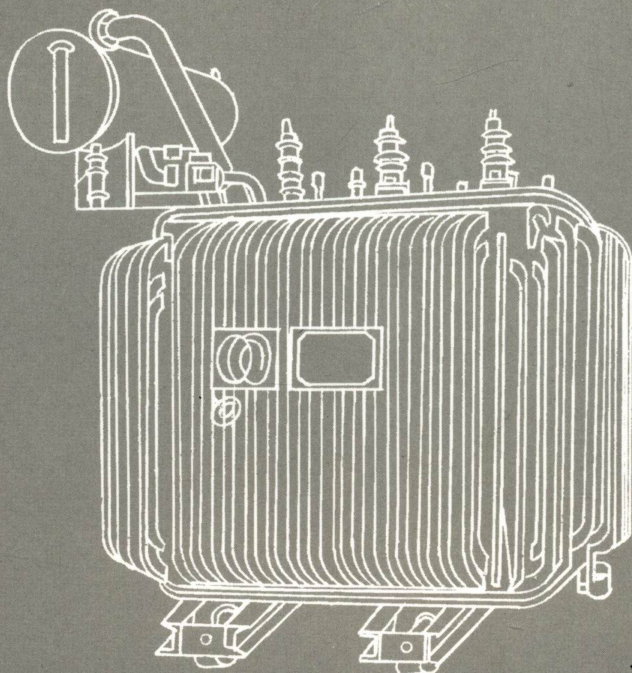




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业标准》编写



第2版

电气设备安装工(高级)

DIANQI SHEBEI ANZHUANGGONG

国家职业资格培训教材



委员会 组编
朱照红 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

电气设备安装工(高级)

第2版

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
朱照红 主编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准》高级电气设备安装工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书的主要内容包括:电气设备安装基础、施工前的组织与准备、电气动力设备安装调试、电动机运行与维护、电梯性能调试、特殊场所电气设备安装、电气设备试运行、组织管理。每章末有复习思考题,书末附有与之配套的试题库、模拟试卷样例及其答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的教材,也可作为高级技校、技师学院、高职、各种短训班的教学用书,还可作为读者自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安装工:高级/朱照红主编;国家职业资格培训教材编审委员会组编. —2版. —北京:机械工业出版社,2013.10

国家职业资格培训教材 技能型人才培养用书
ISBN 978-7-111-44293-6

I. ①电… II. ①朱…②国… III. ①电气设备—设备安装—技术培训—教材 IV. ①TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 236355 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:王振国 责任编辑:王振国 责任校对:杜雨霏

封面设计:饶 薇 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·16 印张·300 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44293-6

定价:29.80 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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材(第2版)

编审委员会

主 任 王瑞祥
副 主 任 李 奇 郝广发 杨仁江 施 斌
委 员 (按姓氏笔画排序)
王兆晶 王昌庚 田力飞 田常礼 刘云龙
刘书芳 刘亚琴 李双双 李春明 李俊玲
李家柱 李晓明 李超群 李援瑛 吴茂林
张安宁 张吉国 张凯良 张敬柱 陈建民
周新模 杨君伟 杨柳青 周立雪 段书民
荆宏智 柳吉荣 徐斌
总 策 划 荆宏智 李俊玲 张敬柱
本书主编 朱照红
本书参编 商联红 潘玉山 陆汝贤 毛佑南 肖永刚
本书主审 方锡祚

第2版 序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，有十几个省、自治区、直辖市相关行业200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》、《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了“七部委”联合制定的《促进就业规划(2011—2015年)》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

1. 新增紧缺职业工种——为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。

2. 紧跟国家职业标准——按照最新颁布的《国家职业技能标准》(或《国家职业标准》)规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。

3. 提炼重点知识技能——在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼出应重点掌握的必需的专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加精练。

4. 补充更新技术内容——紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，



补充了新的技术内容。

5. 同步最新技术标准——对原教材中按旧的技术标准编写的内容进行更新，所有内容均与最新的技术标准同步。

6. 精选技能鉴定题库——按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题，试题贴近教材、贴近国家试题库的考点，更具典型性、代表性、通用性和实用性。

7. 配备免费电子教案——为方便培训教学，我们为本套教材开发配备了配套的电子教案，免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

8. 配备操作实景光盘——根据读者需要，部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之，经过精心修订，第2版教材在保留了第1版教材精华的同时，内容更加精练、可靠、实用，针对性更强，更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们已经尽了最大努力，但教材中仍难免存在不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

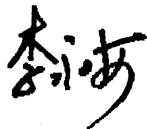
第1版 序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”、“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’，和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论知识和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！



(李永安 中国职工技术协会常务副会长)

第1版 序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相距甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级(5级)、中级(4级)、高级(3级)、技师(2级)、高级技师(1级)。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套“国家职业资格培训教材”。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了41个职业172种教材。



在职业选择上,除机电行业通用职业外,还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师(含高级技师)四本教材,各等级合理衔接、步步提升,为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要,对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近 20 种公共基础教材。

在编写原则上,依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要,我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业,从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要,在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题,书末有与之配套的试题库和答案,以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷,同时还根据需求为 20 多种教材配制了 VCD 光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性,我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的 200 多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字,做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”;增强实用性,重在教会读者掌握必需的专业知识和技能,是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材,也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中,曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助,在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢!

教材中难免存在不足之处,诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教,提出批评指正。我们真诚希望与您携手,共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

为进一步提高电气设备安装从业人员的基本素质和专业技能，满足电气设备安装工职业技能培训、考核、鉴定等工作的迫切需要，2005 年机械工业出版社组织编写了《电气设备安装工》国家职业资格培训教材。

随着时间的不断推移，现代科学技术的不断发展，职业技能培训的要求也在不断提高，为适应这种新变化，国家职业资格培训教材中的相关内容也要做出必要的调整，以适应新标准对培训内容的知识要求与技能要求。因此，我们决定对教材进行修订。本教材在修订过程中删除了工程预算初步等基础内容，改写了计算机相关知识，并增加了模拟试卷样例答案，使教材内容更好地适应了国家职业标准对电气设备安装工的相关要求。

本教材由朱照红任主编，参加编写的人员还有商联红、潘玉山、陆汝贤、毛佑南和肖永刚。方锡祚担任主审工作。

编者在编写过程中参阅了大量的相关规范、规定、图册、手册、教材及技术资料等，并借用了部分图表，在此向原作者致以衷心的感谢。

由于教材知识覆盖面较广，涉及的标准、规范较多，加之时间仓促、编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，敬请各位同行、专家和广大读者批评指正，以期再版时予以完善。

编 者

目 录

M U L U

第 2 版序
第 1 版序一
第 1 版序二

前言

第一章 电气设备安装基础	1
第一节 电力电子技术基础	1
一、晶闸管及其可控整流技术	1
二、变频技术	12
第二节 计算机与数字通信基础知识	14
一、计算机基础知识	14
二、数字通信基础	20
第三节 电气控制技术	22
一、继电器—接触器控制	22
二、单片机控制	27
第四节 电动机调速技术	33
一、调速系统的质量指标	34
二、直流调速	34
三、交流调速	39
第五节 仪器仪表与测量	42
一、电工仪表与测量	42
二、电子仪表与测量	44
第六节 液压传动基础知识	50
复习思考题	54
第二章 施工前的组织与准备	55
第一节 电气施工图样分析	55
一、电气施工图样的分类	55
二、施工图样的阅读方法	56



三、总体工程施工进度网络图	59
第二节 施工方案编制	60
第三节 吊装机械的选择与操作	62
一、起重机械的分类	62
二、流动式起重机的分类和结构	63
三、流动式起重机的基本参数	64
四、流动式起重机的维护保养	66
五、流动式起重机的事故分析	67
六、流动式起重机的作业条件	67
七、起重作业的操作要领	68
复习思考题	70
第三章 电气动力设备安装调试	71
第一节 电气动力设备安装调试所需专业知识	71
一、电气设备试验的基本知识	71
二、电力变压器的试验	73
三、继电器的结构、原理及检验	77
四、变配电所典型计算机监控系统	87
五、电缆故障的分析与寻测	98
第二节 电气动力设备安装调试技能训练实例	103
训练1 变压器绝缘电阻和吸收比的测试	103
训练2 绕组直流电阻的测量	106
训练3 变压器油的工频电压击穿试验	108
训练4 工频交流耐压试验	110
训练5 电压比试验	113
训练6 联结组标号试验	114
训练7 空载和短路试验	116
训练8 泄漏电流测试	119
训练9 介质损耗角正切值($\tan \delta$)的测量	120
训练10 电流继电器试验	122
训练11 电压继电器试验	124
训练12 感应型过电流继电器试验	125
训练13 中间继电器试验	126
训练14 信号继电器试验	128
训练15 时间继电器试验	129



训练 16 重合闸继电器试验	130
训练 17 差动继电器试验	131
复习思考题	132
第四章 电动机运行与维护	133
第一节 电动机运行与维护所需专业知识	133
一、电动机常见故障判断与排除方法	133
二、三相异步电动机的维护要求	136
三、高压电动机的巡视要求	137
第二节 电动机运行与维护技能训练实例	138
训练 1 笼型异步电动机温升过高故障的排除	138
训练 2 合闸后电动机有嗡嗡声而不转动	139
复习思考题	140
第五章 电梯性能调试	141
第一节 电梯性能调试所需专业知识	141
一、电梯试验方法	141
二、声级计的使用	146
三、电梯各项功能的确认	149
四、电梯试验常用检测工具及仪表	150
第二节 电梯性能调试技能训练实例	150
训练 1 电梯平衡系数的测定	150
训练 2 限速器和安全钳动作可靠性的检验	152
训练 3 缓冲器的检查与试验	153
训练 4 电梯运行和超载试验	155
训练 5 电梯平层准确度的检验	156
训练 6 电梯噪声的测定	157
训练 7 报警装置及电源中断应急装置的检验	159
训练 8 电梯振动与噪声故障的排除	160
复习思考题	162
第六章 特殊场所电气设备安装	163
第一节 特殊场所电气设备安装所需专业知识	163
一、真空断路器	163
二、矿用隔爆型真空馈电开关	165
三、真空接触器	166



四、真空电磁起动器	167
第二节 特殊场所电气设备安装技能训练实例	167
训练1 真空断路器的安装	167
训练2 隔爆型真空电磁起动器的安装	169
复习思考题	170
第七章 电气设备试运行	171
第一节 电气设备试运行前的检查、准备工作	171
一、电气设备试运行前的质量检验	171
二、电气设备试运行前的常规检查	172
三、电气设备试运行的方案分析	174
第二节 电气设备试运行	174
一、电气设备试运行的方法、程序及要求	174
二、电气设备试运行的故障分析	176
复习思考题	178
第八章 组织管理	179
第一节 班组管理	179
一、班组管理基本知识	179
二、班组经济核算	180
三、班组作业计划的制订	182
第二节 质量管理	183
一、全面质量管理基本知识	183
二、全面质量管理的常用方法	185
三、QC 小组活动的开展	191
复习思考题	194
试题库	195
知识要求试题	195
一、判断题 试题(195) 答案(222)	
二、选择题 试题(198) 答案(222)	
三、简答题 试题(209) 答案(223)	
四、作图题 试题(210) 答案(231)	
技能要求试题	211
一、真空断路器及其操作机构调试	211
二、变压器绝缘电阻和吸收比测定及交流耐压试验	212



三、变压器联结组标号、空载和短路试验	213
四、二次设备的调试与线路测绘	214
五、电梯限速器和安全钳动作可靠性及缓冲器检验	216
六、电梯平层准确度检测及噪声测定	217
模拟试卷样例	218
一、判断题 试题(218) 答案(232)	
二、选择题 试题(219) 答案(232)	
三、简答题 试题(221) 答案(232)	
四、作图与计算题 试题(221) 答案(233)	
参考文献	234

第一章

电气设备安装基础



培训学习目标 了解晶闸管的特性和简单的整流、变频技术的应用；了解计算机与数字通信基础知识；熟练掌握常用电气控制技术与电动机调速技术；掌握常用电工仪表的原理和使用方法；了解液压传动的基础知识。

第一节 电力电子技术基础

一、晶闸管及其可控整流技术

晶闸管是一种可以控制电路中电流通断的电力电子器件，在电路中可实现整流、逆变、变频、斩波等功能。

1. 晶闸管的结构和符号

晶闸管是由硅半导体材料做成的，内部由四层(PNP)半导体组成，对外引出三个端子(A、G、K)，即外部的P层和N层分别引出阳极A和阴极K，由中间的P层引出门极G，如图1-1a所示。晶闸管的文字符号是VT，图形符号如图1-1b所示。

2. 晶闸管的特性

经试验分析可知晶闸管具有如下特性：

1) 不仅具有反向阻断能力，同时还有正向阻断能力。

2) 正向导通的条件是：阳极加正向偏置电压，同时门极加正向触发电压。

3) 晶闸管一旦导通，门极就失去了控制作用。

4) 晶闸管要重新关断，必须设法使其阳极电流减小到低于维持晶闸管持续导通的电流。常用的方法是降低阳极电压或给阳极加反向

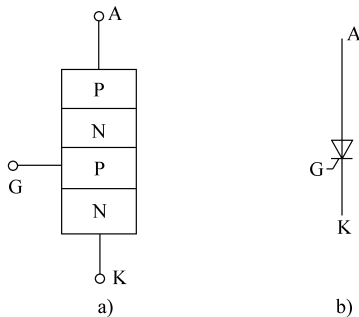


图 1-1 晶闸管的结构和符号

a) 结构 b) 符号



电压。

晶闸管的上述特性可以用其伏安特性曲线来描述,如图1-2所示。

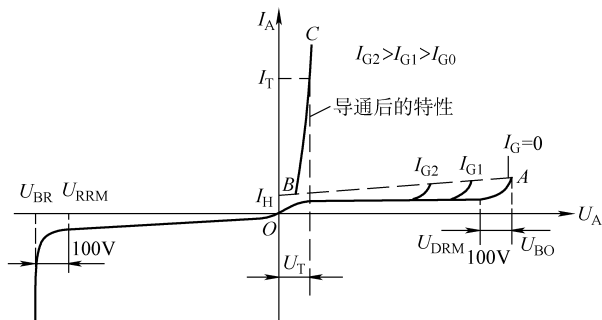


图1-2 晶闸管的伏安特性曲线

(1) 正向特性

1) $I_G = 0$ 时, 当阳极正向电压小于某一数值范围时, 阳极电流(即正向漏电流)很小, 晶闸管处于正向阻断状态; 当正向电压超过某一个值时, 正向漏电流急剧加大, 晶闸管导通, 此时的阳极电压叫做正向转折电压 U_{BO} , 晶闸管的这种开通方式叫做晶闸管硬开通, 正常情况下是不允许的。

2) $I_G > 0$ 时, 晶闸管仍有一定的正向阻断能力, 但使它由正向阻断状态转为正向导通状态所需的阳极电压比 U_{BO} 要低得多, 且 I_G 越大, 所需的阳极电压越低; 即只要晶闸管的阳极加上适当的正向电压, 再在门极上加上适当的触发电压, 晶闸管就可以触发导通, 这就是晶闸管具有的可控导通特性。

(2) 反向特性 晶闸管的反向特性与二极管相似, 也有反向阻断区和反向击穿区。晶闸管一旦击穿就永久损坏。

3. 晶闸管的参数和型号

(1) 晶闸管的参数

1) 正向断态重复峰值电压 U_{DRM} : 是指在额定结温、门极断路和晶闸管正向阻断的情况下, 允许重复加在晶闸管上的最大正向峰值电压, 一般取值比 U_{BO} 低 100V。

2) 反向重复峰值电压 U_{RRM} : 是指在额定结温和门极断路的情况下, 允许重复加在晶闸管上的反向峰值电压, 一般取值比反向击穿电压 U_{BR} 低 100V。通常 U_{DRM} 和 U_{RRM} 大致相等, 习惯称为峰值电压。

3) 通态平均电流 $I_{T(AV)}$: 在环境温度不超过 40°C 和规定的散热条件下, 允许流过的工频正弦半波电流在一个周期内的平均值, 简称为正向电流。当在一个周期内晶闸管导通的电角度小于 180° 时, 允许流过的电流必须降低。

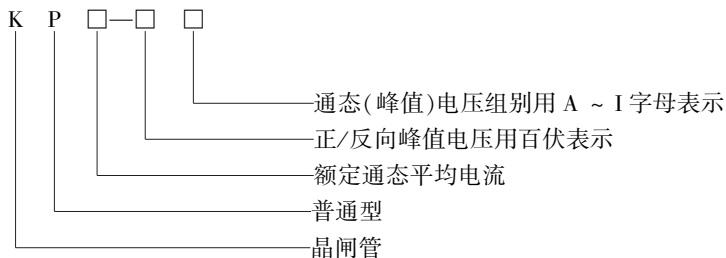
4) 通态(峰值)电压 U_T : 是指晶闸管通以某一规定倍数的额定通态平均电



流时的瞬态峰值电压。通常取晶闸管的 U_{DRM} 和 U_{RRM} 中较小的标值作为器件的通态峰值电压。

5) 维持电流 I_{H} : 是指在规定的环境温度和门极断路的情况下, 维持晶闸管持续导通的最小阳极电流; 它是晶闸管由导通到关断的临界电流。

(2) 晶闸管的型号 KP 系列普通晶闸管的型号及含义如下:



例如: 型号为 KP100—8F 的晶闸管表示额定电流为 100A、额定电压为 800V、正向导通压降组别为 F 的普通晶闸管。

4. 晶闸管可控整流电路

晶闸管可控整流电路的作用是把交流电变换成大小可调的直流电, 这是通过改变可控整流电路中晶闸管的触发延迟角 α 来实现的。触发延迟角增大, 输出电压的平均值减小, 反之则升高。

晶闸管可控整流电路有单相和三相两种, 单相可控整流电路又有单相半波整流电路、单相全波整流电路、单相半控桥式整流电路几种, 三相可控整流电路又分为三相半波可控整流电路和三相桥式全控整流电路。下面分别以单相半控桥式整流电路和三相半波可控整流电路说明其工作原理。

(1) 单相半控桥式整流电路

1) 电路组成: 如图 1-3a 所示, 该电路主要由整流变压器、晶闸管、二极管和负载电阻等组成。电路中晶闸管 VT1 和 VT2 的阴极接在一起, 代替了二极管桥式整流电路中对应的两个二极管, 触发脉冲同时加到两个晶闸管的门极和阴极之间, 根据晶闸管的导通条件可以分析电路的功能和

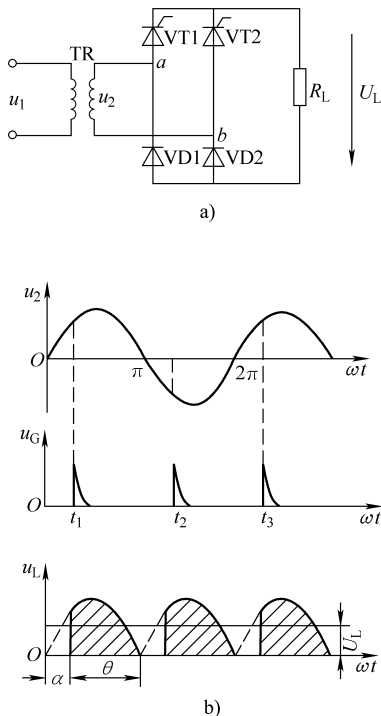


图 1-3 单相半控桥式整流电路

a) 电路 b) 波形



电路中晶闸管和二极管的导通情况。

2) 工作原理:通过分析加到晶闸管两端的电压和触发脉冲的瞬时极性,判断晶闸管的导通情况,从而得到负载上的电压波形,进而得出输出电压的数值关系并依此选用晶闸管。具体分析过程如下:

在电源电压 u_2 的正半周, VT1、VD2 承受正向电压, t_1 时刻加入正的触发脉冲 u_c , VT1 被触发导通, 电流回路为: $a \rightarrow \text{VT1} \rightarrow R_L \rightarrow \text{VD2} \rightarrow b$, 此时 VT2 和 VD1 因承受反向电压而关断, 负载上得到的电压等于电源电压 u_2 ; 当 u_2 接近零时, VT1 因正向电流小于维持电流而关断。

在电源电压 u_2 的负半周, VT2 和 VD1 承受正向电压, t_2 时刻随着正触发脉冲的加入, VT2 被触发导通, 电流回路为: $b \rightarrow \text{VT2} \rightarrow R_L \rightarrow \text{VD1} \rightarrow a$, 此时 VT1 和 VD2 因承受反向电压而关断, 负载上得到的为和 u_2 反向的电压。当 u_2 接近零时, VT2 因正向电流小于维持电流而关断。

如此周而复始, 负载上得到的电压波形如图 1-3b 所示。

我们把从晶闸管承受正向阳极电压开始到加入正的门极触发电压使其开始导通之间的电角度称为触发延迟角, 用 α 表示。晶闸管在一个周期内导通的电角度叫做导通角, 用 θ 表示。将触发延迟角 α 变化的范围称为移相范围。通过改变触发延迟角 α 的大小, 就可改变输出电压的大小。

由上述分析可知, 单相半控桥式整流电路输出电压的大小与触发延迟角 α 有关, 输出电压的平均值为

$$U_L = 0.9 U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad (1-1)$$

输出电流的平均值为

$$I_L = U_L / R_L \quad (1-2)$$

式中 U_2 ——交流电源电压的有效值(V);

α ——触发延迟角($^\circ$);

R_L ——负载电阻(Ω);

U_L ——输出电压的平均值(V);

I_L ——输出电流的平均值(A)。

每只晶闸管承受的最高反向峰值电压为 $\sqrt{2}U_2$, 每只晶闸管的平均电流为负载平均电流的 1/2。

例 1-1 如图 1-3 所示, 最大输出电压是 110V, 输出电流是 50A, 求: 交流电源电压的有效值 U_2 ; 当 $\alpha = 60^\circ$ 时, 输出电压的平均值是多少?

解 当 $\alpha = 0^\circ$ 时电路有最大输出电压, 由式(1-1)可得

$$U_2 = \frac{2U_L}{0.9(1 + \cos \alpha)} = \frac{2 \times 110}{0.9 \times (1 + \cos 0^\circ)} \text{V} = 122.2 \text{V}$$



当 $\alpha = 60^\circ$ 时, 有

$$U_L = 0.9 U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2} = 0.9 \times 122.2 \times \frac{1 + \cos 60^\circ}{2} \text{ V} = 82.5 \text{ V}$$

(2) 三相半波可控整流电路

1) 工作原理: 如图 1-4 所示, 当触发延迟角 $\alpha = 0^\circ$ 时, 输出电压的平均值最大, 晶闸管相当于普通整流二极管; 当 $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$ 时, 输出电压的波形是连续的; 当 $30^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ 时, 输出电压的波形是不连续的。该电路实际上触发延迟角的调节范围是较小的, 移相范围为 150° ; 当 $\alpha < 0^\circ$ 时, 输出电压将造成断相运行, 这是不允许的。

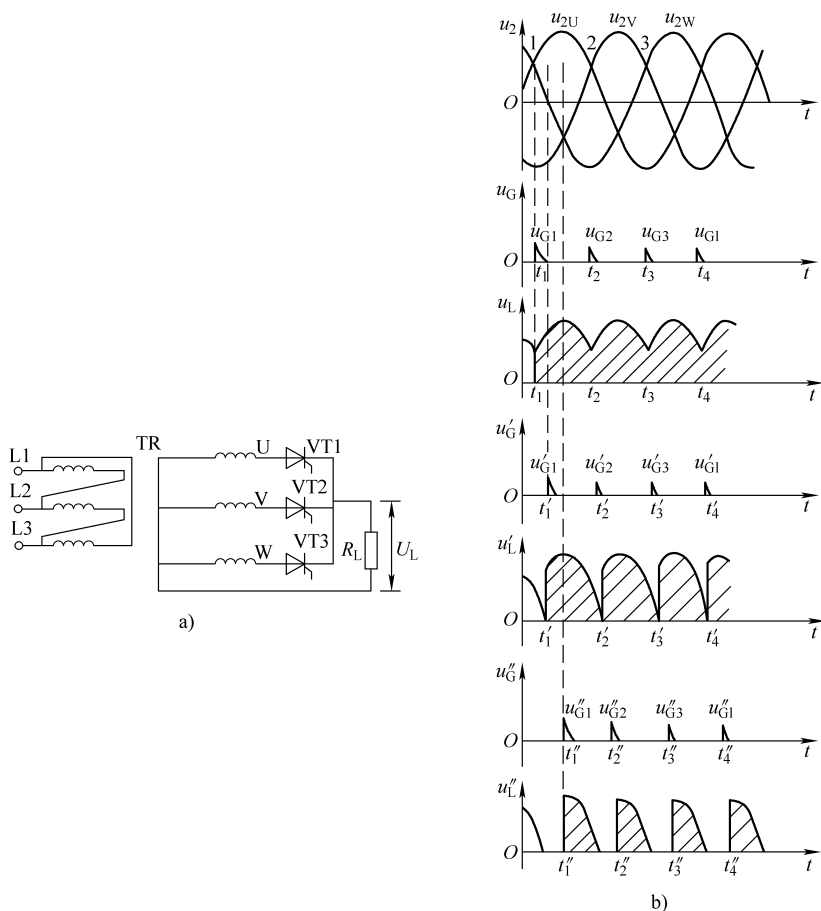


图 1-4 三相半波可控整流电路

a) 电路 b) 波形

2) 电路的输出电压和电流: 当 $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$ 时, 输出电压的平均值为 $U_L =$



1. $17U_2\cos\alpha$; 当 $30^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ 时, 输出电压的平均值为 $U_L = 0.68U_2[1 + \cos(\alpha + 30^\circ)]$ 。流过每个晶闸管的平均电流是负载平均电流的 $1/3$ 。

需要说明的是, 对三相电源而言, 三相半波可控整流电路比单相可控整流电路平衡, 输出电压的脉动程度小。主电路由电网直接供电, 由于各相中有较大的直流成分, 会使变压器的铁心磁化、变压器的效率降低; 可以采用三相半控桥式整流电路和三相桥式整流电路来改善此性能。如果要求输出的电流较大, 可以采用六相半波整流电路。

(3) 负载类型对晶闸管的影响

1) 电感性负载的影响: 当负载为电感性负载时, 由于流过电感的电流发生变化, 电感中产生感应电动势, 它使得负载电流的变化滞后于电压的变化; 当交流电压过零点时晶闸管本应关断, 但由于这时的电流仍大于维持电流, 使得晶闸管在电源电压过零点时不能自行关断。为了解决这一问题, 需要在负载两端反向并联一个二极管(称为续流二极管), 如图 1-5 所示。在负载两端并上续流二极管之后, 当 u_2 过零变负时, 电感性负载产生的电动势通过续流二极管导通构成负载电流的回路。

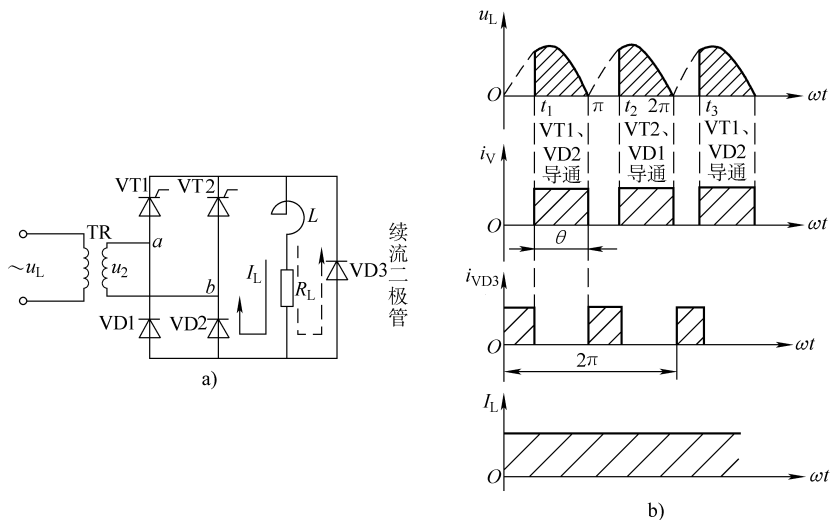


图 1-5 电感性负载电路

2) 反电动势负载的影响: 反电动势负载对晶闸管整流输出电压的影响如图 1-6 所示。该电路中, 只有当 u_2 电压大于反电动势时, 晶闸管才能导通, 形成电流输出。其他时间负载电流为零, 晶闸管断开。可见, 反电动势负载使得晶闸管的导通角减小, 负载电流的平均值也减小。因此, 在实际应用电路中, 为了扩大移相范围, 一般在反电动势负载电路中串联滤波电抗器, 使负载呈电感



性,同时并上续流二极管,使得电路的工作情况同电阻负载时一样。

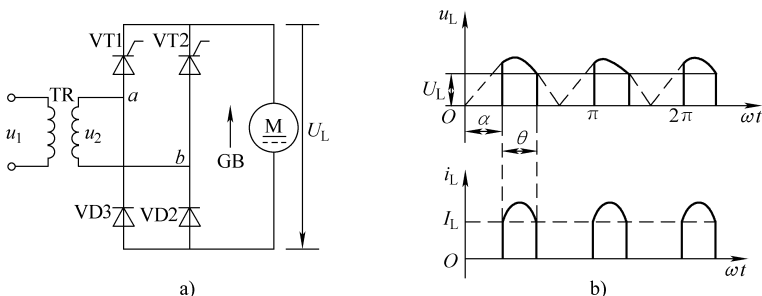


图 1-6 反电动势负载电路

a) 电路 b) 波形

5. 晶闸管触发电路

晶闸管触发电路是指能为晶闸管提供触发信号的电路。

(1) 对触发信号的要求 晶闸管对触发信号的要求是: 触发脉冲的上升沿要陡; 要有足够的功率和一定的宽度、幅度; 必须和晶闸管的阳极电源同步; 触发脉冲要有一定的移相范围。

(2) 触发脉冲的输出方式 触发脉冲有直接输出和变压器输出两种输出方式。

1) 直接输出: 触发电路与晶闸管的门极直接连接称为直接输出。它的优点是: 效率较高, 对脉冲信号前沿的陡度影响较小, 电路简单, 成本低; 缺点是: 触发电路与主电路有电的联系, 在要求触发电路与主电路隔离的场合不能使用, 适用于触发少量晶闸管而且触发电路与主电路绝缘的场合。

2) 变压器输出: 它的优点是触发电路与主电路之间实现了电气隔离; 缺点是脉冲变压器要消耗一部分触发脉冲功率, 使输出脉冲的幅度和前沿受损。

(3) 单结晶体管触发电路 常用的触发电路为单结晶体管触发电路。单结晶体管又称为双基极二极管, 它有一个发射极(E)和两个基极(B1、B2), 如图 1-7a所示。单结晶体管具有负阻特性, 在基极电源电压一定的条件下, 发射极电流 I_E 和发射极与第一基极 B1 间的电压 U_E 之间的特性曲线如图 1-7c 所示。

由特性曲线可以得出以下结论:

1) 发射极电压 U_E 小于峰点电压 U_P 时, 单结晶体管截止, 只有很小的发射极电流。

2) 发射极电压 U_E 等于峰点电压 U_P 时, 单结晶体管导通, 导通后 U_E 随 I_E 的增大而降低, 呈现负阻特性。

3) 当 U_E 下降到最低点(即谷点)以后, U_E 随着 I_E 的增加而缓慢上升, 进入饱和状态。

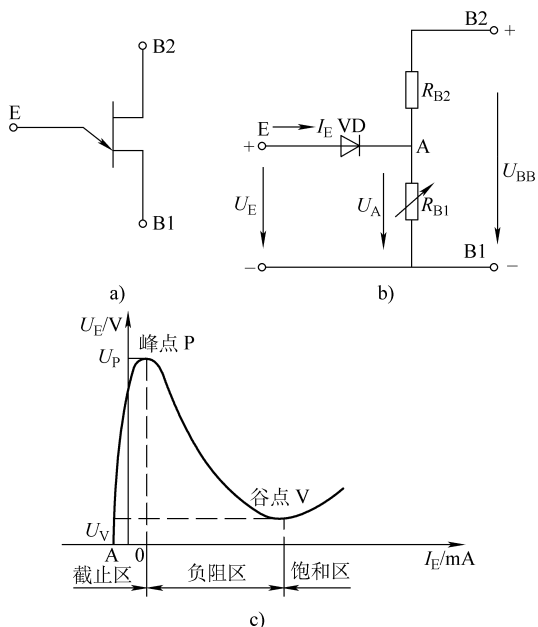


图 1-7 单结晶体管触发电路

a) 图形符号 b) 电路 c) 特性曲线

4) $U_E < U_V$ (谷点电压) 时, 单结晶体管重新变为截止。

不同的单结晶体管有不同的 U_P 、 U_V 值。利用单结晶体管的上述特性和电阻电容的充放电现象可以构成如图 1-8 所示的电路。

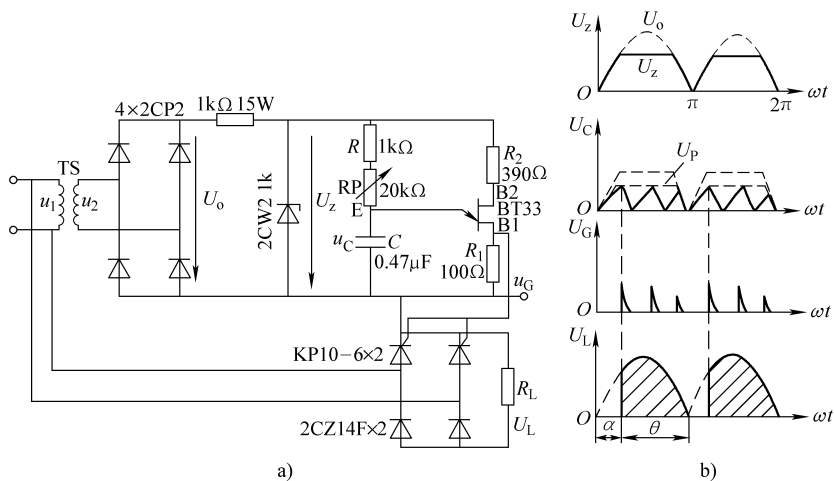


图 1-8 单结晶体管触发电路

a) 电路 b) 波形



单结晶体管触发电路由同步电路、整流电路、削波电路、 RC 充放电电路、脉冲输出电路构成。同步电路由同步变压器 TS 完成,其作用是使触发脉冲与主电路同步,并向触发电路提供一个低电压 u_2 ,经桥式整流电路整流后变成脉动的直流电。脉动的直流电经削波电路削顶之后得到一个梯形波电压 U_z ,作为单结晶体管触发电路的电源电压。 U_z 经 R 和 RP 对电容 C 充电,当 U_c 上升到大于单结晶体管的峰点电压时,单结晶体管导通,电容 C 通过 E 和 $B1$ 放电,在 R_1 上形成的触发脉冲电压加到主电路中两个晶闸管的门极,使处于承受正向电压的晶闸管导通。电容 C 放电后, U_c 下降,当低于谷点电压时,单结晶体管截止,输出的触发脉冲为零。通过改变 RP 的阻值可改变电容 C 充放电速度的快慢,即改变了加在晶闸管门极上第一个触发脉冲的时刻(也就是改变了触发延迟角 α),从而达到触发脉冲移相的目的,控制了主电路输出电压的大小。

电路中因触发电路电源电压和主电路电源电压同时过零,因此它保证了触发电路产生的脉冲电压都在同一时刻出现,即保证了触发电压和交流电源电压同步,实现了输出电压的稳定。

(4) 晶体管触发电路 采用脉冲变压器输出的晶体管触发电路,如图 1-9 所示。电路中同步电源电压 u_2 对 C_1 充电, C_1 对 R_1 和 L 放电的结果是在 C_1 两端获得锯齿波电压 U_{C1} 。 U_k 为加在 V 输入回路中的直流控制电压, U_{C1} 和 U_k 叠加后加在 V 的基极和发射极之间。当 $U_{C1} > |U_k|$ 时, V 截止;当 $U_{C1} < |U_k|$ 时, V 导通。当 V 由截止变为导通时,脉冲变压器的二次侧便产生脉冲输出电压。改变控制电压 U_k 的大小就可以改变 V 的截止和导通的时刻,即达到了移相的目的。

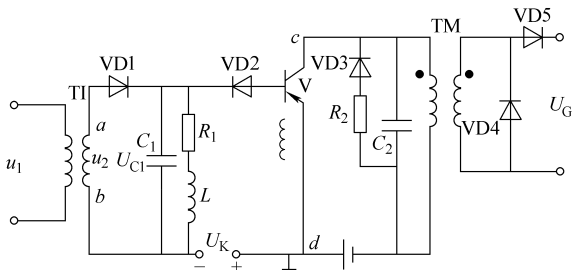


图 1-9 晶体管触发电路

(5) 集成触发电路 晶闸管集成触发电路种类较多,如 KC 系列、 TC 系列等集成触发器。集成触发器可用于单相电源或三相电源的晶闸管移相触发电路和脉宽调制电路中,以构成调压、调功等变流装置。与 KC 系列电路相比, TC 系列集成触发器具有功耗小、功能强、输入阻抗高、抗干扰性能好、移相范围宽、外接元器件少等优点。下面以 $TC782$ 为例介绍其应用电路。



TC782 集成电路的内部由过零和极性检测、锯齿波形成、锯齿波比较,经过抗干扰锁定、脉冲形成等电路组成。由 TC782 构成的小功率晶闸管应用电路如图 1-10 所示。

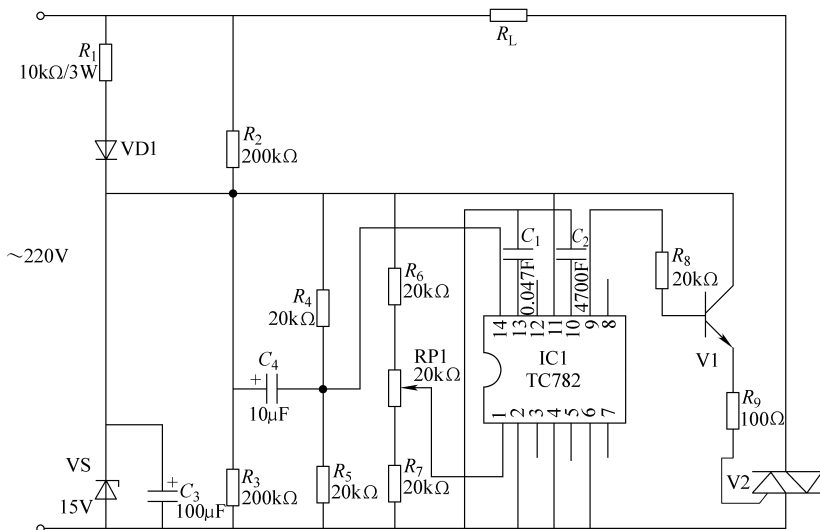


图 1-10 由 TC782 构成的小功率晶闸管应用电路

该电路为交流调压电路。电路中由 R_1 、VD1、VS、 C_3 构成简单的整流滤波稳压电路,为触发集成电路和脉冲输出电路提供直流电源。同步信号经分压电阻 R_2 、 R_3 分压后进入 TC782 的 14 脚,通过内部过零检测和极性判别电路检测出零点和极性,在电容 C_1 上积分形成锯齿波,锯齿波的大小与电容 C_1 的容量成反比,12 脚上接大阻值电阻可微调锯齿波。锯齿波与移相电压在集成电路内部的比较器中比较,取得相交点即为移相角,移相电压由 1 脚通过电位器或外电路调节取得。调节 RP1,增加移相电压,输出导通角减小,输出电压也就降低。脉冲形成电路是由内部的脉冲发生器给出调制脉冲列,这个脉冲列的宽度就是调制脉冲(或方波)的宽度,改变电容 C_2 的容量可改变调制频率,从而改变调制脉冲(或方波)的宽度。输出采用调制脉冲(或方波)可通过 TC782 的管脚来选择,2 脚低电平输出为方波,脉冲输出可以从 7 脚、8 脚或 9 脚引出,9 脚输出为同步正负半周输出脉冲,经晶体管 V1 驱动触发双向晶闸管 V2 导通;从而使 R_L 上得到输出可变的交流电压。

6. 晶闸管的保护

(1) 过电流保护 当流过晶闸管的电流超过其额定通态平均电流时称为过电流。为了保证晶闸管在过电流时能迅速切断过电流,从而保护晶闸管故设置了过电流保护。



常用的过电流保护措施有灵敏过电流继电器保护、直流快速断路器保护和快速熔断器保护，其中多采用快速熔断器保护。快速熔断器在电路中的接入方式有三种：接在直流侧、接在交流侧以及与晶闸管串联，如图 1-11 所示。需要注意的是，快速熔断器的标称是以电流有效值标识的，晶闸管额定通态平均电流的 1.57 倍可作为选择快速熔断器熔体电流的依据。例如额定通态平均电流为 10A 的晶闸管，必须选择熔体电流为 15A 的快速熔断器对它进行过电流保护。

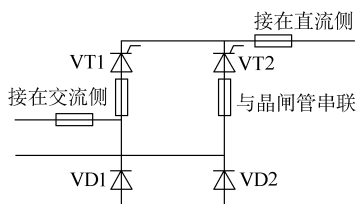


图 1-11 过电流保护电路

(2) 过电压保护 当加在晶闸管两端的电压超过其额定电压时，称为过电压。常用的过电压保护措施有阻容保护和金属氧化物压敏电阻(简称压敏电阻)保护两种。阻容保护是通过串联的 RC 阻容吸收回路来实现的。图 1-12 所示电路是分别在直流侧、交流侧和晶闸管两端加阻容吸收回路的接法。压敏电阻保护主要是利用其独有的电压电流特性来抑制过电压。图 1-13 所示为压敏电阻的几种接法。

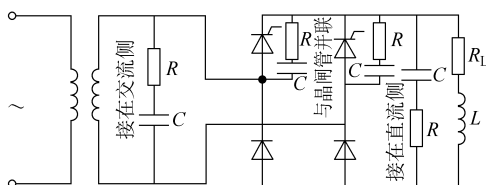


图 1-12 阻容保护电路

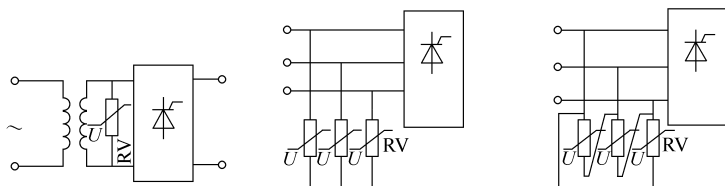


图 1-13 压敏电阻保护电路

7. 晶闸管的选择和检测

(1) 晶闸管的选择

1) 晶闸管电压等级的选择，可按下面的经验公式进行估算：

$$U_{RRM} \geq (1.5 \sim 2) U_{RM}$$

式中 U_{RM} ——晶闸管在工作中可能承受的反向峰值电压(V)。

2) 晶闸管电流等级的选择，一般按电路最大工作电流来选择



$$I_{TAV} \geq (1.5 \sim 2) I_{LM}$$

式中 I_{LM} ——电路最大工作电流(A)。

12

(2) 晶闸管的检测 判别晶闸管的好坏和对应电极的依据是利用其内部结构和特性,使用万用表的电阻挡来进行判别。

1) 晶闸管电极的判别。将万用表置于 $R \times 10$ 或 $R \times 1k$ 电阻挡,首先测量任意两个电极之间的电阻,如果测量出的两电极间的电阻较小,则该两个电极为门极和阴极。测试阻值较小时黑表笔对应的是门极,红表笔对应的是阴极。

2) 晶闸管好坏的判别。可通过测量其各个电极之间的电阻来判别。正常情况下,用万用表的 $R \times 1k$ 挡,测量阳极和阴极的正反向电阻、门极和阳极之间的正反向电阻,其值均应在几百千欧以上;万用表置于 $R \times 10$ 电阻挡时,门极和阴极间的电阻应有较大差异,否则管子是坏的。

二、变频技术

变频技术不但可应用在工业控制中控制电动机的转速,也可用于家电产品(例如空调器、荧光灯等)的控制。用于电动机控制的变频器,既可以改变电压,又可以改变频率,它的工作原理被广泛应用于各个领域,本节主要介绍交流电动机变频调速方面的基础知识。

1. 变频器的分类

在我国,电网所提供的交流电源的频率(50Hz)是固定不变的,而电压取决于各变、配电站提供的电压,通常也是不变的。实际工业生产和家电产品中往往需要把电压和频率固定不变的交流电变换为电压或频率可变的交流电来满足设备的需求,将电源频率的改变称为变频,将满足此功能的装置称作“变频器”。

(1) 按变换的环节划分

1) 交-交变频器:也称为直接变频器。它把频率固定的交流电直接变换成频率连续可调的交流电。其主要优点是没有中间环节、变换效率高,但其连续可调的频率范围较窄,主要应用于容量较大的低速拖动系统中。

2) 交-直-交变频器:也称为间接变频器。它先把频率固定的交流电整流成直流电,再把直流电逆变成频率连续可调的交流电。由于将直流电逆变成交流电的环节容易控制,因此,在其频率调节范围以及改善变频后电动机的特性方面具有明显的优势。

(2) 按电压的调制方式划分

1) PAM(脉冲幅度调制):它是通过改变输出脉冲幅度来调节输出电压的大小和波形的一种调制方式。

2) PWM(脉冲宽度调制):它是通过改变输出脉冲的宽度或者是占空比来



调节输出电压的大小和波形的一种调制方式。

(3) 按直流环节的储能环节方式划分

- 1) 电流型：其直流环节的储能元件是电感。
- 2) 电压型：其直流环节的储能元件是电容器。

2. 变频器的构成与工作原理

变频器一般由整流器、逆变器、滤波器、驱动电路、保护电路以及控制器 (MCU/DSP) 等部分组成。图 1-14 为 PWM 型交-直-交变频器的接线图。由图可知，这是一个 VVVF 变频调速系统。将单相或三相交流电通过整流器并经电容滤波后形成幅值基本固定的直流电压加在逆变器上，利用逆变器功率器件的通断控制，使逆变器输出端获得一定形状的矩形脉冲波形。通过改变矩形脉冲的宽度控制其电压幅值，通过改变调制周期控制其输出频率，在逆变器上同时进行输出电压和频率的控制，从而满足变频调速对 U/f 协调控制的要求。采用 PWM 控制的优点是能消除与抑制低次谐波，使负载电动机在近似正弦波的交变

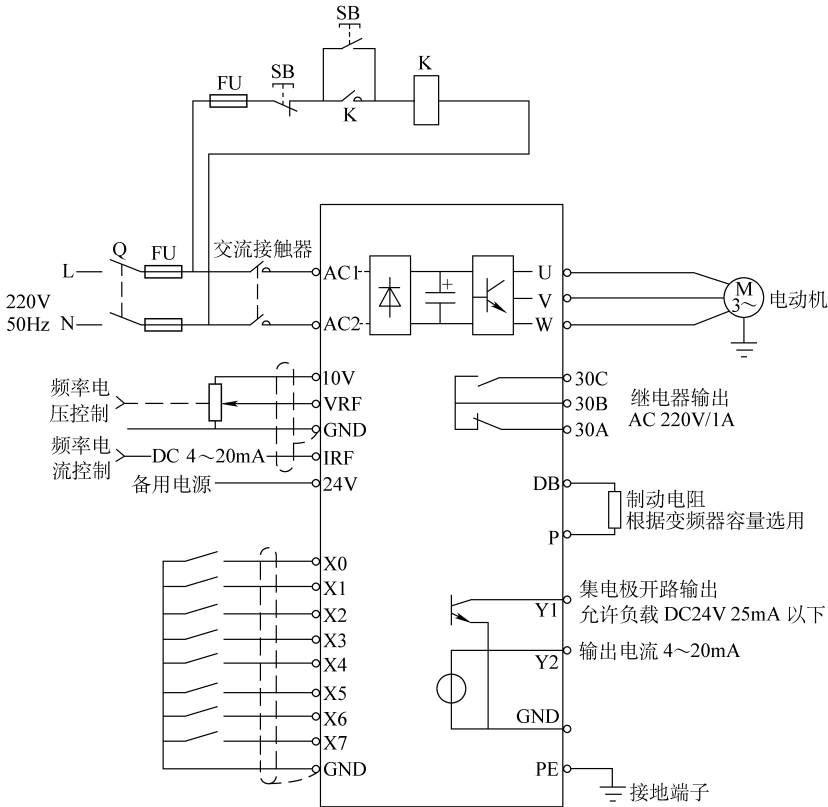


图 1-14 PWM 型交-直-交变频器的接线图



电压下运行、转矩脉冲小、调速范围宽等。

3. 变频技术的发展方向

(1) 交流变频向直流变频方向转化 直流变频是以数字转换电路代替交流变频中的交流转换电路,使负载电动机始终处于最佳运行状态。它摒弃了原有的交-直-交变频技术,采用先进的交流-直流控制技术。此种方式无逆变环节,因而减少了电流在工作中转变的次数,使电能转化效率大大提高,能够实现精确的控制,并平稳、安静、高效地运转。同时,克服了交流变频电动机电磁噪声较大的缺点,使噪声降低。

(2) 控制技术由 PWM(脉宽调制)向 PAM(脉幅调制)方向发展 采用 PWM 控制方式的电动机转速受到上限转速的限制,如压缩机转速一般不超过 7000r/min。而采用 PAM 控制方式的压缩机转速可提高 1.5 倍左右,这样大大提高了压缩机快速制冷和制热能力。同时,由于 PAM 在调整电压时具有对电流波形的整形作用,因而可以获得比 PWM 更高的效率。此外,在抗干扰方面也有着 PWM 无法比拟的优越性,可抑制谐波的生成,减少对电网的污染。

(3) 功率器件向高集成智能功率模块发展 智能功率模块(IPM)是将功率器件的配置、散热乃至驱动问题在模块中加以解决,因而易于使用,可靠性高。以变频空调为例,我国的变频空调几乎 100% 采用 IPM 方式。

第二节 计算机与数字通信基础知识

一、计算机基础知识

一个完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统两个部分。组成一台计算机的物理设备的总称叫做硬件系统,是计算机工作的基础。指挥计算机工作的各种程序的集合称为软件系统,是控制和操作计算机工作的核心。

1. 硬件系统

计算机硬件系统由主机、显示器、键盘、鼠标等组成,如图1-15所示。另外,计算机还可以外接打印机、扫描仪、数码相机等设备。

(1) 主机 计算机最主要的部分就是主机,主机内部有主板、CPU、内存、硬盘、光驱、显卡、声卡、电源等。

1) 中央处理器(CPU): CPU 用来直接处理计算机的大部分数据,它处理数据速度的快慢直接影响着整机性能的发挥。CPU 有主频、倍频、外频三个重要参数,它们的关系是:主频 = 外频 × 倍频。主频是 CPU 内部的工作频率,外频是系统总线的工作频率,倍频是它们相差的倍数。CPU 的运行速度通常用主频表示,以赫兹(Hz)作为计量单位。CPU 的工作频率越高,速度就越快,性能就



图 1-15 计算机硬件系统构成

越好，价格也就越高。目前的 CPU 最高工作频率已达到 3000MHz 以上。目前主流 CPU 有：英特尔酷睿 I 系列，I3—2100、I5—2300 和 I7—2600k 等；AMD 速龙 X4640 和羿龙 X4955 等。图 1-16 所示为常见 Intel 的 CPU 外形。

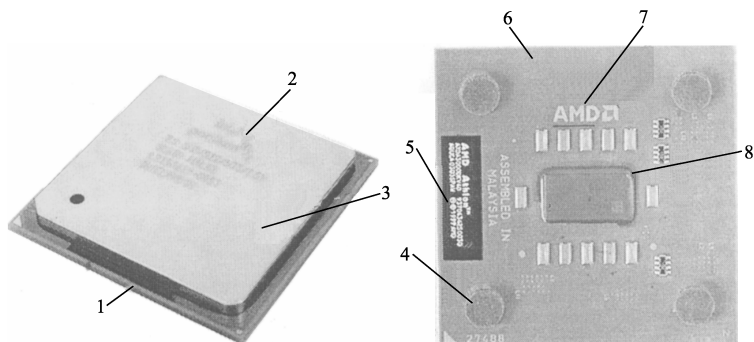


图 1-16 常见 Intel 的 CPU 外形

- 1、6—基板 2、7—产品品牌及型号 3—金属盖 4—散热装置支撑垫
5—产品标签 8—核心部件

2) 内存与硬盘：内存和硬盘都是计算机用来存储数据的，它们的单位为字节(Bytes)，常用 B 表示。计算机在处理数据时，它把大量有待处理和暂时不用的数据都存放在硬盘中，只是把需要立即处理的数据调到内存中，处理完毕后立即送回硬盘，再调出下一部分数据。计算机在实际工作时将一切要执行的程序和数据都要先装入内存。内存是内部存储器的简称，包括随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)，因为 RAM 是其中最主要的存储器，因此人们习惯将 RAM 直接称为内存。RAM 分为静态 RAM(SRAM)和动态 RAM(DRAM)两种。目前微型计算机中的内存大都采用半导体存储器，基本上是采用内存条的形式，其优点是扩展方便。容量以“MB”为单位($1\text{MB} = 1024\text{KB} = 1024 \times$



1024B), 常见的内存条有 128MB、256MB 的同步动态存储器 (SDRAM) 内存条, 256MB 或更大的双倍数据速率存储器 (DDRAM) 内存条。目前内存最大有 1 条 8G, 但对于个人计算机来说, 有 2G 已足够用了。比 RAM 运算速度还要快的是在 CPU 与内存之间的高速缓冲存储器 (Cache), 它固化在主板上, 容量相对较小。现在家用计算机品牌机的硬盘通常为 320 ~ 500G, 高档机硬盘可达 2T(2000G) 以上。硬盘容量要比内存大得多, 现在以 “GB” 为单位已属常见 (1GB = 1024MB)。硬盘在使用时常将其容量分配给不同的逻辑驱动器, 称为硬盘分区; 硬盘分区有利于计算机管理繁杂的信息, 而且当某一区出现故障时, 不会影响其他区的正常操作。常用的 C、D、E 是硬盘逻辑驱动器的名称, 操作系统一般放在 C 盘驱动器。内存和硬盘容量都是越大越好。图 1-17 所示为内存和硬盘。

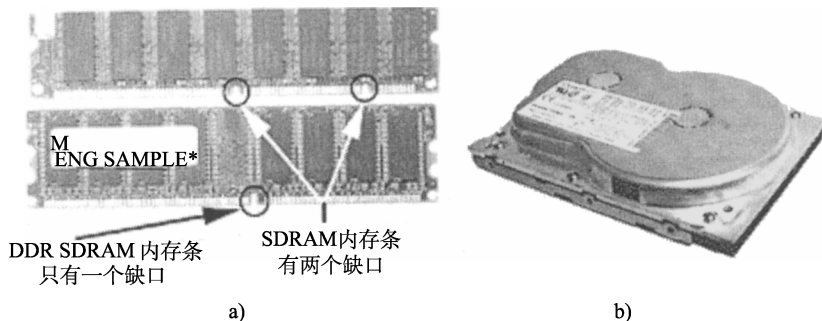


图 1-17 内存和硬盘

a) 内存 b) 硬盘

3) 驱动器: 驱动器分为硬盘驱动器 (简称为硬驱)、软盘驱动器 (简称为软驱) 和光盘驱动器 (简称为光驱)。硬盘和硬驱是一体的, 软驱和软盘、光驱和光盘是分开的。将软盘插入软盘驱动器时要注意方向, 3.5in 软盘在插入时应该使转轴面向下, 金属片朝前, 听到驱动器口下方的弹出按钮 “喀哒” 一声弹出, 说明软盘插好了。取出时, 应该先按一下弹出按钮, 软盘会自动弹出一部分, 接着将软盘抽出。值得注意的是, 软盘驱动器的上方或下方有一个小小的指示灯, 当指示灯亮时, 说明计算机正在读或写这个驱动器内的软盘; 硬盘驱动器同样有位于主机箱前面板上的指示灯, 指示灯亮时, 表明计算机正在读或写硬盘。驱动器指示灯亮时, 不能取出相应驱动器内的软盘或关机, 否则可能会对磁盘造成损坏。光盘驱动器是读取光盘信息的设备。驱动器的名字都是用单个的英文字母表示的, 常用 A 和 B 来表示软盘驱动器, 用 C、D、E 来表示硬盘驱动器, 光盘驱动器一般用硬盘驱动器后面的字母来表示。

4) 光盘: 光盘是计算机中数据运输和存储的得力助手。光盘通常分为 CD 光盘和 DVD 光盘两大类。



CD 光盘按功能和用途可分为 CD-R 和 CD-RW 两种, 其中: CD-R 光盘是只读光盘, 数据一次性写入, 容量在 700MB 以内; CD-RW 光盘是可以重复擦写的 VCD 刻录光盘, 容量也在 700MB 以内。

DVD 光盘常见的有 D5 和 D9 两种。其中: D5 是普通单面单层 DVD 光盘, 容量可达 4.7G; D7 是单面双层 DVD 光盘, 容量达 8.5G。DVD 也可按功能和用途分为 DVD-R、DVD + R 和 DVD - RW 三种。其中: DVD-R 适合一次性刻录视频资料, DVD + R 适合一次性刻录数据资料, DVD-RW 是可以重复擦写的大容量刻录光盘。

5) 电源(见图 1-18): 计算机内部所需电压不超过 12V, 而供电电压是 220V。计算机电源相当于一个变压器, 把 220V 电压转化为计算机内硬件设备所需的各组电压, 如: 12V、5V、3.3V。电源上有一束颜色不同并带接口的导线, 它们用来与主板、软驱、光驱、硬盘、CPU、风扇等部件的电源接口相连, 给它们供电。

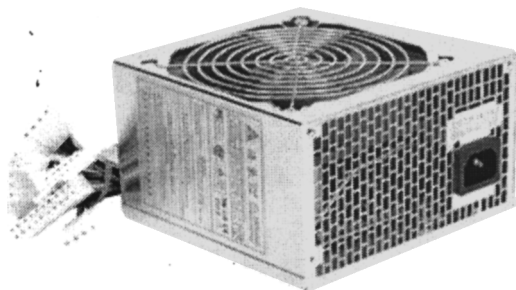


图 1-18 计算机电源

6) 主板: 主板上有一排排的插槽, 呈棕色和白色, 长短不一, 声卡、显卡、内存条等设备就是插在这些插槽里与主板联系起来的。除此之外, 还有各种元器件和接口, 它们将机箱内的各种设备连接起来。如果说 CPU 是计算机的心脏, 那么, 主板就是血管和神经。有了主板, 计算机的 CPU 才能控制硬盘、软驱等周边设备。目前市场上有 Socket370、Socket478 和 Socket603 架构主板。不同架构主板的插槽有所不同, 功能也存在着差异。主板由芯片组、各种插槽等接口电路构成。芯片组是主板的核心, 是 CPU 与周边设备沟通的桥梁。芯片组技术的高低就决定着主板性能的好坏。现在主要的芯片组制造商有 Intel、nVidia、VIA 和 SIS 公司。为了满足计算机灵活性和升级的需要, 人们已不在主板上直接焊接 CPU, 而是装上了插座。Socket 架构主板的 CPU 插座旁边有一个杠杆, 把它拉起来, CPU 的每一根插脚就可以轻松地插入插座的孔里, 然后, 将杠杆压回原来的位置, CPU 就被牢牢地固定住, 决不会脱离开。计算机的电源通过电源插头接到主板上, 为主板上的各个硬件设备供电。电源还通过插头接到硬盘、



光驱、软驱的电源插座上。为了扩展计算机的功能,常通过扩展槽来连接声卡、显卡等设备,并把它们的信号传给主板电路。扩展槽的接口有智能存储体系结构接口(ISA)、外围设备接口(PCI)、图形加速接口(AGP)三种。ISA 已比较少见,PCI 用途较广,AGP 是 3D 图形的加速端口。PCI 扩展槽为白色,AGP 和 ISA 扩展槽一般为黑色。在主板上我们还会看到数据线,一般为塑封的扁平带子,带子的一侧标示了一条红线,带子中间有若干黑色或褐色的接口。数据线用来连接主板、硬盘、光驱、软驱等设备,传递数据。通过这些数据线,计算机内的各硬件才能建立联系,交流数据。在主板上还有 I/O 接口,接口主要有串行口、并行口、USB 接口等。串行口常用 COM1、COM2、PS/2 表示;并行口用 LPT1、LPT2 表示。通常情况下,COM1 或 PS/2 连接鼠标或键盘,COM2 连接外置调制解调器。LPT1 通常连接并行口打印机,所以又叫做“PRN”口。近年来广泛使用的是 USB 接口。在主板上还存在高速缓冲存储器(Cache Memory),高速缓冲存储器是为增加内存的存取效能、提高 CPU 处理数据的效率而产生的。

7) 声卡:声卡是计算机内专用的声音处理芯片。声卡把计算机中反映声音的信息转化成电流信号,用音频放大器放大,使音箱的扬声器产生震颤,造成空气压力的变化,最终形成人耳所能听到的声音。声卡还负责将传声器的较低的电压信号采集到计算机内。声卡要插到扩展槽中与主板连为一体才能发挥作用。目前常用的声卡为 PCI 声卡,其输出有多个声道。生产声卡的著名厂家有创新、Aopen、Sound Blaster 等公司。

8) 显卡:把影像信息由二进制码转化为我们看得见的影像的计算机部件就是显示卡,简称显卡。图 1-19 所示为一块显卡。显卡的主要结构之一是显示内存,它与系统主存的功能是一样的,只不过负责的区域不同。显示内存用来暂存显卡芯片所处理的数据,而系统主存则用来暂存 CPU 所处理的数据。显卡最基本的三项指标是分辨率、色深和刷新频率。分辨率代表显卡在显示器屏幕上所能描绘的像素点的数量,一般以横向点 $\times$ 纵向点表示。如标准的 VGA 显卡最大分辨率为 640×480 像素。色深又称为颜色数,是指显卡在当前分辨率下能同时屏显示的彩色数量,以多少色或多少 bit 色来表示。如 256 色($8\text{bit 色} = 2^8$)。刷新频率是指图像在显示器屏幕上更新的速度,单位是赫兹(Hz)。目前流行的显卡大部分都能在分辨率为 800×600 像素下达到 85Hz 的刷新频率。刷新频率越高,屏幕上图像的闪烁感越小,视觉效果越好。以上三项指标越高,要求的显

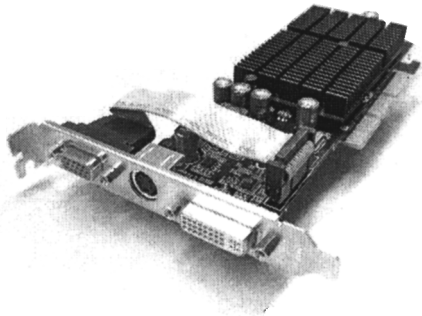


图 1-19 显卡



示内存越大。当今著名的显卡品牌有 ATI、NVIDIA 等。

(2) 显示器 计算机显示器常见的有传统 CRT 显示器和液晶显示器两种,规格有 14in、15in 和 17in 等几种。传统 CRT 显示器体形巨大且笨重,功耗大,辐射大,维修困难,现已基本淘汰。液晶显示器轻便紧凑,色泽柔和,电磁辐射小,可靠性高,深受广大用户喜爱。

(3) 键盘 键盘上有很多按键,各个按键有着不同的功能,按键每受一次敲击,就给计算机的中枢神经系统送去一个信号,计算机就是根据这些信号的指示来执行一个又一个任务。如打字就是通过键盘将文字输入到计算机中的。

(4) 鼠标 像键盘一样,它是给计算机的中枢送信号、下指令的。鼠标按工作原理可分为光电鼠标和机械鼠标。通常的鼠标有左键、右键两个按键,也有的增加一个中键,另外新型鼠标中间往往带有滚轮。你只需握住它,移动其底部,这时,屏幕上就会有一个箭头样的“光标”移动,当光标停在屏幕上你要执行的命令位置时,根据具体情况按动按键,计算机就会执行你下达的操作命令。

(5) 音箱和传声器 计算机的音箱通常有一对,有的音箱没有电源线,只要和计算机相连,打开计算机,也就给音箱通上了电,叫做无源音箱;有的音箱备有自己的电源线,叫做有源音箱。传声器是用来将声音信号转变为计算机能接受的电信号的。

(6) 不间断电源(UPS) 计算机如果遇到突然断电的情况,比如突然停电,就会丢失所有没有存盘的数据,这往往会造成很糟糕的后果。UPS 的出现使这一问题得到解决,它可以在断电之后,发出蜂鸣声告警,并继续给计算机供电约 10min,使操作者有时间进行必要的处理,避免产生令人头疼的后果。这就是 UPS 的功能,同时 UPS 还具有稳压的作用。

2. 软件系统

(1) 程序 计算机本身只能完成一些很简单的基本操作,如加法、减法、传送数据、发送控制电压脉冲等,这些简单的基本工作叫做计算机指令。一台计算机不过有几十条指令,把它们合起来叫做计算机的指令系统。计算机无论做多么复杂和高级的工作,都是靠着把指令适当地排列成一个序列,逐条地执行指令,最后完成整个工作。这种把指令排列成一定的执行顺序并能完成一定目标工作的指令序列,就叫做程序。

(2) 软件 软件就是一大段程序,具有专门且完善的功能。比如我们熟悉的 WPS 和 Word 字处理软件,就具有完善的文字编辑功能。人类的著作用墨汁印刷在纸张上呈现给我们看,音乐录制在磁带上给我们欣赏,软件则是存储在软盘或光盘上供我们使用。

(3) 软件分类 软件包括系统软件和应用软件。为了方便地使用计算机及



其输入输出设备,充分发挥计算机系统的效率,围绕计算机系统本身开发的程序系统叫做系统软件。如我们使用的操作系统(常用的有DOS、Windows、UNIX等)、语言编译程序、数据库管理软件。应用软件是专门为了某种使用目的而编写的程序系统,常用的有文字处理软件,如WPS和Word;专用的财务软件、人事管理软件;计算机辅助软件,如AutoCAD;绘图软件,如3DS等。

(4) 驱动程序 给计算机安装声卡等新硬件时,只把它们与计算机的其他硬件连接起来是不够的,必须把新硬件“驱动”一下,它才能工作。行使“驱动”任务的就是硬件的驱动程序。驱动程序是设备与操作系统的接口,硬件与其他部件连接后,必须在操作系统下安装该硬件的驱动程序,安装完成后,该硬件才能被计算机系统承认并允许它工作。声卡、显卡、光驱、打印机、扫描仪等硬件在出售时都附带装有该硬件驱动程序的驱动盘,不同型号的设备有不同的驱动程序。

二、数字通信基础

1. 数字通信系统的基本模型

图1-20所示为数字通信系统的模型框图。图中加密器和解密器的位置可前可后,例如加密器可以在信道编码器之前,也可以在信道编码器之后。另外,对于一个实际的数字通信系统来讲,其中有的矩形框可能没有。例如不使用保密功能时,加密器和解密器就不要了;不需要抗干扰的信道编码时,信道编码器和信道译码器就不要了。此外,数字通信系统中必不可少的同步系统,由于它和很多部件结合在一起,没有单独画出。

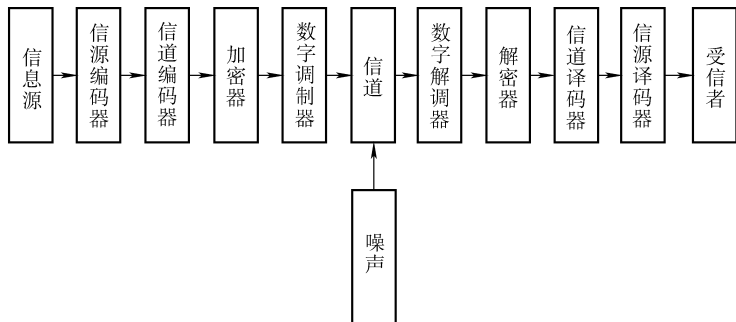


图1-20 数字通信系统模型框图

2. 数字通信系统各部分的作用

(1) 信息源 信息源一般指的是由电传机、纸带读出机等送来的数字基带信号。最典型的数字基带信号为二进制矩形脉冲,平常我们称它为二进制码或



二进制代码。这种二进制数字信号只有这两个值, A 和 0 (或 $-A$)。在接收端判决结果也只有这两个值, 这一点与模拟信号(取值是连续的)完全不同。

(2) 信源编(译)码器 信源编码器的主要作用是进行降低信号多余度, 其目的是减少码元数目和降低码元速率。如果信息源送来的是模拟信号, 那么信源编码还包含一个把模拟信号转换为数字信号的模-数转换器, 即通过取样、量化和编码三个步骤把模拟信号变成数字信号。有时候就把模-数转换称作信源编码。信源译码器的作用与信源编码器相反, 例如信源编码器为模-数转换器时, 信源译码器就是数-模转换器。

