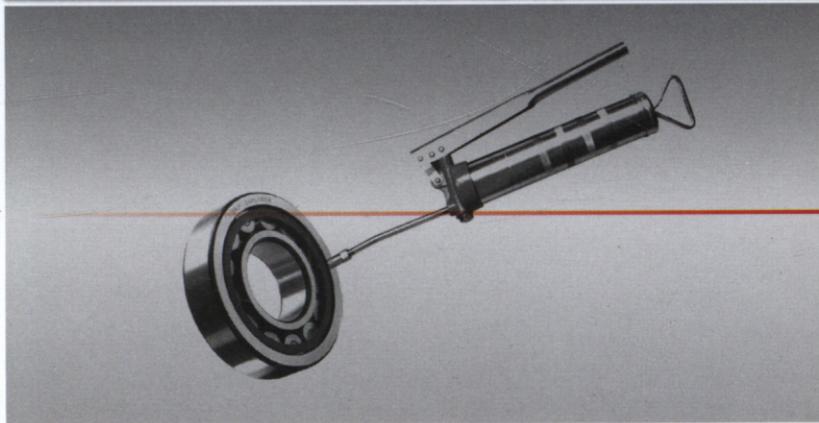
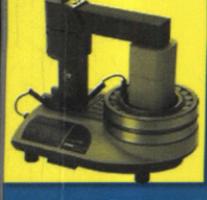
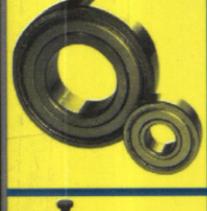
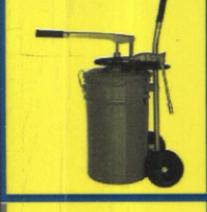
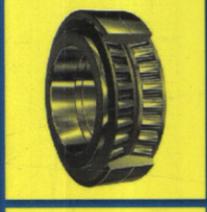
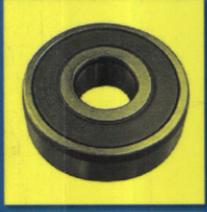
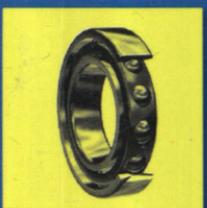


滚动轴承 使用常识

才家刚 王 勇 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

滚动轴承使用常识

才家刚 王 勇 等编著



机械工业出版社

本书以图文并茂的形式,向广大读者介绍常用滚动轴承的类型、代号表示方法、装配和拆卸技术、外形尺寸和游隙的简易测量、日常维护保养和运行监测、常见故障判断、润滑油脂的选用等方面的知识。短小精悍,以实例说话,实用性强,易于接受。具有小学文化水平的读者即可阅读和掌握。书后的附表给出了常用滚动轴承的使用参数、我国新旧轴承型号对比、中外轴承型号对比、测量轴承温度的热传感元件分度值等资料,供选型时参考使用。

本书可指导与轴承有关的设备使用和维修人员的日常工作,也可用作相关专业技术学校师生的教材和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承使用常识/才家刚,王勇等编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-111-32946-6

I. ①滚… II. ①才… III. ①滚动轴承-使用 IV. ①TH133.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第263629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:李振标 责任编辑:李振标

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京双青印刷厂印刷

2012年1月第1版第2次印刷

130mm×184mm·5.5印张·121千字

3 001—5 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32946-6

定价:19.80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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

滚动轴承几乎存在于每一个具有圆周运动的机械中，是结构相对复杂，并且应用最为广泛、数量最多的“标准件”。但很多人对其认识并不是很深入，甚至连其牌号都不能全部解释清楚，所以在日常使用选择轴承牌号的工作中，只能是：装配新轴承时“照图施工”；更换损坏的轴承时“照方抓药”。由于我国几次更换轴承代号的表示方法，还出现了“照方抓不到药”的情况。当轴承出现故障时，由于不懂拆装技术，所以只有一招——换新的，将本来还可使用的轴承拆坏报废，或者将新轴承在装配时损坏，造成很大的浪费。对使用当中的轴承不正常现象判断技术缺乏，致使损坏到最严重的程度，即造成整套设备不能正常运行时才发觉，其损失可想而知。

由此可以认为，普及滚动轴承代号的规定、装配和拆卸技术、日常维护检测和保养方法以及常见故障判断等方面的知识，是很有必要，也是很重要的。

目前，国内在这些知识宣传方面的书籍很少，主要是较大轴承生产企业的样本或相关资料，另外是一些“大部头”的手册。所以较难普及到广大用户中。

本书利用图文并茂的形式，介绍滚动轴承的上述知识。实用性强、易于接受，读者具有小学文化水平即可。相信本书会得到广大读者的欢迎。

本书由才家刚主写和统稿，王勇编写了第七章“滚动

轴承寿命计算”，赵文杰、齐永红、才雪冬、李红、薛红秋、齐岳等参与了编写、绘图和收集资料等工作。除参考借鉴刘泽九教授编写的《滚动轴承手册》等书籍以外，还参考采用了网上的一些轴承使用知识问答内容，北京毕捷电机股份有限公司相关人员给予了很多的帮助。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者学识和经验有限，书中难免有不妥之处，望广大读者批评指正。

作 者

2010 年 10 月

目 录

前言

第一章 滚动轴承的分类和型号识别	1
第一节 滚动轴承的分类与基本结构	1
一、滚动轴承的分类	1
二、基本结构、组成轴承的部件及各部位的名称	7
三、国内外知名轴承生产商名称及商标	11
第二节 滚动轴承代号	12
一、代号的三个部分名称及包含的内容	12
二、基本代号和所包含的内容	13
三、后置代号所用符号和所包含的内容	17
第三节 常用轴承代号速记图和口诀	21
一、常用轴承代号速记图	21
二、常用轴承代号内容速记口诀	21
第四节 常用滚动轴承的极限转速	24
第二章 滚动轴承游隙和振动值的测量	32
第一节 滚动轴承的游隙和选择	32
一、轴承游隙的定义	32
二、轴承游隙的重要性和选择原则	33
三、深沟球轴承和圆柱滚子轴承的径向游隙及施加载荷后的 增量	34
第二节 滚动轴承游隙的测量	34
一、径向游隙的测量方法	34
二、轴向游隙的简易测量方法	38
第三节 滚动轴承振动的测量和标准	39

一、测量设备和使用方法	39
二、振动值标准	41
第三章 滚动轴承的拆、装工艺	43
第一节 拆装常用工具	43
一、拉拔器	43
二、喷灯	44
三、工频加热器	46
第二节 滚动轴承拆装工艺	48
一、滚动轴承的拆卸工艺	48
二、滚动轴承的装配工艺	50
第三节 滚动轴承的密封	57
一、自带密封	57
二、外加密封	57
第四章 滚动轴承的润滑	61
第一节 润滑脂的品种、成分和特性	61
一、润滑脂的组成	61
二、润滑脂的分类和常用品牌	62
三、不同成分润滑脂的兼容性	65
第二节 润滑脂的主要质量指标和检测方法	67
一、润滑脂的主要质量指标和正规检测方法	67
二、润滑脂的简易鉴别方法	67
第三节 润滑脂的选用原则和注入量	69
一、润滑脂的选用原则	69
二、润滑脂的注入方法和注入量	70
三、运行中补充油脂的时间间隔	74
第五章 轴承运行中的检查和故障判定	78
第一节 轴承温度的测量和限值	78
一、轴承温度的测量方法	78
二、滚动轴承温度限值	83

第二节 常见轴承故障现象及其原因分析	85
一、轴承温度高的原因	85
二、轴承噪声和振动大的原因	88
第三节 常见轴承损坏现象及其原因	95
第四节 轴承锈蚀问题	103
一、电机用轴承锈蚀事故特征	103
二、电机轴承锈蚀分析	104
第六章 滚动轴承的应用实践	107
第一节 轴承选择和使用知识	107
一、圆锥滚子轴承的使用环境	107
二、要求保证 2 万 h 以上的噪声寿命, 应对轴承厂家提出的 技术要求	108
三、轴承外圈与轴承室的配合程度问题	108
四、振动电机所用轴承的选型、安装和维护	109
五、保持架和密封件的选择	109
六、轴承与轴和孔的公差及轴承游隙的选用	110
七、小功率电动机和外转子风扇电动机轴承与轴和孔的公差的 选用	112
八、关于绝缘轴承和陶瓷轴承	112
九、既有轴向力又有径向力时的轴承优选问题	113
第二节 轴承故障分析和处理	114
一、滚动轴承振动分析	114
二、滚动轴承的损坏形式及补救办法	114
三、风机的轴承故障原因及处理方法	117
四、电机窜轴问题和导致轴承烧毁的原因	118
五、根据轴承润滑脂颜色的变化判定轴承运行状态	119
六、使用柱轴承的新电动机空载运行时噪声大的原因	120
七、补脂(二硫化钼)后温度上升的问题	121
第七章 滚动轴承寿命计算	122

第一节 概述	122
一、轴承寿命的定义和相关理论	122
二、L10 寿命的概念	123
三、滚动轴承疲劳寿命应用的限制及原则	124
第二节 轴承寿命的计算	127
一、滚动轴承寿命计算基本方法	127
二、滚动轴承寿命计算实例	135
三、总结	137
附录	138
附录 1 深沟球轴承的径向游隙 (GB/T 4604—2006)	138
附录 2 圆柱滚子轴承的径向游隙 (GB/T 4604—2006)	139
附录 3 深沟球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表	139
附录 4 带防尘盖的深沟球轴承新老标准型号对比及基本 尺寸表	141
附录 5 带骨架密封圈深沟球轴承新老标准型号对比及基本 尺寸表	143
附录 6 内圈无挡边圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本 尺寸表	145
附录 7 外圈无挡边圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本 尺寸表	148
附录 8 单向推力球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表	156
附录 9 推力圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本尺寸表	157
附录 10 我国和国外主要轴承生产厂常用滚动轴承型号 对比表 (内径 $\geq 10\text{mm}$)	158
附录 11 径向轴承 (圆锥滚子轴承除外) 内环尺寸公差表	159
附录 12 径向轴承 (圆锥滚子轴承除外) 外环尺寸公差表	160
附录 13 径向轴承 (圆锥滚子轴承除外) 内外圈厚度尺寸 公差表	161
附录 14 Y (IP44) 系列三相异步电动机现用和曾用轴承	

牌号·····	161
附录 15 Y2 (IP54) 系列三相异步电动机现用和曾用轴承 牌号·····	162
附录 16 滚动轴承国家标准·····	162
附录 17 滚动轴承行业标准·····	164
参考文献 ·····	166

第一章 滚动轴承的分类和型号识别

第一节 滚动轴承的分类与基本结构

轴承可分为两大类，一类是滚动轴承；另一类是滑动轴承。前者应用较广泛，是本书要介绍的内容。

滚动轴承的种类虽然繁多，但都已成为“标准件”，具有统一的编号形式，使用时按样本选用即可。

一、滚动轴承的分类

(一) 按轴承的尺寸大小分类

轴承的大小是按其公称外径尺寸大小来确定的，具体规定见表 1-1。

表 1-1 按轴承的尺寸大小分类

类型	微型	小型	中小型	中大型	大型	特大型
公称外径尺寸范围/mm	≤26	28 ~ 55	60 ~ 115	120 ~ 190	200 ~ 430	≥440

(二) 按承受载荷方向、公称接触角及滚动体形状分类

1. 公称接触角的定义

所谓的“公称接触角”（用符号 α 表示），是指滚动体与滚道接触区中点处滚动体载荷向量与轴承径向平面之间的夹角。一般滚动体载荷作用在接触区的中心与接触表面垂直，所以接触角即指接触面中心与滚动体中心的连线与轴承径向平面之间的夹角。

通过滚动体中心与轴承轴线垂直的平面称为轴承的径向平面；包含轴承中心线的平面称为轴向平面。

图 1-1 为几种类型轴承接触角的表示方法。

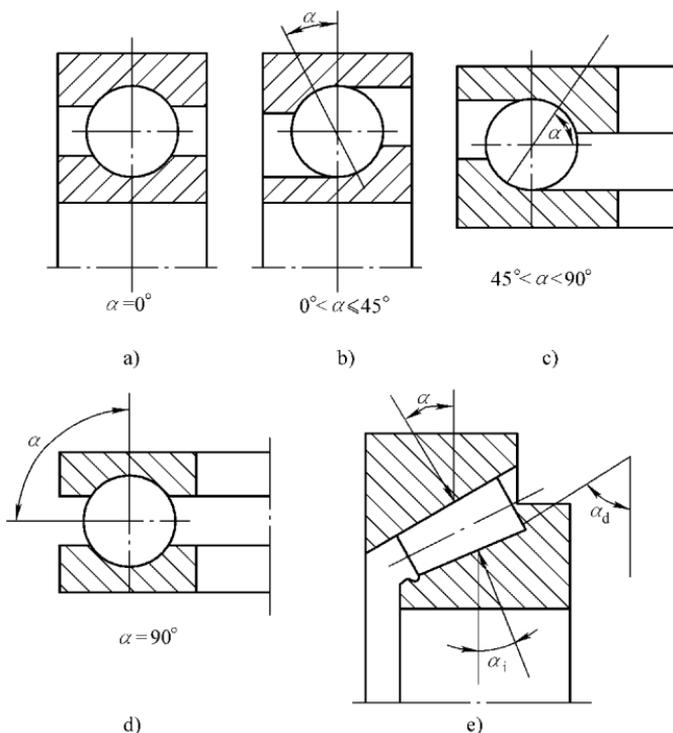


图 1-1 几种类型轴承接触角的表示方法

- a) 深沟球轴承 b) 角接触球轴承 c) 推力角接触球轴承
d) 推力球轴承 e) 圆锥滚子轴承

2. 分类

国家标准 GB/T 271—2008《滚动轴承 分类》中，将滚动轴承按其所能承受的载荷方向、公称接触角及滚动体形状分为 3 大类共 14 种基本类型，见表 1-2。

表 1-2 按轴承所能承受的载荷方向、公称接触角及滚动体形状分类

序号	分 类		
1	向心轴承 公称接触角 $0^\circ \leq \alpha < 45^\circ$	向心 球轴承	深沟球轴承 ($\alpha = 0^\circ$), 又称为径向接触轴承
			调心球轴承
			角接触球轴承 ($0^\circ < \alpha < 45^\circ$)
		向心 滚子轴承	圆柱滚子轴承 ($\alpha = 0^\circ$)
			滚针轴承 ($\alpha = 0^\circ$)
			调心滚子轴承
			圆锥滚子轴承 ($0^\circ < \alpha < 45^\circ$)
		2	推力轴承 公称接触角 $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$
推力球轴承 ($\alpha = 90^\circ$)			
角接触球轴承 ($0^\circ < \alpha < 45^\circ$)			
滚子轴承	推力调心滚子轴承		
	推力圆锥滚子轴承		
	推力圆柱滚子轴承		
	推力滚针轴承		
3	组合轴承 (一套轴承内有两种或两种以上轴承组合而成的轴承组)		

(三) 按轴承的结构和公称接触角分类

按结构的不同或公称接触角的不同, 主要分类见表 1-3。图 1-2 给出了常用的几种滚动轴承外形和局部剖面图。

表 1-3 按轴承的结构分类

序号	分类名称	定 义
1	向心轴承	主要用于承受径向载荷的滚动轴承, 公称接触角为 $0^\circ \sim 45^\circ$

(续)

序号	分类名称	定 义
2	径向接触轴承	公称接触角为 0° 的向心轴承
3	角接触向心轴承	公称接触角为 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的向心轴承
4	推力轴承	主要用于承受轴向载荷的滚动轴承, 公称接触角为 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$
5	轴向接触轴承	公称接触角为 90° 的推力轴承
6	角接触推力轴承	公称接触角 $>45^{\circ}$, 但 $<90^{\circ}$ 的推力轴承
7	球轴承	滚动体为球的轴承
8	滚子轴承	滚动体为滚子, 按滚子的形状, 又可分为圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、滚针轴承、调心滚子轴承等
9	调心轴承	滚道是球面形的、能适应两滚道轴线间的角偏差及角运动的轴承
10	非调心轴承 (刚性轴承)	能阻抗滚道间轴线角偏移的轴承
11	单列轴承	具有一列滚动体的轴承
12	双列轴承	具有两列滚动体的轴承
13	多列轴承	具有多于两列的滚动体, 并且承受同一方向载荷的轴承
14	可分离轴承	具有可分离部件的轴承, 俗称活套轴承
15	不可分离轴承	轴承在最终配套后, 套圈均不能任意自由分离的轴承

(续)

序号	分类名称	定 义
16	密封轴承	带密封圈的轴承，有单密封和双密封之分
17	沟形球轴承	滚道一般为沟型，沟的圆弧半径略大于球半径的滚动轴承
18	深沟球轴承	每个套圈均具有横截面弧长为球周长 1/3 的连续沟道的向心球轴承



带密封圈的单列深沟球轴承



不带密封圈的单列深沟球轴承



单列圆柱滚子轴承



双列圆柱滚子轴承



单列圆锥滚子推力轴承



双列圆锥滚子推力轴承

单列滚针轴承

图 1-2 常用滚动轴承外形和局部剖面图

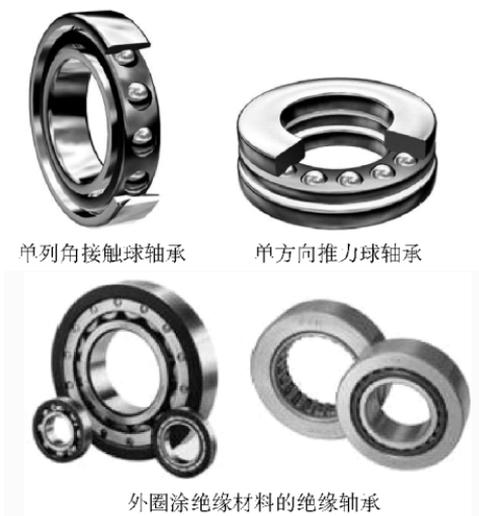


图 1-2 常用滚动轴承外形和局部剖面图 (续)

(四) 几种特殊工况下使用的轴承

当设备运行在特殊环境中或具有特殊运行要求的场合时,需用配置符合要求的特殊轴承。现将常见的几种列于表 1-4 中,供参考使用。

表 1-4 几种特殊工况下使用的轴承

名称	定义和性能简介
高速轴承	通常指外圈直径与内圈转速的乘积 $> 1 \times 10^6 \text{ mm} \cdot \text{r/min}$ 的滚动轴承。滚动体的质量相对较小,选用特轻或超轻直径系列,有些滚子会是空心的或陶瓷的
高温轴承	工作温度高于 120°C 的轴承。其零部件需经过特殊的高温回火和尺寸稳定处理,保持架通常使用硬铝、黄铜或硅青铜等合金材料制造, 160°C 以上的轴承需用高温润滑脂
低温轴承	工作温度低于 -60°C 的轴承。一般采用不锈钢制造,保持架用相同材料或聚四氟乙烯复合材料制造,应使用低温润滑脂

(续)

名称	定义和性能简介
耐腐蚀轴承	可在具有腐蚀性介质中运行的轴承。一般采用不锈钢制造(承载能力较低),对于浓酸、烧碱和熔融环境,则需要使用陶瓷材料
防磁轴承	可在较强磁场中工作而不产生涡流损伤的轴承。由非磁性材料制成,例如铍青铜(承载能力较低)和陶瓷等
自润滑轴承	采用以保持架作润滑源的转移润滑方法,维持正常运转的一种特殊轴承。一般用不锈钢轴承钢制造,性能要求较高时用陶瓷材料,保持架由润滑材料与基体材料(粉末状)烧结而成
陶瓷轴承	用陶瓷材料制成的轴承。用于高速、高温、低温、强磁场、真空、高压等很多恶劣环境中,承载能力高,摩擦系数小,寿命长,可实现自润滑

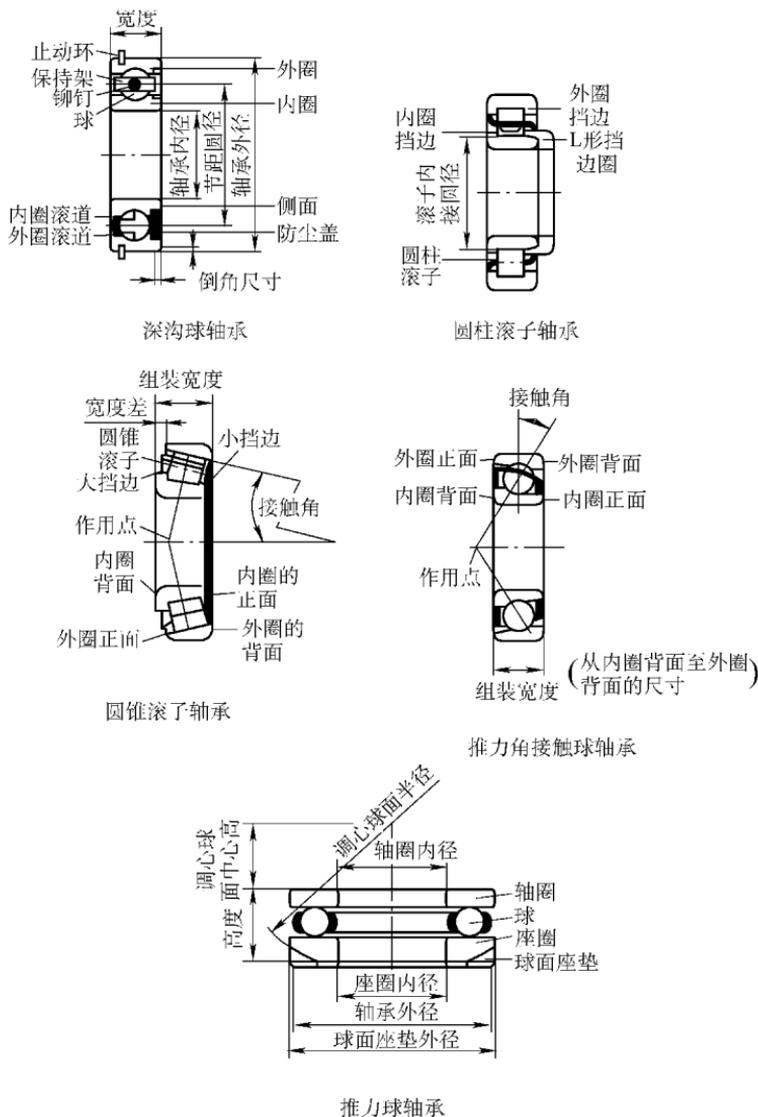
二、基本结构、组成轴承的部件及各部位的名称

(一) 常用系列部件及各部位的名称

常用的单列深沟球轴承、单列圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力角接触球轴承和推力球轴承的部件及各部位的名称如图 1-3 所示。

(二) 密封装置

很多小型球轴承有各种密封装置,用于封住内部的油脂和防止外面的粉尘进入(所以也称为“防尘盖”),并分单边或双边两种,用字母和数字标注在规格型号后面,单边的称为 Z 型,双边的称为 2Z 型,常用的有:“-Z”(轴承一面带防尘盖,例如 6210-Z)、“-2Z”(轴承两面带防尘盖,例如 6210-2Z)、“-RZ”(轴承一面带非接触式骨架橡胶密封圈,例如 6210-RZ)、“-2RZ”(轴承两面带非接触式



骨架橡胶密封圈，例如 6210 - 2RZ）、“- RS”（轴承一面带接触式骨架橡胶密封圈，例如 6210 - RS）、“- 2RS”（轴承两面带接触式骨架橡胶密封圈，例如 6210 - 2RS）等符号。如图 1-4 所示。

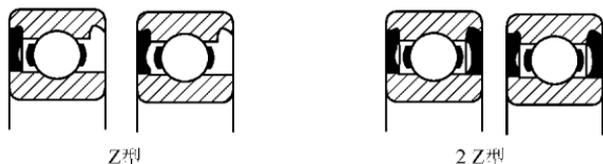


图 1-4 带防尘盖的深沟球轴承

（三）保持架

保持架有用于球轴承的波浪式和柱式及用于圆锥滚力轴承的花篮式、筐式等多种形式，波浪式的材质一般用钢材冲压制成，花篮式的材质则有：实体黄铜、实体青铜、工程塑料、钢或球墨铸铁、钢板冲压、铜板冲压等多种。其形状如图 1-5 所示，保持架所用材料的字母和数字代号见表 1-5。

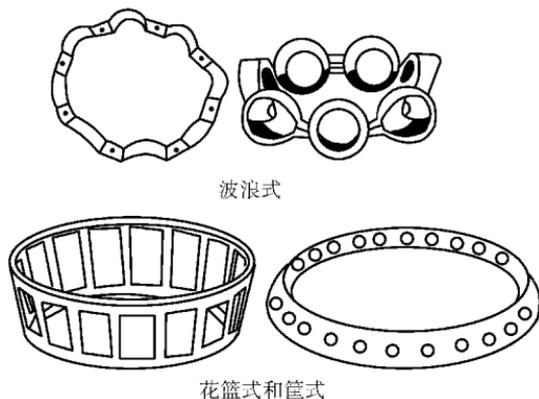
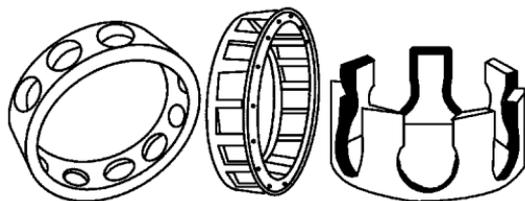


