	×8.18	106.03
×8.00	0.05	×8.18	88.21	×9.00	0.05	×9.18	119.50
1.32 ×2.50	0.05	1.44 ×2.64	27.84	1.60 ×2.50	0.05	1.72 ×2.64	34.10
×2.80	0.05	×2.94	31.39	×2.65	0.05	×2.79	36.25
×3.15	0.05	×3.30	35.55	×2.80	0.05	×2.94	38.40
×3.55	0.05	×3.70	40.30	×3.00	0.05	×3.15	41.28
×4.00	0.05	×4.15	45.63	×3.15	0.05	×3.30	43.43
×4.50	0.05	×4.65	51.56	×3.35	0.05	×3.50	46.30
×5.00	0.05	×5.17	57.57	×3.55	0.05	×3.70	49.17
×5.60	0.05	×5.77	64.69	×3.75	0.05	×3.90	52.03
×6.30	0.05	×6.48	73.02	×4.00	0.05	×4.15	55.62
×7.10	0.05	×7.28	82.52	×4.25	0.05	×4.40	59.21
×8.00	0.05	×8.18	93.20	×4.50	0.05	×4.65	62.79
1.40 ×2.50	0.05	1.52 ×2.64	29.63	×4.75	0.05	×4.92	66.40
×2.65	0.05	×2.79	31.51	×5.00	0.05	×5.17	70.65
×2.80	0.05	×2.94	33.40	×5.30	0.05	×5.47	74.36
×3.00	0.05	×3.15	35.92	×5.60	0.05	×5.77	78.67

(续)

铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)	铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)
×3.15	0.05	×3.30	37.81	×6.00	0.05	×6.17	84.41
×3.35	0.05	×3.50	40.83	×6.30	0.05	×6.48	88.74
×3.55	0.05	×3.70	42.83	×6.70	0.05	×6.88	94.49
×3.75	0.05	×3.90	45.34	×7.10	0.05	×7.28	100.23
×4.00	0.05	×4.15	48.49	×7.50	0.05	×7.68	105.97
×4.25	0.05	×4.40	51.63	×8.00	0.05	×8.18	113.16
×4.50	0.05	×4.65	54.77	×8.50	0.05	×8.68	120.34
×4.75	0.05	×4.92	57.93	×9.00	0.05	×9.18	127.52
×5.00	0.05	×5.17	61.14	×9.50	0.05	×9.68	134.70
×5.30	0.05	×5.47	64.91	×10.0	0.05	×10.18	141.88
×5.60	0.05	×5.77	68.69	1.70 ×2.50	0.05	1.82 ×2.64	35.00
×6.00	0.05	×6.17	78.72	×2.80	0.05	×2.94	39.57
×6.30	0.05	×6.48	77.51	×3.15	0.05	×3.30	44.91
×6.70	0.05	×6.88	82.54	×3.55	0.05	×3.70	51.00
×7.10	0.05	×7.28	87.58	×4.00	0.05	×4.15	57.86
×7.50	0.05	×7.68	92.61	×4.50	0.05	×4.65	65.48
×8.00	0.05	×8.18	98.91	×5.00	0.05	×5.17	73.18
×8.50	0.05	×8.68	105.20	×5.60	0.05	×5.77	82.33
×9.00	0.05	×9.18	111.15	×6.30	0.05	×6.48	93.02
1.50 ×2.50	0.05	1.62 ×2.64	31	×7.10	0.05	×7.28	105.22
×2.80	0.05	×2.94	35.90	×8.00	0.05	×8.18	118.95
×3.15	0.05	×3.30	40.62	×9.00	0.05	×9.18	134.20
×3.55	0.05	×3.70	46.00	×10.0	0.05	×10.18	149.54
×4.00	0.05	×4.15	52.05	1.80 ×2.50	0.05	1.92 ×2.64	37.23
1.80 ×2.65	0.05	1.92 ×2.79	39.65	2.00 ×5.00	0.05	2.12 ×5.17	86.56
×2.80	0.05	×2.94	42.07	×5.30	0.05	×5.47	91.93
×3.00	0.05	×3.15	45.31	×5.60	0.05	×5.77	97.30
×3.15	0.05	×3.30	47.72	×6.00	0.05	×6.17	104.47
×3.35	0.05	×3.50	50.95	×6.30	0.05	×6.48	109.87
×3.55	0.05	×3.70	54.17	×6.70	0.05	×6.88	117.03
×3.75	0.05	×3.90	57.40	×7.10	0.05	×7.28	124.20
×4.00	0.05	×4.15	61.43	×7.50	0.05	×7.68	131.37
×4.25	0.05	×4.40	65.46	×8.00	0.05	×8.18	140.32
×4.50	0.05	×4.65	69.49	×8.50	0.05	×8.68	149.28

(续)

铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)	铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)
×4.75	0.05	×4.92	73.54	×9.00	0.05	×9.18	158.24
×5.00	0.05	×5.17	77.64	×9.50	0.05	×9.68	167.20
×5.30	0.05	×5.47	82.48	×10.0	0.05	×10.18	176.26
×5.60	0.05	×5.77	87.32	2.12×3.15	0.05	2.24×3.30	56.74
×6.00	0.05	×6.17	93.78	×3.55	0.05	×3.70	64.32
×6.30	0.05	×6.48	98.64	×4.00	0.05	×4.15	72.86
×6.70	0.05	×6.88	105.09	×4.50	0.05	×4.65	82.35
×7.10	0.05	×7.28	111.55	×5.00	0.05	×5.17	91.91
×7.50	0.05	×7.68	118.00	×5.60	0.05	×5.77	103.30
×8.00	0.05	×8.18	126.07	×6.30	0.05	×6.48	116.60
×8.50	0.05	×8.68	134.14	×7.10	0.05	×7.28	131.79
×9.00	0.05	×9.18	142.21	×8.00	0.05	×8.18	148.88
×9.50	0.05	×9.68	150.28	×9.00	0.05	×9.18	167.86
×10.0	0.05	×10.18	158.45	×10.0	0.05	×10.18	186.94
1.90×2.80	0.05	2.02×2.94	44.57	2.24×3.15	0.05	2.36×3.30	60.11
×3.15	0.05	×3.30	50.53	×3.35	0.05	×3.50	64.12
×3.55	0.05	×3.70	57.34	×3.55	0.05	×3.70	68.13
×4.00	0.05	×4.15	65.00	×3.75	0.05	×3.90	72.14
×4.50	0.05	×4.65	73.50	×4.00	0.05	×4.15	77.14
×5.00	0.05	×5.17	82.10	×4.25	0.05	×4.40	82.15
×5.60	0.05	×5.77	92.31	×4.50	0.05	×4.65	87.16
×6.30	0.05	×6.48	104.25	×4.75	0.05	×4.92	92.19
×7.10	0.05	×7.28	117.87	×5.00	0.05	×5.17	97.26
×8.00	0.05	×8.18	133.20	×5.30	0.05	×5.47	103.27
×9.00	0.05	×9.18	150.23	×5.60	0.05	×5.77	109.29
×10.0	0.05	×10.18	167.35	×6.00	0.05	×6.17	117.30
2.00×2.80	0.05	2.12×2.94	47.08	×6.30	0.05	×6.48	123.34
×3.00	0.05	×3.15	50.67	×6.70	0.05	×6.88	131.36
×3.15	0.05	×3.30	53.36	×7.10	0.05	×7.28	139.38
×3.35	0.05	×3.50	56.94	×7.50	0.05	×7.68	147.40
×3.55	0.05	×3.70	60.52	×8.00	0.05	×8.18	157.43
×3.75	0.05	×3.90	64.10	×8.50	0.05	×8.68	167.45
×4.00	0.05	×4.15	68.58	×9.00	0.05	×9.18	177.48
×4.25	0.05	×4.40	73.05	×9.50	0.05	×9.68	187.50

(续)

铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)	铜扁线 标称尺寸/mm $a \times b$	漆层最 小厚度 /mm	漆包扁线 最大尺寸/mm $A \times B$	重量 /(kg/km)
×4.50	0.05	×4.65	77.53	×10.0	0.05	×10.18	197.63
×4.75	0.05	×4.92	82.03	2.36×3.55	0.05	2.48×3.70	70.25
2.36×4.00	0.05	2.48×4.15	79.75	2.65×5.60		2.78×5.77	128.08
×4.50	0.05	×4.65	90.30	×6.30		×6.48	144.68
×5.00	0.05	×5.17	100.93	×7.10		×7.28	163.64
×5.60	0.05	×5.77	113.06	×8.00		×8.18	184.96
×6.30	0.05	×6.48	128.40	×9.00		×9.18	208.66
×7.10	0.05	×7.28	145.30	×10.0		×10.18	232.46
×8.00	0.05	×8.18	164.30	2.80×4.00	0.05	2.93×4.15	95.45
×9.00	0.05	×9.18	185.42	×4.25	0.05	×4.40	101.70
×10.0	0.05	×1.18	206.64	×4.50	0.05	×4.65	107.96
×3.55	0.05	×3.70	74.68	×4.75	0.05	×4.92	114.23
2.50×3.75	0.05	2.63×3.90	79.16	×5.00	0.05	×5.17	120.55
×4.00	0.05	×4.15	84.74	×5.30	0.05	×5.47	128.06
×4.25	0.05	×4.40	90.33	×5.60	0.05	×5.77	135.57
×4.50	0.05	×4.65	95.92	×6.00	0.05	×6.17	145.58
×4.75	0.05	×4.92	101.53	×6.30	0.05	×6.48	153.10
×5.00	0.05	×5.17	107.17	×6.70	0.05	×6.88	163.12
×5.30	0.05	×5.47	113.83	×7.10		×7.28	173.13
×5.60	0.05	×5.77	120.59	×7.50		×7.68	183.14
×6.00	0.05	×6.17	129.53	×8.00		×8.18	195.65
×6.30	0.05	×6.48	136.26	×8.50		×8.68	208.17
×6.70	0.05	×6.88	145.20	×9.00		×9.18	220.68
×7.10	0.05	×7.28	154.15	×9.50		×9.68	233.20
×7.50	0.05	×7.68	163.10	×10.0		×10.18	245.82
×8.00	0.05	×8.18	174.28	×4.50		3.13×4.65	116.00
×8.50	0.05	×8.68	185.46	×5.00	0.05	×5.17	129.59
×9.00	0.05	×9.18	196.64	×5.60	0.05	×5.77	145.59
×9.50	0.05	×9.68	207.82	×6.30	0.05	×6.48	164.38
×10.0	0.05	×10.18	219.10	×7.10	0.05	×7.28	185.83
2.65×4.00		2.78×4.15	90.10	×8.00	0.05	×8.18	209.96
×4.50		×4.65	101.94	×9.00	0.05	×9.18	236.28
×5.00		×5.17	113.86	×10.0	0.05	×10.18	263.69

7.61 QAN 自粘直焊漆包铜圆线规格有哪些？

答：QAN 自粘直焊漆包铜圆线规格见表 7-61。

表 7-61 QAN 自粘直焊漆包铜圆线规格

铜线标 称直径 /mm	漆层最 小厚度 /mm	漆包线最 大外径 /mm	重量 /(kg/km)	铜线标 称直径 /mm	漆层最 小厚度 /mm	漆包线最 大外径 /mm	重量 /(kg/km)
0.10	0.015	0.14	0.0768	0.21	0.030	0.26	0.3267
0.11	0.015	0.15	0.0921	0.23	0.030	0.29	0.3934
0.12	0.020	0.16	0.1087	0.25	0.040	0.31	0.4645
0.13	0.020	0.17	0.1263	0.27	0.040	0.33	0.5391
0.14	0.020	0.18	0.1463	0.29	0.040	0.35	0.6193
0.15	0.025	0.20	0.1708	0.31	0.040	0.37	0.7052
0.16	0.025	0.21	0.1934	0.33	0.040	0.39	0.7966
0.17	0.025	0.22	0.2174	0.35	0.045	0.42	0.9019
0.18	0.025	0.23	0.2462	0.38	0.045	0.45	1.0584
0.19	0.030	0.24	0.2691	0.41	0.045	0.48	1.1676
0.20	0.030	0.25	0.2971	0.44	0.045	0.51	1.4093

7.62 自粘性漆包线的内漆层最小厚度有哪些？

答：自粘性漆包线的内漆层最小厚度见表 7-62。

表 7-62 自粘性漆包线的内漆层最小厚度 (GB/T6109.1—2008)