(3) 信道编(译)码器 信道编码器又称为抗干扰编码器和纠错编码器。它是将信源编码器输出的数字基带信号人为地按照一定的规律加入多余码元, 以便在接收端译码器中发现或纠正码元在传输中的错误, 这样可以降低码元传输的错误率。初看起来, 信道编码器增加多余度的作用与信源编码器降低多余度的作用互相抵消了。其实不然, 因为信源编码器中降低的是输入数字信号中的自然多余度, 这种自然多余度不能起纠正错码的作用。而信道编码器中加入的多余码元是有一定规律的, 这种规律能有效地提高传输性能, 降低码元传输的错误率。

(4) 加(解)密器 它的位置可以在信道编(译)码器的前面, 也可以在信道编(译)码器的后面。加密的方法很多, 例如可以把数字信号和一个周期很长的 M 序列进行模二相加, 这样将原来的数字信号变成一个不可理解的另一序列, 被人窃取后就无法理解其内容了。在接收端必须加上一个同发送端一样的负序列, 和收到的信号再次进行模二相加, 就可以恢复原来发送的数字信号。

(5) 数字调制(解调)器 前面得到的数字信号都是基带信号, 数字调制器是将数字基带信号经过各种不同的调制变为适合于信道传输的频带信号。数字调制的方法很多, 有的可以和模拟通信系统中的调制方法一样。但由于数字基带信号往往是二进制脉冲序列, 因此数字调制往往用键控方式调制, 这样就有振幅键控法(ASK)、频率键控法(FSK)和相位键控法(PSK)等数字调制方式, 其波形如图 1-21 所示。其中图 1-21a 所示为基带信号; 图 1-21b 所示为 ASK 信号, 幅度只有两种 A 和 0 (或 $-A$); 图 1-21c 所示为 FSK 信号, 1 码时频率为 f_1 , 0 码时频率为 f_2 , FSK 信号的频率受基带信号调制, FSK 信号在时间上是连续的; 图 1-21d 所示为 PSK 信号, 振幅频率都是不变的, 但它的相位受基带信号调制, 它的波形在时间上也是连续的。如果数字基带信号不经过调制, 直接传输, 则称为数字信号的基带传输。

3. 数字通信系统的主要优缺点

数字通信的主要优点是:

1) 抗噪声性能好。由于数字通信系统传输的数字信号携带信息的参量只有



有限个取值,一般都是采用只有两个取值的二进制信号,这样发送端传输的和接收端需要接收和判决的只有两个值,例如二进制信号1码取值为 A ,0码取值为0。传输过程中,由于噪声的引入对波形有影响,使波形产生失真,甚至产生很大的失真。接收端接收到受噪声影响而失真的波形以后,对它进行判决,确定是1码还是0码,并再生1、0码的波形。因此,只要不影响判决的正确性,即使波形有失真,也不会影响再生以后的波形。而模拟通信时,噪声使模拟信号失真以后,哪怕噪声很小,噪声的影响也是无法消除的。因此和模拟通信相比,抗噪声性能好是数字通信最主要的优点。

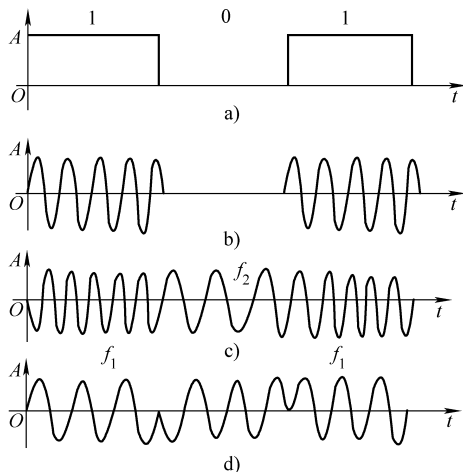


图 1-21 数字调制的波形

a) 基带信号 b) ASK 信号
c) FSK 信号 d) PSK 信号

2) 数字通信中可以采用信道编码技术使错码率降低。

3) 数字通信便于加密。

4) 数字信号便于处理、存储、交换,便于和计算机等设备连接。

数字通信最主要的缺点是占用的频带比较宽。以通电话为例,模拟通信使用3~4kHz带宽即可,而数字通信一般需要几十千赫带宽;另外,数字通信的设备一般比模拟通信的设备复杂。

第三节 电气控制技术

一、继电器—接触器控制

在机床电气控制电路中广泛采用继电器和接触器来控制电动机的运转,这种控制方式称为继电器—接触器控制。

1. 绘制、识读继电器—接触器电气控制电路图的原则

电气控制电路常用电路图、接线图和布置图来表示。

(1) 电路图 电路图是根据生产机械运动形式对电气控制系统的要求,采用国家标准统一规定的电气图形符号和文字符号,按照电气设备的工作顺序,详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成的连接关系,而不考虑其实际



位置的一种简图。电路图一般包括电源电路、主电路和辅助电路三部分。电路图能充分表达电气设备的用途、作用和工作原理,是进行电气控制电路安装、调试和维修的理论依据。绘制与识读电路图时应遵循以下原则:

1) 电源电路画成水平线,三相交流电源相序 L1, L2, L3 自上而下依次画出,中性线 N 和保护地线 PE 依次画在相线之下。直流电源的“+”端画在上边,“-”端画在下边。电源开关要水平画出。

2) 主电路是指流过大电流的动力装置及控制、保护电器支路,它由主熔断器、接触器的主触头、热继电器的热元件以及电动机等组成。主电路通过的电流是电动机的工作电流,其电流较大。主电路图要画在电路图的左侧并垂直于电源电路。

3) 辅助电路一般包括控制主电路工作状态的控制电路、显示主电路工作状态的指示电路、提供机床设备局部照明的照明电路等。它是由主令电器的触头、接触器线圈及辅助触头、继电器线圈及触头、指示灯和照明灯等组成。辅助电路通过的电流都较小,一般不超过 5A。辅助电路画在主电路的右侧,电路中与下边电源线相连的耗能元器件(如接触器和继电器的线圈、指示灯、照明灯等)要画在电路图的同一方,而电器的触头要画在耗能元器件与一边电源线之间。为读图方便,一般应按照自左至右、自上而下的排列来表示操作顺序。

4) 电路图中,各电器的触头位置都按电路未通电或电器未受外力作用时的常态位置画出。分析原理时,应从触头的常态位置出发。

5) 电路图中,不画出各元器件的实际外形,而采用国家标准统一规定的电气图形符号画出。

6) 电路图中,同一电器的各元器件不按它们的实际位置画在一起,而是按其在电路中所起的作用分别画在不同电路中,但它们的动作却是相互关联的,因此必须标注相同的文字符号。若图中相同的电器较多时,需要在电器文字符号后面加注不同的数字,以示区别,如 KM1、KM2 等。

7) 画电路图时,应尽可能减少线条和避免线条交叉。对有直接电联系的交叉导线连接点,要用小黑圆点表示,无直接电联系的交叉导线则不画小黑点。

8) 电路图采用电路编号法,即对电路中的各个连接点用字母或数字编号。主电路从电源开关的出线端按相序依次编号为 U11、V11、W11。然后按从上至下、从左至右的顺序,每经过一个元器件,编号都要递增,如 U12、V12、W12; U13、V13、W13……。单台三相交流电动机(或设备)的三根引出线按相序依次编号为 U、V、W。对于多台电动机引出线的编号,为了不致引起误解和混淆,可在字母前用不同的数字加以区别,如 1U、1V、1W; 2U、2V、2W……。辅助电路编号按“等电位”原则从上至下、从左至右的顺序用数字依次编号,每经过一个元器件,编号要依次递增。控制电路编号的起始数字必须为 1,其他辅助



电路编号的起始数字依次递增 100, 如照明电路编号从 101 开始; 指示电路编号从 201 开始等。

(2) 接线图 接线图是根据电气设备和元器件的实际位置和安装情况绘制的, 只用来表示电气设备和元器件的位置、配线方式和接线方式, 而不明显表示电器动作原理。它主要用于安装接线、线路的检查维修和故障处理。绘制、识读接线图应遵循以下原则:

1) 接线图中一般表示出电气设备和元器件的相对位置、文字符号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等。

2) 所有的电气设备和元器件都按其所在的实际位置绘制在图纸上, 且同一电器的各元器件根据其实际结构, 使用与电路图相同的图形符号画在一起, 并用点画线框上, 其文字符号以及接线端子的编号应与电路图中的标注一致, 以便对照检查接线。

3) 接线图中的导线分为单根导线、导线组(或线扎)和电缆, 用连续线和中断线来表示。导线走向相同时可以合并, 用线束来表示, 到达接线端子板或元器件连接点时再分别画出。在用线束来表示导线组、电缆时, 可用加粗的线条表示, 在不引起误解的情况下, 也可采用部分加粗。另外, 导线及管子的型号、根数和规格应标注清楚。

(3) 布置图 布置图是根据元器件在控制板上的实际安装位置, 采用简化的外形符号(如正方形、矩形、圆形等)而绘制的一种简图。它不表达各电器的具体结构、作用、接线情况以及工作原理, 主要用于元器件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和接线图的标注相一致。

在实际工作中, 电路图、接线图和布置图要结合起来使用。

2. 电气控制电路中的电气联锁装置

一台机床往往有多台电动机和许多部件, 根据生产实际和生产安全的需要, 这些电动机和部件组成了一定的电气系统。系统中各电动机和部件的动作应有先后次序并互相配合、互相制约。这些功能的实现往往要用到电气联锁装置。

电气控制系统中常用的联锁装置有以下几种:

(1) 多地控制 对大型机床或因操作环境的需要, 常会在两个或两个以上操作地点各安装一套控制按钮。其接线原则是在控制电路中将所有起动按钮的常开触头并联, 而将所有停止按钮的常闭触头串联。

(2) 联锁控制 为使机床设备按规定的工艺要求、安全可靠地进行工作, 常常要求一些电器和生产部件按一定顺序工作或有相互制约功能。因此, 要在线路中采取相应措施防止事故的发生。其中主要的措施是在系统中采用联锁装置。联锁装置分为互相制约(互锁)、按先决条件制约和自锁三种。



1) 互锁控制：当生产机械的两个或两个以上部件同时运动会发生事故时，应采用互锁控制电路。这种电路多用于电动机的正反转控制、移动部件的移动和夹紧、主拖动系统和辅助拖动系统之间的联锁。互锁电路构成的原则是：将两台不允许同时工作的接触器的常闭触头串入对方线圈所在的控制电路中，从而使两路控制电路不能同时通电。

2) 按先决条件制约的联锁电路：当要求生产机械或其中一部分机构只有满足一定条件时才允许起动时，一般采用这种联锁电路。如铣床控制电路中只有当主轴转动后才允许工作台进给；也有些机床，只有当润滑系统工作后才允许起动其他部件。这种电路的接线原则是：将条件动作的接触器的常开触头与受条件制约的接触器或继电器的线圈串联起来。

3) 自锁控制：多用于机床的点动及连续工作状态的控制。常用的方法有用转换开关控制、利用复合按钮控制和利用继电器控制。

(3) 顺序控制 按工艺要求，使机械设备及电动机的起动或停止必须按照一定的顺序来完成，这种控制方式称为电动机的顺序控制。顺序控制的实现可采用以下两种方式：

1) 在主电路实现顺序控制。顺序起动控制电路的接线原则是：将控制一台电动机的接触器辅助触头接在控制另一台电动机的接触器辅助触头的后面，如图 1-22a 所示。

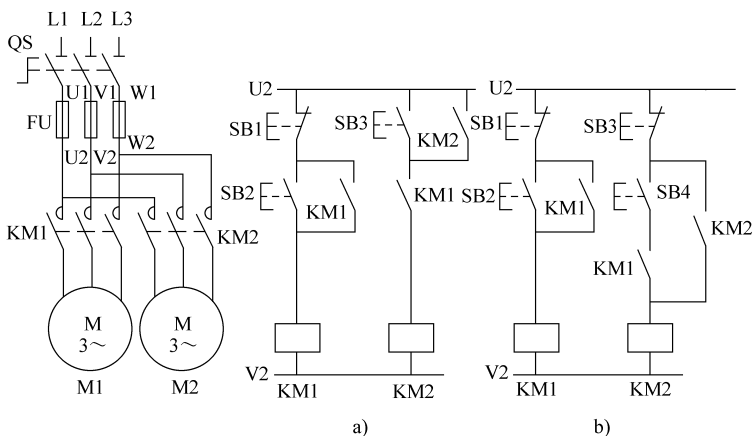


图 1-22 顺序控制电路

2) 在控制电路中实现顺序控制。图 1-22b 所示控制电路的接线原则是：将控制电路中先起动电动机的控制接触器 KM1 的常开触头串入后起动电动机的控制接触器的线圈中，这样就保证了 M1 起动后，M2 才能起动的顺序控制要求。



3. 准确停止系统

准确停止系统又称为定位系统。在生产过程中往往要求一些运动着的部件、工具、被加工件等停在指定位置上,这时就必须采用准确停止系统,它是生产加工中不可缺少的技术。往往加工精度及自动化程度越高,要求的定位位置越准确。为达到准确定位的目的,一方面要能在一定精度范围内测出被定位物体的位置,同时还要根据指令对驱动电动机或生产机械运行进行迅速有效的制动,使之立即停止。因此,在停止系统中一般分为对被定位物体进行检测和对驱动电动机进行驱动或停止两部分。系统的定位方式有电气式、机械式、空气式、光学式及复合式。

在电气控制系统中最常用的是电气式定位,其检测元件主要有位置开关、按钮、接近开关、步进电动机和电气直线标尺(磁栅、感应同步器等)。在电气定位中,检测信号多为电信号。电信号一般分为模拟量和数字量。如果某电气系统只对检测信号进行响应,称为开环控制系统。如果除对检测信号响应外,还对被定位物体进行重新检测和校正定位,该系统称为闭环控制系统。

机床设备中常采用位置开关、半导体接近开关及配合电动机制动装置进行定位,如电磁制动器、电磁离合器等。上述控制方式属于机电控制的定位方式。数控机床中常采用步进电动机进行定位控制,属于数字控制的定位方式。

4. 双速电动机控制电路的分析

双速电动机的控制电路如图 1-23 所示。其工作原理(见图 1-23a)是:先闭合电源开关 QS,按下低速起动按钮 SB2,接触器 KM1 通电吸合并自锁,电动机作 Δ 联

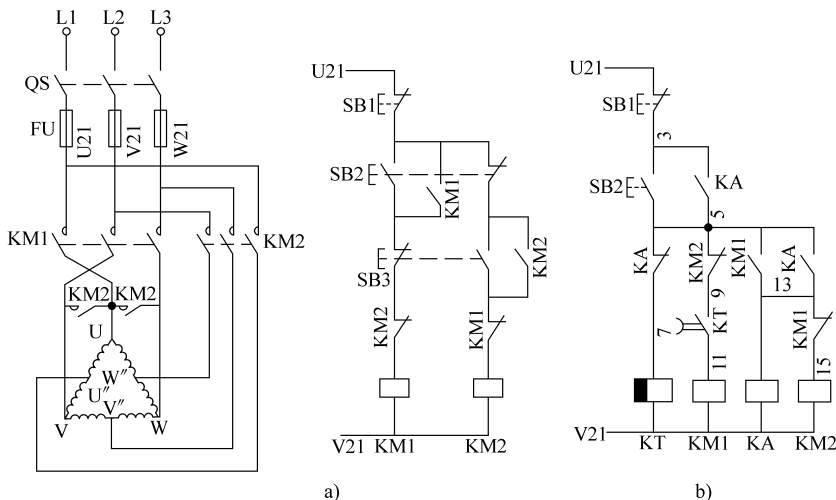


图 1-23 双速电动机的控制电路



结并以低速运行。如需要转换为高速运转,可以按下按钮 SB3,接触器 KM1 线圈断电释放,同时接触器 KM2 通电吸合并自锁,电动机定子绕组作YY联结,并且电源的相序已改变,电动机以高速同方向旋转。

有时为了减少高速运行时的能耗,起动时电动机先按△联结低速起动,然后自动转为YY联结高速运行。这个过程可以用时间继电器来控制。工作原理(见图 1-23b)是:按下按钮 SB2 时,时间继电器 KT 通电,其延时断开触头(9~11)瞬时闭合,接触器 KM1 因线圈通电而吸合,电动机定子绕组接成△起动。同时中间继电器 KA 通电吸合并自锁,使时间继电器 KT 断电,经过一断延时之后,KT(9~11)触头断开,接触器 KM1 断电,使接触器 KM2 通电,电动机便自动从△联结改变成YY联结运行,完成了自动加速过程。

二、单片机控制

1. 单片机的定义、分类和特点

(1) 单片机的定义 单片机是把 CPU、存储器、I/O 接口及其他功能的电路集成到一个芯片上的单芯片微型计算机,也称为 MCU(微控制器)。在单片机上只要外加少许外围电子元器件便可以构成一套简易的控制系统。由于单片机芯片设计及制造技术方面的原因,在有限的芯片上无法设计出太多的内存空间,因此单片机上的 ROM 及 RAM 的容量都比较小。目前根据应用的需要在单片机的芯片里除加入了输入输出控制、定时计数器及外部中断的控制功能电路外,还加入了 A-D(模-数)转换及 D-A(数-模)转换功能的接口电路。

(2) 单片机的分类 按其存储器类型可分为五种类型:

1) MASKROM 类:程序在芯片封装过程中用掩膜工艺制作到 ROM 区中,如 80C51,适合于大批量生产。

2) EPROM 类:紫外线可擦写存储器类,如 87C51(价格较贵)。

3) ROMless 类:无 ROM,如 80C31,电路扩展复杂,现在较少使用。

4) OTPROM 类:可一次性写入程序。

5) FlashROM 类:可多次编程写入存储器,如 89C51、89S51 等,其成本低,开发调试方便,可重复编写程序。

(3) 单片机的主要特点 由于单片机具有体积小、成本低、运用灵活、易于产品化、较高的性价比、抗干扰能力强、温度适应范围宽等优点,使其在控制领域中得到了广泛的应用,单片机已经成为工业控制领域中不可缺少的器件之一。

2. 单片机中的一些常用术语

(1) 总线 指能为多个部件服务的信息传送线。在微机系统中,各个部件



通过总线相互通信,总线包括地址总线、数据总线和控制总线。地址总线是用来传送由 CPU 发出的用于选择要访问的器件或部件地址的数据。数据总线是用来传送微机系统内的各种类型的数据。

(2) 汇编 是能完成一定任务的机器指令的集合。

(3) 二进制数和 16 进制数

1) 二进制数:只有 0 和 1 两个数码,基数为二。

2) 16 进制数:采用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 等 16 个数码,其中 A~F 相应的十进数为 10~15,基数是 16。

(4) 指令 是计算机所能执行的一种基本操作的描述,是计算机软件的基本单元。

(5) 存储器 用来存放计算机中的所有信息,包括程序、原始数据、运算的中间结果及最终结果等。

(6) 中断 中断是单片机实时处理内部或外部事件的一种内部机制。当某种内部或外部事件发生时,单片机的中断系统将迫使 CPU 暂停正在执行的程序,转而去进行中断事件的处理,中断处理完毕后,又返回被中断的程序,继续执行下去。

(7) 存储器 用来存放程序和数据的装置。根据存取功能可分为 RAM 和 ROM 两种。

1) RAM(随机存取存储器):主要用来存放各种输入数据、输出数据、中间结果、最终结果以及与外存交换的信息等,当掉电后,RAM 中所存储的信息都将消失。

2) ROM(只读存储器):ROM 通过特别手段可将信息存入其中,并能长期的保存被存储的信息。一般情况下,CPU 只能对它进行写入操作,当断电后,ROM 中所存储的信息不会消失。

(8) 位(bit)和字节(Byte)

1) 位:是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位。在计算机中的位就是指一个二进制位。

2) 字节:相邻 8 位二进制数码被称为一个字节,即 $1\text{B} = 8\text{bit}$ 。也可以说一个字节的长度为 8 位。在计算机中常用字节数来表示存储器的容量。

(9) 串行传送和并行传送

1) 串行传送:指数据的各位分时传送,只需一条数据线,外加一条公共信号地线和若干条控制信号线。

2) 并行传送:指数据的各位同时传送,每一条数据都需要一条传输线。

(10) D-A 转换和 A-D 转换

1) D-A 转换:是将二进制数量转换成与其量值成正比的电流信号或电压



信号。

- 2) A-D 转换：是将模拟量转换成相应的数字量，再送计算机进行处理。
3. 单片机的硬件结构和构成

(1) 8051 单片机系统的内部结构(见图 1-24)

29

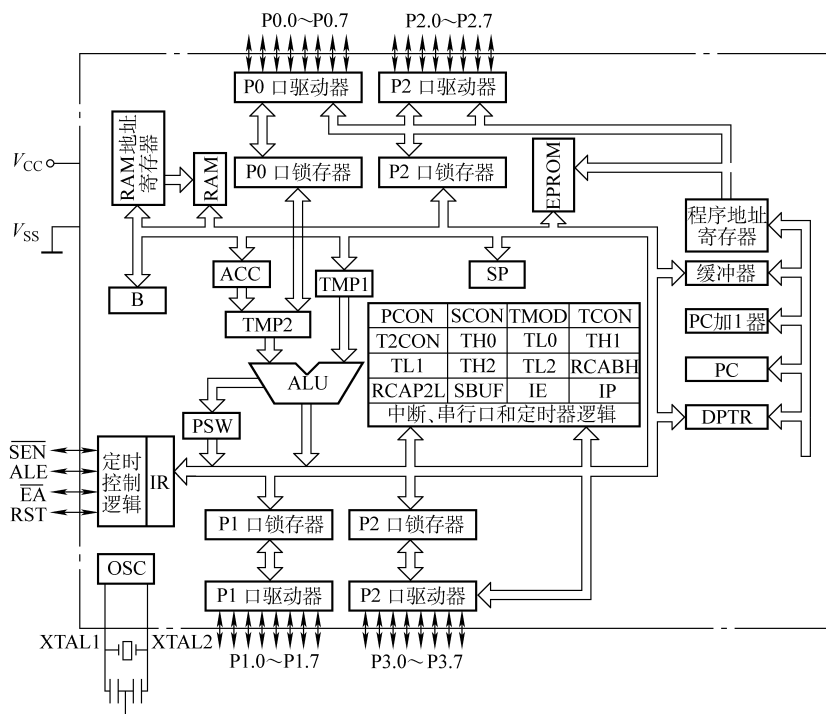


图 1-24 8051 单片机系统的内部结构

1) 一个 8 位的微处理器(CPU)：即 8051 单片机的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

2) 256B 数据存储器 and 4KB 程序存储器：

① 内部数据存储器(RAM)：它是一个多用多功能数据存储器，有数据存储、通用工作寄存器、堆栈、位地址等空间。8051 单片机芯片共有 256 个 RAM 单元，其中后 128 个单元被专用寄存器占用，能作为供用户使用的寄存器只是前 128 个单元，用于存放可读写的数。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 个单元，简称内部 RAM，地址范围为 00H ~ FFH(256B)。

② 内部程序存储器(ROM)：8051 单片机内部有 4KB 的 ROM，用于存放程序、原始数据或表格。因此称之为程序存储器，简称内部 RAM，地址范围为 0000H ~ FFFFH(64KB)。



3) 定时器/计数器: 8051 单片机共有 2 个 16 位的定时器/计数器, 以实现定时或计数功能, 并以其定时或计数结果对计算机进行控制。定时靠内部分频时钟频率计数实现; 做计数器时, 对 P3.4(T0)或 P3.5(T1)端口的低电平脉冲计数。

4) 并行 I/O 口: 8051 单片机共有 4 个 8 位的并行 I/O 口(P0、P1、P2、P3)以实现数据的输入输出。

5) 串行口: 8051 单片机有一个全双工的通用异步串行口, 以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强, 既可作为全双工异步通信收发器使用, 也可作为移位器使用。RXD(P3.0)脚为接收端口, TXD(P3.1)脚为发送端口。

6) 中断控制系统: 8051 单片机的中断功能较强, 能满足不同控制应用的需要。其共有 5 个中断, 即外中断 2 个, 定时中断 2 个, 串行中断 1 个, 全部中断分为高级和低级两个优先级别。

7) 时钟电路: 8051 单片机芯片的内部有时钟电路, 但硅晶体和微调电容需外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。

(2) 8051 单片机的引脚功能 8051 单片机有标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片形式, 引脚分布如图 1-25 所示。

1) P0.0 ~ P0.7: P0 口 8 位双向口线(引脚的 32 ~ 39 号端子)。P0 口有三个功能:

① 扩展外部存储器时, 当作数据总线(D0 ~ D7 为数据总线接口)。

② 扩展外部存储器时, 当作地址总线(A0 ~ A7 为地址总线接口)。

③ 不扩展时, 可作一般的 I/O 使用, 内部无上拉电阻, 但应在外部接上拉电阻。

2) P1.0 ~ P1.7: P1 口 8 位双向口线(引脚的 1 ~ 8 号端子)。P1 口只作 I/O 口使用, 其内部接有上拉电阻。

3) P2.0 ~ P2.7: P2 口 8 位双向口线(引脚的 21 ~ 28 号端子)。P2 口有两个功能:

① 扩展外部存储器时, 当作地址总线使用。

② 作为 I/O 口使用, 其内部接有上拉电阻。

4) P3.0 ~ P3.7: P3 口 8 位双向口线(引脚的 10 ~ 17 号端子)。P3 口有两个功能:

① 作为 I/O 使用(其内部有上拉电阻)。

② 作为串行通信接口, 读写控制信号等。

5) ALE 地址锁存控制信号: 在系统扩展时, ALE 用于把 P0 口的低 8 位地址送锁存器锁存起来, 以实现低位地址和数据的隔离。

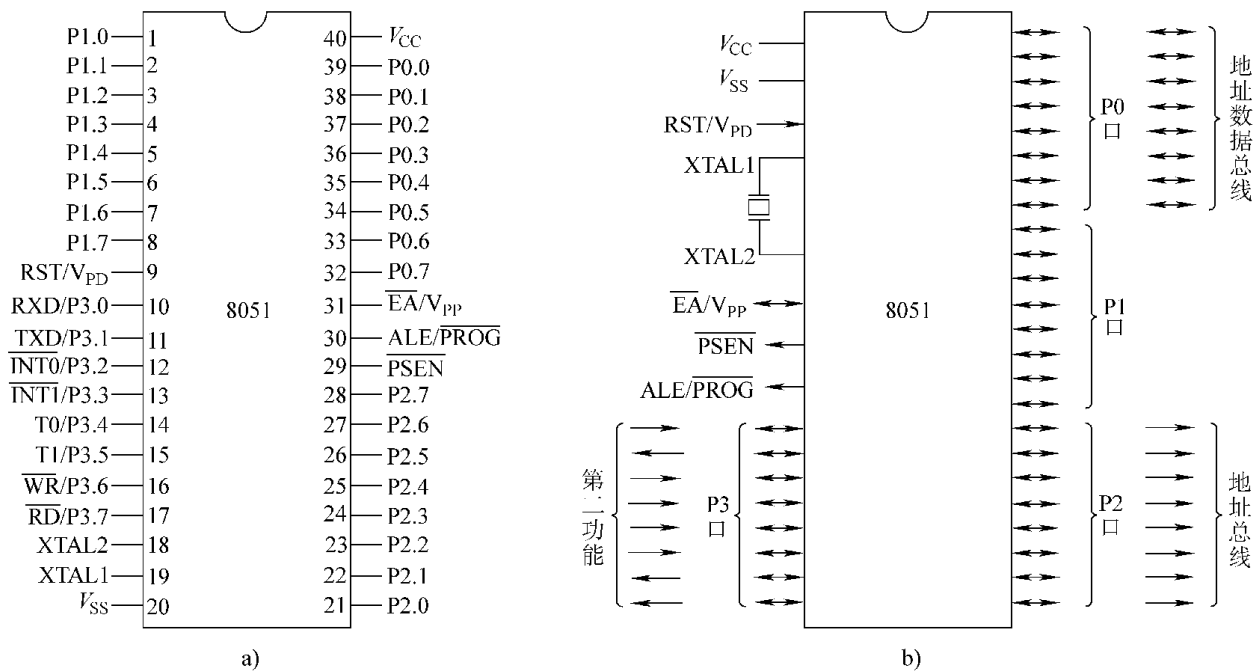


图 1-25 8051 单片机的引脚





6) $\overline{\text{PSEN}}$ 外部程序存储器读选通信号:在读外部 ROM 时 $\overline{\text{PSEN}}$ 低电平有效,以实现外部 ROM 单元的读操作。

7) 其他引脚:

① $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$:访问和存储器控制信号。

② RST 复位信号:当输入的信号连续 2 个机器周期以上为高电平时即为有效,用以完成单片机的复位初始化操作。

③ XTAL1 和 XTAL2 外接晶振引脚:当使用芯片内部时钟时,此二引脚用于外接硅晶体和微调电容;当使用外部时钟时,用于接外部时钟脉冲信号。

④ V_{CC} :电源 +5V 输入。

⑤ V_{SS} :GND 接地。

4. 单片机的指令和程序

(1) 指令的格式 指令是指指挥计算机工作的命令。指令有两种表达形式:第一种形式是机器码格式,也叫做数字的形式;第二种助记符的形式称为汇编语言指令,如 MOV A, #0FEH。

(2) 程序和汇编 程序是人们为了完成某种任务,按照自己的思维逻辑,使计算机按照一定的规律进行各种操作,实现特定的控制功能而编制的有关指令的集合。我们编写指令使用汇编格式,而计算机只懂机器码格式,所以要将我们编写的汇编格式的指令转换为机器码格式,这种转换有两种方法:手工汇编和机器汇编。手工汇编实际上就是查表,因为这两种格式纯粹是格式不同,所以是一一对应的,查一张表格就行了。机器汇编就是用计算机软件来替代手工查表。

单片机工作就是执行程序的过程,即逐条执行指令的过程。计算机每执行一条指令时可分为三个阶段进行,即:取指令—分析指令—执行指令。计算机进行工作时,首先要通过外部设备把程序和数据通过输入接口电路和数据总线送入到存储器,然后逐条取出执行。一般单片机中的程序都已通过编程器固化在片内或片外程序存储器中,所以一开机即可执行指令。

(3) 单片机的指令系统 每种单片机都有自己独特的指令系统。因为指令系统是开发和生产厂商定义的,如要使用其单片机,用户就必须理解和遵循这些指令标准,要掌握某种单片机,指令系统的学习是必须的。单片机共有 111 条指令,可分为 5 类:数据传送类指令(共 29 条),算数运算类指令(共 24 条),逻辑运算及移位类指令(共 24 条),控制转移类指令(共 17 条),布尔变量操作类指令(共 17 条)。

5. 单片机的应用

单片机的开发最早主要是处于汇编级的开发,那时,为单片机开发程序还是比较复杂的事情。虽然单片机的指令系统和普通计算机系统的指令非常类似,



但它也有自己特殊的指令。比如 MCS 系列单片机的位寻址就是一个特有的寻址方式，这也增强了该类型单片机处理布尔代数的能力。除此以外，单片机的指令格式也比较特殊。单片机的主要开发工作都集中在接口技术，也就是为单片机进行扩展外部功能。单片机接口技术包括了并行接口、串行接口、数-模转换器和模-数转换器，以及接口的扩展技术。通过这些扩展工作，单片机获得了一定的交互能力，也使其内部处理能力得到有效的提高。单片机发展到今天，出现了不少高级语言开发工具，这些系统通过仿真，在更高的平台上进行快速开发，也为单片机的广泛应用铺平了道路。

单片机应用于工业测控是它的主要功能之一，例如单片机应用于汽车工业。另外，随着单片机性能的增强，单片机也同样广泛应用于计算机网络和通信技术。

如今单片机已经无处不在，与我们的生活息息相关。单片机体积小，集成度高，其内部的结构是普通计算机系统的简化。单片机具有可扩展性，在增加一些外围电路之后，就能成为一个完整的系统。比如，我们常用的一类电子秤，内部就安装了一块单片机，再加上传感器、显示器和一些附加电路，就形成了一个应用系统。单片机本身具有和普通计算机类似的强大的处理，可以增加复杂的算法，获得很强的数据处理能力。单片机在工业中的应用，极大地提高了工业设备的智能化，提高了处理能力和处理效率，而且无需占用很大的空间和复杂的设备。

第四节 电动机调速技术

为适应生产的需要，满足生产机械的要求，在生产过程中需要人为地改变电动机的转速，称为调速。

对可调速的传动系统，按照传动电动机的类型可分为两大类：直流调速系统和交流调速系统。交流电动机具有结构简单、价格低廉、维修简便等优点，但调速较为困难。近年来，随着晶闸管变流器和各种控制元器件成本的降低，各种类型的交流调速系统相继涌现，交流调速系统的静态特性已可以和直流调速系统相媲美。但在一段较长时期内，在工业应用上占主导地位的仍是直流调速系统。尽管直流电动机与交流电动机相比，它的结构复杂、价格高、维修也较麻烦，但是由于它具有较大的起动转矩和良好的起、制动性能，以及易于在较宽的范围内实现平滑调速，所以直流调速系统在现阶段仍然是自动调速系统的一种主要形式。



一、调速系统的质量指标

自动调速系统的质量指标是系统设计和实际运行中要满足的指标,也是衡量系统性能好坏的准则。质量指标包括静态指标、动态指标、经济指标等。

(1) 静态指标 是用来衡量调速系统静态品质好坏的指标,代表了系统稳定运行中的性能。静态指标主要有调速范围 D 、静差率 s 、平滑系数和稳态误差等。

1) 调速范围:指电动机在额定负载下,其最高转速和最低转速之比。对于一般的调速系统总是希望调速范围越大越好。

2) 静差率:指电动机在额定负载时,其转速降与理想空载转速之比的百分数。它用来衡量调速系统在负载变化时转速的稳定性能。**调速系统的机械特性越硬,静差率越小,转速的稳定度越高。**

3) 平滑系数:指两个相近的转速之比。对于连续可调的无级调速系统,调速的平滑系数为 1。

4) 稳态误差:指在稳态条件下输出量的期望值与稳定值之间的误差。它反映了系统的准确程度。

(2) 动态指标 代表了系统动态工作过程的性能。反映系统的跟随性能指标一般有稳定性、最大超调量、上升时间、调整时间和振荡次数等。反应系统的抗干扰性能指标有动态降落和恢复时间。一个正常的调速系统必然是稳定性好、超调量适中、调整时间短和振荡次数少。

二、直流调速

1. 直流调速系统的原理

由电动机的基础知识可知,直流电动机的转速公式为

$$n = \frac{U - I_a \Sigma R}{C_e \Phi} = n_0 - \Delta n \quad (1-3)$$

式中 n ——电动机的转速(r/min);

U ——电动机端电压(V);

I_a ——电动机电枢电流(A);

ΣR ——电枢回路总电阻(Ω);

Φ ——电动机的励磁磁通(Wb);

C_e ——电动机的电动势常数;

n_0 ——电动机的理想空载转速(r/min);

Δn ——电动机的转速降(r/min)。



由式(1-3)可以看出,直流电动机的调速方法主要有以下三种:

(1) 改变电枢回路的总电阻 其原理是在直流电动机的电枢回路中串接附加电阻 R , 如图 1-26a 所示, 这样电枢回路的总电阻 $\Sigma R = R_a + R$, 通过接触器的触头控制串接附加电阻 R 的接入或短接, 使得电枢电流在电枢回路总电阻上的压降改变, 即改变了转速降 $\Delta n = I_a \Sigma R / C_e \Phi$, 从而得到不同的运转速度。由于在电枢回路中串入电阻使转速降增大, 所以串入的电阻越大, 电动机的转速就越低。其调速特性如图 1-26b 所示。

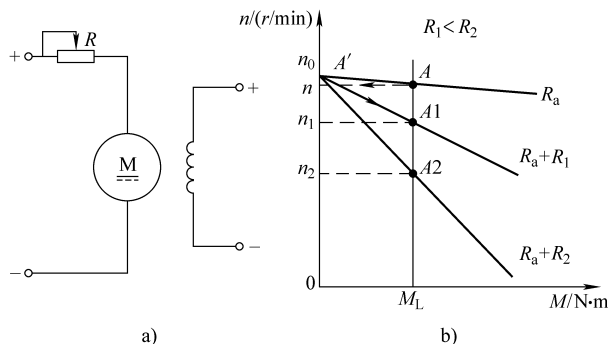


图 1-26 改变电枢回路的总电阻调速电路及调速特性

这种调速方法的主要优点是线路简单, 系统设计、安装、调整方便, 投资少; 缺点是机械特性软、耗能多、调速范围窄、调速不平滑。这种调速方法只能应用在简单的生产机械上。

(2) 减弱电动机的励磁磁通 通过改变直流电动机励磁绕组的励磁电压, 可以改变励磁电流, 从而改变磁通 Φ 。由于电动机磁通在额定状态时, 其铁心已接近饱和, 增磁的余地很小, 所以改变磁通调速的方法主要是减弱磁通来升速。由式(1-3)可知, 磁通 Φ 减弱, 理想空载转速 n_0 和转速降 Δn 均增加, 转速升高, 电动机的机械特性变软。其调速特性如图 1-27 所示。此外减弱磁通后, 将使电动机输出的电磁转矩 M 减小; 这种若负载转矩 M_L 不变, 必将导致电动机的电枢电流增加、电动机的机械特性变软, 使电动机发热严重。调速方法的调速范围不大, 因而一般也只在额定转速以上时才采用。

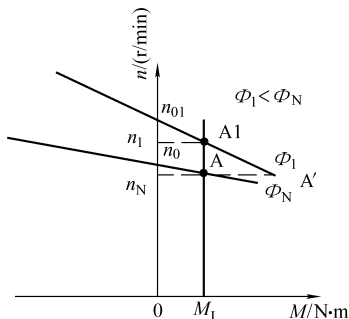


图 1-27 改变励磁磁通的调速特性

(3) 调节电枢供电电压 由式(1-3)可知, 改变电动机端电压 U 的大小, 可以改变理想空载转速 n_0 的大小, 而转速降 Δn



是不变的,即改变电动机的供电电压,机械特性基本是平行地上下移动,机械特性的硬度不变。所以这种调速方法具有调速平滑、调速范围大、机械特性硬等优点。目前主要有两种类型的调压控制系统:晶闸管—电动机调速系统和斩波器—电动机(直流脉冲宽度调制 PWM)调速系统,广泛应用的是晶闸管直流调速系统。

由静止的晶闸管变流装置 UR 提供可调的直流电压 U_d 给直流电动机 M,构成了晶闸管直流调速系统。通过改变 U_{gd} 电压来改变晶闸管触发延迟角 α 的大小,从而改变整流电压 U_d 的大小,达到调节直流电动机转速的目的。

由晶闸管构成的直流调速系统的机械特性,如图 1-28 所示。

2. 直流调速系统的组成

在手动控制基础上发展起来的自动控制系统,按照系统有无反馈环节,可分为开环控制系统和闭环控制系统;按照系统是否存在稳态偏差可分为有静差调速系统和无静差调速系统。对于不同的控制系统,其结构组成及元器件各不相同。

(1) 开环控制系统与闭环控制系统

1) 开环控制系统:若系统的输出量不反馈到输入端参与控制,即输出量 n 和输入量 U_{gd} 之间在电路没有任何直接的联系,这样的系统称为开环控制系统。晶闸管供电的直流开环控制系统,如图 1-29 所示。在输入端给定一个电压 U_{gd} ,输出端电动机就对应有一个转速 n ,欲改变转速 n ,就必须人为地改变输入端给定电压 U_{gd} 的大小。

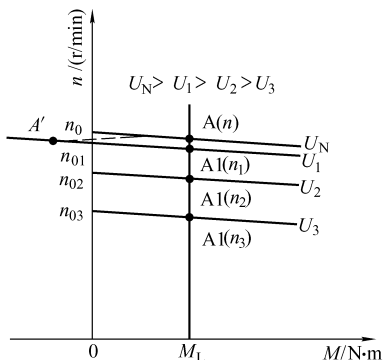


图 1-28 改变电枢电压调速特性

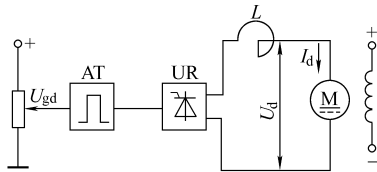


图 1-29 直流开环控制系统

它的调节过程如下:当给定电压 U_{gd} 增大时,通过触发器 AT 使晶闸管的触发延迟角 α 减小,晶闸管整流电压 U_d 增加,由于电动机励磁磁通是恒定的,所以电动机的转速 n 将增加。

开环控制系统的结构简单、成本低、不存在稳定性问题。为了保证控制精



度,系统需要采用高精度的元器件,另外对干扰造成的误差,系统无能为力。所以开环控制系统应用在内部参数和外部负载等干扰因素不大的情况下,如一般的组合机床的控制。

2) 闭环控制系统:若系统的输出量被反送到输入端参与控制,即输出量 n 与输入量 U_{gd} 之间通过反馈环节联系在一起形成闭合回路的系统,称为闭环控制系统,又称为反馈控制系统,如图 1-30 所示。

它的调节过程如下:测速发电机 TG 与电动机 M 装在同一机械轴上,测速发电机 TG 随电动机旋转产生转速负反馈电压 U_{fn} ,此电压正比于电动机的转速 n 。 U_{fn} 引回到输入端与给定电压 U_{gd} 相比较,其差值 ΔU ($\Delta U =$

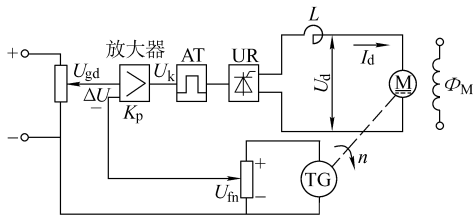


图 1-30 直流闭环控制系统

用它去调节整流器的输出电压 U_d ,进而控制电动机转速 n 的高低。

当电动机的转速 n 由于某种原因(如负载增加)而降低时, U_{fn} 将降低,偏差电压 ΔU 升高,控制电压 U_k 增加,则整流器输出电压 U_d 将增加,从而使电动机转速回升。该调节过程为:负载 $\uparrow \rightarrow I_a \uparrow \rightarrow n \downarrow \rightarrow \Delta U \uparrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$ 。可见,当 U_{gd} 不变而电动机的转速由于某种原因而产生波动时,通过转速负反馈,可以自动调节电动机的转速而维持稳定。这样就抑制了干扰量对输出量 n 的影响,而且还大大地提高了系统机械特性的硬度。但是闭环控制容易产生振荡(如系统的放大倍数过大时),因此,对闭环控制系统来说,稳定性是一个需要充分重视的问题。

依靠负反馈信号的作用,达到阻止被控制量变化的目的,称这种控制方法为反馈控制。采用闭环控制后,系统能对控制装置及被控对象参数变化引起的干扰不敏感,不必采用高精度的元器件,但反馈元器件的精度应尽可能高。当系统出现干扰时,反馈元器件可以减弱其影响,它是电力拖动自动控制系统的基础。

由于晶闸管供电的直流调速系统的开环机械特性不硬,特别是电流断续时,机械特性更软,所以,一般多采用闭环控制方案。

(2) 有静差调速系统和无静差调速系统

1) 有静差调速系统:这种调速系统在稳态时,反馈量与给定量不等,存在着偏差 ΔU ($\Delta U = U_{gd} - U_{fn} \neq 0$),即电动机的实际转速和想要调节的理想转速之间不等。

有静差调速系统是通过偏差 ΔU 的变化来进行调节的。系统的反馈量只能减



三、交流调速

从异步电动机的转速公式得知：

$$n = (1 - s) \frac{60f}{p} = n_0 - \Delta n \quad (1-4)$$

式中 n ——电动机的转速(r/min)；

n_0 ——同步转速(r/min)；

Δn ——转速降(r/min)；

p ——磁极对数；

s ——转差率(%)；

f ——频率(Hz)。

由式(1-4)不难看出，要改变异步电动机的转速可以改变磁极对数 p 、改变转差率 s 和改变频率 f 。

1. 改变磁极对数的变极调速

当电源频率 f 不变时，改变电动机的磁极对数，电动机的同步转速随之成反比变化。若电动机磁极对数增加一倍，同步转速下降 1/2，电动机的转速也几乎下降 1/2，即改变磁极对数可以实现电动机的有级调速。

异步电动机的磁极对数是由其定子绕组的结构决定的，所以要改变磁极对数，必须将定子绕组绕制为可以转换成几种磁极的特殊形式，通常采用的方法是改变定子绕组的接法来改变磁极对数，这种电动机称为多速电动机。

常用的双速电动机改变磁极绕组的接法有两种，一种是绕组从 Δ 联结改接成双 Y 联结，写作 $\Delta/2 Y$ ；另外一种是从 Y 联结改接成双 Y 联结，写作 $Y/2 Y$ 。这两种接法都是改变电动机定子绕组的接线方式，使每相绕组中有 1/2 绕组的电流反向，从而使电动机的磁极对数减少 1/2，电动机的转速成倍改变。

(1) $\Delta/2 Y$ 联结变极调速 如图 1-32 所示，当 4、5、6 三个抽头开路，1、2、3 接三相电源时，三相绕组为 Δ 联结，定子各相绕组中的两部分绕组正向串联，电流如图中的实线所示。若将 1、2、3 点接在一起，将 4、5、6 接到三相电源上时，定子各相绕组中的两部分绕组反向并联，每相绕组中均有 1/2 绕组的电流反向，如图中的虚线所示。这时磁极对数减少 1/2，同步转速增加一倍，即实现了变极调速。通过理论分析可知，这种调速方法适用于车床等恒功率负载，为恒功率调速。

(2) $Y/2 Y$ 联结变极调速 这种接法的原理同 $\Delta/2 Y$ 联结一样，当绕组由 Y 联结改接成 2 Y 联结时，电动机的磁极对数减少 1/2，转速增加一倍。通过分析可知，该调速方法适用于起重机等恒转矩负载，为恒转矩调速。

变极调速的优点是设备简单、运行可靠。它的缺点是：有级调速，且调速

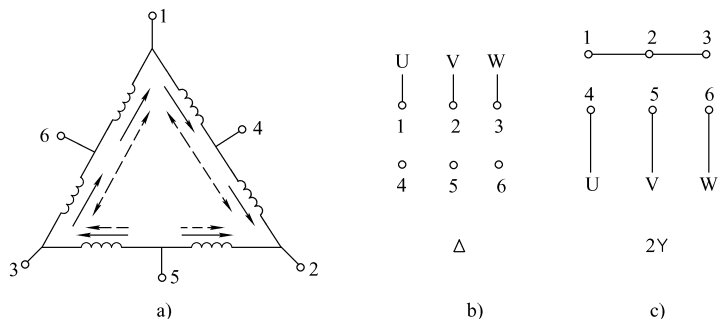


图 1-32 $\Delta/2Y$ 联结的定子绕组接线

的磁极对数较少；电动机的效率较低。

2. 改变频率的变频调速

变频调速是改变电源的频率 f ，从而使电动机的同步转速 n_0 变化以达到调速的目的。变频调速的机械特性如图 1-33 所示。

在改变电源频率的同时，通常希望气隙主磁通维持不变。因为若气隙主磁通增加，电动机的磁路会过饱和，从而引起励磁电流增加、铁心损耗加大、电动机的温升过高、功率因数降低；若气隙主磁通减少，则电动机的容量得不到充分利用。又由异步电动机的电动势公式知道，外加电压近似地与频率和磁通的乘积成正比，即 $U \propto E \approx C_e f \Phi$ ；因此， $\Phi \propto E/f \approx U/f$ 。若要保持磁通为定值，则电源电压必须随频率的变化作正比变化，即保持 U/f 为常数。因此调速时，在调频的同时还要调压，即频率和电压协调控制，故称为可变频电压调速(VVVF)。对于恒转矩负载，保持磁通为常数，同时也能保持电动机的过载能力不变，所以变频调速特别适合于恒转矩负载。

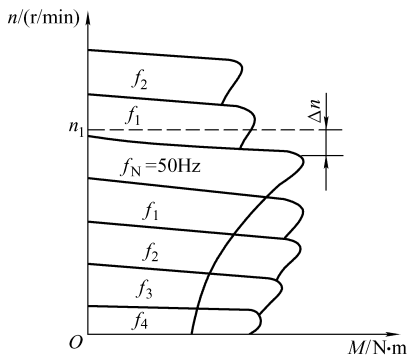


图 1-33 变频调速的机械特性

变频调速的主要优点是：调速范围宽；调速平滑性好；效率高；故障率低。

3. 改变转差率的调速

改变外加电压或者改变转子电路的电阻，都可以改变转差率，从而改变电动机的转速。

(1) 调压调速 改变加在异步电动机定子绕组上的电压，即获得了一组人

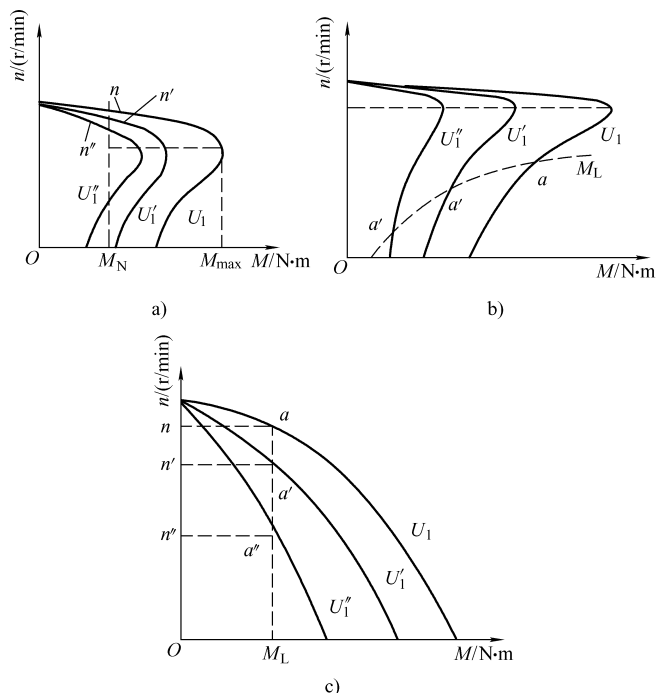


图 1-34 调压调速的机械特性

为机械特性曲线，其最大转矩随电压的二次方而下降，产生最大转矩的临界转差率不变。起重机等恒转矩负载的特性曲线如图 1-34a 所示；通风机负载的特性曲线如图 1-34b 所示；高转差率电动机的特性曲线如图 1-34c 所示。由于调压调速时的调速范围较小，为了获得较宽的调速范围，可以采用转子电阻较大、机械特性较软的高转差率异步电动机进行调压调速。目前利用晶闸管的交流调速系统获得广泛应用，其主要优点是调速范围宽、调速平滑性好；缺点是当电动机运行在低速时，转子铜耗较大，电动机效率低，发热严重，不宜在低速下长时间运行。

(2) 改变转子回路的电阻调速 改变转子回路的电阻调速只适用于绕线转子异步电动机。如图 1-35 所示为改变转子回路的电阻所获得的一组人为机械特性曲线。增加转子回路电阻，最大电磁转矩不变，产生最大转矩的转速下降。转子回路还可以串联变阻器，其原理是一致的。这种调速的优点是设备简单、操作方便、在调

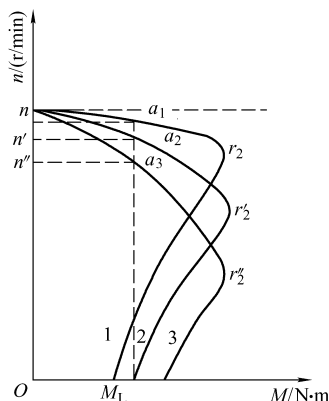


图 1-35 改变转子回路电阻调速的机械特性



速过程中最大转矩不变、电动机的过载能力不变；缺点是最低转速不能太小、调速范围不大。

第五节 仪器仪表与测量

一、电工仪表与测量

1. 直流开尔文电桥的工作原理

直流开尔文电桥的工作原理如图 1-36 所示。与惠斯顿电桥不同，被测电阻 R_x 与标准电阻 R_4 共同组成一个桥臂，标准电阻 R_n 和 R_3 组成另一个桥臂， R_x 与 R_n 之间用一阻值为 r 的导线连接起来。为了消除接线电阻和接触电阻的影响， R_x 与 R_n 都采用两对端钮，即电流端钮 C_1 、 C_2 、 C_{n1} 、 C_{n2} ，电位端钮 P_1 、 P_2 、 P_{n1} 、 P_{n2} 。桥臂电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 都是阻值大于 10Ω 的标准电阻， R 是限流电阻。调节各桥臂电阻，使检流计指零，即 $I_p = 0$ 。则 $I_1 = I_2$ ， $I_3 = I_4$ 。根据基尔霍夫第二定律可写出三个回路电压方程。

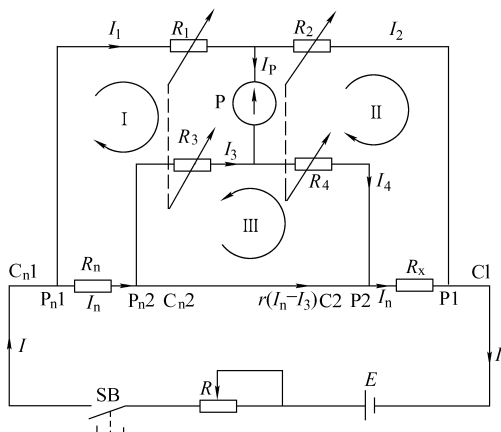


图 1-36 直流开尔文电桥的工作原理

对 I 回路

$$I_1 R_1 = I_n R_n + I_3 R_3$$

对 II 回路

$$I_1 R_2 = I_n R_x + I_3 R_4$$

对 III 回路

$$(I_n - I_3)r = I_3(R_3 + R_4)$$

解方程组求得



$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_n + \frac{r R_2}{r + R_3 + R_4} \left(\frac{R_3}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \right) \quad (1-5)$$

由式(1-5)可知,用开尔文电桥测量电阻时, R_x 由两项决定。其中第一项与惠斯顿电桥相同,第二项称为“校正项”。为了使开尔文电桥平衡时,求解 R_x 的公式与惠斯顿电桥相同,必须使校正项等于零。所以,要求 $R_3/R_1 = R_4/R_2$,同时使 $r \rightarrow 0$ 。为满足上述条件,开尔文电桥在结构上采取了以下措施:

1) 将 R_1 与 R_3 、 R_2 与 R_4 采用机械联动的调节装置,使 R_3/R_1 的变化和 R_4/R_2 的变化保持同步,从而满足 $R_3/R_1 = R_4/R_2$ 。

2) 连接 R_x 与 R_n 的导线,尽可能采用导电性良好的粗铜母线,使 $r \rightarrow 0$ 。

用开尔文电桥测量小电阻时,接线电阻和接触电阻的影响是怎样被消除的呢?下面从三个方面加以分析:

1) 电流端钮 C_n1 和 $C1$ 的接触电阻以及接线电阻都串联在电源电路中,它只影响电流 I 的大小,但不影响电桥的平衡,故与测量结果无关。

2) 另一电流端钮 C_n2 和 $C2$ 的接触电阻是与 r 串联的,由于 r 很小,故也不会影响测量结果。

3) 电位端钮 $P1$ 、 $P2$ 、 P_n1 、 P_n2 的接触电阻和接线电阻可以分别归并到标准电阻 R_2 、 R_4 、 R_1 、 R_3 中。而这四个电阻的阻值均大于 10Ω ,远远大于电位端钮的接触电阻和接线电阻,从而使它们的影响小到可以忽略的程度。

综上所述,直流开尔文电桥可以较好地消除接触电阻和接线电阻的影响,从而在测量 1Ω 以下的小电阻时,能够获得较高的准确度。

2. QJ103 型直流开尔文电桥

QJ103 型直流开尔文电桥的面板如图 1-37 所示。四个桥臂电阻做成固定倍率形式,通过机械联动转换开关的转换,可得到 $\times 100$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1$ 、 $\times 0.1$ 和 $\times 0.01$ 五个固定倍率,并保持 $R_3/R_1 = R_4/R_2$ 。标准电阻 R_n 的数值可在 $0.01 \sim$

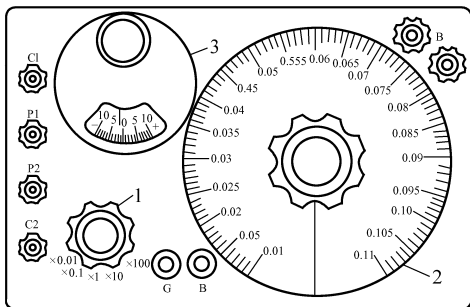


图 1-37 QJ103 型直流开尔文电桥的面板

1—倍率旋钮 2—标准电阻读数盘 3—检流计



0.11 Ω 范围内连续调节,其调节旋钮与读数盘一起装在面板上。测量时,调节倍率旋钮和 R_n 的调节旋钮使电桥平衡。

检流计指零时,被测电阻 = 倍率数 $\times$ 读数盘读数。

QJ103 型直流开尔文电桥的测量范围是 0.0011 ~ 11 Ω ,使用 1.5 ~ 2V 的直流电源,并备有外接电源用的接线端子。

直流开尔文电桥的使用方法如下:

1) 被测电阻有电流端钮和电位端钮时,要与电桥上相应的端钮相连接。要注意电位端钮总是在电流端钮的内侧,且两电位端钮之间的电阻就是被测电阻。如果被测电阻没有电流端钮和电位端钮,则应自行引出电流和电位端钮。图 1-38 所示为用开尔文电桥测量导线电阻,注意尽量用短粗的导线接线,接线间不得绞合,并要接牢。

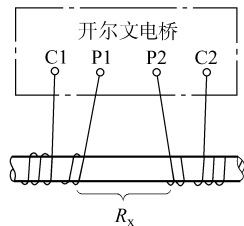


图 1-38 开尔文电桥测量导线电阻的接线

2) 直流开尔文电桥工作时的电流较大,故测量时动作要迅速,以免电池耗电量过大。

二、电子仪表与测量

1. 通用示波器

电子示波器是一种能够直接显示电压(或电流)变化波形的电子仪器。使用示波器不仅可以直观地观察被测电信号随时间变化的全过程,而且还可以通过它显示的波形来测量电压或电流,以及进行频率和相位的比较、描绘特性曲线等。电子示波器的种类很多,除通用示波器外,还有能同时显示两个以上波形的多踪示波器;利用取样技术,将高频信号转换为低频信号进行显示的取样示波器;采用记忆示波管,具有储存和记忆信号功能的记忆示波器。此外,还有具有特殊功能的特种示波器,如电视示波器、矢量示波器、高压示波器等。

(1) 通用示波器的组成 如图 1-39 所示,它主要由示波管、Y 轴偏转系统、X 轴偏转系统、扫描及整步系统、电源五部分组成。

1) 示波管:是示波器的核心,其作用是把所需观测的电信号转换成发光的图形。

2) Y 轴偏转系统:由衰减器和 Y 轴放大器组成,其作用是放大被测信号。

3) X 轴偏转系统:由衰减器和 X 轴放大器组成,其作用是放大锯齿形扫描信号或外加电压信号。X 轴放大器把由扫描发生器送来的扫描信号放大后送到 X 偏转板,并控制电子束在水平方向的运动。

4) 扫描及整步系统:扫描发生器的作用是产生频率可调的锯齿波电压,作为 X 轴偏转板的扫描电压。整步系统的作用是引入一个幅度可调的电压,用以

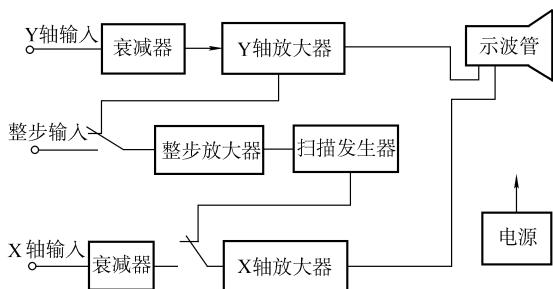


图 1-39 通用示波器的组成框图

控制扫描电压与被测信号电压保持同步，使屏幕上显示出稳定的波形。

5) 电源：由变压器、整流及滤波等电路组成，其作用是向整个示波器供电。

(2) 示波管的基本结构 示波管是示波器的核心。它由电子枪、荧光屏和偏转系统三大部分组成，如图 1-40 所示。

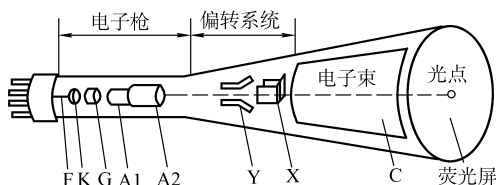


图 1-40 示波管的基本结构

F—灯丝 K—阴极 G—控制栅极 A1—第一阳极
A2—第二阳极 X—X 轴偏转板 Y—Y 轴偏转板
C—导电层

1) 电子枪的作用是发射电子束，轰击荧光屏使之发光。电子枪由灯丝、阴极、控制栅极、第一阳极和第二阳极组成。灯丝主要用于加热阴极。阴极的主要作用是在灯

丝加热作用下发射电子。控制栅极是通过调节负电压的高低，来控制通过小孔的电子束强弱，从而改变荧光屏上光点的亮度。第一阳极 A1 和第二阳极 A2 上加的是正电压，它们的作用：一是吸引由阴极发射来的电子，使之加速；二是使电子束聚焦。这是由于阴极发射的电子束受到阳极正电压的吸引，一方面产生加速运动，另一方面各电子之间要相互排斥而散开，使得电子束在荧光屏上不能聚成焦点，造成图像模糊不清。第一阳极与第二阳极之间形成的空间电场，可以把电子束聚焦成一个细束，使荧光屏上电子束所到之处呈现一细小清晰的亮点，这个过程叫“聚焦”。改变 A1 与 A2 之间的电位差，其空间电场分布会发生变化，能改变聚焦的效果。

2) 荧光屏的作用是显示被测波形。荧光屏位于示波管的前端，在玻璃内壁涂上涂有一层荧光粉，荧光粉在高速电子束的撞击下能发光。发光的强弱与激发的电子数量多少和速度快慢有关。电子数量越多、速度越快，产生的光点越亮，否则反之。荧光粉在电子束停止撞击后，其发光仍能持续一段时间，这种现象



叫“余辉”。荧光粉的余辉时间及发光的颜色也不同。常见的颜色有绿色、蓝色和白色。余辉时间分为短余辉、中余辉、长余辉，对应了不同的示波器的种类。

3) 偏转系统的作用是使电子束有规律地移动，从而在荧光屏上显示出被测波形。目前示波管大多采用静电偏转系统，它包括垂直偏转板 Y 和水平偏转板 X。靠近电子枪垂直放置的一对偏转板为 Y 轴偏转板，离电子枪较远水平放置的一对为 X 轴偏转板。

(3) 示波原理 电子束从电子枪中发射出来后，受到阳极正电压的吸引，经偏转系统向荧光屏方向加速前进，若偏转板上不加电压，则电子束只能直射向荧光屏的中央，使荧光屏中央出现一个光点。

若在 Y 轴偏转板上加直流电压，则在两块偏转板之间就会产生一个自上而向下的电场。当电子束向荧光屏方向加速运动穿过该电场时，受到电场力的作用产生向上的偏转；如果所加偏转电压的极性改变，则电子束将向下偏转。X 轴偏转的原理与 Y 轴偏转的原理相同，可使电子束向左或向右偏转。在 X 轴偏转板和 Y 轴偏转板同时施加电压后，在两个电场力的共同作用下，电子束就可以上下左右的移动。由于荧光屏的余辉和眼睛视觉暂留的综合作用，就能在荧光屏上看到亮点所描绘出的各种波形。

一般情况下，被测电压都加在 Y 轴偏转板上，而在 X 轴偏转板上加随时间线性变化的锯齿波扫描电压；这时，由于电子束在作垂直运动的同时，又匀速沿水平方向移动，因而在荧光屏上扫描出被测电压随时间变化的波形。如果锯齿波扫描电压的周期与被测电压的周期完全相等，扫描电压每变化一次，荧光屏上就出现一个完整的被测波形。如果锯齿波扫描电压周期是被测电压周期的整数倍，荧光屏上会稳定地显示出若干个被测信号的波形。为达到上述目的，调节扫描电压的频率可以通过调节示波器面板上的“扫描范围”和“扫描微调”旋钮来实现。

实际上，由于锯齿波扫描电压和被测电压来自两个电源，两个电压周期的整数倍关系很难长时间保持绝对稳定，因此，需要利用同步作用来保持上述整数倍关系。同步作用是把信号电压送入扫描发生器，使锯齿波扫描电压的频率受到被测信号的控制而使两者同步。这个起同步作用的信号电压叫做“同步电压”。同步电压越大，同步作用越强。同步电压除可取自被测信号外，还可以取自示波器内部的正、负电源。同步电压的选择和大小调节由示波器面板上的“同步选择”和“同步调节”旋钮来实现。

(4) 示波器的使用 以 CA8020A 型示波器为例介绍其使用方法及注意事项，其面板如图 1-41 所示。

1) 面板说明：

① 示波管：

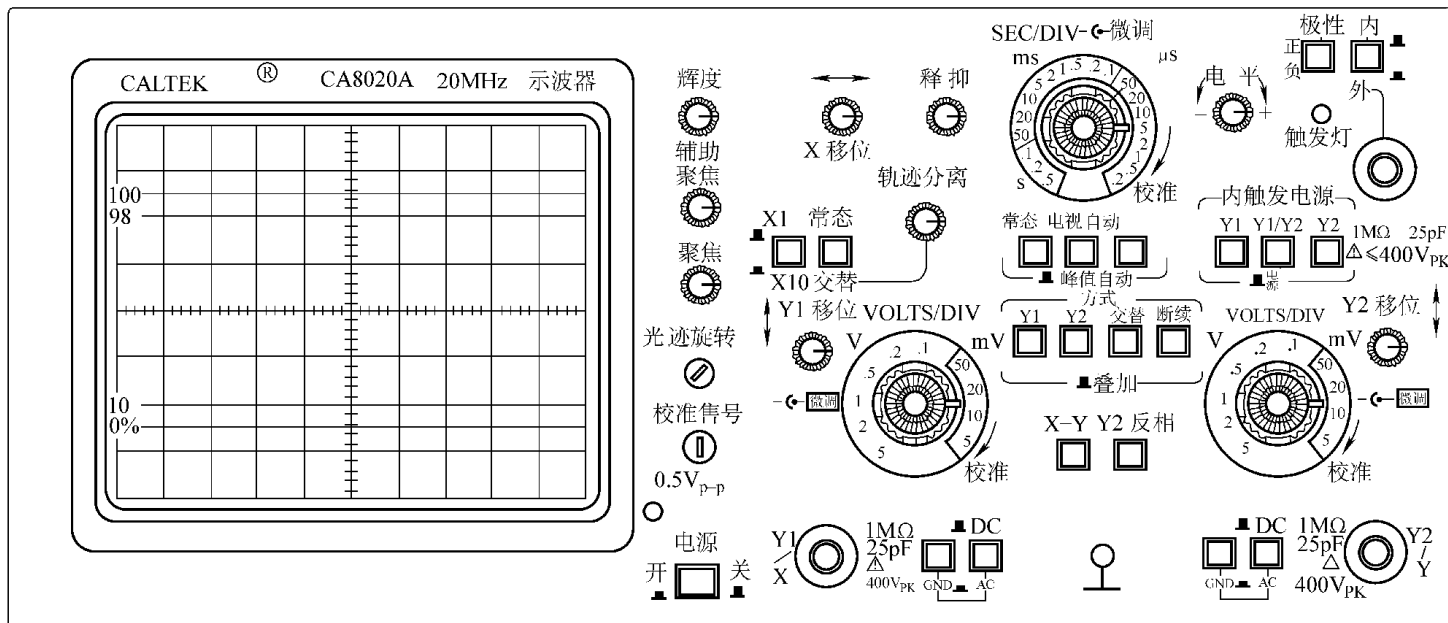


图 1-41 CA8020A 型示波器的面板



电源——主电源开关，当此开关开启时发光二极管发亮。

辉度——调节轨迹或亮点的亮度。

聚焦——用于聚焦轨迹或亮点。

光迹旋转——用来调整水平轨迹与刻度线平行。

辅助聚焦——与聚焦配合，调节光迹的清晰度。

② 垂直轴：

Y1(X)输入——在 X—Y 模式下，作为 X 轴输入端。

Y2(Y)输入——在 X—Y 模式下，作为 Y 轴输入端。

AC——垂直轴输入信号的交流耦合输入方式。

GND——垂直放大器的输入接地，同时与示波器输入端断开。

DC——垂直轴输入信号的直流耦合输入方式。

垂直衰减开关——调节垂直偏转灵敏度为 $5\text{mV/div} \sim 5\text{V/div}$ ，分 10 挡。

Y1 移位——调节通道 1 光迹在屏幕上的垂直位置。

Y2 移位——调节通道 2 光迹在屏幕上的垂直位置。

③ 触发：

触发源选择——选择内或外触发源。

极性——触发信号的极性选择。“+”为上升沿触发，“-”为下降沿触发。

触发电平——显示一个同步稳定的波形，并设定一个波形的起始点。

触发方式——选择触发扫描的方式。

④ 时基：

水平扫描速度开关——水平扫描速度为 $0.2\mu\text{s/div} \sim 0.5\text{s/div}$ 。

水平微调——微调水平扫描时间。当顺时针旋转到底为校正位置。

扫描扩展—— $\times 1$ 时未被扩展， $\times 10$ 时扫描倍率被扩展 10 倍。

2) 单通道测量电压幅值的操作：将开关和控制部分的旋钮置于适当位置后，接通电源，测量前应调整。

① 接通电源，电源指示灯亮约 20s 后，屏幕出现光迹。如果 60s 后还没有出现光迹，应检查开关和控制旋钮的设置。

② 分别调节亮度、聚焦，使光迹亮度适中清晰。

③ 调节通道位移旋钮，用螺钉旋具调节光迹旋转电位器使光迹与水平刻度平行。

④ 用 10:1 探头将信号输入至 Y1(或 Y2)输入端。

⑤ 根据输入信号的幅度，适当调节 Y1 衰减挡位，使信号在垂直方向幅度适中；调节水平扫描速度开关，使信号在水平方向能显示出一个或几个周期的波形；调节触发电平使波形稳定(如果是峰值自动，无需调节)。