图 1-5 滚动轴承的保持架



花篮式和筐式

图 1-5 滚动轴承的保持架 (续)

表 1-5 保持架材料代号

代号	材 料 名 称
F	钢、球墨铸铁或粉末冶金实体保持架，用附加数字表示不同的材料：F1——碳钢；F2——石墨钢；F3——球墨铸铁；F4——粉末冶金
Q	青铜实体保持架，用附加数字表示不同的材料：Q1——铝铁锰青铜；Q2——硅铁锌青铜；Q3——硅镍青铜；Q4——铝青铜
M	黄铜实体保持架
L	轻合金实体保持架，用附加数字表示不同的材料：L1——LY11CZ 硬铝 11；L2——LY12CZ 硬铝 12
T	酚醛层压布管实体保持架
TH	玻璃纤维增强酚醛树脂保持架 (筐型)
N	工程塑料模铸保持架，用附加数字表示不同的材料：TN1——尼龙；TN2——聚砜；TN3——聚酰亚胺；TN4——聚碳酸酯；TN5——聚甲醛
J	钢板冲压保持架，材料有变化时附加数字区别
Y	铜板冲压保持架，材料有变化时附加数字区别
SZ	保持架由弹簧丝或弹簧制造
V	满装滚动体 (无保持架)

(四) 滚子

滚子按其形状分类,有球形、圆柱形(含短圆柱形、长圆柱形和滚针形)、圆锥形(实际为圆台形)、球面形(鼓形)等几种。如图1-6所示。

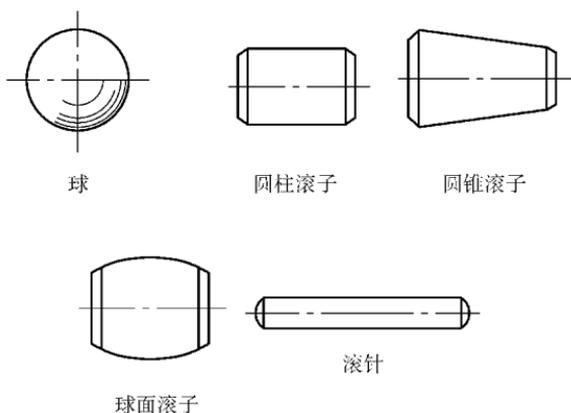


图 1-6 滚子的类型

三、国内外知名轴承生产商名称及商标

图1-7给出了国内外轴承生产商名称及商标,供选用时参考。



图 1-7 国内外知名轴承生产商名称及商标



图 1-7 国内外知名轴承生产商名称及商标 (续)

第二节 滚动轴承代号

一、代号的三个部分名称及包含的内容

国家标准 GB/T 272—1993《滚动轴承 代号方法》和行业标准 JB/T 2974—2004《滚动轴承 代号方法的补充规定》规定了滚动轴承代号的编制方法。其中规定，滚动轴承代号由前置代号、基本代号和后置代号共 3 部分组成，其排列见表 1-6。由于第 1 部分（前置代号）对于识别整套轴承意义不大，所以下面仅介绍第 2 和第 3 部分所包含的内容。

表 1-6 滚动轴承代号的构成

顺序	1	2				3								
内容	前置代号	基本代号				后置代号								
	成套轴承分部件	结构类型	尺寸系列		内径系列	接触角	1	2	3	4	5	6	7	8
			宽/高度系列	直径系列			内部结构	密封与防尘套圈变形	保持架及其材料	轴承材料	公差等级	游隙	配置	其他

二、基本代号和所包含的内容

(一) 结构类型代号

基本代号中的结构类型代号用数字或字母符号表示，各自所代表的内容见表 1-7。

表 1-7 滚动轴承基本代号中轴承类型所用符号

代号	轴承类型	代号	轴承类型	代号	轴承类型
0	双列角接触球轴承	4	双列深沟球轴承	N	圆柱滚子轴承 (双列或多列用 NN 表示)
1	调心球轴承	5	推力球轴承		U
2	调心滚子和调心推力滚子轴承	6	深沟球轴承	NU	单列短圆柱轴承
3	圆锥滚子轴承	7	角接触球轴承	8	推力圆柱滚子轴承
				QJ	四点接触球轴承

注：表中代号后或前加字母或数字，表示该类轴承中的不同结构。

(二) 尺寸系列代号

基本代号中的尺寸系列代号用两位数字表示，前一位是轴承的宽度（对向心轴承）或高度（对推力轴承）系列代号，后一位是轴承的直径（外径）系列代号，例如“58”表示该轴承的宽度系列为 5、直径系列为 8 的向心轴承，见表 1-8。

在和结构类型代号合写成组合代号（轴承系列代号）时，前一位是 0 的，可省略（另有其他可省略的情况，详

见表 1-9)。

宽度、高度、直径（外径）的实际尺寸数值，将根据其代号从相关表中查得。

（三）内径系列代号

基本代号中的内径系列代号用数字表示，根据尺寸大小的不同，表示方法也有所不同，详见表 1-9，其中 d 为轴承内径，单位为 mm。

表 1-8 滚动轴承尺寸系列代号

直径系列 代号	向心轴承								推力轴承			
	宽度系列代号								高度系列代号			
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
	尺寸系列代号								尺寸系列代号			
7	—	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	—	—	—	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

表 1-9 滚动轴承内径系列代号

公称内径/mm	内径系列代号	示例
0.6 ~ 10 (非整数)	用公称内径毫米数直接表示，在其与结构类型尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/2.5 $d = 2.5\text{mm}$

(续)

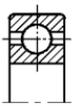
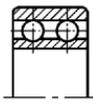
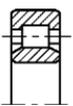
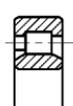
公称内径/mm		内径系列代号	示例
1 ~ 9 (整数)		用公称内径毫米数直接表示, 对深沟球轴承及角接触球轴承 7、8、9 直径系列, 内径尺寸系列与结构类型尺寸系列代号之间用 “/” 分开	深沟球轴承 $62/\underline{5}$, $618/\underline{5}$ $d = 5\text{mm}$
10 ~ 17	10	00	深沟球轴承 $618 \underline{00}$, $d = 10\text{mm}$
	12	01	
	15	02	深沟球轴承 $619 \underline{02}$, $d = 15\text{mm}$
	17	03	
20 ~ 480 (22、28、32 除外)		公称内径毫米数除以 5 的商数, 如商数为个位数, 需在商数左边加 “0”	推力球轴承 $591 \underline{20}$ $d = 100\text{mm}$ 深沟球轴承 $632 \underline{08}$ $d = 40\text{mm}$
≥ 500 以及 22、28、32		用公称内径毫米数直接表示, 在其与结构类型尺寸系列代号之间用 “/” 分开	深沟球轴承 $62/\underline{22}$ $d = 22\text{mm}$ 调心滚子轴承 $230/\underline{500}$ $d = 500\text{mm}$

注: 为了明确, 表中轴承内径系列代号的数字加了下划线 (例如 $\underline{2.5}$), 实际使用时不带此下划线。

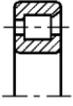
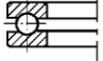
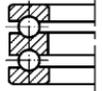
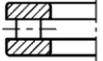
(四) 常用的轴承组合代号

轴承的结构类型代号和尺寸系列代号合在一起组成轴承的组合代号。常用的轴承组合代号见表 1-10, 表中用括号“()”括起来的数字表示在组合代号中可以省略。

表 1-10 常用的轴承组合代号

轴承类型	简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号	
深沟球轴承		6	17	617	
		6	37	637	
		6	18	618	
		6	19	619	
		16	(0) 0	160	
		6	(1) 0	60	
		6	(0) 2	62	
双列深沟球轴承		4	(2) 2	42	
			(2) 3	43	
圆柱 滚子 轴承	外圈无挡边圆 柱滚子轴承	N	10	N10	
			(0) 2	N2	
			22	N22	
			(0) 3	N3	
			23	N23	
	(0) 4	N4			
	10	N10			
	内圈无挡边圆 柱滚子轴承		NU	10	NU10
				(0) 2	NU2
22				NU22	
(0) 3				NU3	
23	NU23				
内圈单挡边圆 柱滚子轴承		NJ	(0) 2	NJ2	
			22	NJ22	
			(0) 3	NJ3	
23	NJ23				

(续)

轴承类型		简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号
圆柱 滚子 轴承	外圈单挡边圆 柱滚子轴承		NF	(0) 2	NF2
				(0) 3	NF3
				23	NF23
推力 轴承	推力球轴承		5	11	511
				12	512
				13	513
				14	514
	双向推力球轴 承		5	22	522
				23	523
推力圆柱滚子 轴承		8	11	811	
			12	812	
圆锥滚子轴承		3	02	302	
			03	303	
			13	313	
			20	320	
			22	322	
			23	323	

(五) 向心滚动轴承常用尺寸系列

向心滚动轴承常用尺寸系列如图 1-8 所示。

三、后置代号所用符号和所包含的内容

滚动轴承后置代号用于表示轴承的内部结构、密封防尘与外部形状变化和保持架结构、材料改变、轴承零部件材料改变、公差等级、游隙等方面的内容，用字母或数字加字母

符号表示。现将与常用轴承有关的密封防尘与外部形状变化
和保持架结构、材料改变等方面的内容介绍如下。

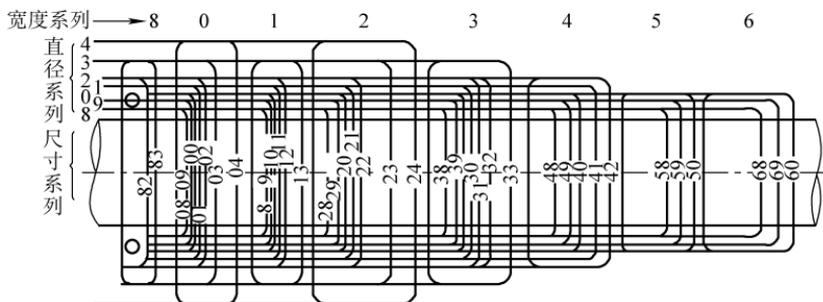


图 1-8 向心滚动轴承常用尺寸系列示意图（圆锥滚子轴承除外）

（一）密封防尘与外部形状变化代号

密封防尘与外部形状变化代号用字母或数字加字母表示，见表 1-11。

表 1-11 密封防尘与外部形状变化代号及所包含的内容

代号	含 义	示 例
-RS	轴承一面带骨架式橡胶密封圈（接触式）	6210-RS
-2RS	轴承两面带骨架式橡胶密封圈（接触式）	6210-2RS
-RZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈（非接触式）	6210-RZ
-2RZ	轴承两面带骨架式橡胶密封圈（非接触式）	6210-2RZ
-Z	轴承一面带防尘盖	6210-Z
-2Z	轴承两面带防尘盖	6210-2Z
-RSZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈（接触式）、一面带防尘盖	6210-RSZ
-RZZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈（非接触式）、一面带防尘盖	6210-RZZ

(二) 保持架材料代号

保持架材料代号见表 1-5。但当轴承的保持架采用表 1-12 所列的结构和材料时，不编制保持架材料改变的后置代号。

(三) 公差等级代号

公差等级代号用字母或数字加字母表示，见表 1-13。较常用的为 0 级、6 级、6X 级、5 级、4 级和 2 级，其中 0 级尺寸公差范围最大，称为普通级，按这一前后顺序，尺寸公差范围依次减小，或者说精度等级依次提高。公差范围的具体数值见附录 11、附录 12 以及相关材料。

表 1-12 不编制保持架材料改变后置代号的轴承保持架结构和材料

轴承类型	保持架的结构和材料
深沟球轴承	(1) 当轴承外径 $D \leq 400\text{mm}$ 时，采用钢板（带）或黄铜板（带）冲压保持架 (2) 当轴承外径 $D > 400\text{mm}$ 时，采用黄铜实体保持架
圆柱滚子轴承	(1) 圆柱滚子轴承：当轴承外径 $D \leq 400\text{mm}$ 时，采用钢板（带）冲压保持架；外径 $D > 400\text{mm}$ 时，采用钢制实体保持架 (2) 双列圆柱滚子轴承，采用黄铜实体保持架
滚针轴承	采用钢板或硬铝冲压保持架
长圆柱滚子轴承	采用钢板（带）冲压保持架
圆锥滚子轴承	(1) 当轴承外径 $D \leq 650\text{mm}$ 时，采用钢板冲压保持架 (2) 当轴承外径 $D > 650\text{mm}$ 时，采用钢制实体保持架
推力球轴承	(1) 当轴承外径 $D \leq 250\text{mm}$ 时，采用钢板（带）冲压保持架 (2) 当轴承外径 $D > 250\text{mm}$ 时，采用实体保持架
推力滚子轴承	推力圆柱或圆锥滚子轴承，采用实体保持架

表 1-13 公差等级代号

代号	含 义	示例
/P0	公差等级符合标准规定的 0 级，代号中省略，不表示	6203
/P6	公差等级符合标准规定的 6 级	6203/P6
/P6x	公差等级符合标准规定的 6 x 级	30210/P6x
/P5	公差等级符合标准规定的 5 级	6203/P5
/P4	公差等级符合标准规定的 4 级	6203/P4
/P2	公差等级符合标准规定的 2 级	6203/P2
/SP	尺寸精度相当于 P5 级，旋转精度相当于 P4 级	234420/SP
/UP	尺寸精度和旋转精度均相当于 P4 级	234730/UP

(四) 游隙代号

游隙代号用字母加数字表示 (0 组只用数字“0”), 如不加说明, 是指轴承的径向游隙 (详见第 2 章), 见表 1-14。常用深沟球轴承和圆柱滚子轴承的径向游隙具体数值分别见附录 1 和附录 2。

表 1-14 游隙代号

代号	含 义	示例
—	游隙符合标准规定的 0 组	6210
/C1	游隙符合标准规定的 1 组	NN3006K/C1
/C2	游隙符合标准规定的 2 组	6210/C2
/C3	游隙符合标准规定的 3 组	6210/C3
/C4	游隙符合标准规定的 4 组	NN3006K/C4
/C5	游隙符合标准规定的 5 组	NNU4920K/C5
/C9	游隙不同于现行标准规定	6205 - 2RS/C9

(续)

代号	含 义	示例
/CN	0 组游隙。/CN 与字母 H、M 或 L 组合, 表示游隙范围减半, 若与 P 组合, 表示游隙范围偏移 /CNH——表示 0 组游隙减半, 位于上半部 /CNM——表示 0 组游隙减半, 位于中部 /CNL——表示 0 组游隙减半, 位于下半部 /CNP——表示游隙范围位于 0 组上半部及 C3 的下半部	—

注: 公差等级代号与游隙代号同时表示时, 可进行简化, 取公差等级代号加上游隙组号 (0 组不表示) 的组合。例如: 某轴承的公差等级为 P6 组, 径向游隙为 C3 组, 可简化为 “/P63”; 某轴承的公差等级为 P5 组, 径向游隙为 C2 组, 可简化为 “/P52”。

第三节 常用轴承代号速记图和口诀

说明: 为了便于记忆, 将上述第二节所介绍的轴承代号内容中, 与常用轴承有关的内容绘制和编制成“关系图”与口诀, 其中有些不好表述或表述不十分清晰的, 请以前面所讲述的内容为准。

一、常用轴承代号速记图

常用轴承代号中类型和尺寸系列内容速记“关系图”, 如图 1-9 所示。

二、常用轴承代号内容速记口诀

(一) 结构

轴承代号有规定, 三个部分来组成。

前置、基本和后置, 各自内容都不同。

前置表示分部件, 一般代号不使用;

基本代号为主体, 通常只用此部分;

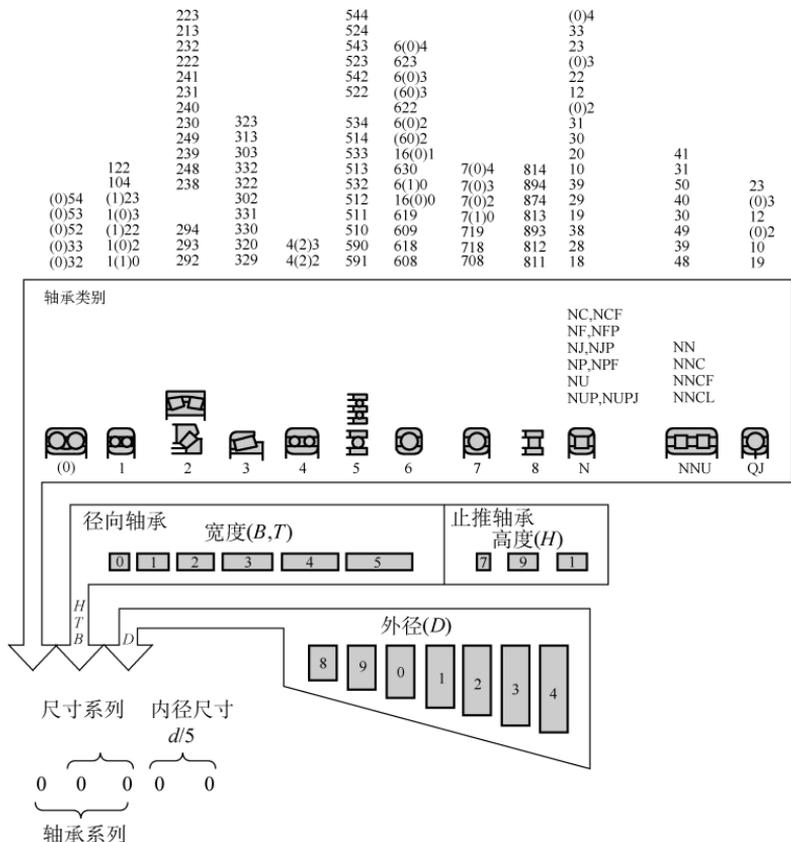


图 1-9 常用轴承代号中类型和尺寸系列内容速记“关系图”

后置代号为辅助，表示内容七八种。

(二) 基本代号

1. 系列代号

基本代号要记清，一般包含仨内容。

结构类型第一个，比较常用有七种。

圆锥滚子代号 3；5 为推力球轴承；

深沟向心球为 6；7 为角接球轴承；
推力圆柱代号 8；N 为向心柱轴承；
NU 单列短圆柱；内圈无挡较常用。

2. 尺寸代号

尺寸系列在正中，表明宽高和外径。
出现数字为两位，前为宽高后直径。
若出数字为一位，外径代号应是零[⊖]。

3. 内径尺寸代号

内径代号在最后，相对复杂要分清。
20 以下最难记，10 至 17 分四等：
03、02 和 01，还有一个是 00，
17、15、12、10，依次排列相对应；
20 以上到 500，内径除 5 来标明，
所除得商一位数，前面加上一个 0；
500 以上用实数，前加斜杠来分清；
23、28 和 32，标写规定与上同。

(三) 后置代号

后置代号有时有，有无都要搞清楚。
内部结构保持架，密封、游隙和精度。

1. 密封装置代号

防尘密封符号 Z；RZ 骨架非接触；
骨架接触 RS。双边有 2 单边无[⊖]。

2. 游隙代号

游隙使用符号 C，后跟数字表级数，
从 0 到 5 共六种，0 级符号不标出；
其他 C1 到 C5，前加斜杠来分出。

3. 精度等级代号

精度等级符号 P，常跟数字 0 至 6，标出规定同游隙，两者都标 C 不出^㉔。

4. 保持架材料代号

材料代号保持架，一到两个英字母，

青铜 Q 黄 M；钢铁冶金为 F；

L 为铝 T 酚醛；N 是塑料 V 是无^㉕。

注：⊖对于尺寸系列中的宽度（高度）和外径代号，若外径代号为 0，则可将其简化，即不出现该部分，因此尺寸系列的代号部分将只有一位代表宽度或高度的数字，例如 6312（第一位“6”表示深沟球轴承，后两位“12”表示轴承内径为 $12 \times 5 = 60\text{mm}$ ，则表示尺寸系列的代号只有一位数字“3”，实际上应为“30”，即宽度代号为“3”，外径代号为“0”，此处将外径代号为“0”省略了）。

⊖“双边有 2”是指两面都具有防尘密封装置的，其字母代号前加一个数字“2”，例如 6210 - 2Z；“单边无”则是说只有一面有防尘密封装置的，其字母代号前不加数字，例如 6210 - Z。

⊖见表 1-14 注。

⊖“V 是无”是说该轴承无保持架，即滚道中满装滚动体。

第四节 常用滚动轴承的极限转速

刘泽九教授主编的《滚动轴承应用手册》13.1 节详细介绍了滚动轴承极限转速的确定方法，13.2 节介绍了实际使用的滚动轴承极限转速。如有需要，可查看和学习。

表 1-15 ~ 表 1-22 给出了几种常用滚动轴承使用油脂润滑时的极限转速值，供使用时参考。由于篇幅的限制，很多

规格没有给出——对应的数值，而是给出数值范围。对给出数值范围的，对应规律是：同一内径尺寸 d 的，极限转速值随着外径 D 和厚度 B 或高度 T 的增大而减小；不同内径尺寸 d 的极限转速值随着 d 的增大而减小。

使用时，额定转速应在极限转速的 $3/4$ 以下。

表 1-15 开启式深沟球轴承（60000 型）的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
10	19, 22, 26, 30, 35	26000 ~ 18000
12	21, 24, 28, 32, 37	22000 ~ 17000
15	24, 28, 32, 35, 42	20000 ~ 16000
17	26, 30, 35, 40, 47, 62	19000 ~ 11000
20	32, 37, 42, 47, 52, 72	17000 ~ 9500
25	37, 42, 47, 52, 62, 80	15000 ~ 8500
30	42, 47, 55, 62, 72, 90	12000 ~ 8000
35	47, 55, 62, 72, 80, 100	10000 ~ 6700
40	52, 62, 68, 80, 90, 110	9500 ~ 6300
45	58, 75, 85, 100, 120	8500 ~ 5600
50	65, 72, 80, 90, 110, 130	8000 ~ 5300
55	72, 90, 100, 120, 140	7500 ~ 4800
60	78, 85, 95, 110, 130, 150	6700 ~ 4500
65	90, 100, 120, 160	6000 ~ 4300
70	90, 110, 125, 150, 180	6000 ~ 3800
75	95, 105, 115, 130, 160, 190	5600 ~ 3600
80	100, 110, 125, 140, 170, 200	5300 ~ 3400
85	110, 120, 130, 150, 180, 210	4800 ~ 3200

(续)

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
90	125, 140, 160, 190, 225	4500 ~ 2800
95	120, 145, 170, 200	4300 ~ 3200
100	140, 150, 180, 215, 250	4000 ~ 2400
105	130, 160, 190, 225	3800 ~ 2600
110	150, 170, 200, 240, 280	3600 ~ 2000
120	150, 165, 180, 215, 260	3400 ~ 2200

表 1-16 带防尘盖的深沟球轴承 (60000-Z 型和 60000-2Z 型) 的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
20	42, 47, 52	15000 ~ 13000
25	47, 52, 62	13000 ~ 10000
30	55, 62, 72	10000 ~ 8000
35	62, 72, 80	9000 ~ 8000
40	68, 80, 90	8500 ~ 7000
45	75, 85, 100	8000 ~ 6300
50	80, 90, 110	7000 ~ 6000
55	90, 100, 120	6300 ~ 5300
60	95, 110, 130	6000 ~ 5000
65	100, 120, 140	5600 ~ 4500
70	110, 125, 150	5300 ~ 4300
75	115, 130, 160	5000 ~ 4000
80	125, 140	4800 ~ 4300
85	130, 150	4500 ~ 4000

表 1-17 带密封圈的深沟球轴承（60000 - RS 型、2RS 型、RZ 型、2RZ 型）的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
20	42, 47, 52	9500 ~ 8500
25	47, 52, 62	8500 ~ 7000
30	55, 62, 72	7500 ~ 6300
35	62, 72, 80	6300 ~ 5600
40	68, 80, 90	6000 ~ 5000
45	75, 85, 100	5600 ~ 4500
50	80, 90, 110	5000 ~ 4300
55	90, 100, 120	4500 ~ 3800
60	95, 110, 130	4300 ~ 3600
65	100, 120, 140	4000 ~ 3200
70	110, 125, 150	3800 ~ 3000
75	115, 130, 160	3600 ~ 2800
80	125, 140, 170	3400 ~ 2600
85	130, 150, 180	3200 ~ 2400

表 1-18 内圈或外圈无挡边的圆柱滚子轴承（NU0000 型、NJ0000 型、NUP0000 型和 N0000 型、NF0000 型）的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
50	80, 90, 110, 130	6300 ~ 4800
55	90, 100, 120, 140	5600 ~ 4300
60	95, 110, 130, 150	5300 ~ 4000

(续)

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
65	120, 140, 160	4500 ~ 3800
70	110, 125, 150, 180	4800 ~ 3400
75	130, 160, 190	4000 ~ 3200
80	125, 140, 170, 200	4300 ~ 3000
85	150, 180, 210	3600 ~ 2800
90	140, 160, 190, 225	3800 ~ 2400
95	170, 200, 240	3200 ~ 2200
100	150, 180, 215, 250	3400 ~ 2000
105	160, 190, 225	3200 ~ 2200
110	170, 200, 240, 280	3000 ~ 1800
120	180, 215, 260, 310	2600 ~ 1700
130	200, 230, 280, 340	2400 ~ 1500
140	210, 250, 300, 360	2000 ~ 1400
150	225, 270, 320, 380	1900 ~ 1300
160	240, 290, 340	1800 ~ 1400