导体标称直径 <i>d</i> /mm	内漆层最小厚度/mm		标称直径 <i>d</i> /mm	最小绝缘厚度/mm	
	1B	2B		1B	2B
0.071	0.007	0.012	0.400	0.021	0.040
0.080	0.007	0.014	0.450	0.022	0.042
0.090	0.008	0.015	0.500	0.024	0.045
0.100	0.008	0.016	0.560	0.025	0.047
0.112	0.009	0.017	0.630	0.027	0.050
0.125	0.010	0.019	0.710	0.028	0.053
0.140	0.011	0.021	0.800	0.030	0.056
0.160	0.012	0.023	0.900	0.032	0.060
0.180	0.013	0.025	1.000	0.034	0.063
0.200	0.014	0.027	1.120	0.034	0.065
0.224	0.015	0.029	1.250	0.035	0.067
0.250	0.017	0.032	1.400	0.036	0.069
0.280	0.018	0.033	1.600	0.038	0.071
0.315	0.019	0.035	1.800	0.039	0.073
0.355	0.020	0.038	2.000	0.040	0.075

7.63 自粘漆包线的最大外径有哪些？

答：自粘漆包线的最大外径见表 7-63。

表 7-63 自粘漆包线的最大外径(GB/T6109.1—2008)

导体标称直径 <i>d</i> /mm	最大外径/mm		导体标称直径 <i>d</i> /mm	最大外径/mm	
	1B	2B		1B	2B
0.020	0.026	0.029	0.224	0.270	0.284
0.022	0.030	0.033	0.250	0.300	0.316
0.025	0.034	0.037	0.280	0.331	0.348
0.028	0.038	0.042	0.315	0.369	0.387
0.032	0.044	0.048	0.355	0.413	0.433
0.036	0.050	0.055	0.400	0.461	0.481
0.040	0.055	0.060	0.450	0.514	0.536
0.045	0.062	0.068	0.500	0.568	0.590
0.050	0.068	0.074	0.530	0.600	0.624
0.056	0.075	0.081	0.560	0.630	0.654
0.063	0.085	0.092	0.630	0.704	0.729
0.071	0.094	0.101	0.710	0.788	0.815
0.080	0.105	0.112	0.800	0.882	0.911
0.090	0.117	0.125	0.900	0.987	1.017
0.100	0.129	0.137	1.000	1.091	1.123
0.112	0.143	0.152	1.120	1.214	1.247
0.125	0.158	0.168	1.250	1.346	1.379
0.140	0.175	0.186	1.400	1.499	1.533
0.160	0.197	0.209	1.600	1.702	1.738
0.180	0.220	0.233	1.800	1.905	1.942
0.200	0.243	0.256	2.000	2.108	2.146

7.64 耐油水漆包铜圆线规格有哪些？

答：耐油水漆包铜圆线规格见表 7-64。

表 7-64 耐油水漆包铜圆线规格

铜线标称直径 /mm	漆层最小厚度/mm		漆包线最大外径/mm	
	内层	外层	内层	外层
1.00	0.05	0.07	1.08	1.18
1.06			1.14	1.24
1.12			1.20	1.30
1.18			1.26	1.36
1.25			1.33	1.43
1.30			1.38	1.48
(1.35)			1.43	1.53
(1.40)			1.48	1.58
1.45			1.53	1.63
(1.50)			1.58	1.68
1.56	0.06		1.64	1.74
1.60			1.69	1.79
1.70			1.79	1.89
1.80			1.89	1.99
1.90			1.99	2.09
2.00			2.09	2.19

7.65 绕包线的品种规格有哪些？

答：绕包线的品种规格见表 7-65。

表 7-65 绕包线的品种规格

类别	型号	名称	规格 /mm	耐温 等级	优点	局限性	主要用途	标准号
纸包线	Z ZL	电缆纸或电话纸包铜圆线 电缆纸或电话纸包铝圆线	1.0 ~ 5.0		在油浸变压器中作 线圈, 耐电压击穿性 优	绝缘纸容易破裂	用于制造油浸式变 压器及其他类似电器 设备的绕组	GB/T 7673
	Z ZLB	电缆纸或电话纸包铜扁线 电缆纸或电话纸包铝扁线	<i>a</i> 边: 0.8 ~ 5.6 <i>b</i> 边: 2.0 ~ 16.0					
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	SBE/130 SBEL/130	温度指数 130 双玻璃丝包 铜圆线 温度指数 130 的双玻璃丝 包铝圆线	0.71 ~ 5.00	130	(1) 过负载性优 (2) 耐电晕性优 (3) 玻璃丝包漆包 线的耐潮性好	(1) 弯曲性较差 (2) 耐潮性较差	用于电动机、电器 绕组线	GB/T 7672
	SBE/155 SBEL/155	温度指数 155 的双玻璃丝 包铜圆线 温度指数 155 的双玻璃丝 包铝圆线		155				
	SBE/180 SBEL/180	温度指数 180 的双玻璃丝 包铜圆线 温度指数 180 的双玻璃丝 包铝圆线		180				
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	SBEB/130	温度指数 130 的双玻璃丝 包铜扁线 温度指数 130 的双玻璃丝 包铝扁线	<i>a</i> 边: 0.80 ~ 5.60 <i>b</i> 边: 2.00 ~ 16.00	130	同上	同上	同上	GB/T 7672
	SBEB/155	温度指数 155 的双玻璃丝 包铜扁线		155				
	SBEB/180	温度指数 180 的双玻璃丝 包铜扁线		180				

(续)

类别	型号	名称	规格 /mm	耐温 等级	优点	局限性	主要用途	标准号
玻璃 丝包 线及 玻璃 丝包 漆包 线	SBQ/130	温度指数 130 的单玻璃丝 包漆包铜圆线	0. 710 ~ 2. 500	130				
	SBQ/155	温度指数 155 的单玻璃丝 包漆包铜圆线		155				
	SBQ/180	温度指数 180 的单玻璃丝 包漆包铜圆线		180				
	SBQB/130 SBEQB/130 SBQLB/130 SBEQLB/130	温度指数 130 的单玻璃丝 包漆包铜扁线 温度指数 130 的双玻璃丝 包漆包铜扁线 温度指数 130 的单玻璃丝 包漆包铝扁线 温度指数 130 的双玻璃丝 包漆包铝扁线	<i>a</i> 边:0. 80 ~ 5. 60 <i>b</i> 边:2. 00 ~ 16. 00	130				
	SBQB/155 SBEQB/155	温度指数 155 的单玻璃丝 包漆包铜扁线 温度指数 155 的双玻璃丝 包漆包铜扁线	同上	155				
	SBQB/180 SBEQB/180	温度指数 180 的单玻璃丝 包漆包铜扁线 温度指数 180 的双玻璃丝 包漆包铜扁线		180				

(续)

类别	型号	名称	规格 /mm	耐温 等级	优点	局限性	主要用途	标准号
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	SBEG SBEGB	硅有机漆双玻璃丝包铜圆线 硅有机漆双玻璃丝包铜扁线	0.20 ~ 5.20 <i>a</i> 边:0.90 ~ 5.50 <i>b</i> 边:2.10 ~ 14.5	180	(1) 过负载性优 (2) 耐电晕性优 (3) 用硅有机漆浸渍改进了耐水耐潮性能	(1) 弯曲性较差 (2) 硅有机浸渍漆粘合能力较差, 绝缘层的机械强度较差		企业标准
	SBSB	三玻璃丝包铜扁线	<i>a</i> 边:0.90 ~ 5.50 <i>b</i> 边:2.10 ~ 14.50	150				企业标准
丝包线	SQZ SDQZ SEQZ SEDQZ SQQ SEQQ	单天然丝包聚酯漆包铜圆单线 单涤纶丝包聚酯漆包铜圆单线 双天然丝包聚酯漆包铜圆单线 双涤纶丝包聚酯漆包铜圆单线 单天然丝包缩醛漆包铜圆单线 双天然丝包缩醛漆包铜圆单线	0.050 ~ 0.450		(1) 绝缘层的机械强度较好 (2) 丝包漆包线的电性能优	如果不浸渍, 丝包线的耐潮性差	适用于电器、仪表、电信设备绕组线	GB/T 11018
	SQA SDQA SEQA SEDQA	单天然丝包聚氨酯漆包铜圆单线 单涤纶丝包聚氨酯漆包铜圆单线 双天然丝包聚氨酯漆包铜圆单线 双涤纶丝包聚氨酯漆包铜圆单线						

(续)

类别	型号	名称	规格 /mm	耐温 等级	优点	局限性	主要用途	标准号
丝包线	SJ SEJ SDJ SEDJ	单天然丝包漆包铜束线 双天然丝包漆包铜束线 单涤纶丝包漆包铜束线 双涤纶丝包漆包铜束线					适用于电器、仪表、 电信设备及高频电器 绕组	GB/T 11018
薄膜绕包线	SBMB/130 SBEMB/130	温度指数 130 单玻璃丝包 薄膜绕包铜扁线 温度指数 130 双玻璃丝包 薄膜绕包铜扁线	a 边:0.80~5.60 b 边:2.00~16.00	130	(1)耐电压击穿性能 (2)绝缘层的机械 强度高	绝缘层较厚,槽满 率较低	适用于电动机电器 绕组线	GB/T 7672
	SBMB/155 SBEMB/155	温度指数 155 单玻璃丝 包薄膜绕包铜扁线 温度指数 155 双玻璃丝包 薄膜绕包铜扁线		155				
	SBMB/180	温度指数 180 单玻璃丝 包薄膜绕包铜扁线		180				

绕包线用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线上，形成绝缘层。也有在漆包线上再绕包绝缘层。

纸包绕组线是在导电线上绕以若干层绝缘纸而成。将它浸在绝缘油中电性能更好，因而大量用来作油浸电力变压器的线圈。

7.66 修理和制造电动机线圈时常用的电磁线有哪些？

答：这里只答绕包线的三种玻璃丝见表 7-66、表 7-67、表 7-68。

表 7-66 玻璃丝包铜扁线的主要技术参数 (单位：mm)

材料名称	牌号	主要技术参数					备 注
		绝缘厚度	偏差 (%)	击穿电压/V	标称尺寸	伸长率 (%)	
温度指数为 130 (或 155、180) 的双玻璃丝包铜扁线	SBEB	0.2	-20	300	$a \leq 2.50$	30	(1) 牌号的新旧对照： 新标准 旧标准 SBEB SBEBCB (2) 绝缘厚度不带“*”者为优先采用的厚度，带“*”者为不推荐采用的厚度 (3) a 为窄边尺寸
		0.3		400			
		0.4 *		500			
		0.5 *		550			
温度指数为 180 (或 130、155) 的双玻璃丝包铜扁线	SBEQB	0.3	-20	1600	$a > 2.50$	32	(1) 牌号的新旧对照： 新标准 旧标准 SBEQB QZSBEBCB (2) 绝缘厚度带“*”者为不推荐采用的厚度 (3) a 为窄边尺寸
		0.4		1800			
		0.5 *		2000			

表 7-67 玻璃丝包薄膜绕包铜扁线的主要技术参数 (单位：mm)

材料名称	牌号	主要技术参数					备 注
		绝缘厚度	偏差 (%)	击穿电压/V	标称尺寸	伸长率 (%)	
温度指数为 130 (或 155、180) 的单玻璃丝包薄膜绕包铜扁线	SBMB	0.4	-15	2500	$a \leq 2.50$	30	(1) a 为窄边尺寸 (2) 绝缘厚度带“*”者为不推荐采用的厚度
		0.5		4500			
温度指数为 130 (或 155、180) 的双玻璃丝包薄膜绕包铜扁线	SBEMB	0.6 *		5500	$a > 2.50$	32	

表 7-68 玻璃丝包铜圆线的主要技术参数 (单位: mm)

材料名称	牌号	主要技术参数					备 注
		标称直径	绝缘厚度			击穿电 压/V	
			薄型	厚型	偏差（%）		
温度指数为 130 （或 155、180）的双 玻璃丝包铜圆线	SBE	0.30≤d≤3.00	0.12		- 20	250	（1）绝缘厚度中带 “*”者为不推荐采用的 厚度 （2）牌号的新旧对照： 新标准 旧标准 SBE SBEC SBQ QZSBC
				0.25		450	
		3.00≤d≤4.00	0.20			350	
				0.30		500	
		4.00≤d≤5.00	0.25			450	
	0.35		550				
温度指数为 130 （155、188）的单玻 璃丝包铜圆线	SBQ	0.53≤d≤0.75	0.12		- 20	800	
				0.18		1000	
		0.80≤d≤1.00	0.13			800	
				0.19		1000	
		1.06≤d≤1.50	0.14			800	
				0.23		1000	
		1.60≤d≤2.50	0.20			800	
				0.28		1000	