⑥ 调节水平移位旋钮，使波形底部在屏幕上的某一水平坐标上；调节垂



直移位旋钮,使波形在顶部屏幕垂直方向的坐标上,从而读出底部和顶部之间的格数,按下面的公式计算被测信号的幅度,即

$$V_{p-p} = \text{垂直方向的格数} \times \text{垂直偏转因数}$$

式中垂直偏转因数由垂直衰减挡位决定。

3) 时间差的测量:对两个相关信号时间差的测量,可以按下列步骤进行:

- ① 将参考信号和一个待比较信号分别馈入“Y1”和“Y2”输入插座。
- ② 根据信号频率,将垂直方式置于“交替”或“断续”。
- ③ 设置触发源至参考信号通道。
- ④ 调节电压衰减器和微调控制器,使其显示合适的幅度。
- ⑤ 调节电平使波形显示稳定。
- ⑥ 调节 T/DIV,使两个波形的测量点之间有一个能方便观察的水平距离。
- ⑦ 调节垂直位移,使两个波形的测量点位于屏幕中央的水平刻度线上。
- ⑧ 计算时间差可按下面的公式进行,即

$$\text{时间差} = \text{水平距离(格)} \times \text{扫描时间因数(时间/格)} / \text{水平扩展倍数}$$

4) 示波器的维护:

① 使用之前要先检查仪器的熔体是否完好,面板上各旋钮有无损坏,转动是否灵活。

② 将电源插头接到 220V 交流电源上并接通电源开关,指示灯应发亮(表明示波器进入预热状态),示波器预热后才能正常使用。

③ 调节“辉度”旋钮,使亮度适中。光点不宜太亮,也不宜长时间停留在一点上,以免影响示波管的使用寿命。

④ 调节“聚焦”旋钮,使屏幕上呈现的光点直径不大于 1mm。

⑤ 当 Y 轴输入信号时,应将被测信号接在“Y 轴输入”和“接地”端,再根据被测信号幅度,选择适当的“Y 轴衰减”挡位。

⑥ 在观测 Y 轴输入信号的波形时,应取机内扫描,将“X 轴衰减”置于“扫描”位置,然后将“扫描范围”置于所选择的频率挡。扫描频率应根据“Y 轴输入电压的频率为扫描频率的整数倍”原则来选择,该倍数就是能在荧光屏上看到完整被测波形的个数。

⑦ 为使波形稳定,扫描信号必须与输入信号同步。

⑧ 观测波形时,应避免人体触及 Y 轴输入端。

⑨ 示波器应置于通风干燥处,防止受潮。保管示波器时,要定期(如三个月)通电工作一段时间(2h)。

2. 晶体管特性图示仪

晶体管特性图示仪是一种能在荧光屏上直接显示晶体管特性曲线的专用仪器,通过荧光屏上的刻度及旋钮位置可以直接读出晶体管的各项运用参数和极



限参数。通过晶体管图示仪不仅可以观测到 PNP 型或 NPN 型晶体管的共射、共基或共集接法的输出、输入等特性曲线和参数,还可以对二极管、稳压管、晶闸管等器件进行测定。下面以 JT—1 型图示仪为例,介绍晶体管特性图示仪的使用方法及注意事项。

(1) 使用方法

- 1) 接通电源,指示灯发亮,预热 5min 后使用。
- 2) 调节标尺亮度旋钮,一般观测时用红色标尺,摄影时用黄色标尺。调节辉度、聚焦与辅助聚焦旋钮,使光点清晰,调节方法同示波器。
- 3) 将集电极扫描的全部旋钮调到需要的范围,通常将峰值电压范围旋钮置于 0~20 挡,峰值电压旋钮旋于 0 挡,功耗限制电阻置于比较大的挡(如 1k Ω 以上);测试时根据需要再作相应的调整。
- 4) 将 Y 轴作用部分的毫安-伏/度与倍率调到需读测的范围。通常倍率开关先置于 $\times 1$ 挡,当测试微电流时,倍率置于 $\times 0.1$ 挡。
- 5) 将 X 轴作用部分的伏/度调到需读测的范围。
- 6) 将基极阶梯信号部分的极性、串联电阻、阶梯选择(毫安/级或伏/级)调到被测器件需读测的范围;阶梯作用视需要选择,通常置于重复挡,级/秒一般选 200 为宜。

(2) 注意事项

- 1) X 轴和 Y 轴的灵敏度校正:利用 X 轴和 Y 轴放大器校正开关,使它从“零点”扳至“-10 度”时,屏面上光点正好跳动 10 格。
- 2) 在测试中应特别注意阶梯选择、功耗限制电阻和峰值电压范围这三个开关转动的位置。这三个开关的位置不当容易造成被测器件损坏。
- 3) 在测试前应对被测管的性能和极限参数有所了解,测试中应注意被测管是否过热。
- 4) 测试结束后,应将集电极扫描的峰值电压范围置于 0~20V 挡,峰值电压旋至 0 挡,功耗限制电阻置于比较大的位置,基极阶梯信号的阶梯选择开关置于小于 0.01 毫安/级挡,并切断电源,以防下次使用仪器时因不慎而损坏被测器件。

第六节 液压传动基础知识

1. 液压传动的工作原理

液压传动是以油液作为工作介质,依靠密封容积的变化来传递运动,依靠油液内部的压力来传递动力。

2. 液压系统的主要组成



(1) 驱动元件 指液压泵, 它可以将机械能转换为液压能。

(2) 执行元件 指液压缸或液压马达, 它是将液压能转换为机械能并分别输出直线运动和旋转运动。

(3) 辅助元件 辅助元件有管路与管接头、油箱、过滤器和密封件等, 分别起输送、贮存液体, 对液体进行过滤、密封等作用。

(4) 控制和调节元件 指各种阀, 如压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等, 用以控制液压传动系统所需的力、速度、方向等。

(5) 工作介质 如液压油等。

3. 液压传动的特点及应用

(1) 优点

1) 易获得很大的力或力矩, 并易于控制。

2) 在输出同等功率下, 采用液压传动具有体积小、重量轻、惯性小、动作灵敏、便于实现频繁换向等优点。

3) 便于布局, 操纵力较小。

(2) 缺点

1) 由于液压传动本身的特性, 易产生局部渗漏而造成能量损失较大, 致使系统效率降低。

2) 液压传动故障点不易查找。

(3) 应用 液压传动被广泛采用于冶金设备、矿山机械、钻探机械、起重运输机械、建筑机械、航空等领域中。

4. 液压油的物理性质

(1) 密度 单位体积的油液所具有的质量称为密度。

(2) 重度 单位体积的油液所具有的重量称为重度。

(3) 粘度 流体、半流体或半固体状物质抵抗流动的体积特性, 它表示上述物质在受外力作用而流动时, 分子间所呈现的内摩擦或流动内阻力。

(4) 压缩性 一般情况下油液的可压缩性可忽略不计。

5. 液压油的选用

选用液压油时, 首先要考虑液压系统的工作条件, 同时参照液压元件的技术性能选择液压油。选择液压油时主要是确定合适的粘度, 并考虑以下几点:

1) 液压系统的工作条件, 如工作压力。

2) 液压系统的环境条件, 如系统油温与环境温度。

3) 系统中工作机构的速度, 如油液流速对传动效率及液压元件功能的影响。

6. 静止液体的性质

(1) 液体的静压力 液体在静止状态下单位面积上所受到的作用力, 即



$$p = F/A \quad (1-6)$$

式中 p ——液体的静压力(N/m^2);

F ——作用力(N);

A ——有效作用面积(m^2)。

在地球表面,一切物体都受到大气压力的作用并自行平衡,因此上式表示的压力,是指大于大气压力的表压力。若液体的压力低于大气压力,则称为真空度。

表压力、绝对压力和真空度三者之间的关系是:表压力 = 绝对压力 - 大气压力;真空度 = 大气压力 - 绝对压力。

(2) 静压力的传递 加在密闭液体上的压力,能够以相等的值被液体向各个方向传递。这个原理称为帕斯卡定律。

如图 1-42 所示,在两个互相连通的液压缸中装有油液,液压缸内装有活塞,小活塞和大活塞的面积分别为 A_2 和 A_1 。根据静压力传递原理得下列公式

$$p = F_2/A_2 = F_1/A_1 \quad (1-7)$$

7. 流动液体的性质

(1) 流速和流量 流速和流量是描述液流的两个基本参数。流速是指液流质点在单位时间内流过的距离,其单位为 m/s 。流量是指单位时间内流过某一截面的液体体积,其单位为 m^3/s 。液体在液压缸中的流速与活塞的运动速度相同,从而可建立液压缸有效作用面积、流量和活塞运动速度的一般关系式,即

$$Q = vA \quad (1-8)$$

式中 Q ——进入液压缸的流量(m^3/s);

A ——液压缸有效作用面积(m^2);

v ——活塞(缸)的运动速度(m/s)。

该式表明,当液压缸有效作用面积一定时,要改变活塞(缸)的运动速度则需改变进入液压缸的流量。

(2) 液流连续性原理 液体在管道中稳定流动时,由于它不可压缩,在压力作用下液体中间也不可能存在间隙,所以液体流经管道每一截面的流量应相等,这就是液流连续性原理。

如图 1-43 所示,液体在不等横截面的管道中流动,设截面 1 和 2 的直径分别为 d_1 和 d_2 ,面积分别为 A_1 和 A_2 ,流速分别为 v_1 和 v_2 ,根据液流连续性原理,

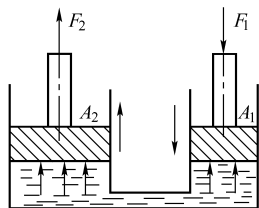


图 1-42 水压机的原理

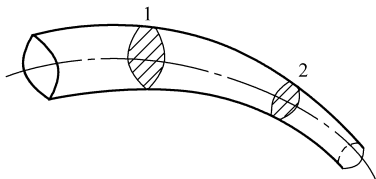


图 1-43 液流连续性简图



流经截面 1 和 2 的液体质量全部相等, 则

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = Av = \text{常量} \quad (1-9)$$

因为 $Q = vA$, 所以液流连续性方程也可写成

$$Q_1 = Q_2 \quad (1-10)$$

式(1-10)说明, 通过管内不同截面处的流速与其横截面积的大小成反比, 即管径细的地方流速大, 管径粗的地方流速小。

(3) 伯努利方程 液压传动是借助有压流体来传递能量的。液体能量的表现形式有三种, 即压力能、势能和动能。它们之间可以互相转化, 而且液体在管道内任何一处的三种能量之和为常数。这就是伯努利方程, 其方程式为

$$p_1/\rho + g_1 h + v_1^2/2 = p_2/\rho + g_2 h + v_2^2/2 \quad (1-11)$$

式中 p ——压力(Pa);

v ——流速(m^3/s);

h ——势能(J);

ρ ——液体密度(kg/m^3)。

(4) 液体流动中的压力损失 粘性液体流经管道及阀门时, 具有一定的阻力。液体流动时要消耗一部分能量来克服这些阻力, 这种能量的消耗主要体现在液体的压力损失上。液压系统中的压力损失可分为两种: 沿程压力损失和局部压力损失。

1) 在直径相同的直管中流动时的压力损失, 称为沿程压力损失。它主要由液体流动时的内外摩擦引起。

2) 由于管道截面尺寸、形状突然变化和液流方向突然改变而引起的压力损失, 称为局部压力损失。

液压传动中的压力损失, 绝大部分转变为热能, 造成油温升高、泄漏增多、传动效率降低, 所以在设计、制造和使用液压设备时, 应尽量采用内壁光滑的管道, 尽可能缩短管路长度, 减少截面突变及管道弯曲等。

(5) 功、功率 在液压传动中, 活塞在时间 t 内推动负载 F 移动距离 s , 所做的功 W 为

$$W = Fs \quad (1-12)$$

功率 P 是指单位时间内所做的功, 即

$$P = W/t = Fs/t = Fv \quad (1-13)$$

经单位换算后得到

$$P = pQ \quad (1-14)$$

式中 p ——压力(Pa);

Q ——流量(m^3/s)。

由于液压系统在实际工作过程中存在容积损失(用容积效率 η_v 表示)和机械



损失(用机械效率 η_m 表示), 所以, 液压泵实际需要输入的功率 P_{λ}

$$P_{\lambda} = pQ/\eta \quad (1-15)$$

式中 η ——总效率, $\eta = \eta_v \eta_m$ 。

复习思考题

1. 晶闸管的结构有何特点? 其导通条件和关断条件是什么?
2. 有一单相半控桥式整流电路, 如果输入电压 $U_1 = 220V$, 负载电阻 $R_L = 10\Omega$, 试求输出电压平均值的变化范围和负载的平均电流。
3. 晶闸管对触发电路的要求是什么?
4. 晶闸管的保护措施主要有哪些?
5. 单结晶体管的特性是什么?
6. 什么是变频? 变频按变频的方式来分主要有哪几类?
7. 计算机的硬件系统由哪几部分构成? 说明各部分的作用。
8. 画出数字通信系统的模型框图, 说明数字通信系统的优点。
9. 什么是继电器—接触器控制?
10. 电气控制系统中常用的联锁装置有哪些?
11. 分析双速电动机控制电路的控制原理。
12. 说明典型的 8051 单片机的结构组成。
13. 什么是调速, 按照电动机的类型可以分成几种?
14. 调速系统的性能指标主要有哪些?
15. 直流电动机的调速方法主要有哪些? 各有何特点?
16. 什么是无静差闭环调速系统?
17. 交流电动机的调速方法主要有哪些? 各有何特点?
18. 测量误差主要有哪几类, 如何提高测量的精度?
19. 简述直流开尔文电桥的作用和特点。
20. 简述示波器的工作原理, 写出测量信号幅度的操作步骤。

第二章

施工前的组织与准备



培训学习目标 能够看懂整套电气施工图样，掌握电气施工图样的分类及阅读方法；熟悉总体工程施工进度网络图的表达方法；了解施工方案编制；掌握起重、吊装知识，能正确进行一般吊装机械的选择、布置与操作。

第一节 电气施工图样分析

一、电气施工图样的分类

电气施工图样全面反映了建设单位的使用要求、设计者的设计思想和工程安装时的标准、规范、规程、规定及工艺等方面的技术要求。它是进行电气设备安装的主要依据，属施工前的技术准备范畴。

常用的施工图样有系统图、平面图、电路原理图、安装接线图、安装大样图、设备布置图和目录、设计说明、图例、设备材料明细表等。

1. 系统图

系统图又称为概略图，是表现电气工程的供电方式、电能输送、分配控制关系和设备运行情况的图样。通过系统图，我们可以对工程概况一目了然。根据其控制对象的不同，可以将系统图分为变配电系统图、动力系统图、照明系统图和弱电系统图四种。弱电系统图又可分为通信(电话)系统图、广播线路系统图、共用天线电缆电视系统图、火灾报警装置系统图、防盗保安系统图、仪表测试系统图、微机管理及控制系统图等。**电气系统图只表示电气回路中各元器件或装置的连接关系，不表明具体安装位置和具体接线方法。**

2. 平面图

平面图是表示电气设备、装置与线路平面布置的图样。常用的电气平面图有变配电所平面图、动力平面图、照明平面图、电缆敷设平面图、输电线路平面图、防雷接地系统平面图、自控仪表平面图、通信(电话)平面图、广播线路



平面图、共用天线电缆电视平面图、火灾报警装置平面图、防盗保护装置平面图、微机管理及控制平面图等。电气平面图由于采用的是缩小的比例,所以它只能反映电气设备的安装位置、安装方式、导线的走向以及敷设方法,而不能反映设备的具体形状。

3. 原理图

原理图是表现电气设备或元器件逻辑关系和动作原理的图样。它是我们进行安装、接线、调试和维修的重要依据之一。分析电气控制原理图可以看清整个系统的动作顺序和设备(元器件)之间的内部联系,但它不反映电气设备和元器件的实际安装位置及具体的走线。

4. 安装接线图

安装接线图又称为安装配线图,是用来表示电气设备、元器件和线路的安装位置、配线方法和线束走向的图样。安装接线图可以用来指导安装、接线和查线。它不反映元器件或设备的动作关系。

5. 安装大样图

安装大样图是按一定比例绘制的表示设备或元器件的安装、制作方法的图样。安装大样图上通常标注原材料型号、规格以及加工尺寸等。

6. 设备布置图

设备布置图是反映各种电气设备及元器件之间的空间位置、安装方式及相互关系的图样。设备布置图可以通过各种平面图、立体图、剖面图或构件详图来表达。

7. 目录、设计说明、图例及设备材料的明细表

目录主要包括序号、名称、图样编号、张数等。设计说明的内容主要有用户要求、设计依据、施工原则及工艺要求。图例只对本套图样中涉及的图形符号进行说明。明细表一般应列出设备和材料的名称、型号、规格、数量等。

二、施工图样的阅读方法

正确、快速地识读整套电气施工图样和技术资料,领会设计意图和施工的技术、工艺、要求,掌握工程的安装项目、内容和技术疑难问题是电气安装从业人员特别是高级工、技师必须具备的一项基本技能。

识读电气工程图样一般是先强电后弱电、先系统后平面、先动力后照明、先下层后上层、先室内后室外的原则,遇高层建筑时先看变配电室层号,然后由此向上层层阅读,阅读完毕再由此向下层层阅读。审查图样时还应该准备好铅笔、记录纸、设备元件标高表、预制加工部件清单、材料表及设备清单等,发现问题及时标注在图样上并做好记录。

这里仅就工程图样的读图次序和读图要领作一说明。



1. 阅读标题栏和图样目录

熟悉标题栏可以了解工程的名称、施工项目、内容、设计日期等。浏览图样目录可以知道每份图样的序号、编号、名称、张数,选用的标准图册中的图和重复利用的图要注明。

2. 阅读工程总体说明

读工程总体说明可以了解工程的总体概况及设计依据,把握图样中未能表达清楚的有关事项。如电源从何处进来,采用哪种配线方式,图中还用了哪些非标准图形符号,以及施工时的注意事项等。

3. 识读系统图

识读系统图的目的是了解系统的基本组成,主要电气设备、元器件之间的连接关系及其规格、型号、参数等。

通常在系统图的供电侧标注供电方式、供电回路、电压等级、进户方式、保护形式及计量方法等,在用电侧标注电压等级、回路个数、设备容量、起动方法、保护形式、计量方法及管路敷设方法等。

系统图还标有元器件的型号、规格、数量、整定参数、回路编号,导线、电缆的型号、规格,穿管规格、敷设方法以及系统需要系数、计算电流、计算负荷、功率因数等。

4. 识读平面图

阅读平面图,熟练掌握设备的安装位置、线路的敷设路径、敷设工艺要求以及导线型号、规格、数量等,可以使我们编制出比较科学、准确的工程预算和施工方案。阅读平面图时,可按进线、总配电箱、干线、支干线、分配电箱、用电设备这样的顺序进行。注意,平面图和系统图之间一般是通过回路编号或箱柜编号紧密联系的。

平面图表示的内容包括以下几点:

1) 电气设备、元器件、电气管路、导线、电缆、防雷接地装置、电气编号、电气图形符号等均用粗实线表示;土建和其他专业的设施、装置轮廓外形用细实线或点画线表示。

2) 建筑物平面图上应画出门窗和轴线,标注建筑物的主要尺寸、标高、方位、层数等有关土建参数。画出工艺设备的位置、标高、外形和基础,标注其尺寸和房间名称、编号。

3) 电源进户位置、标高、进户方式、电源性质及电压等级等。

4) 电气设备或元器件的安装位置、方式、标高、容量、编号和主要尺寸等。

5) 电缆、管路、导线等的敷设部位、方式、标高、型号、规格、根数、管径、走向、回路编号、控制方式、接线方式以及输电线路的杆位、杆型、方位



和标高等。

6) 防雷接地的布置、连接方式、接地电阻及材料规格等。

5. 识读安装接线图

安装接线图是进行具体电气设备装接和调试操作的重要依据之一。**阅读接线图时建议将其与控制原理图对照阅读。**这里重点介绍一下二次设备的安装接线图。

二次设备的安装接线图主要用于对二次设备的安装、接线、测试、查线、维护和故障处理等,主要包括屏面布置图、端子排图、屏背面接线图和二次电缆敷设图等。

(1) 屏面布置图 屏面布置图主要表现的是二次设备在屏面具体位置的详细安装尺寸,按一定比例画出,并标出与原理图一致的文字符号和数字符号。屏面布置的一般要求是:屏顶安装母线,屏后两侧安装端子排和熔断器,屏上方安装少量的电阻、信号灯、光字牌、按钮、控制开关和有关模拟电路等。

(2) 端子排图 端子排是屏内与屏外各安装设备之间连接转换的元件。端子按用途不同可分为普通型端子、连接型端子、试验型端子、标记型端子、特殊型端子及标准型端子等。

端子的排列应遵循下列基本原则:

- 1) 屏内设备与屏外设备的连接必须经端子排,其中交流回路经试验端子。
- 2) 屏内设备与直接接至小母线设备的连接经端子排。
- 3) 控制电源的正负极经端子排。
- 4) 同一屏上各安装单位之间的连接经端子排。

端子的编号应遵循下列基本原则:

- 1) 端子的左侧与屏内设备相连,写上设备编号。
- 2) 中左侧为端子顺序编号。
- 3) 中右侧为控制回路编号。
- 4) 右侧与屏外设备或小母线相连,写上线路上对应的设备符号或编号。

端子排示意图如图 2-1 所示。

(3) 屏背面接线图 又称为盘后接线图,是以展开式线路图、屏面布置图与端子排图为依据画出的图,是屏内配线、接线和查线的主要参考图。屏背接线图主要表示屏内设备的连线。

设备符号标注:一般在设备图形上方画一圆圈来进行标注,圆上编安装单位编号,旁边标注该安装单位内的设备顺序号,下面标注设备的文字符号和设备型号。

(4) 二次电缆敷设图 指在一次设备布置图上画出电缆沟、预埋管线、电缆槽、直接埋地的实际走向,以及在二次电缆沟内电缆支架上排列的图样。

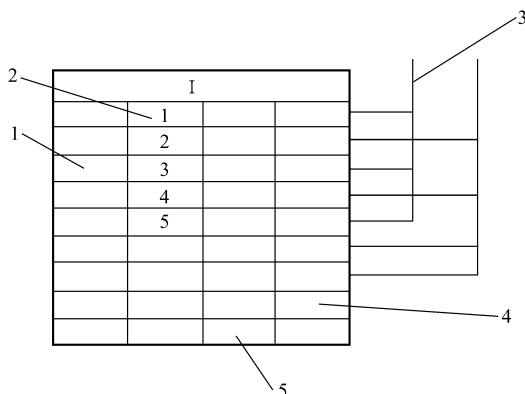


图 2-1 端子排示意图

1—屏内连接设备编号 2—端子顺序号 3—与屏外设备或小母线相连
4—屏外设备编号 5—控制回路编号

规定：

- 1) 二次电缆敷设一般要求使用控制电缆，电缆应选用多芯。
- 2) 当电缆截面积小于 1.5mm^2 时，电缆芯数不超过 30 芯。
- 3) 当电缆截面积为 2.5mm^2 时，电缆芯数不宜超过 24 芯。
- 4) 小于 7 芯的控制电缆应留备用芯。
- 5) 接入同一安装屏内两侧端子的电缆芯数超过 6 芯以上时，应采用单独电缆。
- 6) 计量表电流回路的电缆截面积不小于 2.5mm^2 。
- 7) 控制信号回路用控制电缆截面积不小于 1.5mm^2 。

在二次电缆敷设图中，需标出电缆编号和电缆型号，在图中列出表格，详细表示出每根电缆的起始点、终止点、长度和敷设方法等。

6. 识读安装大样图

安装大样图是用来具体表示设备安装方法的图样，同时又是编制工程材料计划的主要参考图样之一。安装大样图一般采用全国通用电气装置标准图集。

总的来说，电气安装工程图样的识读没有固定的程式，通常的做法是：了解概况先浏览，重点内容反复看，安装方法找大样，技术要求查规范。

三、总体工程施工进度网络图

1. 施工进度网络图的定义

由若干有向线段和节点构成，以时间为单位，表示施工进度的一种网络状图样。在网络图中，有向线段的大体方向总是与工作方向一致，并习惯于从左向右。网络图中的工作内容(或工序)可直接标注在有向线段上方，有向线段的



下方用阿拉伯数字标明某段工序所需时间(天数)。在总体工程施工进度网络图中,所需时间最长的线路通常称作关键线路,它不但决定着总的工期,而且控制着工程的进度。为区别于其他线路,可在网络图中用粗实线、双线或红线标出关键线路。前后工作内容(或工序)之间的连接处叫网络图的节点,节点用圆圈表示,圆圈内是每个节点相应的数码编号。

2. 网络图的作用

用网络图编制施工进度计划是建筑安装工程施工中常用的一种方法。网络图主要用来编制建设项目、单项工程、单位工程和分部分项工程等。

3. 施工网络图的编制

用网络图编制工程的施工进度计划,可按下面具体步骤进行:

(1) 确定施工方案 熟悉、审查施工图样等技术资料,明确设计意图,摸清施工任务,检查施工条件,根据工程合同的要求及施工技术条件、组织管理水平等因素确定施工方案。

(2) 绘制施工网络草图 分析施工组织、施工顺序、作业方法、工序之间的相互关系及各道工序的作业时间等条件,绘制出施工网络草图。

(3) 找出关键线路 分析各道工序所需时间,确定关键工序、关键线路,计算出各道工序的时差和总的工期。

(4) 优化网络计划 根据绘制的网络草图,对工序时间、总工期是否达到了“最低成本时的最短工期”目标进行工期和费用优化。另外,还应根据各工序的交叉作业是否合理、劳动力配置是否合适,辅材、加工件等能否满足计划要求等方面进行资源优化。这就是所谓的“资源有限——工期最短”。

第二节 施工方案编制

施工组织设计的内容主要包括工程概况、施工方案及施工组织、平面布置、物资供应计划及管理、工程进度计划、安装技术措施及技术交底、保证质量安全及降低成本的指标及措施等。施工方案编制是施工组织设计的重要内容之一。

所谓施工方案的编制,是指在全面熟悉施工图样、施工现场、技术力量以及技术装备等情况后,综合作出科学合理的施工方案的过程。编制良好的施工方案应该满足施工过程的连续性、比例性和均衡性的基本要求。连续性是指在整个安装过程中,各工艺阶段、工序之间在时间上紧密衔接、不间断。比例性是指每一工序的生产能力上始终保持良好的人机比例,避免出现材料供应短缺、生产机械停滞、工人富余、生产效率下降、生产成本增加等不良现象。均衡性是指在某一安装工程周期内的各生产阶段都能完成大致相同或稳定增长的工程量,避免出现前松后紧、突击加班加点的现象。



施工方案编制的主要内容有确定施工方法和编制施工计划两大部分。

(1) 确定施工方法 常用的施工方法有顺序施工、平行施工和流水施工三种。

1) 顺序施工法是将整个工程分成若干个安装段,按照先后顺序依次进行安装。这种施工方法的特点是工期较长,若某工序的专业性很强,则可能会造成其他安装工序工人的严重窝工现象。顺序施工法适用于工程规模投资小、工期无严格要求、技术简单的小型工程。

2) 平行施工法是将整个工程分成几个可同时进行施工的工艺段。这种施工方法的特点是工期短,但各工程进度不一,且不利于工程质量管理 and 生产管理。平行施工法适用于工期紧、有突击性要求的工程,一般情况下不宜采用。

3) 流水施工法是将工程分段后,由各专业安装队或班组在所属的工程段上完成同一或相近内容的安装任务。其特点是工期比平行施工法略长,但确保了工程的连续性和均衡性,克服了窝工和劳动力过度集中不易管理的缺点;同时,流水施工法在技术熟练程度、质量控制、节约原材料、物资供应、安全施工等方面均比前两种施工法优越。故流水施工法适用于工期、质量、效率、效益等指标要求都比较严格的大中型工程。

(2) 编制施工计划 施工计划主要指施工进度计划、施工机具和设备计划、劳动力安排计划、主要材料和加工件需用量计划、临时供水供热供电和管线设施计划、运输计划、施工准备工作计划和施工平面图的布置等。

施工方案编制的程序如下:

1) 熟悉审查图样,了解设计内容及设计意图,领会电气工程与土建工程、主体工程及其他安装工程的交叉配合,尽量避免工程之间的时间和位置冲突,确保电气安装不破坏建筑物的结构和美观。

2) 现场调查,写出现场调查报告。

3) 分部、分项计算工程量。

4) 选择施工方案和施工方法。

5) 编制施工进度计划、施工机具和设备计划、材料及加工件需用量计划、劳动力安排计划。

6) 确定临时生产、生活设施。

7) 编制临时供电、供水、供热及管线设施计划。

8) 编制运输计划。

9) 编制施工准备工作计划。

10) 布置施工平面图。

11) 计算技术、经济指标。

12) 报送施工方案与审批。



施工方案编制过程还可用如图 2-2 所示的流程图表示。

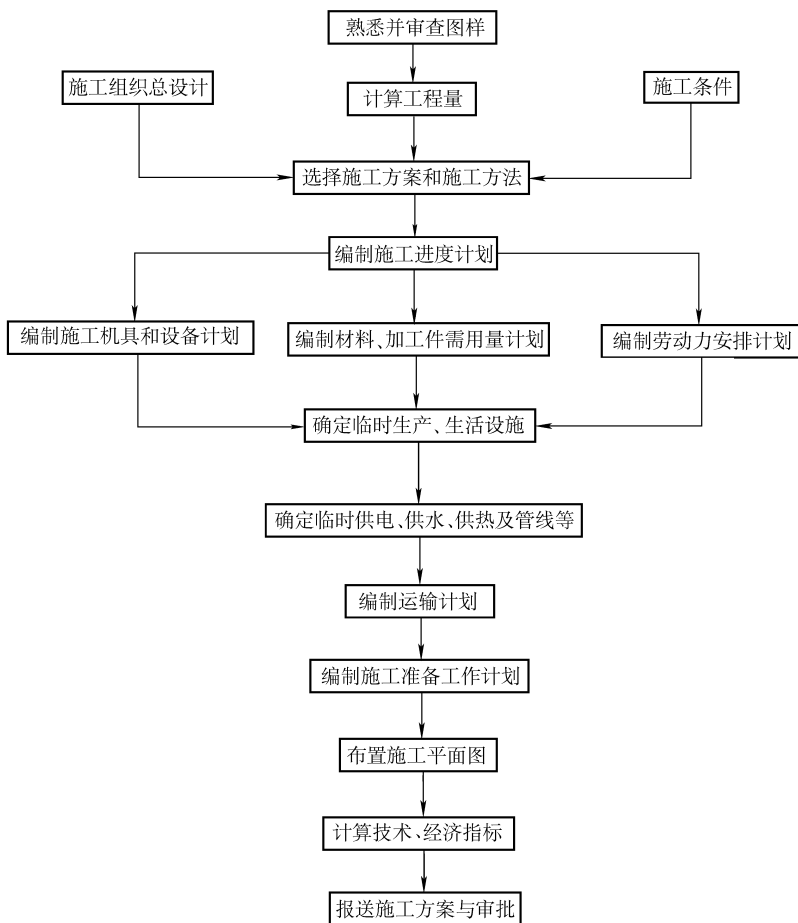


图 2-2 施工方案的编制过程流程图

第三节 吊装机械的选择与操作

一、起重机械的分类

起重机械广泛应用于机械、交通、电力、化工、矿山、林业等企业的生产、作业活动中，它是一种通过吊钩或其他吊具起升、搬运物料的特种机械设备。起重运输机械形式多样，种类繁多，按一般分类方法，起重机械分为：轻小型起重机械、起重机和升降机。轻小型起重设备包括：千斤顶、滑车、起重葫芦



芦(手动葫芦和电动葫芦)、绞车和悬挂单轨系统;起重机包括:桥架型起重机、缆索型起重机和臂架型起重机。按起重机的取物装置和用途可分类为:吊钩起重机、抓斗起重机、冶金起重机、电磁起重机、堆垛起重机、集装箱起重机、救援起重机、安装起重机、两用和三用起重机等。臂架型起重机按构造可分类为:门座起重机、半门座起重机、塔式起重机、铁路起重机、流动式起重机、浮式起重机、甲板起重机、桅杆起重机、悬臂起重机、柱式悬臂起重机、臂上起重机、自行车式起重机。

下面重点介绍安装过程中常用的流动式起重机的分类、结构、基本参数、维护保养、事故分析、作业条件和操作要领。

二、流动式起重机的分类和结构

流动式起重机是指能在无轨道或专用轨道上行驶,机体靠重力保持稳定的臂架型回转起重机。它具有机动灵活、操纵方便、移动迅速等优点。

1. 流动式起重机的分类

常用的流动式起重机有汽车起重机、轮胎起重机和履带起重机等。

(1) 汽车起重机 它的作业部分安装在通用或专用汽车底盘上,在行驶状态和作业状态分别使用不同的驾驶室。由于它行驶速度快、机动性强,故适合于经常转换工作场地作业的情况。

(2) 轮胎起重机 它的作业部分安装在专门设计的轮胎底盘上,在行驶状态和作业状态均使用同一个驾驶室。它的轴距短,可以吊载行驶和全周作业。适用于建筑工地、车站码头等相对稳定的工作场地作业。

(3) 履带起重机 它的作业部分安装在履带底盘上,依靠履带行驶。这种起重机稳定性好,能在松软的路面或无加工路面的场地上行驶,爬坡能力强,转弯半径小,作业时不需要支腿支撑,因此最适合建筑工地使用。

2. 流动式起重机的结构

流动式起重机的主要结构有动力装置、工作机构、金属结构、控制装置和运行机构等。

(1) 动力装置 动力装置有内燃机和外接电源两种形式。使用外接电源的流动式起重机只局限于港口、仓库与装卸区域内使用。而采用内燃机为动力的流动式起重机最为普遍,其动力传递方式又有以下三种。

1) 内燃机—机械传动:它通过一系列的机械零部件将内燃机的机械能传递到各工作机构做功。由于机械零部件都是刚体,故传动可靠、效率高,其缺点是传动装置笨重、复杂,各工作机构难以得到合理布置,所以现代汽车起重机和轮胎起重机中已很少采用。

2) 内燃机—电力传动:它是把内燃机的机械能经过发电机转变为电能,然



后用导线、电器等将电能输送到各电动机,再以少量机械零部件驱动各工作机构。该传动方式使用的机械零部件数量少,总体布置方便,操纵轻便,调速性能好,维护简便。其缺点是造价高、电机重量大。

3) 内燃机—液压传动:这种传动方式是先把内燃机的机械能经油泵转变为液压能,经油管和各种控制阀将液压能传给油缸和液压马达,油缸和液压马达再将液压能转变为机械能,驱动各工作机构。由于液压传动调速方便,传动平稳,操纵轻便,元器件体积小,重量轻,具有限速、自锁功能,总体布置合理等优点,被起重机广泛应用。

(2) 工作机构 起重机的工作机构包括起升机构、变幅机构、回转机构、吊臂伸缩机构等。各机构作用如下:

- 1) 起升机构可以实现吊钩的垂直上下运动。
- 2) 变幅机构可以实现吊钩在垂直平面内的移动。
- 3) 回转机构可以实现吊钩在水平平面内的移动。
- 4) 吊臂伸缩机构可以在伸缩吊臂的同时改变起重机工作幅度和起升高度。

(3) 金属结构 金属结构包括起重机的吊臂、回转平台、底架、人字架、大梁等。起重机的工作机构和其他装置都安装在金属结构上,承受着起重机的自重以及作业时的各种载荷。金属结构通常使用优质钢材焊接而成。

(4) 控制装置 控制装置用来操纵和控制起重机各工作机构,使各机构能按要求进行启动、调速、换向、停止等各种动作。该装置主要由操纵杆、控制阀、按钮、开关、控制电器等组成。

(5) 运行机构 运行机构就是指通用或专用的起重机底盘,它是支撑起重装置的基础。运行机构一般由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四部分组成。

三、流动式起重机的基本参数

(1) 起重量(G) 起重机允许提升物料的最大重量称为额定起重量,它是选择起重机型号的主要依据之一。对于幅度可变的起重机,根据幅度规定起重机的额定起重量。起重机的取物装置本身的重量(除吊钩组以外),一般应包括在额定起重量之中。起重量可按下面的公式计算

$$G \geq G_1 + G_2 \quad (2-1)$$

式中 G ——起重量(t);

G_1 ——构件重量(t);

G_2 ——索具重量(t)。

(2) 起重力矩 起重量 G 与幅度 L 的乘积称为起重力矩(载荷力矩)。

(3) 起升高度(H) 起重机吊具的最高工作位置与起重机的水准地平面之



间的垂直距离称为起重机的起升高度,它也是选择起重机型号的主要依据之一。吊具最高和最低工作位置之间的垂直距离称为起重机的起升范围(D)。起重机吊具的最低工作位置与起重机水准地平面之间的垂直距离称为起重机的下降深度(h)。这三者之间的关系是

$$D = H + h \quad (2-2)$$

在无下降深度的使用场合,起升范围等于起升高度。起升高度可按下面的公式计算

$$H \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (2-3)$$

式中 H ——起升高度(m);

h_1 ——设备高度(m);

h_2 ——索具高度(m);

h_3 ——设备吊装到位后悬吊时的高度(m);

h_4 ——基础高(m)。

(4) 工作速度

1) 额定起升速度(v_n):指起升机构的电动机在额定转速时,取物装置的上升速度,单位为 m/min。

2) 变幅速度(v_r):在稳定状态下,额定载荷在变幅平面内水平移动的平均速度。规定为离地平面 10m 高度处,风速小于 3m/s 时,起重机在水平地面上,幅度从最大值至最小值的平均速度,单位为 m/min。

3) 起重臂伸缩速度(v_s):起重臂伸出(或回缩)时,其尖部沿臂架向中心线移动的速度,单位为 m/min。

4) 行驶速度(v_0):在道路行驶状态下,起重机由自身动力驱动的最大运行速度,单位为 km/h。

5) 回转速度(n):在旋转机构的电动机为额定转速时,起重机转动部分的回转速度,单位为 r/min。

(5) 幅度(L) 起重机置于水平场地时,空载吊具垂直中心线至回转中心线之间的水平距离。它是选择起重机型号的主要依据之一。

(6) 起重臂倾角 指在起升平面内,起重臂纵向中心线与水平线间的夹角。起重臂倾角一般为 $25^\circ \sim 75^\circ$ 。

(7) 轮压 起重机自重和额定起重量作用下车轮所承受的最大垂直压力。

(8) 支腿跨距 指起重作业时支腿的外伸尺寸。

(9) 通过性参数 指起重机能够通过各种道路能力的参数。

(10) 外形尺寸 指整机的长度、宽度、高度的最大尺寸。它受到道路、桥梁、涵洞等的限制。各国对外形尺寸都有具体规定,通常宽度限制在 3.4m 以内,高度不得超过 4m。



(11) 轴荷 指起重机单轴的最大负荷。德国规定为 12t, 英国规定为 11t, 法国与日本规定为 13t, 我国规定为 12 ~ 13t。

(12) 自重 指起重机在非工作状态下的整机本身的总重量。它是衡量起重机经济性能的一项综合性指标。

四、流动式起重机的维护保养

66

1. 保养的分类

保养可分为例行保养、定期保养、换季保养、走合保养四种。

(1) 例行保养 指起重机在每日作业前、运转中及作业后, 司机采取的检查、清洁和预防性保养措施。

(2) 定期保养 指起重机工作一段时间后, 所采取的一种预防性维护保养措施。定期保养通常分为一级保养、二级保养和三级保养。一级保养以紧固和润滑为主, 间隔期为 100 工作小时; 二级保养以检查调整为主, 间隔期为 600 工作小时; 三级保养以解体检查, 消除隐患为主, 间隔期为 1800 工作小时。

(3) 换季保养 指起重机在季节温度变化时所进行的一种适应性保养, 其主要作业内容是更换适合不同季节气温的燃油、润滑油及液压油等。

(4) 走合保养 指新机或大修后的起重机, 在投入使用初期所进行的一种磨合性保养。一般走合期规定为 100 工作小时。走合期满, 应对各润滑部位进行一次彻底清洗, 然后加注新油; 并对各工作机构的性能进行全面检查, 确认情况良方可投入正常使用。

2. 保养的工作内容

(1) 清洁工作 清除各部位的异物与灰尘。

(2) 紧固工作 检查、紧固回转支撑、钢丝绳固定装置、吊臂支架等重要部位的螺栓螺母。

(3) 调整工作 定期检查、调整各零部件的间隙及安全装置的可靠性。

(4) 润滑工作 在规定的润滑部位加注润滑油或润滑脂, 检查总成内润滑平面, 添加润滑油, 以及清洗过滤器等。

3. 液压系统的维护

(1) 合理使用液压油

- 1) 按规定选用油品。
- 2) 防止漏油, 防止空气进入系统。
- 3) 防止水分、灰尘、杂质进入系统。
- 4) 控制好液压油的工作温度。

(2) 重视换油工作 换油的周期取决于工作条件, 通常以一年左右为换油周期, 或以 800 工作小时为换油周期。换油时应将旧油尽量放净, 方法如下:



1) 换油箱液压油: 将旧油放净后, 彻底清洗油箱和过滤器。新油加注前需用滤油机进行过滤, 再沉淀 48h, 在无灰尘的环境中注入油箱。禁止用加油口过滤器代替精滤器过滤液压油。

2) 换管路和元件内的液压油: 油箱注入新油后, 将油箱回油管拆下接到另一容器内, 起动发动机使其慢速运转, 依次操纵各工作机构, 用新油将系统内的旧油顶出, 待旧油排净后将油箱回油管装回, 最后, 按规定油量给油箱补足液压油。

(3) 液压元件不得随意拆卸和调整。

五、流动式起重机的事故分析

流动式起重机的常见事故有翻车、折臂和触电。起重机作业时, 起重机的架设、幅度变化、载荷变化、起吊方位、支腿跨距等都影响起重机的稳定性, 下面就这些因素具体分析。

(1) 幅度变化与稳定 起吊载荷一定时, 幅度变大, 起重机的倾翻力矩也变大, 盲目增大工作幅度, 起重机就会失稳。幅度变大的工况有: 吊臂俯落时, 幅度变大; 吊臂伸长时, 幅度变大; 吊臂回转时, 幅度变大。

(2) 载荷变化与稳定 工作幅度一定时, 载荷变大, 起重机的倾翻力矩也变大。当重物快速下降或使用快放落钩而在中途急停时, 会产生“超重”和冲击, 起重机会失稳, 甚至损坏吊臂。

(3) 起吊方位与稳定 一般情况下, 起重机后方的稳定性好于侧面的稳定性, 当在后方起吊重物回转到侧面时, 应注意以防失稳。

(4) 起重机的架设与稳定 作业场地倾斜或松软会使起重机架设不平, 其稳定性降低, 应使用垫板加强支撑。

(5) 支腿跨距与稳定 跨距大稳定性好, 跨距小稳定性差。因此, 作业时应将支腿完全伸出。

六、流动式起重机的作业条件

1) 起重机司机必须持有安全技术操作许可证。严禁无证操作和酒后开车。

2) 起重机必须经劳动部门检验合格, 取得准用证。

3) 起重机的各类限位装置、限制装置齐全有效; 制动器、离合器、操纵装置零部件齐全有效; 钢丝绳安全状况符合要求。

4) 一般不允许在高压线附近进行作业, 特殊情况时应采取可靠的停电措施, 或保持必要的安全距离, 吊臂顶端要离高压电线 2m 以上(20kV 高压线)。在化工区域作业时, 应使起重机的工作范围与化工设备保持必要的安全距离。

5) 夜间作业应保证良好的照明。



6) 允许工作风力一般规定在5级以下。

7) 在易燃易爆区工作时,应按规定办理必要手续,对起重机的动力装置、电气设备等采取可靠的防火、防爆措施。

8) 在人员杂乱的现场作业时,应设置安全护栏或有专人担任安全警戒任务。

七、起重作业的操作要领

1. 操作前的检查

1) 检查作业条件是否符合要求。

2) 查看影响起重作业的障碍因素,特别是在铁路或公路线附近作业时更应小心。

3) 检查起重机技术状况,特别注意安全装置的工况。

4) 确定起重机的工作装置符合要求,查看吊钩、钢丝绳及滑轮组的倍率。

5) 松开吊钩,仰起吊臂,低速运转各工作机构。如在冬季,应延长空运转时间,液压起重机应保证液压油在15℃以上方可开始工作。

6) 如果起重机装有电子力矩限制器或安全负荷指示器,应对其功能进行检查。

7) 如果设有蓄能器,应检查其压力是否符合规定,利用离合器操纵手柄检查离合器的功能是否正常。

8) 查看配重状态。

9) 观察各仪表、指示灯显示是否正常。

10) 平稳操纵起升、变幅、伸缩、回转各工作机构及制动踏板,各部件功能正常方可进行起重作业。

2. 支腿操作

1) 放支腿前应当了解地面的承压能力,合理选择垫板的材料、面积及接地位置。防止作业时支腿沉陷。

2) 放支腿前必须挂上停车制动器,拔出支腿固定销。

3) 放支腿时,应先放后支腿,再放前支腿。

4) H型支腿起重机不宜架设过高,以轮胎刚好离开地面为宜。

5) 回转支撑基准面应保持水平。

6) 如果起重机上车也有发动机,在下车支腿放好后,应将下车发动机熄火,取力器置于空挡位置。

7) 放好支腿后应再次检查支腿的接地情况,不得有三支点的现象。

3. 变幅操作

1) 变幅时应注意不得超出安全仰角区。



2) 向下变幅时的停止动作必须平缓。

3) 带载变幅时,要保持物件与起重机的距离,要防止物件碰触支腿、机体与变幅油缸。

4) 向上变幅可以减少起重力矩,比较安全;向下带载变幅将增大力矩,容易造成翻车事故。

5) 吊臂角度的使用范围,一般为 $30^{\circ} \sim 80^{\circ}$,除特殊情况,尽量不要使用 30° 以下的角度。

6) 桁架式吊臂在大仰角起吊较重物品时,如果将重物急速下落,吊臂要反向摆动,会倒向后方,所以在注意吊臂角度的同时,要缓慢下落重物。

4. 吊臂伸缩

1) 向外伸出吊臂时应注意防止吊臂超出安全角区。在保证工作需要的基础上,尽量选用较短吊臂起重机。

2) 如不属于特殊工况要求,尽量不要带载伸缩。因为带载伸缩会缩短伸缩臂间滑块的使用寿命。

3) 在进行吊臂伸缩时,应同时操纵起升机构并注意保持吊钩的安全距离,防止吊钩发生过卷。

4) 同步伸缩起重机,若前节吊臂的行程长于后吊臂的行程时,则为不安全状态,应予以修正或检修。

5) 对于程序伸缩机构,必须按规定编好程序,才能开始伸缩。

5. 起升操作

1) 要严格按照操作规程规定进行操作。

2) 操作者应清楚地知道起吊物的重量以及吊钩滑轮组的重量。当起吊的物件重量不明,但认为有可能接近于该幅度下的临界起重时,必须先将重物稍微升起,检查其稳定性,确认安全后,才可将物件吊起。

3) 检查滑轮倍率是否合适,配重状态与制动器功能是否良好等。

4) 即使起重机上装有防过卷装置也要注意防过卷。

5) 起吊物件重量轻、高度大时,可用油门调速及双泵合流等措施提高工效。

6) 安装物件即将就位时,应采取发动机低速运转、单泵供油、节流调速等措施进行微动操作。

7) 空钩时可以采用重力下降以提高工效。在扳动离合器杆之前,应先用脚踩住踏板,防止吊钩突然快速自由下落。

8) 带载重物下降时,带载重量不应超过该工况额定重量的 20%,并控制好下降速度。当停止重物下降时,应平稳增加制动力,使重物逐渐减速停止;如果紧急制动,会使吊臂、变幅油缸及卷扬机构受损,甚至造成翻车事故。



9) 当放下重物低于地表面时, 要注意卷筒上至少应留有 3 圈钢丝绳的余量, 防止发生反卷事故。

10) 如果卷扬钢丝绳不正确地缠绕在卷筒或滑轮上, 切记不可用手去挪动, 可用金属棒进行调整。

6. 回转操作

1) 回转作业时, 应首先鸣喇叭提醒人们注意, 而后解除回转机构的制动或锁定, 平稳操纵回转操作杆。

2) 起重物件未完全离开地面前不得回转; 回转速度应缓慢, 不得粗暴使用油门加速; 禁止重物在摆动状态下回转。

3) 当吊物回转指定位置前, 应先缓慢收回操作杆, 使物件缓慢停止回转; 应避免突然制动, 以防使物件产生摆动。

4) 在同个工作循环中, 回转动作应在伸臂动作和向下变幅动作之前进行; 而缩臂动作和向上变幅动作亦应在回转动作之前完成。

5) 在起吊较重物件回转前, 应逐个检查支腿工况。这一点特别重要, 经常当吊臂回转时, 因个别支腿发软或地面不良而造成事故。较重物件回转时, 可在物件两侧系有牵引拉绳, 防止重物摆动。

6) 在岸码头作业时, 起重机不得快速回转, 防止因惯性而发生落水事故。

复习思考题

1. 常用的电气施工图样可分为哪几类? 读图时应遵循哪些基本原则?
2. 如何确定施工进度网络图中的关键线路?
3. 简述施工进度网络图的编制过程。
4. 施工方案编制的主要内容有哪些? 简述其编制程序。
5. 电气安装工程预算项目由哪几部分组成?
6. 比较汽车起重机、轮胎起重机和履带起重机的机构特点和适用范围。
7. 流动式起重机的基本参数有哪些? 选择起重机型号时主要依据哪几个参数?
8. 简述起重机的保养和操作要领。

第三章

电气动力设备安装调试



培训学习目标 了解电气设备试验的基本知识；熟练掌握电力变压器的试验；熟悉常用继电器的结构、原理和检验；了解变配电所典型计算机监控系统的基本结构，及其安装与调试要点；熟悉电缆故障分类，能熟练运用电桥法、脉冲示波器、感应法、声测试验法等多种方法寻测电缆故障。

第一节 电气动力设备安装调试所需专业知识

一、电气设备试验的基本知识

1. 电气试验的目的

为准确、及时判断电力系统的电气设备能否投入运行，预防设备损坏，保证系统安全和经济运行，必须按中华人民共和国电力行业标准 DL/T 596—2005《电力设备预防性试验规程》(以下简称《试验规程》)的要求，对电气设备进行预防性试验。

试验的主要目的是检查设备的绝缘情况，如设备绝缘电阻、泄漏电流、介质损耗角正切值($\tan\delta$)的测量及耐压试验等。试验的另外一个目的是对电气设备的电气或机械方面的某些特性进行测试，这种除绝缘试验以外的试验统称为特性试验。

2. 电气试验的一般性要求

- 1) 电力系统的设备均应根据《试验规程》的具体要求进行预防性试验。
- 2) 试验人员必须加强技术管理，健全资料档案，积极开展技术革新，不断提高试验技术水平。
- 3) 试验人员必须坚持实事求是的科学态度，对试验结果进行全面、客观、历史的综合分析，把握设备性能变化的规律和趋势。



4) 额定电压为 110kV 以下的电气设备均应按《试验规程》的规定进行工频交流耐压试验。

5) 除成套设备外,其他连接在一起的各种设备均应分开后单独进行试验。

6) 对于额定电压较高的电气设备,在已加强绝缘时,应按照电气设备的额定电压标准进行试验。同时,在已满足产品通用性的要求时,应按照设备实际使用的额定工作电压进行试验。

7) 在进行与温湿度有关的各种电气试验时,应同时测量被试设备及其周围环境的温度和湿度。

3. 电气试验的技术要求

(1) 精心组织 包括制订试验程序,准备试验设备、仪器、仪表、工具、电源控制箱、绝缘接地棒、接地线、小线,按规定合理、整齐地布置试验场地等。

(2) 规范操作 坚持正确的操作程序,试验接线应清晰、无误。一般情况下,操作过程中不得突然施加电压或失去电压,如发现异常应立即进行降压、断电、放电、接地,而后检查分析。

(3) 善后处理 包括收拾工具、清理现场等。

(4) 试验记录 详细记录试验的项目、测量数据、试验品名称、仪器仪表编号、试验的气象条件及试验时间等,然后整理成试验报告、抄报、存档。

4. 电气试验的安全措施

由于预防性试验的多数试品装在发电厂、变电所等现场,情况比较复杂。因此,必须制定相关的安全保障措施,确保电气设备的各项试验得以顺利进行。

1) 进行现场工作时必须严格执行工作票制度、工作许可制度、工作监护制度、工作间断和转移及终结制度。

2) 有高压试验的现场应装设遮栏或围栏、悬挂“止步,高压危险!”的标示牌或派专人看守。

3) 高压试验至少有两人进行操作,试验负责人应由经验丰富的人员担任。为确保高压回路的任何部分不对接地体放电,高压回路与接地体之间必须留出足够距离。

4) 试验需要断开电气设备的接头时,拆前应做好标记,防止遗漏和混淆;恢复连接后,应仔细检查核对。

5) 试验器具的金属外壳应可靠接地;试验装置的电源开关应有明显的断点及可靠的过载保护措施。

6) 开始加压试验前应仔细检查:接线是否正确,仪表量程是否合适,调压器是否在零位;然后通知相关人员离开被试设备。

7) 未装接地线的大电容试品,应放电后再进行试验。



- 8) 试验操作人员应站在绝缘垫上, 试验加压过程中应派人监护。
- 9) 试验结束时, 应进行降压、断电、放电、接地。
- 10) 高压直流试验结束后, 应将试品短路放电后方可接触。
- 11) 试验工作全部结束后, 应由试验人员自行拆除接地短路线。

二、电力变压器的试验

变压器是电力系统中的关键设备, 其性能好坏直接影响系统运行的安全性、可靠性和经济性。因此, 必须按《试验规程》的规定对变压器进行预防性试验。变压器的电气试验项目主要包括绝缘电阻和吸收比的测量、直流电阻的测量、电压比的测量、联结组标号的测定、空载试验、短路试验、变压器油电气强度试验、主绕组连同套管的泄漏电流测量、绕组连同套管的介质损耗角正切值 ($\tan\delta$) 的测量、工频交流耐压试验等。

1. 绝缘电阻和吸收比的测量

电力变压器绝缘电阻和吸收比的测量, 主要指变压器绕组之间以及绕组对地之间的绝缘电阻和吸收比的测量。此项试验属于非破坏性试验, 现场普遍用绝缘电阻表测量绝缘电阻, 操作安全、简便。

测量目的是: 初步判断变压器绝缘性能; 检查有无放电、击穿所形成的贯通性局部缺陷; 检查有无瓷套管开裂、引线碰地、器身内有铜线搭桥等现象所造成的半通性或金属性短路的缺陷。不足之处是, 测量绝缘电阻和吸收比不能发现未贯通的集中性缺陷、整体老化及游离缺陷。

变压器绕组的绝缘电阻可与出厂值进行比较, 相同温度下, 不应低于出厂值的 70%。若无出厂值可参考表 3-1 中的值。温度为 10 ~ 30℃ 时, 3.5kV 及其以下变压器的吸收比应不小于 1.3。

表 3-1 油浸式电力变压器绕组绝缘电阻的允许值 (单位: MΩ)

电 压 等 级	温度/℃							
	10	20	30	40	50	60	70	80
3 ~ 10kV	450	300	200	130	90	60	40	25
20 ~ 35kV	600	400	270	180	120	80	50	35
35kV 以上	1200	800	540	360	240	160	100	70
1kV 以下	100	50	25	13	7	4	3	2

2. 直流电阻的测量

在变压器施工的交接验收、大修或变更分接头位置时, 常需测试绕组的直流电阻; 在变压器短路试验和温升试验时也需用到直流电阻的数据。

测量目的是: 检查变压器绕组内部导线和引线的焊接质量; 判断变压器有



无层间短路或内部断线；判断并联支路连接是否正确；确定电压分接开关、引线与套管的接触是否良好等。

注意：三相变压器的各相绕组的直流电阻之间的差别应很小，一般应在三相平均值的4%以下。

3. 电压比的测量

变压器空载运行时，一次电压(U_1)与二次电压(U_2)的比值称为变压器的电压比(K)。

测量目的是：检查变压器的电压比是否与其铭牌标注数据相符合；检验电压分接开关的状况；判断变压器是否存在匝间短路现象；判断电压比的准确度，以确定该变压器能否并联运行等。

电压比的测量结果与变压器的铭牌相比不应有明显的差别，一般来说，电压比的允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 。

4. 联结组标号的测定

联结组标号是用来表示变压器一次绕组、二次绕组的联结方式以及时钟时序数所表示的相位差。变压器的联结组标号共有12种，国家标准规定三相变压器的五种标准联结组标号分别是：Yyn0、Yd11、YNd11、YNy0、Yy0，其中前三种最常用。下面以“Yyn0”为例，说明其标号的具体含义。标号中左边的大写英文字母Y表示一次绕组为Y联结，右边的小写英文字母yn表示二次绕组为带中性线的Y联结，最后的数字0表示一次绕组和二次绕组电压相位差为 0° 。

测定目的是：确定三相变压器的联结组标号以便准确判断变压器能否并联运行。联结组标号完全相同，是变压器并联运行的重要条件之一，否则会产生严重的环流而烧毁变压器。

变压器在交接或更换绕组时必须进行联结组标号测定，检查结果应与该变压器的铭牌标志相符。

5. 空载试验

空载试验是指在变压器的任意一侧通以额定电压、其他绕组开路的情况下，测量变压器的空载损耗和空载电流的试验。空载电流是指变压器空载运行时励磁电流占额定电流的百分数；空载损耗是指变压器在空载运行时的有功功率损失。

空载试验的目的是：测量变压器的空载电流和空载损耗；发现磁路中的局部或整体缺陷；检查绕组匝间、层间的绝缘是否良好；检查变压器的铁心片间绝缘和装配质量等。

额定条件下，电力变压器空载试验时空载电流的允许偏差为 $+22\%$ ，空载损耗的允许偏差为 $+15\%$ 。如超出允许值应再进行单相全压试验，以找出缺陷的部位。



6. 短路试验

短路试验就是将变压器的一侧绕组短路，而从另一侧施加额定频率的交流电压的试验。现场试验时，一般是将低压侧短路，从高压侧施加电压，将电压调整到额定电流值时，记录功率值和电压值。

短路试验的目的是：测量变压器的负载损耗和阻抗电压。通过短路试验可以计算变压器的效率；确定变压器的热稳定性能和动稳定性能；计算二次电压的变动；确定变压器能否与其他变压器并联运行；及时发现变压器在结构和制造上的缺陷等。

国家标准规定，变压器的允许负载损耗偏差为 +10%，阻抗电压为 $\pm 10\%$ 。当试验结果偏差较大时，应分析原因，查明缺陷。

7. 变压器油电气强度试验

变压器油的电气强度是指变压器油在专用的油杯内、特定的电极尺寸和距离下的击穿电压。

变压器油电气强度试验的目的是：判断变压器油有无外界杂质侵入，是否受潮、变质。因为该试验方法简单、方便、判断直观，故被列为变压器油的主要试验项目之一。变压器油电气强度标准见表 3-2。

表 3-2 变压器油电气强度标准 (单位:kV)

设备电压		15 及以下	20 ~ 35	63 ~ 220
电气强度	新油及再生油	25	35	40
	运行中的油	20	30	35

8. 泄漏电流测试

变压器绕组连同套管一起的泄漏电流是指除被试绕组外其余绕组均短接后与铁心同时接地，然后依次对被试绕组施加直流电压，测量被试绕组对铁心、外壳和其他非被试绕组之间的泄漏电流。

泄漏电流测试是预防性试验的基本方法之一。测量绕组连同套管一起的泄漏电流的试验原理与测量绝缘电阻相似，不同之处在于，前者试验电压较高，并可任意调节，测量结果用微安表显示，试验灵敏度、准确度都较高。所以，泄漏电流测试能更加有效地检查出绕组和套管的绝缘缺陷。

电压为 35kV 及以上且容量为 10000kV · A 及以上的电力变压器，必须进行泄漏电流的测试，其他变压器不作此规定。读取 1min 时的泄漏电流值，试验电压标准见表 3-3，泄漏电流允许值见表 3-4。

表 3-3 泄漏试验电压标准 (单位:kV)

绕组额定电压	3	6 ~ 15	20 ~ 35	44 ~ 220
直流试验电压	5	10	20	40



表 3-4 变压器绕组泄漏电流允许值

(单位: μA)

额定电压/kV	试验电压峰值/kV	温度/ $^{\circ}\text{C}$							
		10	20	30	40	50	60	70	80
2 ~ 3	5	11	17	25	39	55	83	125	170
6 ~ 15	10	22	33	50	77	112	166	250	240
20 ~ 30	20	33	50	74	111	167	250	400	570
63 ~ 220	40	33	50	74	111	167	250	400	570

泄漏电流测试的不足之处在于它不能发现未贯通的集中性缺陷以及绝缘整体老化、游离缺陷等。

9. 介质损耗角正切值($\tan\delta$)的测量

测量介质损耗角正切值也是预防性试验的基本方法之一。

所谓介质损耗是指在周期性变化的交流电压作用下,产生的功率损耗。这种损耗的大小正比于无功电流与总电流夹角 δ 的正切 $\tan\delta$, δ 称为介质损耗角, $\tan\delta$ 称为介质损耗角正切值。测量介质损耗角正切值一般在绝缘电阻和泄漏电流之后进行。

测量变压器绝缘绕组的介质损耗角正切值是判断变压器绝缘性能的有效方法。该检查方法主要用于检查变压器是否有受潮、绝缘老化、油质劣化、绝缘上附着油泥及严重的局部缺陷等现象。因测试结果易受外界电场、空气湿度等因素的干扰,故必须采取有效的措施来消除这种干扰所带来的误差。消除外电场干扰的措施主要有减少干扰电源、加屏蔽罩、倒相取平均值以及移动试验电源的相位等方法。

注意:新装的电力变压器交接验收时的介质损耗角正切值应不大于出厂试验值的1.3倍。高压绕组的介质损耗角正切值的允许值见表3-5,同一台变压器中低压绕组的介质损耗角正切值与高压绕组的相同。

表 3-5 变压器绕组介质损耗角正切值的允许值

(%)

高压绕组电压等级	温度/ $^{\circ}\text{C}$						
	10	20	30	40	50	60	70
>35kV	<1.0	<1.5	<2.0	<3.0	<4.0	<6.0	<8.0
<35kV	<1.5	<2.0	<3.0	<4.0	<6.0	<8.0	<11.0

10. 工频交流耐压试验

工频交流耐压试验是对被试变压器绕组连同套管一起,施加高于额定电压一定倍数的正弦工频试验电压,持续时间为1min。工频交流耐压试验是鉴定变



压器绝缘强度最有效的方法,对考核变压器绝缘强度、检查局部缺陷具有决定性作用。

工频交流耐压试验能有效发现绕组绝缘是否脏污、受潮、开裂或者在运输过程中由振动引起的松动、移位。

额定电压为 110kV 以下,且容量为 8000kV·A 及以下的变压器在绕组大修或更换后应进行工频交流耐压试验。电力变压器工频交流耐压试验电压标准见表 3-6。

表 3-6 电力变压器工频交流耐压试验标准 (单位:kV)

额定电压	0.4	3	6	10	15	20	35	60	110
出厂试验电压	5	18	25	35	45	55	85	140	200
交接或大修试验电压	2	15	21	30	38	47	72	120	170
非标准试验电压	2	13	19	26	34	41	64	105	—

因为工频交流耐压试验在绝缘试验中属于破坏性试验,也是对绝缘进行的最后检验,所以,该项试验必须在绝缘电阻、吸收比、泄漏电流、介质损耗角正切值等非破坏性试验均合格之后才能进行。

三、继电器的结构、原理及检验

继电器是一种根据输入量的变化来控制电路“通”与“断”的自动切换电器。这种输入量可以是电压、电流等电量,也可以是温度、速度、时间及压力等非电量。

继电器种类繁多,按用途不同可分为控制继电器和保护继电器两大类,按原理可分为电磁式、感应式和热继电器。常用的保护继电器有电流继电器、电压继电器、过电流继电器、中间继电器、信号继电器、时间继电器、重合闸继电器、差动继电器、冲击继电器等。

1. 电流继电器

如图 3-1 所示,电流继电器主要由电磁铁、线圈、动触点、静触点、反作用弹簧、调整把手及刻度盘等组成。

电磁型电流继电器的工作原理是,当线圈中通以一定电流时,产生的电磁力吸引可动衔铁连同轴一起转动,轴再带动动触点和静触点接触。常用的电磁型电流继电器有 DL—10、DL—20C、DL—30 系列。

DL—10 系列电流继电器有两组电流线圈,通过切换片可将电流线圈改接成并联或串联形式以变换电流的倍数;另外还可以拨动调整把手,调整弹簧的拉力,从而实现平滑调节动作电流的目的。其主要技术说明如下:

(1) 触点数目 详见有关技术手册。

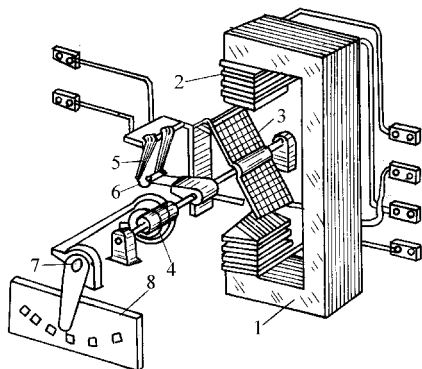


图 3-1 电流继电器的结构

1—电磁铁 2—线圈 3—可动衔铁 4—反作用弹簧 5—静触点
6—动触点 7—调整把手 8—刻度盘

(2) 触点容量 220V/2A 以下的具有电感性负载的直流回路为 50W；220V/2A 以下的交流回路为 250V · A。

(3) 动作时间 在 1.2 倍整定电流时， $t = 0.15\text{s}$ ；在 2 倍整定电流时， $t = 0.02 \sim 0.03\text{s}$ 。

DL—20C、DL—30 系列电流继电器的主要技术说明如下：

(1) 触点数目 详见有关技术手册。

(2) 触点容量 DL—20C 系列直流为 40W，交流为 200V · A；DL—30 系列同 DL—10 系列。

(3) 动作时间 DL—20C 和 DL—30 系列均同 DL—10 系列。

电磁型电流继电器检验的基本要求是：

1) 重复 3 次动作电流试验，每次测量值与整定值之间的误差不应大于 $\pm 3\%$ 。

2) 一般电流继电器的返回系数约为 0.8。

3) 以 10 倍的动作电流冲击 5 次，继电器触点应无晃动、卡阻现象。

2. 电压继电器

电压继电器与电流继电器的结构基本相同，主要区别在于前者为电压线圈，后者为电流线圈。

电压继电器有过电压和欠电压两种。过电压继电器只在线圈电压超过一定数值时才动作；欠电压继电器只在线圈电压低于一定数值时才动作，且其线圈是长期带电的。常用的电磁型电压继电器有 DJ—100、DY—20C 和 DY—30 系列。LY—30 系列整流型电压继电器将交流电压经电阻降压、二极管整流后加在线圈两端，解决了 DJ—100、DY—20C 型欠电压继电器因可动系统本身振动引



起的轴承磨损问题。

电压继电器技术说明如下：

- (1) 触点数目 详见有关技术手册。
- (2) 触点容量 与 DL—10 系列电流继电器相同。
- (3) 返回系数 过电压继电器的返回系数为 0.80，欠电压继电器的返回系数为 1.25。

电压继电器检验的基本要求是：

- 1) 过电压继电器的返回系数应为 0.85 ~ 0.90，即返回系数通常小于 0.9。
- 2) 欠电压继电器的返回系数不大于 1.2，具有强行励磁装置的其返回系数不大于 1.06。
- 3) 动作值与返回值重复测量 3 次，每次测量值与整定值之间的误差不大于 $\pm 3\%$ 。