表 1-19 圆锥滚子轴承 (30000 型) 的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
50	72, 80, 90, 110	5000 ~ 3800
55	90, 100, 120	4000 ~ 3400
60	85, 95, 110, 130	4000 ~ 3200
65	100, 120, 140	3600 ~ 2800

(续)

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
70	100, 110, 125, 150	3600 ~ 2600
75	115, 130, 160	3200 ~ 2400
80	125, 140, 170	3000 ~ 2200
85	120, 130, 150, 180	3400 ~ 2000
90	125, 140, 160, 190	3200 ~ 1900
95	145, 170, 200	2400 ~ 1800
100	150, 180, 215	2200 ~ 1600
105	160, 190, 225	2000 ~ 1500
110	150, 170, 200, 240	2000 ~ 1400
120	180, 215, 260	1700 ~ 1300
130	180, 200, 230, 280	1700 ~ 1100
140	190, 210, 250, 300	1600 ~ 1000

表 1-20 推力球轴承 (510000 型) 的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
50	70, 78, 95, 110	3000 ~ 1300
55	78, 90, 105, 120	2800 ~ 1100
60	85, 95, 110, 130	2600 ~ 1000
65	90, 100, 115, 140	2400 ~ 900
70	95, 105, 125, 150	2200 ~ 850
75	100, 110, 135, 160	2000 ~ 800
80	105, 115, 140, 170	1900 ~ 750

(续)

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
85	110, 125, 150, 180	1800 ~ 700
90	120, 135, 155, 190	1700 ~ 670
100	135, 150, 170, 210	1600 ~ 600
110	145, 160, 190, 230	1500 ~ 530
120	155, 170, 210	1400 ~ 670
130	170, 190, 225, 270	1300 ~ 430
140	180, 200, 240, 280	1200 ~ 400
150	190, 215, 250, 300	1100 ~ 380
160	200, 225, 270	1000 ~ 500

表 1-21 推力圆柱滚子轴承 (80000 型) 的极限转速值

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
40	60, 68	2400, 1700
50	78	2400
55	78, 90	1900, 1400
65	90, 100	1700, 1200
75	110	1000
85	110, 125	1300, 900
90	120	1200
100	150	800
120	155	950
130	190	670

**表 1-22 角接触球轴承（70000C 型、70000AC 型、70000B 型）
的极限转速值**

直径/mm		极限转速/(r/min)
内径	外径	
50	80, 90, 110, 130	6700 ~ 5000
55	90, 100, 120	6000 ~ 5000
60	95, 110, 130, 150	5600 ~ 4300
65	100, 120, 140	5300 ~ 4300
70	110, 125, 150, 180	5000 ~ 3600
75	115, 130, 160	4800 ~ 3800
80	125, 140, 170, 200	4500 ~ 3200
85	130, 150, 180	4300 ~ 3400
90	140, 160, 190, 215	4000 ~ 2600
95	145, 170, 200	3800 ~ 3000
100	150, 180, 215	3800 ~ 2600
105	160, 190, 225	3700 ~ 2400
110	170, 200, 240	3600 ~ 2200
120	180, 215, 260	2800 ~ 2000
130	200, 230	2600 ~ 2200
140	210, 250, 300	2200 ~ 1700

第二章 滚动轴承游隙和振动值的测量

第一节 滚动轴承的游隙和选择

一、轴承游隙的定义

轴承游隙的定义：轴承的一个套圈固定，另一个套圈不受载荷时，沿径向或轴向从一个极限位置到另一个极限位置的移动量 δ 。按其移动方向，前者称为径向游隙，后者称为轴向游隙。图 2-1 所示为向心球轴承径向和轴向游隙的示意图。

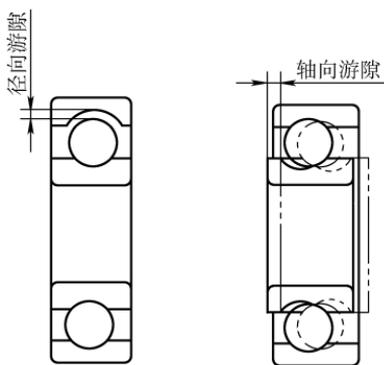


图 2-1 向心球轴承的游隙

对能承受径向载荷的滚动轴承，在非预紧状态下的径向游隙定义：在不同角度方向，无外载荷作用时，一个套圈相对于另一个套圈，从一个径向偏心极限位置移向相反极限

位置的径向距离的算术平均值。此平均值包括了套圈在不同的角位置时的相对位移以及滚动体组在移动量不同的角位置时相对于套圈的位移量。对向心轴承而言，理论上的径向游隙是指外滚道直径减去内圈滚道直径，再减去两倍滚动体的直径。

对内外圈可以分离的单个圆锥滚子轴承和推力球轴承而言，其游隙的概念无从谈起。但将其安装在轴上和轴承座上之后，通过调整两个套圈的轴向相对位置，就可以得到一定的径向和轴向游隙。

在不加说明时，一般指径向游隙。在第一章第二节中讲到，轴承的游隙大小分 0、1、2、3、4、5、9 共 7 组，其中后 6 组在轴承编号中分别用 C1、C2、C3、C4、C5 和 C9 来表示（见表 1-14）。滚动轴承常用的游隙为 0、2、3、4 共 4 种，其中 0 组称为“标准游隙”，或称为“基本组”。

二、轴承游隙的重要性的选择原则

游隙是滚动轴承的一个重要指标，也是轴承应用中的一个重要参数。不同的轴承游隙对机械的运行会有不同的影响，其中影响最明显的是振动和噪声，另外是轴承发热和不正常的损坏。所以应按规定选用，不可用错。

在常用的滚动轴承游隙中，“基本组”适用于一般工作条件，应优先选用；第 3、4、5 组的径向游隙较“基本组”大，适宜于轴承与轴（或轴承座）采用较紧的过盈配合，或内外套圈温差较大，或要求摩擦力矩较低时选用；第 2 组的径向游隙较基本组小，适用于对轴的旋转精度要求较高，以及需严格限制轴向位移的场合。

常用深沟球轴承和圆柱滚子轴承的径向具体数值分别见附录 1 和附录 2。

三、深沟球轴承和圆柱滚子轴承的径向游隙及施加载荷后的增量

在无载荷的状态下，深沟球轴承和圆柱孔圆柱滚子轴承的径向游隙分别见附录 1 和附录 2。

当施加一定载荷时，由于滚球与沟道的挤压作用，深沟球轴承的径向游隙将会有所增加，在规定的径向载荷下，深沟球轴承的增量见表 2-1。

表 2-1 在测量载荷下深沟球轴承的径向游隙增加量

(GB/T 4604—2006)

内径范围 /mm	测量 载荷 /N	游隙组别 (代号)				
		2 组 (C2)	0 组	3 组 (C3)	4 组 (C4)	5 组 (C5)
		径向游隙增加量/ μm				
>10 ~ 18	25	3	4	4	5	5
>18 ~ 30	50	4	5	5	6	6
>30 ~ 50	50	3	4	4	5	5
>50 ~ 80	100 ^①	5	6	7	7	7
>80 ~ 100	150 ^①	6	8	8	9	9

① 测量载荷 <50N 时，游隙增加量 <2 μm 。

第二节 滚动轴承游隙的测量

在专业生产和计量单位，使用专用的仪器测量滚动轴承的径向游隙。在使用单位，有必要时可使用简易的方法进行测量，得出近似的数值。以下介绍相关仪器和测量方法。

一、径向游隙的测量方法

(一) 用专用仪器测量

图 2-2 和图 2-3 为由国内某单位生产的几种测量滚动轴承的径向游隙的专用仪器。其结构特点、使用参数和使用方法见表 2-2。

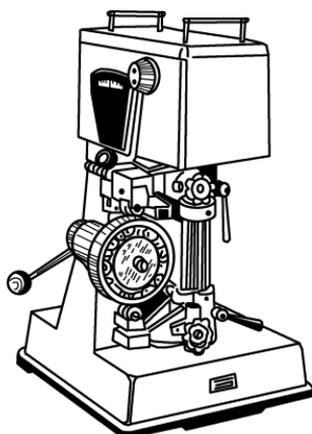


图 2-2 X093C 型球轴承径向游隙测量仪

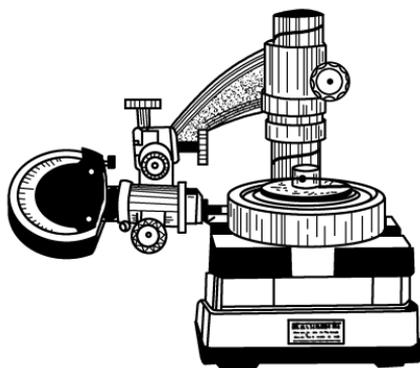


图 2-3 X293 型柱轴承径向游隙测量仪

表 2-2 滚动轴承径向游隙测量仪的结构特点、
使用参数和使用方法

型号	使用参数/mm		结构特点和使用方法
	测量范围	示值误差和变动性	
X092K	外径 30 ~ 62	± 0.0025	由芯轴或顶杆将被测轴承内圈固定，沿测量仪表测杆测头轴线方向用推杆推动外圈至上下两个极限位置，分别读取仪表显示值，计算出游隙值
X093C	内径 10 ~ 50 外径 30 ~ 90	± 0.0015	全手工操作。采用消隙钩结构，轴承无须压紧，检测效率高，装卸方便。测量机构采用平行弹簧片机构，精度高，重复性好，载荷力稳定可靠
X293	外径 47 ~ 130	± 0.004	轴承平置于工作台上，压紧内圈，手工推拉外圈至两个极限位置时，测量仪表指示值之差即为径向游隙
X294	外径 100 ~ 400	± 0.005	

(二) 简易测量方法

1. 塞尺测量法

用塞尺插入到滚子和外圈之间，如图 2-4a 和图 2-4b 所示。稍用力能插入时，所用塞尺的厚度即为该位置的径向游隙。应转动轴承内圈，在一个圆周上均匀地测量 3 个点，取平均值作为测量结果。

2. 挤压熔丝测量法

将一段熔断器用熔丝（俗称保险丝）插入两个滚珠的

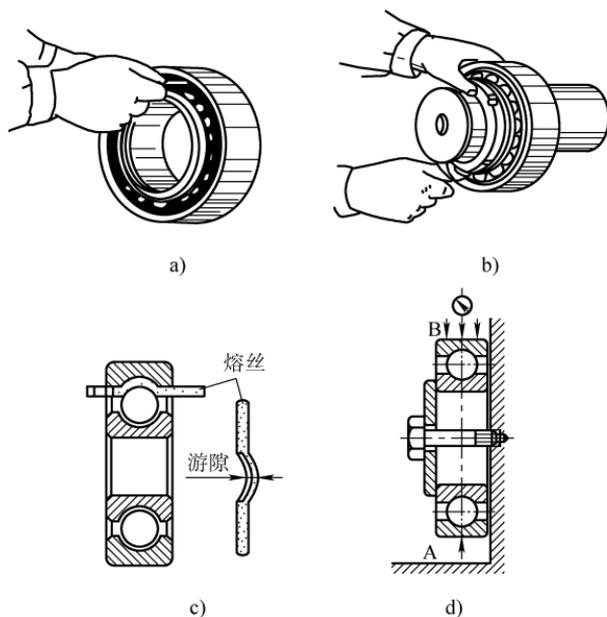


图 2-4 向心滚动轴承的径向间隙简易测量方法

a) 塞尺测量法 1 b) 塞尺测量法 2 c) 挤压熔丝测量法 d) 千分表测量法

空隙中并用手拿住，固定轴承内圈，转动外圈，使熔丝挤压入外圈与滚珠之间，挤压之后，取出熔丝，用外径千分尺测量挤压部分的厚度尺寸，即该轴承的径向游隙尺寸，如图 2-4c 所示。由于熔丝被挤压部位在退出后有可能出现一定量的“反弹”，致使测量值会略大于实际游隙值。

3. 千分表测量法

(1) 按图 2-4d 所示，将轴承的内圈压在一个与水平面垂直的平板上，内圈的下面垫上一层薄片，使外圈与平板不接触并靠其自身的重力下垂，轻轻旋动轴承外圈，使滚珠与内圈和外圈沟道中心线接触。

(2) 在上述轴承的自由状态下,用千分表的测头对准轴承外圈外表面的上侧面(图中B方向)中部,调整好千分表的测量力之后,转动表盖,使指针对准零位(使用数显式千分表时,将显示值置零)。

(3) 扶住外圈下端(图中A端),并用适当的力沿轴承径向(竖直向上)朝B端方向推,使球在A方向与内、外圈均密切接触。记录千分表的读数。该读数即为被测轴承在这一位置时的径向游隙。

(4) 转动外圈一定的角度,再重复进行上述操作,得到几个不同角度的径向游隙值。取平均值作为最终的结果。

二、轴向游隙的简易测量方法

滚动轴承的轴向游隙一般只局限于内外圈相对固定的向心球轴承,可用专用仪器进行测量,在使用单位,一般用如下简易方法进行。

(1) 按图 2-5 所示,将轴承的内圈压在一个平台上,内圈的下面垫上一层薄片,使外圈在靠自身重力的作用下自然下沉时不与平台接触,用千分表在外圈端面中心圆处整个

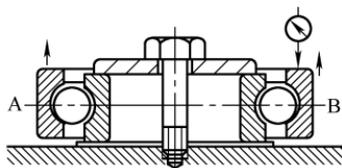


图 2-5 深沟球轴承轴向游隙的简易测量方法

圆周上每相隔 90° 测量一点数值并做好记录,测量时千分表对轴承的压力应尽可能小,以防止另一端翘起。

(2) 将轴承外圈整体向上拉起并保持稳定不动(可垫物支撑),用上述同样的方法和要求测量同 4 个点的数值。

(3) 计算每点两次测量值之差,取其绝对值的平均值,即为被测轴承轴向游隙的最终结果。

第三节 滚动轴承振动的测量和标准

评价一套轴承质量好坏的一个重要指标是其运转时的振动值，应符合相关标准规定。另外还有噪声值，特别是不能有异常噪声。

一、测量设备和使用方法

(一) 测量仪器举例

测量滚动轴承振动值需要专用的设备。图 2-6 是国内某单位生产的一种加速度型轴承振动测量仪，型号为 S092，主要用于深沟球轴承、单向角接触轴承振动加速度的测量。仪器配有示波器，可直接观察振动波形，还设有音频监听电路及扬声器，供用户对轴承“异音”情况直接进行判断。其使用参数见表 2-3。

表 2-3 S092 型轴承振动测量仪使用参数

使用参数名称	参数值
可测量轴承内径范围	10 ~ 60mm
振动级量程	0 ~ 70dB (三档)
基础振动	≤8dB (关闭音量)
主轴转速	(1500 ± 30) r/min
主轴跳动	径跳 0.005mm, 端跳 0.01mm
放大器频率范围	50 ~ 10000Hz

使用时，应配置与被检测轴承内径尺寸相配合的专用心轴。对于开启式轴承，测量前应用汽油等将原有的防锈油（脂）清洗干净，然后在沟道内滴入少量的航空煤油。振动传感器的测头压在轴承外圈侧面中心位置，按相关要求设定施加的压力。通过一套可调节压力的装置对轴承外圈端面施加一个规定的轴向压力。

运转适当时间后，读取测量值。打开扬声器时可听到经

放大的运转声。

详细的使用和调整方法见仪器说明书。

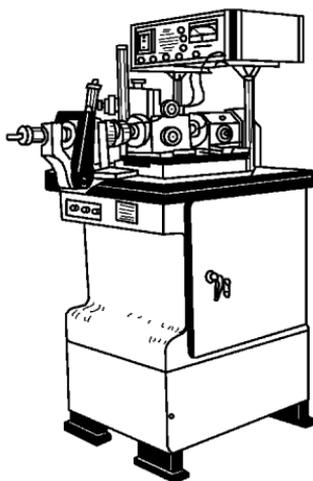


图 2-6 S092 型轴承振动测量仪

(二) 心轴与轴承的配合

心轴与主轴组合后，心轴与轴承内圈配合处的径向圆跳动及端面圆跳动，应分别不大于 $5\mu\text{m}$ 和 $10\mu\text{m}$ 。

心轴的硬度，对于速度型应为 61 ~ 64HRC；对于加速度型应为 62 ~ 66HRC。

心轴与轴承内圈配合公差应符合表 2-4 的规定。

表 2-4 心轴与轴承内圈配合公差

心轴直径公称尺寸/mm	心轴直径公差/ μm	
	上偏差	下偏差
$\geq 3 \sim 18$	-9	-15
$> 18 \sim 30$	-12	-18
$> 30 \sim 50$	-14	-21
$> 50 \sim 80$	-17	-25
$> 80 \sim 120$	-23	-32

(三) 转速

测试时，轴承内圈的转速应符合表 2-5 的规定。

表 2-5 测试时轴承内圈的转速

心轴直径公称尺寸/mm	轴承内圈转速/ (r/min)	
	速度型	加速度型
≥3 ~ 60	1764 ~ 1818	1500 ± 30
> 60 ~ 120	882 ~ 909	1000 ± 20

(四) 加载数值

测试时，应根据轴承的类型，在轴承的轴向或径向施加一定量的载荷，施加在轴承的外圈端面上。表 2-6 给出的是深沟球轴承施加轴向负荷的数值。

表 2-6 深沟球轴承施加轴向负荷的数值

轴承内径/mm	轴向负荷/N
≥3 ~ 6	20
> 6 ~ 9	30
> 9 ~ 20	40
> 20 ~ 40	80
> 40 ~ 60	120
> 60 ~ 80	180
> 80 ~ 120	225

二、振动值标准

轴承径向振动标准值应根据配套设备以及轴承相关参数（主要是径向游隙和尺寸精度）来确定。

用于向心深沟球轴承振动限值（加速度级，单位 dB）的标准为 JB/T 7047—2006。该标准适用于公称内径 20 ~

120mm、径向游隙为 0 组的轴承。表 2-7 给出了相关数值，按精度等级的不同，给出了用 Z1、Z2 和 Z3 三个数值，一般采用 Z2 级。测量方法按照 JB/T 5314 的规定。测量用心轴与轴承内孔的配合公差采用 f5。

表 2-7 向心深沟球轴承的径向振动限值

轴承公称内径 /mm	振动加速度级限值/dB								
	直径系列 (0)			直径系列 (2)			直径系列 (3)		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
20	45	41	36	46	42	38	48	43	39
22	45	41	36	46	42	38	48	43	39
25	46	42	38	47	43	40	49	44	41
28	47	43	39	48	44	41	50	45	42
30	47	43	39	48	44	41	50	45	42
32	48	44	40	49	45	42	51	46	43
35	49	45	41	50	46	43	52	47	44
40	51	46	42	52	47	44	54	49	45
45	53	48	45	54	49	46	56	51	47
50	54	50	47	55	51	48	57	53	49
55	56	52	49	57	53	50	59	54	51
60	58	54	51	59	54	51	61	56	53
65	48	46	46	49	47	42	50	48	43
70	49	47	47	50	48	43	51	49	44
75	50	48	48	51	49	44	52	50	45
80	51	49	49	52	50	45	53	51	46
85	52	50	50	53	51	46	55	52	47
90	53	52	52	55	53	48	57	54	49
95	55	54	54	57	55	50	59	56	51
100	57	56	56	59	57	52	61	58	53
105	59	58	58	61	59	54	63	60	55
110	61	60	60	63	61	56	65	62	57
120	63	62	62	65	63	58	67	64	59

第三章 滚动轴承的拆、装工艺

在机械组装中，轴承装配是一个极其重要的环节。不规范的装配将会给整机的质量造成很大的影响，其中影响最明显的是振动和异常噪声，另外是轴承发热直至过早地损坏。所以应给与高度重视。

拆卸轴承则是机械维修过程中的一个重要的环节。不规范的拆卸过程或使用不合适的拆卸工具，轻者损坏本来还可使用的轴承，重者将会给整个机械造成损伤，甚至影响新轴承的装配，因此也应给与高度重视。

第一节 拆装常用工具

一、拉拔器

拆卸滚动轴承用的拉拔器有手动和液压两大类，另外还可分为两爪、三爪、可换（调）拉爪、一体液压和分体液压等多种，如图 3-1 所示。

安装拉拔器时，在轴伸中心孔内应事先涂一些润滑脂，可减少对该孔的磨损；若需拆下的轴承还要使用，则钩子应钩在轴承内环上，可减少对轴承的损坏程度，配用图 3-1f 所示的专用轴承卡盘可保证这一点。使用中，拉拔器要稳住，其轴线与轴承的轴线要重合，旋紧螺杆时用力要均匀。当使用很大的力还不能拉动时，则不要再强行用力，以免造成拉拔器螺杆异扣、断爪等损坏。

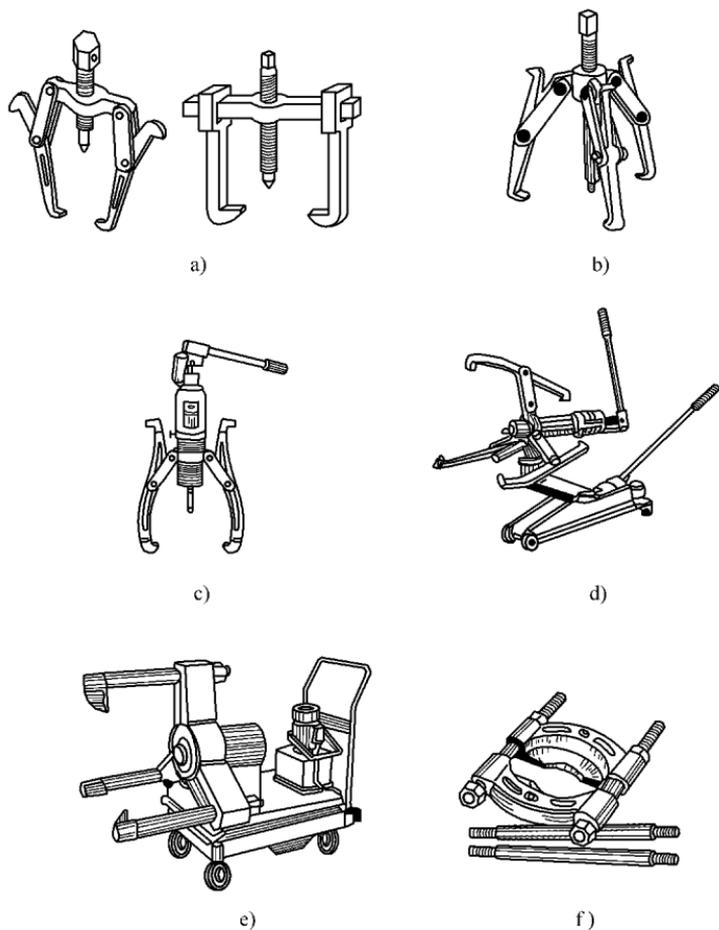


图 3-1 拉拔器

- a) 两爪手动拉拔器 b) 三爪手动拉拔器 c) 油压拉拔器
d) 带移动底座的手动油压拉拔器 e) 带移动底座的电动拉拔器
f) 专用轴承卡盘

二、喷灯

喷灯用于加热轴承内圈，使轴承内圈受热膨胀后，便于

轴承从轴上拆下。一般在使用拉拔器拆卸比较困难时使用。按使用的燃料来分，有汽油喷灯、煤油喷灯和液化气喷灯三种，如图 3-2 所示。

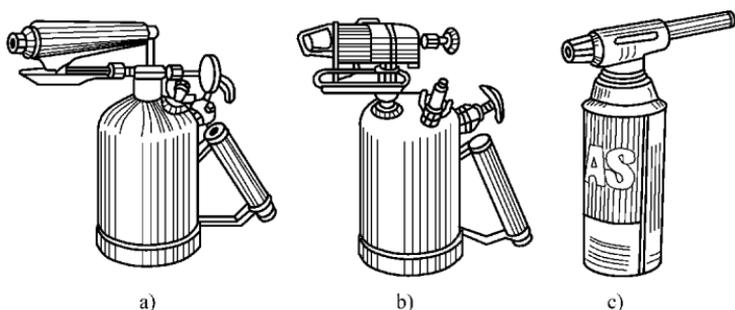


图 3-2 喷灯

a) 煤油喷灯 b) 汽油喷灯 c) 液化气喷灯

对燃油喷灯，使用时，加入的燃油应不超过筒容积的 $\frac{3}{4}$ 为宜（不可使用煤油和汽油混合的燃油！），即保留一部分空间储存压缩空气，以维持必要的空气压力。点火前应事先在其预热燃烧盘（杯）中倒入少许汽油，用火柴点燃，预热火焰喷头。待火焰喷头烧热，预热燃烧盘（杯）中的汽油烧完之前，打气 3~5 次，将放油阀旋松，使阀杆开启，喷出雾状燃油，喷灯即点燃喷火。之后继续打气，至火焰由黄变蓝即可使用。应注意气压不可过高，打完气后，应将打气手柄卡牢在泵盖上。