7.67 纸包绕组圆线规格有哪些？

答：纸包绕组圆线规格见表 7-69。

表 7-69 纸包绕组圆线规格

导体直径/mm			偏差值 /mm	铜导体电阻/ (Ω/m)	
标称	最小	最大		最小值	最大值
1.000	0.990	1.010	0.010	0.02116	0.02240
1.060	1.049	1.071	0.011	0.01881	0.01995
1.120	1.109	1.131	0.011	0.01687	0.01785
1.180	1.168	1.192	0.012	0.01519	0.01609
1.250	1.237	1.263	0.013	0.01353	0.01435
1.320	1.307	1.333	0.013	0.01214	0.01285
1.400	1.386	1.414	0.014	0.01079	0.01143
1.500	1.485	1.515	0.015	0.009402	0.009955
1.600	1.584	1.616	0.016	0.008237	0.008749
1.700	1.683	1.717	0.017	0.007320	0.007750
1.800	1.782	1.818	0.018	0.006529	0.006913
1.900	1.881	1.919	0.019	0.005860	0.006204
2.000	1.980	2.020	0.020	0.005289	0.005600
2.120	2.099	2.141	0.021	0.004708	0.004983
2.240	2.218	2.262	0.022	0.004218	0.004462
2.360	2.336	2.384	0.024	0.003797	0.004023
2.500	2.475	2.525	0.025	0.003385	0.003584
2.650	2.623	2.677	0.027	0.003014	0.003190
2.800	2.772	2.828	0.028	0.002698	0.002857
3.000	2.970	3.030	0.030	0.002351	0.002488
3.150	3.118	3.182	0.032	0.002131	0.002258
3.350	3.316	3.384	0.034	0.001885	0.001996
3.550	3.514	3.586	0.036	0.001678	0.001778
3.750	3.712	3.788	0.038	0.001504	0.001593
4.000	3.960	4.040	0.040	0.001322	0.001400
4.250	4.207	4.293	0.043	0.001171	0.001240
4.500	4.455	4.545	0.045	0.001045	0.001106
4.750	4.702	4.793	0.048	0.0009375	0.0009928
5.000	4.950	5.050	0.050	0.0008462	0.0008959

7.68 铜扁线的规格及截面积有哪些？

答：铜扁线的规格及截面积见表 7-70。裸铜扁线适用于制造电动机、电器设备绕组、安装配电设备及其他方面用。硬铜扁线的型号为 TBY,软铜扁线的型号为 TBR。其技术数据见表 7-70。

表 7-70 铜扁线的规格及截面积 (单位:mm²)

b 边 /mm	a 边/mm																		
	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.12	2.24
	$r = \frac{1}{2}a$					$r = 0.5\text{mm}$							$r = 0.65\text{mm}$						
2.00	1.463		1.626		1.785		2.025		2.285		2.585								
2.12		—		—		—		—		—									
2.24	1.655		1.842		2.025		2.294		2.585		2.921		3.069						
2.36		—		—		—		—		—		—							
2.50	1.863		2.076		2.285		2.585		2.910		3.285		3.785		4.137				
2.65		—		—		—		—		—		—		—					
2.80	2.103		2.346		2.585		2.921		3.285		3.705		4.265		4.677		5.237		
3.00		—		—		—		—		—		—		—		—			
3.15	2.383		2.661		2.935		3.313		3.723		4.195		4.825		5.307		5.937		6.693
3.35		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
3.55	2.702		3.021		3.335		3.761		4.223		4.755		5.465		6.027		6.737		7.589
3.75		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
4.00	3.063		3.426		3.785		4.265		4.785		5.385		6.185		6.837		7.637		8.597
4.25		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
4.50	3.463		3.876		4.285		4.825		5.410		6.085		6.985		7.737		8.637		9.717
4.75		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
5.00	3.863		4.326		4.785		5.385		6.035		6.785		7.785		8.637		9.637		10.84

(续)

370

b 边 /mm	a 边/mm																		
	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.12	2.24
	$r = \frac{1}{2}a$					$r = 0.5\text{mm}$								$r = 0.65\text{mm}$					
5.30		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
5.60	4.343		4.866		5.385		6.057		0.785		7.625		8.745		9.717		10.84		12.18
6.00		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
6.30	4.903		5.496		6.085		6.841		6.660		8.605		9.865		10.98		12.24		13.75
6.70				—		—		—		—		—		—		—		—	
7.10			6.216		6.885		7.737		8.660		9.725		11.15		12.42		13.85		15.54
7.50						—		—		—		—		—		—		—	
8.00					7.785		8.745		9.785		10.99		12.59		14.04		15.64		17.56
8.50								—		—		—		—		—		—	
9.00							9.865		11.04		12.39		14.19		15.84		17.64		19.80
9.50										—		—		—		—		—	
10.00									12.29		13.79		15.79		17.64		19.64		22.04
10.60												—		—		—		—	
11.20											15.47		17.71		19.80		22.04		24.73
11.80														—		—		—	
12.50													19.79		22.14		24.64		27.64
13.20														—		—		—	
14.00															24.64		27.64		31.00
15.00																		—	
16.00																	31.64		35.48

宽窄比 $b/a > 8$ 不推荐

(续)

b 边 /mm	a 边/mm																																					
	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30	6.70	7.10																		
	r = 0.8mm								r = 1.0mm																													
2.00	宽窄比 $b/a < 1.4$ 不推荐								0.95 R40 系列																													
2.12																																						
2.24																																						
2.36																																						
2.50																																						
2.65																																						
2.80																																						
3.00																																						
3.15																																						
3.35																																						
3.55		8.326																																				
3.75																																						
4.00		9.451																				10.65																
4.25	—																				—																	
4.50		10.70																				12.05		13.63														
4.75	—																				—		—															
5.00		11.95																				13.45		15.20		17.20												
5.30	—																				—		—		—													
5.60		13.45																				15.13		17.09		19.33		21.54										

(续)

b 边 /mm	a 边/mm																			
	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30	6.70	7.10
	r = 0.8mm								r = 1.0mm											
6.00	—		—		—		—		—											
6.30		15.20		17.09		19.30		21.82		24.34		27.49								
6.70	—		—		—		—		—		—									
7.10		17.20		19.33		21.82		24.66		22.54		31.09		34.64						
7.50	—		—		—		—		—		—		—							
8.00		10.45		21.85		24.65		27.85		31.14		35.14		39.14		43.94				
8.50	—		—		—		—		—		—		—		—					
9.00		21.95		24.65		27.80		31.40		35.14		39.64		44.14		49.54				
9.50	—		—		—		—		—		—		—		—					
10.00		24.45		27.45		30.95		34.95		39.14		44.14		49.14		55.14				
10.60	—		—		—		—		—		—		—		—					
11.20		27.45		30.81		34.73		39.21		43.94		49.54		55.14		61.86				
11.80	—		—		—		—		—		—		—		—					
12.50		30.70		34.45		38.83		43.83		49.14		55.39		61.64		69.14		77.89		87.89
13.20	—		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
14.00		34.45		38.65		43.55		49.15		55.14		62.14		69.14		77.54		87.34		98.54
15.00	—		—		—		—		—		—		—		—		—		—	
16.00		39.45		44.25		49.85		56.25		63.14		71.14		79.14		88.74		99.94		112.74

7.69 铜母线的规格及截面积有哪些?

答：铜母线的规格及截面积见表 7-71。

裸铜母线适用于制造电动机的绕组、高低压电器、开关触头及供配电安装用导线等。硬铜母线的型号为TMY，软铜母线的型号为TMR。其技术数据见表7-71。

表 7-71 铜母线的规格及截面积 (单位: mm²)

[illegible]

(续)

b 边 /mm	a 边/mm														
	6. 30	6. 70	7. 10	8. 00	9. 00	10. 00	11. 20	12. 50	14. 00	16. 00	18. 00	20. 00	22. 40	25. 00	31. 50
16. 00				128. 0	144. 0	160. 0	179. 2	200. 0	224. 0	256. 0					
17. 00	107. 1	—	120. 7	—	—	—	—	—	—	—					
18. 00	113. 4	120. 6	127. 8	144. 0	162. 0	180. 0	201. 6	225. 0	252. 0	288. 0					
19. 00	119. 8	—	134. 9	—	—	—	—	—	—	—					
20. 00	126. 0	134. 0	142. 0	160. 0	180. 0	200. 0	224. 0	250. 0	280. 0	320. 0	360. 0	400. 0			
21. 20	133. 6	—	150. 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
22. 40	141. 1	150. 1	159. 0			224. 0	250. 9	280. 0	313. 6	358. 4	403. 2	448. 0			
23. 60	148. 7	—	167. 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
25. 00	157. 5	167. 5	175. 5	200. 0	225. 0	250. 0	280. 0	315. 5	350. 0	400. 0	450. 0	500. 0	560. 0	625. 0	
26. 50	167. 0	—	188. 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28. 00	176. 4	187. 6	198. 8	224. 0	252. 0	280. 0	313. 6	350. 0	392. 0	448. 0	504. 0	560. 0	627. 2	700. 0	
30. 00	189. 0	—	213. 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
31. 50	198. 5	211. 0	223. 7	252. 0	283. 5	315. 0	352. 8	393. 8	441. 0	504. 0	567. 0	630. 0	705. 6	707. 5	882. 0 992. 3
33. 5	211. 0	—	237. 8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35. 50	223. 7		252. 1	284. 0	319. 5	355. 0	397. 6	443. 8	497. 0	568. 0	639. 0	710. 0	792. 5	787. 5	994. 0 1118. 3
40. 00	252. 0		284. 0	320. 0	360. 0	400. 0	448. 0	500. 0	560. 0	640. 0	720. 0	800. 0	896. 0	1000. 0	1120. 0 1260. 0
45. 00	283. 5		319. 5	360. 0	405. 0	450. 0	504. 0	562. 5	630. 0	720. 0	810. 0	900. 0			
50. 00	315. 0		355. 0	400. 0	450. 0	500. 0	560. 0	625. 0	700. 0	800. 0	900. 0	1000. 0			
56. 00	352. 8		397. 6	448. 0	504. 0	560. 0	627. 2	700. 0	734. 0	896. 0	1008. 0	1120. 0			
63. 00	396. 9		447. 3	504. 0	567. 0	630. 0	705. 6	787. 5	882. 0	1008. 0	1134. 0	1250. 0			
71. 00	447. 3		504. 1	568. 0	639. 0	710. 0	795. 2	887. 5	994. 0	1136. 0					
80. 00	504. 0		568. 0	640. 0	720. 0	800. 0	896. 0	1000. 0	1120. 0	1280. 0					
90. 00	567. 0		639. 0	720. 0	810. 0	900. 0	1008. 0	1125. 0	1260. 0	1440. 0					
100. 00	630. 0		710. 0	800. 0	900. 0	1000. 0	1120. 0	1250. 0	1400. 0	1600. 0					
112. 00	705. 6		795. 2	896. 0	1008. 0	1120. 0	1254. 4	1400. 0							
125. 00	787. 5		887. 5	1000. 0	1125. 0	1250. 0	1400. 0	1562. 6							

7.70 铝母线尺寸偏差允许值是什么？

答：铝母线尺寸偏差允许值见表 7-72。裸铝母线主要用于电机、电器、配电设备及其他电工方面应用。硬铝母线的型号为 LMY，软铝母线型号为 LMR。它们

的规格、尺寸范围与裸铜母线相同。其尺寸允差见表 7-72。

表 7-72 铝母线尺寸偏差允许值

标称尺寸/mm	尺寸偏差/mm	
	±	
	窄边	宽边
2. 24 ~ 6. 30	0. 14	
7. 10 ~ 12. 50	0. 20	
14. 00 ~ 35. 00	0. 30	0. 40
40. 00 ~ 100. 00		0. 80
112. 00 ~ 125. 00		1. 20

7.71 铜带的规格及截面积有哪些？

答：铜带的规格及截面积见表 7-73。裸铜带适用于制造电动机、电器、配电设备绕组及其他电工方面应用。硬铜带的型号为 TDY，软铜带的型号为 TDR。其技术数据见表 7-73。

表 7-73 铜带的规格及截面积 (单位：mm²)

<i>a</i> 边/mm	0. 80	1. 00	1. 06	1. 12	1. 18	1. 25	1. 32	1. 40
<i>b</i> 边/mm	0. 05mm							
9. 00	6. 984	8. 726	9. 326					
10. 00		8. 786		10. 986	11. 586			
11. 20	8. 744	10. 986	11. 658	12. 330		13. 786		
11. 50		12. 286		13. 786	14. 536	15. 411	16. 286	17. 286
14. 00	10. 984	13. 786	14. 626	15. 466		17. 286		19. 386
16. 00		15. 786		17. 706	18. 666	19. 786	20. 906	22. 186
18. 00	14. 184	17. 786	18. 866	19. 946		22. 286		24. 986
20. 00		19. 786		22. 186	23. 386	24. 786	26. 186	27. 786
22. 40	17. 704	22. 186	23. 530	24. 874		27. 786		31. 146
25. 00		24. 786		27. 786	29. 286	31. 036	32. 786	34. 786
28. 00	22. 184	27. 786	29. 466	31. 146		34. 786		38. 986
31. 50		31. 286		35. 066	36. 956	39. 161	41. 366	43. 886
35. 50	28. 184	35. 286	37. 416	39. 546		44. 161		49. 486
40. 00		39. 786		44. 586	46. 986	49. 786	52. 586	55. 786
45. 00	35. 784	44. 786	47. 486	50. 186		56. 036		67. 786
50. 00		49. 786		55. 786	58. 786	62. 286	65. 786	69. 786
56. 00	44. 584	55. 786	59. 146	62. 506		69. 786		78. 186
63. 00		62. 786		70. 346	74. 126	78. 536	82. 946	87. 986
71. 00		70. 786						
80. 00		79. 786						
90. 00		89. 786						
100. 00		99. 786						