3. 过电流继电器

过电流继电器分为感应型和整流型两种。

(1) 感应型过电流继电器 如图 3-2 所示，它主要由带抽头的线圈、铝盘、蜗杆、扇形齿轮、衔铁、电磁铁、触点等组成。其中，插销的作用是通过改变线圈的抽头接入来实现粗调、改变弹簧的拉力实现细调；时限螺钉的作用是通过改变衔铁与电磁铁之间的间隙来调节速断电流；时限螺杆的作用是通过改变挡板的位置来改变扇形齿轮顶杆行程的起点，从而改变继电器的动作特性。

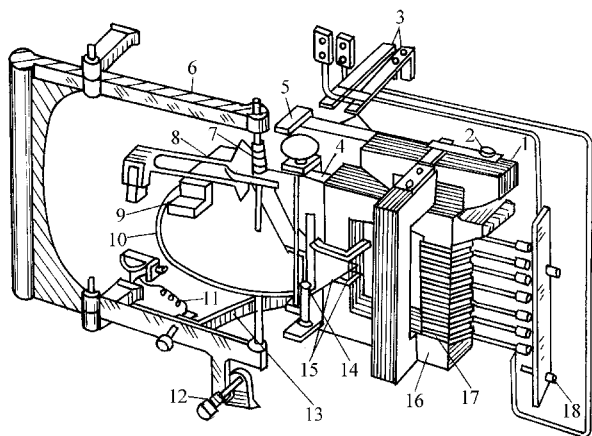


图 3-2 感应型过电流继电器的结构

- 1—衔铁 2—时限螺钉 3—触点 4—时限螺杆 5—凸柄 6—可动框架
7—蜗杆 8—扇形齿轮 9—永久磁铁 10—铝盘 11—弹簧 12—止挡
13—薄钢片 14—动作时间指示器 15—短路环 16—电磁铁
17—线圈 18—插销



它的工作原理是：当线圈中通过的电流为动作电流的 20%~30% 时，铝盘开始转动；上升到动作电流时，蜗杆与扇形齿轮啮合，扇形齿轮开始上升；经一段时间后，扇形齿轮的杆臂碰到衔铁左边的突柄，凸柄随即上升，带动衔铁吸向电磁铁，触点动作；当线圈电流很大时，衔铁便被直接吸下，触点速动。速断特性动作电流为整定动作电流的 2~15 倍。

常用的感应型过电流继电器有 GL—10、GL—20 等系列。GL—11、GL—12、GL—13、GL—14、GL—21、GL—22、GL—23、GL—24 型过电流继电器主触点能接通 5A，断开 2A(220 以下)；GL—15、GL—16、GL—25、GL—26 型过电流继电器主触点由变流器供电，且当电流为 3.5A 时，总电阻不大于 4.5Ω，可接通或断开电流达到 150A。

感应型过电流继电器检验的基本要求是：

- 1) 感应型过电流继电器返回系数应为 0.80~0.90。
- 2) 10 倍动作电流冲击 3~5 次，冲击前后的动作电流和返回电流通常应在额定电流的 5%~10%。

(2) 整流型过电流继电器 这种继电器一般由变流器及其可动部分、单结晶体管驱动电路和执行继电器三部分组成。图 3-3 所示为 LL—13A 型过电流继电器的工作原理。

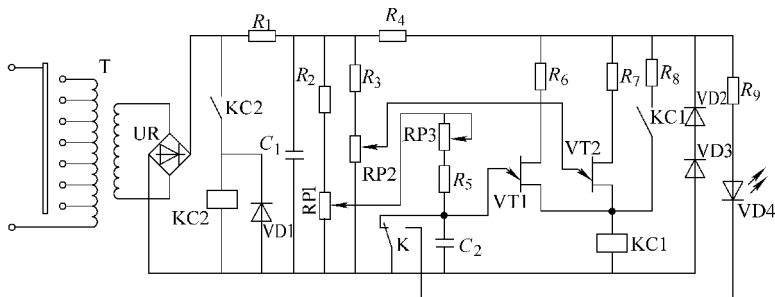


图 3-3 LL—13A 型过电流继电器的工作原理

它的工作原理是：变流器 T 一次绕组的抽头用以改变过电流继电器的动作整定值；二次绕组输出端接整流电路 UR； R_4 、VD2、VD3 组成稳压电路； R_2 、RP1、RP3、 R_5 、 C_2 及 VT1 组成中间继电器 KC1 的延时控制电路； R_3 、RP2 及 VT2 组成 KC1 的速动控制电路；发光二极管 VD4 用作过电流继电器动作指示。

正常情况下，K 短接 C_2 ，单结晶体管 VT1、VT2 的发射极因无峰值电压而截止，中间继电器 KC1 不工作，执行继电器 KC2 也不工作，对断路器无影响。

当电流达到过电流继电器的动作值时，通过起动元件带动 K 断开， C_2 经延时控制电路充电，充电时间常数 τ ($\tau = RC$) 决定 VT1 到达峰值的时间；当达到峰



值电压时, VT1 导通, KC1 得电经 R_0 自锁并接通 KC2, 最终由 KC2 的触点接通断路器的跳闸回路。很明显, 调整电位器 RP1 即可改变继电器动作时间的整定值。同样, 调整电位器 RP2, 即可改变 VT2 对速断电压的要求, 从而改变速动回路的动作电流倍数。

LL—13A 系列过电流继电器的技术说明: 常开主触点由变流器供电, 能接通 5A 和断开 2A 的直流或交流电路(220V 以下); 大于 220V 时, 常开信号触点能接通和断开 0.2A 的直流无感电路或电流为 0.5A 的交流电路。

整流型过电流继电器检验的基本要求是:

- 1) KC2 的动作电压不大于 20V, 返回电压不小于 1V。
- 2) 起动元件动作电流与整定值的误差不大于 $\pm 5\%$, 返回系数不小于 0.85。

4. 中间继电器

中间继电器主要由线圈、电磁铁、动触点、静触点等部件组成, 电压继电器。图 3-4 所示为 DZ—15 型中间继电器的结构。

中间继电器的主要作用是扩展触点数目和增大触点容量。常用的中间继电器有 DZ 型、带交流操作的 DZJ 型、带自保线圈的 DZB 型和带快速动作的 DZK 型等。

中间继电器检验的基本要求是:

1) 带自保线圈的中间继电器, 新安装时必须进行极性试验。

2) 动作电压和保持电压不大于额定电压的 70%, 动作电流和保持电流不应大于额定电流的 80%, 返回电压不小于额定电压的 5%, 返回电流不小于额定电流的 2%。

3) 当中间继电器的电压为额定电压的 70%~100% 时, 其动作时间几乎相等。

5. 信号继电器

信号继电器是一种专门用于判明某种保护继电器动作情况的信号装置, 主要由线圈、电磁铁、触点、信号牌、复位手柄等组成, 如图 3-5 所示。

信号继电器的工作原理是, 当电流通过线圈时, 衔铁动作, 信号牌落下, 触点接通外面的被控信号回路, 转动手柄即可复位。

常用的信号继电器有 DX—10、DX—30 等系列, 均采用直流操作电源。以 DX—30 为例说明其主要技术数据:

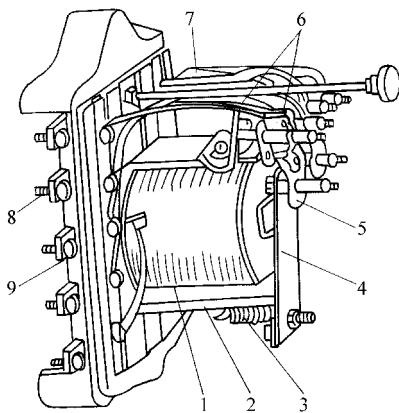


图 3-4 DZ—15 型中间继电器的结构

1—线圈 2—电磁铁 3—弹簧 4—衔铁
5—动触点 6—静触点 7—接
线 8—接线端 9—底座

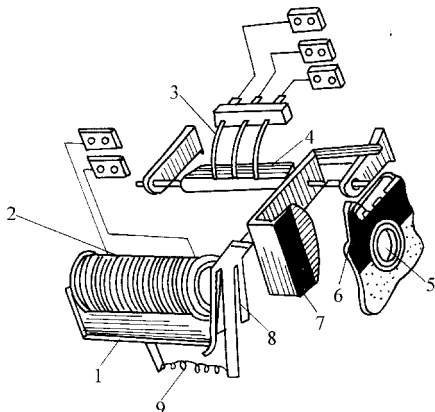


图 3-5 电磁型信号继电器的结构

1—电磁铁 2—线圈 3—静触点 4—动触点 5—观察孔
6—复位手柄 7—信号牌 8—衔铁 9—弹簧

(1) 额定值 线圈电压有直流 220V、110V、48V、24V 和 12V 五种, 电流额定值为 0.01~4A 共 17 挡。

(2) 触点容量 220V 直流电感性负载中, 不大于 30W; 220V 交流电路中, 不大于 200VA。

(3) 功率消耗 电流线圈不大于 0.3W, 电压线圈不大于 3W。DX—32A 型电压保持回路在 220V 时不大于 10W, 110V 时不大于 5W, 48V 时不大于 3W; DX—32B 型电压保持回路在 220V 时不大于 20W, 110V 时不大于 10W, 47V 时不大于 4W。

信号继电器检验的基本要求是:

1) 信号继电器动作电压不大于额定电压的 70%, 动作电流不大于额定电流的 90%。

2) 信号继电器保持值不大于额定保持电压的 80%。

3) 返回值不小于额定值的 2%。

6. 时间继电器

时间继电器广泛应用于继电保护和自动控制电路中, 使被保护或控制的元件获得所需延时而接通或断开。常用的时间继电器有机电型、电磁型和晶体管型三种。机电型时间继电器延时范围宽、触点组数多, 但不适合 10s 以内的延时; 电磁型时间继电器延时准确、可靠性较高, 断电延时达 0.2~10s, 但通电延时仅为 0.1s, 故电磁型时间继电器常用作断电延时; 晶体管时间继电器具有体积小、精度高、延时范围宽、功耗小、调节方便等优点, 因而在许多领域得到广泛应用。



图 3-6 所示为 DS—30 系列时间继电器的结构,它主要由线圈、磁导体、衔铁、触点以及一套类似机械式钟表机构的装置组成。

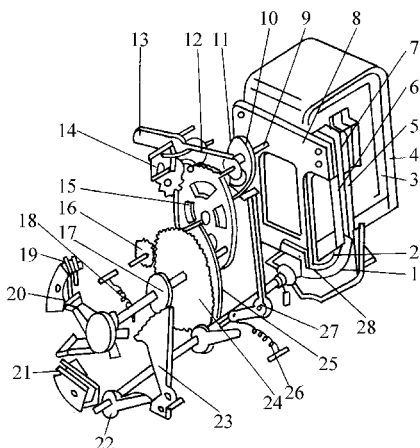


图 3-6 DS—30 系列时间继电器的结构

- 1—弹簧 2—衔铁 3—线圈 4—磁导体 5—瞬时静触点 6—顺时动触点 7—绝缘垫
8—固定支架 9—摆轴 10—摆轮 11—游丝 12—传动齿轮 13—擒纵叉
14—擒纵轮 15—主传动齿轮 16、17—传动齿轮 18—钟表弹簧
19—滑动静触点 20—延时动触点 21—延时静触点 22—凸轮
23—扇形齿轮 24—主轮 25—棘轮 26—启动器弹簧
27—摆轮启动器 28—轴套曲臂

DS—30 系列时间继电器技术数据说明:

(1) 触点容量 继电器触点可长期接通电流 5A; 断开 220V/3A 以下的感性负载时为 50W。

(2) 线圈电压 交直流短时工作时线圈可承受的电压为 110% 的额定电压。

DS—30 系列时间继电器检验的基本要求是:

1) 按规定进行一般性检查。

2) 直流继电器动作电压不大于额定电压的 70%; 交流继电器动作电压不大于额定电压的 85%; 返回电压不小于额定电压的 5%。

3) 刻度盘的每点都必须进行测定,且测定值与盘示值相同。

7. 重合闸继电器

DH 型重合闸继电器的结构如图 3-7 中点划线框所示,主要由时间继电器 KT、中间继电器(电压线圈 KU 和电流线圈 KI),以及电容器 C、充电电阻 R_1 、放电电阻 R_3 、信号灯 HL、电阻 R_4 等组成。时间继电器 KT 的作用是调整重合闸装置从起动到发出合闸脉冲信号的时间,型号为 DS—112C; 中间继电器用来发出接通断路器合闸回路的脉冲信号,电压线圈 KU 在电容放电时起动,电流线圈

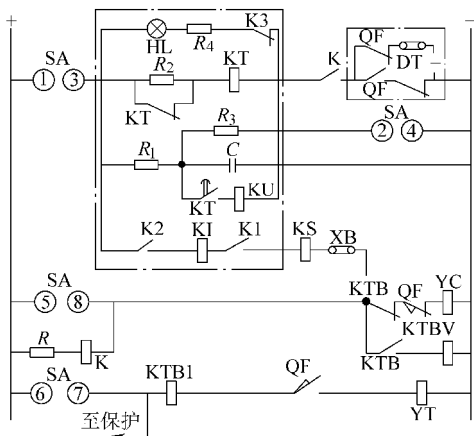


图 3-7 DH 型重合闸继电器及其装置的工作原理

KI 在合闸回路时串联, 使继电器保持动作状态一直到断路器合闸过程结束, 继电器复位; 电容器 C 保证重合闸只动作一次; 放电电阻 R_3 当不需要重合闸时为电容放电提供回路; 信号灯 HL 用来监视中间继电器和控制开关接触是否良好, R_4 是其限流电阻。

重合闸继电器及其装置动作过程如下:

1) 断路器处于合闸状态(图示状态)时,控制开关 SA 的 1、3 接通,2、4 断开,电源经 SA 的 1、3 和 R_1 给 C 充电,左正右负,重合闸继电器处于准备动作状态。

2) 断路器跳闸时, 辅助常闭触点闭合, KT 线圈得电, 延时常开触点闭合, 电容 C 通过闭合的 KT 经中间继电器的电压线圈放电, KU 吸合, 辅助常开开关 K1、K2 闭合, 接通中间继电器的电流线圈 KI, 并自锁到断路器, 完成合闸动作。

3) 线路上的故障仍未消失, 重合闸失败, 断路器二次跳闸, 但 C 尚未充电到 KC 启动所必须的电压值, 故重合闸继电器只动作一次。

重合闸继电器检验的基本要求是:

1) 70% 的额定电压下, 重合闸继电器及其装置应可靠动作。

2) 中间继电器吸合后, 在电流线圈中流过额定电流时, 断开电压线圈的电压, 衔铁应保持吸合。

3) 时间继电器 KT 的线圈串联附加电阻后, 应能长期耐受 110% 的额定电压。

8. 差动继电器

差动继电器主要由电流继电器和速饱和变流器等组成。电力系统中常用的



差动继电器有 BCH—1、BCH—2、BCH—4 和 DCD—5 等型号。BCH—1 型差动继电器带有一组制动线圈，可用于带负荷调压；BCH—2 型差动继电器能较好地躲励磁涌流和外部短路暂态不平衡电流，其基本接线如图 3-8 所示。

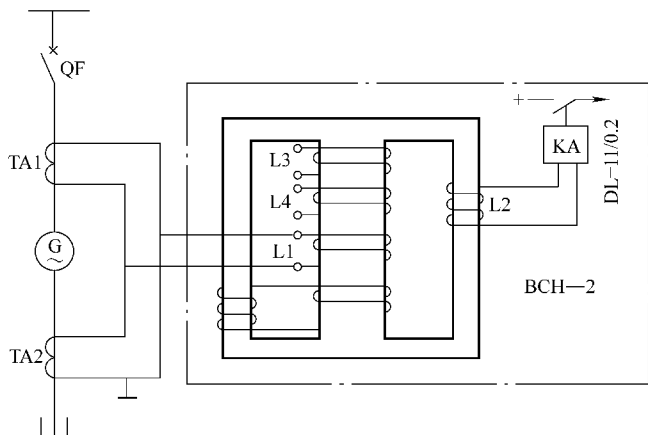


图 3-8 BCH—2 型差动继电器纵差保护原理

BCH—2 型差动继电器的工作原理是：当外部短路时，差动回路中通过速饱和变流器一次线圈不平衡电流中含有很大的非周期分量，使铁心很快饱和，不平衡电流无法变换到二次侧，因此保护不会动作。而当发电机或变压器内部短路时，不平衡电流中的非周期分量迅速衰减，速饱和变流器一次线圈中周期性的稳态短路电流顺利地变换到二次线圈中，驱动继电器 KA 动作。

BCH—1、DCD—5 型差动继电器主要技术数据是：

- 1) 额定电流为 5A，动作电流为 1.5 ~ 12A。
- 2) 有一对常开触点。
- 3) 电压小于 220V、电流小于 2A、时间常数不大于 5ms。

BCH—2 型差动继电器检验的基本要求是：

1) 动作电流为 0.22 ~ 0.26A，以 2.5 倍动作电流进行冲击试验时，触点应接触良好，无振动、火花。

2) 动作电压为 $(15 \pm 0.06)V$ 。

3) 返回系数为 0.75 ~ 0.85。

4) 平衡线圈与差动线圈的伏安特性曲线应基本相同，误差不大于 $\pm 10\%$ 。

9. 冲击继电器

冲击继电器是变配电所常规中央信号系统中的核心元件。JC—2 型冲击继电器是利用电容的充放电来起动静化继电器的。

图 3-9 所示为极化继电器的基本结构，它主要由工作线圈、返回线圈、电磁



铁、可动衔铁、永久磁铁和触点等组成。若工作线圈的上端通入图示方向的电流，电磁铁被磁化，其上端为N，下端为S，可动衔铁上端为N，与永久磁铁的S端相吸，使触点接通。若返回线圈的同名端通入正极性的电流，则可动衔铁的上端变为S；与永久磁铁的N端相吸，使触点断开。

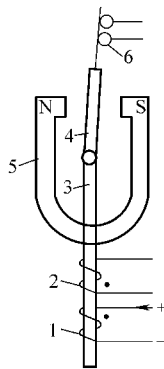


图 3-9 极化继电器的基本结构

- 1—工作线圈 2—返回线圈
3—电磁铁 4—可动衔铁
5—永久磁铁 6—触点

JC—2 型冲击继电器的电路原理如图 3-10 所示，主要由极化继电器 KP、电阻 R_1 和 R_2 、电容 C 等组成。启动回路动作时，产生的脉冲电流从端子 5 流入，流经电阻 R_1 时产生的压降通过线圈 L1、L2 给电容 C 充电，充电电流使极化继电器动作。充电电流消失后，极化继电器保持在动作位置。

极化继电器的复归有两种方式，图 3-10a 所示为负电源复归，冲击继电器的端子 5 接电源正，端子 4、6 短接，于是电流自端子 5 流入经电阻 R_1 、返回线圈 L2、端子 4、端子 6、电阻 R_2 、端子 2 回到电源的负端。

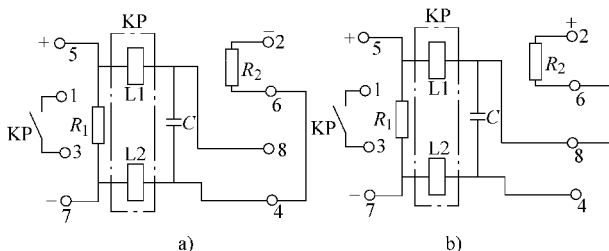


图 3-10 JC—2 型冲击继电器的电路原理

a) 负电源复归 b) 正电源复归

图 3-10b 所示为正电源复归，冲击继电器的端子 2 接通正电源，端子 6、8 短接，于是电流自端子 2 流入经电阻 R_2 、端子 6 和 8、线圈 L1、电阻 R_1 、端子 7 回到电源的负端。

冲击继电器的试验内容主要有起始动作冲击电流校验、电源复归校验两项。试验时，将冲击继电器通过可调电阻外接直流电源，带信号灯进行。读者可就具体型号的冲击继电器查阅相关技术资料，在专人指导下完成本项试验，这里不再赘述。



四、变配电所典型计算机监控系统

1. 变配电所典型计算机监控系统的基本结构

计算机监控系统组成框图如图 3-11 所示,由微型计算机系统(工业控制机)、检测与变送系统、监控对象等三部分组成。

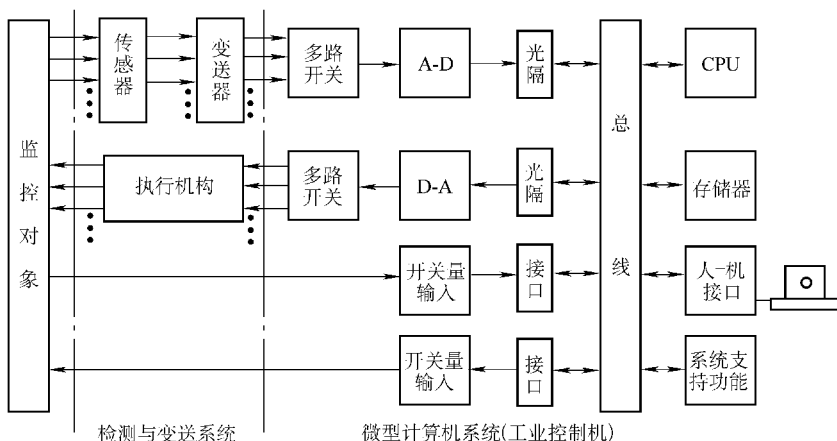


图 3-11 计算机监控系统组成框图

计算机监控系统的硬件指微机本身的各部件、外围设备及总线;软件是指系统程序以及过程控制应用程序。

根据监控对象的不同可以将计算机监控系统细分为变配电所监控系统、电力和照明监控系统、电梯监控系统、空调及通风监控系统、火灾自动报警及联动监控系统、防盗报警监控系统、给排水监控系统及其他监控系统等。下面介绍几种常见的计算机监控系统。

(1) 变配电所监控系统 下面以某 500kV 变配电所监控系统图(见图 3-12)为例,说明其特点和它能实现的基本功能。

1) 该监控系统的特点:

① 系统具有开放性和可扩充性,其技术先进、功能规范、抗干扰能力强。系统采用多级闭锁及软硬件闭锁方式。

② 系统采用分层分布式计算机监控系统。系统结构分为站控层和间隔层,将监视、控制与远动作为整体,完成数据的采集、处理,并实时监控、检测、报警、控制、统计计算和运行管理等。在各配电装置内按照电压等级设置了 500kV 保护小间、220kV 保护小间和 35kV 保护小间等。

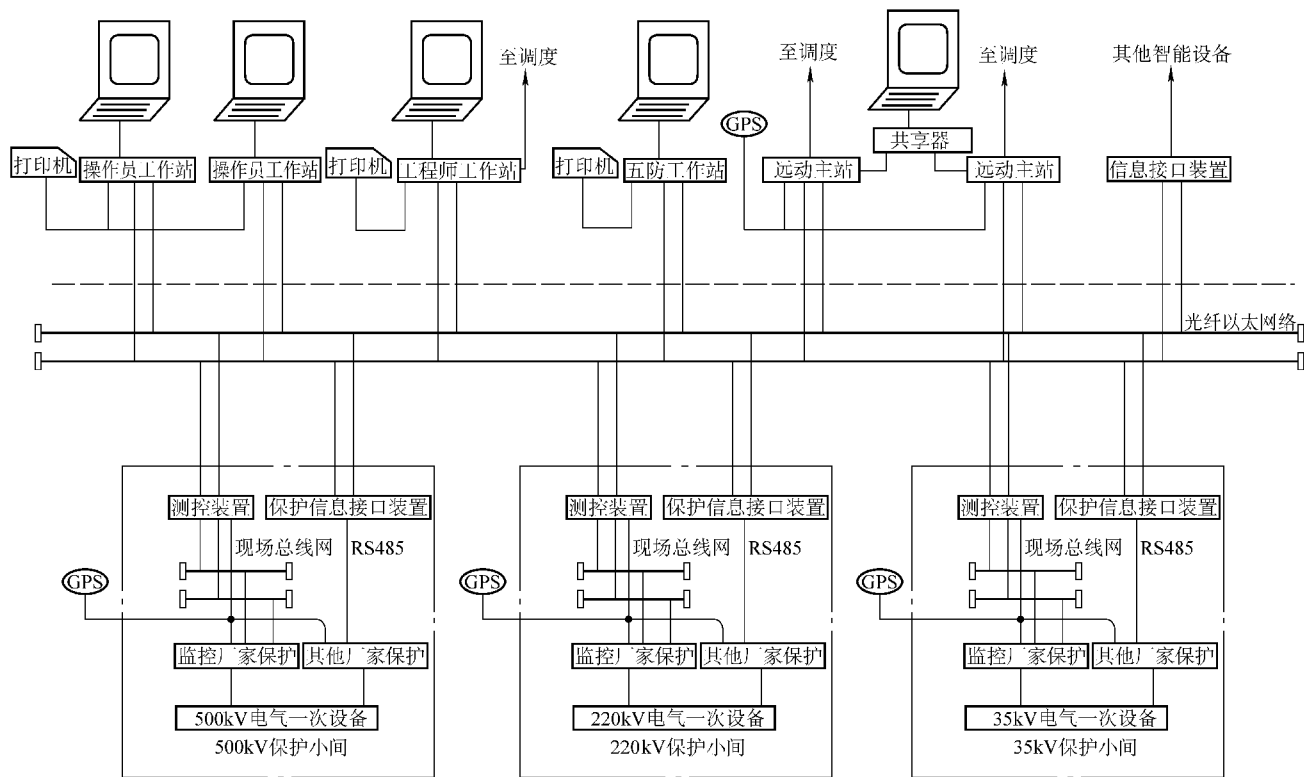


图 3-12 某 500kV 变配电所监控系统图



- ③ 系统面向对象设置测控单元, 完成监控功能。
- ④ 通过远动工作站实现与各级调度的通信与远方诊断、控制。
- ⑤ 测控装置单元化、模块化, 可使计算机监控系统的自诊断功能直达模块级。测控装置的模块可带电插拔, 更换很方便。
- ⑥ 故障录波装置独立设置。
- ⑦ 监控系统采用交流采样技术, 提高实时性和可靠性。
- ⑧ 利用微机监控系统中的同步和防误闭锁功能, 对被控对象完成同步和防误闭锁操作。
- ⑨ 微机监控系统与其他装置或设备共用接地网。
- ⑩ 微机监控系统、微机保护及自动装置和故障录波装置的时钟统一。

2) 监控系统的功能:

① 收集主要设备的模拟量信息, 并运行监视。这里的模拟量信息主要包括线路或主变压器的各种被测电流、电压、有功、无功、频率等。在设备正常运行(必要)、异常和越限情况下将相关参数经 CRT 显示出, 并启动打印机打印。

② 收集主要设备的开关量信息, 并运行监视, 如断路器、隔离开关的变位处理与监视、断路器的气体压力、油压等的监视; 利用系统中实时的开关量状态和图形数据库存入的主系统单元图形, 实现 CRT 画面的监视; 在一次设备发生事故时, CRT 画面自动推出设备运行故障显示与模拟光字牌平光显示。

③ 具有操作和防误操作功能。控制方式有: 调度中心远方控制, 即控制命令通过主控单元自动执行对各种设备的操作控制; 变电所内 SCDA 控制, 即运行人员在控制室后台主机上调出相关的设备图, 由键盘输入、光标控制或软件自动形成断路器、隔离开关的跳闸、合闸命令, 经相关的功能模块和开关量输出控制信号, 实现对断路器、隔离开关的跳、合闸操作; 后备手控制, 即在 I/O 测控装置上对变电所内的断路器和隔离开关进行一对一控制。

④ 具有当地信号和中央信号功能。当地信号由各功能模块子系统面板安装的 LED 数码管或液晶实现; 中央信号既可以在系统正常运行时通过 CRT 屏幕显示也可以在系统事故时启动音响发出报警信号, 启动打印机打印记录, 存储器存储事故信息和参数。

⑤ 具有数据处理和参数修改功能。将收集到的并经运算处理后的各种模拟量进行动态计算, 实时对各种监视量的越限进行检查和计算, 对各种运行参数进行统计分析; 对收集到的各种开关量信息、脉冲量信息分别进行开关变位的实时处理, 以判断是否发生事故并跳闸, 进行脉冲电能表的电能累加计算; 通过 CRT 以对话形式, 对上、下限值进行修改或增删, 还可以对维护管理项目、名称以及微机的保护整定值等参数进行修改。

⑥ 具有监控主机与各功能模块子系统和远动中心通信功能。监控主机在通



信处理器、网络总线的支持下,向微机保护和其他功能模块子系统发出核对时钟、召唤数据的命令,保护装置和控制处理器分别向监控系统报告保护动作参数、动作时间及执行控制后的结果;同样,通过通信处理器和调制解调器,监控主机并将有关信息传送给调度中心,接收调度端远方操作控制、检测和保护整定值修改的命令。

(2) 防盗报警监控系统 图 3-13 所示为一种由多种传感器和探测器组成的安全防盗报警系统,基本功能是侦控和防止在规定区域或规定时段内的非法进入,并根据需要对被监控区域进行实时监视和记录。

输入设备可以是各种结构形式的摄像机、报警按钮、红外探测器、主控键盘等;输出设备包括传声器、扬声器、监视器、各种报警接口、记录设备等;记录的设备可以是录像机、打印机或计算机的存储器等。

系统分为两级报警方式,一级报警点报到安保系统的控制主机,二级报警点报到公安局 110 接警处。一级报警点可以在各防区分别设置红外微波探测器和报警按钮,经报警输入板 AD2096A 和 RS232 接口接到电视监控系统的矩阵主机上,驱动声光报警。二级报警点设在重点防护区,如安保中心、财务室等。

(3) 火灾自动报警及联动监控系统 这种监控系统是现代电子技术、传感技术和计算机技术在消防中的综合应用。图 3-14 所示为火灾自动报警及联动监控系统组成框图,主要由以下四部分组成:

1) 火灾参数检测系统:火灾探测器是火灾参数检测系统的重要部件,其灵敏度、可靠性、安全性等都会直接影响系统的整体特性。目前,国内外的火灾探测器主要有感烟式探测器、感温式探测器、感光式探测器、可燃气体探测器和复合型探测器等五大类。其中,感烟式探测器又可分为离子感烟式探测器和光电感烟式探测器两种;感温式探测器可分为定温式、差温式、差定温式三类十个品种,即双金属定温式、热敏电阻定温式、半导体定温式、易熔合金定温式、双金属差温式、热敏电阻差温式、半导体差温式、膜盒差定温式、热敏电阻差定温式和半导体差定温式;感光式探测器可分为紫外线火焰式探测器和红外线探测器两种。

2) 火灾信息处理与自动报警系统:火灾报警控制器收到来自各种探测器的电信号后,与控制器内存储的电信号整定值进行比较,判断是否发生火灾。一旦确认发生火灾,控制器即发出声光报警信号,现场发出火灾报警,指示疏散路线,同时显示火灾区域或楼层编码,并打印报警时间、地址等参数。另外,现场人员也可通过安装在现场的报警按钮和消防电话直接向消防中心报警。

3) 消防设备联动控制系统:联动控制器通过通信接口与火灾报警控制器相连接。联动控制器接收来自火灾报警控制器的控制信号,执行自动灭火等一系

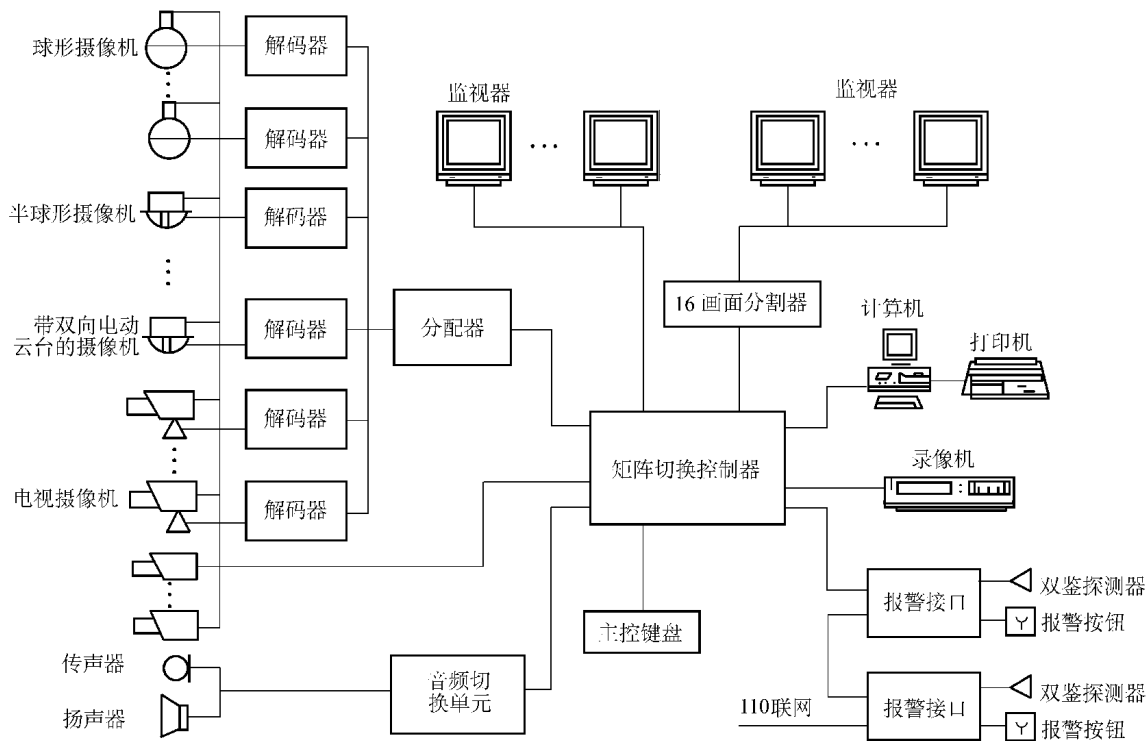


图 3-13 安全防盗报警监控系统

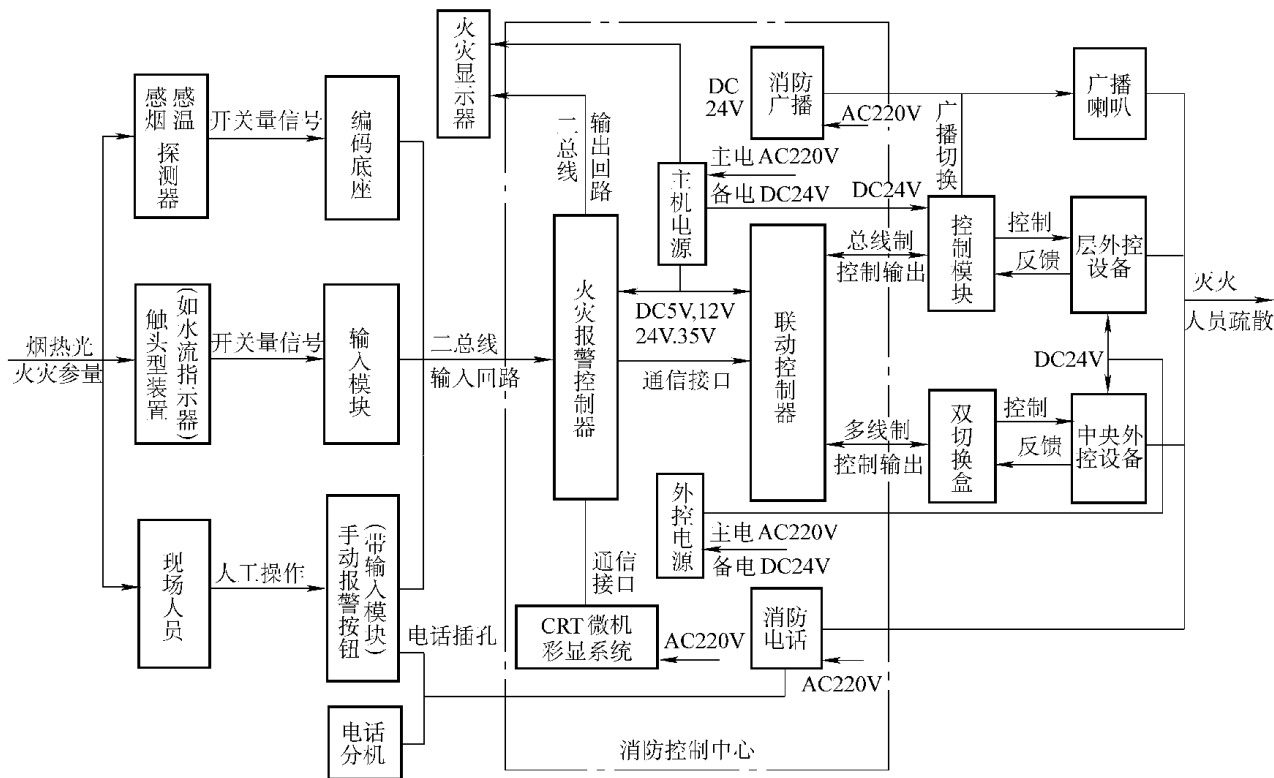


图 3-14 火灾自动报警及联动监控系统组成框图



列程序。如起动喷淋泵进行灭火；起动正压送风机、排烟风机，保证现场人员安全避难；将电梯降至底层，放下防火卷帘门，关闭防火阀，限制火灾蔓延。另外，现场人员也可以通过安装在现场的手动开关直接起动喷淋泵，及时灭火。

4) 计算机管理系统：管理和协调整个消防系统。

2. 计算机监控系统电气设备安装的技术要点

1) 机房设备安装：机房设备主要包括主机、外围设备、电源装置、监控屏、通信设备等。机房设备安装方法的相关内容在中级工分册已做介绍。

2) 电缆敷设：一般情况下可用 0.5mm^2 、 1.0mm^2 、 1.5mm^2 普通铜芯绝缘导线或控制电缆，可能受到电磁干扰的信号线应用屏蔽线或同轴电缆。

3) 数据收集站安装：它应安装在具有监控单元的现场，其安装方法及要求同配电箱。

4) 检测元件安装：它应安装在现场，并用相应的变送器变成标准信号输入数据收集站。标准信号由系统设备设定，常用的有 $0 \sim 20\text{mA}$ 、 $0 \sim 100\text{mA}$ 、 $4 \sim 20\text{mA}$ 几种。所有变送器的输出信号应与系统的一致。

5) 信号传输：数据收集站将输入的标准信号变成数字信号，为减少干扰可采用低频传输。通常采用两芯双绞屏蔽线穿管敷设，也可采用防火信号电缆在竖井内或线槽内敷设。变送器输出的信号及数据收集的信号必须经单体模拟试验合格后方能经接口引入主机。

3. 计算机监控系统的调试要点

不同控制对象的计算机监控系统，具体的调试方法不尽相同，这里仅以工业过程控制的计算机监控系统的调试为例说明其调试要点。

计算机监控系统检查与调试项目有：一般性检查、电源装置的调试、中央处理装置的调试、辅助存储装置的调试、输入输出设备的检查、过程输入输出设备的检查、数据传送装置的调试、稳定性检查及抗干扰试验、软件调试、信息传送联动试验和计算机控制系统整体试运行。

(1) 中央处理装置的调试

1) 电源的检查：拆下滤波器和浪涌吸收装置，测得的绝缘电阻值应不小于 $5\text{M}\Omega$ ；电源电压、频率应正确，风扇运转应正常；带负载后测量直流输出电压应正常。

2) 时钟的检查：测试时钟的周期和脉宽误差应小于 $\pm 2\%$ ，用程序检查计时器的启动、复位、报警等功能均正常。

3) 操作显示装置检查：装置内及操作控制板上的各种开关、按键、指示、显示装置等均动作可靠、工作正常。

4) 运算控制程序的检查：用指令测试程序对所有指令进行检查，确认运算单元的各功能及输入输出通道等工作状态均正常，且连续运行 24h 应无故障；



测试制造厂提供的测试程序无误；用外部模拟信号检查装置的特殊功能、可靠性及可维修性符合规定。

5) 主存储器的检查：用主存储器测试程序对主存储器进行全地址的读写测试、最高级测试、母线测试和最后连续测试，连续测试 24h 应不出差错；对存储器进行最坏布局代码模式的测试程序检查应通过；测试软盘系统功能正常；通过磁心存储器的自我检查；奇偶校验的检出功能应正常；对固定存储器可采用反复读和结果比较方式予以检查，并应通过；用测试程序检查存储器的管理功能应正常。

6) 自动中断的检查：用检查程序检查所有类型的中断情况，确认其响应时间、顺序及优先处理级别正确，确认存储器屏蔽功能正常。

7) 反复投入与切除电源，确认电源操作正常。发生停电导致直流电压降低时，主机应发出中断信号，装置的指定寄存器实行正确撤退，而后停机；电源恢复后执行自动再启动功能。

8) 用浮点运算器测试程序，确认浮点运算器功能正常。

9) 用相应测试程序确认双机自动切换功能正常。

(2) 辅助存储装置的调试

1) 辅助存储装置(如磁鼓、磁盘及磁带等)的信息保护功能和故障报警功能应正常。

2) 用测试检查程序对全部存储器地址进行反复读写检查，连续 24h 应无误，测试时应使用中断。

3) 辅助存储装置应能正常启动和停止，运转时无异常现象。

4) 用测试检查程序确认出错检查功能执行正常。

5) 辅助存储装置其他功能的检查应符合使用说明要求。

(3) 输入输出设备的检查

1) 所有开关、按键应动作灵活；指示灯、显示装置、出错和报警等均工作正常。

2) 设备内各机械传动部分运转正常，无异常声响和超温现象。

3) 用测试检查程序反复对键盘各功能键进行检查操作，应无差错。

4) 打印字迹清晰，色带、走纸正常。

5) 屏幕显示装置(CRT)测试：图示画面尺寸、垂直和水平线性、亮度、对比度、色度、聚焦性能以及图像显示的稳定性等均符合国家质量标准。

(4) 过程输入输出设备的检查

1) 主要测定点的波形，应与设计或产品说明书中的要求相符。

2) 利用测试程序对所有模拟量的输入、输出模件逐个寻址和精度测量。对模拟量输入的检查，可在其输入端加入满量的 0%、5%、25%、50%、75%、



100%，根据 CPU 打印出的数据作精度判断，应符合要求；对模拟量输出端的检查，可在 CPU 面板上或系统打字机上设定数据，在输出端测定模拟量的输出值，判断其精度是否符合设计要求。另外，还应检查模件的零漂、响应时间和抗共模干扰等。

3) 利用测试程序对所有的数字量输入、输出模件逐个地址作扫描检查，确认其寻址功能正常。检查模件的频率、电压和脉冲宽度均符合要求。

4) 测试使用的信号源及检测仪表的精度应符合量值传递及计量标准的要求。

(5) 数据传送装置的调试 所谓数据传送装置调试，具体是指计算机之间、计算机与过程控制装置之间的数据信息传送装置的调试。

1) 装置的显示、报警、操作及出错显示功能均正常。

2) 使用测试程序检查各项信息传输其功能应正常。如确认传输过程中，优先顺序判别功能和出错重送功能应正常；传送代码检查应正常；使用测试程序检查控制字符功能，在传送过程中对规定的全部字符进行操作，其功能应正常。

3) 定时监视和信息传送稳定性检查应正常。如检查振荡器的频率应正常；检查传送过程中各监视时间符合标准；检查在单位长度内数据传送时的有效信号衰减不超过规定值。

4) 联机调试应正常。进行联机通道测试时，应无干扰和信息丢失现象。近联机调试时，利用测试程序检查信息传送两侧的显示内容应一致；远联机调试时，调整联机等待时间，使测试程序检查传送通道工作，确认传送正常。

(6) 稳定性检查

1) 拉偏检查边界条件：直流电压允许拉偏 $\pm 5\%$ ，交流电压允许拉偏 $\pm 10\%$ ；电源频率拉偏 $-2 \sim 1\text{Hz}$ ；在设备规定的工作环境温度范围内进行上下限的温度拉偏。

2) 单体设备拉偏试验：在各种拉偏检查过程中，应用测试检查程序对单体设备进行检查，故障停机次数应小于三次，也可按比例对同类型设备进行抽检。

3) 设备综合拉偏试验：分别切断各设备电源，不影响其他设备的正常工作；模拟故障中断，各相应显示报警功能能正常发出信号及作出相应处理；在设备说明书规定的允许波动范围内，分别拉偏电压、频率和温度等参数，系统应运行正常；在规定范围内，用木锤敲击设备外壳或面板，设备及元器件固定部位无松动，配线无松脱现象，且系统运行正常。

4) 系统连续运转稳定性试验：正常供电及环境条件下，通入特定的综合试验程序，试验时间不少于 7 天，通入正常软件运行不少于 15 天；CPU 故障平均间隔时间不小于 10000h，外围设备故障平均间隔时间不小于 5000h，有效使用率大于 99.95%，现场调试时只作短期考核；如在考核期间出现故障，允许作局部



修改或更换,但再试次数不得超过三次。

(7) 软件调试 计算机监控系统的软件系统是在硬件电路的支持下,为完成各种功能而设计和编制的。其上位系统计算机除了应有各种语言的汇编或解释程序、检查和监控程序、磁盘操作系统软件及常用标准子程序以外,还应有按各种功能要求编制的用户程序(如专家软件);其下位系统计算机则是按功能要求自己编制用户程序。图 3-15 所示为计算机监控系统主程序框图。下面分别介绍其工作过程和软件调试的基本知识。

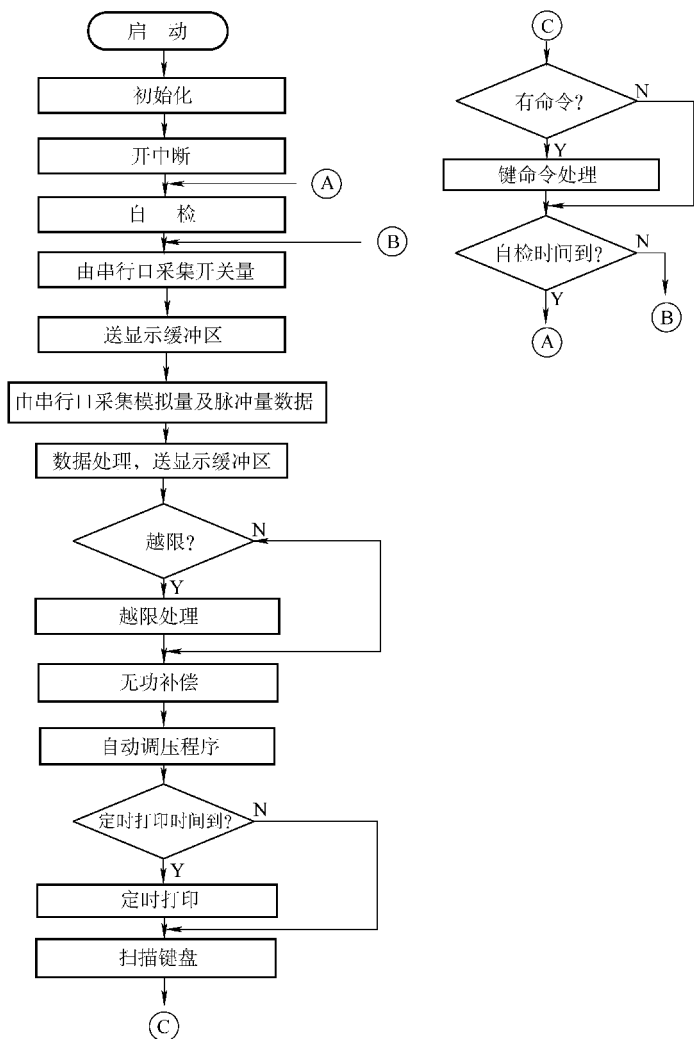


图 3-15 计算机监控系统主程序框图

1) 主程序工作过程: 系统启动后首先进行初始化, 执行自检程序, 采集开



关量数据供 CRT 显示用。变配电所正常运行时,主程序循环进行数据的采集、送显示缓冲区、越限判断、无功功率自动补偿、电压自动调节、CRT 自动显示等。若越限则进行报警并及时处理。如果定时打印时间到,则进行自动打印,有键命令执行键命令。自检时间到则进行自检。在程序执行的过程中若有中断请求,则进行中断处理,完毕后仍自动返回断点,继续执行主程序。

2) 软件调试基本要求:计算机系统具有为调试、运行和生产运行控制管理所使用的程序;软件应有框图、程序文本和目的地址等;软件资料应有专人负责管理;软件调试人员必须熟悉程序清单和说明书,掌握正确的操作方法和步骤。

3) 基本软件调试:建立基本系统,反复读入基本系统三次以上,打印显示应正确无误;建立空闲区和工作文件区;读入其他系统程序;组成所需的用户系统,确定存储区的终地址,进行设备登记和磁盘单元登记,连接扩充模,给用户分配设备等;编制磁盘目录,将系统程序、用户文件等分别存盘;最后用命令测试,确认程序运行正常。

4) 应用软件调试:根据设计要求和工艺要求确定软件任务,画出系统功能和操作运行控制框图,编制应用程序;程序输入和修改;读入原始数据管理程序,并显示打印;对数据收集程序进行通道测试和信号模拟测试,并打印数据测试清单;反复计算、设定计算程序,其应无误并运行正常。

5) 软件调试注意事项:基本软件一般情况下不作修改;应用软件的修改应在离线时进行;在线运行的所有软件除故障处理外,一般不进行修改;所有存档软件文本应复制使用;控制程序输入到只读存储器中经考核运行后按制造厂的规定进行固化处理。

(8) 信息传送联动试验 信息传送联动试验主要包括常规检查、静态接口试验以及动态接口试验三种。

1) 常规检查:接口装置的常规检查包括接口的规格、型号、数量、连接等,均应符合设计规定;信号线的常规检查包括信号线或电缆的规格、型号、连接、标号、绝缘等,均应符合设计规定。

2) 静态接口试验:本试验只检查确认信息传送到继电器和电磁开关的动作情况,使用测试程序检测信息传送的正确性。

3) 动态接口试验:指接口带上各路驱动装置或继电装置后的无负载试验。试验时可以利用 I/O 装置进行运算控制设定和操作设定,也可以利用测试程序进行运算控制设定和操作设定联机试验。

(9) 计算机控制系统整体试运行 上述调试、试验均符合设计或规定要求后,便可以作整体试运转,考核系统功能和监控精度等指标。整体试运行应连续无故障运行 24h。保留各次的试验记录和资料。



五、电缆故障的分析与寻测

电力电缆通常由电缆、电缆中间接头、电缆终端头和电缆地线四部分组成,任何一部分在其试验或运行中因种种原因都有可能发生形形色色的故障。因此,了解电力电缆常见的故障现象,分析其原因,并熟练掌握正确的故障寻测方法,是成功安装电力电缆,确保其安全、可靠、经济运行的一项专业技能。

1. 电力电缆常见故障

按故障性质或试验结果可将电力电缆故障分为以下四种类型:

(1) **低电阻接地或短路故障** 故障表现为导体直流电阻正常,但电缆的一芯或数芯对地电阻在 $0.1\text{M}\Omega$ 以下。此时会出现单相接地、两相短路或两相短路接地的情况。

(2) **高电阻接地或短路故障** 故障表现为导体直流电阻正常,但电缆的一芯或数芯对地电阻在 $0.1\text{M}\Omega$ 以上而小于规定值许多。此时仍会出现单相接地、两相短路或两相短路接地的情况,但接地或短路电阻相对较大。

(3) **断线故障** 故障表现为绝缘不良,直流电阻明显不平衡。

(4) **闪络性故障** 故障大多发生在试验过程中。

2. 电力电缆故障原因

(1) **机械损伤** 可分为外力损伤和自然损伤两种。外力损伤具体指运输、施工、起重、挖掘等过程中对电缆造成的破坏;自然损伤包括地基沉降引起的电缆中间接头拉断、终端头绝缘胶自然胀裂等。

(2) **绝缘受潮** 电缆质量差、电缆头渗水、金属护套有裂缝或腐蚀穿孔等造成。

(3) **绝缘老化变质** 因运行时间过长导致的绝缘正常老化变质或不按规定运行导致的非正常老化变质。

(4) **电缆过热** 过负荷产生的电流热效应使电缆各部分严重发热、发胀而损坏。

(5) **过电压** 在电缆本身已有缺陷隐患的情况下,遭遇雷击或其他冲击过电压时造成的损坏。

(6) **其他原因** 材料本身的缺陷或设计选料不当等因素。

3. 电力电缆故障寻测方法

针对不同的故障性质,应选择合适的故障寻测方法。常用的寻测方法有电容电桥法、低压脉冲法、低压电桥法、高压电桥法、冲击闪络法、直接闪络法、感应法和声测法等,其选用框图如图 3-16 所示。

(1) **低电阻接地故障的寻测** 低电阻接地故障是新安装电缆较常见的故障,表现为铅包与线芯间绝缘击穿,终端头制作不良。通常采用开尔文电桥、惠斯

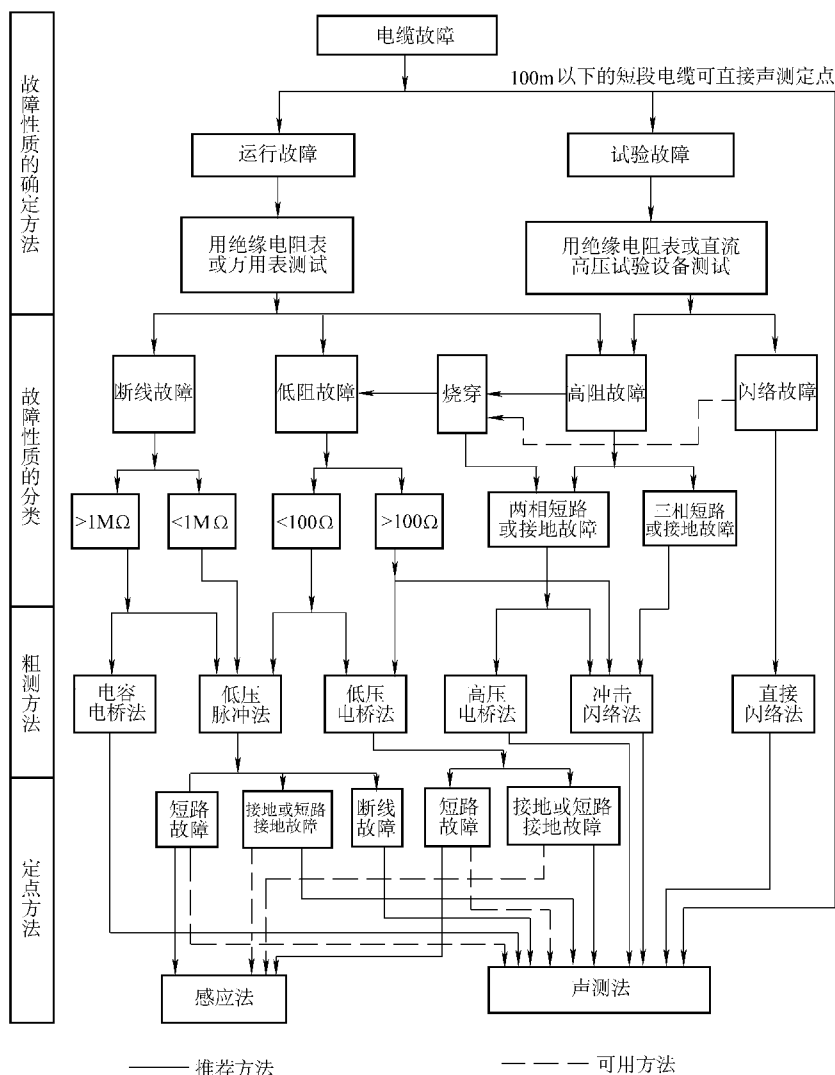


图 3-16 电力电缆故障寻测方法选用框图

顿电桥来进行寻测故障点。测量电缆单相接地故障点的接线原理如图 3-17 所示，图中， L 是电缆的全长， X 是测量点到故障点的长度，桥臂的两个电阻分别为 R_1 、 R_2 。因电缆截面积都是均匀的，其长度与直流电阻成正比，故当电桥平衡，即检流计指针指到零时，有电桥平衡公式，即

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2L - X}{X} \quad (3-1)$$

根据式(3-1)即可求出电缆故障点的具体位置。

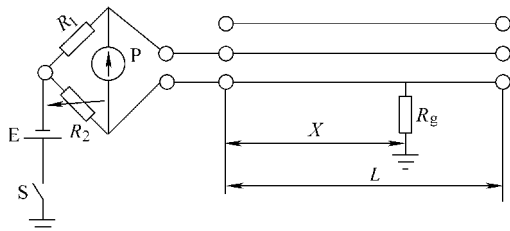


图 3-17 测量电缆单相接地故障点的接线原理

两相接地及短路故障的测量方法与上述方法相同。三相接地故障测量由于无完好的线芯可以利用,故需增设一对临时线,事先测准其直流电阻,设为 R ,然后按图 3-18 接线,根据电桥平衡公式,有

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R} = \frac{X}{L} \quad (3-2)$$

根据式(3-2)即可求出电缆故障点的具体位置。

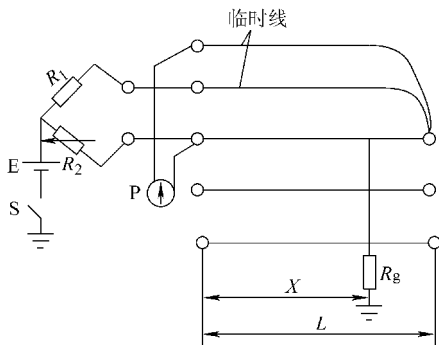


图 3-18 测量电缆三相接地故障点的接线原理

(2) 高电阻接地故障的寻测 一般是将接地电阻烧成低电阻然后再进行测量。若故障不易烧成稳定的电阻,可采用高压冲击反射法或高压直流电桥法进行测量。若故障接地电阻稳定,在冲击电压下不放电时,便只能采用高压直流法,使通过故障点的电流不会太小,以确保测量的准确性和灵敏度。高电阻接地故障如图 3-19 所示。

图中 S 为电源开关、 T_1 为调压器、 PV 为电压表、 T_2 为高压测试变压器、 R_1 为保护电阻、 VD 为高压硅堆、 PA 为微安表、 RH 为滑线电阻、 R_f 为检流计分流电阻、 P 为检流计。设电桥的一臂电阻为 R ,则另一桥臂的电阻为 $100\Omega - R$,于是在电桥平衡后,故障距离可以用以下公式计算,即

$$X = \frac{2LR}{100} \quad (3-3)$$

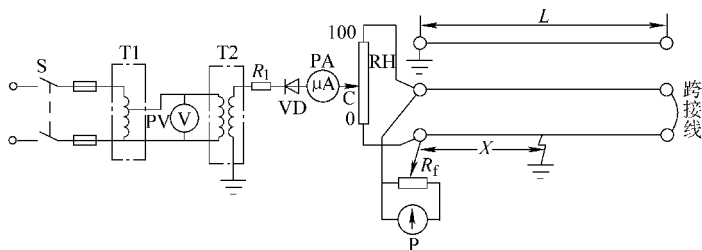


图 3-19 测量电缆高电阻接地故障点的接线原理

式中 X ——故障距离(m);

L ——电缆长度(m)。

寻测过程中应注意以下几点:

1) 试验时由于电桥、检流计和分流器均处于高电压状态,故操作人员必须站在绝缘板上用绝缘棒操作,并与高压带电体保持安全距离,防止人身事故的发生。

2) 微安表通过的故障监视电流应控制在 $10 \sim 20\mu\text{A}$, 并保持稳定。若电流太小,则灵敏度低,误差大;若电流太大,则容易损坏保护电阻。

3) 电桥上所加直流电压应控制在 $10 \sim 20\text{kV}$, 防止过高电压击穿电桥的绝缘。

(3) 断线故障的查找 断线故障可用电容电桥法或脉冲测距法测量故障点。前者不易测准,后者可以迅速而准确地测量故障点。电缆的电容与长度成正比,故可用比较电容法计算故障点距离。常用 QF1—A 型电缆探伤仪来测量断线故障,其接线原理如图 3-20 所示。

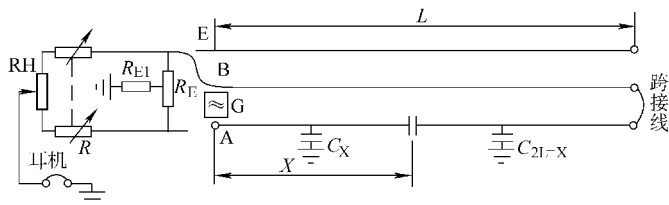


图 3-20 QF1—A 型电缆探伤仪测量断线故障的接线原理

操作过程如下:

1) 将故障电缆的一端用导线跨接,另一端接测量仪表。其中接线柱 A 接故障相, B 接完好线芯, E 接另一完好线芯。

2) 将选择开关旋至“断线”位置,并关闭“直流指零仪”。

3) 插入耳机,接通 220V 交流电源即可听到 1kHz 音频信号。



4) 反复调节电阻盘 R 和相位平衡电阻 R_H , 直到耳机无声为止。此时即可根据下面的电桥平衡公式求出故障距离

$$X = 2R_x L \quad (3-4)$$

式中 R_x ——电阻盘数值。

另一种测量故障点的方法是, 用脉冲示波器将信号送到故障线芯, 从故障点反射回极性相同的波, 计算脉冲在电缆上对故障点反射所需的时间, 即可求得故障点的距离。

(4) 闪络故障的测试 对于高阻故障和闪络性故障, 常采用冲击闪络法进行测量, 其接线原理如图 3-21 所示。

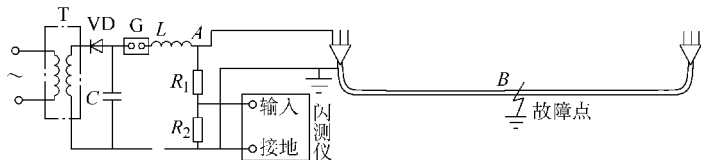


图 3-21 冲击闪络法测电缆高阻故障的接线原理

在图 3-21 中, VD 为高压硅堆, G 为球隙。测试原理是, 接通电源, 电容 C 反向充电, 电压升高到球隙 G 的击穿电压后, 高压脉冲进入电缆, 运动到故障点 B 点, 击穿对地放电, 电压波在这里产生负的全反射。该反射电压向测试端运动, 由于高频感抗 L 的存在, 又被反射回故障点。如此周而复始。反射波波形如图 3-22 所示。

由图 3-22 可以看出, 在反射波的一个周期 T 内, 反射波沿电缆行进了一个往返的距离, 因此, 故障点的距离可由下面的公式决定

$$X = \frac{vT}{2} \quad (3-5)$$

式中 X ——故障点到测试端的距离(m);

v ——电缆脉冲波传播速度(m/ μ s);

T ——振荡放电的半个周期(μ s)。

测试过程中需注意以下几点:

1) 如故障点在非测试端的终端或其附近, 可能会在第一个正脉冲前出现负的尖脉冲而造成读数误差, 故应将非测试端的故障相和任一完好相跨接, 以消除测试误差。

2) 闪测仪必须可靠接地, 以确保测试人员的安全。

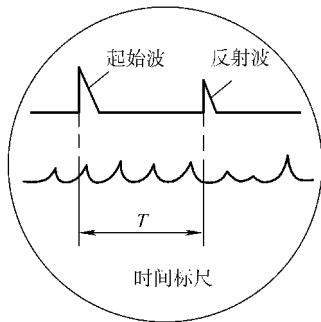


图 3-22 断线故障反射波波形



3) 测试时可配备压电晶体拾音器(故障定点仪)和振膜式拾音棒(听棒),以便更准确地确定故障点。这种通过拾音器听取故障点附近地面放电声音的方法也可称为声测试验法,但它要求故障点的放电具有足够的能量,放电电流可控制在 50mA 左右。

4) 电缆中的脉冲波速通常取 $160\text{m}/\mu\text{s}$ 。

(5) 感应法测定相间短路点 感应法适合于接地电阻极低的金属性接地故障和低电阻的相间短路故障,其测量原理如图 3-23 所示。

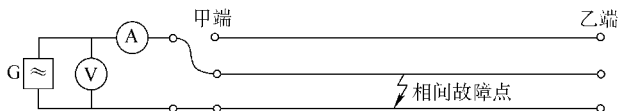


图 3-23 感应法测定相间短路故障的原理

测量原理是,通过音频振荡器将音频电流通入两故障线芯,地面上的感应线圈便可接收到沿电缆线的音频信号。为提高寻测的抗干扰能力和信噪比,感应线圈可采用双探头探测线圈。当探测棒沿电缆线移动到故障点时,线圈感应到的磁场信号和故障点泄漏出的电磁场信号不平衡,出现一个峰值;同理,当前一个线圈已经离开故障点,而后一线圈移动到故障点时,同样会出现一个峰值。两峰值的交点即为故障点。

使用感应法测量故障点时的注意事项:

- 1) 使用感应法测量故障点,应使发送器输出的阻抗与故障电阻匹配。
- 2) 发送的功率要调整合适,功率太小难以将信号送到故障点,太大则有可能使信号越过故障点。
- 3) 如果接地且相间短路故障电阻较大,则感应法测量效果不明显。

第二节 电气动力设备安装调试技能训练实例

• 训练 1 变压器绝缘电阻和吸收比的测试

1. 训练目的

正确掌握变压器绝缘电阻和吸收比的测试方法,填写试验报告,并能判断变压器的该项指标是否符合设计或运行要求。

2. 训练准备

- 1) 熟悉电气试验规程中有关变压器试验的规定。
- 2) 熟悉被试验变压器的规格、有关数据和现状。
- 3) 准备并熟悉变压器绝缘电阻和吸收比测试的原理图和相关的技术资料。



4) 准备试验用仪器、仪表和工具:主要有绝缘电阻表、常用电工工具、高压绝缘棒、绝缘垫等。其中绝缘电阻表的选择应视被试变压器的额定电压或容量而定。一般情况下,电压为10kV及以下、容量为630kV·A以下的电力变压器,应选用2500kV绝缘电阻表进行测量;电压为35kV、容量为800~6300kV·A的电力变压器应选用5000kV的绝缘电阻表进行测量。

3. 训练要领

1) 断开变压器电源,拆除一切对外引线,将其接地并充分放电,放电时间不得少于2min。放电时应使用绝缘棒、绝缘手套、绝缘钳等绝缘工具,禁止用手直接接触放电导线。

2) 用清洁柔软的布擦拭高低压套管表面的污垢。

3) 测量高压绕组对地绝缘电阻,其接线原理如图3-24所示。

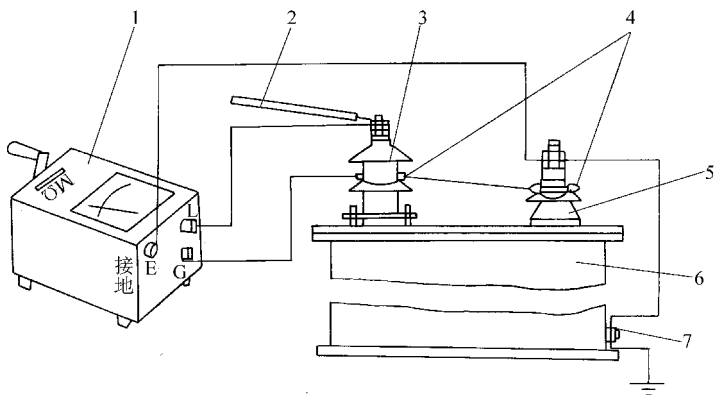


图3-24 测量高压绕组对地绝缘电阻的接线原理

1—绝缘电阻表 2—高压绝缘棒 3—高压瓷套管 4—屏蔽圈 5—低压瓷套管
6—被测变压器 7—变压器接地螺栓

① 连接屏蔽圈:为确保测量准确,可在所有的瓷套管绝缘子上套屏蔽圈,将它们短接后接到绝缘电阻表的“G”端子上。

② 绝缘电阻表试验:将绝缘电阻表水平放置,开路绝缘电阻表的“E”和“L”端子,以120r/min的速度摇动绝缘电阻表手柄,指针指向“∞”刻度为正常;接着将绝缘电阻表的“E”和“L”端子短接,轻轻摇动绝缘电阻表手柄,指针迅速指向“0”刻度为正常。否则,该绝缘电阻表不能使用。

③ 将低压绕组与外壳短接后接地,并接到绝缘电阻表的“E”端。

④ 将绝缘电阻表平稳放在绝缘垫上,试验者也站在绝缘垫上。以120r/min的速度匀速摇动绝缘电阻表,待指针稳定后开始读取数值。



⑤ 读完数值,继续摇动绝缘电阻表,直到将高压绝缘棒所带“L”端与高压绕组分开后方可停止摇动,防止损坏绝缘电阻表。

⑥ 用高压绝缘棒另接一根接地线,碰触高压绕组。时间不少于2min,以使变压器能够充分放电。

⑦ 填写试验记录单。

4) 高压绕组对低压绕组绝缘电阻的测量:

① 将图3-24中被测变压器的低压绕组与外壳的连接线拆开,变压器外壳仍接地,绝缘电阻表的“E”端仍接低压绕组的出线端,其他接法不变。

② 高压绕组对低压绕组绝缘电阻的测量过程与测量高压绕组对地绝缘电阻方法相同。

③ 测量完毕需对高、低压绕组充分放电。

④ 填写试验记录单。

5) 低压绕组对地绝缘电阻的测量:

① 将图3-24中被测变压器的高压绕组的出线头接到变压器的外壳接地螺栓上并可靠接地,再接到绝缘电阻表的“E”端;低压绕组接到绝缘电阻表的“L”端。

② 用上述测量绝缘电阻的方法测量低压绕组对地绝缘电阻。

③ 测量完毕后需充分放电。

④ 填写试验记录单。

⑤ 拆去短接线和屏蔽圈。

6) 吸收比的测量:用绝缘电阻表按上述方法进行测量,分别读取15s时的电阻 R_{15} 和60s时的电阻 R_{60} ,则 R_{60}/R_{15} 即为吸收比。试验完毕将测得数据填入记录单。

7) 分析试验结果。

4. 注意事项

1) 试验连接导线必须绝缘良好,线间不交差,不碰触金属外壳。

2) 绝缘电阻表应远离强磁场,水平放置在绝缘垫上。

3) 每次测试完毕后都必须充分放电,放电时间不能少于2min。

4) 测试及绕组对地放电时,绝缘电阻表的“L”端均要用高压绝缘棒操作。

5) 测量时,应记录变压器上层油温和气温情况,以便对测试结果进行分析。规定试验测定的变压器绕组连同套管的绝缘电阻不得低于出厂试验值的70%,通常20℃时10kV绕组连同套管的绝缘电阻不小于300MΩ,1kV以下的绕组不小于50MΩ。当测量温度与出厂试验时的温度不符合时,应按表3-1取值,或按表3-7进行换算。表中 K 为实测温度减去20℃时的绝对值; A 为换算系数。



表 3-7 油浸式电力变压器绝缘电阻的温度换算

K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
A	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

查出换算系数 A 后, 即可用式(3-6)或式(3-7)进行计算。

$$R_{20} = AR_t \quad (3-6)$$

$$R_{20} = \frac{R_t}{A} \quad (3-7)$$

式中 R_{20} ——换算到 20°C 时的绝缘电阻值($\text{M}\Omega$);

R_t ——实测温度下的绝缘电阻值($\text{M}\Omega$)。

当实测温度为 20°C 以上时, 选用式(3-6); 当实测温度为 20°C 以下时, 选用式(3-7)。

● 训练2 绕组直流电阻的测量

1. 训练目的

了解电压降法测量绕组直流电阻的基本原理; 进一步熟悉开尔文电桥的正确使用; 熟练掌握用开尔文电桥测量绕组直流电阻的操作要领。

2. 训练准备

1) 熟悉绕组直流电阻测量的接线图及相关技术资料。

2) 准备测试用仪器、仪表及工具: 直流电压表、直流电流表、蓄电池、QJ—44 型直流开尔文电桥、电工常用工具及截面积不低于 2.5mm^2 长约 0.5m 的铜芯塑料线若干根等。

3. 训练要领

(1) 用电压降法测量绕组直流电阻

1) 测量小电阻时可按图 3-25a 进行接线; 测量大电阻时可按图 3-25b 接线。

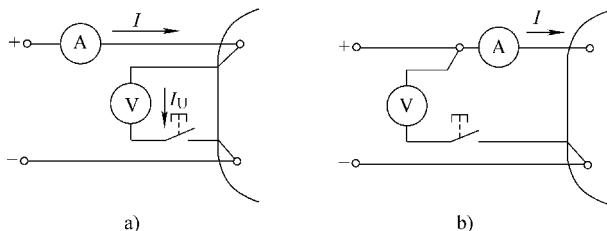


图 3-25 电压降法测量绕组直流电阻的接线原理

a) 测量小电阻 b) 测量大电阻



注意, 测量前电压表应在通电后方可接入; 测量结束应先断开电压表后再断开电源。

2) 记录电压表和电流表的读数, 然后用欧姆定律求出绕组直流电阻。

3) 将计算结果填入记录单。

(2) 用电桥法测量绕组直流电阻

1) 清洁连接线头和绕组出线头, 按图 3-26 接线。

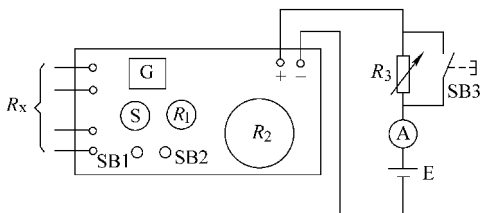


图 3-26 开尔文电桥测量绕组直流电阻的接线原理

R_x —被测电阻 G—检流计 S—倍率开关 R_1 —电桥指示刻度 SB1—电桥

电源按钮 SB2—检流计按钮 R_2 —电桥指示刻度 R_3 —附加电阻

SB3—短接附加电阻的按钮 A—电流表 E—直流电源

2) 选择合适的量程。

3) 依次合上电源按钮 SB1、短接附加电阻的按钮 SB3。

4) 调节附加电阻 R_3 , 使得 SB3 断开时电流表的读数明显减小。在电流接近预定值时迅速断开 SB3, 接入附加电阻 R_3 , 以缩短变压器绕组的直流电压的充电时间, 从而缩短了测量时间。

5) 按下检流计按钮 SB2, 同时调节倍比旋钮, 直至检流计指针指在中间位置。

6) 读取直流电阻值并记录。

7) 读完数值后, 先断开检流计按钮, 再断开电源按钮。

8) 对绕组放电。

9) 分析测量结果: 规定电力变压器在交接或大修后绕组直流电阻应符合标准: $1600\text{kV} \cdot \text{A}$ 以上的变压器各相绕组间的电阻差别不应大于三相平均值的 2%, 无中性点引出时的线间差别不大于三相平均值的 1%; $1600\text{kV} \cdot \text{A}$ 及以下的变压器相间差别不大于三相平均值的 4%, 线间差别不大于三相平均值的 2%; 测得的相间差与出厂时相比较, 其变化不大于 2%。

4. 注意事项

1) 带有电压分接器的变压器, 在交接和大修时, 应在所有分接头位置上测量。



- 2) 三相变压器有中性点引出线时,应测量各相绕组的电阻。
- 3) 电桥法测量绕组直流电阻,接线时应注意,电压引接线点必须位于电流引接线点的内侧,否则开尔文电桥就成了惠斯顿电桥,造成不必要的误差。
- 4) 测量时,变压器的上下层油温差不超过 3°C ,一般是选上层油温作为绕组温度。试验时应做好记录。
- 5) 测量时,所有非被试绕组应短接,不能开路。
- 6) 电桥法测量时,应先接通电流再接通检流计;测量完毕应先断开检流计再断开电源。
- 7) 为了与出厂值或规定值相比较,应将绕组的直流电阻换算到相同温度下的阻值。绕组的直流电阻的温度换算关系可以查阅相关的技术手册,也可以参考下面的两个公式进行计算得出 20°C 时的同温度直流电阻。其中,式(3-8)是铜导线直流电阻的温度换算关系式,式(3-9)是铝导线直流电阻的温度换算关系式,即

$$R_{20} = R_t \frac{234.5 + 20}{234.5 + t} \quad (3-8)$$

式中 R_{20} —— 20°C 时铜导线的直流电阻(Ω);
 R_t ——实测温度 t 下的铜导线的直流电阻(Ω);
 t ——实测温度($^{\circ}\text{C}$)。

$$R_{20} = R_t \frac{225 + 20}{225 + t} \quad (3-9)$$

式中 R_{20} —— 20°C 时铝导线的直流电阻(Ω);
 R_t ——实测温度 t 下的铝导线的直流电阻(Ω);
 t ——实测温度($^{\circ}\text{C}$)。

● 训练3 变压器油的工频电压击穿试验

1. 训练目的

学会变压器油取样的正确操作;熟练掌握变压器油工频电压击穿试验的操作要领,并据此判断绝缘油是否受潮、变质或有无外界杂质侵入。

2. 训练准备

1) 熟悉变压器油工频电压击穿试验接线图样、试验原理和相关的技术资料。

2) 准备 $500 \sim 1000\text{mL}$ 的带磨口塞的无色玻璃瓶一个,内径为 20mm 、长度为 $500 \sim 600\text{mm}$ 的玻璃管一根。使用前先用纯净的汽油或无水酒精清洗,然后用蒸馏水洗净,再放入 105°C 的烘箱中烘干,并迅速盖紧瓶盖。另外,还要准备好油盘、清洁干燥的棉纱布和不掉毛的细软布以便取油样时用。

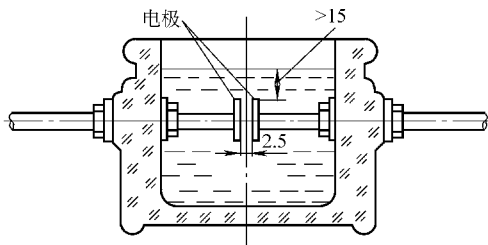


图 3-27 绝缘油电气强度试验专用油杯

3) 准备绝缘油电气强度试验专用油杯一个, 其结构如图 3-27 所示。我国规定绝缘油电气强度试验专用油杯应符合以下要求:

- ① 试验用油杯用瓷或玻璃材料制成, 容量为 500mL。
- ② 电极采用平板型电极, 材料为黄铜或不锈钢, 直径为 25mm, 厚度为 4mm, 两极间距离为 2.5mm。
- ③ 电极距杯底和杯壁及油面的距离不小于 15mm。
- 4) 准备变压器油工频电压击穿试验调压器、试验变压器、电压表等仪器、仪表及相关元器件, 另备常用电工工具一套。

3. 训练要领

1) 取油样: 选择气候干燥的晴天取油样。先用干净棉纱布擦净放油口, 再用不掉毛的细软布擦拭一遍。打开变压器下部的放油阀门, 放少许油冲洗阀门和油道, 并反复用放出的油洗涤盛油玻璃瓶; 然后将油瓶注满油, 关闭阀门, 盖紧油瓶瓶塞。如试验不在当地进行, 还应将瓶口用干燥清洁的牛皮纸包住、用蜡封好, 贴上标签, 写明单位、变压器编号、油号、取样日期等, 最后包装完毕。

2) 按图 3-28 接线, 并保证接地良好。

3) 洗涤绝缘油电气强度试验专用油杯, 并将两极接入加压回路, 用专用量规调整电极间隙为 2.5mm。

4) 将油样瓶中的试验用油沿干净的玻璃棒缓缓注入油杯, 杯内液面不低于电极 15mm, 静置 15min, 以便气泡充分逸出。

5) 按下起动按钮, 接通电源, 观察电源指示灯及电压表指示无误后, 以 3000V/s 的速度均匀升压, 直至油击穿。记录击穿电压值。

6) 断开试验电源, 用直径为 2mm 的干净玻璃棒, 在电极间搅动数次, 把击穿产生的游离碳挑散, 再静止 5min, 方可重复上述试验步骤; 取 5 次重复试验的平均值作为变压器油工频击穿电压, 又称为击穿强度 (kV/2.5mm)。将试验结果填入试验记录单。

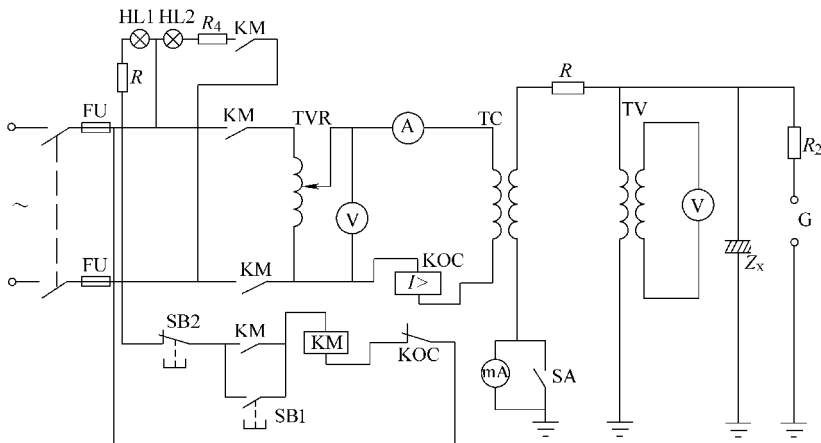


图 3-28 变压器油工频电压击穿试验的接线原理

KM—交流接触器 TVR—调压器 KOC—过电流继电器 TC—试验变压器

TV—测量用电压互感器 Z_x —被测变压器油 SB1—起动按钮 SB2—停止按钮

7) 判断变压器油工频电压击穿试验是否合格，可根据表 3-8 绝缘油电气强度标准进行。

表 3-8 绝缘油电气强度标准 (单位:kV)

设备额定电压		15 及以下	20 ~ 35	63 ~ 220
电气强度	新生及再生油	25	35	40
	进行	20	30	35

4. 注意事项

- 1) 试验时，宜在室温为 15 ~ 35℃ 和相对湿度不高于 75% 的情况下进行。
- 2) 升压试验时，必须在油杯中发生十分明显的火花放电或大的破裂声时才可视作击穿。否则应继续进行升压试验。
- 3) 为防止击穿电压损坏试验油杯内电极表面，可以在加压回路中串接 1 ~ 5MΩ 的限流电阻来限制击穿电流。

● 训练 4 工频交流耐压试验

1. 训练目的

了解工频交流耐压试验的特点、适用场合及试验原理，并熟练掌握其正确的操作要领和安全注意事项。

2. 训练准备

- 1) 熟悉工频交流耐压试验原理、接线图及相关的技术资料。



2) 仪器、仪表及材料准备: 断路器(15 ~ 20A), 10A 熔体、3kV · A 自耦调压器、YDJ—5/50 型自耦变压器、限流电阻(以 $0.1\Omega/V$ 选取)、50000/100V 互感器、电压表(满刻度 450V 及 50kV)、球隙保护电阻(以 $0.1 \sim 1.0\Omega/V$ 选取)、被试验变压器及导线若干等。

3. 操作要领

(1) 高压绕组试验 通常变压器 10kV 高压绕组工频交流耐压试验电压选 30kV。

- 1) 用干净的布擦拭被试绝缘子的表面。
- 2) 按图 3-29 接线, 并保证接地良好。

111

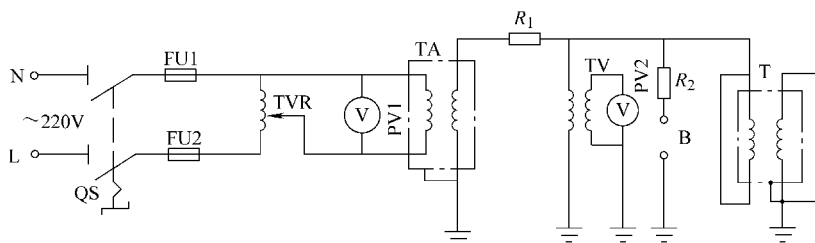


图 3-29 工频交流耐压试验接线原理

QS—电源开关 FU1、FU2—熔断器 TVR—调压器 PV1、PV2—电压表

TA—试验变压器 R_1 —限流电阻 TV—电压互感器

B—球形放电间隙 T—被试变压器

3) 空载测试试验设备及线路是否正常, 调整保护间隙的放电电压为 34.5 ~ 36kV。

4) 将变压器的低压出线端头全部短接后接地; 高压出线头全部短接后接到试验变压器的高压套管端部。

5) 将自耦调压器调至零位。

6) 闭合电源开关, 均匀调高调压器的电压, 升到 30kV 为止, 持续 1min; 然后调低电压直到零位, 断开电源, 将被试变压器对地放电。

7) 将试验结果填入试验记录单。

(2) 低压绕组试验(试验电压 4kV)

1) 高压绕组全部短接后接地, 低压绕组全部短接后接试验变压器高压套管的端部, 其他器件接线同上。

2) 按上述步骤进行试验, 并将试验结果填入试验记录单。连同前面的变压器绝缘电阻和吸收比的测试结果、绕组直流电阻的测量结果、变压器工频电压击穿试验结果一起填入表 3-9 中。



表 3-9 6~10kV 电力变压器试验报告

委托单位_____

报告编号_____

站内编号_____

铭 牌 规 范_____

试验日期____年__月__日

形 式_____

容 量_____kV·A

相数____天气____温度____℃

额定电压_____kV

额定电流_____A

阻抗电压_____% 频率____Hz

联结组标号_____

制 造 厂_____

厂号____出厂日期____年__月

试验性质_____

(绝缘部分)

绝缘电阻 /MΩ	温度/℃	R ₁₅		R ₆₀		R ₆₀ /R ₁₅	
	一次对二次及地						
	二次对一次及地						
直流电阻 /Ω	一次分接位置	I	II	III	IV	V	
	AB						
	BC						
	CA						
	二次	ao		bo		co	
油击穿电压/kV	三次平均 (平均电极间隙 2.5mm)						
工频耐压/kV (时间__min)	一次对二次及地			二次对一次及地			

结论_____

批准_____审核_____校阅_____试验_____

- (3) 试验分析
- 1) 绝缘良好的变压器在工频交流耐压试验中不应击穿。

2) 若高压侧电压表指示明显下降，表明变压器的绝缘已被击穿。

3) 若试验过程中出现断续放电、冒烟、焦臭、闪络、燃烧等现象则表明变压器绝缘存在缺陷或击穿。
4. 注意事项
- 1) 高压危险，试验时应有专人负责安全。

2) 升压必须从零开始，不可冲击合闸；还应避免在试验电压下直接断开电源。

3) 油浸式变压器注油后，应静置 10h 以上，才能做工频交流耐压试验。

4) 由于工频交流耐压试验的试验电压比运行电压高得多，对电气设备的绝



缘有一定的破坏性，它既可使有绝缘缺陷的设备发生击穿，也可以使有局部缺陷或隐蔽缺陷的设备在高压下进一步恶化。因此，工频交流耐压试验又称为破坏性试验。这就要求工频交流耐压试验必须在其他试验项目合格后方可进行。

● 训练5 电压比试验

1. 训练目的

熟练掌握三相变压器在不同接线方式下采用单相法测量电压比的方法。

2. 训练准备

1) 准备三相变压器在不同接线方式下采用单相法测量电压比的接线图，并掌握对应接线方式下的电压比的计算公式。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料，主要有量限为 250V 和 10V 的 0.5 级电压表各一块，电工常用工具一套。

3. 训练要领

1) 扳动分接开关到合适挡位。

2) 假设待测变压器的接线方式为“Yy”或“Dd”，按图 3-30 接线。

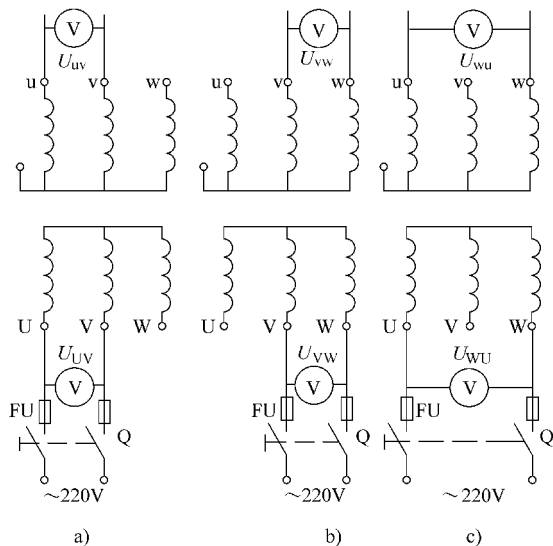


图 3-30 Yy 接线方式变压器的电压比试验接线原理

3) 闭合 220V 电源开关，读取高低压侧两只电压表的数值，分别计为 U_{UV} 、 U_{uv} (习惯用大写字母表示变压器的一次侧,用小写字母表示变压器的二次侧)。

4) 断开电源并放电。

5) 将图 3-30 中的电源接入端子和测量端子分别改为 VW 和 WU 端子，并读



取相应的测量端子下的电压表值,计为 U_{vw} 、 U_{vw} 和 U_{wu} 、 U_{wu} 。

6) 按下式进行计算

$$\left. \begin{aligned} K_{UV} &= \frac{U_{UV}}{U_{uv}} \\ K_{VW} &= \frac{U_{VW}}{U_{vw}} \\ K_{WU} &= \frac{U_{WU}}{U_{wu}} \end{aligned} \right\} \quad (3-10)$$

式中 K_{UV} 、 K_{VW} 、 K_{WU} ——被测变压器各线间电压比。

7) 试验分析: 将上述计算结果与变压器的原始资料相比较, 应无明显差别, 并且符合按分接头位置变化的规律。《电力设备预防性试验规程》规定: 电压为 35kV 以下、电压比小于 3 的变压器, 电压比允许偏差为 $\pm 1\%$; 其他变压器在额定分接头下, 电压比允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 。电压比不合格的主要原因是变压器的分接头引线焊接错误, 或者是分接头的指示位置与内部引线不一致, 分析时应特别注意。变压器的电压比误差可由下列的公式求得

$$\left. \begin{aligned} \Delta K_{UV} &= \frac{K_e - K_{UV}}{K_e} \times 100\% \\ \Delta K_{VW} &= \frac{K_e - K_{VW}}{K_e} \times 100\% \\ \Delta K_{WU} &= \frac{K_e - K_{WU}}{K_e} \times 100\% \end{aligned} \right\} \quad (3-11)$$

式中 ΔK_{UV} 、 ΔK_{VW} 、 ΔK_{WU} ——变压器电压比误差百分数;

K_e ——变压器的额定电压比;

K_{UV} 、 K_{VW} 、 K_{WU} ——变压器的试验电压比。

4. 注意事项

- 1) 试验时施加电压不应低于被试变压器额定电压的 1%。
- 2) 变压器不同的接线方式, 其电压比计算比公式不一样。

● 训练 6 联结组标号试验

1. 训练目的

了解电压表法判断三相变压器联结组标号和用相位表法判断变压器联结组标号的基本原理和相关注意事项, 并熟练掌握其中一种方法的测试要领。

2. 训练准备

1) 准备电压表法判断三相变压器联结组标号和相位表法判断三相变压器联结组标号的接线图, 熟悉两种方法的测量原理和操作要领。



2) 准备仪器、仪表及工具：电压表法需准备量限为 150V 的 0.5 级交流电压表两块，相位表法需准备相位表一块，电工常用工具一套等。

3. 训练要领

(1) 电压表法判断三相变压器联结组标号

1) 按图 3-31 接线，将变压器 U 相的一次侧和二次侧用导线短接，并将变压器的一次侧通过三相调压器接至三相电源开关。

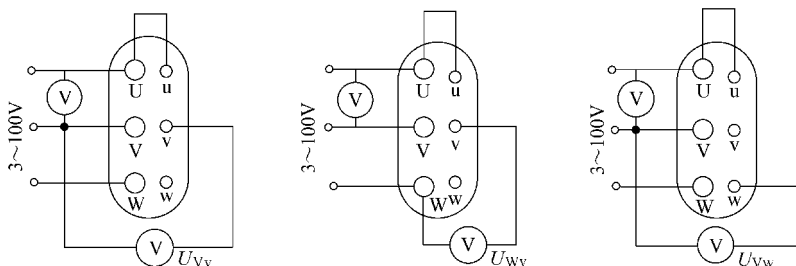


图 3-31 电压表法判断三相变压器联结组标号接线图

2) 通过调压器选择 100V 三相低压交流电加到变压器的高压侧。

3) 用电压表分别测量变压器的一、二次侧之间的电压，即 U_{Vv} 、 U_{Wv} 、 U_{Vw} 。

4) 试验分析：将 U_{Vv} 、 U_{Wv} 、 U_{Vw} 实际测量值与表 3-10 中的对应数据进行比较，若基本相等，则被试变压器具有相应的时钟时序。

表 3-10 电力变压器一、二次侧实测电压与
联结组标号时钟时序的关系

实测电压 /V	三相变压器联结组标号时钟时序											
	0	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
U_{Vv}	95.5	96.0	98.0	100	102.5	104.0	104.2	104.0	102.5	100	98.0	96.0
U_{Wv}	98.0	100.0	102.5	104.0	104.5	104.0	102.5	100.0	98.0	96.0	95.5	96.0
U_{Vw}	98.0	96.0	95.5	96.0	100.0	100.0	102.5	104.0	104.5	104.0	102.5	100.0

由于电力系统中新式变压器常用的联结组标号有“Yyn0”、“Dyn11”、“Yd11”和“YNd11”四种，故从表 3-10 不难总结出它们之间的规律如下：

1) U_{Wv} 实测值与 U_{Vv} 相等，且大于 U_{Vv} 的实测值时，变压器联结组标号为 0 点钟接法。

2) U_{Wv} 实测值与 U_{Vv} 相等，且小于 U_{Wv} 的实测值时，变压器联结组标号为 11 点钟接法。

(2) 相位表法判断三相变压器联结组标号



1) 按图 3-32 接线, 将相位表的电压线圈接至高压线圈; 电流线圈经电位器接到低压线圈。

2) 高压侧接通电源。当高压侧通入三相交流电压时, 便在变压器的低压侧感应出一定相位的电压, 由于变压器的低压侧接的是电阻性负载, 电流和电压同相位。所以, 测得的高压侧对低压侧电流的相位就是高压侧对低压侧电压的相位。

4. 注意事项

1) 采用电压表法时的注意事项:

① 三相试验电源要求稳定, 且三相不平衡度不应超过 2%, 否则会影响测量结果和判断的正确性。

② 选用电压表的准确度必须在 0.5 级以上; 当电压比大于 20 时, 可采用低压侧加压的办法来提高实测电压的可比性。

2) 采用相位表法时的注意事项:

① 相位表使用前必须校验合格。

② 相位表接线时应注意极性。

③ 加到相位表的电压电流不能超过表计允许值。

④ 使用时应在被试变压器两对相应线端上进行测量, 且测量结果应一致。

• 训练 7 空载和短路试验

1. 训练目的

了解三相变压器空载试验和短路试验的目的, 掌握空载试验和短路试验的操作要领, 并能对试验结果进行分析和判断。

2. 训练准备

1) 熟悉三相变压器空载试验和短路试验的试验原理, 了解试验操作的安全注意事项, 准备试验接线图和相关的技术资料。

2) 仪器、仪表及工具: 三相电源开关、三相调压器、功率表、电压表、电流表及电工工具一套。

3. 训练要领

(1) 三相变压器空载试验

1) 按图 3-33 接线, 功率表接在电流表和电压表之后, 高压侧开路。

2) 通过调压器缓慢升高被试变压器的接入电压, 直至额定值。

3) 读取电流和功率损耗值。

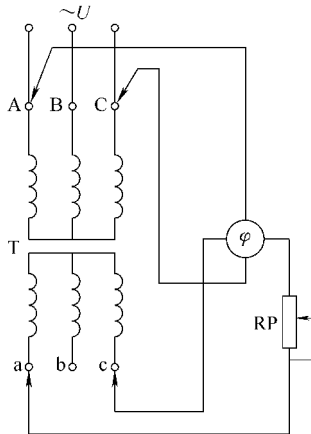


图 3-32 交流相位表法测变压器联结组标号的接线原理
T—被试变压器 RP—电位器
φ—相位表

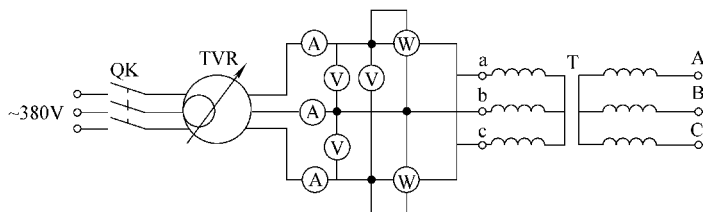


图 3-33 三相变压器空载试验接线原理

QK—电源开关 TVR—三相调压器 T—待测变压器

4) 试验结果计算与分析：三相变压器的空载电流百分数可以按下面的公式进行计算：

$$I_0 = \frac{I_{0a} + I_{0b} + I_{0c}}{3I_e} \times 100\% \quad (3-12)$$

式中 I_0 ——空载电流百分数；

I_e ——待测绕组额定电流(A)；

I_{0a} 、 I_{0b} 、 I_{0c} ——a、b、c 三相测得的表计空载电流。

空载损耗应为两功率表读数的代数之和。

规定在额定条件下，电力变压器的空载电流允许偏差为 +22%，空载损耗允许偏差为 +15%。若超出规定值，必须分析原因并设法找出缺陷部位。影响变压器空载损耗和空载电流大的原因主要有：铁心松动或装配不良；铁心或绕组局部短路；绕组并联支路短路等。

5) 图 3-33 中的测量仪表也可通过互感器接入，此时的实际测量值应为仪表读数乘以互感器的电压比。

(2) 三相变压器短路试验

- 1) 将图 3-33 中的待测变压器的高压侧接线柱接功率表，低压侧短路。
- 2) 改接完毕并检查无误后，闭合电源开关，缓慢升高电压至额定值。
- 3) 读取电压表和功率表的读数并做好记录。
- 4) 试验结果计算与分析：变压器的三相负载损耗应为两个功率表测量值之和。阻抗电压应为三只电压表测量值的平均值。阻抗电压百分数是阻抗电压与额定电压之比。标准规定，变压器的负载损耗允许偏差为 +10%，阻抗电压允许偏差为 ±10%。

4. 注意事项

(1) 三相变压器空载试验的注意事项

- 1) 空载试验电压应为额定频率、额定电压，否则应对测量结果进行换算。
- 2) 空载试验的三相电压应对称且平衡。
- 3) 试验电源应具有足够的容量。



4) 若待测变压器的损耗较小, 应将测量值减去仪表本身的损耗。仪表损耗可按下面的公式求得:

$$P_{wv} = U^2 \left(\frac{1}{r_w} + \frac{1}{r_v} \right) \quad (3-13)$$

式中 P_{wv} ——试验时的仪表损耗, 包括功率表和电压表的损耗;

U ——试验时的接入电压(V);

r_w ——功率表内阻(Ω);

r_v ——电压表内阻(Ω)。

(2) 三相变压器短路试验的注意事项

1) 短路试验用导线必须具有足够的截面积, 并且连接线路应尽可能短。

2) 为避免绕组长时间短路发热, 影响测量精度, 试验时读表应迅速。

3) 试验时必须准确记录测量温度。

4) 试验一般应在额定频率、额定电流的条件下进行; 否则应按规定对负载损耗和阻抗电压等试验值进行温度、电流的换算。对于容量为 6300kV·A 及以下的中小型电力变压器, 短路试验时, 需进行温度换算; 试验电压低于额定电压而高于额定电流的 25% 时, 需进行电流换算。

负载损耗的温度换算公式为

$$P_{k75} = K_{75} P_{kt} \quad (3-14)$$

式中 P_{k75} ——换算到 75℃ 时的负载损耗;

K_{75} ——75℃ 时的温度系数, $K_{75} = (T + 75) / (T + t)$, 其中 t 为试验时的温度, T 为电阻温度系数(铜为 235, 铝为 225);

P_{kt} ——试验温度时的负载损耗。

负载损耗的电流换算公式为

$$P_{ke} = P_k \left(\frac{I_e}{I} \right)^2 \quad (3-15)$$

式中 P_{ke} ——换算到额定电流下的负载损耗;

P_k ——试验电流下实测负载损耗;

I_e ——变压器加压绕组的额定电流(A);

I ——试验时的实际电流(A)。

阻抗电压的温度换算公式为

$$U_{k75} = \sqrt{U_{kt}^2 + \left(\frac{P_{kt}}{10S_e} \right)^2 (K_{75}^2 - 1)} \quad (3-16)$$

式中 U_{k75} ——换算到 75℃ 时的阻抗电压百分数;

U_{kt} ——试验温度为 t 时的阻抗电压百分数;

P_{kt} ——试验温度为 t 时的负载损耗;



S_e ——待测变压器的额定容量；

K_{75} ——75℃时的温度系数。

阻抗电压的电流换算公式为

$$U_{ke} = U_k \frac{I_e}{I} \quad (3-17)$$

式中 U_{ke} ——换算到额定电流下的短路电流百分数；

U_k ——实际试验电流下的阻抗电压百分数；

I_e ——加压绕组的额定电流(A)；

I ——实际试验电流(A)。

● 训练8 泄漏电流测试

1. 训练目的

了解泄漏电流测试的目的，熟悉泄漏电流测试用仪器仪表的正确使用，熟练掌握测试的技术要领并能分析影响试验结果的主要因素。

2. 训练准备

1) 熟悉泄漏电流测试原理，了解试验操作的安全注意事项，准备试验接线图样和相关的技术资料。

2) 准备仪器、仪表及工具：试验变压器、调压器、多量程交流电压表、高压二极管整流装置、保护电阻、0.1μF 滤波电容、0.5 级以上直流毫安表及常闭按钮各一个、常用电工工具一套、绝缘操作棒一根。

3. 训练要领

1) 按图 3-34 进行接线。

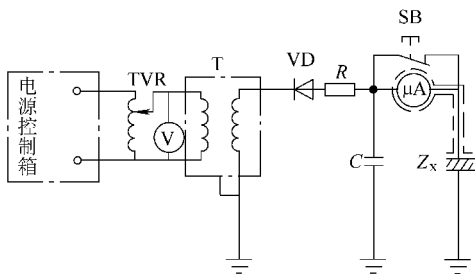


图 3-34 泄漏电流测试接线原理

TVR—调压器 V—电压表 T—试验变压器 VD—高压二极管整流装置

R—保护电阻 C—滤波电容 SB—常闭按钮 Z_x —被试品

2) 合闸通电前应检查指示仪表是否已调零，调压器是否已在零位，被试品是否已经充分放电，并仔细检查连接线路是否无误。

3) 接通电源，将电压逐渐调升至规定试验值，按要求停留一定时间后再读



取泄漏电流值,并做好记录。

4) 试验过程中,若发现微安表指示值太小,则可能是实际试验电压未升至规定值,或接线有误;若发现指示针来回摆动,则可能是回路中存在反充电或者是被试品周期性放电;若发现指针冲击过大,则可能是被试品出现闪络或内部放电。

5) 试验完毕,将调压器退回零位,切断电源,并将被试品对地放电。

6) 试验结果分析:若被试品为电力变压器绕组,可对照表 3-4 所规定的泄漏电流允许值进行比较,得出结论。其他的被试品允许值可参阅相关的技术资料。

120

影响试验结果的因素主要有以下三方面:

① 温度影响:温度的高低对泄漏电流测试影响最大。按规定必须将实际温度下测量的泄漏电流统一换算到 75℃ 时的泄漏电流值, B 级绝缘要求的被试品可按下面的公式进行计算:

$$I_{75} = I_t \times 1.6^{\frac{75-t}{10}} \quad (3-18)$$

式中 I_{75} ——75℃ 时的换算电流(μA);

t ——试验时被试品的实际温度(℃);

I_t —— t ℃ 时泄漏电流测量值(μA)。

通常要求被试品温度为 30 ~ 80℃ 时,进行泄漏电流的测试工作。

② 表面泄漏电流的影响:主要指被试品的表面脏污、受潮等因素,可采用加屏蔽环的方法来消除这一影响。

③ 其他影响:如仪表的测量精度、高压导线过长或线径过小等因素对泄漏电流的影响,均需采取相应的措施来消除。

• 训练 9 介质损耗角正切值($\tan\delta$)的测量

1. 训练目的

进一步熟悉介质损耗角正切值的概念,学会 QS1 型交流平衡电桥(西林电桥)及 M 型介质损耗测量仪的正确使用,掌握介质损耗角正切值的测量要领。

2. 训练准备

1) 理解介质损耗角正切值的测量原理,准备测量接线图及相关的技术资料。

2) 准备仪器、仪表及工具:QS1 型交流平衡电桥、M 型介质损耗测量仪、试验变压器、调压器、电源开关及电工常用工具一套等。

3. 训练要领

1) 由于现场装设的电气设备大多安装在基础或地上,故通常采用图 3-35 所示的电桥反接法进行介质损耗角正切值的测量。

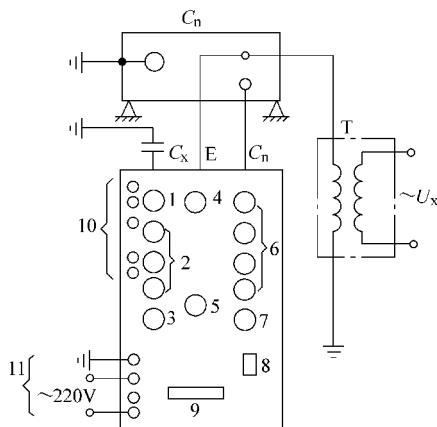


图 3-35 QS1 型电桥反接法测量介质损耗角正切值接线原理

1—分流计开关 2— $\tan\delta(\%)$ 调节旋钮 3—极性转换开关 4—检流计频率调节 5—滑线电阻
6— R_3 调节旋钮 7—检流计灵敏度调节旋钮 8—电源开关 9—检流计
10—低压法测量接线柱 11—电源接线柱

- 2) 检查极性转换开关是否处于断开位置, $\tan\delta(\%)$ 调节旋钮、 R_3 调节旋钮、检流计灵敏度旋钮等是否处于零位。
- 3) 选择合适的分流电阻, 一般是根据被试品电容电流大小进行选择。
- 4) 电桥调零。
- 5) 闭合电源开关, 调节调压器的电压逐渐升至规定试验电压为 8 ~ 10kV。
- 6) 反复调节 R_3 、滑线电阻及 $\tan\delta(\%)$ 调节旋钮, 直至电桥平衡。
- 7) 记录此时分流电阻 R_n 、电阻 R_3 、滑线电阻 RP 以及 $\tan\delta(\%)$ 的数值。
- 8) 将检流计灵敏度开关旋至零位, 断开极性开关, 调低电压后断开试验电源, 最后将变压器的高压端接地。
- 9) 测量结果处理: 被试品介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 的计算公式为

$$\tan\delta = \frac{\tan\delta_1(\%) + \tan\delta_2(\%)}{2} \quad (3-19)$$

式中 $\tan\delta_1(\%)$ ——极性开关位于“+ $\tan\delta(\%)$ ”、“接通 I”位置时的 $\tan\delta(\%)$ 的读数;

$\tan\delta_2(\%)$ ——极性开关位于“+ $\tan\delta(\%)$ ”、“接通 II”位置时的 $\tan\delta(\%)$ 的读数。

电容量 C_x 的计算公式为

$$C_x = C_n \frac{R_4(100 + R_3)}{R_j(R_3 + RP)} \quad (3-20)$$

式中 C_n ——无损标准电容器的电容量(μF);



- R_4 ——无感电阻,其值为 3184Ω ;
 R_j ——分流计开关在不同位置时的计算电阻值(Ω);
 R_3 ——调节电阻(Ω);
RP——滑线电阻(Ω)。

4. 注意事项

1) QS1 型电桥测量介质损耗时有三种接线方法,即正接法、反接法和低压法。两极对地绝缘的被试品宜采用正接法,电桥本体处于低电位,操作安全,测量准确性高;对于现场安装的一极接地的被试品宜选用反接法;低压法一般只用来测量电容量。

2) 采用反接法测量时,电桥外壳必须可靠接地,以确保操作者的人身安全。

3) 试验前应断开试验变压器高压引线上的临时接地线;试验结束断电后应将变压器的高压端接地。

4) 影响测量结果的因素有以下三个方面:

① 外部磁场的影响:在运行中的高压电气设备附近进行介质损耗的测量试验时,外部电磁场将对测量结果产生严重影响,为此可采用被试品远离干扰源、对被试品加屏蔽罩、移动试验电源的相位使试验电流和干扰电流的相位重合等方法来消除或减少这一干扰对测量结果的影响。

② 试验电压的影响:当被试品的绝缘内部有缺陷时,其 $\tan\delta$ 将随试验电压的升高而明显增加。

③ 温度的影响:温度对 $\tan\delta$ 的影响随被试品的材料、结构等不同而不同,《电力设备预防性试验规程》规定:测量 $\tan\delta$ 时被试品和环境温度不得低于 5°C 。尽可能在 $10\sim 30^\circ\text{C}$ 的温度下进行 $\tan\delta$ 的测量。

● 训练 10 电流继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握电流继电器的检查、调整、校验的主要内容和方法和基本要求。

2. 训练准备

1) 准备试验接线图及相关的技术资料。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料:电源开关、熔断器、可调电阻、电压表、电流表、电秒表、DL—10 型电流继电器及电工常用工具一套、导线若干。

3. 训练要领

(1) 机械部分检查

1) 外观检查合格。



- 2) 转轴的轴向活动范围为 $0.15 \sim 0.20\text{mm}$ 。
- 3) 线圈不应自由晃动。
- 4) 动作位置时, 可动衔铁与磁极间隙不小于 0.5mm 。
- 5) 反作用弹簧平面应与轴严格保持垂直。
- 6) 检查并调整触点: 触点间隙应大于 2mm , 触点无伤痕; 用手转动轴使触点开始闭合, 仔细观察触点的接触情况——一般应在触点的 $1/3$ 处开始接触, 以较小的摩擦力滑动到末端的 $1/3$ 处停止, 此时动触点桥绕自身轴旋转 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。

(2) 动作电流和返回电流的试验 按图 3-36 进行接线。

1) 缓慢调节电阻 RP 使电流上升, 直至继电器触点闭合。此电流即为最小动作电流, 对应的电压是动作电压。

2) 缓慢降低电流直至继电器触点断开, 此时的电流即为返回电流。

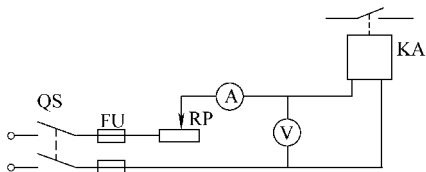


图 3-36 DL 型电流继电器试验接线原理

3) 重复试验三次以上, 验证极限误差不超过 $\pm 6\%$, 动作一致性不超过 $\pm 6\%$ 。

4) 返回电流与动作电流的比值叫返回系数。返回系数一般为 $0.75 \sim 0.85$ 。

5) **DL 型电流继电器动作电流一般为 $220 \sim 230\text{mA}$; 动作电压为 $1.5 \sim 1.56\text{V}$ 。**

(3) 返回系数调整 调整动片的初始位置, 动片与磁极之间的距离越大, 动作值越高, 而返回值几乎不变, 故返回系数减少; 反之使返回系数增大。

(4) 时间特性试验

1) 按图 3-37 进行接线, 并检查无误。

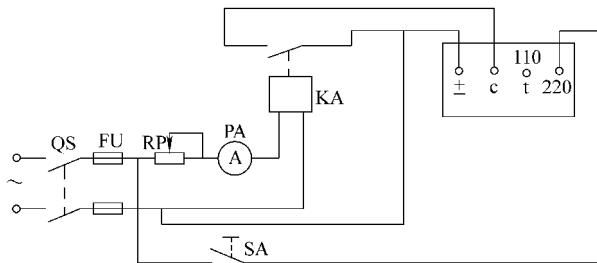


图 3-37 DL 型电流继电器时间特性试验接线原理

2) 调节电阻 RP 使电流上升至动作电流的 1.2 倍, 断开 QS 。

3) 先闭合 SA , 再闭合 QS , 电秒表 t 开始转动; 当继电器的触点闭合或断



开时电秒表即自行停止,所示数值即为继电器的动作时间。

4) 电流继电器在 1.2 倍的整定值时,动作时间不大于 0.15s。

4. 注意事项

1) 试验应选用整流型、内阻在 $1\text{k}\Omega/\text{V}$ 以上的电压表。

2) 如发现触点抖动并伴有火花,应做好记录,并及时更换或修复相关部件。

● 训练 11 电压继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握电压继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

1) 准备试验接线图及相关的技术资料。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料:电源开关、熔断器、单相自耦调压器($2\text{kV}\cdot\text{A}$)、电压表、过电压继电器(欠电压继电器)、电工常用工具一套及导线若干。

3. 训练要领

(1) 机械部分检查 其构造与电流继电器基本相同,只是电压继电器线圈匝数多,线径细。故电压继电器机械部分的检查可参考电流继电器的相关内容。

(2) 动作电压和返回电压的调整

1) 按图 3-38 进行接线。

2) 过电压继电器的试验:调整调压器 T,使电压匀速上升直至继电器动作,记录此时的最小电压值即为动作电压;再降低电压,使其触点复位,记录此时的最大值即为返回电压。返回电压与动作电压的比值即为返回系数。过电压继电器的返回系数一般为 0.85~0.90。

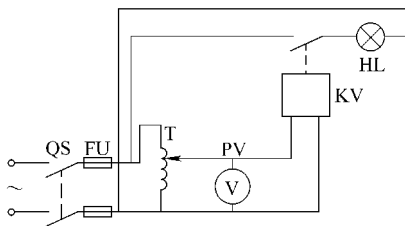


图 3-38 电压继电器试验接线原理

3) 欠电压继电器的试验:调整调压器 T 给继电器加上全压,然后逐渐降压直至继电器开始动作,记录此时的最大电压即为动作电压;再逐渐升压使继电器复位,记录此时的最小电压即为返回电压。欠电压继电器的返回系数一般不大于 1.25。

(3) 触点可靠性的检验

1) 额定电压下,继电器无振动现象。

2) 触点带负荷试验,应无振动、火花和鸟啄现象。

(4) 注意事项



- 1) 动作值与返回值的测量应重复三次, 取平均后再计算返回系数。
- 2) 以 1.1 倍额定电压冲击试验五次, 复试值与整定值的误差不超过 $\pm 3\%$ 。

• 训练 12 感应型过电流继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握感应型过电流继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

- 1) 准备试验接线图及相关的技术资料。
- 2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料: 电源开关、熔断器、调压器(0~250V, 1kVA)、变压器(220V/20V, 0.5kV·A)、电流表、电秒表(401型)、LL—10 型过电流继电器及电工常用工具一套、导线若干。

3. 训练要领

(1) 机械部分的检查 感应型过电流继电器的结构如图 3-2 所示。

- 1) 外观检查合格。
- 2) 框架的轴承纵向活动范围为 0.1~0.2mm。
- 3) 扇形齿轮与蜗杆啮合约 1/2 齿深, 动作时无脱落或卡死现象。
- 4) 圆盘与转轴互相垂直, 与永久磁铁、电磁铁之间的上下间隙不小于 0.4mm。

(2) 圆盘始动电流试验

1) 试验接线原理如图 3-39 所示。

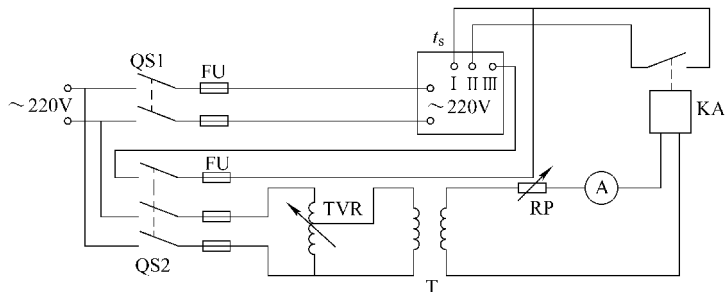


图 3-39 感应型过电流继电器试验接线原理

2) 将调压器 TVR 置零位, 闭合 QS2 后逐渐调节 TVR, 直至圆盘缓慢转动一周以上, 此时的最小电流即为圆盘始动电流。继电器圆盘始动电流一般为整定电流的 20%~30%。

(3) 动作值与返回值的试验

1) 试验接线原理如图 3-39 所示。



2) 缓慢增大电流,直至扇形齿轮与蜗杆啮合,此时的最小电流即为动作电流;然后缓慢减小电流至扇形齿轮与蜗杆脱开,此时的最高电流为返回电流。反复试验几次,并计算出返回系数。返回系数一般为 **0.85 ~ 0.90**。

(4) 时限特性试验

1) 试验接线原理如图 3-39 所示。

2) 将电秒表 t_s 调零、继电器时限把手置于整定值。依次闭合电源开关 QS1、QS2,电秒表开始计时。继电器触点闭合后,电秒表停止转动。试验三次,取平均。其实际动作时间与整定时间误差应小于 $\pm 5\%$ 。

(5) 速断装置动作电流试验

1) 速断电流就是规定的跳闸电流。调整电磁元件动作电流的螺钉,将速断倍数对好刻度。

2) 将电流升高使速断动作,切断电流后通以 0.9 倍的速断电流,要求速断不动作,继电器工作在反时限特性部分;再通以 1.1 倍的速断电流进行试验 3 ~ 5 次,每次动作时间不大于 0.15s。

4. 注意事项

进行速断试验时,应防止线圈过热。

● 训练 13 中间继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握中间继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

1) 准备试验接线图及相关的技术资料。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料:电秒表、电压表、电源开关、可变电阻、中间继电器及电工常用工具一套、连接导线若干。

3. 训练要领

(1) 机械部分检查

1) 所有触点断开时的间隙不小于 $2 \sim 3\text{mm}$,且同时闭合或断开。

2) 弹簧无变形,弹力均匀。

3) 衔铁动作灵活,截面清洁。

(2) 动作值与返回值试验 以电压型中间继电器为例,按图 3-40a 所示进行试验电路的接线。

1) 将可变电阻 RP 调在合适位置,闭合电源开关 QS1,输入直流电压,使中间继电器刚好动作的最小电压值,即为动作值;然后逐渐降低电压,使继电器衔铁复位的最大值,即为返回值。

2) 动作电压为额定电压的 30%~70%,返回电压不小于 5% 的额定电压。

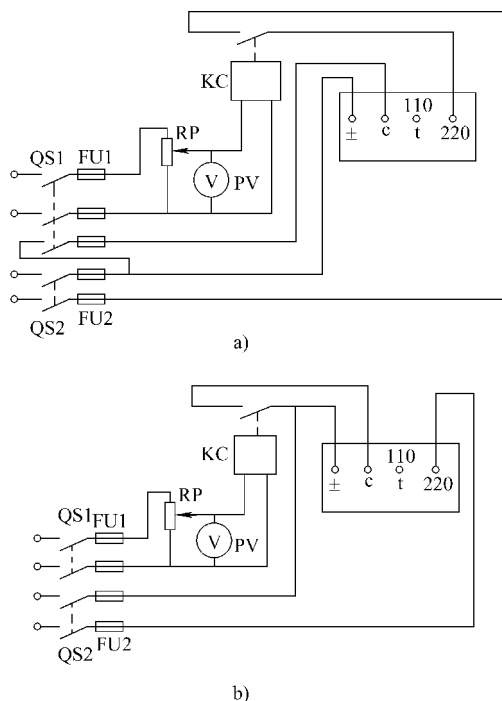


图 3-40 中间继电器试验接线原理

a) 动作时间试验 b) 返回时间试验

(3) 自保线圈保持值测定 以电压动作电流保持中间继电器为例，试验接线原理如图 3-41 所示。

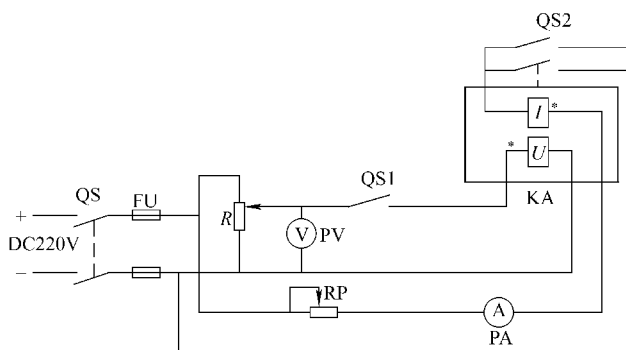


图 3-41 中间继电器保持值试验接线原理

闭合电源开关 QS、QS1 给动作线圈加额定电压，使继电器动作；调整保持线圈回路的电流，测出 QS1 断开后继电器能保持住的最小电流值，即为该继电



器的最小保持值。

(4) 动作时间检验

- 1) 按图 3-40a 接线, 将电秒表 t 调零位。
- 2) 先后闭合电源开关 QS2、QS1, 继电器动作, 记录电秒表动作时间。

(5) 返回时间检验

- 1) 按图 3-40b 接线, 将电秒表 t 调零位。
- 2) 闭合 QS1, 调节 RP 使继电器在额定电压下动作; 闭合 QS2, 然后断开 QS1, 此时电秒表的指示值即为继电器的返回时间。

4. 注意事项

1) 带自保线圈的中间继电器, 初次安装时应做极性试验, 若极性接反, 则不能自保。

2) 试验过程中, 若实测数据与规定值相差较大, 则应按要求调整弹簧拉力或衔铁与铁心的气隙。继电器经调整后, 需重新测试其相关参数。

● 训练 14 信号继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握信号继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

1) 准备三相变压器在不同接线方式下采用单相法测量电压比的接线图, 并掌握对应接线方式下的电压比的计算公式。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料: 电压表、电源开关、熔断器、信号继电器、可调电阻和电工常用工具一套、连接导线若干。

3. 训练要领

以 DX—30 系列电压信号继电器为例, 试验接线原理如图 3-42 所示。

(1) 动作值和返回值检验

1) 闭合电源开关, 调整可变电阻, 使电压升高至信号继电器可靠动作, 此时的最小电压即为动作电压值; 降低电压至信号继电器复位, 此时的电压最大值即为返回电压值。

2) 动作电压一般不大于额定电压的 70%, 返回电压不小于额定电压的 2%。

(2) 保持值 要求信号继电器保持值不大于额定保持电压的 80%。

4. 注意事项

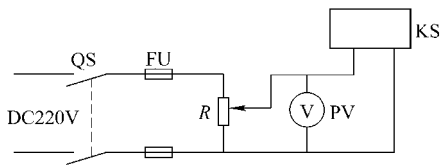


图 3-42 电压信号继电器试验接线原理



- 1) 若实测值偏离正常值,应调整触点的压力,改变衔铁与铁心之间的间隙。
- 2) 衔铁动作后,信号牌应可靠落下(或灯亮),不能因振动而误动作。

● 训练 15 时间继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握时间继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

- 1) 准备试验接线图及相关的技术资料。
- 2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料:电压表、电秒表、可调电阻、电源开关、熔断器、时间继电器及电工常用工具一套、连接导线若干。

3. 训练要领

(1) 机械部分检查 以 DS—30 系列时间继电器为例。

- 1) 按下铁心,其触点走动应均匀;松开铁心,钟表机械应复位正常。
- 2) 两延时触点应同时接触静触点;瞬时常闭接触可靠,压力适当。

(2) 动作电压与返回电压试验

- 1) 试验接线原理如图 3-43 所示。

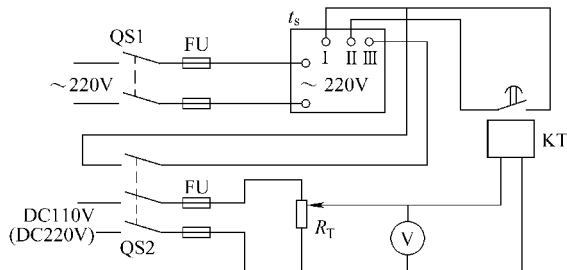


图 3-43 时间继电器试验接线原理

- 2) 调节 R_T , 逐渐升高电压直至触点可靠接触,此时的电压即为动作电压;缓慢降压,使铁心复位,此时的最高电压即为返回电压。

3) 动作电压应为额定值的 30%~70%; 返回电压应为额定值的 5%。

(3) 动作时间试验

- 1) 试验接线原理如图 3-43 所示。
- 2) 闭合电源开关 QS1、QS2, 调节 R_T , 使电压升高至额定值的 0.8 倍。切断 QS2, 将电秒表调零。
- 3) 闭合 QS2, 电秒表开始计时; 触点闭合后, 计时停止。
- 4) 重复上述步骤三次, 取平均值即为继电器动作时间。



4. 注意事项

- 1) 动作电压的调整应改变弹簧的反作用力矩。
- 2) 动作时间的调整也可通过调整弹簧拉力来实现。拉力大, 时间快; 反之, 时间慢。

• 训练 16 重合闸继电器试验

1. 训练目的

熟练掌握重合闸继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

- 1) 准备试验接线图及相关的技术资料。
- 2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料: DH 型重合闸继电器、电压表、电源开关、可调电阻、电秒表及电工常用工具一套、连接导线若干。

3. 训练要领

按图 3-44 所示进行接线。

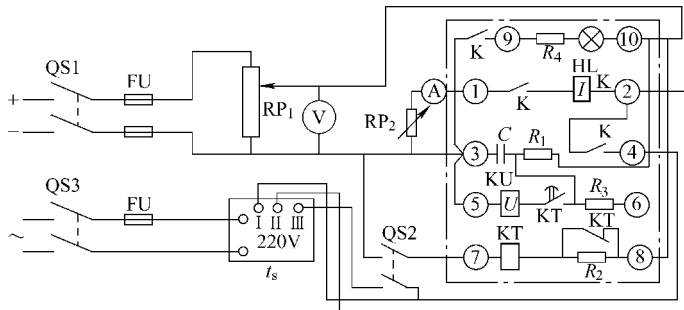


图 3-44 DH 型重合闸继电器试验接线原理

(1) 常规检查

1) 闭合 QS1, 调整直流电压升至继电器的额定值, 检查各元件无异常现象。

2) 用手按动继电器 K 的衔铁, 使其处于动作位置, 调节 RP₂, 使得流经电流线圈的电流略低于额定电流的 0.9 倍; 松开衔铁, 继电器能可靠自保。

(2) 充电时间测定

1) 在额定电压下闭合 QS1, 经 15 ~ 25s 后, 再投入 QS2, K 能可靠动作并自保。

2) 在额定电压下, 闭合 QS1, 充电 60s 后瞬间短接 6、3 端子, 使电容 C 放电, 然后再闭合 QS2, 此时继电器应不动作。

(3) 测定重合闸时间 闭合 QS1、QS2, 给电容 C 充电 25s 后, 再闭合



QS3。测量重合闸时,将实测值与整定值进行比较,其误差不应超过 $\pm 0.1\text{s}$ 。

4. 注意事项

1) 继电器电压线圈的动作值应小于 **0.7** 倍的额定电压;电流线圈的保持电流应不大于额定电流。

2) 继电器经过调整后需重新校验其动作电压、保持电流和充电时间。

• 训练 17 差动继电器试验

1. 训练目的

掌握差动继电器的检查、调整、校验的主要内容、方法和基本要求。

2. 训练准备

1) 准备试验接线图和相关的技术资料。

2) 准备试验用仪器、仪表及测试用工具、材料: BCH—2 型差动继电器、电流表、电压表、电源开关、可变电阻、熔断器及电工常用工具一套、连接导线若干。

3. 训练要领

(1) 动作电压、电流和返回电流的试验

1) 试验接线和校验方法可参考电磁型电流继电器的相关内容。

2) 动作电压为 $15 \pm 0.06\text{V}$, 动作电流为 $0.22 \sim 0.26\text{A}$, 返回电流为 $0.75 \sim 0.85\text{A}$ 。

(2) 动作可靠性检验 用 2.5 倍动作电流进行冲击试验, 继电器触点应接触良好, 无振动和火花现象。

(3) 速饱和变流器极性检查 检查方法同变压器极性判断。

(4) 速饱和变流器伏安特性试验

1) 平衡线圈通电时的伏安特性: 将平衡线圈整定为 40 匝, 二次线圈(工作线圈)接低刻度、高内阻的电压表。平衡线圈通以 0.5A、1.5A、2.5A、5A、7.5A、10A、20A 的电流, 并读取电压表对应值。

2) 差动线圈通电时的伏安特性: 将差动线圈整定为 40 匝, 二次线圈接电压表。差动线圈通以 0.5A、1.5A、2.5A、5A、7.5A、10A、20A 的电流, 并读取电压表对应值。

3) 根据上述测定数据, 分别绘制平衡线圈和差动线圈的伏安特性曲线图, 并比较二者误差, 应不大于 $\pm 10\%$ 。

(5) 动作安匝试验

1) 输入正弦波可调电压。

2) 将差动线圈和一组平衡线圈串联, 取其匝数和为 10 匝。

3) 调节加入线圈的电流直至执行元件动作, 测出其一次动作电流值。



4) 用实测电流值乘以两线圈接入匝数,即为动作安匝。

5) 将测得安匝数与规定值比较,如果相差较大,可拨动执行元件的刻度盘把手或改变变流器铁心硅钢片的叠放形式来调整。

(6) 差动继电器的整体试验

1) 在差动线圈输入端通入电流,使继电器动作。

2) 动作电流和匝数的乘积应符合规定。

3) 做返回电流试验,其返回系数应为 $0.75 \sim 0.85$ 。

4. 注意事项

1) 如作为电动机的差动保护,平衡线圈与差动线圈串联使用时,整体试验应增加所测点数。

2) 校验各线圈的极性和匝数时,各抽头下的动作安匝值应基本相同,其离散值一般不超过 5% 。

复习思考题

1. 简述电气试验的目的。
2. 电力变压器试验项目主要有哪些?
3. 常用的继电器有哪些?在对这些继电器试验时有哪些具体要求?
4. 简述变配电所计算机监控系统各组成部分的作用。
5. 简述计算机监控系统的调试要点。
6. 电缆常见故障有哪些?试分析电缆故障产生的原因。
7. 针对不同的故障性质,怎样选择合适的电缆故障寻测方法?