应注意控制火焰的大小，使用环境中应无易燃易爆物品（含固体、气体和粉尘），防止燃料外漏引起火灾，按要求控制加热部位和温度。

使用过程中，还应注意检查筒中的燃油存量，应不少于筒容积的 $\frac{1}{4}$ 。过少将有可能使喷灯过热而出现意外事故。

如需熄灭喷灯，则应先关闭放油调节阀，待火焰完全熄灭后，再慢慢地松加油口螺拴，放出筒体中的压缩空气。旋松调节开关，完全冷却后再旋松孔盖。

三、工频加热器

工频加热器是交流工频电源涡流加热器的简称，可方便地对轴承等部件的金属内圈进行加热，使其膨胀后进行安装，如图 3-3 所示。

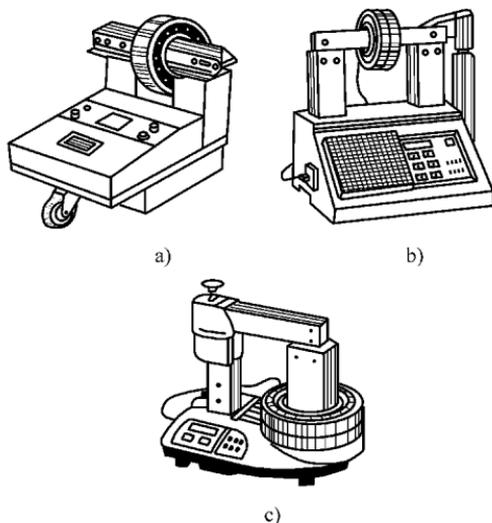


图 3-3 工频加热器

a) ZJ 系列 b) STDC 微电脑系列 c) 瑞士森马 IH090 系列

使用时，应根据被加热部件的大小和相关要求，控制加热时间和温度。

表 3-1 和表 3-2 分别是 ZJ 系列和 STDC 系列工频加热器的技术参数，供参考选用。

表 3-1 ZJ 型系列轴承加热器技术参数

型号	额定功率 /kW	可加热的轴承尺寸/mm		
		内径	最大外径	最大宽度
ZJ20X—1	1.5	30 ~ 85	280	100
ZJ20X—2	3	90 ~ 160	350	150
ZJ20X—3	4	105 ~ 250	400	180
ZJ20X—4	5.5	110 ~ 360	450	200
ZJ20X—5	7.5	115 ~ 400	500	220

表 3-2 STDC 系列轴承加热器技术参数

型号	额定功率 /kVA	电源电压 /V	可加热的轴承尺寸/mm			外形尺寸 长×宽×高 /mm	其他功能和参数
			内径	最大 外径	最大 宽度		
STDC—1	1	220	15 ~ 100	150	60	32 × 22.5 × 27.5	(1) 最高温度为 300℃, 有温度显示 (2) 有磁性探头 (3) 具有手动和自动时间与温度控制, 时间范围为 0 ~ 99min, 有声音提示 (4) 具有保温功能 (5) 自动消磁
STDC—2	3.6	220	30 ~ 160	340/480	150	34 × 29 × 31	
STDC—3	3.6	220	30 ~ 160	340/480	150	34 × 29 × 38	
STDC—4	8	380	50 ~ 250	470/720	200	63 × 36.5 × 47	
STDC—5	12	380	70 ~ 400	700/1020	265	95 × 64 × 100	
STDC—6	24	380	70 ~ 600	700/1020	265	95 × 64 × 100	
STDC—7	12	380	75 ~ 400	920	350	120 × 64 × 100	
STDC—8	24	380	85 ~ 600	900	400	100 × 50 × 135	
STDC—9	40	380	85 ~ 800	1400	420	150 × 60 × 147	

第二节 滚动轴承拆装工艺

一、滚动轴承的拆卸工艺

拆卸损坏的轴承是电机维护保养中较常做的一项工作。根据所具有的设备条件，具体操作工艺如下。

1. 用拉拔器拆卸

如图 3-4a、图 3-4b 和图 3-4c 所示。对还可继续使用的轴承，应注意将拉拔器的钩爪钩在轴承内圈端面上，如图 3-4a 所示。当工作间隙较小，钩爪不能深入时，则可选择合适尺寸的图 3-1f 所示的专用卡盘，如图 3-4c 所示进行拆卸。

2. 用铜棒敲击拆卸

用紫铜棒抵在轴承内环处，用锤子击打铜棒。抵在轴承内环上的点应在其圆周上布置 4 个以上，如图 3-4d 所示。

3. 夹板架起敲击拆卸

将转子放入一个深度合适的桶中或支架下，将要拆下的轴承用两块结实的木板夹住并托起。为避免转子突然掉下时墩伤下端轴头，应在下面放一块木板或厚纸板、胶皮等。用木板垫在上端轴端，用锤子击打至轴承拆下。在轴承已松动后，应用手扶住转子，防止偏倒造成磕伤，如图 3-4e 所示。

4. 加热膨胀后拆卸

当轴承已损坏，用上述方法又难以拆下时，可先打掉轴承滚子支架，去掉外圈，再用气焊或喷灯加热轴承内圈外圆，加热到一定程度后，借助轴承内盖则可轻松地将其拆下，如图 3-4f 所示。

5. 外圈的拆卸

拆卸过盈配合的外圈，事先在外壳的圆周上设置几处外圈挤压螺杆用螺钉，一面均等地拧紧螺杆，一边拆卸。这些

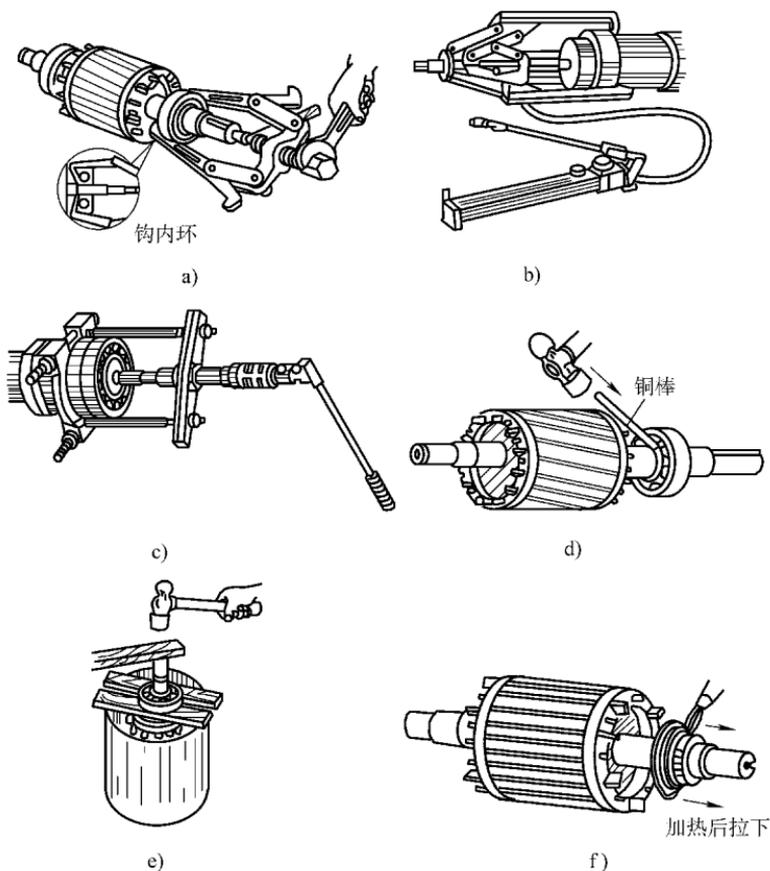


图 3-4 滚动轴承的拆卸

- a) 用手动拉拔器拆卸 b) 用液压拉拔器拆卸 c) 用液压拉拔器加轴承专用卡板拆卸 d) 用铜棒敲击拆卸 e) 夹板架起 f) 加热膨胀后拆卸

螺杆孔平常盖上盲塞，圆锥滚子轴承等的分离型轴承，在外壳挡肩上设置几处切口，使用垫块，用压力机拆卸，或轻轻敲打着拆卸。

6. 锥孔轴承的拆卸

拆卸小型的带紧定套的轴承，用紧固在轴上的档块支撑内圈，将螺母转回几次后，使用垫块用榔头敲打拆卸。

大型轴承，利用油压拆卸更加容易。在锥孔轴上的油孔中加压送油，使内圈膨胀拆卸轴承。操作中，有轴承突然脱出的可能，最好将螺母作为档块使用。

二、滚动轴承的装配工艺

(一) 装配前的检查

轴承在装配之前，首先要核对规格牌号（刻在轴承外圈端面或防尘盖上），应与要求的完全相符，再检查其生产日期，计算已存放的时间，该时间应在规定的期限之内（例如两年），超过规定期限的不应使用或经过必要的处理后方可使用。然后逐个进行外观检查，不应有破损、锈蚀等现象；对内、外圈组合为一体的轴承（例如深沟向心球轴承，俗称“死套轴承”），还应检查其运转的灵活性，如图 3-5a 所示。

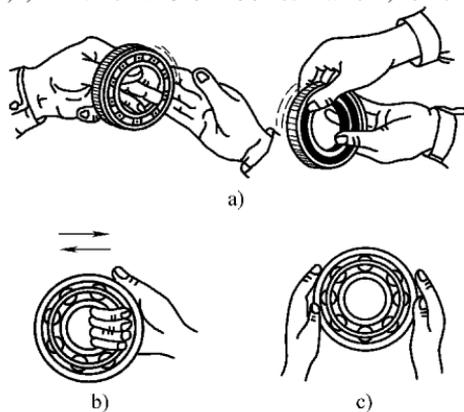


图 3-5 装配滚动轴承前的检查

- a) 拨动外圈检查转动灵活性 b) 前后晃动检查游隙大小
 c) 双手托起晃动检查游隙大小

有必要时还应进行径向游隙大小的检查。在组装现场，可用手感法简单地检查轴承游隙是否合适。手握轴承前后晃动，不应有较大的撞击声（见图 3-5b）；或用两手如图 3-5c 所示托起轴承，上、下、左、右晃动，不应有明显的撞击声。

（二）加热装配工艺

通过对轴承加热，使其内圈内径膨胀变大后，套到转轴的轴承档处，应注意将该规格牌号的一端放在外边（下同），以便于查对。冷却后内圈缩小，从而与轴形成紧密的配合。轴承加热温度应控制在 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，加热时间视轴承的大小而定，常用的加热方法有如下 4 种。

1. 油煮法

将轴承放在变压器油中的网架上，如图 3-6a 所示。加热变压器油，到预定时间后捞出，用干净不脱毛的布巾将其油迹和附着物擦干净后，尽快套到轴上。

2. 工频涡流加热法

将轴承套在工频加热器的动铁心上后，接通加热器的工频交流电源。轴承会因电磁感应而在内、外圈中产生涡流（电流），从而产生热量使其膨胀，如图 3-6b 所示。

3. 烘箱加热法

将轴承放入专用的烘箱内加热，如图 3-6c 所示。

4. 电磁炉加热法

将轴承放在电磁炉上加热，此法比较适用于较小的轴承。所用电磁炉有专业厂生产的产品，也可使用家庭做饭使用的普通电磁炉。应将轴承放在一块铁板上（或电磁炉平底锅等，将轴承直接放在电磁炉上可能不会加热，此时电磁炉屏幕可能显示“E1”——无加热器件）。在操作中应注意控制好温度，例如选择最低温度一档 C1，如图 3-6d 所示。

加热到适当时间后，尽快将其套在轴上轴承档的预定位置。操作时要戴干净的手套，防止烫伤或脱手后砸脚，如图 3-6e 所示。

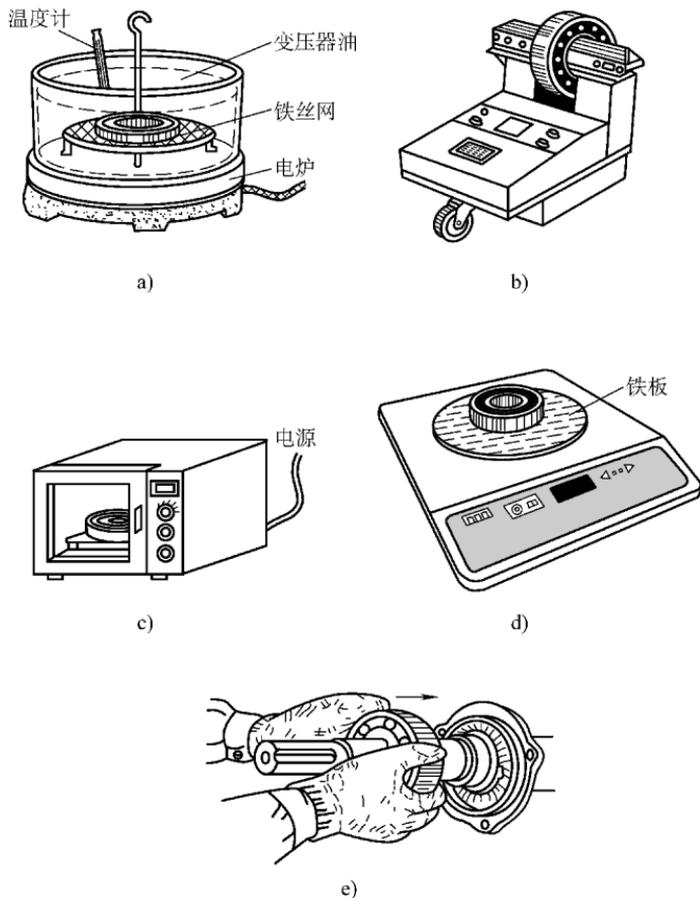


图 3-6 滚动轴承的热装配工艺

- a) 油煮加热 b) 工频涡流加热 c) 用烘箱加热
d) 用电磁炉加热 e) 加热后套装

（三）滚动轴承的冷装配工艺

所用轴承保持常温状态，用在轴承内圈端面施加压力的方法，将其套到转轴轴承档部位的工艺称为冷装配工艺。装配前，在轴的轴承档部位上涂上一些润滑油，会对顺利装配有所帮助，如图 3-7a 所示。

使用油压机进行装配时，应设置位置传感器或开关、过压力传感器等装置，以确保压装到位，并且到位后压力就会撤销，以防止再加更大的压力将轴承或轴损伤。图 3-7b 所示，为使用立式油压机进行操作，轴承上面放置的是一个专用的金属套筒，抵在轴承内圈上。

用榔头击打套筒顶部将轴承推到预定位置，敲击时应注意力的方向，要始终保持与电机轴线重合，如图 3-7c 所示。

在无上述条件时，可用铜棒抵在轴承内圈上。用榔头击打，要在圆周方向以 180° 的角度，一上一下，一左一右地循环着敲打，用力不要过猛，如图 3-7e 所示。

（四）圆锥内孔轴承的安装工艺

圆锥内孔轴承可以直接装在有相同锥度的轴颈上。

若安装在圆柱轴承上，则需要通过一个内为圆柱孔外为圆锥面的紧定套，并通过锁紧螺帽和防松动垫圈将轴承锁定，上述部件如图 3-8 所示。

其配合的松紧程度可用轴承径向游隙减小量来衡量，因此，安装前应测量轴承径向游隙，安装过程中应经常测量游隙以达到所需要的游隙减小量为止，安装时一般采用锁紧螺母，也可采用加热安装的方法。

单列圆锥滚子轴承安装最后应进行游隙的调整。游隙值应根据不同的使用工况和配合的过盈量大小而具体确定。必要时，应进行试验确定。双列圆锥滚子轴承和水泵轴连轴承

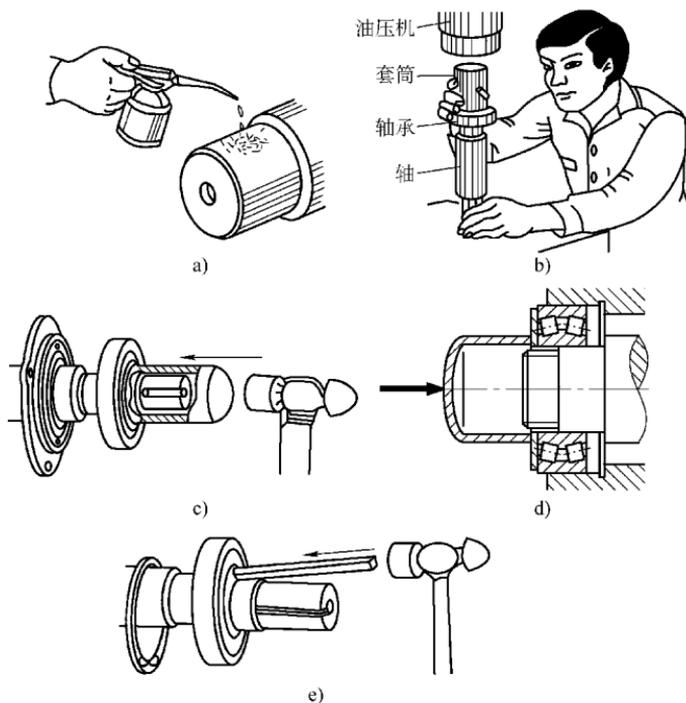


图 3-7 滚动轴承的冷装配工艺

- a) 在轴承档加少量机油 b) 用油压力机装配 c) 用专用套筒敲击装配向心轴承
d) 用专用套筒敲击装配调心轴承 e) 用铜棒敲击装配

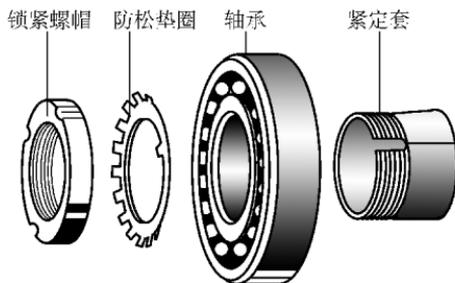


图 3-8 将圆锥内孔轴承安装于圆柱轴上所用的部件

在出厂时已调整好游隙，安装时不必再调整。

将圆锥内孔轴承安装于圆柱轴上的步骤如下：

(1) 一个紧靠轴肩安装的紧定套需要一个间隔套，其设计要使紧定套能在其内凹空间活动，以使轴承与间隔套有良好的接触。若使用无轴肩的平直轴，紧定套要安置在事先确定的位置（包括设计位置和拆卸前记录的位置），或测量以配合轴承在轴承室中的位置。

(2) 用清洁不脱毛的白布将待用的轴承和紧定套内外擦干净，之后在配合面上薄薄涂一层机油，如图 3-9a 和图 3-9b 所示。

(3) 将轴擦拭干净后，在其配合面上点少许机油，套上紧定套。用工具（例如一字口螺丝刀）将紧定套的开口微微撬开，则可使紧定套在轴上沿轴向移动，如图 3-9c 所示。

(4) 将轴承套在紧定套上后，放好防松动垫圈，再用锁紧螺帽将轴承锁定，如图 3-9d 和 3-9e 所示。

(5) 用手转动轴承外圈，应转动灵活，如图 3-9f 所示。

(五) 推力轴承的安装工艺

安装推力轴承时，应检验轴圈和轴中心线的垂直度。方法是将千分表固定于箱壳端面，使表的测头顶在轴承轴圈滚道上边，转动轴承，观察千分表指针，若指针偏摆，说明轴圈和轴中心线不垂直。

推力轴承安装正确时，其座圈能自动适应滚动体的滚动，确保滚动体位于上下圈滚道。如果装反了，不仅轴承工作不正常，且各配合面会遭到严重磨损。由于轴圈与座圈的区别不很明显，装配中应格外小心，切勿搞错。此外，推力轴承的座圈与轴承座孔之间还应留有 0.2 ~ 0.5mm 的间隙，用以补偿零件加工、安装不精确造成的误差，当运转中轴承

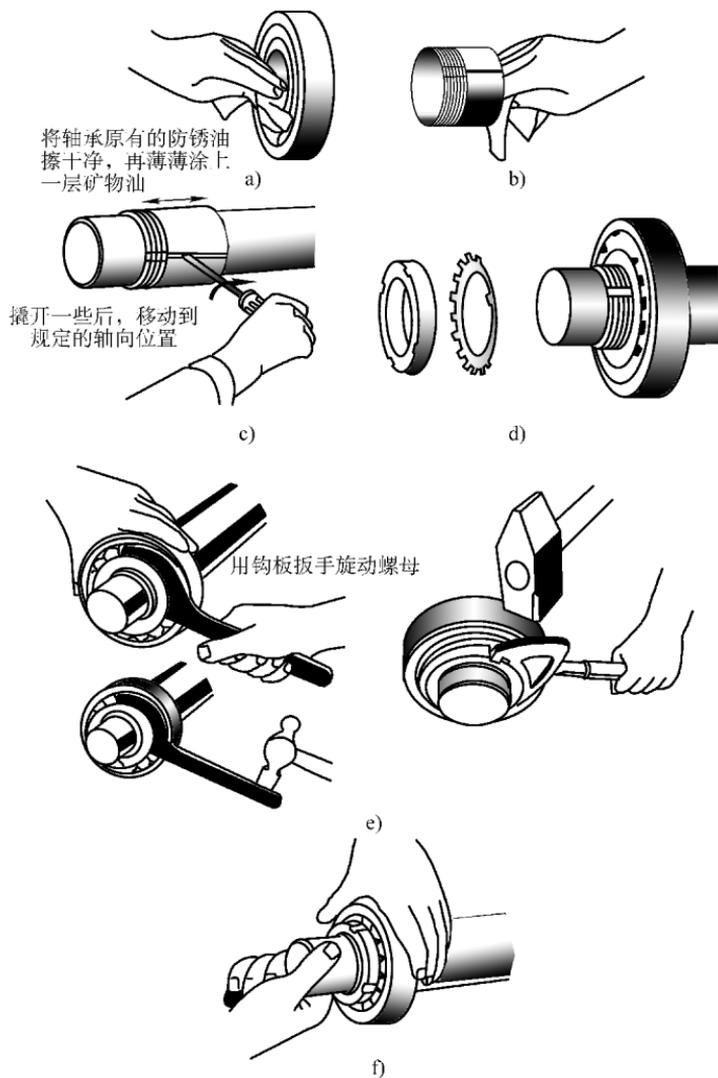


图 3-9 将圆锥内孔轴承安装于圆柱轴上的步骤

- a) 清洁轴承
- b) 清洁紧定套
- c) 安装紧定套
- d) 安装轴承、防松垫圈和锁紧螺母
- e) 用钩形扳手旋紧锁紧螺母
- f) 检查是否灵活

套圈中心偏移时，此间隙可确保其自动调整，避免碰触摩擦，使其正常运转。否则，将引起轴承剧烈损伤。

第三节 滚动轴承的密封

为了使轴承保持良好的润滑条件和正常的工作环境，充分发挥轴承的工作性能，延长使用寿命，滚动轴承必须具有适宜的密封，以防止润滑剂的泄漏和灰尘、水气或其他污物的侵入。

轴承的密封可分为自带密封和外加密封两类，可只有其中一类，但一般同时具有两类。

一、自带密封

所谓轴承自带密封就是把轴承本身制造成具有密封性能装置的，如轴承带防尘盖、密封圈等。这种密封占用空间很小，安装拆卸方便，造价也比较低。自带密封装置分一面或两面接触或非接触骨架式橡胶密封圈、一面或两面防尘盖、一面为骨架式橡胶密封圈一面为防尘盖等多种类型，利用在轴承规格型号后置代号的型式给出，详见表 1-11 和表 3-3。

二、外加密封

所谓轴承外加密封，就是在安装端盖等内部制造成具有各种性能的密封装置。

(一) 对轴承外加密封选择应考虑的主要因素

- (1) 轴承润滑剂和种类（润滑脂和润滑油）；
- (2) 轴承的工作环境，占用空间的大小；
- (3) 轴的支承结构特点，允许角度偏差；
- (4) 密封表面的圆周速度；
- (5) 轴承的工作温度；
- (6) 制造成本。

(二) 外加密封的分类

外加密封又分为非接触式与接触式两种。

1. 非接触式密封

非接触式密封就是密封件与其相对运动的零件不接触，且有适当间隙的密封。这种形式的密封，在工作中几乎不产生摩擦热，没有磨损，特别适用于高速和高温场合。非接触式密封常用的有间隙式、迷宫式和垫圈式等各种不同结构形式，分别应用于不同场合。非接触式密封的间隙以尽可能小为佳。

图 3-10 是最常用的沟槽式、迷宫式和较大容量小型设备使用的“挡油盘”（又称为“甩油盘”）式装配剖面图。

沟槽式在小型机械中应用最广泛，如图 3-10a 所示。运行时，沟槽将充满润滑油，从而起到防止灰尘及水分进入轴承中，同时轴承中的多余的润滑油可通过它排出的作用。一般情况下，沟槽的宽度为 3 ~ 5mm，深度为 4 ~ 5mm。

迷宫式的结构相对复杂，分为径向和轴向两种，图 3-10b 给出的是轴向式。这种结构的密封效果强于沟槽式。图中间隙 a 和 b 的大小根据轴径 D 的大小来确定， $D < 50\text{mm}$ 时， $a = 0.25 \sim 0.4\text{mm}$ ， $b = 1 \sim 2\text{mm}$ ； $D \geq 50 \sim 200\text{mm}$ 时， $a = 0.5 \sim 1.5\text{mm}$ ， $b = 2 \sim 5\text{mm}$ 。

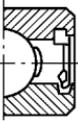
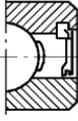
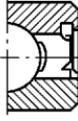
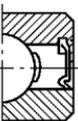
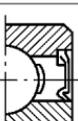
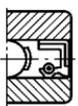
图 3-10c 给出的是“挡油盘”式装配剖面图。“挡油盘”安装在位于轴承室内的转轴上，随转轴转动。它的作用一方面是只能让轴承中的多余或“失效”的润滑油从其边缘缝隙中流（甩）出，另一方面是防止外来灰尘及甩出废油脂回到轴承中。