(续)

<i>a</i> 边/mm	1. 50	1. 60	1. 70	1. 80	1. 90	2. 00	2. 12	2. 24
<i>b</i> 边/mm	0. 05mm				0. 65mm			
9. 00	18. 536	22. 186			30. 037			
10. 00								
11. 20								
11. 50								
14. 00								
16. 00	23. 786	25. 386	26. 837	28. 437	30. 037			
18. 00		28. 586		32. 037		35. 637		39. 957
20. 00	29. 786	31. 786	33. 637	35. 637	37. 637	39. 637	42. 037	44. 437
22. 40		35. 626		39. 957		44. 437		49. 813
25. 00	37. 286	39. 786	42. 137	44. 637	47. 137	49. 637	52. 637	55. 637
28. 00		44. 586		50. 037		55. 637		62. 357
31. 50	47. 036	50. 186	53. 187	56. 337	59. 487	63. 637	66. 417	70. 197
35. 50		56. 586		63. 537		70. 637		79. 157
40. 00	63. 786	63. 786	67. 637	71. 637	75. 637	79. 637	84. 437	89. 237
45. 00		71. 786		80. 637		89. 637		100. 437
50. 00	74. 786	79. 786	84. 637	89. 637	94. 637	99. 637	105. 637	111. 637
56. 00		88. 386		100. 437		111. 637		
63. 00	94. 286	100. 586	106. 737	133. 037	119. 337	125. 637	133. 197	
71. 00		113. 386				141. 637		
80. 00		127. 786				159. 637		
90. 00		143. 786				179. 637		
100. 00		158. 786				199. 637		
<i>a</i> 边/mm	2. 36	2. 50	2. 65	2. 80	3. 00	3. 15	3. 35	3. 55
<i>b</i> 边/mm	0. 65mm		0. 80mm					
9. 00	46. 651							
10. 00								
11. 20								
11. 50								
14. 00								
16. 00								
18. 00								
20. 00								
22. 40								
25. 00	58. 451	61. 951	65. 701	69. 451				
28. 00		69. 451		77. 851				
31. 50	73. 791	78. 201	82. 926	87. 651	93. 951	98. 676	104. 976	111. 276
35. 50		88. 201		98. 851		111. 276		125. 476
40. 00	93. 851	99. 451	105. 451	111. 451	119. 451	125. 451	133. 451	141. 451
45. 00		111. 951		125. 451		141. 201		159. 201
50. 00	117. 451	124. 451	131. 951	139. 451	149. 451	156. 951	166. 951	176. 951
56. 00		139. 451		156. 251		175. 831		198. 251
63. 00	148. 131	156. 951	166. 401	175. 851	188. 451	197. 901	201. 501	223. 101
71. 00		176. 951						
80. 00		199. 451						
90. 00		224. 451						
100. 00		249. 451						

注：铜带规格的宽窄比（*b/a*）为 $9 < b/a \leq 100$ 。

7.72 电动机修理用电工材料的名称含义及用途有哪些？

答：电工材料名称的含义及用途等介绍如下。

(1) 电磁线 电磁线是一种有绝缘层的导电金属线，它可以用来绕制线圈或绕组，故亦称为绕组线。电磁线按绝缘层的特点和用途分类，一般分为漆包线、绕包线两类，但实际还有无机绝缘电磁线以及特种电磁线等。

(2) 漆包线 漆包线是在导电金属线芯上涂以绝缘漆膜为绝缘层的，因此在型号中冠以汉语拼音字母 Q。其产品用于中小型电机的绕组及其他设备如变压器、电冰箱、空调器等电机绕组。

(3) 绕包线 绕包线用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线上，形成绝缘层。也有在漆包线上再绕包绝缘层。

纸包绕组线是在导电线上绕以若干层绝缘纸而成。将它浸在绝缘油中电性能更好，因而大量用来作油浸电力变压器的线圈。

(4) 裸铝扁线 裸铝扁线主要用于电机、变压器、电器设备绕组和其它电工制品及日用器具。硬铝扁线的型号为 LBY，软铝扁线的型号为 LBR。裸铝扁线的规格及范围规定与裸铜扁线相同。

(5) 薄膜绕包线 薄膜绕包线是在铜线上绕包若干层聚酯、聚酰亚胺、聚酰亚胺复合层等薄膜绕结而成。还可以在绕包好的薄膜外面再包若干层无碱玻璃丝，用绝缘漆浸渍经焙烘而成，用于高压电机和高压电器绕制绕组。

(6) 电工用棉布带 电工用棉布带用来作为电工产品零部件浸渍前或整形时的临时包扎。事先浸渍的棉布带用于包扎各种线圈或绝缘零部件。

(7) 粘带 粘带在常温或一定温度下适当加在能自粘成型，有薄膜粘带、织物粘带和无底材粘带等三类。

(8) 绝缘漆 绝缘漆由树脂、沥青等为漆基与某些辅助材料组合而成。按用途来分，绝缘漆包括浸渍漆、覆盖漆、电磁线漆、硅钢片漆和防电晕漆等。

(9) 覆盖漆 覆盖漆主要用于涂覆经浸渍处理的线圈和绝缘零部件以防止机械损伤和受大气、润滑油或化学药品的侵蚀，提高表面的放电电压。

7.73 电动机引出线的型号、名称和用途是什么？

答：电动机引出线的型号、名称和用途见表 7-74。

表 7-74 电动机引出线的型号、名称和用途

型号	名称	主要用途
JBF	丁腈聚氯乙烯复合物绝缘引接线	供交流电压 500V 及以下 B 级绝缘电动机、电器作引接线
JBQ	橡皮绝缘丁腈护套引接线	供交流电压 1140V 及以下 B 级绝缘电动机、电器作引接线
JBHF	6kV 橡皮绝缘氯丁护套引接线	供交流电压 5kV，B 级绝缘电动机电器作引接线

(续)

型号	名称	主要用途
JBYP	氯磺化聚乙烯橡胶绝缘引接线	用于电压 6kV 及以下的 B 级绝缘电动机、电器引接线
JHGX	硅橡胶绝缘电机引出线	用于交流 500V 或直流 1000V 及以下电动机、电器引出线
JFFB JCFB	氟玻璃绝缘电机引接线	适用于 500V 及以下 F 级、C 级绝缘用四氟玻璃绝缘引接线
JFE	乙丙橡胶绝缘引出线	适用于交流 500V、1140V、F 级绝缘电动机、电器引接线
JBYS-10kV	10kV 氯磺化聚乙烯绝缘高压电机引接线	适用于交流 10kV 及以下的 B 级绝缘电动机、电器的引接线
JFEM	乙丙橡胶绝缘氯醚护套 F 级引接线	适用于交流电压 500V、1140V、600V 及以下的 F 级绝缘电动机、电器引接线用

第 8 章 电动机标准及修理试验

8.1 我国的电动机标准有哪些？

答：我国现有电动机标准见表 8-1。

表 8-1 我国现有电动机标准旋转电机综合

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
GB 755—2008	旋转电机 定额和性能	IEC 60034-1：2004，IDT	GB 755—2000
GB/T 756—1990	旋转电机 圆柱形轴伸		GB 756—1979
GB/T 757—1993	旋转电机 圆锥形轴伸		GB 757—1979
GB/T 997—2008	旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类（IM 代码）	IEC 60034-7：2001，IDT	GB 997—2003
GB 1971—2006	旋转电机 线端标志与旋转方向	IEC 60034-8：2002，IDT	GB 1971—1980
GB/T 1993—1993	旋转电机 冷却方法		GB 1993—1980
GB/T 4772.1—1999	旋转电机尺寸和输出功率等级 第 1 部分：机座号 56 ~ 400 和凸缘号 55 ~ 1080	idt IEC 60072-1：1991	GB 4772.1—1984 GB 4826—1984
GB/T 4772.2—1999	旋转电机尺寸和输出功率等级 第 2 部分：机座号 355 ~ 1000 和凸缘号 1180 ~ 2360	idt IEC 60072-2：1990	GB 4772.2—1984 GB 4826—1984
GB/T 4772.3—1999	旋转电机尺寸和输出功率等级 第 3 部分：小功率装入式电动机凸缘号 BF10 ~ BF50	idt IEC 60072-3：1994	GB 4772.3—1984
GB/T 4831—1984	电机产品型号编制方法		
GB/T 4942.1—2006	旋转电机整体结构的防护分级（IP 代码）—分级	IEC 60034-5：2000，IDT	GB/T 4942.1—2001
GB/T 5171—2002	小功率电动机通用技术条件		GB/T 5171—1991
GB/T 5321—2005	量热法测定发电机的损耗和效率	IEC 60034-2A：1974	GB/T 5321—1985
GB 10068—2008	轴中心高为 56mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值		GB 10068—2000
GB/T 10069.1—2006	旋转电机噪声测定方法及限值 第 1 部分：旋转电机噪声测定方法		GB/T 10069.1—1988， GB/T 10069.2—1988
GB 10069.3—2008	旋转电机噪声测定方法及限值 第 3 部分：噪声限值	IEC 60034-9：2007，IDT	GB 10069.3—2006

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
GB/T 10585—1989	中小型同步电机励磁系统基本技术要求	IEC 60034-11: 2004, IDT IEC 60027-4: 1985, EQV	GB 12350—1990 GB/T 12351—1990 GB/T 13002—1991
GB 12350—2000	小功率电动机的安全要求		
GB/T 12351—2008	热带型旋转电机环境技术要求		
GB/T 12973—1991	换向器与集电环的尺寸		
GB/T 13002—2008	旋转电机 热保护		
GB/T 13394—1992	电工技术用字母符号 旋转电机量的符号	idt IEC 60034-18-21: 1992	GB 14711—1993 GB 14711—1993
GB 14711—2006	中小型旋转电机安全要求		
GB/T 17948.1—2000	旋转电机绝缘结构功能性评定 散绕组试验规程热评定与分级		
JB/T 743—2000	电机用 Z 系列座式滑动轴承		
JB/T 2361—2007	恒压刷握		
JB/T 2650—2000	大型交流电机集电环与刷架		JB 743—1979 JB 2361—1992 JB 2650—1979 JB/T 2728—1996 JB/T 2728—1996 JB/T 2728—1996 JB/T 2728—1996 JB/T 2728—1996 JB/T 2728—1996 JB/T 2834—1980 JB 2839—1992 JB/T 3334—1983 JB/T 5779—1991 JB/T 5810—1991 JB/T 5811—1991 JB/T 5888—1991
JB/T 2728.1—2008	电机用气体冷却器 第 1 部分: 一般规定		
JB/T 2728.2—2008	电机用气体冷却器 第 2 部分: 穿片式气体冷却器技术要求		
JB/T 2728.3—2008	电机用气体冷却器 第 3 部分: 挤片式气体冷却器技术要求		
JB/T 2728.4—2008	电机用气体冷却器 第 4 部分: 绕片式气体冷却器技术要求		
JB/T 2728.5—2008	电机用气体冷却器 第 5 部分: 绕簧式气体冷却器技术要求		
JB/T 2834—2000	齿压片		
JB/T 2839—2005	电机用刷握及集电环		
JB/T 3334.1—2000	水轮发电机用制动器 第 1 部分: 立式水轮发电机用制动器		
JB/T 3334.2—2000	水轮发电机用制动器 第 2 部分: 卧式水轮发电机用制动器		
JB/T 5779—2007	电机用刷握尺寸		
JB/T 5810—2007	电机磁极线圈及磁场绕组匝间绝缘 试验规范		
JB/T 5811—2007	交流低压电机成型绕组匝间绝缘 试验方法及限值		
JB/T 5888—2005	电机用 DQ 系列滑动轴承 结构与尺寸		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 5888.1—2000	电机用 DQ 系列端盖式滑动轴承技术条件		
JB/T 6204—2002	高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐电压试验规范		JB/T 6204—1992
JB/T 6227—2005	氢冷电机密封性检验方法及评定		JB/T 6227—1992
JB/T 6228—2005	汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定		JB/T 6228—1992
JB/T 6229—2007	透平发电机转子气体内冷通风道 检验方法及限值		JB/T 6229—1992
JB/T 6517—2006	氢油水控制系统 技术条件		JB/T 6517—1992
JB/T 6742—2007	小功率电动机用换向器		JB/T 6742—1993
JB/T 7073—2006	电机和水轮机图样简化规定		JB/T 7073—1993
JB/T 7576—1994	户内外防腐蚀旋转电机环境技术要求		
JB/T 7589—2007	高压电机绝缘结构耐热性评定方法		JB/T 7589—1994
JB/T 7590—2005	电机用钢质波形弹簧技术条件		JB/T 7590—1994
JB/T 7607—2005	立式电机轴承用 LYJH 型油冷却器		JB/T 7607—1994
JB/T 7608—2006	测量高压交流电机线圈介质损耗角正切试验方法及限值		JB/T 7608—1994
JB/T 7785—2007	低压电机绝缘结构寿命快速试验评定方法 (步进应力法)		JB/T 7785—1995
JB/T 7836.1—2005	电机用电加热器 第 1 部分: 通用技术条件		JB/T 7836.1—1995
JB/T 7836.2—2005	电机用电加热器 第 2 部分: 普通型翅片管电加热器		JB/T 7836.2—1995
JB/T 7836.3—2005	电机用电加热器 第 3 部分: 防爆型翅片管电加热器		JB/T 7836.3—1995
JB/T 8156—1999	换向器和集电环的定义和术语		JB/T 8156—1995
JB/T 8439—2008	使用于高海拔地区的高压交流电机防电晕技术要求		JB 8439—1996
JB/T 8991—1999	发电机锡焊接头检测方法		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 8992—1999	交、直流电机用背包式空-水冷却装置		
JB/T 8993—1999	大型发电机寿命管理数据库 导则		
JB/T 8994—1999	大电机、水轮机大型光滑工件 尺寸的检验方法及限值		
JB/T 8995. 1—1999	大电机、水轮机大尺寸公差与 配合 总论 标准公差与基本偏 差		
JB/T 8995. 2—1999	大电机、水轮机大尺寸公差与 配合尺寸大于 500mm 至 3150mm 孔、轴公差带与配合		
JB/T 8995. 3—1999	大电机、水轮机大尺寸公差与 配合尺寸大于 3150mm 至 1600mm 常用孔、轴公差带		
JB/T 9615. 1—2000	交流低压电机散嵌绕组匝间绝 缘 试验方法		JB/T 294—1987
JB/T 9615. 2—2000	交流低压电机散嵌绕组匝间绝 缘 试验限值		JB/Z 346—1989
JB/T 10098—2000	交流电机定子成型线圈耐冲击 电压水平	idt IEC 60034-15; 1995	JB/T 10098—1999
JB/T 10326—2002	在役发电机护环超声波检验技 术标准		
同步电机			
GB/T 1029—2005	三相同步电机试验方法		GB/T 1029—1993
GB/T 7064—2008	隐极同步发电机技术要求		GB/T 7064—2002
GB/T 7409. 1—2008	同步电机励磁系统 定义		GB/T 7409. 1—1997
GB/T 7409. 2—2008	同步电机励磁系统 电力系统 研究用模型		GB/T 7409. 2—1997
GB/T 7409. 3—2007	同步电机励磁系统 大、中型 同步发电机励磁系统技术要求		GB/T 7409. 3—1997
GB/T 7894—2001	水轮发电机基本技术条件	neq IEC 60034-1; 1996	GB/T 7894—1987
GB/T 13958—2008	无直流励磁绕组同步电动机 试验方法		GB/T 13958—1992
GB/T 14481—2008	单相同步电机试验方法		GB/T 14481—1993