第四章

电动机运行与维护



培训学习目标 掌握电动机常见故障判断与排除方法，了解三相异步电动机维护的维护要求和高压电动机的巡视要求；能排除运行中电动机温升过高的故障；能排除电动机合闸后出现嗡嗡声而不转动的故障。

第一节 电动机运行与维护所需专业知识

一、电动机常见故障判断与排除方法

电动机在额定条件下运行，其安全性、可靠性、经济性等指标一般能满足拖动机械和工作条件的要求。但在实际使用过程中，若出现电源电压过高或过低、电源断相、电源电压严重不平衡、电动机功率选择不当而长期过载、工作环境恶劣、安装或装配不规范、不能正常维护等情况，则容易使电动机发生故障甚至烧毁。

1. 电动机故障分析的一般程序

(1) 了解情况 向用户或操作人员了解电动机发生故障前的运行情况，故障发生时的异常现象，并通过电动机的铭牌或相关的技术资料了解该电动机的型号、技术数据和设备运行特点等。

(2) 外观检查 电动机断电后的外观检查工作可分为两步进行：

第一步，仔细检查供电线路上的电源电压、频率等是否符合电动机的规定，电源开关各接线端口是否锈蚀氧化或松动，各相熔断器是否有熔断或松脱现象，熔体规格是否满足电动机起动及运行电流的要求，电动机电源引线选择是否合理，电动机接线柱连接是否可靠，三相笼型异步电动机首尾端连接方式是否符合电动机铭牌的规定等。

第二步，查看电动机外观有无明显的机械损伤；现场有无焦臭味；电动机冷却后用手转动传动部件，看电动机转子是否卡死，或有无其他异常声响。



(3) 绝缘检查 用 500V 以上绝缘电阻表检查电动机绕组是否对机壳短路或相间短路。

(4) 试车分析 若经过以上初步检查未发现故障原因,可试通电观察。注意,发现异常时应立刻断电,防止故障扩大。一般情况下,电动机断电后若故障立刻消失,则故障原因在电磁方面;若断电后故障依然存在,则故障原因在机械方面。

2. 故障表现和判断方法

电动机的故障主要表现为机械故障和电磁故障两大类。

(1) 机械故障 常见的有转子卡死、转子扫膛和电动机振动等故障。转子卡死故障多由电动机轴承锈蚀、轴承内部滚珠破裂、轴承安装不正或电动机与负载的机械传动部件不同心等所致。转子扫膛故障多由轴承损坏、端盖和机座安装不同心、定子磁路不对称等所致。电动机振动故障多由电动机的基础不牢固、电动机的转轴弯曲、转子动平衡不良、绕组局部短路等所致。这些故障一般比较容易发现,并可通过调整和校正电动机的安装位置、重新调校电动机的轴心线、对轴承进行保养或更换等方法加以解决。

(2) 电磁故障 主要指电动机的铁心故障和绕组故障。铁心故障主要是由制造缺陷或不规范检修造成的。绕组故障包括转子笼条断裂故障和定子绕组故障。笼条断裂故障主要是由笼型电动机的转子制造工艺不良、材料质量不稳定、起动过于频繁和强烈冲击等所致。笼条断裂后,电动机会产生强烈的电磁噪声和振动,并使电动机的输出转矩降低,转速下降,严重时甚至停止转动。笼条断裂的检查方法有短路探测器检查法、铁粉检查法和转子笼条专用质量仪检查法。检查的原理和方法读者可查阅电动机修理相关的技术资料或工程手册。

定子绕组故障典型表现为绕组断路、绕组接地、绕组短路和首尾端接错四个方面。下面就这四种典型故障现象的判断方法分别加以介绍。

1) 绕组断路:由于焊接接头氧化松脱或机械碰擦易导致绕组断路,短路故障也可将绕组烧断从而导致绕组断路。

电动机绕组断路的常用判断方法是电阻法。检查时可用万用表的电阻挡或绝缘电阻表寻测三相绕组的三对线头,是否两两相通。若查到某同一相的首尾端之间的直流电阻很大或无穷大,则该相绕组断路。

2) 绕组接地:电动机绕组的绝缘被破坏使外壳带电的现象称为绕组接地,造成电动机绕组接地的原因很多,如电动机受潮、过热、扫膛、绝缘老化等。

绕组接地常用绝缘电阻表检查,测量时,先对绝缘电阻表进行短接和开路检查,确认其正常后将绝缘电阻表的“L”端子接绕组的接线柱,“E”端子接电动机的金属外壳,以 120r/min 匀速摇动绝缘电阻表,若指针迅速



偏向零位,表明绕组接地,若绝缘电阻小于 $0.5\text{M}\Omega$,则需对电动机进行绝缘恢复或干燥处理。

3) 绕组短路:绕组断相运行、过电压、过热或机械擦伤、制造工艺不良等是导致绕组短路的主要原因。

判断绕组的短路故障时可用万用表(适于小功率电动机的测量)或电桥(适于较大功率电动机的测量)测量各相绕组直流电阻的方法来进行,然后比较三相绕组的直流电阻大小,若某相的直流电阻明显小于其他两相,则该相绕组有短路故障存在。

条件允许时还可以用电流表、电压表法进行测量,具体做法是:

第一步,先用钳形电流表测出各相电流,然后对调电流最大和最小的两相电源,再次测量,若电流不随电源的调换而改变,则较大电流的一相为短路相。

第二步,剥开短路相的各极相组的连接点处的绝缘(注意不要碰壳),接着从短路相的首尾端通入 36V 的低压交流电,最后用万用表的电压挡依次测出各极相组的电压,若某极相组的电压值与其他各极相组电压数值相差甚大,则该极相组存在短路现象。检查方法如图 4-1 所示。

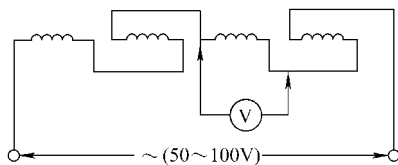


图 4-1 用电流表、电压表法寻找绕组的短路极相组

4) 首尾端接错:电动机的接线盒内一般都会引出六根出线,以方便用户根据电源和拖动机械的要求合理选择正确的连接方式,若接线有误或三相绕组的首尾端判断错误,必将会给通电后的电动机造成严重后果。

3. 电动机常见故障判断与排除

电动机常见故障现象、故障判断及排除方法见表 4-1。

表 4-1 电动机常见故障现象、故障判断及排除方法

故障现象	故障判断	排除方法
合闸后,电动机不能正常起动,且无任何声响	1) 电源没有接通 2) 电动机有两相绕组不通	1) 检查熔断器熔体是否熔断 2) 检查电源开关及其出线端有无电压输出 3) 检查电动机各相绕组是否断路
合闸后熔体立刻熔断	1) 熔体过小 2) 定子绕组接线错误 3) 定子绕组有短路或接地故障	1) 检查熔体是否太小并更换 2) 检查是否有一相定子绕组接反,是否将电动机的星形联结接成三角形联结 3) 排除定子绕组短路或接地故障



(续)

故障现象	故障判断	排除方法
合闸后熔体立刻熔断	4) 机械故障	4) 检查电动机转子、传动装置、负载等有无卡死现象
合闸后电动机有嗡嗡声而不转动	(详见本章第二节技能训练)	
电动机起动缓慢且转速偏低	1) 电源电压较低 2) 电动机接线错误 3) 电动机负载太重 4) 笼型电动机的笼条断裂	1) 测量电源电压 2) 检查是否将电动机的三角形联结接成星形联结,并按正确接法改正 3) 减轻负载 4) 用相关仪器探测是否有笼条断裂的现象,查出并更换为新转子
运行中的电动机温升过高	(详见本章第二节技能训练)	
运行中的电动机有异常振动	1) 电动机基础不稳固或校正不好 2) 机械传动装置连接不良或校正不好 3) 电动机装配不良或零部件松动 4) 电动机扫膛或擦心、轴承破裂等 5) 电气故障	首先判断是机械故障还是电气故障 (1) 机械故障 1) 检查基础及电动机的安装情况,并加以调整 2) 检查传动装置的连接并按规定调整、紧固 3) 根据异常声响的来源重新装配电动机的零部件或紧固 4) 找出电动机扫膛或擦心的原因,并修复排除 (2) 电气故障 1) 绕组局部短路,查出并修复 2) 并联支路有断路情况,查出并连接好,恢复其绝缘 3) 笼型电动机的笼条有断裂的可能,查出并换新

二、三相异步电动机的维护要求

为确保电动机有一个良好的运行环境和运行条件,必须对电动机的绝缘绕组、机械装置等做好防尘、防潮、散热和清洁等项目的维护和保养工作。具体的维护项目、维护要求和具体措施见表 4-2。



表 4-2 三相异步电动机的维护要求

维护对象	维护项目	维护要求	具体措施
绝缘绕组	1) 防潮 2) 清洁、防尘 3) 防热	1) 吸收比 $R_{60}/R_{15} \geq 1.3$, 绝缘电阻不小于 $1M\Omega$, 并在同一温度下稳定不变 2) 电动机内部无积尘、杂屑; 集电环、电刷和短接件洁净无污; 绕组干燥、无油污 3) 运行中的电动机不超过铭牌标注的允许温升	1) 用绝缘电阻表测量绝缘电阻应符合要求, 否则烘干处理, 烘干的最高温度不应超过 85°C 2) 用吹风机清除机内积尘, 绕组可用白布蘸四氯化碳擦洗, 清洁干燥后应注意恢复其绝缘 3) 将酒精温度计插入电动机的吊环螺孔内, 温度计的读数加 15°C 即为绕组表面温度, 若温升偏高, 应加强通风, 并注意改善电动机的运行条件和运行环境
机械保养	1) 滚动轴承保养 2) 滑动轴承保养 3) 电动机振动处理	1) 应注意定期检查滚动轴承, 并更换润滑脂 2) 滑动轴承应保持清洁, 不漏油; 保持油室的油量在 $2/3$ 为宜; 应注意油温不超过 60°C ; 注意轴承衬磨损 3) 电动机振动不超过允许值	1) 滚动轴承的润滑脂每 $6 \sim 12$ 个月更换一次, 常用润滑脂的牌号为 SYB1401—62 2) 应经常检查滑动轴承的油位高度; 更换润滑油时, 可选用 30 号、40 号全损耗系统用油或专门的电机用油 3) 若发现电动机的振动超过允许值, 应立即停机检查, 按表 4-1 中所示故障现象进行分析排除

三、高压电动机的巡视要求

由于高压电动机(6 ~ 10kV)的控制是由值班人员通过控制开关和断路器在控制盘上集中进行的, 对功率在 2000kW 以下的电动机, 常采用电流速断保护作为电动机的相间短路保护; 对功率在 2000kW 及以上的高压电动机, 在电流速断保护不能满足灵敏度要求时, 需要装设纵联差动保护。因此, 在对高压电动机进行巡视检查时, 不仅包括普通电动机常规项目的检查, 还应包括高压电动机的相关控制、保护装置的检查。具体如下:

- 1) 检查高压电动机各部分的温度是否超过允许温升, 若发现问题, 应按电动机温升过高故障停机排查。
- 2) 听取运行中的电动机是否有异常声响或刺鼻异味。
- 3) 注意检查电动机的运行电流是否在额定值范围内。
- 4) 注意电动机及联动装置工作时的振动情况。
- 5) 检查断路器的工作情况, 检查触头的工作面及使用情况, 检查油断路器是否有渗油现象, 必要时应按规定对断路器做三相同期接触试验。
- 6) 检查操作机构是否会误动作, 按规定定期做停动试验。



- 7) 检查保护装置动作是否准确,按规定定期对保护装置进行校验。
- 8) 检查合闸电源是否可靠。

第二节 电动机运行与维护技能训练实例

● 训练1 笼型异步电动机温升过高故障的排除

1. 训练目的

进一步熟悉笼型异步电动机的结构,熟练掌握其正确的拆装步骤和技术要求,会分析笼型异步电动机温升过高的故障原因,并能选用合适的电工仪器仪表,检测故障部位,顺利排除故障。

2. 训练准备

- 1) 了解故障电动机的使用情况,做好记录;准备故障电动机相关的技术资料。
- 2) 准备一台 7.5kW 三相笼型异步电动机
- 3) 准备工具、仪表及材料:工具有木槌、铜棒、三爪拉具、扁铲、扳手及电工常用工具一套;仪表有万用表、钳形电流表、绝缘电阻表;材料有汽油、润滑脂、毛刷、棉纱、垫木及油盘等。

3. 训练要领

- 1) 用钳形电流表测量运行中的电动机的各相电流,并做好记录。
- 2) 根据实测各相电流,初步判断故障性质和范围,拟定检修方案或检测对象和处理方法。分析过程可参考图 4-2 所示流程进行。

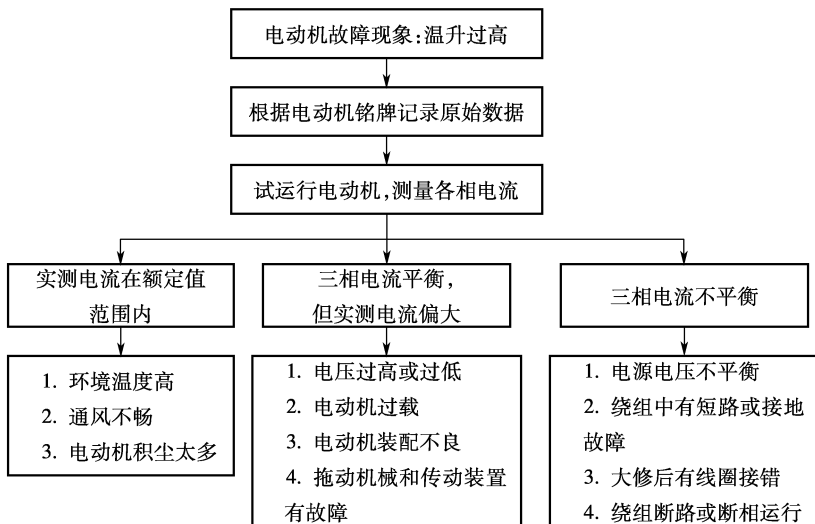


图 4-2 电动机温升过高检修流程



3) 根据图 4-2 中故障现象的分析, 确定故障电动机的具体检查部位, 采取相应的措施加以解决。

4) 电动机的拆装工艺要求如下:

① 拆卸带轮: 松开带轮或联轴器上的固定螺栓或销钉, 用拉具将带轮从电动机轴上拉出。

② 拆卸风扇罩: 松开四周的固定螺钉, 拆下风扇罩和风扇。

③ 拆除一端的轴承盖和端盖: 先在端盖和电动机机座接缝处做好标记, 以便装配时还原; 松下轴承盖螺栓, 取下轴承盖; 拆除端盖的紧固螺栓, 用木槌沿轴向敲松端盖, 使其与机座分离后取下。

④ 拆另一端盖和电动机转子: 在另一端盖作好标记, 松开固定螺栓, 敲打端盖使之与机座分离, 用手将端盖连同转子沿定子轴向一起抽出。

⑤ 松开轴承盖紧固螺栓, 逐个拆下轴承盖和端盖。

⑥ 按规定对电动机进行常规维护和绝缘检查。

⑦ 装配步骤与上述拆卸过程大体相反。

5) 空载试车: 根据电动机铭牌所提供的技术参数和额定运行要求, 合理选择控制开关或继电保护装置、电动机主电路导线; 调整好热继电器的整定值; 连接线路并检查无误后按操作规程通电试车。用钳形电流表依次测量三相空载电流值, 比较三相电流是否平衡, 以及空载电流与额定电流的百分比是否在规定的范围内。一般而言, 三相空载电流相差不应超过 10%, 对 10kW 以下的四极电动机, 其空载电流与额定电流的百分比在 35%~55% 为宜。

4. 注意事项

1) 装配时应注意, 抽出、装入电动机转子时为防止擦伤定子绕组, 可先在定、转子之间塞入绝缘纸, 转子到位后再抽去; 装端盖时必须按标记就位; 如发现绕组引出线已经老化、干裂应及时更换, 更换引出线时各相绕组的首尾端需接到规定的接线柱上, 不可接错; 电动机装配完毕应保证转子转动灵活, 否则需松开端盖紧固螺栓, 用木槌敲打对位, 然后对角依次紧固所有端盖螺栓。

2) 常规维护时, 应注意定、转子的清扫、检查必须按规定进行; 轴承更换润滑脂时, 需用汽油将原先残留的润滑脂彻底清除。

3) 使用钳形电流表测量电流时, 应将三根相线分开测量, 测量时要先选择好量程, 然后将被测电源线放入钳口中间, 钳口朝上, 水平测量。

● 训练 2 合闸后电动机有嗡嗡声而不转动

1. 训练目的

熟悉“合闸后电动机有嗡嗡声而不转动”这一常见故障的分析思路, 并能熟练查找故障部位, 排除故障。



2. 训练准备

同训练1要求。

3. 训练要领

(1) 分析故障原因

- 1) 熔断器有一相熔体熔断或熔体紧固螺钉氧化、松脱。
- 2) 电源开关或起动设备有一相断线,进出线接头松动。
- 3) 星形联结电动机绕组有某一相断路,三角形联结电动机有一二相断路。
- 4) 电源电压太低。

(2) 检查并排除故障

1) 检查熔体是否熔断,若已经熔断,应根据电动机额定功率选择合适熔体,切不可用铜线代替熔体。

2) 检查电源开关或起动设备各触头的接触是否良好,若出现氧化、松动现象,应及时修复或换新,氧化的触头部位不可用砂纸打磨。

3) 用万用表或绝缘电阻表测量电动机的定子绕组是否有断路现象。

4) 若测量到电源电压远低于额定值,应找出电源电压太低的原因,调整或恢复电压后再工作。

复习思考题

1. 简述电动机故障分析的一般程序。
2. 如何用电流表、电压表法寻测绕组的短路极相组?
3. 如何处理笼型异步电动机运行中温升过高的故障?
4. 怎样排除笼型异步电动机合闸后出现嗡嗡声而不转动的故障?
5. 简述三相异步电动机的维护要求。
6. 巡视高压电动机有哪些具体要求?

第五章

电梯性能调试



培训学习目标 掌握电梯试验的基本方法；熟悉声级计的结构和使用方法；能够完成电梯平衡系数的测定、限速器和安全钳动作可靠性的检验、缓冲器的检查与试验、电梯运行和超载试验、电梯平层准确度的检验、报警装置及电源中断应急装置的检验和电梯振动与噪声故障的排除等。

第一节 电梯性能调试所需专业知识

一、电梯试验方法

下面介绍的电梯试验内容和方法以 GB/T 10059—1997《电梯试验方法》为参考依据。

1. 电梯平衡系数的测定

(1) 电梯平衡系数 准确、合理地计算对重装置的重量可以起到平衡轿厢的作用，使曳引力矩最小。平衡系数与对重装置的总重量、轿厢净重和电梯额定载重量之间的关系为

$$P = G + KQ \quad (5-1)$$

式中 P ——对重装置的总重(kg)；

G ——轿厢净重(kg)；

K ——平衡系数；

Q ——电梯额定载重(kg)。

(2) 平衡系数测定方法 通常使电梯轿厢以空载和额定载重量的 25%、40%、50%、75%、100%、110% 作上、下运行，当轿厢与对重运行到同一水平位置时，记录电流、电压及转速的数值；然后绘制电流—负荷曲线，以向上、向下运行曲线的交点来确定平衡系数。平衡系数的合格标准为 40%~50%。

值得注意的是：仅测量电流时，用于交流电动机；当同时测量电流和电压



时,则用于直流电动机;平衡系数允许用功率法测试。

2. 限速器和安全钳动作可靠性的检验

(1) 安全钳的结构与动作原理 安全钳安装在轿厢两侧的立柱上,主要由拉杆、楔块、安全钳座等部件构成,如图 5-1 所示。

当限速器动作后,钳块将测速钢丝绳夹紧;轿厢继续下行会拉起垂直拉杆使安全楔块与导轨接触,使得轿厢牢牢地被夹持在导轨上,防止轿厢继续快速下行,引发事故。

安全钳的种类主要有瞬时式安全钳、渐近式安全钳两种。选择安全钳时应注意以下几点:

- 1) 电梯额定速度大于 0.63m/s 的轿厢,应采用渐进式安全钳。
- 2) 额定速度超过 1m/s 需装置安全钳的对重,也应采用渐进式安全钳。
- 3) 额定速度小于等于 0.63m/s 和只装设一套安全钳时,可采用瞬时式安全钳。

(2) 安全钳可靠性的检验方法 对于瞬时式安全钳装置,轿厢应载有均匀分布的额定载重量,以检修速度向下运行,进行试验。对于渐进式安全钳,轿厢应载有均匀分布的 125% 额定载重量,安全钳装置的动作应在平层速度或检修速度时进行。

(3) 限速器的结构与动作原理 限速器是当轿厢超速运行时,迫使曳引机停转并操作安全钳将轿厢或对重制停于导轨上的安全装置。电梯常用的限速器有抛球式、抛块式和凸轮式三种。由于抛球式限速器反应灵敏、可靠性高,故被广泛应用于快速和高速电梯中。这里仅以抛球式限速器为例介绍其基本结构和动作原理。抛球式限速器主要由锥齿轮、转轴、抛球、杠杆、钳块等部件组成,其结构如图 5-2 所示。

限速器的动作过程是:快速转动的绳轮带动转轴转动,抛球随转轴的转动在离心力的作用下,克服重力往上抛,拉动杠杆上移,从而驱动钳块夹紧钢绳。迫使安全钳动作,将电梯强制停在导轨上。

(4) 限速器可靠性的检验方法 在机房,人为动作限速器,使限速器的电气开关动作,此时电动机停转;短路限速器的电气开关,人为动作限速器,使限速器的钢丝绳制动并拉动安全钳装置,此时安全钳装置的电气开关应动作,使电动机停转;然后再将安全钳装置的电气开关短路,人为动作限速器,安全钳装置应可靠动作,夹紧导轨,使轿厢制停。

3. 缓冲器的检验

(1) 缓冲器的结构和动作原理 缓冲器是电梯的最后一道安全保护机械装置。它设在井道底坑轿厢和对重行程底部的极限位置,当轿厢失控坐底或冲顶时,减缓冲击,达到保护乘客和货物的作用。缓冲器可分为弹簧式和油压式两

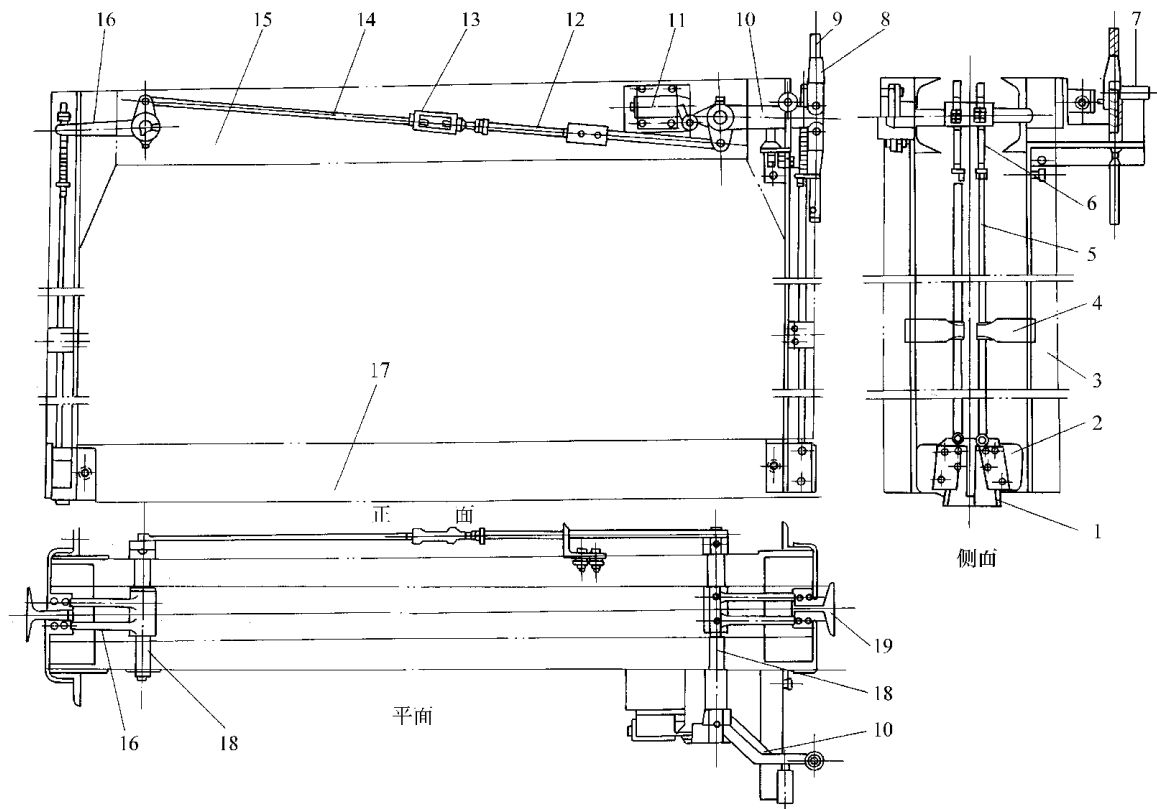


图 5-1 安全钳的结构

- 1—安全钳楔块 2—安全钳座 3—轿厢架 4—防晃架 5—垂直拉杆 6、12—压簧
 7—防跳器 8—绳头 9—限速器 10—主动杆 11—安全钳急停开关 13—正反扣
 螺母 14—横拉杆 15—上梁 16—从动杠杆 17—下梁 18—转轴 19—导轨



种, 弹簧式缓冲器多用在电梯运行速度小于或等于 1.0m/s 的电梯上, 油压式缓冲器一般用于电梯运行速度大于 1.0m/s 的电梯上。

弹簧式缓冲器的结构如图 5-3 所示。它利用弹簧自身的变形将电梯的冲击动能转换成弹簧的弹性势能, 起到缓冲作用, 故弹簧式缓冲器又称为蓄能型缓冲器。

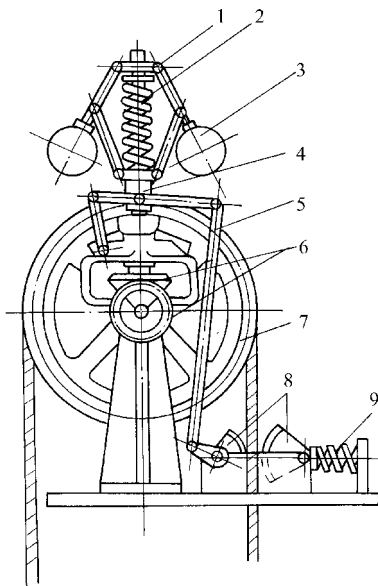


图 5-2 抛球式限速器的结构

- 1—转轴 2—转轴弹簧 3—抛球 4—活
动套 5—杠杆 6—锥齿轮 7—绳轮
8—钳块 9—钳块弹簧

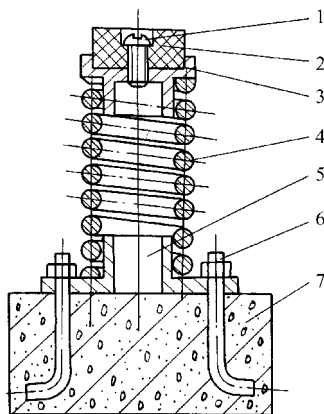


图 5-3 弹簧式缓冲器的结构

- 1—螺钉 2—缓冲橡胶垫 3—上盖
4—弹簧 5—底座 6—地脚螺钉
7—基础

油压式缓冲器的结构如图 5-4 所示。它以机械油为介质吸收来自轿厢或对重装置的动能。当柱塞受压时, 缸内的油压增高, 使油经油孔和油嘴向柱塞喷流, 以缓冲柱塞压力。故油压式缓冲器又称为耗能型缓冲器。

(2) 缓冲器的检验方法

1) 弹簧式缓冲器的检验方法: 轿厢以额定的载重量, 对轿厢缓冲器进行静压 5min , 然后使轿厢脱离缓冲器, 缓冲器应能回复正常位置。轿厢空载, 对重装置对缓冲器进行静压 5min , 然后使对重脱离缓冲器, 缓冲器应能回复正常位置。

2) 油压式缓冲器的检验方法: 轿厢和对重装置分别以检修速度下降, 将缓冲器全部压缩, 从轿厢开始离开缓冲器起, 缓冲器柱塞的复位时间应不大于 120s 。检查缓冲器开关, 应是非自动复位的安全触头开关。电气开关动作时, 电



梯不能运行。

4. 电梯运行和超载试验

(1) 电梯运行试验前的准备工作 电梯运行试验是检验曳引机、减速箱、制动器和电气装置等产品性能和安装质量的有效方法。电梯在进行这项试验前,必须仔细检查每道工序的检查记录并确认下列内容符合电梯试运行的基本条件。

1) 灌浆的混凝土强度应达到规定标号75%以上。

2) 工作现场经过清理,机房和井道地坑中无垃圾、积水和杂物;机房楼板的孔洞已有防护措施;电梯随行电缆周围,不存在与支架或电梯其他部件相碰的物件。

3) 机械传动部件及导轨润滑系统已按要求清洗并注入符合规定的润滑油。

4) 控制屏、轿厢及井道的相关电气线路敷设固定牢靠,接线无遗漏松脱,端子编号清楚规范。

5) 控制程序已经写入并初步调试合格。

为了保证试运行过程中设备和人身安全,对电梯的安全装置和保护措施必须逐项检查并得到确认。如:

1) 电梯抱闸的弹簧力和抱闸行程经过预调整,保证电梯不会溜车。

2) 限速器经过标定(封印完好),铭牌参数与电梯额定速度匹配,转动灵活,钳块完好。

3) 安全钳拉杆动作灵活并与限速器钢丝绳连接可靠,钳块与导轨顶面间隙经过调整,符合规范要求。

4) 缓冲器安装正确,油量合适,无锈蚀或卡阻现象。

5) 所有安全开关、闭锁开关均已接入,无拆线或短接现象。

6) 机房门窗完好,防盗防漏措施完善。

(2) 电梯运行试验

1) 电梯试运行应分别在空载、平衡载荷和满载三种状态下,以通电持续率为40%的运行条件,往复升降,各自运行历时1.5h。

2) 电梯运行试验过程中应同时对轿厢的振动和加减速度进行检测,对制动器工作状态进行检查,对曳引机及减速箱进行检查,对曳引电动机的电流进行

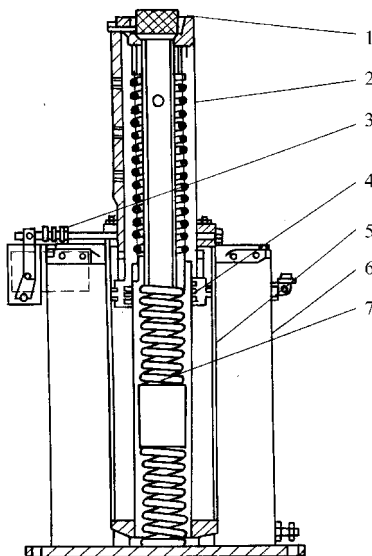


图 5-4 油压式缓冲器的结构

- 1—橡胶垫 2—活塞 3—限位开关
4—环圈 5—筒体 6—油箱
7—弹簧



测定及对曳引速度进行测量。

3) 电梯在运行试验正常后,对其超载能力应作进一步检验,电梯超载包括静载试验和超载运行试验。

5. 电梯平层准确度试验

在空载工况和额定载重工况下进行电梯轿厢的平层准确度试验。试验方法如下:

1) 当电梯的额定速度小于或等于 1m/s 时,轿厢自底层端站向上逐层运行和自顶端站向下逐层运行测量。

2) 当速度大于 1m/s 时,以达到额定速度的最小间隔层站为间距向上、向下运行,测量全部层站。

3) 轿厢在两个端站之间直驶。

注意:测量取值应是电梯停靠层站后,轿厢地坎上平面对层门地坎上平面在开门宽度 $1/2$ 处上下垂直方向的差值。

6. 噪声测定

电梯噪声测定主要包括运行中轿厢内的噪声测试、开关门过程中的噪声测试和机房噪声测试三项。

1) 在对运行中轿厢内的噪声进行测试时,声级计置于轿厢内中央距轿厢地面高 1.5m 处。

2) 在对开关门过程中的噪声进行测试时,声级计分别置于层门和轿厢门宽度的中央,距门 0.24m ,距地面 1.5m 。

3) 当对机房的噪声进行测试时,电梯处于正常的速度,声级计距地面高 1.5m ,距声源 1m 处进行测试,测点不少于三点。

7. 报警装置及电源中断应急装置检验

接通和断开供电电源,分别试验紧急报警装置、照明装置和对讲系统,功能应正常。电源中断应急报警装置与电梯整体联动应正常。

二、声级计的使用

1. 声级计概述

声级计又叫做噪声计,是一种按照一定的频率计权和时间计权测量声音的声压级或声级的仪器,是声学测量中最基本而又最常用的仪器。声级计可以用于环境噪声、机器噪声、车辆噪声以及其他各种噪声的测量,也可以用于电声学、建筑声学等的测量。

为了使世界各国生产的声级计的测量结果互相可以比较,国际电工委员会(IEC)1979年5月在斯德哥尔摩通过了 IEC651《声级计》标准,制定了声级计的有关标准,并推荐各国采用,我国有关声级计的国家标准是《声级计的电、声性



能及测试方法》(GB 3785—83)。2002 年国际电工委员会发布了 IEC 61672—2002《声级计》标准,我国根据该标准制定了《声级计检定规程》(JJG 188—2002)。该标准将声级计按用途可分为通用声级计、积分声级计、频谱声级计等;按精度可分为 1 级和 2 级,两种级别声级计的各种性能指标具有同样的中心值,仅仅是容许误差不同;按体积可分为台式、便携式和袖珍式声级计;按其指示方式还可分为模拟指示和数字指示声级计。

2. 声级计的原理

声级计主要由传声器单元、放大分析单元、显示仪表单元三部分组成。

(1) 传声器单元 它由传声器和前置放大器两级组成。传声器是将声信号转换成电信号的换能器;其要求频率范围宽、频率响应平直、失真小、动态范围大,尤其是稳定性要好。前置放大器起阻抗变换作用,要求输入阻抗高,输出阻抗低,以便与长延伸电缆连接。

(2) 放大分析单元 它应具有放大器和频率计权网络等。放大器将来自传声器单元的微弱信号进行放大以达到一定幅度,要求有一定的放大量、一定的动态范围及频率范围等,并确保放大器在整个测量范围内均不失真地反映输入信号的大小变化,以保证测量的准确性和可靠性。频率计权网络是用有电网络模拟人耳的响度感觉特性。国家规定了三条曲线对应不同的响度级,其中 A 计权是模拟人耳对 40 方纯音的响应;B 计权模拟人耳对 70 方纯音的响应;C 计权是模拟人耳对 100 方纯音的响应。由于 A 计权网络测量的噪声声级值较为接近人耳对噪声的感觉,因此在噪声测量中往往用 A 声级来表示噪声级的大小。电梯的噪声试验用声级计也采用 A 计权。

(3) 显示仪表单元 它包括检波电路、指示器电路等。检波电路是将来自交流放大器的信号进行检波,使直流放大器输出对应于被测声级的线性变化的直流电压。检波电路有峰值、平均值和有效值检波电路,声级测量中,用的是有效值检波电路。声级计测量的结果都可以在指示器上指示出来。指示器有模拟指示器和数字指示器两种。指示电路还应具有“快”和“慢”时间计权特性。

3. 典型的数字式声级计

早期的声级计是用电表指示测量结果的,发展至今,大多都是数字式的声级计。数字声级计是一种用数字显示测量结果的声级计,它不仅具有读数直观、准确等优点,同时通过 BCD 码输出可以配合其他分析处理仪器和计算机进行处理。现介绍一款 HS6288E 型多功能数字式声级计。

HS6288E 型多功能噪声分析仪是一种袖珍式智能化的噪声测量仪器,它集积分、噪声统计、噪声采集等几种功能于一体,在设计和功能上都有许多创新,能满足多种测量要求,主要性能指标符合《声级计检定规程》要求。该仪器具有



大屏幕液晶显示。测量结果可长期保存在仪器内,最多可以存储 500 组单组数据和 4 组整时数据,通过内置串行接口在现场或事后用打印机打印出来或传送至计算机。

(1) 主要技术性能 传声器 $\phi 12.7\text{mm}$ (1/2in) 驻极体测试电容传声器。频率计权: A、C 计权;测量范围: 35 ~ 130dB(A)、40 ~ 130dB(C);频率范围: 20 ~ 10000Hz;时间计权: 快(F)、慢(S);声级量程分高、中、低三挡: 低挡(35 ~ 90dB)、中挡(50 ~ 110dB), 高挡(70 ~ 130dB);保持特性: 保持最大有效值;测量时间设定: 10s、1min、5min、10min、15min、20min、1h、8h、24h、Man(人工);时钟: 年、月、日、时、分、秒自动运行;自动测量功能: 瞬时声级 L_p 、等效连续声级 L_{eq} 、声暴露级 L_{ae} 、统计声级 L_s (L_5 、 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 、 L_{95})、标准偏差 SD 、最大声级 L_{max} 、最小声级 L_{min} 等;显示器: 大屏幕液晶显示具有模拟表针、背光源显示等功能;输出接口: 交流输出、直流输出、RS-232C 串行接口;电源: 5 节 LR6(5 号)高能碱性电池,无外接电源插入插孔;质量: 480kg。

(2) 结构特征 仪器采用塑压成形的上下机壳,内侧喷涂导电漆形成屏蔽层,具有良好的抗电磁干扰性。外形为尖头,可减少声反射。主机重量轻、体积小,可手持操作。打开背面电池盖,能方便装取电池。

4. 声级计的正确使用

(1) 使用时的注意事项

- 1) 使用前应先阅读说明书,了解仪器的使用方法与注意事项。
- 2) 安装电池或外接电源注意极性,切勿接反。长期不用应取下电池,以免漏液损坏仪器。
- 3) 传声器切勿拆卸,防止掷摔,不用时放置妥当。
- 4) 仪器应避免放置于高温、潮湿、有污水、灰尘、含盐酸及碱成分高的空气或化学气体的地方。

5) 勿擅自拆卸仪器。如仪器不正常,可送修理单位或厂方检修。

(2) 灵敏度的校准 为保证测量的准确性,使用前及使用后要进行校准。将声级校准器配合在传声器上,开启校准电源,读取数值,调节声级计灵敏度电位器,完成校准。

(3) 测量方法 测量时,仪器应根据情况选择好正确挡位,两手平握声级计两侧,传声器指向被测声源,也可使用延伸电缆和延伸杆,减少声级计外型及人体对测量的影响。传声器的位置应根据有关规定确定。实际测量过程,若背景噪声与被测对象噪声之差小于 10dB(A),则应考虑对表计噪声值按表 5-1 进行修正。注意,这里的背景噪声是指被测声源不存在时,周围环境的噪声,此时,记录测试噪声值应该用表测噪声值减去修正量。



表 5-1 噪声修正值 (单位: dB(A))

表测噪声值与背景噪声之差	应减修正量	表测噪声值与背景噪声之差	应减修正量
3	3.0	9 ~ 10	0.5
4 ~ 5	2.0	> 10	0
6 ~ 8	1.0		

三、电梯各项功能的确认

电梯的功能通常分为标准功能和特殊功能两大类。标准功能是制造厂为同时满足用户的一般需要和国家标准而配置的功能；特殊功能是制造厂在兼顾国家电梯制造标准的同时根据用户的实际需要而特别配置的功能。表 5-2 介绍了电梯标准功能及要求。电梯各项功能的确认，应以具体要求为依据，分别进行试验。

表 5-2 电梯标准功能及具体要求

序 号	功 能	具体要求
1	召唤	电梯在执行完同一方向的召唤登记后才能应答相反方向的召唤
2	楼层指示	电梯轿厢内和所有楼层厅外均应装设楼层指示灯和运行方向灯
3	操作箱开、关门	主要是为轿厢内的电梯操作工设置
4	警铃、轿厢内电话	以便乘客在需要时向外求援
5	返基站	电梯超过设定停站时间仍未接到新的召唤指令时应自动关门，空载返回基站
6	轿厢门受阻反转	电梯在开、关门过程中，轿门受到过大阻力作用时立即转为反向动作，以保护门电动机
7	报站	当电梯上行或下行至相应层站时，通过声音报站装置提示乘客
8	轿厢照明、风扇自动熄灭	电梯收到召唤信号自动开启轿厢照明和风扇；停梯超过设定时间自动关闭轿厢照明和风扇
9	微平层	电梯在开门后应能自动判断平层偏差方向，然后缓慢将轿厢移至准确的平层位置
10	超载保护	电梯超载时，不许关门启动，同时蜂鸣器告警
11	满载直驶	电梯满载时，中间站不停，直驶轿厢内指定楼层，但保留厅外召唤信号，卸载后执行
12	自救运行	电梯运行中发生意外时能自动将轿厢运行至最近楼层，停车，开门，放人
13	错、断相保护	当电梯发生错、断相时，不能启动运行



(续)

序 号	功 能	具体要求
14	消防员专用	电梯轿厢内消防开关接通后,轿厢立即返回基站,疏散乘客,方便消防员实施救援工作
15	停电照明	正常供电一旦中断,轿厢内应急照明灯自动点亮
16	电梯泊停	基站泊停开关接通,电梯返回基站停车,不再接受厅外召唤
17	防止端站不减速	当电梯由于某种原因没有减速而超越端站时,轿厢强迫减速开关动作

四、电梯试验常用检测工具及仪表

电梯试验常用工具及仪表见表 5-3。

表 5-3 电梯试验常用工具及仪表

序号	名 称	规 格	序号	名 称	规 格
1	金属直尺	150mm	11	电工常用工具	一套
2	金属直尺	500 ~ 1000mm	12	砝码	25kg
3	钢卷尺	5m	13	对讲机	2km
4	外径千分尺	0 ~ 25	14	验电器	100 ~ 500V
5	塞尺	100、150	15	万用表	DT930F
6	游标塞尺	1 ~ 15mm	16	绝缘电阻表	ZC25—B—3
7	水平尺	2mm/m(150)	17	钳形电流表	0 ~ 500A
8	导轨准直仪	JZS—C	18	转速表	DM62346
9	磁性线锤	0.5kg	19	温度计	MT4
10	直角尺	4in、12in	20	测距仪	BASIE

第二节 电梯性能调试技能训练实例

● 训练 1 电梯平衡系数的测定

1. 训练目的

正确掌握电梯平衡系数的测定方法,并能根据测定记录表中的数据,确定电梯的平衡系数是否合理。

2. 训练准备

- 1) 熟悉电梯平衡系数的测定方法及计算过程,准备记录表。
- 2) 准备仪器、仪表及试验用工机具,见表 5-3。



3. 训练要领

1) 协调试验人员的分工：安排专人负责测量曳引电动机定子电压、定子电流、电动机转速、加载卸载轿厢砝码(可用标准的对重代替)和操控电梯、协调指挥。

2) 空载运行电梯，当轿厢运行与对重到达同一水平位置时，分别在曳引轮上部和曳引绳的对应位置做好标记，以便加载试验时读取数据。

3) 将电梯运行至下端站。

4) 按额定载荷的 25% 给轿厢加载。

5) 操作电梯快速上行，当曳引轮上部和曳引绳标记重合时，指挥各试验人员读取此时的电压、电流和电动机转速，并填入表 5-4 中。记录完毕继续操作电梯快速上行直至上端站，随即操作电梯快速下行，当曳引轮上部和曳引绳标记再次重合时，指挥各试验人员读取此时的电压、电流和电动机转速，并填入表 5-4 中。记录完毕继续操作电梯下行至下端站停住。

表 5-4 电梯平衡系数测定试验记录表

额定 载荷百分数	25%		40%		50%		75%		100%		110%	
工况	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行
电压/V												
电流/A												
电动机转速/(r/min)												
轿厢运行速度/(m/s)												

6) 按额定载荷的 40%、50%、75%、100%、110% 给轿厢加载，重复上述操作。

7) 将电梯的转速按下面的公式换算成轿厢运行速度，填入表 5-4 中。

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{1000 \times 60 \times i \times f} \tag{5-2}$$

式中 v ——轿厢运行速度(m/s)；

D ——曳引轮直径(mm)；

n ——实测电动机转速(r/min)；

i ——曳引机减速比；

f ——曳引比，取决于钢绳绕法。

8) 分析测试结果：

① 根据表 5-4 分别绘制电压—负荷曲线、电流—负荷曲线和速度—负荷曲线。



② 根据上行曲线和下行曲线的交点,确定平衡系数。一般而言,直流电梯的平衡系数用电压—负荷曲线与电流—负荷曲线的交点来确定;交流电梯的平衡系数用电流—负荷曲线的交点来确定。如前所述,电梯的平衡系数规定控制在40%~50%。如果实测数据大于50%应减少对重块;如果实测数据小于40%应增加对重块。

4. 注意事项

- 1) 经调整后的对重块必须重新固定好,以防松动。
- 2) 计算加入轿内重量时应将轿厢内所有的附属装置及试验人员的重量一并算入。

● 训练2 限速器和安全钳动作可靠性的检验

1. 训练目的

掌握电梯限速器和安全钳外观检查的主要内容及其动作可靠性的检验方法。

2. 训练准备

- 1) 熟悉电梯试验相关的安全技术规范,做好试验前的技术准备。
- 2) 准备仪器、仪表及试验用工机具,见表5-3。

3. 训练要领

(1) 限速器检验

1) 外观检查:标牌应标明限速器及电气保护开关的工作速度、动作速度、制造厂家等内容;限速器选用应与电梯运行速度相匹配,符合《电梯制造与安装安全规范》(GB 7588—2003)的规定。调节部位的封记不应有移动痕迹。

2) 手动试验:手动托起限速器抛球,使钳块夹住限速钢丝绳,在轿厢继续下行时,必须可靠切断曳引电动机的电源和制动器的电源,迫使曳引机停转;同时限速钢丝绳提起安全钳拉杆,安全钳楔块将轿厢牢牢夹持在导轨上。

3) 动作值测定方法如下:

① 断开电梯主电源开关,将限速器绳拉起,使其脱离限速轮。用大力钳夹住限速器绳使其不能落下。

② 电梯测速表的一组检测线跨接到限速器联动开关的两端,另一组检测线跨接到一微动开关的两端,将微动开关放到限速器钳块的下方,使限速器动作,钳块动作时即可断开开关。

③ 用可调速的专用驱动装置逐渐将限速器加速,同时用测速表测量限速轮的线速度。此时测速表的测试头应放在限速轮上限速绳中心位置。

④ 当开关动作时自动记录限速器开关和钳块动作的速度值。

⑤ 试验重复五次,结果应大致相同。

⑥ 将试验结果填入表5-5中。



表 5-5 限速器试验记录表

限速器动作速度值/(m/s):
限速器绳的直径/mm:
使用本限速器的最大额定速度/(m/s): 最小额定速度/(m/s):
限速器动作时所产生的限速器绳的张紧力的预期值/N:

项 目	序号	限速器开关动作速度/(m/s)	钳块动作速度/(m/s)
实测动作速度	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
电气装置检查			

校对: 检验员:

(2) 安全钳检验

1) 外观检查: 将铭牌与速度参数对比, 检查其选型是否合适, 以及钳块与导轨顶面的间隙是否均匀。

2) 动作可靠性试验: 将轿厢停靠在底层, 一人在轿顶向上拉起与限速器连接的钢丝绳, 检查人员在轿底检查安全钳块的实际动作情况, 两边间隙应均匀, 并能同时接触导轨的顶面。

3) 当对重装设有安全钳时, 其检查和试验方法与轿厢安全钳的检查和试验方法相同。当对重单独装设限速器时, 对重限速器的动作速度应略高于轿厢限速器动作的速度, 但不超过 10%, 以确保对重安全钳略滞后轿厢安全钳动作。

4. 注意事项

1) 限速器动作后, 应确保其电气联锁不能自动复位。

2) 安全钳动作可靠性试验应在特定的运行工况下进行, 对瞬时式和渐进式安全钳, 其试验工况有所不同。

3) 由于安全钳的动作会对导轨造成不同程度的损伤, 试验后必须对导轨的卡痕进行修复。试验完毕后, 应将轿厢向上提升或用专用工具使安全钳复位, 其安全钳开关也应复位。

4) 做好操作人员的安全保障工作。

• 训练 3 缓冲器的检查与试验

1. 训练目的

掌握缓冲器试验的操作要领及试验时的安全注意事项。



2. 训练准备

1) 熟悉电梯试验相关的安全技术规范。做好试验前的技术准备。

2) 准备仪器、仪表及试验用工机具,见表5-3。

3. 训练要领

(1) 弹簧式缓冲器试验

1) 外观检查,与铭牌对照,看选型是否合适。

2) 操作电梯停靠在底层上方,检验人员进入底坑,短接下端站极限开关,测量缓冲器压缩前的总高度。

3) 配合人员将载有额定载荷的轿厢以检修速度撞击缓冲器,直至曳引绳在曳引轮绳槽上打滑。

4) 检验人员仔细观察撞击过程是否平稳。缓冲器全压缩后,测量其总高度并计算压缩行程。

5) 根据制造厂提供的质量—压缩总行程特性曲线,核对实际测量值,两值应基本相符。

(2) 油压式缓冲器试验

1) 外观检查合格,油位检查符合要求。

2) 试验方法与弹簧式缓冲器基本相同,但试验的工况有所差异。**油压式缓冲器检验时,电梯应以额定载荷和额定运行速度撞击缓冲器。**

3) 油压式缓冲器还需进行复位试验。负载特性试验结束后,卸下轿厢负载,然后以检修速度下行,直至将缓冲器完全压缩,曳引绳在绳槽内打滑。缓冲器完全压缩停留5min后,电梯上行离开缓冲器回到底层位置以上;检验人员从电梯开始上行的瞬间启动秒表,缓冲器完全回复到压缩前的高度时停止计时,然后将时间填入检测记录。规定复位试验应不大于120s。

4. 注意事项

1) **试验过程中,由于极限开关已不起作用,检验人员在底坑下进行检查和测量时,应有两人相互照应,防止安全事故的发生。**

2) 缓冲器检验结束后,必须及时恢复端站极限开关的接线,以及拆除开关的短接线。

3) 试验结束后,还应检查并确认各零部件未出现松动、歪斜或变形等现象。

4) 当弹簧式缓冲器试验实测的压缩行程与设计值相比有较大差异时,应检查缓冲器安装是否垂直、弹簧是否有永久性变形或断裂现象。

5) 当油压式缓冲器试验后实测值与设计值相比有较大差异时,应检查其油位是否正常,油缸是否漏油,栓塞是否清洁等。



● 训练4 电梯运行和超载试验

1. 训练目的

掌握电梯运行和超载试验操作要领。

2. 训练准备

1) 熟悉电梯运行和超载试验的技术要求。做好试验前的技术准备, 仔细检查并确认电梯试运行的基本条件是否满足。

2) 准备仪器、仪表及试验用工机具, 见表 5-3。

3. 训练要领

(1) 空载检查 空载状态下, 以通电持续率为 40% 的原则, 运行 1.5h, 完成下面的检测项目:

1) 测定轿厢运行时起动和制动过程的加、减速度和运行过程中振动的加速度。

2) 检查制动器的工作状态: 电梯制动时, 制动闸瓦应均匀紧贴在制动轮上, 不应有冲击和明显的摩擦声。

3) 测量曳引机电流及曳引速度, 应符合下面规定:

① 电梯的起动电流不应超过曳引电动机额定电流的 2.5 倍。

② 电梯空载下行时, 曳引电动机的最大工作电流不应超过其额定电流。

③ 电梯以正常速度运行时, 其曳引速度应接近电梯额定速度。

(2) 额定负载检查 在电梯轿厢中分别加入 50% 额定载荷(平衡负荷), 额定载荷仍按通电持续率为 40% 运行 1.5h, 重复进行上述各项检查工作。

(3) 静载试验 轿厢在静止状态, 平稳地增加负荷, 直至额定载重量的 120%, 历时 10min; 然后检查以下内容:

1) 各承重构件, 应无变形损坏现象。

2) 曳引绳在线槽内不应滑动。

3) 制动器应可靠地刹紧。

(4) 超载运行试验 试验前, 先将超载保护装置移开。以 110% 的额定载荷, 在通电持续率为 40% 的条件下, 操控电梯在全行程内启动、运行、制动 30 次。然后检查以下内容:

1) 电梯能可靠地起动、运行和停止, 制动器可靠制动。

2) 电动机的温升应不超过 60℃。

3) 电梯起动、制动应平衡变速, 其加、减速度最大值小于等于 1.5m/s^2 。

4. 注意事项

1) 电梯试运行结束后, 应对减速箱的油温及温升、制动器的温升以及各轴承的温升进行检测, 确认各测量值在规定范围内。



2) 曳引机减速器除蜗杆轴伸出一端有轻微渗漏油迹外,其余各处不得渗漏油。

3) 超载试验完成后,必须及时恢复超载保护装置的接线,并对其保护功能进行确认。

• 训练5 电梯平层准确度的检验

1. 训练目的

学会测量电梯的平层准确度,并能按规定调整感应器和感应板的位置。

2. 训练准备

1) 熟悉电梯平层原理,准备轿厢平层准确度测量记录表。

2) 训练器材及量具主要有砝码及金属直尺等。

3. 训练要领

1) 确认电梯静载试验合格。

2) 测试平层准确度:

① 电梯轿厢空载,以正常运行速度逐层上行,每层停靠。轿厢停稳后,用金属直尺垂直方向测量轿厢门地坎上平面对层站地坎上平面的垂直距离,将各层的数据记录在表5-6中。为便于确定测量数据的性质,当轿厢地坎高于层门地坎时,数据记为正(+),当轿厢地坎低于层门地坎时,数据记为负(-)。

② 在电梯额定载荷的情况下重复以上的操作过程,将测量数值填入表5-6中。

3) 调整基准层的平层:

① 在轿厢内装入50%额定载荷,将电梯运行到中间层站,使轿厢地坎与层门地坎处于同一水平位置,误差不超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

② 调整轿顶上下平层感应器及井道内相应层感应铁板的位置,使得感应铁板两端各超过感应器10mm。

③ 将电梯快车运行到中间层的下层,调整上感应器的位置;再快车运行到中间层,调整下感应器的位置,使得平层精度控制在2~3mm内。

④ 固定轿顶上下平层感应器,以后一般不作调整。

4) 调整其他层的平层只需调整每层感应铁板位置即可。

表5-6 轿厢平层准确度测量记录表

(单位:mm)

停 站	方 向	空 载	额 定 载 荷
一层	上行		
	下行		



(续)

停 站	方 向	空 载	额 定 载 荷
二层	上行		
	下行		
三层	上行		
	下行		
四层	上行		
	下行		
五层	上行		
	下行		
六层	上行		
	下行		
七层	上行		
	下行		
⋮ n 层	上行		
	下行		

4. 注意事项

- 1) 调整除基准层(中间层)以外的其他各层的平层只能通过调整每层的感应铁板的位置来实现，而不能调整感应器的位置。
- 2) 调整感应铁板时，无论电梯是上行还是下行，只要平层高，感应铁板就下移，反之感应铁板上移。
- 3) 试验测量数据超过标准允许值较大时，应对电气系统和制动器进行调整。

● 训练6 电梯噪声的测定

1. 训练目的

掌握电梯噪声的测定方法及评定依据。

2. 训练准备

- 1) 熟悉声级计的正确使用，了解电梯噪声测定的基本要求，准备测定记录表。
- 2) 主要仪器是声级计。

3. 训练要领

(1) 电梯运行时轿厢内的噪声测定 声级计置于轿厢内中央，距离轿厢地面高 1.5m 处，电梯运行前测量其背景值。电梯以额定速度上行和下行时，分别



测量其噪声值，然后将其最大值和背景值记录在表 5-7 中。

表 5-7 噪声测定记录表 (单位: dB(A))

层站	轿 厢 门			层 站 门			运行时轿厢内			机房	
	开门	关门	背景	开门	关门	背景	上行	下行	背景		
一										背景值	
二										平均值	
三										最大值	
四										备注:	
五											
六											
七											
⋮ n											

(2) 开关门过程的噪声测量 将声级计分别置于层门和轿厢门宽度的中央，距门水平距离 0.24m，距地面高 1.5m，在门静止状态下测量其背景值。在开门和关门过程中，分别测量层门和轿厢门的开关门过程的噪声值。将测试的最大值记录在表5-7 中。

(3) 机房内噪声的测定

1) 将声级计置于机房中央，当电梯处于静止状态时测量机房的噪声为背景值，把数据记录在表 5-7 中。

2) 当电梯正常运行时，分别将声级计置于机房内距声源(曳引机)1m 处，距地面高 1.5m 的前、后、左、右、上五个部位各测量一次，取其平均值和最大值，将结果记录在表 5-7 中。

(4) 数据处理

1) 将测量结果中轿厢内噪声最大值减去背景值即为实际的噪声值。当实际噪声值小于 55dB 时，为合格。

2) 将各层站测得的开关门噪声最大值分别减去其对应的背景值，即为该层的实际开关门的噪声值。当开关门过程的实际噪声值小于 65dB 时，为合格。

3) 机房平均值减去背景值即为机房噪声的实际值。当机房噪声的实际值小于 80dB 时，为合格。

4. 注意事项

1) 电梯噪声质量评定时必须综合机房、轿厢内及开关门过程中各自测得的噪声进行评定。

2) 噪声测定不合格时，必须查明原因并作出相应处理。



● 训练7 报警装置及电源中断应急装置的检验

1. 训练目的

掌握电梯紧急报警装置、应急照明装置和电源中断应急装置的检验方法和操作要领。

2. 训练准备

1) 熟悉电梯紧急报警装置、应急照明装置和电源中断应急装置的基本结构和工作原理。熟悉各装置检验的项目和操作规程。

2) 准备仪器、仪表及试验用工机具，见表 5-3。

3. 训练要领

(1) 检验紧急报警装置 通过轿厢内紧急报警装置向建筑物内和组织机构发出紧急呼救信号，发出呼救信号以后，建筑物内的组织机构应能及时、有效地应答呼救。

(2) 检验应急照明装置 检验目的是，检查正常照明电源被意外中断时备用电源的供电是否有效。具体方法是：用电压表测量应急照明用可控直流 7.2V 电源，其应正常。当接线输入交流 220V 电压时，将开关设在 ON 位置，应急灯进入充电状态；当外部电网停电时，应急灯亮；外部电网恢复供电后，应急灯自动熄灭，转入自动充电状态。

(3) 检验电源中断应急装置

1) 检查应急装置本身元器件是否能够正常工作：首先根据制造厂家提供的技术资料，分别检查装置内的输入、输出接口接线是否正确，插头是否插在联机位置等；然后用电压表检查蓄电池电压是否在规定值以上，若充电不足，应继续充电方可正常工作。

2) 检验应急装置与电梯整体联动效果：

① 令电梯处于正常自动运行状态，在平层位置关门待命时，切断外电源，电梯应自动开门并保持开门状态，不接受任何指令运行。外电源恢复后，重新投入自动运行。

② 令电梯处于正常自动运行状态，从下端站出发驶向上端站，在轿厢离开下端站开门区后，切断外电源，电梯能以自动运行方式继续自动慢行到上一层楼站，自动开门并保持开门状态。外电源恢复后，重新投入自动运行。

③ 令电梯处于正常自动运行状态，电梯按下方某一层站指令要求关门自动下行，在轿厢离开上端站开门区后，切断外电源，电梯应以自救运行方式立即停止。随后，软启动以慢速上行返回上端站，平层开门。外电源恢复后，重新投入自动运行。

④ 令电梯处于检修状态，应急运行至平层区以外打开轿厢门，切断外电



源。检修开关扳向自动位置,电梯应立即关门。在关门过程中,按下安全触板,轿厢门应由关门状态转为开门状态。门全开后又自动关门,门全关闭后又软启动以慢速运行至上层层站,在上层层站开门区内自动开门。在自救运行过程中按下急停按钮时,自救运行应停止。

⑤ 令外电网停电,若电梯轿厢处于平层开门区位置,该装置供给开门电压,起动开门电动机,打开轿门和厅门,以便乘客安全离开。

⑥ 令外电网停电,若电梯轿厢不在平层开门区位置,该装置的控制中心指令三相逆变单元工作,接触器吸合,送电打开曳引抱闸,使轿厢向一定方向运行,当运行到最近的平层位置时,接触器释放,曳引机抱闸停机,装置为开门电动机供电,起动开门电动机,打开轿门和厅门,以便乘客安全离开。

4. 注意事项

1) 照明和报警应急电源至少应确保外电源中断后继续维持正常工作 1h 以上。

2) 当人工提升轿厢额定载荷所需作用力大于 400N 时,电梯应设置紧急电动运行开关和电源,以便电梯可靠慢行到达最近层站放客。

● 训练 8 电梯振动与噪声故障的排除

1. 训练目的

学会分析电梯振动和噪声故障性质、故障原因,并能熟练排除故障。

2. 训练准备

1) 熟悉电梯振动和噪声故障分类及产生原因。

2) 准备仪器、仪表及试验用工机具,见表 5-3。

3. 训练要领

(1) 电梯振动故障的表现、性质及故障原因分析(见表 5-8)

表 5-8 电梯振动故障的表现、性质及故障原因分析

故障分类	故障表现	故障性质	故障原因
水平振动	振动	1) 频率高 2) 幅度小 3) 有规律	1) 轿厢本身装配不良 2) 连接螺栓松动
	晃动	1) 频率较高 2) 振幅较大 3) 无规律	1) 导向装置不良 2) 弹性导靴初压力过小 3) 滚动导靴工作不良
	摆动	1) 频率很低 2) 振幅大 3) 可直观发现其规律	1) 轿厢严重变形 2) 导轨严重移位 3) 导靴工作异常



(续)

故障分类	故障表现	故障性质	故障原因
垂直振动	颤动	1) 频率高 2) 振幅小 3) 无规律	1) 曳引机减速箱齿轮啮合不良 2) 曳引机地脚螺栓松动
	抖动	1) 频率低 2) 振幅大 3) 无明显规律	1) 曳引绳槽工作面严重磨损 2) 曳引钢丝绳受力不均 3) 轿顶轴承套磨损严重 4) 联轴器和制动器工作异常
	跳动	只在电梯起动、停止、 换速时才有明显规律	1) 电梯运动变化速率太大 2) 起动转矩太大 3) 导轨接头错位

(2) 电梯振动典型故障分析与排除

1) 电梯起动时轿厢振动大：

① 检查减速箱蜗轮蜗杆磨损情况：若发现磨损严重，超过原齿厚的 15%，
161
则需同时更换蜗轮蜗杆及润滑油。

② 检查减速箱轴承磨损情况：若发现磨损严重，轴向游隙超过规定值，则
需及时调整并固定。

③ 检查曳引机地脚螺栓紧固情况：若发现有松动迹象，则应及时调整并重新
固定。

2) 电梯运行时有严重的跳动感：

① 检查电气部分：若发现电梯在起动、停站的过程中换速变化率太大，则
应调整换速时间和换速距离至规定值。

② 检查机械部分：检查导轨接头是否错位，导轨的连接螺栓是否松动，若
发现异常应及时修复、调整并重新固定。

3) 轿厢运行时有明显的抖动或晃动感：

① 检查导轨的垂直度：若测得某段导轨已歪斜或变形，则需松开导轨的压
板螺栓，进行调校。

② 检查导靴工作情况：若发现导靴衬磨损严重，间隙增大，则应及时更
换，并同时检查导轨的润滑情况。

③ 检查曳引绳张力：可用按压法检查每根曳引绳的张力，若发现各绳张力
不一致，则可适当调整绳头弹簧拉杆的双螺母，来缩小其差距。若无法调整，
必须重做绳头。

④ 检查减速箱齿轮传动机构的工作情况是否正常。

(3) 电梯噪声故障分析与排除 电梯噪声主要是指电梯运行时轿厢内的噪



声、井道内的噪声和机房内的噪声三种情况。具体分析如下:

1) 电梯运行时轿厢内的噪声过大:

① 导轨润滑不良,应按规定清洗导轨或加油。

② 滑动导靴内有异物卡住,可通过清洗滑动导靴来解决。

③ 滑动导靴衬磨损严重,应及时更换滑动导靴内尼龙导靴片,并调整弹簧压力。

④ 安全钳楔块与导轨间隙过小,应及时调整安全钳拉杆与导轨的间隙。

2) 电梯运行时井道内的噪声过大:

① 门刀与厅门地坎、护脚板、门锁滚轮等部件间隙过小,可适当调整门刀的垂直度、中心位置及其与厅门地坎的间隙。

② 补偿链发生碰撞,应仔细检查补偿链环中的麻绳是否损坏,发现异常需及时更换。

3) 电梯运行时机房内的噪声过大:

① 交流接触器铁心吸合面脏污,吸合情况不好,由此产生的电磁噪声。可以通过交流接触器的常规保养来解决。

② 限速器装置缺油、磨损或部件松动。可按规定有针对性地进行保养、调整或处理。

4. 注意事项

1) 更换电梯的导靴时,必须成套更换。

2) 润滑不良、不能按要求定期保养是电梯产生运行噪声的直接原因,应引起重视。

复习思考题

1. 如何确定电梯的平衡系数?
2. 简述限速器可靠性的检验方法。
3. 怎样正确选择缓冲器的类型?
4. 简述电梯运行和超载试验的基本要求。
5. 如何测试电梯平层准确度?怎样调整?
6. 电梯报警装置及电源中断应急装置必须具备哪些功能?
7. 如何分析、判断并排除电梯振动故障?
8. 电梯运行时会产生哪些噪声故障?如何分析处理?

第六章

特殊场所电气设备安装



培训学习目标 熟悉真空断路器的结构、灭弧原理和特点；完成真空断路器和隔爆型真空电磁起动器的安装和检查。

第一节 特殊场所电气设备安装所需专业知识

一、真空断路器

1. 真空断路器的灭弧原理

利用真空作为绝缘介质和灭弧介质的断路器称为真空断路器。在真空中，由于气体分子的平均自由行程很大，气体不易游离，真空的绝缘强度比大气的绝缘强度要高得多。当开关分闸时，触头间产生拉弧；由于触头设计为特殊形状，在电流通过时产生一磁场，电弧在磁场的作用下沿触头表面切线方向延伸拉长，使电弧在自然过零时很快熄灭，触头间介质的绝缘强度又迅速恢复起来。由于真空灭弧室内介质绝缘强度恢复得很快，工频电流很可能在过零前、触头之间的距离还很小时就被熄灭。因此开断相的熄弧时间一般不会超过 11ms。真空断路器灭弧室通常工作于 10^{-2} Pa 以下，考虑到结构的微漏气体、材料杂质渗出和设计寿命(20 年)等的因素，制造厂实际生产的真空断路器灭弧室的真空度要高得多。

2. 真空断路器的结构

真空断路器一般都由真空灭弧室、操动机构和支撑部件三部分组成。常用的真空断路器有 VD4 型、ZN12—10 型、ZN28—10 型等几种。下面以 ZN12—10 型真空断路器为例介绍其结构及动作过程。

如图 6-1 所示，操动机构箱体用钢板焊接而成，箱体上装有六只环氧树脂绝缘子。三个真空灭弧室通过上、下出线排固定在绝缘子上。下出线端上装有软连接，软连接与真空灭弧室动导电杆上的导电夹相连。在动导电杆的底部装有

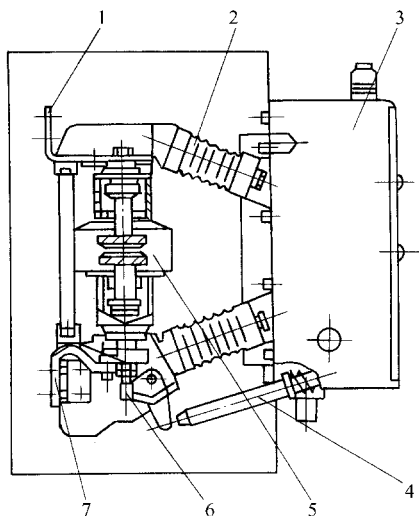


图 6-1 ZN12—10 型真空断路器的结构

1—上接线端 2—绝缘子 3—操动机构箱体 4—绝缘拉杆

5—真空灭弧室 6—动导电杆 7—下接线端

万向杆端轴承。操动机构将合、分闸的动力传给机构箱内的开关主轴，开关主轴通过三根绝缘拉杆把力传递给动导电杆使开关完成合、分闸动作。

3. 真空断路器的特点

- 1) 真空介质的绝缘强度高，灭弧能力强。
 - 2) 真空介质不会老化。
 - 3) 不需要采取冷却电弧的技术措施，也不需要采取控制灭弧介质流动的强制措施。
 - 4) 电弧能量小，断路器使用寿命长。
4. 典型真空断路器的技术参数(见表 6-1)

表 6-1 典型真空断路器的技术参数

型 号	VD4	ZN12—10	ZN28—10
额定电压/kV	10	10	10
额定电流/A	1250 ~ 3150	1250 ~ 3150	630 ~ 2500
冲击绝缘电压水平/kV	75	75	75
工频耐压/(kV/min)	42	42	42
短路开断电流/kA	31.5 ~ 50	20 ~ 31.5	16 ~ 50
短路关合电流/kA	80 ~ 125	50 ~ 100	40 ~ 125
机械寿命/万次	1	1	3



二、矿用隔爆型真空馈电开关

矿用隔爆型真空馈电开关种类较多,下面仅以 BKD19 系列矿用隔爆型真空馈电开关为例作一简单介绍。

BKD19 系列矿用隔爆型真空馈电开关(以下简称馈电开关)主要用于煤矿井下及交流 50Hz、电压至 1140V、额定电流至 630A 的供电网络中,作为供电系统的总开关、分支开关;用来分配电能、保护线路及电源设备,也可作大功率电动机频繁起动用,并对电动机出现的过载、短路、欠电压、漏电等故障实施保护。

1. 馈电开关的结构

馈电开关由隔爆外壳、真空断路器、隔离开关以及控制单元组成。真空断路器、隔离开关安装在主腔内,控制单元安装在门盖上。隔爆外壳由主腔、门盖和接线箱三部分组成。主腔为方形,右侧设有操作隔离开关的手柄,门盖和隔离开关间设有可靠的机械联锁装置,保证在控制电路有电时,不能打开门盖,门盖打开后,控制电路断电。馈电开关盖的左上侧设有电源、工作、绝缘、短路、漏电显示及其视察窗。门盖的右上侧设有试验开关,可供馈电开关进行过载、短路、漏电模拟试验。门盖右下侧是合闸与分断开关。主腔与门盖隔爆面的连接采用提升式螺钉勾挂结构。外壳左侧有一提升机构,通过提升手柄将门盖提起,绕其转轴旋转便可将门盖打开。主电路和控制电路电缆通过接线箱上的引入装置引入、引出。接线箱内和外壳下部设有接地端子,安装使用时应可靠接地。其结构如图 6-2 所示。

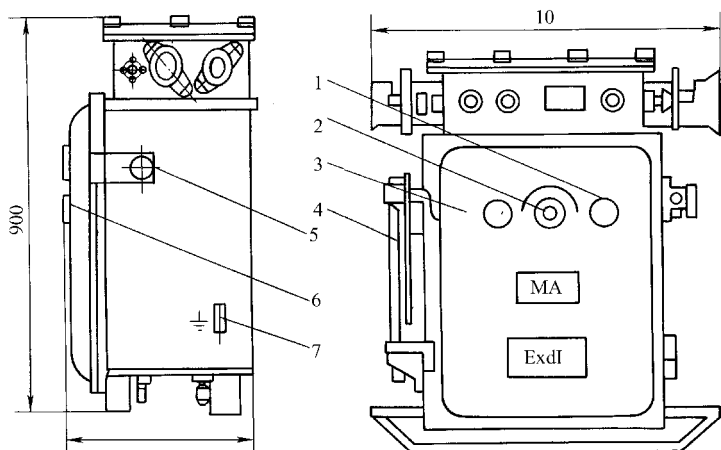
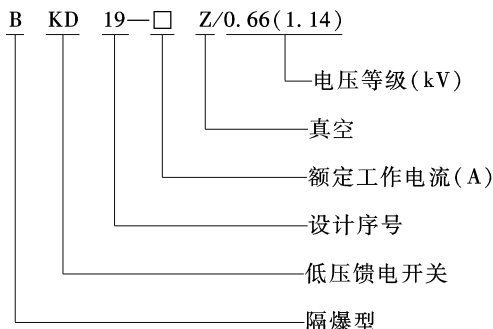


图 6-2 BKD19 系列矿用隔爆型真空馈电开关的结构

- 1—联锁机构 2—试验开关 3—视察窗 4—提升手柄 5—隔离开关手柄
6—合闸、分断开关手柄 7—外接地端子



2. 型号及其含义



三、真空接触器

1. 真空接触器的作用

高压真空接触器适用于 3 ~ 10kV 三相交流 50Hz 的电力系统中, 供通断线路、频繁起动控制高压交流电动机、电炉变压器等高压设备用。它与高压限流式熔断器等构成组合单元配用于高压开关柜中。

2. 高压真空接触器的结构

图 6-3 所示为 ZJZ—10 型高压真空接触器的结构。它主要由灭弧室、绝缘子、电磁机构及控制电路四部分组成。合闸时, 电源经整流后通电加到合闸线圈, 衔铁动作, 推动绝缘子使导电杆上行, 接触器闭合; 合闸线圈断电, 在分闸弹簧作用下, 接触器断开。

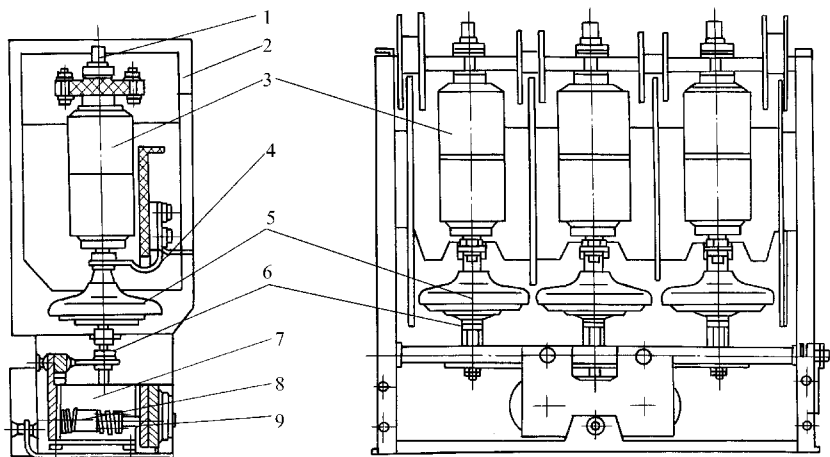


图 6-3 ZJZ—10 型高压真空接触器的结构

- 1—螺母 2—框架 3—灭弧室 4—软连接 5—绝缘子
6—触头弹簧 7—线圈 8—分闸弹簧 9—铁心



四、真空电磁起动器

真空电磁起动器是一组成套装置,具有远距离起动、停止、换向电动机及欠电压、失电压、过载、短路、漏电闭锁等保护功能。该装置主要由真空换相开关、真空接触器及自耦变压器等组成。

下面介绍 QJZ 系列隔爆兼本质安全型可逆真空电磁起动器的结构。

1. QJZ—160/1140S 型矿用隔爆兼本质安全型双速电机真空电磁起动器的结构

该起动器主要由隔爆外壳、壳心装配和门心装配三部分组成。

1) 外壳前门为平面止口式,当门前右侧机械闭锁解锁后,可通过抬起左侧固定于铰链上的操作把手将门抬起约 30mm 并打开。关门时,用手平提铰链上的把手,转动前门即可关闭。

2) 壳心上装有真空交流接触器、电流互感器、阻容吸收装置以及主电路和控制电路的千伏级熔断器等。

3) 门心上配有电子保护插件、继电器、控制变压器等控制元件。

2. QJZ—200/660 型矿用隔爆兼本质安全型真空电磁起动器的结构

该起动器主要由撬形底架上的方形隔爆外壳和抽屉式心架两部分组成。

1) 隔爆壳体上装有换向隔离开关、静插头组、静碰触头排、起动停止按钮以及换向机械联锁机构等。

2) 抽屉式架上装有低压真空接触器及其他元器件。

167

第二节 特殊场所电气设备安装技能训练实例

● 训练 1 真空断路器的安装

1. 训练目的

掌握真空断路器的开箱检查、安装、调试等技术要领。

2. 训练准备

1) 熟悉真空断路器的结构及相关的安装、测试技术规范。

2) 准备电工常用工具、仪表,耐压试验电源,ZN—10 型真空断路器组件,CD 型直流电磁操动机构等。

3. 训练要领

(1) 真空断路器开箱后的检查

1) 检查产品铭牌、合格证是否与订货单相符。

2) 检查真空灭弧室有无破裂、漏气。



- 3) 检查灭弧室内部零件有无氧化现象。
- 4) 上述检查合格无误后,再清理表面灰尘污垢。
- 5) 在断路器分闸状态下用工频耐压法检查真空灭弧室的真空度是否符合要求。