2. 接触式密封

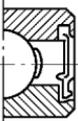
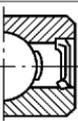
接触式密封就是密封与其相对运动的零件相接触且没有间隙的密封。这种密封由于密封件与配合件直接接触，在工作中摩擦较大，发热量亦大，易造成润滑不良，接触面易磨

损，从而导致密封效果与性能下降。因此，它只适用于中、低速的工作条件。接触式密封常用的有毛毡密封、皮碗密封等结构形式，如图 3-11 所示。

表 3-3 轴承自带密封的几种常见类型

接触方式		结构、功能及优缺点	代号	图例
非接触式	防尘盖密封	非接触式钢板防尘盖密封装置，是最常用的一种。适用于高速，密封占有空间适当，防尘及防油脂泄漏性能较差	Z	
	单唇密封	钢板和橡胶组合非接触式密封装置，内圈外径面有沟槽和密封唇口成迷宫密封。适用于高速，密封占有空间适当，防尘及防油脂泄漏性能一般	RU	
	双唇密封	钢板和橡胶组合非接触式的双唇口密封装置，是最常用的一种。性能与 RU 型类似	-	
接触式	径向密封	钢板和橡胶组合接触式密封装置，单唇口结构（最常用）。高速和动态性能一般，密封占有空间适当，防尘及防油脂泄漏性能较好	-	
		钢板和橡胶组合接触式“乙”形密封装置，单唇口结构，是最常用的一种。高速和动态性能一般，其他性能较好	RS	
		钢板和橡胶组合接触式密封装置，与 RS 型类似，但多一个和内圈外径面起迷宫作用的唇口。高速性能一般，防尘及防油脂泄漏性能好，动态性能较好	RK	
		钢板和橡胶组合接触式密封装置，密封唇口由弹簧预紧力和内圈外径面密切接触。性能与 RK 型类似	HMS (A) MHS (A)	

(续)

接触方式	结构、功能及优缺点	代号	图例
接触式 轴向密封	钢板和橡胶组合接触式的密封装置，双唇口结构，一个唇口和内圈外端面台缘轻微接触，另一个唇口和内圈端面成迷宫密封。各项性能都较好	RD	
	结构与 RD 型基本相同，只是另一个唇口和内圈端面成极小间隙组成“人”形。动态性能优于 RD 型	-	

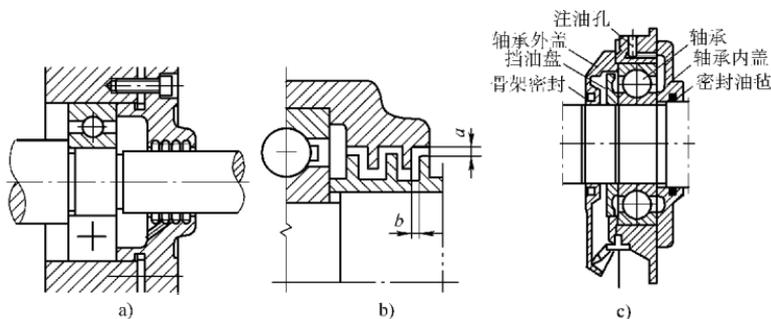


图 3-10 非接触式密封

a) 沟槽式 b) 迷宫式 c) “挡油盘”式

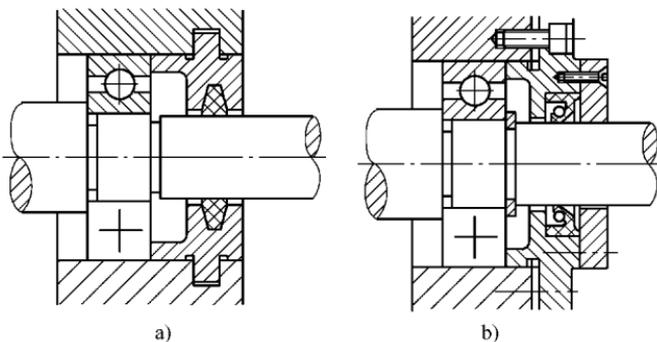


图 3-11 接触式密封

a) 毛毡密封式 b) 骨架皮碗密封式

第四章 滚动轴承的润滑

第一节 润滑脂的品种、成分和特性

润滑油是设备的血液，正确的选择和使用对延长设备的使用寿命至关重要。

一、润滑脂的组成

润滑脂是由润滑油（基础油）、稠化剂（增稠剂）或皂基、添加剂（有些品种不含添加剂）在高温下混合而成的。

1. 润滑油（基础油）

润滑油是用于润滑的有效成分，占总量的 70% 以上，被称为润滑脂中的润滑基油，简称为基础油。润滑油主要来自炼油厂特制的矿物油，另外还有植物油和合成油。合成油具有特殊的应用，例如超高温和超低温场合。

不同成分的润滑油，有的可以互相兼容（可以混合在一起使用），有的则不可互相兼容（不可以混合在一起使用）。不可互相兼容的两种润滑油混合在一起时，则可能失去润滑作用，甚至于造成轴承的严重损坏。

2. 稠化剂或皂基

稠化剂也称为增稠剂。稠化剂或皂基是吸附润滑油和/或添加剂的物质，由皂基和非皂基形成。它的类型决定了润滑脂的典型特性。

皂基以锂、钙、钠、钡或铝为基础；非皂基则以有机和无机固体颗粒、黏土、聚脲和硅胶为基础。

3. 添加剂

添加剂用于提供附加特性，例如耐磨和防腐蚀保护、减少摩擦的效果，以及在边界和混合润滑条件下防止损伤等。

二、润滑脂的分类和常用品牌

润滑脂的分类方法有多种，但一般是按其组成原料中的稠化剂成分来分，称为“××基脂”，例如“钠基脂”、“锂基脂”等。其常用类型和各自可适应的工作温度见表 4-1。另外，按其所适应的最高和最低温度，还可分为普通润滑脂、高温润滑脂和低温润滑脂三类；按其所适应的最高转速，还可分为普通润滑脂、高转速润滑脂两类。

表 4-1 常用润滑脂的类型及其适应的温度范围

序号	种 类	适应工作温度范围/°C
1	锂基脂	-30 ~ +110
2	锂基复合脂	-20 ~ +140
3	钠基脂	-30 ~ +80
4	钠基复合脂	-20 ~ +140
5	钙基脂	-10 ~ +60
6	钙基复合脂	-20 ~ +130
7	铝基复合脂	-30 ~ +110
8	硼基复合脂	-20 ~ +130
9	聚脲基脂	-30 ~ +140
10	钙-铅基脂	-10 ~ +90
11	钙-钠基脂	-10 ~ +120
12	二硫化钼润滑脂 ^①	—

① 二硫化钼润滑脂是一种将 1 号二硫化钼固体润滑剂加入到润滑脂中制成的润滑产品（二硫化钼占 3% ~ 5%）。它可以改善原有润滑脂的某些性能，例如可减少摩擦，提高抗耐热能力等。

常用国产和进口润滑脂的品种、代号、性能及用途见表 4-2 和表 4-3。图 4-1 给出了部分品牌的包装和商标。

表 4-2 常用轴承润滑脂的品种、代号、性能及用途

名称及代号	性能			用途及相关说明	
	外观及颜色	滴点 /°C	适用温度 /°C		适用转速 和负荷
钙基 (Ca) ZG-1~4	黄色, 乳膏状	70~ 90	-10~ +70	中-低速, 中-低负荷	中、低速及可能遇到水或潮湿部位的轴承
复合钙基 ZFG-1~4	褐色, 乳膏状	200~ 280	-10~ +150	中-低速, 高-低负荷	滑动轴承和滚动轴承, 耐高温, 耐水
钠基 (Na) 长纤维	黄-青色, 亮纤维状	140~ 200	-10~ +100	中-低速, 高-低负荷	中、低速轴承, 不得含水分, 以防乳化
钠基 (Na) 短纤维	黄-青色, 乳膏状			高-低速, 高-低负荷	高温滚动轴承, 不得含水分, 以防乳化
铝基 (Al)	青-红色, 透明拉丝状	70~ 90	-10~ +80	中-低速, 中-低负荷	受振动的轴承, 挤压性好, 滴点下安定性好
钙-钠基 (Ca-Na)	黄-青色, 短纤维膏状	150~ 180	-10~ +120	高-低速, 中-低负荷	高速滚动轴承, 有一定的抗水性和机械安定性
锂基 (Li)- 石油	褐-红色, 乳膏状	170~ 190	-30~ +130	高-低速, 高-低负荷	中、小型滚动轴承, 耐低温, 高速万能脂

(续)

名称及代号	性能				用途及 相关说明
	外观及颜色	滴点 /°C	适用温度 /°C	适用转速 和负荷	
锂基 (Li) - 合成油	褐 - 红 色, 短纤 维膏状	170 ~ 220	-50 ~ +130	高 - 低速, 高 - 低负荷	高、低温均能适应的滚动轴承, 低温性能尤为明显
复合锂基	褐 - 黄 色, 乳膏 状	200 ~ 280	-30 ~ +130	高 - 低速, 高 - 低负荷	高、低温均能适应的滚动轴承, 多效通用

表 4-3 常用进口轴承润滑脂的品种代号、性能及用途

名称及代号	生 产 国	性能				用途及 相关 说明
		外观及 颜色	滴点 /°C	适用温度 /°C	适用转速 和负荷	
美孚保力来 POLYREX EM	美国	蓝	288	-20 ~ +110	用于苛刻 条件 (振 动、潮湿) 的重载	聚脲基
美孚保力来 POLYREX EPI		绿	180	-20 ~ +110		
SKF LGMT 2	瑞典	红棕	180	-30 ~ +120	中低负 荷, 低噪声	锂基
SKF LGEP 2		淡棕	180	-20 ~ +110	中低转 速, 重载	
SKF LJHP 2/18		蓝	180	-20 ~ +110		
壳牌爱万利 EPI	英国	绿	180	-12 ~ +110	中低转 速, 重载	锂皂基
加德士 Caltex Polyurea HD	美国	深绿	180	-20 ~ 160		中、高 速
加德士 Caltex Multifak AFB		浅棕	180	-40 ~ 120		锂皂基



a)



b)

图 4-1 滚动轴承用润滑脂

a) 国产和进口润滑脂包装外形 b) 进口润滑脂公司商标

三、不同成分润滑脂的兼容性

原则上讲，不同成分的润滑脂是不许混用的。这一点在对轴承第一次注脂时是很容易做到的。但在机械运行过程中，补充或更换油脂时，则往往会因为一时找不到原用品种或其他客观和主观原因而使用另一品种的润滑脂，造成不同

组分混用的结果。

不同成分混用后，有时没有出现异常，有时则会出现油脂稀释或板结、变色等现象，降低润滑作用，最终损坏轴承的严重后果。之所以出现上述不同的结果，涉及到不同成分的润滑脂之间的兼容性问题。混用后作用正常的，说明两者是兼容的，否则是不兼容的。

表 4-4 和表 4-5 分别给出了常用润滑脂基础油和增调剂是否兼容的情况，供使用时参考。表中：“+”为兼容；“×”为不兼容；“？”为需要测试后根据反映情况决定。对表中所列不兼容的品种应格外加以注意。

表 4-4 常用润滑脂基础油兼容情况

基础油 基础油	矿物油 /PAO	酯	聚乙 二醇	聚硅酮 甲烷基	聚硅酮 苯基	聚苯醚	PFPE
矿物油/PAO	+	+	×	×	+	?	×
酯	+	+	+	×	+	?	×
聚乙二醇	×	+	+	×	×	×	×
聚硅酮（甲烷基）	×	×	×	+	+	×	×
聚硅酮（苯基）	+	+	×	+	+	+	×
聚苯醚	?	?	×	×	+	+	×
PFPE	×	×	×	×	×	×	+

表 4-5 常用润滑脂增调剂兼容情况

增稠剂 增稠剂	锂基	钙基	钠基	锂复 合基	钙复 合基	钠复 合基	钡复 合基	铝复 合基	黏土 基	聚脲 基	磺酸钙 复合基
锂基	+	?	×	+	×	?	?	×	?	?	+
钙基	?	+	?	+	×	?	?	×	?	?	+
钠基	×	?	+	?	?	+	+	×	?	?	×

(续)

增稠剂 增稠剂	锂基	钙基	钠基	锂复合基	钙复合基	钠复合基	钡复合基	铝复合基	黏土基	聚脲基	磺酸钙复合基
锂复合基	+	+	?	+	+	?	?	+	×	×	+
钙复合基	×	×	?	+	+	?	×	?	?	+	+
钠复合基	?	?	+	?	?	+	+	×	×	?	?
钡复合基	?	?	+	?	×	+	+	+	?	?	?
铝复合基	×	×	×	+	?	×	+	+	×	?	×
黏土基	?	?	?	×	?	×	?	×	+	?	×
聚脲基	?	?	?	×	+	?	?	?	?	+	+
磺酸钙复合基	+	+	×	+	+	?	?	×	×	+	+

第二节 润滑脂的主要质量指标和检测方法

一、润滑脂的主要质量指标和正规检测方法

润滑脂的性能指标有色别（外观）、稠度（锥入度，曾用名为“针入度”）、耐热性能（滴点、蒸发量、高温锥入度、钢网分油、漏失量）、耐水性能、机械安定性、耐压性能、氧化安定性、机械杂质、防蚀防锈性、分油、寿命、硬化、水分等多项，其中主要质量指标有滴点、锥入度、机械杂质、机械安定性、氧化安定性、防蚀防锈性等。滴点、锥入度、机械杂质三个主要指标的定义、说明和正规的检测方法见表4-6。

二、润滑脂的简易鉴别方法

1. 皂基的鉴别

把润滑脂涂抹在铜片上，然后放入热水中，如果润滑脂

表 4-6 润滑脂主要质量指标滴点、锥入度、机械杂质含量

指标名称	定义	说明	检测方法
滴点	润滑脂从不流动向流动转变时的温度值	本指标是衡量润滑脂耐温程度的参考指标。一般润滑脂的最高使用温度应比其滴点低 20 ~ 30℃，以保证其不流失	将润滑脂放入滴点仪中，在规定的条件下加热，润滑脂滴下第一点时的温度即为滴点温度
锥入度	表明润滑脂稀稠程度的鉴定指标	锥入度小时，润滑脂的塑性大，滚动性差；锥入度大时结果相反。此外，润滑脂经剪切后稠度会改变，测定润滑脂经剪切前后的锥入度差值，可知其机械稳定性	用重 150g 的标准锥形针放入 25℃ 的润滑脂试样中，测量 5s 后进入的深度。按 1/10mm 计算其数值
机械杂质含量	润滑脂中不溶于乙醇-苯混合液及热蒸馏水中物质的含量	润滑脂中混有机械杂质会使滚动体及沟道产生不正常的磨损，产生噪声，使轴承过早地损坏	可用酸分解法进行试验。将试样用酸分解后过滤，计算剩余物质的重量 现场可使用简易的方法

和水不起作用，水不变色，说明是钙基脂、锂基脂或钡基脂；若润滑脂很快溶于水，变成牛奶状半透明的乳白色溶液，则是钠基脂；润滑脂虽然能溶于水，但溶解速度很缓慢，说明是钙钠基脂。

2. 纤维网络结构破坏性的鉴别

把涂有润滑脂的铜片放入装有水的试管中并不断转动，若没有油质分离出来，表明润滑脂的组织结构正常，如果有

油珠浮上水面，说明该润滑脂的纤维网络结构已破坏，失去了附着性，不能继续使用。究其原因主要是保管不善、经受振动、存放过久等。

3. 机械杂质的检查

用手指取少量润滑脂进行捻压，通过感觉判断有无杂质；把润滑脂涂在透明的玻璃板上，涂层厚度约为 0.5mm，可在光亮处观察有无机械杂质。

第三节 润滑脂的选用原则和注入量

一、润滑脂的选用原则

选用润滑脂时，主要根据轴承的工作环境、工作温度、荷载情况等。

1. 工作环境

主要指工作环境的最低和最高温度、空气湿度、是否含有腐蚀性气体或过多的灰尘等。例如在严寒地区室外使用时，应选用锂基低温润滑脂；在湿度较大、水分较多的场合应选用钙基润滑脂；在干燥、水分较少的场合，适宜选用易溶于水的钠基润滑脂。

2. 工作温度

其一是使用环境的最低温度，其二是运行中可能出现的最高温度。工作温度较高时，应选择滴点较高的高温润滑脂。实际最高工作温度应低于润滑脂滴点 10 ~ 20℃（合成润滑脂应为 20 ~ 30℃）。常用润滑脂适用的温度范围见表 4-7。

表 4-7 常用润滑脂适用的温度范围

润滑脂类型	普通钙基脂	复合钙基脂	合成钠基脂	锂基脂
适用的温度范围/℃	60	120	150	150

3. 荷载情况

对重载荷，应选用锥入度较小的润滑脂。在高压下工作时，除要求锥入度小以外，还要求有较高的油膜强度和挤压性能。

二、润滑脂的注入方法和注入量

(一) 注脂工具

滚动轴承的注油工具有手动注脂和压力注脂两种型式，俗称为油枪；较大的生产、使用和修理单位则可能使用带有计量装置的专用注脂机（罐或桶），如图 4-2 所示。

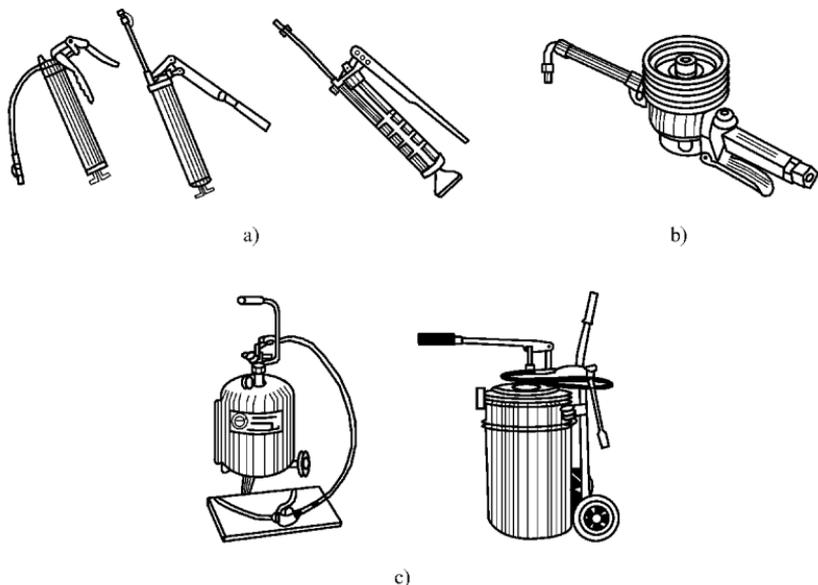


图 4-2 滚动轴承注脂工具

a) 手动注脂枪 b) 带量表的压力注脂枪 c) 注脂机

在没有上述专用设备的场合，可用干净无毛刺的竹板、木板或铜板等。应禁止使用带棱角的钢制工具。

(二) 注脂量

1. 注脂量对轴承使用的影响

对于密封轴承，在生产时就已经充填了适当的润滑脂；对于开式轴承，虽然设置密封装置来防润滑脂的泄漏，但在使用中仍会因少量的泄露等原因而逐渐减少，需要进行不断地补充。

实践证明，轴承中注入润滑脂的多少对其运行将产生一定的影响。注脂量过少易造成润滑不足，严重时导致干摩擦，产生较高的热量，并因磨损而在很短的时间内使轴承报废，有可能对整个设备造成严重的影响。注脂量过多则会导致轴承滚动体滚动阻力较大，轴承内的润滑脂温度较高，当达到其滴点时将化成液体而流失，最后出现上述注脂量过少的严重后果，另外泄漏的润滑脂既造成浪费又污染环境。

2. 注脂量的原则规定

注脂量的原则：在能保证轴承的充分润滑的前提下越少越好。

通过实践经验总结，下述原则是比较合适的。

对开启式轴承，比较合适的油脂注入量应视轴承室空腔容积（将两个轴承盖与轴承安装完毕后，其所包容的内部空间中空气占有的部分，见图 4-3 中除轴承滚珠以外的空白部分）大小和所用轴承转速（对于交流电动机，也可用极数代替转速）来简略地计算加脂量，见表 4-8。

对于如图 3-10 所示，具有挡油盘（又称为甩油盘）轴承室结构的，应适当增加第一次的注油脂量，并且在轴承外盖空腔内不要注油脂（这里是接受被甩出“废油脂”的“垃圾箱”，其中的油脂不会进入轴承中用于润滑，所以新注入的油脂将被浪费）。此种结构，因轴承室中的油脂将越

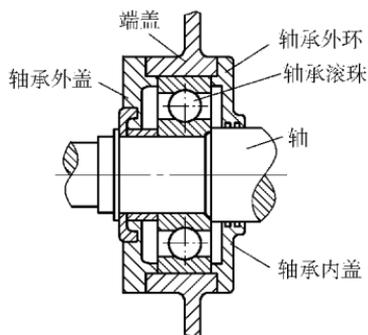


图 4-3 轴承室空腔的定义

用越少，如不按要求定期加注油脂，则将会因油脂过少而降低润滑效果，最终油脂因过热干涸，使整个轴承损坏。

表 4-8 根据机械的工作转速确定轴承润滑脂注入量

转速/(r/min)	<1500	1500~3000	>3000
润滑脂注入量(与轴承室空腔比例)	2/3	1/2	1/3

对运行中定期(短间隔)补充油脂，其补充量 $G(g)$ 可按下列式估算：

$$G = 0.005DB \quad (4-1)$$

式中 D ——轴承外径 (mm)；

B ——轴承宽度 (mm)。

图 4-4 给出的是各类、各系列轴承润滑脂填充量与轴承内径的关系，曲线的编号代表轴承系列，例如 6 为深沟球轴承，可参考使用。

3. 注意事项

注润滑脂时，场地要干净整洁，所用工具应用汽油清洗干净。油脂注完后，应尽快装配好其他部件，要防止进入轴

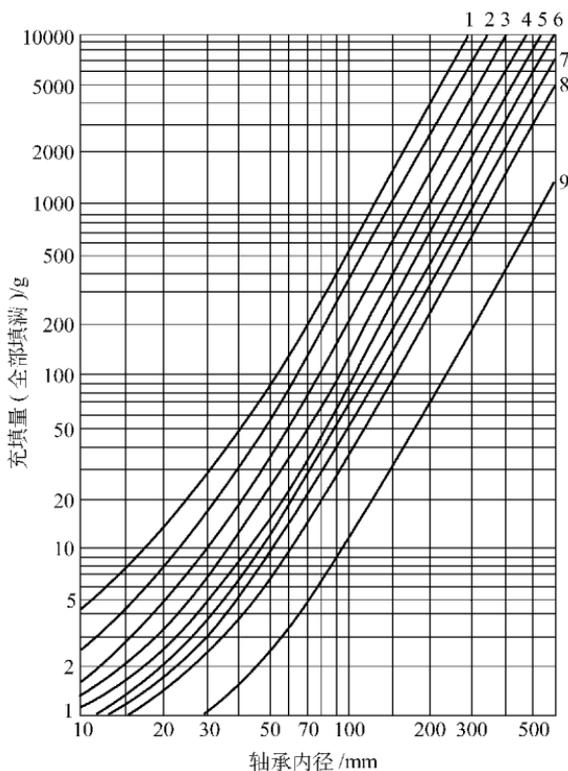
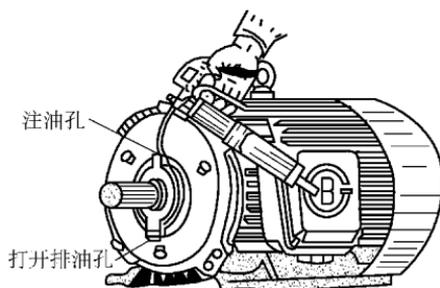


图 4-4 各类、各系列轴承润滑脂填充量与轴承内径的关系图

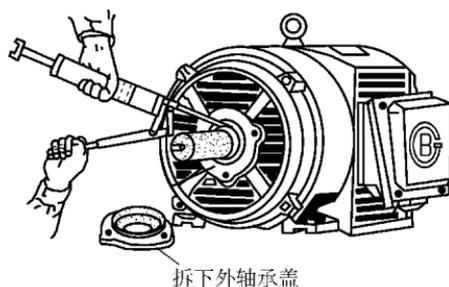
承中的油脂夹带灰尘杂物，特别是砂粒和铁屑等。

(三) 运行中滚动轴承的注脂

对使用开启式轴承的机械，在运行到一定时间后（详见下面第三项内容），则应往轴承室中补充油脂。对于具有注油系统装置的，可在不拆机的情况下进行，如图 4-5a 所示，否则应拆开轴承盖直接往轴承室中注油，如图 4-5b 所示。应注意使用与原用油脂相同的牌号的油脂，以避免不同组分的润滑脂发生有害反应而减小甚至失去润滑作用，造成



a)



b)