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 1473—2000	矿山磨机用大型交流三相同步电动机 技术条件		JB/T 1473—1974
JB/T 2224—2000	大型交流三相四极同步电动机 技术条件		JB 2224—1977
JB/T 3320.1—2000	小型无刷三相同步发电机 技术条件		JB 3320—1983
JB/T 3320.2—2000	小型单相同步发电机 技术条件		JB 3335—1983
JB/T 6507—1992	小型三相异步水轮发电机系列 技术条件		
JB/T 7071—2005	灯泡式水轮发电机 基本技术条件		JB/T 7071—1993
JB/T 7784—2006	透平同步发电机用交流励磁机 技术条件		JB/T 7784—1995
JB/T 8311—1996	爪极式永磁同步电动机		
JB/T 8445—1996	三相同步发电机负序电流承受能力试验方法		
JB/T 8446—2005	隐极式同步发电机转子匝间短路测定方法		JB/T 8446—1996
JB/T 8667.1—1997	大型三相同步电动机技术条件 TK 系列		
JB/T 8667.2—1997	大型三相同步电动机技术条件 TL 系列		
JB/T 8981—1999	有刷三相同步发电机 技术条件 (机座号 132 ~ 400)		
JB/T 8982—1999	三相交流稳频稳压电源机组及系统技术条件		
JB/T 8990—1999	大型汽轮发电机定子端部绕组模态试验分析和固有频率测量方法及评定		
JB/T 9544—1999	小功率同步电动机 试验方法		ZB K21 001—1988
JB/T 9578—1999	稀土永磁同步发电机 技术条件		ZB K2 6009—1989
JB/T 10180—2000	水轮发电机推力轴承弹性金属塑料瓦 技术条件		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 10265—2001	水轮发电机用上下圆盘锻件 技术条件		
异步电机			
GB/T 1032—2005	三相异步电动机试验方法		GB/T 1032—1985
GB/T 5089—2008	交流台扇电动机通用技术条件		GB/T 5089—2003
GB/T 7064—2008	隐极同步发电机技术要求		GB/T 7064—1996
GB/T 9651—2008	单相异步电动机试验方法		GB/T 9651—1988
GB/T 12497—2006	三相异步电动机经济运行		GB 12497—1995
GB/T 13957—2008	大型三相异步电动机基本系列 技术条件		GB/T 13957—1992
GB 18613—2006	中小型三相异步电动机能效限 定值及能效等级		GB 18613—2002
JB/T 1009—2007	YS 系列三相异步电动机技术 条件		JB/T 1009—1991
JB/T 1010—2007	YU 系列电阻起动异步电动机 技术条件		JB/T 1010—1991
JB/T 1011—2007	YC 系列电容起动异步电动机 技术条件		JB/T 1011—1991
JB/T 1012—2007	YY 系列电容运转异步电动机 技术条件		JB/T 1012—1991
JB/T 2195—1998	YDF2 系列阀门电动装置用三 相异步电动机技术条件		JB/T 2195—1991
JB/T 3698—2008	单相离合器电动机		JB/T 3698—1992
JB/T 3699—2008	三相离合器电动机		JB/T 3699—1992
JB/T 3758—1996	家用洗衣机用电动机 通用技 术条件		GB 3537—1983 , GB 9650—1988 , JB 3758—1984 , ZB K20004—1989
JB/T 4052—1994	家用缝纫机电动机及其调速器		JB 4052—1985
JB/T 4269—2002	罩极异步电动机通用技术条件		JB/T 4268—1986
JB/T 4270—2002	房间空气调节器风扇用单相电 容运转异步电动机 通用技术条 件		JB/T 4270—1986

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 4376—1986	水泵用小功率异步电动机技术条件		
JB/T 5269—2007	YR3 系列 (IP23) 三相异步电动机 技术条件 (机座号 160 ~ 355)		JB/T 5269—1991 , JB/T 5270—1991
JB/T 5271—1991	Y 系列 (IP23) 三相异步电动机 技术条件 (机座号 160 ~ 280)		
JB/T 5272—1991	Y 系列 (IP23) 三相异步电动机 技术条件 (机座号 315 ~ 355)		
JB/T 5273—2002	Y-H 系列 (IP44) 船用三相异步电动机技术条件 (机座号 80 ~ 355)		JB/T 5273—1991 , JB/T 5274—1991
JB/T 5330—2007	三相异步振动电动机技术条件 (激振力 0.6 ~ 210kN)		JB/T 5330—1991
JB/T 5879—1991	YSB 系列三相机床冷却电泵		
JB/T 6222—2007	三相盘式制动异步电动机		JB/T 6222—1992
JB/T 6226—2005	大型火电设备风机用电动机技术条件		JB/T 6226—1992
JB/T 6297—1992	YLJ 系列力矩三相异步电动机技术条件		
JB/T 6447—1992	YCJ 系列齿轮减速三相异步电动机 技术条件 (机座号 71 ~ 280)		
JB/T 6449—1992	YH 系列 (IP44) 高转差率三相异步电动机技术条件 (机座号 80 ~ 280)		ZB K22 004—1989
JB/T 6450—1992	YCTD 系列电磁调速电动机技术条件 (机座号 100 ~ 315)		
JB/T 6456—1992	YEJ 系列 (IP44) 电磁制动三相异步电动机技术条件 (机座号 80 ~ 225)		
JB/T 6507—1992	小型三相异步水轮发电机系列技术条件		
JB/T 6519—2005	风扇磨煤机用大中型三相异步电动机 技术条件		JB/T 6519—1992
JB/T 6737—1993	吸排油烟机用电动机通用技术条件		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 6738—1993	封闭式制冷压缩机用单相异步电动机通用技术条件		
JB/T 6741—1993	YSD 系列变极双速三相异步电动机		
JB/T 7118—2004	YVFZ 系列 (IP54) 变频调速专用三相异步电动机技术条件		JB/T 7118—1993
JB/T 7119—1993	YR 系列 (IP44) 三相异步电动机 技术条件 (机座号 132 ~ 315)		
JB/T 7123—1993	YCT 系列电磁调速电动机 技术条件 (机座号 112 ~ 355)		
JB/T 7125—1993	小型平面制动三相异步电动机 技术条件		
JB/T 7126—1993	YLB 系列深井水泵用三相异步电动机 技术条件 (机座号 132 ~ 280)		
JB/T 7127—1993	YD 系列 (IP144) 变极多速三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 280)		ZB K26 006—1989
JB/T 7128—1993	YTM、YHP、YMPS 系列磨煤机用异步电动机 技术条件		
JB/T 7588—1994	YL 系列双值电容单相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 132)		
JB/T 7591—2007	小型单相异步电动机起动元件通用技术条件		JB/T 7591—1994
JB/T 7593—2007	Y 系列高压三相异步电动机 技术条件 (机座号 355 ~ 630)		JB/T 7593—1994
JB/T 7594—2006	YR 系列高压绕线转子三相异步电动机 技术条件 (机座号 355 ~ 630)		JB/T 7594—1994
JB/T 7823—2007	三相扁平型直线异步电动机		JB/T 7823—1995
JB/T 8157—1999	小功率单相串励电动机通用技术条件		JB/T 8157—1995
JB/T 8158—1999	电压为 660V 及以下单速三相笼型异步电动机的起动性能		JB/T 8158—1995
JB/T 8312.1—2005	中小型异步电动机用工程塑料风扇 技术条件 (机座号 63 ~ 355)		JB/T 8310.1—1996

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 8312.2—1996	小型异步电动机用工程塑料风罩 技术条件 (机座号 63 ~ 160)		
JB/T 8668—1997	大型三相立式异步电动机 技术条件 Y2 系列 (IP54) 三相异步电动机技术条件 (机座号: 63 ~ 355)		JB/T 8680.1—1998
JB/T 8680—2008	三相异步电动机技术条件 第 2 部分: Y2-E 系列 (IP54) 三相异步电动机 (机座号: 80 ~ 280)		
JB/T 8680.2—1998	YDT 系列 (IP44) 变极多速三相异步电动机技术条件 (机座号 80 ~ 315)		
JB/T 8681—1998	YM 系列木工用三相异步电动机技术条件		
JB/T 8682—1998	YG 系列辊道用三相异步电动机 技术条件 (机座号 112 ~ 225)		
JB/T 8733—1998	家用换气扇用电动机 通用技术条件		ZB K20 001—1989
JB/T 9541—1999	双值电容异步电动机 技术条件		ZB K20 003—1989
JB/T 9542—1999	小功率齿轮减速异步电动机 通用技术条件		ZB K20 005—1989
JB/T 9543—1999	YLJ 系列卷绕用力矩三相异步电动机 技术条件		ZB K24 001—1989
JB/T 9546—1999	单相电动机起动用离心开关 技术条件		ZB K26 005—1989
JB/T 9547—1999	Y 系列 (IP44) 三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 315)		ZB K22 007—1988
JB/T 9616—1999	YBEZ、YBEZX 系列起重用隔爆型锥形转子制动三相异步电动机 技术条件		
JB/T 10252—2001	YBZE、YBZSE 系列起重用隔爆型电磁制动三相异步电动机 技术条件		
JB/T 10253—2001			