(2) 真空断路器的安装

- 1) 将操动机构转轴上拐臂按要求安装好。
- 2) 固定断路器,安装连杆。
- 3) 手动缓慢合闸,观察接触行程是否符合要求。
- 4) 断路器的导电部分用钢刷刷出金属光泽,用干布擦净后涂上导电胶。
- 5) 将断路器的接地孔锉出金属光泽,并涂以导电胶再装接地线。
- 6) 手动开关分、合闸,检查“合闸”、“分闸”指示是否正确。
- 7) 将断路器各转动部分涂以润滑油,绝缘件表面擦拭干净。
- 8) 给断路器送入控制电源和操作电源,并进行试操作。

(3) 真空断路器的调试

1) 手动操作检查:对真空断路器进行手动分合闸 3~5 次,应不产生误动作且不拒动,机械联锁动作应可靠无误。对于手车式真空断路器,其一次动、静触头插入后应符合技术要求,手车插入和抽出及挑帘门机构应灵活可靠、动作无误。

2) 二次控制电路通电试验:根据二次原理图进行试验,在规定操作条件下,连续分合闸 5 次,应无误动现象。检查电气联锁及机械联锁,动作应可靠无误。

3) 测量回路电阻和接地电阻:测量回路电阻的目的是检查一次主电路各个连接处搭接是否完好,运输及安装过程中螺钉是否松动。真空断路器本身的回路电阻值按产品合格标准进行测量。对于手车式开关柜,应检查手车任一位置及有可能带电部位与接地装置接触情况,其接地电阻值应不大于 0.001Ω 。

4) 绝缘耐压试验:断路器主电路相间、相对地间施加工频试验电压,断口间施加工频耐压,操动机构控制回路线路间及对地施加工频耐压(耐压值按国家安装验收规范执行)。

5) 试送电操作:送电操作必须按操作规程和电力系统调度指令,在别人的监护下按步完成。

(4) 真空断路器常见故障分析(见表 6-2)。

表 6-2 真空断路器常见故障分析

序号	故障现象	故障原因	解决办法
1	电动合不上	铁心与柱杆松动	卸下静铁心,调整铁心位置,手动合闸后,其掣子与滚轮间有 1~2mm 间隙



(续)

序号	故障现象	故障原因	解决办法
2	合闸合空	掣子扣合距离太短, 未过死点	将调整螺钉向外调, 使掣子过死点, 然后将螺钉紧固, 并以红漆点封
3	电动不能脱扣	掣子扣得太多; 分闸线圈的连接线松脱; 操作电压低	将螺钉向里调, 紧固螺母; 重新接线; 调整操作电压以符合要求

4. 注意事项

- 1) 不管何种类型的真空断路器, 均应配有限制操作过电压的保护措施。
- 2) 开关投运前, 应对其外观全面检查; 投运后, 必须定期检查, 遇到故障及时处理。

● 训练2 隔爆型真空电磁起动器的安装

1. 训练目的

掌握隔爆型真空电磁起动器的开箱检查、安装与调试的技术要求。

2. 训练准备

1) 熟悉隔爆型真空电磁起动器的结构, 熟悉《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》(GB 50257—1996) 相关条文。

2) 准备电工常用工具、仪表及隔爆型真空电磁起动器成套装置。

3. 训练要领

(1) 安装前的开箱检查与清点

- 1) 产品型号、规格和防爆标志应符合设计要求。
- 2) 附件、配件、备件应完好齐全, 技术文件齐全。
- 3) 防爆电气设备的铭牌中必须标有国家检验单位发给的“防爆合格证号”, 并应有“EX”标志和标明防爆电气设备的类型、级别、组别等标志。
- 4) 设备的外壳应无裂纹、损伤, 隔爆结构及间隙应符合要求。

(2) 安装调试与验收

- 1) 严格按产品安装使用说明书及安装规范要求进行设备的安装及调试。
- 2) 设备安装应牢固, 接线应正确, 主电路接触应良好。
- 3) 进线口与电缆、导线应可靠连接, 并做好密封, 多余的进线口其弹性密封垫和金属垫片应齐全, 并将压紧螺母拧紧使进线口密封。
- 4) 按照安装规范要求进行工程验收, 并完好交付使用。

4. 注意事项

- 1) 起动器在装卸及搬运过程中, 应避免强烈振动。使用过程中, 不得随意更改控制及保护系统。



2) 安装隔爆(防爆)型真空电磁起动器的方法必须严格按《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》执行。

复习思考题

1. 简述真空断路器的结构及其灭弧原理。
2. 简述真空接触器的结构和作用。
3. 简述真空断路器的检查、安装与调试步骤。
4. 试分析真空断路器的常见故障。
5. 简述隔爆型真空电磁起动器的安装、调试与验收要点。

第七章

电气设备试运行



培训学习目标 了解电气设备试运行前质量检验的有关知识；能够看懂一般工程项目的试运行方案，并做好试运行前的准备工作；熟悉电气设备试运行的方法、程序和要求；能够排除试运行中出现的一般性故障。

第一节 电气设备试运行前的检查、准备工作

一、电气设备试运行前的质量检验

1. 看资料

查看有关质量检验方面的文字资料，主要包括工程图样、设计变更证明、隐蔽工程验收记录、分项质量评定记录以及设备、材料出厂合格证等。重点内容如下：

1) 工程设计是否有变更记录。

2) 分项查验记录：关于电气设备安装各分项工程质量检验评定表内的一般项目和主控项目的具体要求。**值得注意的是，应仔细审核其中涉及的不合格项，尤其是记录中的主控项目不应存在不合格项。**

3) 电气设备调试报告：电气设备在试运行前，必须已通过国家技术监督部门的认证和认可并取得相应资格的专业调试单位或设备生产厂家的工程技术人员调试并具有有效的调试报告。

2. 看现场

1) 查看安装现场的电气设备的安装位置是否符合设计要求。

2) 查看电气设备有无破损，管道、线路的安装、连接工艺是否美观、可靠、牢固，是否符合国家标准。

3) 查看变压器、油断路器、冷却装置等有无渗漏油现象。

4) 仔细对照验评记录，对有疑问的主控项目和相应部位可进行抽查测量，



如发现有不符记录的地方,应会同有关部门,分析原因,及时整改。

二、电气设备试运行前的常规检查

这里重点介绍变配电装置、架空线路、动力线路及设备试运行前的常规检查。

1. 变配电装置试运行前的常规检查

(1) 现场检查

- 1) 检查现场使用的仪表、仪器及导线是否已经全部拆除。
- 2) 已检验过的继电保护装置与控制盘接线端子板的二次接线应全部恢复原状。
- 3) 所有信号继电器的指示牌应在正常位置。
- 4) 试验过的继电器和其他元件与底座连接应牢固可靠。
- 5) 继电器的外壳与底座应封盖严密。
- 6) 螺栓及紧固件应锁紧,接地可靠。
- 7) 所有表计应有鉴定证书及合格证书,并均在有效期内。
- 8) 绝缘手套、绝缘靴、高压橡胶垫、绝缘操作棒、验电器等安全用品已经过试验并具备有效试验合格证;灭火器、细砂、水源等消防设施的准备情况应符合相关规定。

(2) 绝缘检查及交流耐压试验

1) 绝缘检查的部位包括母线、绝缘子、隔离开关、负荷开关、油(真空)断路器和电流互感器等。

2) 测量总的绝缘电阻,应不低于 $1\text{M}\Omega/\text{kV}$ 。

3) 耐压试验后复测的绝缘电阻不应有明显的降低,否则应进行分段测量,查明原因,及时处理。

4) 交流耐压试验的试验电压值严格遵守有关规范的规定值,试验持续时间为 1min ,无击穿为合格。

注意:交流耐压试验时,回路中低于耐压试验值的有关设备及元器件应临时从系统中退出,防止过电压损坏。耐压试验结束后,必须及时按规定的操作程序恢复系统的所有接线。

2. 架空线路试运行前的常规检查

(1) 现场检查

1) 巡线检查:先准备好巡线工具及相关备件,然后由总指挥协调分工,逐杆检查。杆身、塔身应无歪斜现象;杆上的元件及螺母应无歪斜、破损现象;开口销应对称拉开 $60^\circ \sim 90^\circ$;悬式绝缘子的安装应正确、牢固;线路上应无遗留物;拉线应无松动散股,方向正确,角度在规定范围内;拉线地锚应无异常;接地装置应符合要求;焊接杆的焊缝质量应符合受力要求;应按照统一编号在



杆塔的规定位置书写杆塔编号、线路代号及相序等。

2) 测量线路垂度: 各相架空线路的垂度应在规定值内, 关键线路还应复测其垂度。

3) 检查安全距离: 架空电力线路与建筑物、公路、铁路、桥梁等的交叉、平行距离, 均应在规定值以内。

(2) 绝缘检查及电气试验

1) 选择合适的绝缘电阻测试仪。

2) 断开低压线路与用户之间的总开关及熔断器。

3) 线路相与相、相与地之间的绝缘电阻应符合规定。

4) 35kV 及以上的线路应做升压试验。

5) 上述检查合格后, 应按规定向有关部门请求送电, 进行合闸冲击试验。

注意 试验前, 应再次清理线路, 确认符合送电条件, 防止人员伤亡。

3. 照明线路试运行前的常规检查

1) 明确检查次序, 一般是先电源后负载, 先设备后线路。

2) 配电箱板的安装和回路编号应符合设计要求。

3) 成排安装的灯具、开关、插座等的安装位置和相互关系应符合规范和设计要求。

4) 明敷线路应横平竖直, 美观整洁, 固定、转角等环节应符合规定。

5) 线路的绝缘电阻应符合规定。

4. 动力线路及设备试运行前的常规检查

1) 对照概略图(系统图)核对主要设备的规格、型号、回路个数、负荷性质及类别、起动方式、容量等。

2) 所有回路和电气设备的绝缘电阻应符合规定。

3) 接触器、开关上的灭弧罩应完好, 不能取掉; 熔断器的熔体应正确选择, 不准用其他金属材料代替。

4) 所有开关和控制器的操作手柄或转换开关应放在得电前的准备位置或正常位置。

5) 准备各种仪器仪表且经鉴定或试验合格; 准备安全用具、防护用品及消防用具并检查无误。

6) 检查系统其他不妥之处并修复。

7) 对系统控制、保护与信号回路进行空投操作试验, 动作及显示应正确; 所有设备、元件的可动部分应动作灵活可靠, 触头分合明确, 接触紧密, 压力适中; 分断时隔离电阻应为无穷大, 闭合接触电阻近似为零。

8) 确定不可逆传动装置电动机的运转方向, 并根据设备要求确定电动机的转动方向, 以便在试车时调整电动机的接线相序。



9) 在电动机起动前应手动盘车,转动应灵活无卡阻。仔细检查内部有无杂物或障碍存在,若有应清理干净。同时还应检查传动带的松紧是否合适,联轴器安装是否正确,电动机底座或设备地脚是否松动。

10) 电动机在拖动风机、泵类负载时,应关闭出口阀门。

11) 电动机起动时应先采用点动方式,以观察转动方向及机械啮合情况是否正常,如有误应检查。带动机械起动运转时必须由机械安装人员配合指挥。

12) 试车前必须经设备安装人员检查试运行设备的各个部分,并取得设备安装人员同意或签字后才允许试车。

三、电气设备试运行的方案分析

1. 试运行方案的基本概念

试运行方案是设备试运行工作的指导准则。

试运行方案是工程技术人员和具有丰富运行经验的操作人员在设备制造设计、安装使用说明书的指导下,结合现场条件,将试运行的目的、方法、步骤和过程尽量细化而形成的可操作性很强的指导文件。

2. 试运行方案的具体内容

- 1) 电气设备概况。
- 2) 试运行必备的条件。
- 3) 人员、物资的配置,岗位、职责的安排。
- 4) 试运行的操作程序、步骤和方法。
- 5) 技术、安全措施,异常情况的处理办法。
- 6) 电气设备的验收。

第二节 电气设备试运行

一、电气设备试运行的方法、程序及要求

1. 变配电装置的试运行

- 1) 与供电部门取得联系,允许送电后,按程序送电。
- 2) 根据用户请求,闭合 10kV 回路,同时将站内 10kV 变压器投入运行。
- 3) 运行人员进行值班巡视,检查变压器、开关设备、母线、互感器、电容器等有无异常声响、闪光、气味、油温、电压和电流等。
- 4) 值班人员每 2h 抄表一次,并检查有无异常现象。
- 5) 试运行时间一般为 72h。

注意:运行值班人员至少有 6 人,其中 3 名建设单位人员,由经验丰富的技



师担任带班。运行人员应严格按照各种制度及安全操作规程进行工作。

2. 架空线路的试运行

- 1) 冲击合闸试验成功后, 线路即可空载运行。
- 2) 试运行时间一般为 72h。
- 3) 空载运行时应加强夜间巡视, 观察有无异常或闪络现象。
- 4) 空载试运行时, 必须有人监护用户或负载的开关。

3. 照明线路的试运行

- 1) 线路应符合试运行要求。
- 2) 闭合总开关, 用万用表检查各出口电压应正常, 总电能表不转。
- 3) 逐一闭合各分路开关, 各表的转动应正常。用万用表依次测量各分支路电压应正常; 用验电器测各插座应为左零右相。每一分路试运行 2h。

4) 将所有的分路开关、支路开关、用电器全部闭合, 三相电流应平衡。用点温计测量开关触头应无明显发热现象。

5) 试运行 8h 应正常。

注意: 试运行时应安排人员值班, 无人房间应上锁。

4. 动力线路及设备的试运行

(1) 空载试车

1) 闭合电动机控制柜的总开关, 利用手动控制点动起车一次, 观察起动电流的瞬时值、转向、声音、振动等是否正常, 然后再正式空载起动。

2) 空载起动后应观察电流、声音、振动等有无异常, 大中型电动机间接起动时还应测试一下起动时间和起动电流, 同时观察电动机的温升及轴承的温度应在允许范围内。

3) 一台电动机试车成功后, 可投入试运行, 然后再试下一台电动机。一般是先试小型电动机, 再试中型、大型电动机。

4) 有联锁控制的先将联锁解除再试车。

5) 大、中型电动机一般运行 8h, 小型电动机运行 2h。

6) 值班人员应将运行情况填入记录, 有问题应及时处理或停机检查, 正常后方可单机空载试车。

(2) 负载试车

1) 负载试车必须有建设单位的工艺运行人员参加。

2) 按工艺要求和负载情况重新测定起动时间和起动电流。

3) 按负载要求再次检查时间继电器、断路器、热继电器和电流继电器的动作电流整定值。

4) 负载试车时主要是监测三相电流是否平衡, 声音、转速、轴承及机壳温升是否正常。随时用螺钉旋具测听轴承、定子与转子的声音有无异常; 用手摸



机壳去判断轴承温升,当发现温度过高但保护装置未工作时应停车检查,查明原因并排除后才能重新起动,必要时要重新试验继电器是否可靠或调整动作电流或时限。

5) 负载试车一般不超过 24h,试车的台数一般不超过总台数的 1/3。

6) 夜班应安排经验丰富的技师值班,以便处理复杂情况。

二、电气设备试运行的故障分析

1. 变配电装置试运行的故障分析

(1) 电压严重不平衡 主要由下列原因引起:

- 1) 熔断器松动或接触不良。
- 2) 二次接线松动或接触不良。
- 3) 电压互感器局部短路。
- 4) 供电线路故障。

(2) 电压断相 主要由下列原因引起:

- 1) 熔断器熔体熔断。
- 2) 二次接线断开。
- 3) 电压互感器开路。
- 4) 供电线路故障。

(3) 电流不平衡 主要由下列原因引起:

- 1) 电压严重不平衡。
- 2) 电流互感器局部短路。
- 3) 电流表与互感器不匹配。
- 4) 负载不平衡。

(4) 电流断相 主要由下列原因引起:

- 1) 电压断相。
- 2) 开关触头有一相未接触或一相熔断器熔体熔断。
- 3) 电流互感器短路或开路。
- 4) 二次回路断开或接触不良。

(5) 供电线路突然停电 在供电线路突然停电情况下,将断路器的操作开关复位到预备合闸位置。站用跌落式熔断器可以不断开。

(6) 低压配电装置常见故障

1) 低压母线和设备连接点超过允许温度时,应先迅速拉掉次要负荷,然后对故障或缺陷设备进行检修。

2) 各种开关电器触头过热时,应停电断开负荷,检查并调整触头压力,清除氧化层。



3) 电磁铁噪声过大时, 应检查铁心接触面是否平整、有无污垢、短路环是否断裂、电源电压是否过低等, 并采取相应措施。

4) 三相电压发生越级跳闸时应重新整定并检查配合是否正确。

(7) 过电压保护装置典型故障处理

1) 管型避雷绝缘管的纵向裂纹大于其长度的 $1/3$ 、绝缘管有烧伤痕迹; 绝缘管终端堵头不牢固或漆层有严重裂纹时应退出运行。

2) 阀型避雷器在运行中突然爆炸, 但未造成系统永久性接地或危及系统安全运行时, 可在雷雨过后, 拉开故障相的隔离开关, 更换合格的避雷器。若已引起系统永久性接地, 则禁止用隔离开关操作停用故障避雷器。

3) 当发现动作记录器内部有烧黑、烧毁或接地引下线接点处有烧痕、烧断等现象时, 应对避雷器电气特性进行试验并解体检查, 同时更换记录器。

(8) 继电保护装置与自动装置的典型故障处理

1) 保护装置动作而引起开关跳闸后, 应查明原因。恢复送电前, 必须将保护装置所有的掉牌信号全部复位。

2) 发现表计指针指示异常, 如电流冲击摆动、电压下降等, 应立即检查信号装置, 如光字牌等, 以判明是否发生故障。

3) 气体继电保护装置动作, 若不能肯定是变压器内部故障时, 应立即收集气体继电器内聚积的气体, 并判定其性质。

2. 架空线路试运行的故障分析

试运行过程中若发生异常, 应按规定程序处理, 停电后重新对线路进行巡查, 找到故障原因, 及时排除。

3. 照明线路试运行的故障分析

照明线路中, 由于电工材料质量、安装方法、工作环境等因素常会造成短路、不亮、发光不正常等故障, 具体分析如下:

(1) 断路故障 断路原因可能是线路断线、线路接头松动, 线路与开关连接处松动或假接(如绝缘未剥尽), 开关触头接触不良或未接通等。

(2) 短路故障 短路故障通常表现为开关合闸后熔体立即熔断或断路器合闸后立即跳闸。其原因可能是线路中相线与零线直接或间接相碰、接线错误、用电器内部短路等。

(3) 混线的处理 混线一般发生在暗配管的照明电路中。试灯时若发现某回路的开关未闭合而电能表转动或有电流(电能表通常串接于开关的上闸口); 开关已合而各个支路的灯的开关没有闭合而电能表转动或有电流; 则说明已混线。查明故障原因和故障部位后及时排除。

4. 动力线路及设备试运行的故障分析

(1) 电动机不能起动 电动机不能起动有多方面的原因, 如:



- 1) 负载太重, 负载转矩超过电动机的最大转矩。
- 2) 控制电路接线有误。
- 3) 电动机内部断路或短路。
- 4) 电动机接线有误。
- 5) 电源电压异常。

处理方法通常是断电后松开电动机与设备的连接装置, 然后测量电动机的绝缘电阻、直流电阻以及绕组的极性和接线是否正确, 最后将主开关闭合, 空载试运行电动机, 测量电气参数, 看其是否正常。

(2) 运行中的电动机突然停转而又不能重新起动 产生这种故障的主要原因由以下几方面:

- 1) 电动机堵转或过载, 致使机械损坏将设备卡死, 电流增大, 保护装置动作。
- 2) 控制电路误动作。
- 3) 电源突然失电压或欠电压。
- 4) 电动机制造原因, 过载能力小, 致使绕组或局部烧坏或烧断。
- 5) 热继电器未复位, 控制回路不能接通, 故无法重新起动电动机。

(3) 断路器跳闸 起动时跳闸是由于瞬时动作电流值整定太小, 不能满足电动机起动电流或者因为电动机或线路有短路现象; 运行时跳闸是由于过载动作。

(4) 开关触头、导线接点或导线温升过高、有焦味等 它们大多是由于接触不良、元器件规格小、导线截面积小等原因造成的。

(5) 三相电流严重不平衡 通常由于某分支回路或单机回路单相运行引起。检查时要特别注意有熔断器保护的回路, 其熔体是否熔断。

复习思考题

1. 运行前的质量检查主要包括哪些内容?
2. 变配电装置试运行前常规检查的内容有哪些?
3. 试运行方案编制通常包括哪几部分?
4. 简述变配电装置试运行的程序和试运行故障的分析、处理。

第八章

组 织 管 理



培训学习目标 了解安装企业内部班组管理的基本知识，学会班组经济核算，制订班组作业计划。掌握全面质量管理的基本知识和常用基本方法。了解 QC 小组(质量管理小组)的特点、作用、组建以及 QC 小组活动开展的一般程序、小组活动的评价等。

第一节 班 组 管 理

施工班组是施工企业从事建筑安装活动的基本单位。**所谓班组管理是指对班组进行组织、计划、协调、控制、监督、激励与创新等，以确保完成班组各项经济技术指标的一种活动过程。**建立健全班组管理，是现代企业管理中一个重要的组成部分，也是搞好现代企业的基础。

一、班组管理基本知识

1. 班组管理的分类

(1) 按管理性质分类 班组管理按管理性质的不同，可分为常规管理和专业管理。

1) 常规管理：是指企业的一般性项目管理，如围绕企业的生产、生活、安全和学习等方面建立的班组各项规章制度；围绕企业的产品生产的质量、数量、工艺、分配等方面建立的各项计量、定额、原始记录、标准化等工作；围绕企业职工的政治思想、安全意识、职业道德、业务能力等方面开展的各种教育活动等。

2) 专业管理：是指针对企业的生产对象和生产过程的专项管理，如建筑安装企业围绕施工过程而开展的施工前的组织准备、技术准备管理工作；施工阶段的计划、实施、检查和处理等环节的管理工作；工程竣工验收阶段的资料整理、质量评定和交接验收等方面的管理工作。



(2) 按管理对象分类 班组管理按管理对象的不同,可分为生产管理、生活管理和制度管理三种。

1) 生产管理:是指安装企业围绕着优质施工、安全作业、高效运行开展的各项管理工作,如施工工序管理、施工工艺管理、组织劳动管理、工具设备管理、水电气及原材料管理、安全保卫管理等。

2) 生活管理:班组可通过民主生活会等多种形式组织职工参与班组和企业的管理,体现当家作主;通过组织劳动竞赛、爱岗敬业及争先创优活动等,增强职工的主人翁意识。

3) 制度管理:主要指班组围绕岗位责任制为核心制定、贯彻、执行、检查与考核各项管理制度、方法、标准等。

2. 班组管理的作用

(1) 为企业经营决策提供正确依据 企业要进行正确的经营决策,必须要掌握生产中的各种数据资料及信息,班组为企业经营决策提供第一手资料。

(2) 确保施工企业有序地组织生产活动 班组建立健全必要的、科学的规章制度促使班组工作标准、有序地进行,从而确保整个企业有序、稳步、安全地进行生产或经营。

(3) 为企业不断提高经济效益提供依据 企业要提高经济效益,就要对人、财、物进行有效配置,以最低的成本,创造出优质的建筑安装工程。通过班组活动和班组管理可以准确、及时地把各种技术经济指标反馈给职能部门,加以分析、判断和处理,适时地对生产经营活动的各个环节进行调整、控制和优化。

(4) 促进企业管理现代化 企业实现管理现代化,根本的途径是要建立健全班组成员的岗位经济责任制;积极开展职工培训,加强基础教育工作。逐步形成科学化、标准化、程序化、制度化的班组现代管理体系。

3. 班组管理的要求

1) 积极转变观念,深化内部改革,转换经营体制,加快班组自身建设。

2) 以现场施工管理为突破口,对施工现场进行计划、组织、控制。既坚持施工现场的定量管理又严格按工艺要求组织生产,使整个生产一直处于可控状态,稳定产品质量。

3) 努力提高班组职工的民主政治意识、主人翁责任感、职业道德、专业技能。教育职工知法守法,遵章守纪,做到安全文明生产;鼓励职工虚心学习,崇尚科学,勇于探索,积极创造,自觉适应社会主义市场经济需要。

二、班组经济核算

班组经济核算是建筑安装企业全面经济核算的一个基本环节。它以班组为



单位,对班组在施工及其管理过程中的劳动消耗、物资消耗、资金占用和经济效益进行计算、对比和分析。

1. 班组经济核算的作用

(1) 指导经济活动 实行班组经济核算,使班组在经济上具有相对的独立性和一定的自主权。

(2) 承担经济责任 班组要对自己的经济利益承担经济责任,确保在施工过程能够团结协作。

(3) 提高经济效益 通过班组经济核算促使每个班组都主动关心产品质量和消耗情况,从中发现问题,研究改进方法。为降低消耗、扩大经营成果,提高企业的经济效益创造条件。

(4) 体现按劳分配 通过班组经济核算,可以比较准确地反映每个班组、每个职工的贡献大小,以便进行班组和个人的利益分配,实现按劳分配。

2. 班组经济核算的原则、要求和方法

班组经济核算的原则是“干什么、管什么、算什么”。

班组经济核算一般以施工任务单为基本依据。签发施工任务单要向班组交清施工任务、质量和安全要求,同时还要交清完成任务的工时定额和材料消耗定额。在施工生产过程中,班组或个人要充分注意利用工时,合理用料,并及时做好用工用料等记录。在完成任务或月终时,应对完成的任务进行验收、结算任务单。根据任务单实际完成的实物量计算工料定额用料;根据原始记录(如考勤、工时记录、限额领料单、已领未用材料盘点单等)核算工、料消耗。

核算的主要内容是:在保证质量、安全、工期的前提下,核算人工和材料的消耗。

1) 材料的核算采用以下公式进行,即

材料节(超)数量 = 材料消耗定额 × 完成工程量 - 实际消耗量

2) 人工的核算采用以下公式进行,即

工日节(超)数量 = 劳动定额 × 完成工程量 - 实际用工数

3. 班组经济活动分析

在班组经济核算取得成绩后,把经营成果指标与计划指标进行比较,从中寻找出积极因素和消极因素,总结经验,挖掘潜力,以期达到更高的经济效益。

(1) 分析的内容 通常包括:

1) 施工计划完成情况分析:通过对工程进度、实物工程量和竣工指标完成情况的分析,检查施工计划的完成情况。

2) 劳动计划完成情况分析:分析劳动力需要量及劳动力对施工计划的影响情况、劳动定额执行情况及劳动生产率情况。

3) 材料消耗情况分析:分析施工过程中材料耗用定额的执行情况,并判别



其是否合理。

4) 工程质量的分析: 分析工程质量状况和存在的问题, 分析造成工程质量事故的原因及损失等。

(2) 分析的方法

1) 比较法: 通过对有可比性的指标进行对比, 找出差异, 然后从中找出差异的原因。常采用实际数与计划数和定额数比较, 本期数与前期数比较, 单位之间比较和项目之间比较。

2) 差额分析法: 又叫做量差和价差分析法。用数量差异乘以计划单价, 即数量对计划影响的数值; 价格差异乘以实际耗用数量, 即价格差异对计划影响的数值。

三、班组作业计划的制订

1. 班组作业计划的主要内容

1) 施工作业计划, 见表 8-1。

表 8-1 施工作业计划

班组			年 月 日														
工程项目	分部分项工程	单位	工程量			合计工时	本旬分日进度										备注
			月计划量	至上月完成量	本旬计划												

- 2) 实物工程量计划。
- 3) 材料、加工件的需用计划。
- 4) 劳动力计划。

2. 班组施工作业计划的编制方法

1) 根据总体施工作业计划要求, 结合班组的具体施工能力及施工作业计划的实际进度, 确定施工项目。

2) 根据施工图样及施工预算计算工程量。

3) 确定施工工期:

① 参考下式确定该工种的生产能力, 即



该工种生产能力 = 职工人数 × 制度时间 × 计划出勤率 × 计划效率
× 定额单产 × 出勤工日计划利用率

② 参考下式确定该工种日完成工程量，即

日完成工程量 = 该工种生产能力 / 制度天数

③ 参考下式确定施工工期，即

施工工期 = 分项工程量 / 日完成工程量

第二节 质量管理

一、全面质量管理基本知识

1. 质量

狭义的质量是指产品质量，广义的质量还应该包括产品形成过程的工序质量和企业各项管理活动的工作质量。

(1) 产品质量 指产品在规定使用条件下满足使用要求所具备的特性。如机电产品的使用性能、使用寿命、可靠性、安全性、经济性、标准化等。

1) 产品的使用性能，即产品能适合用户使用的性能。

2) 产品的使用寿命，即产品在规定的时间内能满足各项功能要求的总的工作时间。

3) 产品的可靠性，即产品在规定时间内，完成规定工作任务而不发生故障的概率。

4) 产品的安全性，即产品在流通和使用过程中不发生安全事故的程度。

5) 产品的经济性，即产品在整个寿命周期内所发生的全部费用。如产品的制造成本、税费、使用过程中的运转费用、维护费用等。

6) 产品的标准性，即产品是否符合国家质量标准。

(2) 工序质量 指产品生产过程中每道工序的质量。就安装工程来讲，具体指从施工准备、正式施工到交工验收的全过程的质量。工序质量受以下五个方面的影响：

1) 人的因素：人的第一思想的牢固程度、责任心的强弱、技术水平的高低、精神状态等。

2) 机器因素：施工设备的精度、稳定性、可靠性及维修保养情况等。

3) 材料因素：原材料的强度、硬度、结构、形状、尺寸大小等。

4) 施工方法：工艺、规范、标准等的执行情况。

5) 施工环境：工作场地的安排、布置情况；场地的温度、湿度、照度、卫生、噪声、防尘及过道的畅通情况等。



(3) 工作质量 指企业经营管理活动的工作质量,或者说是企业的技术工作、生产组织工作、各项业务工作及思想工作等方面对产品质量的保证程度。根据分工不同,可以将工作质量分为设计工作质量、施工工作质量、检验工作质量、辅助工作质量等。只有各项管理工作质量得以全面提高,才能保证施工过程各工序的质量,从而提高产品质量或工程质量。

2. 质量管理

质量管理是指企业为保证和提高产品质量而进行的一系列管理活动,如调查、计划、组织、协调、控制、检查、处理及信息反馈等活动。企业的质量管理大致经历了质量检验、统计质量管理和全面质量管理三个阶段。

(1) 质量检验阶段 20 世纪 20 年代,质量检验作为一种专门的工序从生产过程中独立出来。企业开始设置专职的检验部门和检验人员,从产品中挑出次品和废品,保留合格品。这种管理方法对推动产品质量的提高曾经起到一定的积极作用,但它属于“事后检验”,无法将不合格产品消灭在生产过程中,而且,在破坏性检验的情况下如何了解和保证产品质量的问题始终无法得到解决。

(2) 统计质量管理阶段 第二次世界大战初期,美军为了提高军用品的质量,开始研究分析影响产品质量的原因,运用数理统计的方法,从产品质量的波动中找出规律性,及时采取有效措施,对产品生产的各道工序进行严格控制,从而保证了产品质量。这一阶段较质量检验阶段前进了一大步,变事后检验为过程控制,做到以预防为主。但是它忽视了组织管理工作和人的主观能动性的发挥,过分强调了数理统计工具的作用,抽象的理论使人产生高不可攀的感觉,严重影响了统计质量管理方法的推广与应用。

(3) 全面质量管理阶段 20 世纪 60 年代以来,随着科学技术和理论的发展,人们对产品质量提出了更高的要求。美国管理学家朱兰、费根堡姆等人率先提出了“全面质量管理”的概念,标志着质量管理进入了一个崭新的阶段。所谓全面质量管理就是指企业全体职工和企业的各个部门同心协力,密切配合,综合运用各种科学方法及先进的管理技术,建立起从产品的市场调查、研究设计、实验试制、生产制造到销售服务等全过程的质量管理体系。

从以上的三个发展阶段来看,质量管理经历了从事后检验为主转变为事先预防为主,从以产品数量为重点转变为以产品质量为核心,从少数人关心质量转变为全体职工和所有部门都关心质量的三大转变。这使得全面质量管理的对象更加全面、范围更加广泛,职工更加积极、行为更加科学。

3. 全面质量管理的基本要求

(1) 以用户为主 这里的用户有两个方面的含义:一是指本企业最终产



品的用户。全面质量管理要求一切为用户服务,把用户的利益放在第一位,企业全体职工牢固树立“以用户为主”的思想。二是指企业内部生产过程中上道工序和下道工序之间的“用户”。每道工序都以下道工序为自己的用户,为下道工序着想,凡是达不到本道工序质量标准的成品、半成品不准交给下道工序。

(2) 以预防为主 从全面质量管理的观点来看,质量是在设计、制造、流通和使用的过程中逐步形成的。质量管理的重点应该从“事后把关”转移为“事前预防”,做到防检结合,预防为主,把“不合格产品消灭在产品质量的形成过程中”。

(3) 用数据说话 产品的质量在其形成过程中,会受到各种因素的影响和制约,仅凭经验很难得到控制。全面质量管理强调定量分析,用数据说话,避免使用“大概”、“可能”之类的词语。用数理统计的方法,对生产过程中搜集的大量数据进行分析整理,研究质量运动的规律,从而找出影响质量的原因,及时采取措施,改善质量控制方法,全面提高管理工作的质量。

4. 全面质量管理的特点

(1) 全过程管理 全面质量管理要求对产品生产过程进行全面控制。在电气设备安装工程中,必须从设计、施工准备、正式施工、竣工验收、交付使用、跟踪服务等全过程实行质量控制。

(2) 全企业管理 全面质量管理的指标包括了使用价值、价值和满足社会需要三个方面。这三方面对应着企业的各个职能部门,这就要求企业的经营、生产、技术、安全、物资供应、劳动人事、财务政工等各部门都必须以提高产品质量为目的,围绕提高产量开展工作。

(3) 全员管理 全面质量管理要求把质量控制工作落实到每个职工,包括领导、技术人员、管理人员。

二、全面质量管理的常用方法

为进一步提高质量管理各阶段、各部门、各分部分项的工作质量,必须采用以数理统计方法及现代化管理方法为基本方法的科学的全面质量管理方法。常用的方法有分层法、排列图法、因果分析图法、直方图法、控制图法、散布图法、统计调查分析表法七种。这七种统计分析方法又可称为“QC 七工具”。近年来,日本的科学技术联盟的“QC 手法开发部会”根据统筹学、系统工程、价值工程等一系列管理科学的原理,提炼出一种利用语言数据,通过整理分析来解决实际问题的新的科学管理方法,即“新 QC 七工具”,它包括关系图法、系统图法、KJ 法、矩阵图法、矩阵数据图解法、过程决策程序图法、箭条图法七种。



1. QC 七工具

(1) 分层法 又称为分组法、分类法。分层法是一种分析整理原始统计数据的基本方法。它按不同的调查目的,将搜集到的数据加以分类整理,从中发现影响产品质量的原因。通常可按以下几种情况进行分类:

- 1) 按不同的施工时间或季节进行分类。
- 2) 按操作者的性别、年龄等个性特征分类。
- 3) 按使用的机器设备分类。
- 4) 按使用的原材料分类。
- 5) 按操作方法或操作工艺分类。
- 6) 按检测试验手段分类。
- 7) 按施工场地分类。
- 8) 按其他易于获取相关数据的性质、环境、条件等分类。

(2) 排列图法 排列图法是通过分析影响产品质量的诸多因素找出主要因素的方法。所以,排列图又称为主次因素排列图。

排列图由一个横坐标、两个纵坐标、几个矩形和一条曲线组成,如图 8-1 所示。

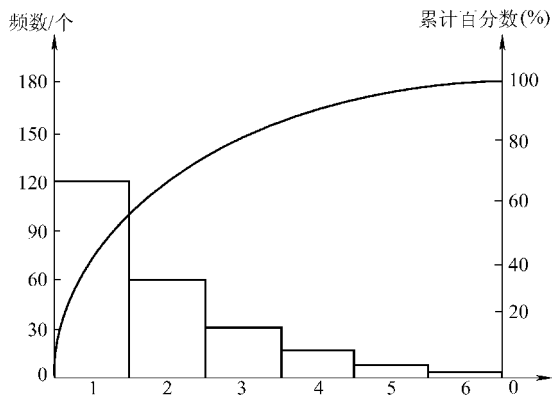


图 8-1 排列图

图中横坐标表示影响施工质量的各因素,按影响程度的大小,从左到右依次排列;左边的纵坐标表示频数,即影响质量因素出现的次数;右边的纵坐标表示累计百分数;矩形的高度表示各种因素影响的大小;图上的曲线表示各种因素影响大小的百分数,这条曲线通常又被称作巴雷特曲线。

排列图的使用说明:

1) 按累计百分数,将影响因素分成 A、B、C 三类。其中 0% ~ 80% 为 A 类,是影响质量的主要因素;80% ~ 90% 为 B 类,是影响质量的次要因素;



90% ~ 100% 是 C 类, 是影响质量的一般因素。

2) 选中一两个主要因素, 防止主要因素过多而抓不住重点。

3) 针对主要因素中发现的问题, 制定整改措施, 加以解决, 以观后效。若主要因素频数明显变小, 说明效果不错。再根据新出现的 A 类因素继续进行改进。

(3) 因果分析图法 因果分析图法是用一种类似树枝状的图形, 层层深入, 寻找导致产生施工质量原因的一种有效方法。因果分析图的结构形式如图 8-2 所示。图中的主干表示待分析的质量问题, 树枝中的大枝、中枝和小枝分别表示产生质量问题的大小原因。大原因一般从五个方面进行分析:

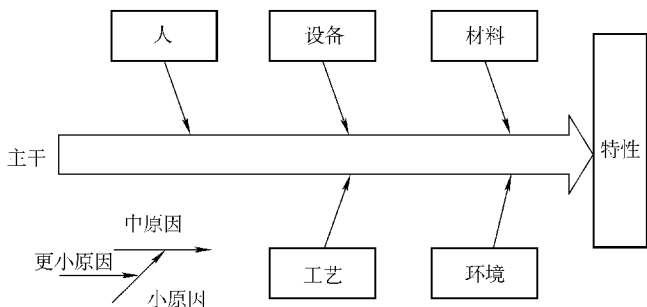


图 8-2 因果分析图的结构形式

- 1) 人的因素, 如施工人员的技术熟练程度、心理素质和精神状态等。
- 2) 工艺因素, 如施工步序、方法等。
- 3) 设备因素, 如施工机械设备的精度、可靠性、维修保养状态等。
- 4) 材料因素, 如电线、电缆是否符合制造标准, 是否有安全认证标志等。
- 5) 环境因素, 如地况、地貌、气候等。

(4) 直方图法 直方图又称为频数直方图、质量分布图。其基本原理是: 将搜集到的数据加工整理后按一定的方法分成若干组, 分别计算出各组数据出现的频数, 画出频数直方图, 最后据此分析质量分布状态及其波动的范围和规律。

直方图的具体做法是:

- 1) 搜集整理数据: 只搜集不合格产品作为样本。为了能比较准确地反映工程的总体状态, 搜集样本的个数不应少于 30 个。
- 2) 计算样本数据的极差值: 一般是用样本数据的最大值减去样本数据的最小值。
- 3) 确定组数和组距: 组数应根据样本容量而定, 样本容量在 50 以下时可分为 5 ~ 7 组, 其他情况下分组数取样本容量的 1/10 比较合适。但分组数不宜太



多。组距的计算可用上面求出的极差值除以分组数。

4) 确定组界限值：一般以数据的最小值开始分组，第一组的上下界限值可按下面的公式计算，即

$$\text{第一组下界限值} = X_{\min} - h/2$$

$$\text{第一组上界限值} = X_{\min} + h/2$$

式中 $X_{\min}$ ——样本数据的最小值；

h ——组距。

5) 列表并统计频数。

6) 绘制直方图：作图时，以组距为底边，以频数为高度，画直方图表示质量特征分布，并在直方图上标出质量标准范围 T 、实际的质量数据分布范围 B 、写上样本容量 n 、均值 $\bar{X}$ 和标准偏差 $\bar{S}$ 等。

根据作出的直方图的形状，可将其分为两大类：一类是正常型直方图，如图 8-3 所示；另一类是非正常型直方图，如图 8-4 所示。

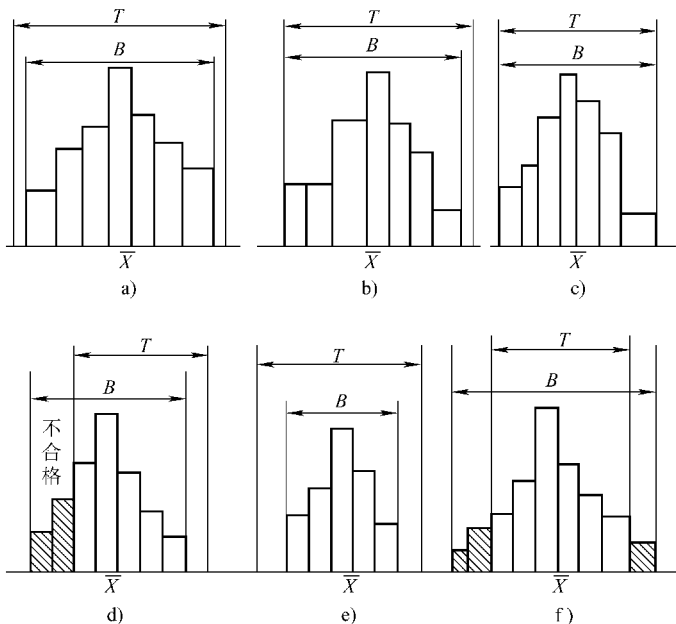


图 8-3 正常型直方图

在正常型直方图中：如图 8-3a 所示， B 在 T 中，且中心重合，生产过程不会出现不合格品；如图 8-3b 所示， B 虽在 T 之中，但中心不重合，工艺稍有变化便可能出现不合格品；如图 8-3c 所示， B 与 T 完全重合，无偏差能力，稍有不慎，则可能出不合格品；如图 8-3d 所示， B 与 T 范围相同，但中心偏离，会出现不合格品；如图 8-3e 所示， T 远大于 B ，虽不会出现不

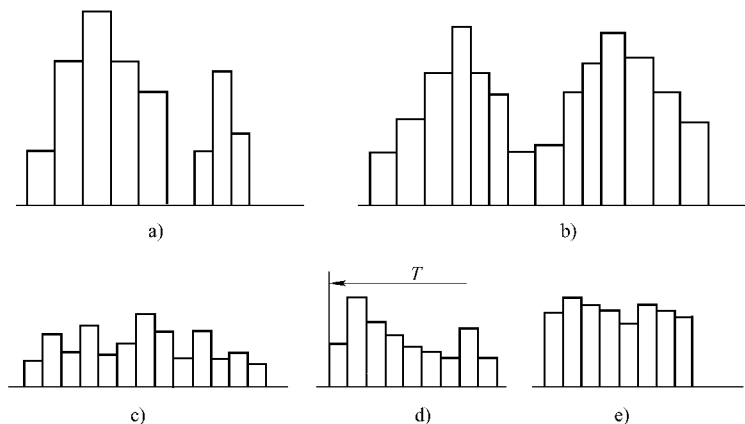


图 8-4 非正常型直方图

a) 孤岛型 b) 双峰型 c) 折齿型 d) 绝壁型 e) 平顶型

合格品，但工序能力过大，影响经济效益；如图 8-3f 所示， B 超过 T ，会出现较多不合格品。

在非正常直方图中：如图 8-4a 所示，孤岛型是由于非熟练工人临时替班或原材料突然发生变化所致；如图 8-4b 所示，双峰型是由于加工机床或施工设备的型号不同所致；如图 8-4c 所示，折齿型是由于数组太多所致；如图 8-4d 所示，绝壁型是由于采用了合格品数据作为样品所致；如图 8-4e 所示，平顶型是由于施工工具的磨损等缓慢变化的因素所致。

(5) 控制图法 又称为管理图法，是判断生产过程是否稳定的一种动态分析方法。

质量控制图如图 8-5 所示。横坐标为等间隔的样本号，纵坐标为质量特征值，平行于横坐标画三条直线分别为控制上限 UCL、中心线 CL、控制下限 LCL，最后将每个样本的质量特征值用点标在图上并用直线连接各点即可。

在对质量控制图进行分析时，有两条基本准则：一是数据各点均应在控制上、下限内，否则视为废品；二是数据各点排列应符合正态分布，否则说明排列有缺陷。

(6) 散布图法 又称为相关图法。散布图就是利用图形分析影响工程质量的任何两要素或变量之间的关系。散布图由直角坐标构成，只需将两组数据的对应关系在坐标内描点即可得到一张散布图。

- 1) 正相关：点的散布大致呈一条直线。
- 2) 弱正相关：点的散布呈直线带趋势，但不规则。
- 3) 不相关：点的散布无规律。

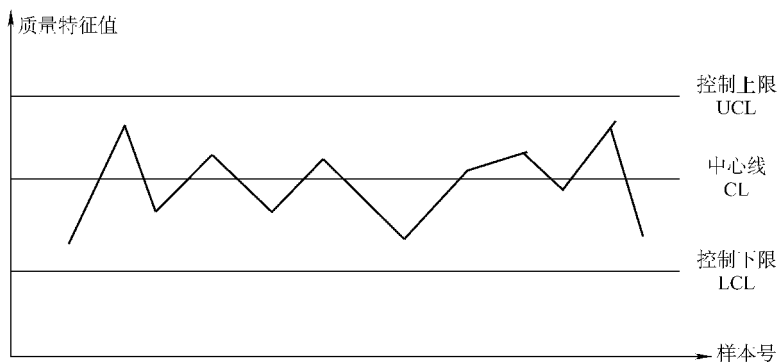


图 8-5 质量控制图

- 4) 负相关: 点的散布呈一条向下的直线带。
- 5) 弱负相关: 与弱正相关正好相反。
- 6) 非线性相关: 点的散布无规律。

(7) 统计调查分析表法 这是一种利用统计表调查、整理、分析数据并得出有关质量问题的结论的方法。常用的统计调查分析表有工序分布调查分析表、产品缺陷部位统计分析表、质量特征分布统计分析表和质量检查评定统计分析表等多种形式。

2. 新 QC 七工具

(1) 关系图法 用箭头表示出几个主要问题及其主要因素之间的因果关系并找出关键问题的方法。

(2) 系统图法 又称为树形图法, 即通过图形系统地表示工程目标与手段之间关系的方法。

(3) KJ 法 将从杂乱无章的状态中搜集来的语言资料按相互接近原则进行统一, 从而找到解决问题的有效方法。

(4) 矩阵图法 将与问题有关的成对因素分别排列成行列构成矩阵图, 然后在其坐标的交点上表示出各因素之间的相互关联程度。

(5) 矩阵数据图解法 将矩阵图中各因素相互关联的数据通过计算加以整理的一种方法。

(6) 过程决策程序图法 它是指事先推想出在实现某一目标的过程中可能发生的各种问题, 及早制定出解决问题的方案和措施, 并随着事态的发展而不断加以修正的方法。

(7) 箭条图法 又称为网络图法, 就是将推进计划所必须的各项工作的时间顺序和从属关系用网络图的形式表示出的一种“矢量图”。



三、QC 小组活动的开展

为实现企业的质量管理方针和目标,企业职工运用科学的理论和方法,以改进产品质量、工序质量、工作质量活动为目的组织起来并开展活动的小组称为质量管理小组,简称 QC 小组。

1. 我国 QC 小组的特点

1) 我国的 QC 小组是职工当家作主、行使民主权利、参加民主管理的新发展。

2) 我国的 QC 小组吸取了传统的群众性质量管理活动的经验。如 20 世纪 70 年代涌现出的“产品信得过班组”,强调思想上坚持质量第一、作风上做到一丝不苟、技术上讲究精益求精。因此,生产出的产品基本上做到了自己信得过、检验信得过、用户信得过、国家信得过。

3) 我国的 QC 小组坚持实事求是、一切从实际出发、广泛采用“三结合”的形式。QC 小组不是从概念、模式出发,更不是形而上学,而是从我国的具体国情、企业的实际、生产课题、工程革新的需要出发。有的在班组、车间、科室、部门纵向建立活动小组;有的跨班组、车间、部门横向建立活动小组。这就使得企业的管理干部、技术人员和工人群众有机地结合起来。QC 小组一方面在实际的生产活动中大搞岗位练兵、互帮互教、劳动竞赛、操作表演、自检互检等;另一方面不断运用科学的工具和方法,搞调查研究和科学实验,取得实效。

4) 我国的 QC 小组结合实际,引进、消化、吸收了国外先进的管理理论和管理方法,认真系统地学习了全面质量管理的理论并借鉴了日本的 QC 小组经验,运用价值工程、网络技术、优选法、正交实验法等科学手段不断的调整、改进、完善 QC 小组的工作内容、方法、效率,取得了可观的经济效益和社会效益。

2. QC 小组的组建和管理

QC 小组的组建要从实际出发,可先由班组长或班组骨干根据质量管理的需要提出活动课题,然后由相关人员自愿结合或行政组建。可以在班组、车间内组建,也可以跨班组、部门组建。对于安装工程而言,尤其应注意在施工现场建立 QC 小组,也可聘请工程技术人员参加。小组以 3~10 人为宜,小组成员应努力学习全面质量管理的基本知识,熟练掌握本岗位的技术标准和工艺要求,组长还应具有一定的文化和业务水平,勤于学习、善于观察、以身作则、团结合作、注意协调。QC 小组应向车间或企业质量管理部门注册登记。QC 小组登记表见表 8-2。



表 8-2 QC 小组登记表

QC 小组 ↓ 班组长 ↓ 工段长 ↓ 主任 ↓ 联络员 ↓ 全质办 本表一式四份,审批后交全质办登记注册, QC 小组、工段长、联络员、全质办各留一份。	部 门	车间	QC 小组登记表		登记号	
		工段			成立日期	
		班组			登记	
	区分: 1 新设, 2 变更, 3 调整, 4 注销, 5 临时		小组名称:	组长姓名: 性别: 年龄:		
	小组理想:					
	序号	姓名	性别	年龄	工龄	
活动成果记录:						
年 月 日						
年 月 日						
年 月 日						
年 月 日						
年 月 日		班组长	工段长	联络员	主任	

192 企业在对 QC 小组进行管理时,应根据国家经济委员会和中国质量协会颁发的《质量管理小组暂行条例》制订本企业的《质量管理小组管理办法》并认真贯彻执行。管理办法的主要内容是就 QC 小组的组织、课题、活动、协调、指导以及成果的总结、发表、评价等作出规定。

3. QC 小组活动开展步骤

QC 小组根据企业的质量管理方针和目标开展活动。基本要求是:一切工作按“计划(Plan)、实施(Do)、检查(Check)、处理(Action)”(简称 PDCA)的程序展开,做到目标明确、现状清楚、对策具体、措施落实、检查认真、总结客观、成果显著。



QC 小组活动的具体步骤如下:

(1) 选定课题 针对施工现场出现的问题,围绕如何提高工程质量、降低成本、保障施工安全等方面选择课题。课题应有定量的适度的目标值,最好能在短期内见效,可以增强小组成员的活动兴趣和爱好。

(2) 分析问题 选择合适的质量管理分析方法或者其他科学先进的数理统计分析方法,对准确、客观的原始记录进行数据整理和分析,以便找准影响工程质量的主要原因。

(3) 制订计划 根据分析出的主要原因,制定出解决问题的具体措施、期限并制订出详细的计划表,落实到人。

(4) 实施对策 QC 小组应按计划表有条不紊地开展工作,保质、保量、按期完成各阶段、各层面的工作任务。

(5) 检查结果 检查是否达到预期目标,主要问题是否解决,还存在哪些问题等。若未实现既定目标就该分析原因后再次进入“PDCA”循环,直至达到预定目标。

(6) 总结交流 对确有成效的新工艺、规程、制度、办法、措施等必须经生产或工作验证三个月以上报主管部门审批后加以标准化,以巩固取得的成果。成果在本部门发表后还应填写“QC 小组活动成果申请表”进行审批。另外,为了推进 QC 小组的活动,企业各级领导、质量管理部门、工会和质量管理部门要经常组织各种形式的交流会,并定期召开成果发布会。因此, QC 小组必须认真填写《质量管理小组活动成果报告书》,在会上推广交流。发表成果的主要内容有以下几个方面:

1) 小组概况:包括 QC 小组建立的目的、组成、命名、成果、活动次数和时间等。

2) 课题简介:说明成果内容及其所在工序、生产流程等。

3) 选择理由:解释为何选择该课题,是否符合企业的方针目标等。

4) 现状调查:图表说明现场调查的实际情况。

5) 活动目标:根据企业的方针政策和目标要求以及调查的现状确定小组活动目标。

6) 整理要因:可用因果图表示。

7) 确定要因:说明采用过什么方式、进行过哪些调查、得到了哪些数据,来确定要因的。

8) 制定对策:讲明对策及措施的内容、负责人和完成日期等。

9) 实施对策:说清对策实施过程、实施前后的效果对比及经济效益。

10) 巩固措施:修改和制定各类标准或工程图样。

11) 回顾体会:谈一谈参加 QC 小组的心得体会和今后的活动计划等。



复习思考题

1. 班组管理有何作用? 具体要求是什么?
2. 简述班组经济核算的原则、要求和方法。
3. 班组作业计划主要包括哪些内容?
4. 怎样确定施工工期?
5. 影响工序质量的原因有哪些?
6. 什么是全面质量管理? 它有哪些具体要求?
7. 什么是 QC 七工具? 什么是新 QC 七工具?
8. 什么是 QC 小组? 简述 QC 小组的组建和管理。

试 题 库

知识要求试题

一、判断题(对画√,错画×)

1. 晶闸管既可以控制电流的通断,又可以放大电流。 ()
2. 晶闸管具有单向导电性。 ()
3. 晶闸管的通态平均电压越小越好。 ()
4. 晶闸管电路触发延迟角越大,整流输出电压平均值越高。 ()
5. Windows 2000 操作系统是计算机的应用软件。 ()
6. 3DS 绘图软件是计算机的系统软件。 ()
7. 我们常说的计算机的 A 驱、C 驱、D 驱、E 驱等都是硬盘驱动器。 ()
8. 电路图中各触头状态,通常按正常通电工作的状态画出的。 ()
9. 互锁电路构成的原则是,将两台不允许同时工作的接触器的常闭触头串入对方线圈所在控制回路中。 ()
10. 字节是计算机中所能表示的最基本和最小单位。 ()
11. 调速系统的机械特性越硬,静差率越小,转速稳定度越高。 ()
12. 调速系统的超调是越小越好。 ()
13. 无静差调速系统在调节后期比例作用不明显,积分调节上升到主导地位。 ()
14. 示波管的电子束是在磁场作用下发生偏转的。 ()
15. 通过调节示波器的聚焦旋钮来调节光点的明暗。 ()
16. 液压缸是液压系统的驱动元件。 ()
17. 绝对压力应为大气压力和表压力之和。 ()
18. 电气系统图通常需表明电气回路中各元器件的具体安装位置和接线方法。 ()



19. 网络图中决定总工期,控制工程进度的线路称为关键线路。 ()
20. 最小子项目中的材料费包括主材费和辅材费两项。 ()
21. 设备购置费不同于主材费。 ()
22. 汽车起重机允许吊载行驶。 ()
23. 电气试验的主要目的是进行特性试验。 ()
24. 泄漏电流测试与绝缘电阻测试相比,泄漏电流测试能更加有效地查出绕组和套管的绝缘缺陷。 ()
25. 泄漏电流测试不能发现未贯通的集中性缺陷及绝缘整体老化。 ()
26. 介质损耗角正切值一般在绝缘电阻和泄漏电流测试工作结束之后测试。 ()
27. 工频交流耐压试验必须在其他非破坏性试验项目的绝缘试验合格后进行。 ()
28. 电流继电器的返回系数小于1。 ()
29. 电磁型电流继电器检验的一般性要求是重复三次动作电流试验,每次测量值与整定值之间的误差应大于 $\pm 3\%$ 。 ()
30. 过电压继电器返回系数通常小于0.9。 ()
31. 计算机监控系统的应用软件的修改应在离线时进行。 ()
32. 电力电缆的闪络性故障只在电缆长期运行过程中才发生。 ()
33. 电桥法测量绕组直流电阻时,应先接通检流计再接通电源,测量完毕应先断开电源,再断开检流计。 ()
34. 工频交流耐压试验又称破坏性试验。 ()
35. 单相法试验时,变压器不同的接线方式,其电压比的计算公式不一样。 ()
36. 新式变压器常用的联结组标号有“Yyn0”、“Dyn11”、“Yd11”、“YNd11”四种。 ()
37. DS—30 系列时间继电器动作时间的调整可通过调整弹簧的拉力来实现,拉力越小,时间越快。 ()
38. 电梯额定速度大于 1m/s 时,通常选用瞬时式安全钳。 ()
39. 凸轮式限速器反应灵敏度高、可靠性好,被广泛应用于快速和高速电梯中。 ()
40. 缓冲器是电梯最后一道安全保护机械装置。 ()
41. 弹簧式缓冲器多用在电梯运行速度 $\leq 1.0\text{m/s}$ 的电梯上。 ()
42. 油压式缓冲器必须采用能自动复位的安全触头开关。 ()
43. 电梯试运行应在120%额定载荷的状态下,以通电持续率为40%的运行条件,往复升降,各自运行1.5h。 ()



44. 电梯平层准确度试验测量取值应是电梯停靠层站后,轿厢地坎上平面对层门地坎上平面在开门宽度 $1/2$ 处上下垂直方向的差值。 ()
45. 在对运行中轿厢内的噪声测试时,声级计可置于轿厢内任何位置多次测量,取平均值。 ()
46. 噪声测量时,记录测试噪声值应该用表测噪声值加上修正量。 ()
47. 警铃、轿厢内电话属于电梯的标准功能之一。 ()
48. 电梯平层偏差总是正值。 ()
49. 电梯平衡系数测定时,如果实测数据大于 50% ,应增加对重块。 ()
50. 当对重单独装设限速器时,对重限速器的动作速度应略高于轿厢限速器动作速度。 ()
51. 弹簧式缓冲器试验时,配合人员将载有额定载荷的轿厢以检修速度撞击缓冲器,直至曳引绳在曳引绳槽上打滑。 ()
52. 油压式缓冲器检验时,电梯应以额定载荷和检修速度撞击缓冲器。 ()
53. 调整电梯感应铁板时,无论电梯上行还是下行,只要平层高,感应铁板一律上移。 ()
54. 调整基准层以外的平层,只能通过调整感应铁板的位置来实现。 ()
55. BKD19 系列矿用隔爆型真空馈电开关不具有电动机过载和短路保护功能。 ()
56. 高压真空接触器适用于 $3 \sim 10\text{kV}$ 三相交流电力系统中,不频繁启动电机。 ()
57. 真空电磁起动器具有远距离启动、停止、换向电动机功能。 ()
58. 不管何种类型的真空断路器,均配有限制操作过电压的保护措施。 ()
59. 交流耐压试验时,回路中低于耐压试验值的有关设备及元器件应临时从系统中退出。 ()
60. 试运行时应安排人员值班,无人房间应上锁。 ()
61. 比较法又称量差和价差分析法,是工程质量分析的有效方法。 ()
62. 安装工程的工序质量具体指从施工准备、正式施工到交工验收全过程的质量要求。 ()
63. QC 小组应向工商部门注册登记。 ()
64. 晶闸管和普通三极管一样,都有三种工作状态,即截止、放大和饱和。 ()
65. 调速系统的稳态误差是指在稳态条件下输出量的期望值与稳定值之间的误差,它反映了系统的准确程度。 ()
66. 通用示波器整步系统的作用是引入一个相位可调的电压,来控制扫描电



- 压与被测信号电压保持同步,使屏幕上显示出稳定的波形。()
67. 示波管电子偏转的原理和显像管电子偏转原理相同。()
68. 由液流连续性原理可知液体在管道中稳定流动时,流经管道每一截面的流量相等。()
69. 在总体工程施工进度网络图中,所需时间最短的线路通常称作关键线路。()
70. 好的施工方案应该满足施工过程的连续性、比例性和均衡性的基本要求。()
71. 辅材是图样中直接表现出来的而在具体施工过程又必须用到的材料。()
72. 直接工程费是构成工程量清单中“分部分项工程费”的主体费用。()
73. 测量绝缘电阻和吸收比不能发现未贯通的集中性缺陷,整体老化及游离缺陷。()

二、选择题(将正确答案的序号填入括号内)

(一) 单选题

- 普通晶闸管具有()。
A. 电流放大作用 B. 单向导电性
C. 可控的单向导电性 D. 电压放大作用
- 为了解决电感性负载对晶闸管的影响,通常在负载两端()。
A. 正向并联一个二极管 B. 反向并联一个二极管
C. 正向串联一个二极管 D. 反向串联一个二极管
- 为了扩大移相范围,通常在反电动势负载电路中串联()。
A. 电阻 B. 电容
C. 二极管 D. 滤波电抗器
- 调速范围是自动调速系统中的()。
A. 静态指标 B. 动态指标
C. 经济指标 D. 其他
- 反映系统准确程度的指标是()。
A. 调速范围 B. 静差率
C. 平滑性 D. 稳态误差
- 通用示波器扫描发生器的作用是()。
A. 产生频率可调的锯齿波电压 B. 产生正弦波电压
C. 产生 1kHz 方波信号 D. 产生主机振荡信号



7. 按一定比例绘制表示设备安装制作方法的图样是()。
- A. 系统图 B. 原理图
- C. 安装大样图 D. 安装接线图
8. 适用于工期、质量、效率等指标要求都比较严格的大中型工程的施工方法是()。
- A. 顺序施工法 B. 平行施工法
- C. 流水施工法 D. 其他
9. 通常说的人工费、材料费和机械费属于()。
- A. 直接费中的最小子项目 B. 税金
- C. 间接费 D. 计划利润
10. 一般由司机进行的起重机保养工作是()。
- A. 例行保养 B. 定期保养
- C. 换季保养 D. 走合保养
11. 用绝缘电阻表测吸收比时, 分别读取()。
- A. 15s 和 60s B. 30s 和 60s
- C. 15s 和 30s D. 45s 和 60s
12. 下列试验项目属于破坏性试验的是()。
- A. 绝缘电阻和吸收比测量 B. 线圈直流电阻测试
- C. 泄漏电流测试 D. 工频交流耐压试验
13. 变压器绕组的绝缘电阻可与出厂值比较, 相同温度下, 不应低于出厂值的()。
- A. 10% B. 50% C. 70% D. 90%
14. 三相变压器各相绕组的直流电阻之间的差别一般应在三相平均值的()。
- A. 4% B. 0.4% C. 40% D. 80%
15. 新装的电力变压器交接验收时的介质损耗角正切值不应大于出厂试验值的()。
- A. 1.3 倍 B. 3 倍 C. 0.3 倍 D. 2 倍
16. 电缆寻测时, 微安表通过的故障监视电流通常控制在()。
- A. 0 ~ 10 μ A B. 10 ~ 20 μ A
- C. 20 ~ 100 μ A D. 100 ~ 200 μ A
17. 电缆寻测时, 电桥上所加直流电压应控制在(), 防止过高电压击穿电桥绝缘。
- A. 220V 以内 B. 380V 以内
- C. 10kV 以内 D. 10 ~ 20kV



18. 电缆断线故障比较准确的寻测方法是()。
- A. 电容电桥法 B. 脉冲测距法
C. 冲击闪络法 D. 感应法
19. 变压器 10kV 高压绕组工频交流耐压试验电压选()。
- A. 1kV B. 10kV C. 30kV D. 50kV
20. 油浸式变压器注油后, 应静置()才能做工频交流耐压试验。
- A. 45min B. 1h 左右
C. 10h 以上 D. 24h 以上
21. 电压比试验时, 试验施加电压不应低于被试变压器额定电压的()。
- A. 1% B. 10% C. 80% D. 100%
22. 电力变压器一、二次侧实测电压与联结组标号时钟时序通常有如下规律: U_{wv} 实测值与 U_{vw} 相等, 且大于 U_{vw} 的实测值时, 变压器联结组标号为()。
- A. 1 点钟接法 B. 6 点钟接法
C. 11 点钟接法 D. 0 点钟接法
23. QS1 型电桥测量介质损耗时, 对于现场安装的一极接地的被试品宜选用()。
- A. 正接线法 B. 反接线法
C. 低压法 D. 其他
24. 电梯平衡系数合格标准是()。
- A. 10%~20% B. 40%~50%
C. 40%~70% D. 50%~80%
25. 电梯噪声试验用声级计常采用()。
- A. A 计权快挡 B. C 计权
C. B 计权 D. A 计权慢挡
26. 下列不属于电梯标准功能的是()。
- A. 超载保护功能 B. 报站功能
C. 满载直驶 D. 并联运行功能
27. 电梯具有自救运行功能, 可以确保电梯运行中发生意外时能自动将轿厢运行至()楼层, 停车、开门、放人。
- A. 底层 B. 顶层
C. 中间层 D. 最近层
28. 电梯基准层平层调整时, 要求误差()。
- A. $< \pm 2\text{mm}$ B. $< \pm 10\text{mm}$
C. $< \pm 20\text{mm}$ D. $< \pm 100\text{mm}$



29. 照明和报警应急电源至少应确保外电源中断后继续维持正常工作()。
- A. 15min 以上 B. 30min 以上
C. 1h 以上 D. 24h 以上
30. 真空断路器灭弧室通常工作在()。
- A. 0.1MPa 以下 B. 10^{-2} Pa 以下
C. 0.1MPa 以上 D. 10^{-2} Pa 以上
31. 变配电装置试运行时间一般为()。
- A. 72h B. 36h C. 24h D. 12h
32. 照明线路中试运行时间一般为()。
- A. 24h B. 12h C. 8h D. 2h
33. 班组经济核算的原则是()。
- A. 按劳分配
B. 追求经济效益最大化
C. “干什么、管什么、算什么”
D. 降耗节能
34. 班组经济核算的主要内容是()。
- A. 核算人工和材料的消耗 B. 核算工时
C. 核算工程总量 D. 核算工资
35. 施工工期等于()。
- A. 该工种生产能力/制度天数
B. 分项工程量/日完成工程量
C. 分项工程量/制度天数
D. 分项工程量/该工种生产能力
36. 下面不属于传统“QC 七工具”的方法是()。
- A. 排列图法 B. 控制图法
C. 统计调查分析法 D. 关系图法
37. 下面不属于新“QC 七工具”的方法是()。
- A. 系统图法 B. 直方图法
C. KJ 法 D. 箭条法
38. QC 小组开展活动的基本要求是()。
- A. 一切工作按“计划、实施、检查、处理”的程序展开
B. 一切工作按“计划、检查、处理、实施”的程序展开
C. 一切工作按“计划、组织、实施、总结”的程序展开
D. 一切工作按“调查、申请、计划、实施”的程序展开



39. 显示卡最基本的三项指标是()。
- A. 分辨力、色深和刷新频率
B. 分辨率、色调和刷新频率
C. 分辨率、色深和主频
D. 分辨率、色深和刷新频率
40. 下列说法中不属于调速系统动态指标的是()。
- A. 最大超调量 B. 上升时间
C. 调整时间 D. 平滑系数
41. 无级调速系统调速的平滑性为()。
- A. 1 B. 0.5 C. 0 D. ∞
42. 已知被测正弦波经 $\times 10$ 探极接入示波器 Y 通道, 偏转因数置于 $1\text{V}/\text{div}$, 波形峰峰之间的距离为 4 格, 则该电压的有效值为()。
- A. 40V B. 28.2V C. 14.1V D. 28.2V
43. 下面关于端子编号说法错误的是()。
- A. 端子的右侧与屏内设备相连, 写上设备编号
B. 中左侧为端子顺序编号
C. 中右侧为控制回路对应点回路编号
D. 右侧与屏外设备或小母线相连
44. 下面关于起重作业中支腿操作不正确的是()。
- A. 放支腿前必须挂上停车制动器, 拔出支腿固定销
B. 放支腿时, 应先放前支腿, 再放后支腿
C. 回转支撑基准面应保持水平
D. 放好支腿后应再次检查支腿的接地情况, 不得有三支点的现象
45. 短路试验的目的()。
- A. 发现磁路中的局部或整体缺陷
B. 检查绕组匝间、层间的绝缘是否良好
C. 检查变压器的铁心片间绝缘和装配质量等
D. 求得变压器的负载损耗和短路电压
46. 耗能型缓冲器检验时, 电梯应以()撞击缓冲器。
- A. 80% 额定载荷 B. 100% 额定载荷
C. 120% 额定载荷 D. 检修速度
47. 电梯空载测量曳引电动机电流及曳引速度, 应符合下面的规定: ()。
- A. 电梯的起动电流不应超过曳引电动机额定电流的 2.5 倍
B. 电梯的起动电流应大于曳引电动机额定电流的 2.5 倍