图 4-5 滚动轴承的注脂

a) 通过注油孔手动注脂 b) 打开轴承盖手动注脂

轴承过热损坏。

若原有润滑脂已变质，则应将其用汽油等溶剂彻底清除，然后重新加注新油脂。

三、运行中补充油脂的时间间隔

润滑脂的预计寿命是受多种因素影响的。例如润滑脂的种类、轴承的转速和温度、工作环境中粉尘和腐蚀性气体的多少、密封装置的设计和实际作用发挥的情况等。

对于密封式或较小的轴承，轴承本身和其中的润滑脂两

者之一都决定了一套轴承的寿命。无需也不可能在中途添加或更换润滑脂。

根据经验,温度对补充油脂时间间隔的影响是:当温度(在轴承外环测得的温度)达到 40°C 以上时,每增加 15°C ,补充油脂时间间隔将缩短一半。

对于开启式轴承,补充润滑脂的间隔时间可参考图4-6。

图4-6给出的是以含氧化剂的锂基脂为准,普通工作条件下的固定机械中水平轴的轴承内,润滑脂的补充时间间隔(其中纵坐标 Y 轴为补充时间间隔 t_f ,单位为工作小时,横坐标 X 轴为运行转速 n ,单位为 r/min , d 为轴承内径,单位为 mm)。其中 a 坐标为径向轴承; b 坐标为圆柱滚子和滚针轴承; c 坐标为球面滚子、圆锥滚子和止推滚珠轴承。若为满滚子圆柱滚子轴承,则间隔为 b 坐标对应值的 $1/5$;若为圆柱滚子止推轴承、滚针止推轴承、球面滚子止推轴承,则间隔为 c 坐标对应值的 $1/2$ 。

现举例如下:

某深沟球轴承,其内径 $d = 100\text{mm}$,运行转速 $n = 1000\text{r}/\text{min}$,工作温度范围为 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。请确定补充润滑脂的时间间隔为多长。

在图4-6的 X 轴上 $n = 1000\text{r}/\text{min}$ 处做一条平行于 Y 轴的直线,与内径 $d = 100\text{mm}$ 的曲线的交点对应的 Y 轴 a 坐标(适用于径向轴承——深沟球轴承)的数值约为 1.2×10^4 。则本例补充润滑脂的时间间隔为12000工作小时。

图4-7为轴承换油脂周期的经验曲线(适用于电动机,若用于其他设备,需进行修正),可供使用时参考。图中的 K_f 为轴承结构类型系数,见表4-9; n 为轴承转速,单位为 r/s ; D_m 为轴承平均直径,单位为 mm 。

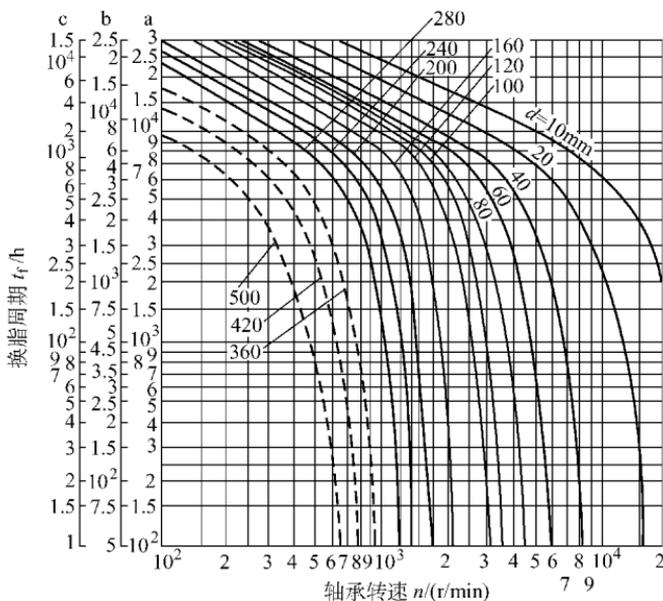


图 4-6 补充润滑脂时间间隔与轴承内径、运行转速的关系图表

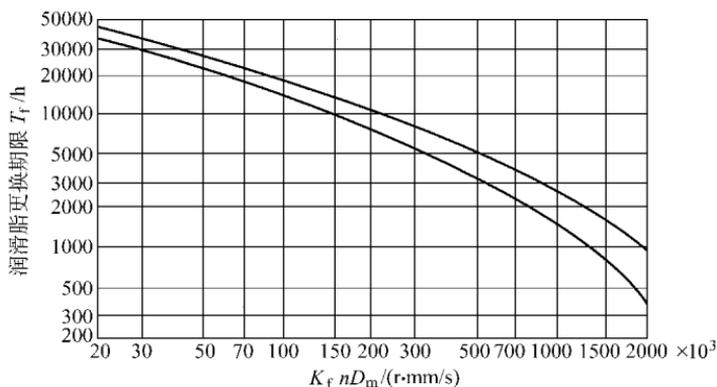


图 4-7 轴承换油脂周期的经验曲线

表 4-9 轴承结构类型系数 K_f

轴承类型	类型系数 K_f	轴承类型	类型系数 K_f
单列深沟球轴承	0.9 ~ 1.1	推力短圆柱滚子轴承	90
双列深沟球轴承	1.5	推力球轴承	5 ~ 6
单列角接触球轴承	1.6	双列推力角接触球轴承	1.4
双列角接触球轴承	2.0	滚针轴承	3.5
四点接触向心推力球轴承	1.6	圆锥滚子轴承	4.0
单列短圆柱滚子轴承	1.8 ~ 2.3	单列调心滚子轴承	10
双列短圆柱滚子轴承	2.0	调心球轴承	1.3 ~ 1.6
无保持架的满滚子轴承	25	有中挡边调心滚子轴承	9 ~ 12

第五章 轴承运行中的检查和故障判定

在日常运行中，应通过人的感官或专用仪器设备对轴承的运行状况进行监视和检查，以及时发现初起的故障，并采取相应措施进行处理，以避免故障的扩大，造成一系列严重后果。下面介绍常用的监视检查和故障判定方法。

目前市场已出现相当多的仪器，用来监测轴承，这些仪器中大部分是基于振动的量测。然而，并非所有机器皆装有这些仪器，在这种情况下，相关人员必须对轴承的“故障信号”保持高度警觉，例如温度、噪声与振动。“倾听”、“触摸”、“观察”是三个常用的有效手段。

第一节 轴承温度的测量和限值

一、轴承温度的测量方法

(一) 测量位置规定

轴承运行时的温度可用温度计法或埋置检温计法进行测量。测量时，应保证检温计与被测部位之间有良好的热传递，例如，所有气隙应以导热材料填充。测量位置应尽可能地靠近表 5-1 所规定的测点 A 或 B，如图 5-1 所示。测点 A 与 B 之间以及这两点与轴承最热点之间存在温度差，其值与轴承尺寸有关。对压入式轴瓦的套筒轴承和内径 $< 150\text{mm}$ 的球轴承或滚子轴承，A 与 B 之间的温度差可忽略不计；对更大的轴承，A 点温度最多可能比 B 点高出 15K。

表 5-1 电机滚动轴承温度测量点的位置

轴承类别	测点	测点位置
球轴承或 滚柱轴承	A	位于轴承室内，离轴承外圈 ^① 不超过 10mm 处 ^②
	B	位于轴承室外表面，尽可能接近轴承外圈处

- ① 对于外转子电机，A 点位于离轴承内圈不超过 10mm 的静止部分，B 点位于静止部分的外表面，尽可能接近轴承外圈。
- ② 测点离轴承外圈或油膜间隙的距离是从温度计或埋置检温计的最近点算起。

(二) 测量滚动轴承温度的仪器仪表

1. 温度计

对图 5-1 所示的 B 点，一般用温度计直接测量。所用的温度计有常见的膨胀式温度计和半导体点温计，常用的点温计如图 5-2 所示。有些数字式万用表和钳形表具有点温计的功能，例如图 5-3 所给出的三种类型。

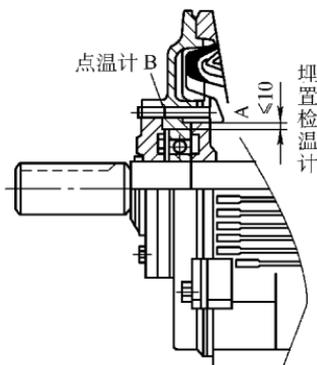


图 5-1 电机轴承温度的测量位置

对用点温计较难接触的部位，可使用如图 5-4 所示的远红外线测温仪（简称红外测温仪）。测量时，光线应与被测

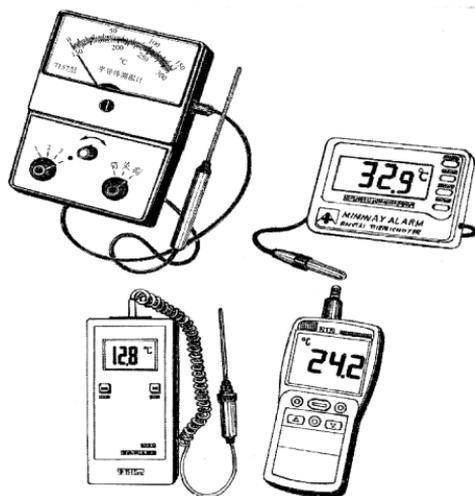


图 5-2 点温计



图 5-3 具有测温功能的数字式钳形电流表示例

量面尽可能垂直，距离应尽可能短。

图 5-5 为用点温计和红外测温仪测量接近轴承外圈温度的示意图。

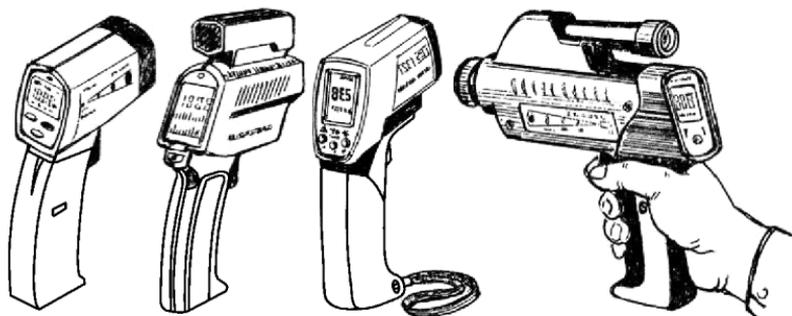


图 5-4 远红外测温仪

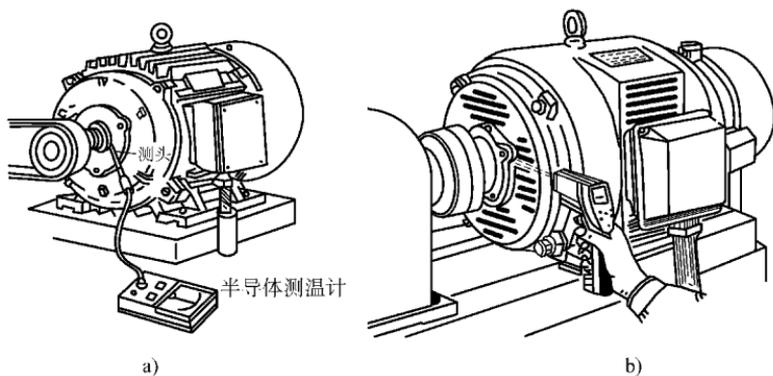


图 5-5 测量电机轴承运行温度

a) 用点温计测量轴承温度 b) 用红外测温仪测量轴承温度

2. 温度传感器和显示仪表

对事先在电机内部埋置测温元件（称为温度传感器）的，应通过外接的专用仪表进行监测。图 5-6 所示为配用热电阻和热电偶以及配套的专用仪表。

3. 热电偶及其分度

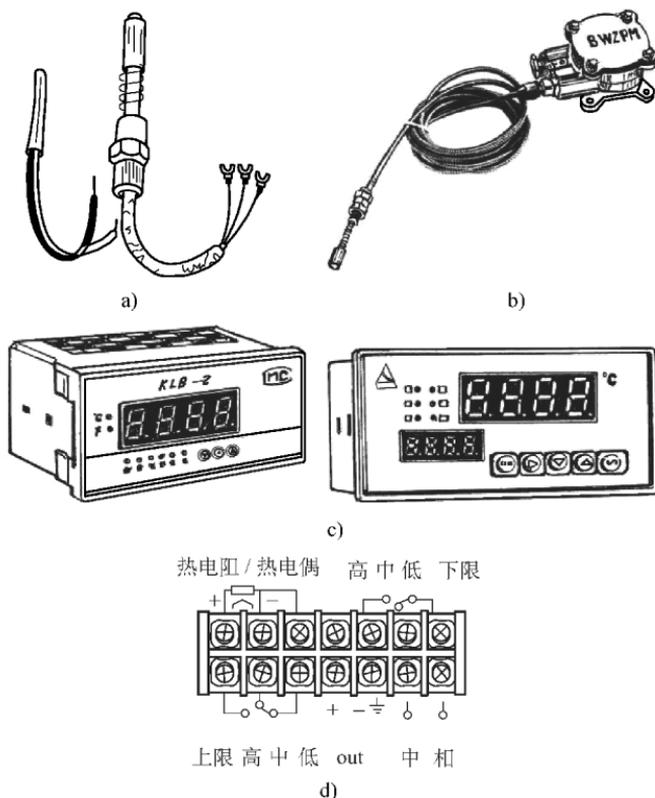


图 5-6 热电偶、热电阻和配套仪表 (带温度控制器)
 a) 柱状和防震柱状热电偶和热电阻 b) 隔爆型防震柱状热电阻
 c) 带温度显示和控制器配套仪表 d) 仪表接线端子排

热电偶在温度发生变化时，其两端产生的电动势也将随之按一定规律发生变化。所产生的电动势与温度变化的关系被称为热电偶的分度。

T 分度铜 - 康铜和 K 分度镍铬 - 镍硅热电偶分度表 (0 ~ +200℃, 冷端温度为 0℃), 见表 5-2。

表 5-2 T 分度铜 - 康铜和 K 分度镍铬 - 镍硅热电偶分度表
(0 ~ +200℃, 冷端温度为 0℃)

温度 /℃	电动势/mV		温度 /℃	电动势/mV		温度 /℃	电动势/mV	
	T 分度	K 分度		T 分度	K 分度		T 分度	K 分度
0	0.000	0.000	70	2.908	2.851	140	6.204	5.735
10	0.391	0.397	80	3.357	3.267	150	6.702	—
20	0.789	0.798	90	3.813	3.682	160	7.207	6.540
30	1.196	1.203	100	4.277	4.096	170	7.718	—
40	1.611	1.612	110	4.749	—	180	8.235	7.340
50	2.035	2.023	120	5.227	4.920	190	8.757	—
60	2.467	2.436	130	5.712	—	200	9.286	8.138

4. 热电阻及其分度

热电阻在温度发生变化时, 其电阻值将随之发生变化, 在一定的温度范围内, 这种变化是线性关系的。电阻与温度变化的关系被称为热电阻的分度。

按所用金属材料来分, 较常用的有铜热电阻和铂热电阻两大类。

铜热电阻分度表见表 5-3。

BA1、BA2 (Pt100) 型铂热电阻分度表见表 5-4。对于 Pt100 型铂热电阻, 可简单地记忆为: 0℃ 时为 100Ω, 其他温度时, 每相差 1℃, 电阻相差 0.4Ω 来计算。例如在 25℃, 电阻相差 $0.4\Omega \times 25 = 10\Omega$ 左右, 即实际值应为 $100\Omega + 10\Omega = 110\Omega$ 左右。

二、滚动轴承温度限值

当采用表 5-1 中 A 点测量或对轴承内径 < 150mm 在 B 点测量时, 轴承温度的最高容许值为 95℃ (环境温度不超过 40℃ 时)。

表 5-3 铜热电阻分度表

温度 /°C	电阻/Ω			温度 /°C	电阻/Ω		
	G 型	Cu50 型	Cu100 型		G 型	Cu50 型	Cu100 型
-50	41.74	39.24	78.49	70	68.77	64.98	129.96
-20	48.50	45.70	91.40	80	71.02	67.12	134.24
0	53.00	50.00	100.00	90	73.27	69.26	138.52
10	55.50	52.14	104.28	100	75.52	71.40	142.80
20	57.50	54.28	108.56	110	77.78	73.54	147.08
30	59.75	56.42	112.84	120	80.03	75.68	151.36
40	62.01	58.56	117.12	130	82.28	77.83	155.66
50	64.26	60.70	121.40	140	84.54	79.83	159.96
60	66.52	62.74	125.68	150	86.79	82.13	164.27

表 5-4 BA1 和 BA2 (Pt100) 型铂热电阻分度表

温度 /°C	电阻/Ω		温度 /°C	电阻/Ω		温度 /°C	电阻/Ω	
	BA1 型	BA2 型		BA1 型	BA2 型		BA1 型	BA2 型
-100	27.44	59.65	40	53.26	115.78	180	77.99	196.54
-90	29.33	63.75	50	55.06	119.70	190	79.71	173.29
-80	31.21	67.84	60	56.86	123.60	200	81.43	177.03
-70	33.08	71.91	70	58.65	127.49	210	83.15	180.76
-60	34.94	75.96	80	60.43	131.37	220	84.86	184.48
-50	36.80	80.00	90	62.21	135.24	230	85.56	188.18
-40	38.65	84.03	100	63.99	139.10	240	88.26	191.88
-30	40.50	88.04	110	65.76	142.95	250	89.96	195.56
-20	42.34	92.04	120	67.52	146.78	260	91.64	199.23
-10	44.17	96.03	130	69.28	150.60	270	93.33	202.89
0	46.00	100.00	140	71.03	154.41	280	95.00	206.53
10	47.82	103.96	150	72.78	158.21	290	96.68	210.17
20	49.64	107.91	160	74.52	162.00	300	98.34	213.79
30	51.54	111.85	170	76.26	165.78	310	100.01	217.40

第二节 常见轴承故障现象及其原因分析

当轴承发生故障时，可通过设备运行状况、轴承发出的声音、振动以及产生的温度等可观测的现象或测量的数据来推测其产生的原因。

一、轴承温度高的原因

通过测量，发现轴承运行温度超过了允许的数值（例如 95℃）或上升速度较快，则应进一步通过其他手段和分析查出原因，并加以解决。

下面以电动机为例介绍温度较高的原因。

① 轴承质量较差或在运行前的运输及搬运过程中造成了损伤。图 5-7a 所示的 NU 型滚柱轴承内外环滚道中的轴向中间一条最深的压痕，就是在运输途中中道路颠簸，转子上下跳动带动轴承滚子冲击轴承外环滚道而造成的。这种损伤，在电动机运行时可听到轴承中发出的有节奏的“刚、刚”声。

② 轴承与转轴或轴承室的同轴度不符合要求，如图 5-7b 所示。

③ 本应可轴向活动的一端轴承外环被轴承盖压死，如图 5-7c 所示。当运行转轴因温度上升而伸长时，带动轴承内环离开原轴向位置，从而挤压滚珠研磨侧滚道，产生较多的热量。

④ 轴承与转轴或轴承室配合过紧，使轴承内环或外环挤压变形，径向游隙变小，滚动困难，产生较多的热量，如图 5-7d 所示。

⑤ 轴承与转轴或轴承室配合过松，使轴承内环在转轴上、外环在轴承室内快速滑动（内环滑动是绝对不允许的，

外环有很缓慢的滑动在很多情况下是无害的), 如图 5-7e 所示。这种摩擦将产生大量的热量, 会造成温度急剧上升, 严重时会在很短的时间内将轴承损坏, 并进而产生定转子相擦, 绕组过电流烧毁等重大事故。

⑥ 润滑脂过多、过少或变质。对附带挡油盘的轴承室结构 (见图 3-9c), 若不及时补充油脂, 就会逐渐出现润滑脂过少的现象。另外, 在低温下使用耐高温的润滑脂, 会因其黏度较大而产生相对较多的热量。

⑦ 环境中的粉尘通过轴承盖与转轴之间的间隙进入轴承中, 大幅度地降低油脂的润滑功能, 增加摩擦阻力, 产生较多的热量, 如图 5-7f 所示。

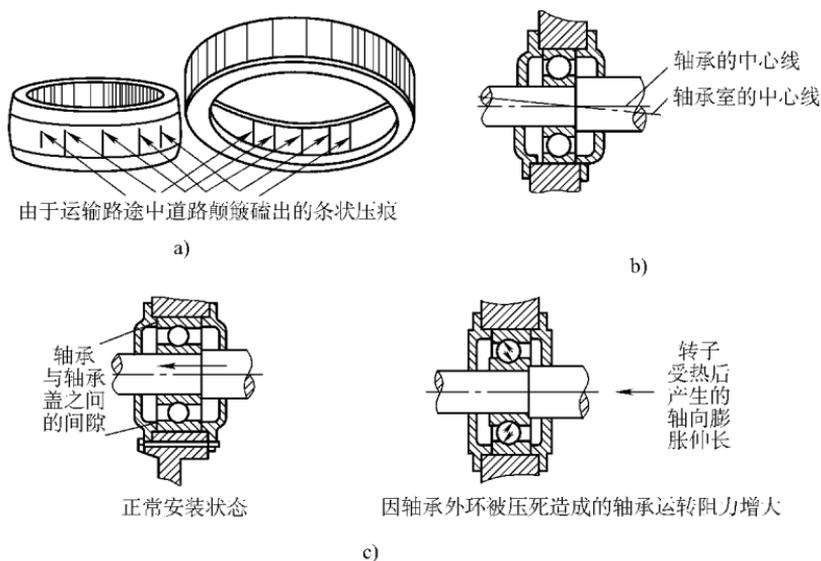


图 5-7 轴承温度较高的原因

- a) 内外环滚动磕伤 b) 轴承与轴承室的同轴度不符合要求
 c) 活动的一端轴承外环被轴承盖压死造成的轴承运转困难

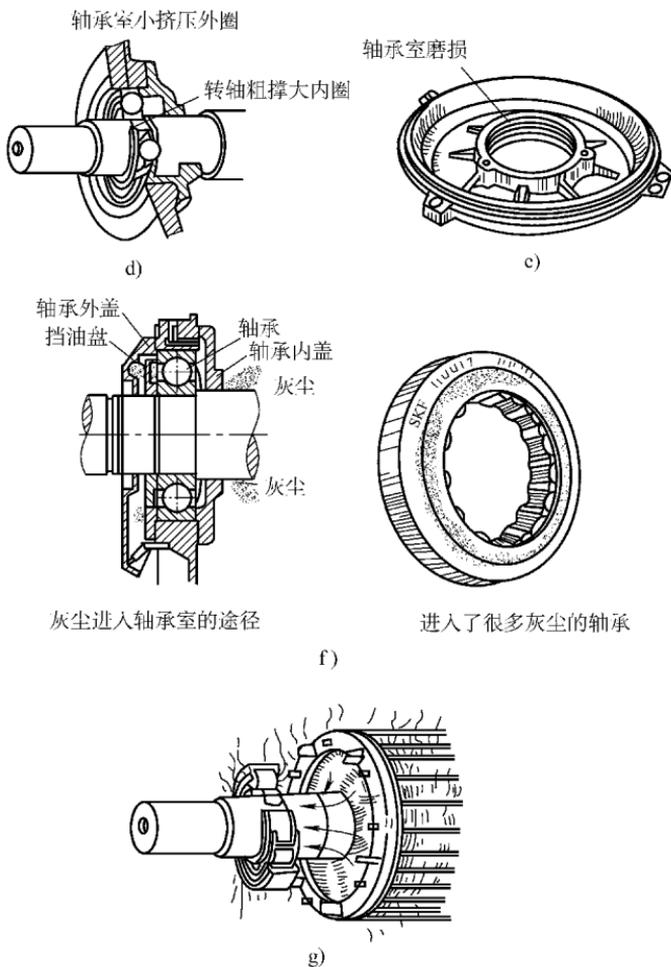


图 5-7 轴承温度较高的原因 (续)

- d) 轴承与转轴或轴承室配合过紧 e) 轴承与轴承室配合过松造成轴承室磨损
f) 粉尘进入到轴承中 g) 转子的热量传到轴承中, 使润滑脂液化流失

⑧ 因各种原因造成的转子过热, 转子的热量传到轴承

中，使轴承中的润滑脂温度达到其滴点而变成液态而流失，轴承失去润滑而产生较高的热量，如图 5-7g 所示。

二、轴承噪声和振动大的原因

发现轴承运行时噪声或振动超过了允许的数值或有异常现象，应进一步通过其他手段和分析查出原因，并加以解决。

(一) 噪声和振动测量专用仪器和测量方法

要精确测量噪声或振动，需使用专用的仪器，例如图 5-8 所示的声级计（俗称噪声仪）和图 5-9 所示的测振仪。使用时，将声级计设置为“A”计权；测振仪应具有位移（或称为振幅，分双振幅或峰峰值与单振幅或峰值两种，一般使用前者，用 S 表示，单位为 mm 或 μm ）、速度有效值（用 v 表示，单位为 mm/s ）、加速度有效值（用 a 表示，单位为 m/s^2 ）。应按相关要求进行选择。

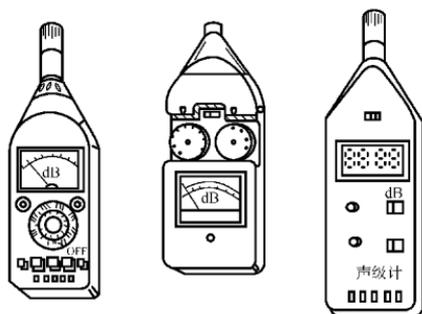


图 5-8 声级计（噪声仪）

测量噪声时，应明确仪表到被测轴承的距离，一般为 1m ；测量振动时，应测量轴承的轴向、水平径向和竖直径向 3 个点，取最大点的数值作为测量结果。测量电动机空载和运行时的振动，操作如图 5-10 给出的示意图。