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 10314. 1—2002	YRKS、YRKS-W、YRQF 系列 高压绕线转子三相异步电动机技术条件 (机座号 355 ~ 630)		
JB/T 10314. 2—2002	YRKK、YRKK-W 系列高压绕 线转子三相异步电动机技术条件 (机座号 355 ~ 630)		
JB/T 10315. 1—2002	YKS、YKS-W、YQF 系列高压 三相异步电动机技术条件 (机座号 355 ~ 630)		
JB/T 10315. 2—2002	YKK、YKK-W 系列高压三相 异步电动机 (机座号 355 ~ 630)		
直流电机			
GB/T 1311—2008	直流电机 试验方法		GB/T 1311—1989
GB/T 6656—2008	铁氧体永磁直流电动机		GB/T 6656—1986
JB/T 5276—2007	小功率直流电动机通用技术条件		JB/T 5276—1991
JB/T 5335—1991	蓄电池车辆用直流电动机 基本技术条件		
JB/T 6316—2006	Z4 系列直流电动机技术条件 (机座号 100 ~ 450)		JB/T 6316—1992
JB/T 6518—2005	轧机用大型直流电机 基本技术条件		JB/T 6518—1992
JB/T 7592—2006	ZBL4 系列 (IP44) 直流电动机技术条件 (机座号 100 ~ 180)		JB/T 7592—1994
JB/T 7595—2006	ZSL4 系列 (IP23S) 直流电动机 技术条件 (机座号 100 ~ 160)		JB/T 7595—1994
JB/T 8163—1999	轧机辅传动直流电动机		JB/T 8163—1995
JB/T 9577—1999	Z 系列中型直流电动机 技术条件		ZB K23 001—1989
JB/T 9617—1999	直流电机电枢绕组匝间绝缘试验规范		ZB/T K23 002—1990
微型电机			
GB/T 4997—2008	永磁式低速直流测速发电机通用技术条件		GB/T 4997—1993
GB/T 7344—1997	交流伺服电动机通用技术条件		GB 7344—1987
GB/T 7345—2008	控制电机基本技术要求		GB/T 7345—1994
GB/T 8128—2008	单相串励电动机试验方法		GB/T 8128—1987

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
GB/T 10761—2005	热带微电机基本技术要求		GB/T 10761—1989
GB/T 13138—2008	自整角机通用技术条件		GB/T 13138—1991
GB/T 13139—2008	磁滞同步电动机通用技术条件		GB/T 13139—1991
GB/T 13633—1922	永磁式直流测速发电机 通用技术条件		
GB 18211—2000	微电机安全通用要求		
JB/T 1377. 1—1999	SZ 系列微型直流伺服电动机		JB 1377—1974
JB/T 1377. 2—1999	SY 系列微型永磁式直流伺服电动机		JB 2427—1978
JB/T 1377. 3—1999	S 系列电动机 技术条件		JB 2662—1980
JB/T 2198—1999	ZKK 系列交磁电机扩大机通用技术条件		JB 2198—1977
JB/T 2657. 1—1999	DI-150、SS-150、DI-153、SS-153 型接触式自整角机 技术条件		JB 2657—1980
JB/T 2657. 2—1999	BD、BS 系列无接触式自整角机 技术条件		JB 2658—1980
JB/T 2657. 3—1999	ND、NS、NED、DN、DI、SS、TS 型接触式自整角机		JB 2659—1980
JB/T 2661—1999	ZCF 系列直流测速发电机 技术条件		JB 2661—1980
JB/T 2663—1999	ADP 系列交流伺服电动机 技术条件		JB 2663—1980
JB/T 3705—1999	永磁低速同步电动机 通用技术条件		JB 3705—1984
JB/T 5782—1991	单绕组线性旋转变压器 通用技术条件		
JB/T 5866—2004	宽调速永磁直流伺服电动机 通用技术条件		JB/T 5866—1991
JB/T 5867—2004	空心杯电枢永磁直流伺服电动机 通用技术条件		JB/T 5867—1991
JB/T 5868—2004	印制绕组直流伺服电动机 通用技术条件		JB/T 5868—1991
JB/T 6225—1992	感应移相器 通用技术条件		GBn 95—1980
JB/T 6760—1993	步进电动机驱动器 通用技术条件		
JB/T 6761—1993	脉冲测速发动机 通用技术条件		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 7614—1994	交流力矩电动机 通用技术条件		
JB/T 8160—1995	CK 系列空心转子异步测速发电机		GBn 58—1978
JB/T 8161—1995	S-C 系列交流伺服测速机组		GBn 59—1978
JB/T 8162—1999	控制微电机包装技术条件		JB/T 8162—1995
JB/T 8658—1997	外转子低噪声三相异步电动机		
JB/T 10183—2000	永磁交流伺服电动机通用技术条件		
JB/T 10184—2000	交流伺服驱动器通用技术条件		
防爆电动机			
JB/T 5337—1991	YW 系列无火花型三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 315)		
JB/T 6200—1992	YASO 系列小功率增安型三相异步电动机技术条件 (机座号 56 ~ 90)		
JB/T 6201—2006	YBDC2 系列隔爆型电容起动单相异步电动机 (机座号 71 ~ 132) 技术条件		JB/T 6201—1992
JB/T 6763—1993	YA-W、YA-WF1 系列户外、户外防腐增安型三相异步电动机 (机座号 80 ~ 280)		
JB/T 7565.1—2004	隔爆型三相异步电动机技术条件 第 1 部分: YB2 系列隔爆型三相异步电动机 (机座号 63 ~ 355)		JB/T 7565—1999
JB/T 7565.2—2002	隔爆型三相异步电动机技术条件 第 2 部分: YB2-W、YB2-TH、YB2-THW、YB2-TA、YB2-TAW 系列隔爆型三相异步电动机 (机座号 63 ~ 355)		JB 9596—1999
JB/T 8670—1997	YBDF2 系列阀门电动装置用隔爆型三相异步电动机 技术条件		
JB/T 8672—1997	YBJ 系列轿车用隔爆型三相异步电动机技术条件		
JB/T 8673—1997	YBI、YI 系列装岩机用三相异步电动机 技术条件		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB/T 8674—2007	YB 系列高压隔爆型三相异步电动机技术条件 (机座号 355 ~ 560)		JB/T 8674—1997
JB/T 8972—1999	YA 系列增安型三相异步电动机技术条件 (机座号 315 ~ 355)		
JB/T 8973—1999	增安型无刷励磁同步电动机防爆技术要求		
JB/T 8974—1999	TAW 系列增安型无刷励磁同步电动机技术条件		
JB 9537—1999	户内、户外防腐防爆异步电动机环境技术要求 (机座号 45 ~ 710)		ZB K04 003—1989
JB/T 9593—1999	YBK 系列煤矿用隔爆型三相异步电动机技术条件 (机座号 100 ~ 315)		ZB K25 001—1988
JB/T 9595—1999	YA 系列增安型三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 280)		ZB K25 003—1988
JB/T 9596—1999	YB-W、YB-TH、YB-WTH 系列隔爆型三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 315)		ZB K25 004—1989
JB/T 10353. 1—2002	燃油加油机用隔爆型电动机技术条件 第 1 部分; YBJY 系列燃油加油机用隔爆型三相异步电动机 (机座号 63 ~ 100)		
特殊电机			
GB/T 2818—2002	井用潜水异步电动机		GB/T 2818—1991
GB/T 10760. 1—2003	离网型风力发电机组用发电机 第 1 部分: 技术条件		GB/T 10760. 1—1989
GB/T 12974—1991	交流电梯电动机通用技术条件		
JB/T 1473—2000	矿山磨机用大型交流三相同步电动机 技术条件		JB 1473—1974
JB/T 5275—1991	Y-W 系列及 Y-WF 系列 户外及户外化学防腐蚀型三相异步电动机 技术条件 (机座号 80 ~ 315)		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB 5869—1991	YBZS 系列起重用隔爆型双速三相异步电动机 技术条件		
JB/T 5870—2002	YZR 系列起重及冶金用中型高压绕线转子三相异步电动机 技术条件		JB/T 5870—1991
JB/T 6216—2002	P 系列屏蔽电动机 技术条件		JB/T 6216—1992
JB/T 6217—2005	PB 系列隔爆型屏蔽电动机 技术条件		JB/T 6217—1992
JB/T 6744—1993	小功率电动机试验用测功机 通用技术条件		
JB/T 6762—2004	矿用隔爆型潜污水电泵		JB/T 6762—1993
JB/T 7075—2002	YZD 系列起重用多速三相异步电动机 技术条件		JB/T 7075—1993
JB/T 7076—2002	YEZS 系列起重用双速锥形转子制动三相异步电动机 技术条件		JB/T 7076—1993
JB/T 7077—2002	YZRE 系列起重及冶金用电磁制动绕线转子三相异步电动机 技术条件		JB/T 7077—1993
JB/T 7078—2002	YZRF、YZRG 系列起重及冶金用强迫通风型绕线转子三相异步电动机 技术条件		JB/T 7078—1993
JB/T 7124—1993	Y-F 系列防腐蚀型三相异步电动机 技术条件 (机座号 80-315)		
JB/T 7126—2007	YLB 系列深井水泵用三相异步电动机技术条件		JB/T 7126—1993
JB/T 7561—2002	WZ 系列起重及冶金用涡流制动器 技术条件		JB 7561—1994
JB/T 7562—2002	YEZX 系列起重用锥形转子制动三相异步电动机技术条件		JB 7562—1994
JB/T 7563—2005	YZE 系列起重及冶金用电磁制动三相异步电动机技术条件		JB 7563—1994
JB 7564—2005	YREZ 系列起重用锥形绕线转子制动三相异步电动机 技术条件		JB 7564—1994
JB/T 7577—2007	清水泵用电容运转异步电动机 技术条件		JB/T 7577—1994
JB/T 7578—1994	食物搅拌机用串励电动机		

(续)

标准编号	标准名称	采标情况	被代替标准号
JB 7840—2005	YZRW 系列起重及冶金用涡流制动绕线转子三相异步电动机技术条件		JB 7840—1995
JB 7841—2005	YZZ 系列升降机电磁制动三相异步电动机 技术条件		JB/T 7841—1995
JB 7842—2005	YZR-Z 系列起重专用绕线转子三相异步电动机技术条件		JB 7842—1995
JB/T 8857—2000	离心式潜污泵		JB/T 8857—1999, JB/T 5803—1991
JB/T 8954—1999	YZLP 系列平车用双值电容单相异步电动机 技术条件		
JB/T 8955—1999	YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机技术条件		
JB/T 8956—1999	YZTD 系列塔式起重机用多速三相异步电动机 技术条件		JJ 87—1991
JB/T 10104—1990	YZ 系列起重及冶金用三相异步电动机 技术条件		ZB K26 007—1989
JB/T 10105—1999	YZR 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机技术条件		ZB K26 008—1989
JB/T 10221—2000	YZRSW 系列塔式起重机用涡流制动绕线转子双速三相异步电动机技术条件		
JB/T 10252—2001	YBEZ、YBEZX 系列起重用隔爆型锥型转子制动三相异步电动机技术条件		
JB/T 10253—2001	YBZE、YBZSE 系列起重用隔爆型电磁制动三相异步电动机技术条件		
JB/T 10360—2002	YZS 系列起重及冶金用三相异步电动机技术条件		
JB/T 10597—2006	封闭式制冷压缩机用三相异步电动机通用技术条件		GB/T 13500—1992

8.2 为什么电动机经过修理要进行试验？

答：经过修理的电动机必须进行一些必要的试验，检查质量是否符合要求。电动机的试验，一般分检查试验和型式试验。型式试验是制造厂对每一种新产品按标准规定进行全面试验，以验证设计、工艺上的技术问题，确定新产品是否符合有关标准。检查试验是检查制造厂的成品和修理后的电动机质量。

总之，电动机的修理试验是保证电动机修理后达到原定的技术水平。

8.3 异步电动机试验项目有哪些？

答：异步电动机的试验项目见表 8-2。

表 8-2 异步电动机试验项目

序号	型式试验项目	检查试验项目
1	绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定	绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定
2	绕组在实际冷状态下直流电阻测定 ^①	绕组在实际冷状态下直流电阻测定 ^①
3	转子开路电压的测定	转子开路电压的测定
4	空载试验	空载试验
5	堵转试验（短路试验）	堵转试验（短路试验）
6	温升试验	—
7	负载试验（效率、功率因数及转差率的测定）	—
8	最大转矩的测定	—
9	短时过转矩试验	—
10	起动过程中最小转矩的测定 ^②	—
11	超速试验	超速试验
12	绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验	绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验
13	绕组匝间绝缘介电强度试验	绕组匝间绝缘介电强度试验

① 仅对绕线型转子的电动机。

② 仅对笼型转子的电动机。

8.4 试验前一般检查哪些部分？

答：试验前检查电动机的装配质量，如外形是否完整，出线端连接是否正确；装配紧固情况；出线标记是否正确；转子转动是否灵活。绕线型电动机应检查电刷、刷架及集电环的装配质量，以及电刷与集电环的接触是否良好。封闭自冷式电动机应检查排风系统。电动机轴伸径向偏摆及振动情况。对于轴转动时的径向偏摆应不超过规定允许值，见表 8-3。

表 8-3 轴转动时的径向偏摆允许值

轴伸直径/mm	允许偏差/mm
6 ~ 10	0.025
10 ~ 18	0.030
18 ~ 30	0.040
30 ~ 50	0.050
50 ~ 80	0.060
80 ~ 120	0.080
120 ~ 180	0.100

8.5 绝缘电阻如何测定?