- C. 电梯空载下行曳引电动机的最大工作电流应超过其额定电流
- D. 电梯以检修速度运行时, 其曳引速度应接近电梯的额定速度

(二) 多选题

1. 晶闸管在电路中可用作()。
 - A. 整流
 - B. 逆变
 - C. 变频
 - D. 斩波
2. 晶闸管对触发信号的要求是()。
 - A. 有一定移相范围
 - B. 与晶闸管阳极电源同步
 - C. 有足够的功率和一定的宽度、幅度
 - D. 上升沿脉冲要平缓
3. 晶闸管常用的保护电路形式有()。
 - A. 过电流继电器保护
 - B. RL 系列熔断器保护
 - C. 阻容过电压保护
 - D. 压敏电阻过电压保护
4. PWM 型变频器的优点是()。
 - A. 能完全消除各次谐波
 - B. 转矩脉冲小
 - C. 调速范围宽
 - D. 能消除与抑制低次谐波
5. 交-直-交变频器主要由以下几部分组成()。
 - A. 整流滤波电路
 - B. 驱动电路
 - C. 保护电路
 - D. 控制器
6. 计算机主要由()等部分组成。
 - A. 运算器
 - B. 控制器
 - C. 存储器
 - D. 输入/输出装置
7. 计算机显卡最基本的三项指标是()。
 - A. 分辨率
 - B. 色深
 - C. 亮度
 - D. 刷新频率
8. 下面属于计算机输入设备的有()。
 - A. 显示器
 - B. 音箱
 - C. 键盘
 - D. 鼠标
9. 模拟信号变换成数字信号必经的步骤是()。
 - A. 取样
 - B. 量化
 - C. 纠错
 - D. 编码
10. 常用的数字调制方式有()。
 - A. 振幅键控法
 - B. 频率键控法
 - C. 相位键控法
 - D. 其他
11. 单片机的“三总线”是指()。
 - A. 地址总线
 - B. 数据总线
 - C. 控制总线
 - D. 时钟线



12. 直流电动机的调速方法有三种()。
- A. 改变电枢回路的总电阻的调速
B. 减弱电动机的励磁磁通的调速
C. 变频调速
D. 调节电枢供电电压的调速
13. 异步电动机的调速方法有()。
- A. 变极调速
B. 变转差率调速
C. 变频调速
D. 改变绕线转子回路电阻调速
14. 电气平面图()。
- A. 反映电气设备的安装位置
B. 反映电气设备安装方式
C. 反映导线的走向及敷设方法
D. 不反映设备的具体形状
15. 识读电气工程图样的基本原则是()。
- A. 先强电后弱电
B. 先系统后平面
C. 先动力后照明
D. 先下层后上层, 先室内后室外
16. 下面关于端子的排列说法正确的是()。
- A. 同一屏上各安装单位之间的连接经端子排
B. 控制电源的正负极经端子排
C. 屏内设备与直接接至小母线设备一般经过端子排
D. 屏内设备与屏外设备的连接必须经过端子排
17. 下面关于二次电缆敷设说法正确的是()。
- A. 二次电缆敷设通常选用多芯控制电缆
B. 当电缆截面积小于 1.5mm^2 时, 电缆芯不超过 30 芯
C. 计量表电流回路电缆截面积不小于 1mm^2
D. 控制信号回路用控制电缆截面积不小于 1.5mm^2
18. 施工方案编制的主要内容有()。
- A. 施工方法的确定
B. 施工计划的编制
C. 工程预算
D. 物资供应计划及管理
19. 选择起重机型号的主要依据参数是()。
- A. 回转速度
B. 起重量
C. 起升高度
D. 幅度



20. 流动式起重机支腿操作时应注意()。
- A. 放支腿前必须挂上停车制动器
B. 放支腿时, 应先放后支腿, 再放前支腿
C. 支腿接地不得出现“三支点”现象
D. 放支腿前应了解地面的承压能力, 合理选择垫板的材料、面积及接地位置, 防止作业时支腿沉陷
21. 电气试验的技术要求包括()。
- A. 精心组织
B. 规范操作
C. 善后处理
D. 试验记录
22. 下列试验项目中属非破坏性试验的是()。
- A. 工频交流耐压试验
B. 短路特性试验
C. 绕组直流电阻测量
D. 吸收比测量
23. 变压器短路试验的目的是()。
- A. 测变压器的空载电流和空载损耗
B. 判断绕组层间绝缘是否良好
C. 求得变压器的负载损耗
D. 求得变压器的阻抗电压
24. 中间继电器试验的基本要求是()。
- A. 带自保线圈的中间继电器, 新安装时必须进行极性试验
B. 动作电压和保持电压不大于额定电压的 70%
C. 动作电流和保持电流不大于额定电流的 80%
D. 额定电压的 70%~100%, 中间继电器动作时间几乎相等
25. 信息传送联动试验主要包括()。
- A. 接口装置和信号线的常规检查
B. 动力线的常规检查
C. 静态接口试验
D. 动态接口试验
26. 电力电缆通常由()等部分组成。
- A. 电缆
B. 电缆中间接头
C. 电缆终端头
D. 电缆地线
27. 电力电缆常见故障表现为()。
- A. 低电阻接地或短路故障
B. 高电阻接地故障
C. 断线故障
D. 闪络性故障
28. 影响变压器空载损耗和空载电流大的原因主要有()。
- A. 铁心松动或装配不良
B. 铁心或绕组局部短路



- C. 未进行温度换算 D. 绕组并联支路短路
29. 影响泄漏电流测试结果的因素有()。
- A. 温度 B. 被试品表面受潮、脏污
- C. 仪表精度 D. 试验用导线规格
30. 电梯运行试验过程中应同时检验的项目有()。
- A. 轿厢振动和加、减速度的检测
- B. 制动器工作状态检查
- C. 曳引机及减速箱的检查
- D. 平层准确度的检验
31. 电梯噪声测定主要包括()。
- A. 减速箱工作时噪声测定 B. 运行中轿厢内噪声测试
- C. 开关门过程中的噪声测试 D. 机房噪声测试
32. 造成电梯水平振动的主要原因有()。
- A. 轿厢本身装配不良 B. 轿厢连接螺栓松动
- C. 导向装置不良 D. 曳引机地脚螺栓松动
33. 造成电梯垂直振动的主要原因有()。
- A. 曳引机减速箱齿轮啮合不良
- B. 曳引机地脚螺栓松动
- C. 轿厢严重变形
- D. 曳引钢丝绳受力不均
34. 电梯运行时轿厢内的噪声来源是()。
- A. 轨润滑不良 B. 滑动导靴内有异物卡住
- C. 滑动导靴磨损严重 D. 安全钳楔块与导轨间隙过小
35. 真空断路器主要由()三大部分组成。
- A. 真空灭弧室 B. 操动机构
- C. 支撑部件 D. 隔离开关
36. 真空断路器具有以下特点()。
- A. 真空介质绝缘强度高
- B. 真空介质不会老化
- C. 不需采取冷却电弧的技术措施
- D. 电弧能量小
37. 隔爆型真空馈电开关由()等部分组成。
- A. 隔爆外壳 B. 真空断路器
- C. 隔离开关 D. 控制单元



38. 真空断路器的调试包括以下内容()。
- 手动操作检查
 - 二次控制回路通电试验
 - 测量回路电阻和接地电阻
 - 真空度测试、绝缘耐压试验及试送电操作等
39. 防爆电气设备的铭牌中必须包括下列内容()。
- 必须标有国家检验单位发给的“防爆合格证号”
 - 有强制认证标志
 - 有“EX”标志
 - 标明防爆电气设备的类型、级别、组别等内容
40. 在对设备试运行前的质量检验时要查看的资料有()。
- 工程图样和设计变更证明
 - 隐蔽工程验收记录
 - 分项质量评定记录
 - 设备、材料出厂合格证
41. 在对设备试运行前的质量检验时,现场查看的内容有()。
- 看电气设备的安装位置是否符合要求
 - 检验电气设备有无破损,管道、线路的安装、连接工艺是否符合国家标准
 - 相关电气设备有无漏油现象
 - 对有疑问的主控项目进行抽查
42. 试运行方案的具体内容主要包括()。
- 设备概述
 - 试运行必备条件和人员、物资的配置
 - 试运行的操作程序、步骤和方法
 - 技术、安全措施及设备验收等
43. 班组管理按管理的对象不同,可分为()。
- 常规管理
 - 生产管理
 - 生活管理
 - 制度管理
44. 班组管理的作用主要体现在()。
- 为企业经营决策提供正确依据
 - 确保企业有序地组织生产活动
 - 为企业不断提高经济效益提供依据
 - 促进企业管理现代化



45. 班组作业计划的内容主要包括()。
- A. 施工作业计划和实物工程量计划
B. 材料、加工件的需用计划
C. 施工机具、设备计划
D. 劳动力计划
46. 企业的质量管理大致经历了()三个阶段。
- A. 事前检验 B. 事后检验
C. 过程控制 D. 全面质量管理
47. 全面质量管理的基本要求是()。
- A. 以用户为主 B. 以预防为主
C. 用数据说话 D. 用事实说话
48. QC 小组应向()注册登记。
- A. 工商管理部门 B. 车间
C. 企业质量管理部门 D. 公司办公室
49. QS1 型电桥测量介质损耗有哪三种方法()。
- A. 正接法 B. 反接法
C. 高压法 D. 低压法
50. 下面关于三相半波可控整流电路中触发延迟角 α 说法正确的是()。
- A. 当触发延迟角 $\alpha = 0^\circ$ 时, 输出电压的平均值最大
B. 当 $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$ 时, 输出电压的波形不连续
C. 当 $30^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ 时, 输出电压的波形是连续的
D. 当 $\alpha < 0^\circ$ 时, 输出电压将造成缺相运行, 这是不允许的
51. PWM 型交—直—交变频器的优点是()。
- A. 能消除与抑制低次谐波
B. 使负载电动机在近似正弦波交变电压下运行
C. 转矩脉冲小
D. 调整范围宽
52. 改变电枢回路的总电阻调速具有的特点是()。
- A. 线路简单, 系统设计、安装、调整方便, 投资省
B. 机械特性软, 耗能多, 调速范围窄, 调速不平滑
C. 只能用在简单的生产机械上
D. 调速平滑, 调速范围大, 机械特性硬
53. 下列关于端子排列说法正确的是()。
- A. 屏内设备与屏外设备的连接必须经端子排, 其中交流回路经试验端子
B. 屏内设备与直接接至小母线设备一般经过端子排



- C. 控制电源的正负极经端子排
- D. 同一屏上各安装单位之间的连接经端子排
- 54. 税金包括按国家规定计入建筑安装工程造价内的()。
 - A. 营业税
 - B. 城市建设维护税
 - C. 教育附加税
 - D. 个人所得税
- 55. 测试电压比的目的是()。
 - A. 判断并联支路连接是否正确
 - B. 判断变压器是否存在匝间短路的现象
 - C. 判断电压比的准确度,以确定该变压器能否并联运行
 - D. 检查变压器的电压比是否与其铭牌标注数据相符合
- 56. 电梯超载运行试验检查的内容包括()。
 - A. 电梯能可靠地起动、运行和停止,制动器可靠制动
 - B. 电动机的温升应不超过 60°C
 - C. 电梯起动、制动应平衡变速,其加、减速度应 $\leq 1.5\text{m/s}^2$
 - D. 曳引绳在线槽内不应滑动

三、简答题

1. 普通晶闸管具有哪些特性?
2. 晶闸管对触发信号有哪些具体要求?
3. 变频器通常由哪几部分组成?简述 PWM 型变频器的工作原理。
4. 简述计算机系统的组成。
5. 绘制、识读接线图应遵循哪些原则?
6. 自动调速系统中的静态指标有哪些?
7. 直流电动机的调速方法有哪几种?
8. 试分析直流闭环控制系统的调节过程。
9. 什么是无静差调速系统?什么是 PID 控制?
10. 异步电动机的调速方法有哪几种?
11. 变频调速有哪些优点?
12. 通用示波器主要有哪几部分组成?各部分有何作用?
13. 如何正确使用晶体管特性图示仪?
14. 常用的施工图样可分为哪几类?识读电气工程图样一般顺序是什么?
15. 二次设备端子排列应遵循哪些原则?
16. 二次设备端子编号应遵循哪些原则?
17. 什么是施工进度网络图?如何编制?
18. 什么是施工方案编制?编制的主要内容有哪些?



19. 什么是工程预算? 电气安装工程预算通常分为哪几部分?
20. 如何对流动式起重机进行保养?
21. 简述电气试验的技术要求。
22. 变压器的电气试验项目有哪些?
23. 简述电磁型电流继电器检验的基本要求。
24. 简述中间继电器检验的基本要求。
25. 简述信号继电器检验的基本要求。
26. 简述计算机监控电气设备安装技术要点。
27. 电力电缆有哪些常见故障?
28. 简述电力变压器高压绕组工频交流耐压试验的操作要领。
29. 如何分析检查电动机绕组接地的故障?
30. 高压电动机巡视有哪些具体要求?
31. 分析合闸后电动机有嗡嗡声而不转动的故障原因。
32. 简述电梯平衡系数的测定方法。
33. 简述电梯限速器可靠性的检验方法。
34. 简述电梯弹簧式缓冲器的检验方法。
35. 简述电梯平层准确度的试验方法。
36. 简述电梯噪声的测定方法。
37. 试分析并排除电梯运行时轿厢内的噪声故障。
38. 简述真空度测试方法。
39. 真空断路器有哪些特点?
40. 简述隔爆型真空电磁起动器安装训练要领。

四、作图题

1. 画出电阻性负载三相半波可控整流电路图, 并画出其负载两端的电压波形。
2. 有两台电动机 M1、M2。要求: M1 起动后 M2 才能起动, M2 停止后 M1 才能停止。画出继电器—接触器控制电路。
3. 画出双速电动机控制电路。
4. 画出直流闭环控制系统原理图。
5. 用流程图表示施工方案编制步骤。
6. 画出变压器工频交流耐压试验接线图。



技能要求试题

一、真空断路器及其操作机构调试

1. 考核内容

(1) 考核要求

1) 调整 10kV 真空断路器(以 ZN3—10T 型为例)。

2) 操作机构调整(以 CD 型直流电磁操动机构为例)。

(2) 时间定额 180min。

(3) 安全文明生产

1) 正确执行安全技术操作规程。

2) 按企业有关文明生产的规定,做到工作地整洁,工件、工具摆放整齐。

2. 配分、评分标准(见表 1)

表 1 真空断路器及其操动机构调整评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	真空断路器调整	1. 行程调整 2. 同步测量调整 3. 分闸、合闸平均速度、时间测量、调整	60	1. 总行程未达(15 ± 1) mm, 超行程不在 3 ~ 4mm 内扣 5 分 2. 三相间行程差大于 1mm 扣 3 分 3. 平均分闸速度小于 0.9 ~ 1.1m/s, 时间大于 0.05s 扣 5 分 4. 平均合闸速度小于 0.45 ~ 0.75m/s, 时间大于 0.15s 扣 5 分			
2	直流电磁操动机构调整	1. 手动操作试验 2. 80%、100%、115% 额定电压合闸试验与调整	40	1. 各种电压下操作 3 次, 有一次拒动、误动扣 5 分			



(续)

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
2	直流电磁操 动机构调整	3. 65%、 100%、115% 额定电压分闸 调试 4. 辅助开关 调试	40	2. 辅助开关动作不 同步、接触不良扣5分			
3	安全文明 生产	遵守安全操 作规程,正确 使用工、量具, 操作现场整洁		按达到规定的标准程 度评定,一项不符合要 求从总得分中扣5分			
		安全用电, 无人身、设备 事故		因违规操作,发生重 大人身或设备事故,此 题按0分计			
4	分数合计		100				

二、变压器绝缘电阻和吸收比测定及交流耐压试验

1. 考核图样(见图 3-24)

2. 考核内容

(1) 考核要求

1) 测定变压器绝缘电阻和吸收比。

2) 工频交流耐压试验(建议考点用 0~450V 三相自耦变压器代替高压试验变压器,进行模拟试验,同时修改表的刻度)。

(2) 时间定额 180min。

(3) 安全文明生产

1) 正确执行安全技术操作规程;考核时应有专人负责安全工作!

2) 按企业有关文明生产的规定,做到工作地整洁,工件、工具摆放整齐。

3. 配分、评分标准(见表 2)

表 2 变压器绝缘电阻和吸收比测定及交流耐压试验评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	变压器绝 缘电阻和吸 收比的测试	1. 做好试验前 的准备工作	50	1. 未做好试验前的 断电、断线、放电、清 洁等准备工作扣 10 分			



(续)

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	变压器绝缘电阻和吸收比的测试	2. 测量高压绕组对地的绝缘电阻 3. 测量高压绕组对低压绕组的绝缘电阻 4. 测量低压绕组对地的绝缘电阻 5. 测量吸收比 6. 整理并分析试验结果	50	2. 分项试验接线错误、操作违规，一处扣20分扣完本项配分为止 3. 结果分析处理出现原则性错误扣10分			
2	工频交流耐压试验	1. 做好试验前的准备工作 2. 高压绕组试验 3. 低压绕组试验 4. 整理并分析试验结果	50	1. 未做好试验前的断电、断线、放电、清洁等准备工作扣10分 2. 分项试验接线错误、操作违规，一处扣20分扣完本项配分为止 3. 结果分析处理出现原则性错误扣10分			
3	安全文明生产	遵守安全操作规程，正确使用工、量具，操作现场整洁		按达到规定的标准程度评定，一项不符合要求从总得分中扣5分			
		安全用电，无人身、设备事故		因违规操作，发生重大人身或设备事故，此题按0分计			
4	分数合计		100				

三、变压器联结组标号、空载和短路试验

1. 考核图样(见图 3-31、图 3-32、图 3-33)

2. 考核内容

(1) 考核要求

1) 变压器联结组标号试验。

2) 变压器空载和短路试验。

(2) 时间定额 180min。

(3) 安全文明生产



- 1) 正确执行安全技术操作规程；考核时应有专人负责安全工作！
- 2) 按企业有关文明生产的规定，做到工作地整洁，工件、工具摆放整齐。
3. 配分、评分标准(见表3)

表3 变压器联结组标号、空载和短路试验评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	变压器联结组标号试验	1. 做好试验前的准备工作 2. 用电压表法判断三相变压器联结组标号 3. 用相位表法判断三相变压器联结组标号 4. 整理并分析试验结果	50	1. 未做好试验前的断电、断线、放电、清洁等准备工作扣10分 2. 分项试验接线错误、操作违规，一处扣20分扣完本项配分为止 3. 结果分析处理出现原则性错误扣10分			
2	空载试验和短路试验	1. 做好试验前的准备工作 2. 三相变压器空载试验 3. 三相变压器短路试验 4. 整理并分析试验结果	50	1. 未做好试验前的断电、断线、放电、清洁等准备工作扣10分 2. 分项试验接线错误、操作违规，一处扣20分扣完本项配分为止 3. 结果分析处理出现原则性错误扣10分			
3	安全文明生产	遵守安全操作规程，正确使用工、量具，操作场地整洁		按达到规定的标准程度评定，一项不符合要求从总得分中扣5分			
		安全用电，无人身、设备事故		因违规操作，发生重大人身或设备事故，此题按0分计			
4	分数合计		100				

四、二次设备的调试与线路测绘

1. 考核内容

(1) 考核要求



- 1) 对主变压器控制屏进行查线, 并绘制其展开图。
- 2) 校验电流表, 并计算其基本误差。
- 3) 调试 DL 型电流继电器, 并计算其返回系数。
- (2) 时间定额 180min。
- (3) 安全文明生产
- 1) 正确执行安全技术操作规程。
- 2) 按企业有关文明生产的规定, 做到工作地整洁, 工件、工具摆放整齐。
2. 配分、评分标准(见表 4)

表 4 二次设备的调试与线路测绘评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	线路测绘	对主变压器控制屏进行查线, 并绘制其展开图	40	1. 线路测绘每漏、错一处扣 5 分, 扣完为止 2. 展开图不规范, 酌情扣 5 ~ 10 分			
2	调试二次设备	1. 校验电流表, 并计算其基本误差 2. 调试 DL 型电流继电器, 并计算其返回系数	60	1. 校验电流表接线错误扣 20 分; 测点不正确扣 5 分; 超过标称基本误差而未调整扣 5 分; 基本误差计算错误扣 10 分 2. 校验电流继电器接线错误扣 20 分 3. 电流继电器动作电流、返回电流不符合调整要求酌情扣 5 ~ 10 分 4. 电流继电器返回系数不合格扣 10 分			
3	安全文明生产	遵守安全操作规程, 正确使用工、量具, 操作场地整洁		按达到规定的标准程度评定, 一项不符合要求从总得分中扣 5 分			
		安全用电, 无人身、设备事故		因违规操作, 发生重大人身或设备事故, 此题按 0 分计			
4	分数合计		100				



五、电梯限速器和安全钳动作可靠性及缓冲器检验

1. 考核内容

(1) 考核要求

1) 限速器和安全钳动作可靠性检验。

2) 缓冲器检验。

(2) 时间定额 180min。

(3) 安全文明生产

1) 正确执行安全技术操作规程；考核时需安排专人配合并负责监督考试的全过程！

2) 按企业有关文明生产的规定，做到工作地整洁，工件、工具摆放整齐。

2. 配分、评分标准(见表5)

表5 电梯限速器和安全钳动作可靠性及缓冲器检验评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	限速器和安全钳动作可靠性检验	1. 限速器外观检查 2. 手动模拟动作试验 3. 限速器动作值测定 4. 检查安全钳楔块 5. 检查安全钳动作可靠性 6. 对限速器和安全钳作联动试验	60	1. 一项漏检或误检扣15分，扣完为止 2. 安全监督人员发现考生违规操作或检验后留下安全隐患应暂停该考生的项目考核，扣除20分，待专业人员恢复后继续下一分项的考试 3. 联动试验后未对导轨做质量检查或修复扣5分			
2	缓冲器检验	1. 核对制造厂的试验记录和铭牌参数 2. 对缓冲器作负载特性试验	40	1. 一项漏检或误检扣15分，扣完为止 2. 安全监督人员发现考生违规操作或检验后留下安全隐患应暂停该考生的项目考核，扣除20分，待专业人员指正后继续下一分项的考试			



(续)

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
2	缓 冲 器 检验	3. 对油压式缓冲器做复位试验	40	3. 缓冲器的检验结束后未及时恢复端站极限开关的接线或未对相关零部件进行质量检查扣 5 分			
3	安全文明 生产	遵守安全操作规程, 正确使用工、量具, 操作场地整洁		按达到规定的标准程度评定, 一项不符合要求从总得分中扣 5 分			
		安全用电, 无 人身、设备事故		因违规操作, 发生重大人身或设备事故, 此题按 0 分计			
4	分数合计		100				

六、电梯平层准确度检测及噪声测定

1. 考核内容

(1) 考核要求

1) 电梯平层准确度检测。

2) 电梯噪声测定。

(2) 时间定额 180min。

(3) 安全文明生产

1) 正确执行安全技术操作规程；考核时需安排专人配合并负责监督考试的全过程！

2) 按企业有关文明生产的规定，做到工作地整洁，工件、工具摆放整齐。

2. 配分、评分标准(见表 6)

表 6 电梯平层准确度检测及噪声测定评分表

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	电 梯 平 层 准确度检测	1. 轿厢空载运行, 测量电梯的平层准确度, 并记录数据	60	1. 不能按操作程序运行电梯扣 20 分			



(续)

序号	作业项目	考核内容	配分	评分标准	考核记录	扣分	得分
1	电梯平层准确度检测	2. 轿厢满载运行,测量电梯的平层准确度,并记录数据 3. 对记录数据进行处理并评定其准确度等级	60	2. 不能正确测量平层偏差扣20分 3. 不能对记录数据进行正确处理并科学评定其准确度等级扣20分			
2	电梯噪声测定	1. 测量电梯运行时轿厢内的噪声 2. 测量开关门过程中的噪声 3. 测量机房内的噪声	40	1. 不会正确使用声级计本项全扣 2. 读数误差太大以至影响到电梯噪声等级的评定扣20分 3. 未考虑背景噪声或数据处理出现严重错误以致影响到电梯噪声等级评定扣20分			
3	安全文明生产	遵守安全操作规程,正确使用工、量具,操作场地整洁		按达到规定的标准程度评定,一项不符合要求从总得分中扣5分			
		安全用电,无人身、设备事故		因违规操作,发生重大人身或设备事故,此题按0分计			
4	分数合计		100				

模拟试卷样例

一、判断题(对画√,错画×;每题2分,共20分)

1. 晶闸管电路触发延迟角越大,整流输出电压平均值越高。 ()



2. 我们常说的计算机的 A 驱、C 驱、D 驱、E 驱等都是硬盘驱动器。
()
3. 互锁电路构成的原则是,将两台不允许同时工作的接触器的常闭触头串入对方线圈所在控制回路中。
()
4. 调速系统的机械特性越硬,静差率越小,转速稳定度越高。
()
5. 示波管的电子束是在磁场作用下发生偏转的。
()
6. 网络图中决定总工期、控制工程进度的线路称为关键线路。
()
7. 设备购置费不同于主材费。
()
8. 泄漏电流测试与绝缘电阻测试相比,泄漏电流测试能更加有效地查出绕组和套管的绝缘缺陷。
()
9. 电梯试运行应在 120% 额定载荷的状态下,以通电持续率为 40% 的运行条件,往复升降,各自运行 1.5h。
()
10. BKD19 系列矿用隔爆型真空馈电开关不具有电动机过载和短路保护功能。
()

二、选择题(共 50 分)

(一) 单选题(每题 2 分,共 20 分)

1. 为了解决电感性负载对晶闸管的影响,通常在负载两端()。
A. 正向并联一个二极管 B. 反向并联一个二极管
C. 正向串联一个二极管 D. 反向串联一个二极管
2. 通用示波器扫描发生器的作用是()。
A. 产生频率可调的锯齿波电压 B. 产生正弦波电压
C. 产生 1kHz 方波信号 D. 产生主机振荡信号
3. 适用于工期、质量、效率等指标要求都比较严格的大中型工程的施工方法是()。
A. 顺序施工法 B. 平行施工法 C. 流水施工法 D. 其他
4. 电缆断线故障比较准确的寻测方法是()。
A. 电容电桥法 B. 脉冲测距法
C. 冲击闪络法 D. 感应法
5. 下列试验项目属于破坏性试验的是()。
A. 绝缘电阻和吸收比测量 B. 线圈直流电阻测试
C. 泄漏电流测试 D. 工频交流耐压试验
6. 电梯具有自救运行功能,可以确保电梯运行中发生意外时能自动将轿厢运行至()楼层,停车、开门、放人。
A. 底层 B. 顶层 C. 中间层 D. 最近层



7. 变配电装置试运行时间一般为()。
- A. 72h B. 36h C. 24h D. 12h
8. 施工工期等于()。
- A. 该工种生产能力/制度天数 B. 分项工程量/日完成工程量
- C. 分项工程量/制度天数 D. 分项工程量/该工种生产能力
9. 下面不属于新“QC 七工具”的方法是()。
- A. 系统图法 B. 直方图法 C. KJ 法 D. 箭条法
10. 电力变压器一、二次侧实测电压与联结组标号时钟时序通常有如下规律： U_{wv} 实测值与 U_{Vw} 相等，且大于 U_{Vv} 的实测值时，变压器联结组标号为()。
- A. 1 点钟接法 B. 6 点钟接法
- C. 11 点钟接法 D. 0 点钟接法

(二) 多选题(每题 3 分,共 30 分)

1. PWM 型变频器的优点是()。
- A. 能完全消除各次谐波 B. 转矩脉冲小
- C. 调速范围宽 D. 能消除与抑制低次谐波
2. 直流电动机的调速方法有三种()。
- A. 改变电枢回路的总电阻的调速
- B. 减弱电机的励磁磁通的调速
- C. 变频调速
- D. 调节电枢供电电压的调速
3. 下面关于端子的排列说法正确的是()。
- A. 同一屏上各安装单位之间的连接经端子排
- B. 控制电源的正负极经端子排
- C. 屏内设备与直接接至小母线设备一般经过端子排
- D. 屏内设备与屏外设备的连接必须经过端子排
4. 施工方案编制的主要内容有()。
- A. 施工方法的确定 B. 施工计划的编制
- C. 工程预算 D. 物资供应计划及管理
5. 下列试验项目中属非破坏性试验的是()。
- A. 工频交流耐压试验 B. 短路特性试验
- C. 绕组直流电阻测量 D. 吸收比测量
6. 信息传送联动试验主要包括()。
- A. 接口装置和信号线的常规检查 B. 动力线的常规检查
- C. 静态接口试验 D. 动态接口试验



7. 电梯运行试验过程中应同时检验的项目有()。
A. 轿厢振动和加减速度的检测 B. 制动器工作状态检查
C. 曳引机及减速箱的检查 D. 平层准确度的检验
8. 全面质量管理的基本要求是()。
A. 以用户为主 B. 以预防为主
C. 用数据说话 D. 用事实说话
9. QC 小组应向()注册登记。
A. 工商管理部门 B. 车间
C. 企业质量管理部门 D. 公司办公室
10. 试运行方案的具体内容主要包括()。
A. 设备概述
B. 试运行必备条件和人员、物资的配置
C. 试运行的操作程序、步骤和方法
D. 技术、安全措施及设备验收等

三、简答题(每题 5 分,共 20 分)

1. 什么是无静差闭环调速系统?
2. 电力变压器试验项目主要有哪些?
3. 如何分析、判断并排除电梯振动故障?
4. 什么是全面质量管理? 它有哪些具体要求?

四、作图与计算题(每题 5 分,共 10 分)

1. 画出直流闭环控制系统原理图。
2. 某电梯的额定载重为 1000kg,轿厢净重为 1200kg,若对重装置的总重量为 1700kg,试计算其平衡系数,并判定该电梯的平衡系数是否符合国家标准。

答案部分

知识要求试题答案

一、判断题

- | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. × | 2. × | 3. ✓ | 4. × | 5. × | 6. × | 7. × |
| 8. × | 9. ✓ | 10. × | 11. ✓ | 12. × | 13. ✓ | 14. × |
| 15. × | 16. × | 17. ✓ | 18. × | 19. ✓ | 20. × | 21. ✓ |
| 22. × | 23. × | 24. ✓ | 25. ✓ | 26. ✓ | 27. ✓ | 28. ✓ |
| 29. × | 30. ✓ | 31. ✓ | 32. × | 33. × | 34. ✓ | 35. ✓ |
| 36. ✓ | 37. × | 38. × | 39. × | 40. ✓ | 41. ✓ | 42. × |
| 43. × | 44. ✓ | 45. × | 46. × | 47. ✓ | 48. × | 49. × |
| 50. ✓ | 51. ✓ | 52. × | 53. ✓ | 54. × | 55. × | 56. × |
| 57. ✓ | 58. ✓ | 59. ✓ | 60. ✓ | 61. × | 62. ✓ | 63. × |
| 64. × | 65. ✓ | 66. × | 67. × | 68. ✓ | 69. × | 70. ✓ |
| 71. × | 72. ✓ | 73. ✓ | | | | |

二、选择题

(一) 单选题

- | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. C | 2. B | 3. D | 4. A | 5. D | 6. A | 7. C |
| 8. C | 9. A | 10. A | 11. A | 12. D | 13. C | 14. A |
| 15. A | 16. B | 17. D | 18. B | 19. C | 20. C | 21. A |
| 22. D | 23. B | 24. B | 25. A | 26. D | 27. D | 28. A |
| 29. C | 30. B | 31. A | 32. C | 33. C | 34. A | 35. B |
| 36. D | 37. B | 38. A | 39. D | 40. D | 41. A | 42. C |
| 43. A | 44. B | 45. D | 46. B | 47. A | | |

(二) 多选题

- | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|---------|
| 1. ABCD | 2. ABC | 3. ACD | 4. BCD | 5. ABCD |
|---------|--------|--------|--------|---------|



6. ABCD 7. ABD 8. CD 9. ABD 10. ABC
11. ABC 12. ABD 13. ABCD 14. ABCD 15. ABCD
16. ABCD 17. ABD 18. AB 19. BCD 20. ABCD
21. ABCD 22. BCD 23. CD 24. ABCD 25. ACD
26. ABCD 27. ABCD 28. ABD 29. ABCD 30. ABC
31. BCD 32. ABC 33. ABD 34. ABCD 35. ABC
36. ABCD 37. ABCD 38. ABCD 39. ABD 40. ABCD
41. ABCD 42. ABCD 43. BCD 44. ABCD 45. ABD
46. BCD 47. ABC 48. BC 49. ABD 50. AD
51. ABCD 52. ABC 53. ABCD 54. ABC 55. BCD
56. ABC

三、简答题

1. 答 普通晶闸管的特性有:

- 1) 不仅具有反向阻断能力, 同时还有正向阻断能力。
- 2) 正向导通的条件是: 阳极加正向偏置电压, 同时门极加正向触发电压。
- 3) 晶闸管一旦导通, 门极就失去了控制作用。
- 4) 晶闸管要重新关断, 必须设法使其阳极电流减小到小于维持晶闸管持续导通的电流。

2. 答 晶闸管对触发信号的要求是:

- 1) 触发脉冲的上升沿要陡。
- 2) 要有足够的功率和一定的宽度、幅度。
- 3) 必须和晶闸管的阳极电源同步。
- 4) 触发脉冲要有一定的移相范围。

3. 答 变频器一般由整流器、滤波器、驱动电路、保护电路以及控制器 (MCU/DSP) 等部分组成。

PWM 型变频器的工作原理是: 将单相或三相交流电通过整流器并经电容滤波后形成幅值基本固定的直流电压加在逆变器上, 利用逆变器功率器件的通断控制, 使逆变器输出端获得一定形状的矩形脉冲波形。通过改变矩形脉冲的宽度控制其电压幅值, 通过改变调制周期控制其输出频率, 在逆变器上同时进行输出电压和频率的控制, 从而满足变频调速对 U/f 协调控制的要求。

4. 答 计算机系统包括硬件系统和软件系统两部分。硬件系统是指计算机物理设备的总称, 是计算机工作的基础。软件系统是指指挥计算机工作的各种程序的集合, 是控制和操作计算机工作的核心。



5. 答 绘制、识读接线图应遵循的原则是:

1) 接线图中一般表示出电气设备和元器件的相对位置、文字符号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等。

2) 所有的电气设备和元器件都按其所在的实际位置绘制在图样上,且同一电器的各元器件根据其实际结构,使用与电路图相同的图形符号画在一起,并用点画线框上,其文字符号以及接线端子的编号应与电路图中的标注一致,以便对照检查接线。

3) 接线图中的导线分为单根导线、导线组(或线扎)和电缆,可用连续线和中断线来表示。凡导线走向相同时可以合并,用线束来表示,到达接线端子板或元器件连接点时再分别画出。

6. 答 静态指标主要有调速范围 D 、静差率 s , 其他还有平滑系数、稳态误差等。

1) 调速范围:指电动机在额定负载下,其最高转速和最低转速之比。对于一般的调速系统总是希望调速范围越大越好。

2) 静差率:指电动机在额定负载时,其转速降与理想空载转速之比的百分数。它用来衡量调速系统在负载变化时转速的稳定性能。调速系统的机械特性越硬,静差率越小,转速的稳定度越高。

3) 平滑系数:指两个相近的转速之比。对于连续可调的无级调速系统,调速的平滑系数为1。

4) 稳态误差:指在稳态条件下输出量的期望值与稳定值之间的误差。它反映了系统的准确程度。

7. 答 直流电动机的调速方法主要有以下三种:

(1) 改变电枢回路的总电阻 其原理是在直流电动机的电枢回路中串接附加电阻 R , 则电枢回路的总电阻为 $\Sigma R = R_a + R$, 通过接触器的触头控制串接附加电阻 R 的接入或短接,使得电枢电流在电枢回路的总电阻上的压降改变,即改变了转速降 $\Delta n = I_a \Sigma R / C_e \Phi$, 从而得到不同的运转速度。

(2) 减弱电动机的励磁磁通 通过改变直流电动机励磁绕组的励磁电压,可以改变励磁电流,从而改变磁通 Φ 。由于电动机磁通在额定状态时,其铁心已接近饱和,增磁的余地很小,所以改变磁通调速的方法主要是减弱磁通来升速。

(3) 调节电枢供电电压 改变电动机的端电压 U 的大小,可以改变理想空载转速 n_0 的大小,而转速降 Δn 是不变的,即改变电动机的供电电压,机械特性基本是平行地上下移动,机械特性的硬度不变。

8. 答 测速发电机 TG 与电动机 M 装在同一机械轴上,测速发电机 TG 随电动机旋转产生转速负反馈电压 U_{fn} , 此电压正比于电动机的转速 n 。 U_{fn} 引回到输入



端与给定电压 U_{gd} 相比较, 其差值 $\Delta U (\Delta U = U_{\text{gd}} - U_{\text{fn}})$ 经放大器放大后, 得输出电压 U_k (即为晶闸管变流器的控制电压), 用它去调整整流器的输出电压 U_d , 进而控制电动机转速 n 的高低。当电动机的转速 n 由于某种原因 (如负载增加) 而降低时, U_{fn} 将降低, 偏差电压 ΔU 升高, 控制电压 U_k 增加, 则整流器输出电压 U_d 将增加, 从而使电动机转速回升。可见, 当 U_{gd} 不变而电动机的转速由于某种原因而产生波动时, 通过转速负反馈, 可以自动调节电动机的转速而维持稳定。

9. 答 无静差调速系统在静态时, 反馈量完全等于给定量, 即偏差电压 $\Delta U = 0$ 时系统仍能工作, 由 PI、PID 调节器来实现。当负载增加时, 电动机转速下降, 反馈电压 U_{cf} 减小, ΔU 增大, PI 调节器的调节作用, 一部分为比例输出, 偏差电压越大, 整流器的输出电压越大, 电动机转速回升越快, 比例输出是没有惯性的; 另一部分为积分的调节作用, 偏差电压的积分使整流器电压增加, 也使转速回升。实际上调节器是比例和积分作用同时发生。在调节初期和中期, 比例调节起主要作用, 它首先阻止转速继续降落; 在调节后期, 转速降落减小, 比例作用不明显, 而积分调节上升到主导地位, 最后靠积分作用消除偏差, 这就是无差调节过程。

通常将比例、积分、微分三种控制作用组合在一起的控制称为比例积分微分控制, 简称 PID 控制。

10. 答 异步电动机的调速方法有:

(1) 改变磁极对数的调速 当电源频率 f 不变时, 改变电动机的磁极对数, 电动机的同步转速随之成反比变化。若电动机磁极对数增加一倍, 同步转速下降 $1/2$, 电动机的转速也几乎下降 $1/2$, 即改变磁极对数可以实现电动机的有级调速。

(2) 变频调速 变频调速是改变电源的频率 f , 从而使电动机的同步转速 n_0 变化以达到调速的目的。由于正常情况下转差率 s 很小, 由转速公式可知异步电动机转速 n 与电源的频率 f 成正比, 改变电动机的供电频率可以实现调速。

(3) 改变转差率调速 改变外加电压或者改变转子电路的电阻, 都可以改变转差率, 从而改变电动机的转速。

11. 答 变频调速的优点是: 调速范围宽; 调速平滑性好; 效率高; 故障率低。

12. 答 它主要由示波管、Y 轴偏转系统、X 轴偏转系统、扫描及整步系统、电源五部分组成。各部分的作用如下:

(1) 示波管 是示波器的核心, 其作用是把所需观测的电信号转换成发光的图形。

(2) Y 轴偏转系统 由衰减器和 Y 轴放大器组成, 其作用是放大被测信号。

(3) X 轴偏转系统 由衰减器和 X 轴放大器组成, 作用是放大锯齿形扫描



信号或外加电压信号。X轴放大器把由扫描发生器送来的扫描信号放大后送到X轴偏转板,并控制电子束在水平方向的运动。

(4) 扫描及整步系统 扫描发生器的作用是产生频率可调的锯齿波电压,作为X轴偏转板的扫描电压。整步系统的作用是引入一个幅度可调的电压,用以控制扫描电压与被测信号电压保持同步,使屏幕上显示出稳定的波形。

(5) 电源 由变压器、整流及滤波等电路组成,作用是向整个示波器供电。

13. 答 晶体管特性图示仪的使用方法是:

1) 接通电源,指示灯发亮,预热5min后使用。

2) 调节标尺亮度旋钮,一般观测时用红色标尺,摄影时用黄色标尺。调节辉度、聚焦与辅助聚焦旋钮,使光点清晰,调节方法同示波器。

3) 将集电极扫描的全部旋钮调到需要的范围,通常是将峰值电压范围旋钮置于0~20挡,峰值电压旋钮旋于0挡,功耗限制电阻置于比较大的挡(如1kΩ以上),测试时根据需要再作相应的调整。

4) 将Y轴作用部分的毫安-伏/度与倍率调到需读测的范围。通常倍率开关先置于×1挡,在测试微电流时,倍率置于×0.1挡。

5) 将X轴作用部分的伏/度调到需读测的范围。

6) 将基极阶梯信号部分的极性、串联电阻、阶梯选择(毫安/级或伏/级)调到被测器件需读测的范围;阶梯作用视需要选择,通常置于重复挡,级/秒一般选200为宜。

14. 答 常用的施工图样有系统图、平面图、电路原理图、安装接线图、安装大样图、设备布置图和目录、设计说明、图例、材料明细表等。

识读电气工程图样一般是先强电后弱电、先系统后平面、先动力后照明、先下层后上层、先室内后室外的原则,遇高层建筑时先看变配电室层号,然后由此向上层层阅读,阅读完毕再由此向下层层阅读。

15. 答 二次设备端子排列应遵循以下原则:

1) 屏内设备与屏外设备的连接必须经端子排,其中交流回路经试验端子。

2) 屏内设备与直接接至小母线设备的连接经端子排。

3) 控制电源的正负极经端子排。

4) 同一屏上各安装单位之间的连接经端子排。

16. 答 二次设备端子编号应遵循以下原则:

1) 端子的左侧与屏内设备相连,写上设备编号。

2) 中左侧为端子顺序编号。

3) 中右侧为控制回路编号。

4) 右侧与屏外设备或小母线相连,写上线路图上对应的设备符号或编号。

17. 答 施工进度网络图是由若干有向线段和节点构成,以时间为单位,表



示施工进度的一种网络状图样。在网络图中,有向线段的大体方向总是与工作方向一致,并习惯于从左向右。网络图中的工作内容(或工序)可直接标注在有向线段上方,有向线段的下方用阿拉伯数字标明某段工序所需时间(天数)。

用网络图编制工程的施工进度计划,可按下面具体步骤进行:确定施工方案;绘制施工网络草图;找出关键线路;优化网络计划。

18. 答 所谓施工方案的编制,是指在全面熟悉施工图样、施工现场、技术力量以及技术装备等情况后,综合作出科学合理的施工方案的过程。好的施工方案应该满足施工过程的连续性、比例性和均衡性的基本要求。

施工方案编制的主要内容有施工方法的确定和施工计划的编制两大部分。

19. 答 电气设备安装工程预算是按照施工图样中设备和材料的规格、数量以及安装要求,套用国家及有关省部级颁发的《建设工程材料预算价格》(简称《预算价格》)中规定的各种附加费率以及地方政策性的费用编制而成。电气安装工程预算项目主要由直接费、间接费、计划利润和税金四部分组成。

20. 答 保养可分为例行保养、定期保养、换季保养、走合保养四种。

1) 例行保养指起重机在每日作业前、运转中及作业后,司机采取的检查、清洁和预防性保养措施。

2) 定期保养指起重机工作一段时间后,所采取的一种预防性维护保养措施。定期保养通常分为一级保养、二级保养和三级保养。一级保养以坚固和润滑为主,间隔期为 100 工作小时;二级保养以检查调整为主,间隔期为 600 工作小时;三级保养以解体检查,消除隐患为主,间隔期为 1800 工作小时。

3) 换季保养指起重机在季节温度变化时所进行的一种适应性保养,其主要作业内容是更换适合不同季节气温的燃油、润滑油及液压油等。

4) 走合保养指新机或大修后的起重机,在投入使用初期所进行的一种磨合性保养。一般走合期规定为 100 工作小时。走合期满,应对各润滑部位进行一次彻底清洗,然后加注新油;并对各工作机构的性能进行全面检查,确认情况良好方可投入正常使用。

21. 答 电气试验的技术要求主要包括以下四个方面:

(1) 精心组织 包括制订试验程序,准备试验设备、仪器、仪表、工具、电源控制箱、绝缘接地棒、接地线、小线,按规定合理、整齐地布置试验场地等。

(2) 规范操作 坚持正确的操作程序,试验接线应清晰、无误。一般情况下,操作过程中不得突然加压或失压,如发现异常应立即进行降压、断电、放电、接地,而后检查分析。

(3) 善后处理 包括收拾工具、清理现场等。

(4) 试验记录 详细记录试验的项目、测量数据、试验品名称、仪器仪表



编号、试验的气象条件及试验时间等,然后整理成试验报告、抄报、存档。

22. 答 变压器的电气试验项目主要包括变压器绝缘电阻和吸收比的测量、绕组直流电阻的测量、变压器电压比测量、接线组别和绕组极性的测定、变压器的空载特性试验、短路特性试验、变压器油击穿强度试验、主绕组连同套管一起的泄漏电流测量、绕组连同套管一起的介质损耗角的正切值($\tan\delta$)的测量、工频交流耐压试验等。

23. 答 电磁型电流继电器检验的基本要求是:

1) 重复3次动作电流试验,每次测量值与整定值之间的误差不应大于 $\pm 3\%$ 。

2) 一般电流继电器的返回系数约为0.8。

3) 以10倍的动作电流冲击5次,继电器触点应无晃动、卡阻现象。

24. 答 中间继电器检验的基本要求是:

1) 带自保线圈的中间继电器,新安装时必须进行极性试验。

2) 动作电压和保持电压不大于额定电压的70%,动作电流和保持电流不应大于额定电流的80%,返回电压不小于额定电压的5%,返回电流不小于额定电流的2%。

3) 当中间继电器的电压为额定电压的70%~100%时,其动作时间几乎相等。

25. 答 信号继电器检验的基本要求是:

1) 信号继电器动作电压不大于额定电压的70%,动作电流不大于额定电流的90%。

2) 信号继电器保持值不大于额定保持电压的80%。

3) 返回值不小于额定值的2%。

26. 答 计算机监控电气设备安装的技术要点是:

1) 机房设备安装:机房设备主要包括主机、外围设备、电源装置、监控屏、通信设备等。

2) 电缆敷设:一般情况下可用 0.5mm^2 、 1.0mm^2 、 1.5mm^2 普通铜芯绝缘导线或控制电缆,可能受到电磁干扰的信号线应用屏蔽线或同轴电缆。

3) 数据收集站应安装在监控单元的现场,安装方法及要求同配电箱。

4) 检测元件应安装在现场,并用相应的变送器变成标准信号输入数据收集站。标准信号由系统设备设定,常用的有0~20mA、0~100mA、4~20mA几种。所有变送器的输出信号应与系统的一致。

5) 数据收集站将输入的标准信号变成数字信号,为减少干扰可采用低频传输。通常采用两芯双绞屏蔽线穿管敷设,也可采用防火信号电缆在竖井内或线槽内敷设。



6) 变送器输出的信号及数据收集的信号必须经过单体模拟试验合格后方能经接口引入主机。

27. 答 电力电缆的常见故障有:

(1) 低电阻接地或短路故障 故障表现为导体直流电阻正常, 但电缆的一芯或数芯对地电阻在 $0.1\text{M}\Omega$ 以下。此时会出现单相接地、两相短路或两相短路接地的情况。

(2) 高电阻接地或短路故障 故障表现为导体直流电阻正常, 但电缆的一芯或数芯对地电阻在 $0.1\text{M}\Omega$ 以上而小于规定值许多。此时仍会出现单相接地、两相短路或两相短路接地的情况, 但接地或短路电阻相对较大。

(3) 断线故障 故障表现为绝缘不良, 直流电阻明显不平衡。

(4) 闪络性故障 故障大多发生在试验过程中。

28. 答 操作要领为:

1) 用干净的布擦拭被试绝缘子的表面。

2) 正确接线, 并保证接地良好。

3) 空载测试试验设备及线路是否正常, 调整保护间隙的放电电压为 $34.5 \sim 36\text{kV}$ 。

4) 将变压器的低压出线端头全部短接后接地; 高压出线头也全部短接后接到试验变压器的高压套管端部。

5) 将自耦调压器调至零位。

6) 接通电源开关, 均匀调高调压器的电压, 升到 30kV 为止, 持续 1min 。然后调低电压直到零位, 断开电源, 将被试变压器对地放电。

7) 将试验结果填入试验记录单。

29. 答 电动机绕组的绝缘被破坏使外壳带电的现象称为绕组接地, 造成电动机绕组接地的原因很多, 如电动机受潮、过热、扫膛、绝缘老化等。

绕组接地常用绝缘电阻表检查, 测量时, 先对绝缘电阻表进行短接和开路检查, 确认其正常后将绝缘电阻表的 L 端子接绕组的接线柱, E 端子接电动机的金属外壳, 以 120r/min 匀速摇动绝缘电阻表, 若指针迅速偏向零位, 表明绕组接地, 若绝缘电阻小于 $0.5\text{M}\Omega$, 则需对电动机进行绝缘恢复或干燥处理。

30. 答 巡视的要求是:

1) 检查高压电动机各部分的温度是否超过允许温升, 若发现问题应按电动机温升过高故障停机排查。

2) 听取运行中的电动机是否有异常声响或刺鼻异味。

3) 注意检查电动机的运行电流是否在额定值范围内。

4) 注意电动机及联动装置工作时的振动情况。

5) 检查断路器的工作情况, 查触头的工作面及使用情况, 查油断路器是否



有渗油现象,必要时应按规定对断路器做三相同期接触试验。

- 6) 检查操作机构是否会误动作,按规定定期做停动试验。
- 7) 检查保护装置动作是否准确,按规定定期对保护装置进行校验。
- 8) 检查合闸电源是否可靠。

31. 答 合闸后电动机有嗡嗡声而不转动其原因一般为:

- 1) 熔断器有一相熔丝断或熔丝紧固螺钉氧化、松脱。
- 2) 电源开关或起动设备有一相断线,进出线接头松动。
- 3) 星形联结电动机绕组有某一相断路,三角形联结电动机有一、二相断路。
- 4) 电源电压太低。

32. 答 通常使电梯轿厢以空载和额定载重量的 25%、40%、50%、75%、100%、110% 作上、下运行,当轿厢与对重运行到同一水平位置时,记录电流、电压及转速的数值。然后绘制电流-负荷曲线,以向上、向下运行曲线的交点来确定平衡系数。平衡系数的合格标准为 40%~50%。

33. 答 在机房,人为动作限速器,使限速器的电气开关动作,此时电动机停转;短路限速器的电气开关,人为动作限速器,使限速器的钢丝绳制动并拉动安全钳装置,此时安全钳装置的电气开关应动作,使电动机停转;然后再将安全钳装置的电气开关短路,人为动作限速器,安全钳装置应可靠动作,夹紧导轨,使轿厢制停。

34. 答 轿厢以额定的载重量,对轿厢缓冲器进行静压 5min,然后使轿厢脱离缓冲器,缓冲器应能恢复正常位置。轿厢空载,对重装置对缓冲器进行静压 5min,然后使对重脱离缓冲器,缓冲器应能恢复正常位置。

35. 答 试验方法为:

- 1) 当电梯的额定速度小于等于 1m/s 时,轿厢自底层端站向上逐层运行和自顶端站向下逐层运行测量。
- 2) 当速度大于 1m/s 时,以达到额定速度的最小间隔层站为间距向上、向下运行,测量全部层站。
- 3) 轿厢在两个端站之间直驶。

36. 答 电梯噪声的测定方法为:

1) 在对运行中轿厢内的噪声进行测试时,声级计置于轿厢内中央距轿厢地面高 1.5m 处。

2) 在对开关门过程中的噪声进行测试时,声级计分别置于层门和轿厢门宽度的中央,距门 0.24m,距地面 1.5m。

3) 当对机房的噪声进行测试时,电梯处于正常的速度,声级计距地面高 1.5m,距声源 1m 处进行测试,测点不少于三点。



37. 答 电梯运行时轿厢内的噪声故障原因及排除如下:

- 1) 导轨润滑不良, 应按规定清洗导轨或加油。
- 2) 滑动导靴内有异物卡住, 可通过清洗滑动导靴来解决。
- 3) 滑动导靴衬磨损严重, 应及时更换滑动导靴内尼龙导靴片, 并调整弹簧压力。
- 4) 安全钳楔块与导轨间隙过小, 应及时调整安全钳拉杆与导轨的间隙。

38. 答 真空度测试方法如下:

(1) 耐压测定 将 42kV 试验电压加在每一只真空触头分断状态下的动、静触头之间(动触头接地), 耐压 1min, 若无击穿则说明真空度合格。与开关制造厂出厂时的数值相比较, 若实测耐压下降 30% 以上, 则禁止使用。

(2) 观察分闸弧光颜色 当发现分闸时出现橙红色弧光时(正常时弧光为蓝色), 表明真空度降低, 则应停止使用, 检查并更换真空灭弧室。

39. 答 真空断路器的特点为:

- 1) 真空介质的绝缘强度高, 灭弧能力强。
- 2) 真空介质不会老化。
- 3) 不需要采取冷却电弧的技术措施, 也不需要采取控制灭弧介质流动的强制措施。
- 4) 电弧能量小, 断路器使用寿命长。

40. 答 其安装要领为:

- 1) 严格按产品安装使用说明书及安装规范要求进行设备的安装及调试。
- 2) 设备安装应牢固, 接线应正确, 主回路接触应良好。
- 3) 进线口与电缆、导线应可靠连接, 并做好密封, 多余的进线口其弹性密封垫和金属垫片应齐全, 并将压紧螺母拧紧使进线口密封。
- 4) 按照安装规范要求进行工程验收, 并完好交付使用。

四、作图题

1. 答 见图 1-4。
2. 答 见图 1-22。
3. 答 见图 1-23。
4. 答 见图 1-30。
5. 答 见图 2-2。
6. 答 见图 3-29。



模拟试卷样例答案

一、判断题

1. × 2. × 3. √ 4. √ 5. × 6. √ 7. √ 8. √ 9. × 10. ×

二、选择题

(一) 单选题

1. B 2. A 3. C 4. B 5. D 6. D 7. A 8. B 9. B 10. D

(二) 多选题

1. B B D 2. A B D 3. A B C D 4. A B 5. B C D
6. A C D 7. A B C 8. A B C 9. B C 10. A B C D

三、简答题

1. 答 无静差调速系统静态时的被调量完全等于给定量, 即偏差电压 $\Delta U = 0$ 时系统仍能工作, 由 PI、PID 调节器来实现。当负载增加时, 电动机转速下降, 反馈电压 U_{fn} 减小, ΔU 增大, PI 调节器的调节作用, 一部分为比例输出, 偏差电压越大, 整流的输出电压越大, 使电动机转速很快回升, 比例输出是没有惯性的; 另一部分为积分的调节作用, 偏差电压的积分使整流器电压增加, 也使转速回升。实际上调节器是比例和积分作用同时发生。在调节初期和中期, 比例调节起主要作用, 它首先阻止转速继续降落; 在调节后期, 转速降落减小, 比例作用不明显, 而积分调节上升到主导地位, 最后靠积分作用消除偏差, 这就是无差调节过程。

2. 答 变压器的电气试验项目主要包括变压器绝缘电阻和吸收比的测量、绕组直流电阻的测量、变压器电压比测量、联结组标号和绕组极性的测定、变压器的空载特性试验、短路特性试验、变压器油击穿强度试验、主绕组连同套管一起的泄漏电流测量、绕组连同套管一起的介质损失角的正切值 ($\tan\delta$) 的测量、交流工频耐压试验等。

3. 答 电梯振动典型故障有:

1) 电梯起动时轿厢振动大。

① 检查减速箱蜗轮蜗杆磨损情况。若发现磨损严重, 超过原齿厚的 15%, 则需同时更换蜗轮蜗杆及润滑油。

② 检查减速箱轴承磨损情况。若发现磨损严重, 轴向游隙超过规定值, 则需及时调整并固定。

③ 检查曳引机地脚螺栓紧固情况。若发现有松动迹象, 则应及时调整并重新固定好。

2) 电梯运行时严重的跳动感。



① 电气部分检查。若发现电梯在起动、停站的过程中换速变化率太大,则应调整换速时间和换速距离至规定值。

② 机械部分检查。检查导轨接头是否错位,导轨的联接螺栓是否松动,若发现异常应及时修复、调整并重新固定好。

3) 轿厢运行时有明显的抖动或晃动感。

① 检查导轨的垂直度。若测得某段导轨已歪斜或变形,则需松开导轨的压板螺栓,进行调校。

② 检查导靴工作情况。若发现导靴衬磨损严重,间隙增大,则应及时更换,并同时检查导轨的润滑情况。

③ 检查曳引绳张力。可用按压法检查每根曳引绳的张力,若发现各绳张力不一致,则可适当调整绳头弹簧拉杆的双螺母,来缩小其差距。实在无法调整,只好重做绳头。

④ 检查减速箱齿轮传动机构的工作情况是否正常。

4. 答 企业的质量管理大致经历了质量检验、统计质量管理和全面质量管理三个阶段。

全面质量管理的基本要求是:

1) 以用户为主。这里的用户有两个方面的含义:一是指本企业最终产品的用户,二是指企业内部生产过程中上道工序和下道工序之间的“用户”。

2) 以预防为主。从全面质量管理的观点来看,质量是在设计、制造、流通和使用的过程中逐步形成的。质量管理的重点应该从“事后把关”转移到“事前预防”上来,做到防检结合,预防为主,把“不合格产品消灭在产品质量的形成过程中”。

3) 用数据说话。

四、作图与计算题

1. 答 见图 1-30。

2. 答 略。

参 考 文 献

- [1] 赵承获. 维修电工技能训练[M]. 3 版. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2002.
- [2] 柳林啸. 电气工程施工要点与技术规范全书[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.
- [3] 白玉岷. 电气工程安装及调试技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] 陆镇炳. 电气设备安装工[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [5] 瞿义勇. 电梯工程施工[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004.
- [6] 叶庆文. 电工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [7] 侯志伟. 建筑电气工程识图与施工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [8] 李航. 电梯安装维修电工[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [9] 何利民. 电气制图与读图[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [10] 龚顺镒. 安装与维修电工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [11] 阎晓霞, 苏小林. 变配电所二次系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [12] 林虔. 电气试验工[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [13] 方大千. 实用继电保护技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.

电气设备安装工需学习下列课程

初级：机械识图、钳工常识、电工识图、电工基础、建筑装饰识图、电气设备安装工(初级)

中级：电工识图、建筑装饰识图、电气设备安装工(中级)

高级：电气设备安装工(高级)

技师和高级技师：电气设备安装工(技师、高级技师)

国家职业资格培训教材

内容介绍：深受读者喜爱的经典培训教材，依据最新国家职业标准，按初级、中级、高级、技师(含高级技师)分册编写，以技能培训为主线，理论与技能有机结合，书末有配套的试题库和答案。所有教材均免费提供 PPT 电子教案，部分教材配有 VCD 实景操作光盘(注：标注★的图书配有 VCD 实景操作光盘)。

读者对象：本套教材是各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

- ◆ 机械识图
- ◆ 机械制图
- ◆ 金属材料及热处理知识
- ◆ 公差配合与测量
- ◆ 机械基础(初级、中级、高级)
- ◆ 液气压传动
- ◆ 数控技术与 AutoCAD 应用
- ◆ 机床夹具设计与制造
- ◆ 测量与机械零件测绘
- ◆ 管理与论文写作
- ◆ 钳工常识
- ◆ 电工常识
- ◆ 电工识图
- ◆ 电工基础
- ◆ 电子技术基础
- ◆ 建筑识图
- ◆ 建筑装饰材料
- ◆ 车工(初级★、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 铣工(初级★、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 磨工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 钳工(初级★、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 机修钳工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 锻造工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 模具工(中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 数控车工(中级★、高级★、技师和高级技师)
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工(中级★、高级★、技师和高级技师)
- ◆ 铸造工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 冷作钣金工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 焊工(初级★、中级★、高级★、技师和高级技师★)
- ◆ 热处理工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 涂装工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 电镀工(初级、中级、高级、技师和高级技师)

- ◆ 锅炉操作工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 数控机床维修工(中级、高级和技师)
- ◆ 汽车驾驶员(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 汽车修理工(初级★、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 摩托车维修工(初级、中级、高级)
- ◆ 制冷设备维修工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 电气设备安装工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 值班电工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 维修电工(初级★、中级★、高级、技师和高级技师)
- ◆ 家用电器产品维修工(初级、中级、高级)
- ◆ 家用电子产品维修工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 可编程序控制系统设计师(一级、二级、三级、四级)
- ◆ 无损检测员(基础知识、超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤)
- ◆ 化学检验工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 食品检验工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 制图员(土建)
- ◆ 起重工(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 测量放线工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 架子工(初级、中级、高级)
- ◆ 混凝土工(初级、中级、高级)
- ◆ 钢筋工(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 管工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 木工(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 砌筑工(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 中央空调系统操作员(初级、中级、高级、技师)
- ◆ 物业管理员(物业管理基础、物业管理员、助理物业管理师、物业管理师)
- ◆ 物流师(助理物流师、物流师、高级物流师)
- ◆ 室内装饰设计员(室内装饰设计员、室内装饰设计师、高级室内装饰设计师)
- ◆ 电切削工(初级、中级、高级、技师和高级技师)
- ◆ 汽车装配工
- ◆ 电梯安装工
- ◆ 电梯维修工

变压器行业特有工种国家职业资格培训教程

丛书介绍：由相关国家职业标准的制定者——机械工业职业技能鉴定指导中心组织编写，是配套用于国家职业技能鉴定的指定教材，覆盖变压器行业 5 个特有工种，共 10 种。

读者对象：可作为相关企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构的鉴定培训教材，也可作为变压器行业从业人员学习、考证用书，还可作为技工学校、职业高中、各种短训班的教材。

- ◆ 变压器基础知识
- ◆ 绕组制造工(基础知识)
- ◆ 绕组制造工(初级 中级 高级技能)
- ◆ 绕组制造工(技师 高级技师技能)
- ◆ 干式变压器装配工(初级、中级、高级技
- 能)
- ◆ 变压器装配工(初级、中级、高级、技师、高级技师技能)
- ◆ 变压器试验工(初级、中级、高级、技师、高级技师技能)

- ◆ 互感器装配工(初级、中级、高级、技师、高级技师技能)
- ◆ 铁心叠装工(初级、中级、高级、技师、高级技师技能)
- ◆ 绝缘制品件装配工(初级、中级、高级、技师、高级技师技能)

国家职业资格培训教材——理论鉴定培训系列

丛书介绍：以国家职业技能标准为依据，按机电行业主要职业(工种)的中级、高级理论鉴定考核要求编写，着眼于理论知识的培训。

读者对象：可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的培训教材，也可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材，还可作为个人的学习用书。

- ◆ 车工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 车工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 铣工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 铣工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 磨工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 磨工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 钳工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 钳工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 机修钳工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 机修钳工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 焊工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 焊工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 热处理工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 热处理工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 铸造工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 铸造工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 电镀工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 电镀工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 维修电工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 维修电工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 汽车修理工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 汽车修理工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 涂装工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 涂装工(高级)鉴定培训教材
- ◆ 制冷设备维修工(中级)鉴定培训教材
- ◆ 制冷设备维修工(高级)鉴定培训教材

国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列

丛书介绍：用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的强化训练。特色：

- 重点突出，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。
- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。
- 解析详细，具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。
- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

读者对象：可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，也可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业

课教材。

- ◆ 车工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 车工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 车工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 铣工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 铣工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 焊工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 焊工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 焊工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工(高级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 汽车修理工(中级)操作技能鉴定实战详解
- ◆ 汽车修理工(高级)操作技能鉴定实战详解

技能鉴定考核题库

丛书介绍：根据各职业(工种)鉴定考核要求分级编写，试题针对性、通用性、实用性强。

读者对象：可作为企业培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训机构培训考核用书，也可供技工学校、职业高中、各种短训班培训考核使用，还可作为个人读者学习自测用书。

- ◆ 机械识图与制图鉴定考核题库
- ◆ 机械基础技能鉴定考核题库
- ◆ 电工基础技能鉴定考核题库
- ◆ 车工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 铣工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 磨工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 数控车工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 模具工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 钳工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 机修钳工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 汽车修理工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 制冷设备维修工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 维修电工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 铸造工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 焊工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 冷作钣金工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 热处理工职业技能鉴定考核题库
- ◆ 涂装工职业技能鉴定考核题库

机电类技师培训教材

丛书介绍：以国家职业标准中对各工种技师的要求为依据，以便于培训为前提，紧扣职业技能鉴定培训要求编写。加强了高难度生产加工，复杂设备的安装、调试和维修，技术质量难题的分析和解决，复杂工艺的编制，故障诊断与排除以及论文写作和答辩的内容。书中均配有培训目标、复习思考题、培训内容、试题库、答案、技能鉴定模拟试卷样例。

读者对象：可作为职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、技师学院培训鉴定教材，也可供读者自学及考前复习和自测使用。

- | | |
|------------------|-------------------|
| ◆ 公共基础知识 | ◆ 铸造工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 电工与电子技术 | ◆ 涂装工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 机械制图与零件测绘 | ◆ 模具工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 金属材料与加工工艺 | ◆ 机修钳工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 机械基础与现代制造技术 | ◆ 热处理工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 技师论文写作、点评、答辩指导 | ◆ 维修电工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 车工技师鉴定培训教材 | ◆ 数控车工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 铣工技师鉴定培训教材 | ◆ 数控铣工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 钳工技师鉴定培训教材 | ◆ 冷作钣金工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 焊工技师鉴定培训教材 | ◆ 汽车修理工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 电工技师鉴定培训教材 | ◆ 制冷设备维修工技师鉴定培训教材 |

特种作业人员安全技术培训考核教材

丛书介绍：依据《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》编写，内容包含法律法规、安全培训、案例分析、考核复习题及答案。

读者对象：可用作各级各类安全生产培训部门、企业培训部门、培训机构安全生产培训和考核的教材，也可作为各类企事业单位安全管理和相关技术人员的参考书。

- | | |
|--------------|-----------|
| ◆ 起重机司索指挥作业 | ◆ 压力容器操作 |
| ◆ 企业内机动车辆驾驶员 | ◆ 锅炉司炉作业 |
| ◆ 起重机司机 | ◆ 电梯作业 |
| ◆ 金属焊接与切割作业 | ◆ 制冷与空调作业 |
| ◆ 电工作业 | ◆ 登高作业 |

读者信息反馈表

亲爱的读者：

您好！感谢您购买《电气设备安装工(高级) 第2版》(朱照红 主编)一书。为了更好地为您服务，我们希望了解您的需求以及对我社教材的意见和建议，愿这小小的表格在我们之间架起一座沟通的桥梁。另外，如果您在培训中选用了本教材，我们将免费为您提供与本教材配套的电子课件。

姓 名		所在单位名称		
性 别		所从事工作(或专业)		
通信地址			邮 编	
办公电话			移动电话	
E-mail			QQ	
1. 您选择图书时主要考虑的因素(在相应项后面画√) 出版社() 内容() 价格() 其他: _____				
2. 您选择我们图书的途径(在相应项后面画√) 书目() 书店() 网站() 朋友推介() 其他: _____				
希望我们与您经常保持联系的方式: ☐ 电子邮件信息 ☐ 定期邮寄书目 ☐ 通过编辑联络 ☐ 定期电话咨询				
您关注(或需要)哪些类图书和教材:				
您对本书的意见和建议(欢迎您指出本书的疏漏之处):				
您近期的著书计划:				

请联系我们——

地 址 北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社技能教育分社
邮 编 100037
社长电话 (010)88379083 88379080
传 真 (010)68329397
营销编辑 (010)88379534 88379535
免费电子课件索取方式:
网上下载 [www. cmpedu. com](http://www.cmpedu.com)
邮箱索取 [jnfs@ cmpbook. com](mailto:jnfs@cmpbook.com)



领你入门 帮你取证踏上理想之岗
教你技能 助你成功步入人才殿堂

- ▶ 覆盖面广——多工种多层次 任你选
- ▶ 实用性强——重专业重技能 上手快
- ▶ 编排科学——分级别分领域 易培训
- ▶ 检测便捷——题库试卷答案 全具备

咨询热线

机械工业出版社技能教育分社

社长电话: (010)88379083 88379080

传 真: (010)68329397

营销编辑: (010)88379534 88379535

QQ 476472813

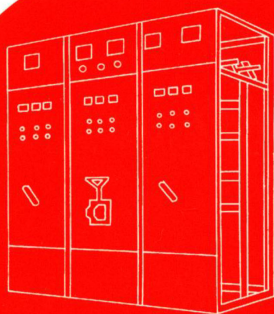


免费电子课件索取方式:

网上下载: www.cmpedu.com

邮箱索取: jnfs@cmpbook.com

QQ索取: 476472813



地址:北京市百万庄大街22号
邮政编码:100037

电话服务

社服务中心: 010-88361066

销售一部: 010-68326294

销售二部: 010-88379649

读者购书热线: 010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-44293-6

上架指导: 工业技术/电气工程/电工技术

ISBN 978-7-111-44293-6



9 787111 442936 >

定价: 29.80元