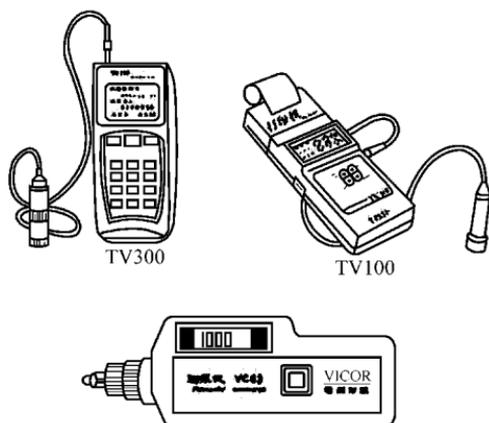


图 5-9 测量机械振动数值的仪器（测振仪）

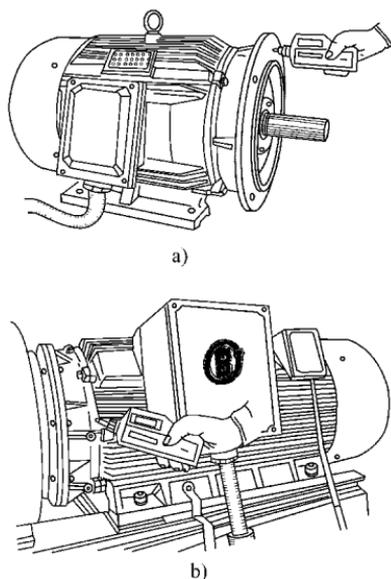


图 5-10 测量电动机的振动数值

a) 测量电机空载的振动数值 b) 测量电机加载运行时的振动数值

用电子听诊器也可清楚地监听轴承内部的运转声，如图 5-11 所示。

没有上述仪器时，可通过一根专用的金属或其他杆状物体抵在轴承外圈位置进行测听，如图 5-12 所示。

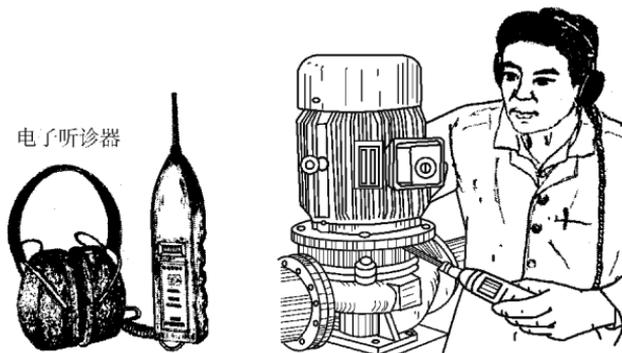


图 5-11 用电子听诊器监听轴承的运转声

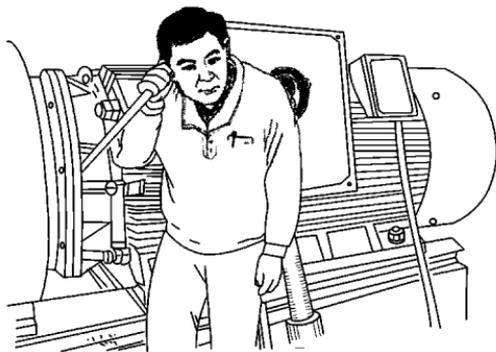


图 5-12 用杆状物品监听轴承的运转声

(二) 轴承噪声大或有异常噪声的原因

轴承噪声大是指其数值超过了规定的标准，异常噪声是指某些间断的或连续的不正常响声，例如“嗡嗡”声、“咔

味”声等，此时测量数值不一定超过规定的标准数值，但却让人感觉很不舒服，有时还可能进一步扩大并造成设备的损坏（例如部件之间或进入异物相擦造成的异常噪声等）。

轴承噪声大或有异常噪声的现象和原因见表 5-5。

（三）轴承振动大的原因

轴承振动大是指其振动数值超过了规定的标准。其现象和原因见表 5-6。

表 5-5 轴承噪声大或有异常噪声的现象和原因

序号	现象	原因分析
1	相对均匀连续、声音不算高的摩擦声	<p>(1) 润滑脂因使用时间过长而减少，降低润滑作用</p> <p>(2) 注入的润滑脂与原有的润滑脂不相溶，使润滑效果降低</p> <p>(3) 非金属密封装置与轴承内环或外环相摩擦</p> <p>(4) 因安装或相关尺寸问题，造成轴承内外圈轴向错位，使滚珠在滚道的两侧滚动，增大了摩擦阻力（见图 5-7c）</p>
2	相对均匀连续、频率较高、尖锐的摩擦声	<p>(1) 润滑脂中进入灰尘，特别是沙粒和金属颗粒</p> <p>(2) 内环或外环滚道磨损后变得粗糙</p> <p>(3) 轴承径向间隙小。原因有： ①所选用的轴承径向间隙小 ②转轴轴承档直径大于规定数值，使轴承内圈被撑大（见图 5-7d） ③轴承室直径小于规定数值，使轴承外圈被挤小（见图 5-7d）</p> <p>(4) 轴承内环与转轴配合松动，造成内环和转轴相互摩擦</p> <p>(5) 轴承外环与轴承室配合松动，造成内环转动，摩擦轴承室</p> <p>(6) 金属密封装置与轴承内环或外环相摩擦</p>

(续)

序号	现象	原因分析
3	间断的尖锐摩擦声	(1) 个别滚珠或滚柱破损 (2) 保持架破损 (3) 轴承内环或外环破损
4	间断不定时的“咯咯”或“咔咔”声, 随着运转时间的延续, 将逐渐变小并消失	一般发生在新机器或全部更换新轴承、新润滑脂, 初期运行时。由于油脂没有均匀地分布在轴承空腔内, 被包裹在其中的空气在运转时挤压爆破, 发出“咯咯”或“咔咔”声
5	间断但按一定周期的“咔咔”声, 随着运转时间的延续, 声音逐渐变大	在运输过程中, 因为颠簸时转子的上下振动, 轴承下半部的滚珠或滚柱敲打轴承外环滚道, 严重时出现压痕(见图 5-7a)。轴承运转时, 在压痕处产生阻碍, 发出按转速周期的“咔咔”声, 并随着摩擦加重, 声音将越来越大
6	间断的“嗡嗡”声, 频率较低	(1) 轴承内外环同轴度较差(见图 5-7b) (2) 因轴承室径向尺寸较小或圆度较差, 使轴承外环被挤压变形 (3) 轴承室与轴承同轴度较差。常见的原因有: ① 零部件加工造成的同轴度较差 ② 用冷压法装配轴承时用力不均匀, 使轴承偏斜, 造成的同轴度较差

表 5-6 轴承振动大的现象和原因

序号	现象	原因
1	轴向振动较大	(1) 轴承内外环同轴度较差(见图 5-7b) (2) 因轴承室径向尺寸较小或圆度较差, 使轴承外环被挤压变形 (3) 轴承室与轴承同轴度较差 (4) 两个皮带轮轴向不对中

(续)

序号	现象	原因
2	径向振动较大 (常见水平方向比竖直方向大)	(1) 两个联轴节同轴度较差 (2) 设备与台架联接不符合要求, 其中包括: ① 安装螺钉松动 ② 底脚垫片未压实 ③ 安装基础构架变形, 常见钢板 (或角铁或槽钢等) 焊接的构架会因时效不足而变形 (3) 两个皮带轮不平行 (4) 轴承外圈与轴承室磨损 (5) 转子不平衡量较大 (6) 联轴节不平衡量较大 (7) 轴承损坏, 包括个别滚珠 (或滚柱) 破损和轴承内环或外环破损

(四) 调整皮带轮平行度和轴向对齐的方法

1. 拉线法

用一根细绳靠紧大轴的端面 (要求两轮端面平整, 否则此法偏差较大), 两端拉直, 并正对两轴直径, 若拉线与两个皮带轮的端面均靠紧, 并且整条拉线是一条直线, 则符合要求, 如图 5-13 所示。

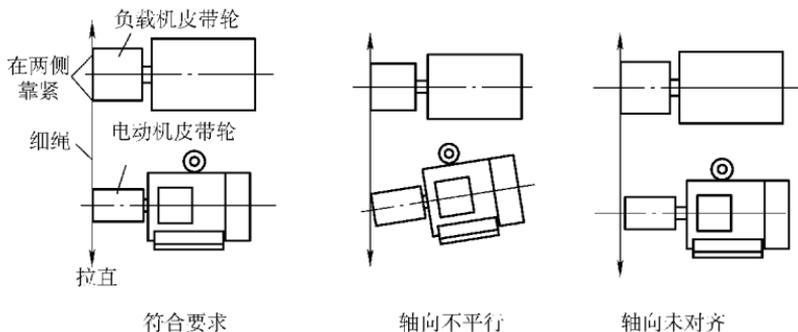


图 5-13 两个皮带轮平行及轴向对齐的拉线检查法

2. 吊线法

将两端均挂有重物（重量要大体相等）的两条细绳分别搭挂在两个皮带轮上，并使其与皮带轮的轴向中心线重合。从一端用眼瞄垂下的4条铅垂线。若完全重合，则两轮位置正确；看到两条线，说明两轮前后未对齐；看到3条线，则是两轮不平行，如图5-14所示。

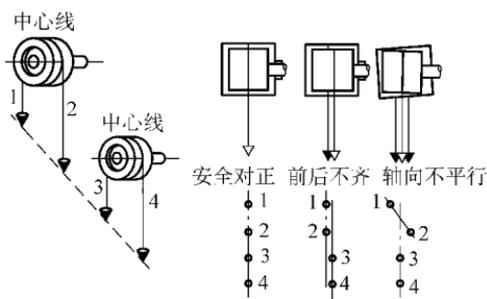


图 5-14 吊线法检查两轮平行及轴向对齐情况

（五）两个联轴器同轴度的调整方法

1. 用塞尺和直尺检查

当设备通过联轴器对接时，应使两个半节达到较高的同轴度，即轴向一致。另外，为防止因少量的轴向窜动造成两个半节“对顶”，应使两半节对接平面保持2~3mm的间隙，要求精确时，可用塞尺进行检测。同轴度的情况，可用一段直尺或一边较直的铁板、木板等靠在联轴器侧面，在顶面和两个侧面进行检查，若两个半节与直尺均密合，则说明同轴度达到了要求，否则存在轴向平行但不重合或轴向平行的现象，如图5-15所示。

2. 用百分表检查两半节的同轴度误差

在两半节未联结的情况下，将一只百分表通过磁性表架

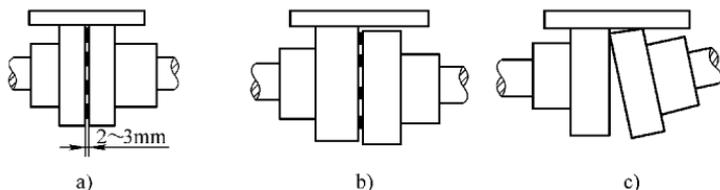


图 5-15 用直尺检查联轴器对接的同轴度是否符合要求

a) 合适时 b) 轴向平行但不重合 c) 轴向不平行

固定在一端的联轴节上。表的测头压在负载端联轴节的侧面上。将百分表调整好后，盘动联轴节转动一周，如图 5-16 所示。记录百分表指示值的变化量（最大值与最小值之差）。该变化量即为两个半节的同轴度误差，俗称为“圆跳动”。应根据所用设备的精度要求（如整体振动的要求）以及联轴节的类型（刚性连接或弹性连接），将其控制在一个合适的范围之内，例如 $\leq 0.05\text{mm}$ 。

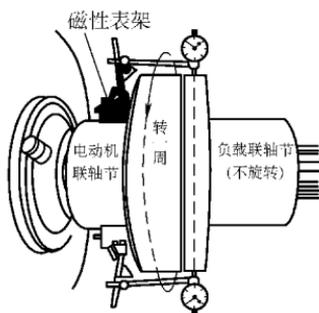


图 5-16 用百分表检查两个联轴节的同轴度

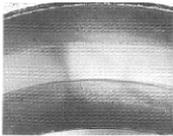
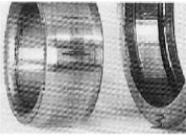
第三节 常见轴承损坏现象及其原因

对损坏的轴承，可通过观察其损坏的现象来分析造成损

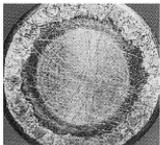
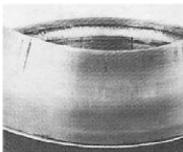
环的原因，从而有针对性地进行改进，避免故障的重复发生。

常见轴承损坏现象及其原因见表 5-7。

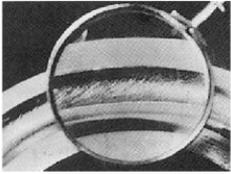
表 5-7 常见轴承损坏现象及其原因

轴承损坏现象	图 例	原因和处理建议
(1) 高硬度颗粒所造成的磨痕		<p>轨道面与滚子布满凹痕；保持架上的颗粒物及轨道面磨损与润滑剂变色。可能的原因：通常都是因装配过程不洁所致。安装轴承时必须保持清洁，使用新的润滑脂，检查密封是否完好</p>
(2) 润滑不当造成的磨损		<p>表面磨损呈镜面状；经过运转后色泽呈蓝色或棕色。可能的原因：因为润滑不足所造成的，并易使温度迅速增加。改善润滑状况，检查润滑周期与油封</p>
(3) 振动所造成的损伤		<p>在滚动体上为椭圆形印痕，在滚珠轴承为圆形印痕。在印痕底部呈闪亮或生锈状。这表示轴承在静止时受到震动。可装置吸振基础。可能的话，尽量采用滚珠轴承代替滚柱轴承，另外，搬运机器时，以预压方式固紧轴承</p>
(4) 安装不当与超负荷所造成的凹痕		<p>内外环都有凹痕，且凹痕的间距等于滚子之间的距离。其原因可能为安装时未敲击在正确的环上，或者在圆锥轴上推进太多或在静止状态负荷超载。请确实遵守规定的安装方法，或更换一个额定静负荷较高的轴承</p>

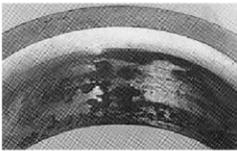
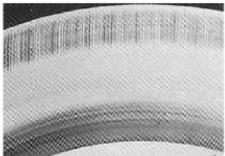
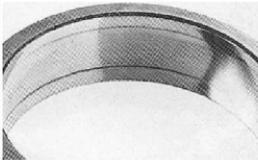
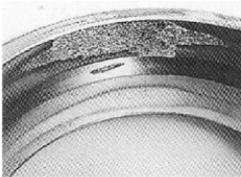
(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(5) 异物所造成的凹痕		<p>轨道与滚子满布凹痕。异物可能是在安装时带入的，来自于润滑剂或周围的环境。安装轴承时必须保持清洁，使用干净的润滑脂，并检查密封是否完好</p>
(6) 滚子末端与引导凹缘的擦伤		<p>在滚子末端与引导凹缘上，有刻痕与局部变色。可能的原因：由于过重的负荷下，滑动或润滑不足所致。此类损坏可选择适当的润滑剂，亦即黏度较高者，加以避免</p>
(7) 滚子与滚道的擦伤		<p>在滚道受力区的开端与滚子上，有刻划的痕迹与局部变色。可能的原因：由于滚子在进入受力区，突然的加速所造成的。有两个可行的办法：一是更换较合适的润滑剂，亦即黏度较高者；二是减小轴承的间隙</p>
(8) 轨道面有呈滚子间距的擦伤		<p>轴向的伤痕呈滚子间距一样的分布。可能的原因：若为圆柱滚子轴承，可能是环与滚子安装歪斜；若为球面滚子轴承，可能是安装时的敲打在不正确的环上或负荷超载。充分润滑表面；安装时要注意旋转。安装圆柱滚子轴承可采用引导套筒</p>

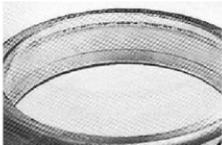
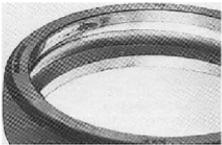
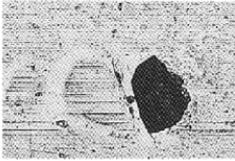
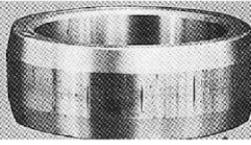
(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(9) 止推轴承的擦伤		<p>滚道上面有斜条的擦伤。可能的原因：由于与负荷不成比例的过高转速所致。这类损坏可以增加预压力方式加以避免。例如加装弹簧，安装时，请确认轴向预压力达到最小值</p>
(10) 外表面的擦伤		<p>内环内孔与外环表面有刻痕与局部变色。可能的原因：由于轴承外环与轴承室有相对转动所致。此类损坏唯有加紧车轴承外环与轴或轴承室的配合才能阻止它们的相对转动。轴向制动或夹紧轴承外环也无法解决此问题</p>
(11) 表面受挫		<p>小而浅的坑痕，并且呈现结晶状的破坏形态。可能的原因：由于润滑不当所致。例如失油或由于温度过高所造成的黏度改变，致使油膜无法将接触面分开，表面会有瞬间的接触。应改善润滑</p>
(12) 腐蚀或深层锈蚀		<p>灰黑色的条纹横越滚道，大部分都呈现滚子间距分布。可能的原因：由于轴承内部的水汽或侵蚀性物质所造成的，表面呈现凹坑。检查油封是否有效，或使用防锈性较佳的润滑剂</p>

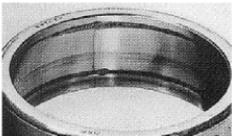
(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(13) 微动 腐蚀		<p>在轴承环与轴承室之间有相对运动才发生的现象。而在轴承内孔与外表面会有锈痕，在轴承滚道面上的相关位置亦可能出现受力痕迹。可能的原因：由于太松的配合或状态不佳的轴承座所致。轴承座需加以改善</p>
(14) 电流 通过所造成的 损坏		<p>在滚道或滚子表面有暗棕色或灰黑色的直条痕或麻点。可能的原因：当电流流过轴承时，轴承零件的表面会发生熔接现象。引导电流使其不流过轴承，或有绝缘措施阻止电流流通。使用绝缘轴承可解决此问题</p>
(15) 预压 所造成的剥落		<p>轨道之受力痕迹非常明显。此预压可能是来自过渡的干涉配合或圆锥座上推进太多。在调整单列斜角接触轴承或圆锥滚子轴承时，都有可能发生过度预压。剥落的位置通常都会在负荷最重的区域。改变配合或选择间隙较大的轴承，按规程安装</p>
(16) 椭圆 压缩造成的剥 落		<p>在两环中的一个环上径向对角两端的位置，有明显的受压痕迹，并且有表皮脱落。通常都必须重新制造轴承箱，但有一个变通的办法，对轴承座喷焊再重新修磨。而若轴承箱被安装在一个不平整的基础上，轴承箱的圆度将被破坏</p>

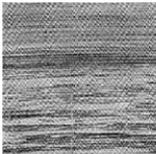
(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(17) 轴向负荷造成的剥落		<p>受力痕迹明显。环的一侧或双列轴承的某一滚道表皮剥落。可能的原因：不正确的安装所造成的轴向负荷，预压过度，非固定轴承被卡住，或轴向位移预留量不足</p>
(18) 歪斜造成的剥落		<p>若为深沟球轴承，受力痕迹出现在轨道斜对角相对的两端。可能的原因：由于歪斜所致。若为圆柱滚子轴承，剥落现象从轨道的边缘开始发展，这是由于不当的安装所致</p>
(19) 印痕所造成的剥落		<p>轨道表皮剥落，并有与滚子间距相对应的印痕。可能的原因：由于不当安装所造成并导致轴承在静止状态负荷过度。至于与剥落并存的细微印痕，则可能在安装时所带入的异物或混合在润滑剂中的异物</p>
(20) 擦伤所造成的剥落		<p>擦伤或演变成剥落。此剥落区靠近受力区。滚子开始被加速的地方。改用含抗磨损添加剂的润滑剂。若为轴向的擦伤痕迹，则是不当的安装所造成的</p>

(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(21) 微动腐蚀所造成的剥落		<p>环的轨道表皮剥落，相对于剥落区的外表面则有腐蚀现象。此微动腐蚀是由于太松的配合或形状不正确的轴承座所造成</p>
(22) 直条痕与坑洞所造成的剥落		<p>闪亮或遭腐蚀的直条痕与坑洞，是由于静止状态发生的振动所致，或是黑色或呈现烧焦状的痕迹，则是电流所造成的。应设置吸振装置或引开电流通过</p>
(23) 粗暴的敲打所造成的裂痕		<p>此裂痕或崩裂的缺口，通常只发生在一旁。是由于过力敲打造成</p>
(24) 过度的推进所造成的裂痕		<p>裂痕通过全断面。可能的原因：是在圆锥座上推进太多或圆柱座上的干涉配合太大所造成的</p>

(续)

轴承损坏现象	图例	原因和处理建议
(25) 擦伤造成的裂痕		<p>裂痕与轴承环上的擦伤痕迹并存，甚至可能横跨整个环宽。可能的原因：由于擦伤发展到最后的状态。使用防磨损添加剂的润滑剂可以防止此现象</p>
(26) 微动腐蚀所造成的裂痕		<p>若是微动腐蚀所造成的裂痕，内环裂痕为横断向，在外环则为圆周方向。可能的原因：由于太松的配合或形状不正确的轴承座所造成</p>
(27) 保持架磨损		<p>滚动体转动速度过高、润滑脂失效等原因，造成过度磨损，可能的原因：保持架材质耐磨度偏低。更换符合运行要求的轴承</p>
(27) 保持架磨损并破裂		<p>可能的原因：机械振动大、滚动体或保持架卡死、转动速度过高、润滑脂失效、材质耐磨度偏低等，造成过度磨损。更换符合运行要求的轴承</p>

第四节 轴承锈蚀问题

一、电机用轴承锈蚀事故特征

通过对电机生产工艺、生产环境、所采用的绝缘漆的成分、润滑脂成分、装配工艺、包装材料、仓库保管及有关电机配件和轴承生产厂的生产及销售情况进行的了解和现场调查,发现锈蚀事故有以下特征:

(1) 主要发生在通风扇、冷风扇电机等家用电器及办公室机械上,这些机械所使用电机的功率大都在数瓦到数百瓦,而且基本上是全封闭型小型电机。

(2) 成品试运转时未发现异常的单台电机装配后包装,在保管几个月后,使用时会发生噪声增大现象。把电机拆开,发现噪声是由于轴承内部产生的锈蚀引起的。

(3) 电机轴承发生锈蚀是在制造过程中或在仓库存放期间,正好是温度较高、湿度较大的月份。

(4) 电机厂所需轴承一般是从轴承厂直接进货,买回轴承厂经过防锈处理的轴承,自行注入润滑脂,再安装在电机转子上。轴承用的润滑脂通常是在锂基油中加添加剂,使用溶剂型漆易发生漆锈事故。

(5) 轴承内部有时比外部锈蚀还严重,这种锈蚀与润滑脂种类和相对湿度有关,酯油系润滑脂在中湿度(70%RH),涂敷润滑脂的部位易生锈;如果是水分引起的锈蚀,在没有涂敷润滑脂的轴承外表面容易生锈。

(6) 润滑脂带有特殊的漆臭味,因为润滑脂发生了变质。

(7) 轴承的锈蚀具有明显的方向性,即面向电机转子一侧的轴承侧面多发生锈蚀,在轴承内部,靠近转子一侧的滚道表面和保持架多发生锈蚀。

二、电机轴承锈蚀分析

(一) 锈蚀原理

产生电机轴承生锈的原因很复杂，可能是轴承防锈处理不好，也可能是水分引起的锈蚀，以及由漆雾引起的锈蚀。它与绝缘漆的种类、轴承预填润滑脂、电机漆的处理方法和电机的保管环境等有着密切的关系。例如通过对某一批锈蚀电机轴承进行检验分析，判定锈蚀原因是由电机内部的定子线包绝缘漆挥发出来的腐蚀性酸成分与湿气一起被润滑脂吸收，致使润滑脂变质失效而造成的，尤其在钢球与滚道接触位置，锈蚀更为严重。大多数电机厂采用的绝缘漆，挥发出来的酸成分主要有四种：

① 未发生反应的低分子漆原料酸成分（无水异邻及对苯二甲酸，无水顺丁烯二酸，反式丁烯二酸）；

② 漆固化时生成的酸成分（用酚醛变性漆时，由甲醛水变成甲酸）；

③ 受热或氧化分解生成的低级脂肪酸（甲酸、乙酸）；

④ 漆固化物水分解后生成的酸成分。

绝缘漆产生的主要酸成分是甲酸，甲酸的发生量与锈蚀发生程度之间有密切的关系。润滑脂吸附了漆中挥发出来的酸性成分，引起润滑脂变质，并且这种酸性成分又促进油脂的水解，结果使酸性成分的浓度增大，引起轴承锈蚀。润滑脂的工作原理，是利用油脂层将钢球与内外滚道分开，利用油脂的黏度特性，依附在钢球和滚道表面，分隔着钢球与内外滚道的金属界面，减少金属表面的磨损并保护金属免受空气和水分腐蚀，降低振动及噪声，使轴承能灵活转动。但润滑脂变质后，黏度会改变，油膜破穿，润滑脂的分隔功能和附着特性便会消失，这样产生的后果，一是使得绝缘漆产生