答: 绝缘电阻分为热态和冷态两种。对修理和出厂检查的电动机, 一般只测各相绕组对地、相与相之间地冷态(常温)绝缘电阻。绕线式电动机还应测量转子绕组的绝缘电阻。多速多绕组的电动机应对各绕组的绝缘电阻进行分别逐个测量。

绝缘电阻一般使用绝缘电阻表测量; 对于额定电压 500V 以下的电动机, 一般采用 500V 绝缘电阻表; 500 ~ 3000V 之间的电动机用 1000V 绝缘电阻表; 3000V 以上的电动机用 2500V 绝缘电阻表。对于 500V 以下的电动机的阻值不应低于 $0.5\text{M}\Omega$, 若低于此值这样的电动机不得进行高压试验。对全部更换绕组的电动机不应低于 $5\text{M}\Omega$ 。

热态绝缘电阻的测定, 属型式试验范畴。

大型电动机可通过测量绝缘电阻来判断绕组是否受潮, 其吸收比系数 R_{60}/R_{15} 应不小于 1.3, 其中 R_{60} 、 R_{15} 分别表示绝缘电阻表摇 60s、15s 时的绝缘电阻。

8.6 直流电阻如何测定?

答: 测量电动机绕组的直流电阻一般在冷态下进行。测量时, 视电动机的功率大小, 分为高电阻与低电阻。电阻在 10Ω 以上为高电阻; 10Ω 以下为低电阻。高压阻可用万用表测量; 10Ω 以下的可用单臂电桥; 1Ω 以下的用双臂电桥。

每台电动机应测量三次、取其平均值。测量时接触应该良好, 各相电阻应用同一仪表测量。

测量电阻时, 应注意绕组温度, 然后换算为 15°C 时的标准电阻值。

$$R_{15} = \frac{R_t}{1 + d(t - 15)} \quad (8-1)$$

式中 R_{15} ——绕组在 15°C 时的电阻值 (Ω);

R_t ——绕组在 $t^\circ\text{C}$ (测量时的温度) 时的电阻值 (Ω);

d ——导线的温度系数, 铜 $d = 0.004$; 铝 $d = 0.00385$;

t ——测量电阻时的绕组温度 ($^\circ\text{C}$)。

所测各相电阻值之间的误差与三相平均值之比不得大于 5%, 即

$$\frac{R_{(\text{最大})} - R_{(\text{最小})}}{R_{(\text{平均值})}} \leq 5\% \quad (8-2)$$

$$R_{(\text{平均值})} = \frac{R_A + R_B + R_C}{3} \quad (8-3)$$

如果电阻值相差过大, 则表示绕组中有短路、断路、焊接头接触不良或绕组匝数不对, 若三相电阻均超出规定范围, 说明绕组导线使用不当。

8.7 耐压试验是什么?

答: 绝缘电阻高并不表示该电动机绝缘性能好, 绝缘老化或绝缘虽受机械损伤但导线之间或导线与铁心之间还没有形成短路时, 用兆欧表测量绝缘电阻值仍可能很高。这种故障可经耐压试验发现。

所谓耐压是指电动机绕组相与相, 相与地经过绝缘物质绝缘后, 能承受一定的电压而不击穿。

试验电压为交流, 频率为 50Hz 的高压交流电, 试验线路如图 8-1 所示。\$B_1\$ 为调压器; \$B_2\$ 为 1:30 升压变压器, 也可利用同样变比的电压互感器; 电压表接在低压侧、但应将表盘按变比标成高压刻度, 以便读数; \$B_3\$ 供指示灯电源。试验时, 合上开关 \$S_1\$, 电路接通, 指示灯 \$H_2\$ 亮, 调节 \$B_2\$ 使升压变压器次级得到所需要的高压; 如绝缘不击穿, 过电流继电器 \$K_1\$ 不动作; 如绝缘击穿, \$K_1\$ 动作, 接通中间继电器 \$K_2\$, 切断升压变压器初级回路, 同时 \$K_2\$ 的常开触点闭合, 接通指示灯 \$H_1\$ (红), 作为告警。

试验时, 当电压升到半值后, 应徐徐升至全压值, 一般不少于 10s, 以免受冲击电压的影响。然后保持 1min, 再降至半值以下切断电源。

绕组承受的耐压值与电动机的额定功率和额定电压有关。1kW 以下的电动机或额定电压不超过 36V 的电动机, 其耐压试验的电压为 500V 加 2 倍额定电压; 1kW 以上的电动机, 其耐压试验的电压为 1000V 加 2 倍额定电压。如额定电压为 380V, 额定功率为 3kW 以上的电动机, 则耐压值为 1760V, 历时 1min。为了保证上述数值不被击穿, 在未浸漆前的白坯应提高一定数值, 一般在 500 ~ 1000V 之间。更换绕组的电动机, 试验电压的有效值应不超过上述规定的 75%。

高压电动机额定电压为 2000 ~ 6000V 时, 其试验电压为额定电压的 2.5 倍。

8.8 匝间绝缘试验是什么?

答: 对于更换绕组的电动机应进行匝间绝缘强度试验, 方法是把电源电压提高到额定电压的 130%, 使电动机空转 5min, 应不发生短路现象。

绕线式异步电动机进行匝间耐压试验时, 应将转子绕组开路, 使转子不能转动, 这时加于定子绕组的试验电压高于额定电压 30%, 转子绕组中所感应的电压也高于额定值 30%, 这样就同时对转子绕组进行了匝间绝缘强度试验。

多速电动机则应对各种转速分别进行匝间绝缘试验。

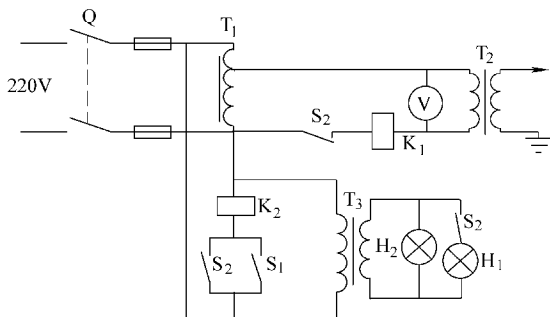


图 8-1 绝缘耐压试验线路

8.9 转子开路电压如何测定？

答：测量转子开路电压时，转子绕组开路，起动变阻器断开。在定子绕组上施加额定电压，在转子集电环间测量各相间电压。额定电压在 500V 以上的电动机，施于定子绕组上的电压可以适当降低。

测量电压的数值不应超过铭牌规定数值的 $\pm 5\%$ 。若其中一相电压低，则表示该相有短路或线圈接错的现象。

8.10 空载试验是什么？

答：电动机空载试验是在电动机定子绕组上施加三相平衡额定电压，使电动机空转 0.5h。在运行中测量三相电流是否平衡；空载电流是否太大或太小，电动机空载电流与额定电流的百分比见表 8-4。

表 8-4 电动机空载电流与额定电流百分比 (%)

功率 极数	0. 125kW	0. 55kW 以下	2. 2kW 以下	10kW 以下	55kW 以下	125kW 以下
2	70 ~ 95	50 ~ 70	40 ~ 55	30 ~ 45	23 ~ 35	18 ~ 30
4	80 ~ 96	65 ~ 85	45 ~ 60	35 ~ 55	25 ~ 40	20 ~ 30
6	85 ~ 97	70 ~ 90	50 ~ 65	35 ~ 65	30 ~ 45	22 ~ 33
8	90 ~ 98	75 ~ 90	50 ~ 70	37 ~ 70	35 ~ 50	25 ~ 35

在空载试验时，应观察电动机运行情况，监听有无异常声音，铁心是否过热，轴承温升及运转是否正常。绕线型电动机应检查电刷有无火花和过热现象。空载试验线路如图 8-2 所示。该线路采用两只瓦特表，测量三相功率。总功率为两表读数的代数和。两表读数的正、负取决于功率因数的大小，空载时 $\cos\varphi_0 < 0.5$ ，此时有一个瓦特表读数为负； $\cos\varphi_0 > 0.5$ 时，两读数均为正，空载功率最好用低功率因数瓦特表来测量。在无条件的情况下，也可用一只钳形电流表测量空载电流。

如果测出的空载电流超出范围很多，表示定子与转子之间的气隙可能超出允许值，或定子绕组匝数太少；如空载电流太低，表示绕组匝数太多，或误将三角形连接接成星形，二路并联改成一路串联等。根据修理经验，笼型电动机空载电流太大或太小，相应调整绕组匝数的比例见表 8-5。

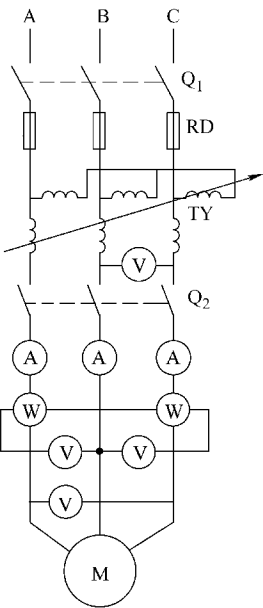


图 8-2 空载试验线路

表 8-5 空载电流大、小与定子绕组匝数增、减的比例

空载电流变化 ($\pm \Delta I_0$)	15% ~ 20%	30%	50%
定子绕组匝数变化 ($\pm \Delta W$)	5%	10%	20%

如在测量中发现空载电流不平衡, 应注意不应超过 5% (实际上三相电压不可能绝对平衡)。如超出规定范围, 应当增加线圈匝数, 反之, 应适当减少线圈匝数。

8.11 短路试验 (堵转试验) 是什么?

答: 短路试验包括:

1) 定压法: 将电动机卡住不转, 给定子加 95V 的三相对称电压 (按国家标准, 额定电压为 380V 的电动机, 短路试验应在 100V 附近进行。习惯上常用 95V, 因 95V 恰为 380V 的 $1/4$, 比较方便)。记下定子的三个线电流 I_k (称为短路电流)。当 I_k 的数值在 I_N 与 $1.4I_N$ 之间时, 大致可认为合格。在这个范围以内, I_k 越大越好。对于 1kW 以下的电动机, I_k 允许比 I_N 小些。

2) 定流法: 令转子不动, 给定子加 60V 以下的三相对称电压, 并注意定子的三个线电流 (一般小于 I_N)。逐渐升高电压使定子电流等于 I_N 为止。记下这时的定子电压 U_R (称为短路电压)。当 U_R 在 70 ~ 95V 之间时大致可认为合格。一般地说, 在这个范围内, U_R 越小越好。对 1kW 以下的电动机, U_R 允许比 95V 稍大些。

如短路电流三相不平衡, 则表示定子绕组有短路、接错或转子绕组断路等现象。

8.12 超速试验是什么?

答: 超速试验的目的, 在于考验转子各部分对于离心力的机械强度和轴承在超速时的机械强度, 电动机在空载情况下, 应能承受 1.2 倍额定转速试验, 历时 2min。提高转速的常用方法有以下两种:

1) 提高被测电动机电源频率。

2) 用辅助电动机拖动被测电动机, 亦可将转子取出单独进行超速试验。超速试验后, 应检查转子有无有害变形。

8.13 温升试验是什么?

答: 电动机在运行过程中, 各种损耗都转化为热量, 使电动机各部分的温度升高, 由于绝缘材料的使用寿命和工作温度密切相关, 工作温度过高, 绝缘材料的寿命将迅速下降。每一种绝缘材料都有一个最适宜的工作温度, 此时绝缘材料不易老化。因此, 电动机温升试验是一个重要项目。测量温升的方法一般有温度计法和电阻法。

电动机的温升一般应在额定负载情况下测定, 为了节省电能, 也可在空载下测量。

1) 温度计法: 用温度计直接测量电动机的温升。在选择温度计时不能选用水银温度计, 因电动机中有漏磁场, 这个交变磁场可使水银内产生涡流而发热, 影响测量的准确性, 因此必须使用酒精温度计。

测量前起动电动机, 调节负载使电动机的线电流等于额定电流, 然后用温度计测量电动机各部温度; 电动机在运转中温度不断上升, 数小时后温度达到某一稳定数值而不再上升, 这时测出的温度减去环境温度就是电动机的温升。

由于测得的温度都是表面温度，比绕组内部温度最高点大约低 10℃，因此，应把测得的温度加上 10℃，才得出电动机的实际温升。

在使用温度计时，因其底部都呈圆形且易破碎，与测量部位的接触面积太小，所以需用锡箔紧裹温度计的玻璃球，外面包以棉絮（底部不包）并用纱带扎紧，再紧贴在所测部位。

对于封闭式电动机，不能用温度计直接贴在线圈上测量，可把吊环卸下，从吊环孔中测量。

2) 电阻法：利用导体电阻随温度升高而增大的原理，只要分别测出冷态和热态的电阻，就可计算出平均温升。试验前先测线圈冷态电阻和线圈温度。在电动机额定负载运行后，每隔一定时间测一次电阻，至电阻不再增加（测得两次电阻不变）时，记录热态时的相电阻。然后计算绕组温升 θ ：

$$\theta = \frac{R_{\theta} - R_e}{R_e} (k + t_e) + t_e - t_r \quad (8-4)$$

式中 R_{θ} ——绕组在试验结束断电瞬间的热态电阻（Ω）；

R_e ——绕组在实际冷态下的电阻（Ω）；

t_e ——绕组在实际冷态下的温度（℃）；

t_r ——试验结束时的冷却介质温度（℃）；

k ——常数（铜： $k=235$ ；铝： $k=228$ ）。

R_{θ} 与 R_e 须在同一出线端上测量。

3) 用空载法间接测定定子绕组的温升：空载测定温升的方法和满载测定温升的方法基本相同，此法只需让电动机作空载运行。根据空载时的各项数据，用式（8-4）计算出空载温升 θ_0 。再按式（8-5）换算成满载时的温升 θ ：

$$\theta = \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 4ac}}{2a} \right) \cdot \left(\frac{I}{I_0} \right)^2 + \theta_0 - \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 4ac}}{2a} \right) \quad (8-5)$$

$$a = \frac{6.75 \frac{I}{I_0}}{\theta_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)^3 + 9\theta_0 \frac{I}{I_0} + k + t_r - 2\theta_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)^2} \quad (8-6)$$

$$c = \frac{1.15 (k + t_r) \theta_0}{\theta_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)^3 + 9\theta_0 \frac{I}{I_0} + k + t_r - 2\theta_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)^2} \quad (8-7)$$

式中 I ——满载电流，取铭牌电流；

I_0 ——空载电流，取最后三次的平均值。这种方法操作简便，节省用电，测量结果也比较准确。

8.14 直流电动机修理后必须进行哪些试验项目？

答：为了保证修理质量，直流电动机试验项目是：

- 1) 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定。
- 2) 绕组在实际冷状态下，直流电阻的测定。
- 3) 空载特性的测定。
- 4) 额定负载试验（同时检查换向，试验时间在各类型电动机的标准中规定）。
- 5) 偶然过电流试验（同时检查换向）。
- 6) 电动机的短时过转矩试验（同时检查换向）。
- 7) 发电机的固有电压调整率或电动机的固有转速调整率的测定。
- 8) 超速试验。
- 9) 振动的测定。
- 10) 匝间冲击耐电压试验。
- 11) 短时升高电压试验（如已进行了的第 10) 项试验，则本项试验可不再进行）。
- 12) 耐电压试验。

以上的 3)、4)、5)、6)、9)、11) 项可根据需要仅列为型式试验项目。

8.15 直流电动机试验前检查哪些部位？

答：除参照异步电动机的试验中有关部分外，还应检查如下部位。

- 1) 刷握应牢固而精确地固定在刷架上，刷杆应与换向器表面平行，各组刷握之间的距离应相等。
- 2) 电刷应能自由地在刷握内上下移动，但不能太松。电刷表面与换向器接触面积不得低于 75%。
- 3) 电刷的弹簧压板压力，一般电机为 11.8 ~ 16.7kPa，经常受到冲击振动的电机为 19.6 ~ 39.2kPa。
- 4) 换向器表面应清洁光滑，换向片间的云母不应突出在换向器表面，凹进深度为 1 ~ 1.5mm。
- 5) 检查电动机出线是否正确。各绕组线端的符号见表 8-6。
- 6) 磁极线圈电压降的检查：对各磁极线圈通直流电，测量每只线圈端子上的电压降，个别线圈电压数值与平均值间的相差不应大于 5%。

表 8-6 直流电动机出线端符号

绕组名称	对应的绕组线端符号									
	目前标志		1980 年国家标准		1965 年国家标准		1965 年前的符号		IEC 推荐	
	始端	末端	始端	末端	始端	末端	始端	末端	始端	末端
电枢绕组	W ₁	W ₂	A ₁	A ₂					A ₁	A ₂
换向绕组	WC ₁	WC ₂	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂			B ₁	B ₂
串励绕组	WS(E) ₁	WS(E) ₂	D ₁	D ₂	C ₁	C ₂			D ₁	D ₂
并励绕组	WS(H) ₁	WS(H) ₂	E ₁	E ₂	B ₁	B ₂	F ₁	F ₂	E ₁	E ₂
他励绕组	WS(P) ₁	WS(P) ₂	F ₁	F ₂	T ₁	T ₂	W ₁	W ₂	F ₁	F ₂
补偿绕组	WC(P) ₁	WC(P) ₂	C ₁	C ₂	BC ₁	BC ₂	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂

8.16 直流电机修理试验项目及要求是什么？

答：直流电机修理试验项目及要求见表 8-7。

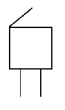
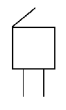
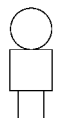
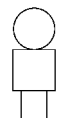
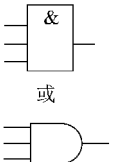
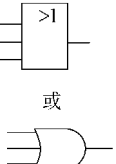
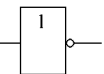
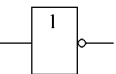
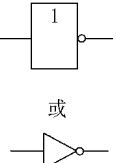
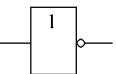
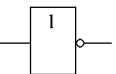
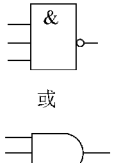
表 8-7 直流电机修理试验项目及要求

序号	项 目	周 期	要 求	说 明
1	测量绕组的绝缘电阻	(1) 大修时 (2) 小修时	绝缘电阻一般不低于 0.5MΩ	(1) 用 500V、1000V 或 2500V 的 MΩ 表 (2) 励磁机应测量电枢绕组对轴和绑线的绝缘电阻
2	测量绕组的直流电阻	大修时	与制造厂试验数据或以前测量值比较其差别，一般不应大于 2%。换向极绕组自行规定；20kW 以下的不重要的直流电机自行规定	
3	测量电枢换向片间的直流电阻	大修时	相互间的差值不应超过最小值 10%	由于均压线产生的有规律的变化时，各相应的片间进行比较判断
4	绕组的交流耐压试验	大修时	磁场绕组对机壳和电枢绕组对轴的试验电压：交接时为 0.75 (2 倍额定电压 + 1000) V，但不小于 1200V；大修时为 1000V	20kW 以下不重要的直流电机电枢绕组对轴的交流耐压可用 2500V 绝缘电阻表代替
5	测量磁场变阻器直流电阻	大修时	与铭牌数据或最初测量值比较，其差别不应超过 10%	应在不同接头位置测量电阻值，变化应有规律
6	磁场变阻器的交流耐压试验	大修时	试验电压为 1000V	磁场可变电阻器可随同励磁回路进行
7	调正电刷的中性位置	大修时	校对位置是否满足良好换向要求	
8	检查绕组的极性及其连接的正确性	大修时	极性和连线均应正确	
9	测量励磁机的振动，测量电枢与磁极之间的空气间隙	大修时	各点气隙与平均值的差别值不超过下列各值：3mm 以下间隙为平均值的 ± 10%；3mm 以上间隙为平均值的 ± 5%	
10	测量励磁机的振动	大修时	与制造厂出厂试验资料比较，应在测量误差的范围内	

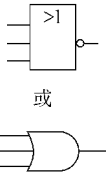
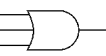
附录 国内外电气图形符号对照

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
动合触点		 或 	 或 		 或 		
动断触点		 或 			 或 		
自动复位的手动按钮开关							
动断按钮							
屏蔽导线		 或 		 或 			
同轴电缆							
照明灯 一般符号							
信号灯 一般符号				 或 			 或 或

(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
蜂鸣器	优选型 						
音响信号 装置	优选型 						
“与” 门							
“或” 门							
“非” 门							
“与非” 门							

(续)

名 称	中 国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
“或非”门				 或 			
先合后断 的转换 触点 或 先合后断 的双向转 换触点	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 
先断后 合的转 换触点	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 
延时闭 合的动 合触点		 或 	 或 				
延时断 开的动 断触点		 或 	 或 				

(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
延时断 开的动 合触点		 或 	 或 				
延时闭 合的动 断触点		 或 	 或 				
继电器 线圈, 一 般符号				 或 			
缓慢吸合 继电器 线圈				 或 			
缓慢释放 继电器 线圈				 或 			

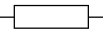
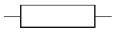
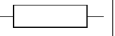
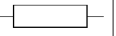
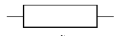
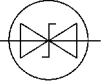
(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
极化继 电 器 线 圈							
热继电 器驱动 器件							
接机壳							
导线的双 T 线连接							
连接片							

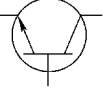
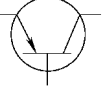
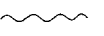
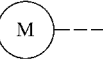
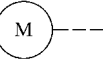
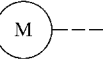
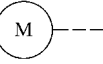
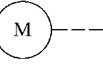
(续)

名 称	中 国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
插头和 插座			 或 			 或 	
电抗器 扼流圈	 或 		 或 		 或 	 或 	 或
直流	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或
交流低频 (工频或 亚音频)							
交直流	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或
具有交流 分量的整 流电流	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或 	 或
放大器	 或 	 或 	 或 		 或 	 或 	 或

(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
电 流 表							
电 压 表							
电阻器， 一般符号			 或 	 或 	 或 		 或  或 
半导体 二极管， 一般符号			 	 	 		 
单向击穿 二极管							
双向击穿 二极管							
三极闸流 晶体管							

(续)

名 称	中 国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
NPN 晶体管							
PNP 晶体管							
N 型沟道 结型场效 应晶体管							
P 型沟道 结型场效 应晶体管							
导线、电 路电线 一般符号							
柔软导线							
端子	 或 	 或 					
电动机 操 作							

(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
手动操作							
三角形 连接的 三相绕组							
星形连 接的三 相绕组							
中性点 引出的 星形连 接的三 相绕组							
导线的 不连接 (跨越) 单 线表示							
接地一 般符号							
永久磁铁							

(续)

名 称	中国		国际电工 委员会	美 国	英 国	德 国	日 本
	新符号	旧符号					
光敏电阻							
光生伏打电池							
过 流 继电器							
欠 压 继电器							
桥式全波 整流器							
熔断器							

参 考 文 献

- [1] 潘雪松, 等. 安全用电与节约用电 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [2] 孙克军. 电动机的使用与维修 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [3] 中国机械工程学会设备与维修工程分会 “机械设备维修问答丛书” 编委会. 工厂电气设备维修问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [4] 机械工业技师考评培训教材编审委员会. 电机修理工技师培训教材 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [5] 杨振宽. 电工最新基础标准应用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [6] 高玉奎. 维修电工手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [7] 刘行川. 简明电工手册. 2 版 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2003.
- [8] 国家机械工业局. 中国机电产品目录⑭大型电机、中小型电机, ⑮微电机、小功率电机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [9] 赵家礼, 等. 电机故障诊断修理手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [10] 苑家良, 等. 施工机械修理手册 [M]. 上海: 上海远东出版社, 1992.
- [11] 赵家礼. 电动机修理手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [12] 赵凯. 中国高效电动机市场现状和发展趋势展望 [J]. 电气时代, 2008 (6,7).
- [13] 陈思信. 直线电动机的技术趋势 [J]. 电气时代, 2006 (9).
- [14] 徐伟. 智能型电动机保护器工作原理及组网应用 [J]. 电气时代, 2006 (5).
- [15] 刘伦富. 电动机绕组修理与技术改造 [J]. 电气时代, 2006 (3).
- [16] 施进浩. 微特电机技术的市场发展趋势与措施 [J]. 电气时代, 2005 (1).

● ISBN 978-7-111-28877-0

封面设计 / 电脑制作:
姚毅

09567 空调制冷设备维修问答	29元
09686 液压与气动设备维修问答	36元
09782 数控机床故障检测与维修问答	42元
11267 机床电器设备维修问答	38元
12227 电梯使用与维修问答	36元
13817 发生炉煤气生产设备运行与维修问答	24元
14158 风机及系统运行与维修问答	19元
14295 输送设备维修问答	25元
14351 起重设备维修问答	45元
15303 工厂电气设备维修问答	32元
16772 密封使用与维修问答	22元
17540 设备润滑与维修问答	30元
19038 工程机械维修问答	52元
19258 工业炉维修问答	40元
20057 泵类设备维修问答	35元
21781 锻压设备维修问答	49元
22270 铸造设备维修问答	39元
25193 空分设备维修问答	53元
26243 工业管道及阀门维修问答	56元
26327 压力容器设备管理与维护问答	58元
27740 焦炉机械设备安装与维护问答	52元
28877 电动机维修问答	56元

上架指导: 工业技术/电工技术

地址: 北京市百万庄大街22号 邮政编码: 100037
电话服务 网络服务
社服务中心: (010)88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>
销售一部: (010)68326294 教材网: <http://www.cmpedu.com>
销售二部: (010)88379649
读者服务部: (010)68993821 封面无防伪标均为盗版

定价: 56.00元

ISBN 978-7-111-28877-0



9 787111 288770 >