的酸性成分直接氧化金属表面，引起轴承锈蚀。二是造成钢球与内外滚道直接接触，旋转时发生磨损，从而引起噪声增大。

(二) 电机绕组浸漆工艺不当造成的轴承锈蚀

(1) 电机厂使用的绝缘漆是 1032 三聚氰醇酸浸渍绝缘漆，这类漆是由油改性醇酸树脂与丁醇改性三聚氰胺树脂及有机溶剂配制而成。因含有有机溶剂成分，在使用不当时，轴承比较容易生锈。

(2) 线圈浸漆后未经充分加热干燥，漆中含有酸成分的氧化性气体逐渐释放侵入轴承内部，尤其在相对湿度为 70% ~ 90% 时，会导致润滑脂变质，轴承生锈。

(3) 线圈浸漆工艺文件上，规定干燥温度为 120 ~ 130℃，干燥时间为 3h，在实际操作中，如干燥温度低于 130℃，干燥时间少于 3h，含酸成分的氧化性气体不会彻底挥发出来。

(三) 解决方法

要防止漆锈，必须首先提高轴承本身的防锈能力。轴承的材料一般是轴承钢，防锈处理的方法一般采用在轴承内部涂敷防锈油，经过防锈处理后的轴承，由电机厂自行加入润滑脂。但如果防锈油涂得太厚，会导致润滑性能下降。虽然注意改进润滑脂的防锈性能，有一定的效果，但最有效的方法还是改变绝缘漆的成分。由于绝缘漆会产生有害的酸性气体，当然会引起轴承生锈，具体解决方法：

(1) 尽量使用无溶剂漆或不含挥发性酸的漆、耐水解性好的漆。

(2) 如有可能，选用不含氧化成分的浸渍漆，如环氧树脂烷基或未变性环氧基浸渍漆。

(3) 使用三聚氰醇酸浸渍漆时，应调整固化温度和固化时间，固化温度以略高于 130℃（如 135℃）和固化时间大于 3h 为宜，且必须严格执行工艺，尤其在高温潮湿季节，因为从防锈的观念来看，油漆厂的样本里虽然规定了漆干燥（固化）时间，并不一定充分，因为不同电机内有具体的内在形状。

(4) 尽量选用矿物油系轴承润滑脂。

(5) 电机厂在自行注入润滑脂时，为避免空气中水蒸气和尘埃进入轴承，产生噪声和可能造成的锈蚀因素，润滑脂容器应密封，即使在注脂时也应如此，注脂工序应保持清洁、干燥。注脂量按标准规定。

(6) 选用有微孔的塑料薄膜包装，使电机启用前有一定透气。因为用塑料薄膜密封包装时，漆气会留在轴承内，水分会结露。

第六章 滚动轴承的应用实践

本章内容来自网上轴承知识的问答，经作者筛选编辑而成。囊括了选用、使用、故障现象和原因分析等多方面的知识，其中大部分是通用的，个别具有其特殊性，由于全部源于使用现场，所以具有较高的参考和实用价值。

其中有些内容在前面曾讲述过，但考虑到一个题目的完整性，给予了保留。有些答案不一定十分准确，请读者参考时根据具体情况分析和取舍。

第一节 轴承选择和使用知识

一、圆锥滚子轴承的使用环境

根据使用部位及使用条件与环境条件选择规格尺寸、精度，配用适合的轴承是保证轴承寿命及可靠性的前提。

1. 使用部位

圆锥滚子轴承适用于承受以径向载荷为主的径向与轴向的联合负荷，通常以两套轴承配对使用，主要应于汽车的前后轮毂、主动圆锥齿轮、差速器、减速器等传动部位。

2. 允许转速

在安装正确、润滑良好的环境下，允许为轴承极限转速的0.3~0.5倍。一般正常情况下，以0.2倍的极限转速为最宜。

3. 允许倾斜角

圆锥滚子轴承一般不允许轴相对外壳孔有倾斜，如有倾

斜，最大不超过 2'。

4. 允许温度

在承受正常的载荷，且润滑剂具有耐高温性能，润滑充分的条件下，一般轴承允许在 -30 ~ 150℃ 的环境温度下工作。

二、要求保证 2 万 h 以上的噪声寿命，应对轴承厂家提出的技术要求

对于噪声寿命，有几个概念要清楚，首先，没有噪声的轴承不存在。另外，轴承的噪声与外界因素相关，要了解一批次轴承的噪声问题，需要对测试条件进行同一化。轴承厂家可以给你的是他们在实验条件下的轴承噪声（多数用振动）值。而这个值，与你实际安装后的情况又有不同。所以，控制轴承的噪声应该主要是控制异常噪声，而不是单纯的噪声。因为控制单纯的噪声，就与轴承加工工艺有关了。电机厂家难以得到准确的有重复性的结果。如果你对轴承供应商提出要求，应该是让他们满足行业内，或者 ISO 的振动标准。如果不满足，就是不合格。如果满足了，但是你装到电机上还有异常噪声，那么就要找找加工工艺的问题了。

三、轴承外圈与轴承室的配合程度问题

(一) 问题

有些资料说，轴承外圈与轴承室的较理想的配合是轴承外圈能够在轴承室内蠕动，这样就会使轴承外圈得到均匀的磨损，从而延长轴承的使用寿命，请问是否合理？

(二) 解答

你说的蠕动，一是应该指轴向的蠕动，这种蠕动是为了吸收轴向膨胀，二是绝不应该有圆周方向蠕动，圆周方向蠕动肯定是不好的，因为它破坏了轴承的滚动状态。但是，是外圈受到均匀磨损的说法，我个人不是很认同。蠕动的目的

不是为了磨损。磨损之后，轴承的相对位置和受载情况会变，不见得好。如果蠕动造成磨损是好的，就不用发明可以调整轴向伸长的轴承了。

四、振动电机所用轴承的选型、安装和维护

振动电机选轴承时要注意，计算轴承负荷的时候和普通电动机不一样，要考虑到振动的加速度。这样得到的当量负荷就不一样，所以选出来的轴承大小就不一样。还要注意保持架的选择，很多情况下用铜保持架（但不可以教条，要看情况而定）。另外，有些品牌的轴承，比如 SKF 有专门的振动筛用轴承，那是专门为振动场合开发的，保持架非常结实。

振动电机的轴承在安装的时候，润滑的选择要注意，有时候要用有 EP 添加剂的润滑脂。并且补充润滑时间间隔要缩短，根据不同的轴承厂家的说明进行相应的计算。

在装配的时候，一定要注意，设计人员选择公差配合时就应该注意，振动电机的轴和轴承室的配合应该都是紧配合，具体数据请参考相应的轴承厂家资料。但是配合紧了，就要考虑剩余游隙够不够。

五、保持架和密封件的选择

（一）保持架

对于工程塑料的保持架，各个厂家的性能略有不同，但大体相似。这种保持架重量轻，适用于高转速的场合。并且这种保持架的失效模式不是突然迸裂，所以比较适合于一些不允许突然停机的场合。但是对于矿山机械，这种保持架由于安全的考虑不适合使用，原因是，因为它的损坏不是突然发生的，而是随着温度逐渐升高到一定程度后，完全损坏，这样对于易爆场合会很危险。同时这种保持架有温度限制，一般是 $-40 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。

对于黄铜保持架，基本没有什么阻碍，但不适于有氨的环境。一般小轴承不使用铜保持架。

对于钢保持架，也没有什么限制，但大轴承不使用钢保持架。

(二) 密封件

对于防尘，一般的铁盖儿，仅仅是防尘，没有密封作用。没有温度限制，转速性能和开式轴承相同。

橡胶密封件具有密封性能，但密封轴承的转速比开式轴承低。一般普通橡胶密封件最高工作温度不能超过 120°C ，高温氟橡胶不能超过 180°C 。

六、轴承与轴和孔的公差及轴承游隙的选用

(一) 问题

(1) 机械设计书中，只见如何选用轴承与轴和孔的公差，至于如何选用轴承游隙，则比较少或者含糊其词。原始游隙、安装游隙、工作游隙到底如何选用？

(2) 普通的机械设计书中，正常负荷、120mm 的轴颈，皆选 m5 公差 ($+0.013$, $+0.028$)，平均 $+0.0205$ ；基本游隙组 ($+0.015$, $+0.041$)，平均 $+0.028$ ；轴承内孔公差 (0 , -0.02)，平均 -0.01 。这样安装后平均过盈就变成了 $+0.0305$ ，而轴承游隙平均才为 $+0.028$ ，工作时成了负的游隙，这样合适吗？

(3) 某电动机，600kW，连续负载，轴径 120mm，选用 6324 轴承。若选轴公差 n6、C3 游隙，你认为游隙小吗？是否应选 C4 游隙或选 m5、C3 游隙？安装后的游隙是否是留给热膨胀空间的？应该有多大？

(二) 解答

(1) 手册里没有选择游隙的建议，是合理的。这是因

为，轴承的游隙是在生产时就确定的，这样在使用时是要配合它的游隙来选择合适的公差配合，而不是相反。因为要根据你的公差和配合来选定轴承。也就是说选择游隙的实质，是选择合适的公差配合。正常情况下，轴承工作时其内部游隙应该是一个非常小的正值（圆锥滚子轴承和角接触球轴承除外）。至于多大，不同类型的轴承，有不同的范围。例如，通常温度工况下，普通中小型深沟球轴承的工作游隙推荐为 $4 \sim 11 \mu\text{m}$ 。

(2) 你说的轴承游隙变化，只说了公差影响的变化，其实还有一个方面要注意，就是温度变化，热胀冷缩引起的游隙变化。这点在计算时一定也要考虑进来。

选择游隙的方法就是由原始游隙减去由于公差配合造成的游隙减小，再减去由于温度变化引起的游隙变化量，所得到的工作游隙符合基本运行工况就好。

(3) 应你的要求把你的那个轴承作了如下计算：

由于你没有给出温度分布（轴，轴承室），所以我只就公差影响进行了计算（假设轴承室公差为 H7）。

如果是 n6 的轴径，若选 6324/C3 的轴承，内部剩余游隙是 $-0.005 \sim 0.049 \text{mm}$ 。如果把配合变成了 m6，剩余游隙变为 $0.003 \sim 0.057 \text{mm}$ 。从这里可以看到，其实不是你需要选择 C4 的问题，而是你需要重新看看自己的公差配合问题。

另外，你说要给热膨胀留出空间，我觉得这个说法需要考虑。因为，所谓热膨胀的空间，在轴承内部，影响最大的应是游隙。配合和游隙选对了，自然都有了，不要自己另外留。

最后一个通用建议：对于工业电机，一般运行状况，推

荐使用 C3 游隙（小电机除外）。公差配合按照手册上选择（应相信手册，因为其中的数字都是经过严密计算得出的），除非温度负荷有特殊变化。即使平时在我个人的工作中，只有温度或者运行工况有特殊要求的时候才做游隙计算。一般情况，直接按照厂家提供的手册选择。

七、小功率电动机和外转子风扇电动机轴承与轴和孔的公差的选择

小电机轴承的配合选择应注意的几个方面：①对于铝壳电机，通常铝的热膨胀系数比铸铁的大，所以选轴承配合时，建议比铸铁机座放紧一档。②对于铸铁机座的电机，用产品手册上的配合即可。③如果铸铝机壳使用手册上的配合，请在轴承外圈上或轴承室内加一个 O 形橡胶环，避免轴承外圈跑圈。

对于外转子电机，如果轴承是外圈旋转的，那么，外圈使用紧配合，内圈使用过渡配合。配合的选择和前面介绍的相同，只不过反过来。

八、关于绝缘轴承和陶瓷轴承

为了阻断和抑制轴电流，有效的手段是使用一种绝缘轴承。滚动体是陶瓷的轴承（简称为陶瓷轴承）是绝缘轴承的一种。

陶瓷轴承不仅仅是为了绝缘，它最具有意义的处理对象是低温下的润滑不良以及耐磨性能，特别是在风力发电领域中使用。

理论和实践都证明，所有使用变频器电源驱动的电动机（特别是较大容量的）都有比使用电网电源较大的轴电流，另外所有的磁路不平衡的电动机，以及用皮带轮驱动的电动机也都有较大的轴电流。为了防止对轴承的电灼蚀，都应该

使用绝缘轴承。

之所以没有大量使用，其中一个是对轴电流危害的认识问题，另外是因为绝缘轴承价格较高，在小电机中很多人都舍不得用。实际上因为频繁地更换轴承的花费远大于一开始就使用绝缘轴承。而对于风力发电机，大家赌不起，修一次电机够你做好多台的了。

九、既有轴向力又有径向力时的轴承优选问题

对一个既有轴向力又有径向力的轴，采用角接触球轴承似乎是目前最流行的。因为角接触球轴承既可承受径向负荷，也可承受轴向负荷。但其承受径向负荷的能力不如深沟球轴承。

电机最常用的轴承是深沟球轴承和圆柱滚子轴承。它们都属于径向轴承，主要承受径向负荷。对于深沟球轴承，同时具有一定的轴向承载能力，通常最大承载能力为径向额定动负荷的 $1/4$ 。

在电机中，到底如何选择轴承类型，是根据电机负荷的大小和方向而定的。当轴向负荷不是特别大时，应使用深沟球轴承；当径向负荷很大，以至于深沟球轴承不能满足需要的时候，应使用圆柱滚子轴承。用一个径向球轴承和一个普通的推力轴承组合来代替角接触球轴承也是一个有效的办法。

当轴向负荷增大，以至于大过深沟球轴承的负荷能力，则选用角接触球轴承。如果再超过角接触球轴承的能力范围，则要选择其他类型轴承，如球面滚子轴承、推力球轴承、推力滚子轴承，球面滚子推力轴承等。

上面说的是原则问题，落实到操作，就需要进行相应的计算。所说的超出它的能力范围不是说负荷大于样本列出来

的，或者小于多少就合格。应该把轴承支撑力折算成当量负荷，然后校核轴承寿命，当满足需要时就为合格。

第二节 轴承故障分析和处理

一、滚动轴承振动分析

滚动轴承发生故障的典型方式是其滚动接触发生单纯的疲劳剥落。这种剥落，剥落面积约为 2mm^2 ，深度达 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 。可通过监测仪检测其振动来判断。剥落可能发生在内座圈表面、外座圈或滚动体上。其中，内座圈因接触应力较高，发生破裂的情况较多。

用于滚动轴承的各类诊断技术中，振动监测仪监测法仍然是最主要的一种。总体而言，时域分析方法比较简便，适于噪声干扰小的场合，是简易诊断的好方法；频域诊断方法中，共振解调方法最为成熟可靠，适于轴承故障的精密诊断；时间-频率分析方法与共振解调方法相似，能正确查出故障信号的时间及频率特征，更具优越性。

二、滚动轴承的损坏形式及补救办法

(一) 过载

严重的表面剥落和磨损，表明了滚动轴承因过载引起的早期疲劳产生的失效（此外配合过紧也会造成一定程度的疲劳）。过载还会引起严重的轴承钢球滚道磨损、大面积剥落并时而伴有过热现象。补救办法是减少轴承的负荷或提高轴承的承载能力。

(二) 过热

滚子的滚道、钢球或保持架改变颜色，表明轴承过热。温度的升高会使润滑剂作用降低，使油膜不易形成或完全消失。温度过高，会使滚道和钢球材料退火，硬度下降。这主

要是散热不利或重载、高速的情况下冷却不充分造成的。解决办法是充分散热，加强冷却。

（三）低负荷振蚀

在每个钢球的轴向位置上出现椭圆形的磨损痕迹，这表明当轴承不工作且未产生润滑油膜时，由外部振动过度或低负荷振蚀造成失效。补救办法是使轴承隔振或在轴承的润滑脂中加入抗磨添加剂等。

（四）安装注意事项

1. 注意安装施力

如滚道上出现间隔的压坑，表明负荷已超出了材料的弹性极限。这是由于静态过载或者严重的冲击（如安装时曾用锤子敲击轴承等）引起的。正确的安装方法是仅对要压装的圈环施力（在轴上装内圈时勿推压外圈）。

2. 注意角接触球轴承的安装方向

角接触球轴承具有一椭圆形的接触区，并仅在一个方向上承受轴向推力。在相反的方向上装配轴承时，因钢球处在滚道边缘，其受载面会产生槽形磨损带。因此在安装时应注意正确的安装方向。

3. 注意对中钢球磨损痕迹偏斜、不与滚道方向相平行，表明安装时轴承未对中。若偏斜量较大，就易引起轴承温度上升并出现严重磨损。其产生原因可能是轴有弯曲、轴或箱体有毛刺、锁母的压紧面未与螺纹轴线相垂直等。因此，安装时应注意检查径向跳动情况。

4. 应注意正确配合

轴承内、外圈的装配接触面上出现圆周状的磨损或变色，是由轴承与其相配的零件配合过松引起的。磨蚀产生的氧化物为一种纯褐色磨料，其结果会造成轴承进一步磨损、

发热、噪声和径跳等一系列问题，因此装配时应注意正确配合。

又如滚道底部有严重的球形磨损轨迹，这表明因配合过紧使轴承间隙变小，由于扭距增大、轴承温度上升，使轴承很快因磨损和疲劳而失效。此时，只要适当恢复径向间隙，减少过盈量就可解决这一问题。

（五）正常的疲劳失效

在任何一个运转的表面（如滚道或钢球）出现不规则的材料剥落现象，并逐渐扩展引起振幅加大，这是一种正常的疲劳失效。如果普通轴承的寿命不能满足使用要求，就只有重新选用更高级的轴承，或是提高一级轴承规格，来提高轴承的承载能力。

（六）润滑不当

所有滚动轴承都需要用优质润滑剂进行不间断的润滑，以保持其设计性能。轴承内依靠滚动体和座圈上形成的一层油膜来防止金属与金属之间的直接接触。如果润滑良好，就能减少摩擦，使其不致磨损。

轴承在运转状态下，润滑脂的黏度是保证其正常润滑的关键；同时，润滑脂保持清洁，不含固态或液态杂质也是至关重要的。油脂的黏度过低，不能起充分润滑作用，致使座圈很快磨损。开始时，座圈的金属与滚动体的金属表面互相直接接触摩擦，使其表面打磨得非常光滑，继而发生干摩擦，导致座圈表面被滚动体表面碾碎的粒屑所压裂。起初可以观察到表面变暗，失去光泽，最后形成凹痕和片状疲劳脱落。

污染物粒子污染润滑脂时，即使这些污染物粒子小于油膜平均厚度，但因粒子很硬，仍会产生磨耗，甚至于穿透油

膜，致使轴承表面产生局部应力，从而显著地缩短轴承寿命。润滑脂中水的含量即使小至 0.01%，亦足以缩短轴承原有寿命的一半。若水可溶解于油脂中，轴承使用寿命会随水的含量递增而缩减。补救办法是调换不洁净的润滑脂；平时应当安装较好的过滤器，加强密封，贮存、安装时注意清洁操作。

（七）腐蚀

滚道、钢球、保持架和内外圈环型面上出现红色或褐色污点，表明轴承因暴露于腐蚀性的液体或气体中而产生了腐蚀失效。它会引起振动增大、磨损加剧、径向间隙增加、预载降低，并且在极限情况下发生疲劳失效。补救办法是使液体从轴承中排出或加强轴承的整体及外部密封。

三、风机的轴承故障原因及处理方法

据不完全统计，水泥厂的风机发生振动异常的故障率最高时达 58.6%，由于振动将造成风机运行不平衡。其中，轴承紧定套配合调整不当，会导致轴承异常温升与振动。

如某水泥厂在设备维修期间更换了风机轮叶。轮叶两侧用紧定套与轴承座固定配合。重新试车时就发生自由端轴承温度高，振动值偏高的故障。拆开轴承座上盖，手动慢速回转风机，发现处于转轴某一特定位置的轴承滚子，在非负荷区亦有滚动情况，由此可确定轴承运转间隙变动偏高且安装间隙可能不足。经测量得知，轴承内部间隙仅为 0.04mm、转轴偏心达 0.18mm。

由于左右轴承跨距大，要避免转轴挠曲或轴承安装角度的误差较难，因此，大型风机采用可自动对心调整的球面滚子轴承。但当轴承内部间隙不足时，轴承内部滚动件因受运动空间的限制，其自动对心的机能受影响，振动值反而会升

高。轴承内部间隙随配合紧度之增大而减小，无法形成润滑油膜，当轴承内部间隙因温升高而降为零时，若轴承运行产生的热量仍大于逸散的热量时，轴承温度即会快速爬升。这时，如不及时停机，轴承终将烧损。轴承内环与轴的配合过紧是本例中轴承运转异常高温的原因。

处理故障时，退下紧定套，重新调整轴与内环的配合紧度，更换轴承之后的间隙取 0.1mm。重新安装起动风机，轴承振动值及温度均恢复正常。

轴承内部间隙太小或机件设计制造精度不佳，均是轴承运转温度偏高的主因，为方便风机设备的安装、拆修和维护，一般在设计上，多采用紧定套轴承锥孔内环配合的轴承座轴承。然而也易因安装程序上的疏忽而发生问题，尤其是适当间隙的调整。轴承内部间隙太小、运转温度急速升高；轴承内环锥孔与紧定套配合太松，轴承易因配合面发生松动而在短期内故障烧损。

四、电机窜轴问题和导致轴承烧毁的原因

（一）电机的轴向窜动问题

通常电机用得最多的是深沟球轴承和圆柱滚子轴承。并且在布置的时候，一端做轴向定位，另一端做轴向浮动。轴向定位如果可靠，对于深沟球轴承来说，它的轴向窜动量就应该是它的轴向游隙，一般不会太大，但是取决于选的径向游隙。对于圆柱棍子轴承（N 和 NU 系列的轴承），不能作为定位轴承，否则，就一定窜动过大。

（二）轴承烧毁问题

如果定位轴承承受了过大的轴向负荷，会导致轴承烧毁。所以，选择定位轴承的时候要了解轴向负荷有多大，所选的轴承是否承受得了。如果是 NJ 系列的圆柱棍子轴承，

这种轴向负荷完全是由滑动部分承受的，所以不行。对于深沟球轴承，轴向能力最多只有径向的 $1/4$ ，对于不同的轴承各有不同。

现在的电机很多都是轴可以来回窜动的，靠一个波形弹簧垫圈来调整，但还是能够窜动。

轴系一般会要求轴向定位。所以需要一端作为定位端，另一端作为游动端。

波形弹簧不是用于定位的，是用于加轴向预负荷的。所以，对于交叉定位的电机，一定会存在波形弹簧垫圈引起的轴向窜动。如果要控制窜动，就该做成传统的一个定位端，一个非定位端，然后在非定位端加波形弹簧垫圈。

五、根据轴承润滑脂颜色的变化判定轴承运行状态

根据润滑脂的颜色来判断轴承运行情况是否正常，比较困难。因为不同的润滑脂内部的添加剂不同，运行条件不同，适应温度范围不同，不可能有统一的标准。即使是同一种润滑脂，也可能会由于出厂的批次不同，配方略有不同，而造成颜色的差异。因此，以颜色变化作为依据可能会不尽相同。

另外，即使润滑脂不放在轴承里，也会变色。这是因为润滑脂存在氧化问题。

润滑脂放置（或者运行）一段时间，因和空气接触；同时，金属（轴承本身和轴承室等相关部件）在这个氧化反应中也充当了催化剂的角色。虽然现在有很多润滑脂都有抗氧化添加剂，但只是降低了氧化的速度，所以，润滑脂的颜色会一直发生变化。若轴承运行不正常，或者进入异物等将促使润滑脂性能和颜色的改变。若温度较高，润滑脂将加

速氧化，直至碳化变成炭黑色。原因是：轴承本身或者环境温度温度的变化，将导致润滑脂中的基油不断地进出增稠剂，同时每次基油回去的时候，不一定完全回去。这样时间久了，油脂的性能会变化，将不能满足润滑。基油不足的润滑脂，颜色就有可能变化。温度越高，油脂的性能变化就越大，其颜色变化也会越大。如果温度很高，会碳化，即变成黑褐色。

若轴承进入异物，包括轴承自身磨损或异物与轴及轴承室之间的摩擦产生的金属屑，润滑脂将会随之变成与异物接近甚至相同的颜色。

进入水或其他液体时，其颜色一般会变浅，有时会变成泡沫状或絮状。

六、使用柱轴承的新电动机空载运行时噪声大的原因

圆柱和圆锥滚子轴承、推力轴承等滚子与轴承内外环接触面较大的轴承，需要一定的负荷方能在接触面之间形成润滑脂油膜和良好的滚动。若没有负荷或负荷很小，则油膜将很难形成，滚子和轴承内外圈就有可能发生滑动摩擦，造成接触面磨损，产生较大的摩擦噪声，同时将影响轴承的寿命。

轴承的最小负荷与轴承大小也有关系，总体上讲，轴承的负荷能力越大，它所需要的最小负荷也越大。

有很多使用单位在新电动机安装之前的检查过程中，给电动机通电空载运行两个多小时（很多验收规程中有这样的规定），对于使用圆柱和圆锥滚子轴承、推力轴承的电动机是很不利的。要想即达到验收目的，又减少对轴承的损伤，可采用带适当负荷的办法。无带负荷的条件时，就只能减少空转时间，只要通电运转正常即可停机，不必非要运转

两个小时方才罢休。

七、补脂（二硫化钼）后温度上升的问题

（一）问题

有一台 6kV、1480r/min 的高压电机，以前运行时驱动端轴承温度在 40℃ 左右，但在对轴承补脂（二硫化钼）后，再开车运行，其温度一路上升，达到 90℃ 左右，而且有丝丝的声音，但非驱动端的轴承温度仅为 25℃。此电机结构是驱动端（与设备联结侧）为浮动端，有两套轴承，里面是深沟球轴承，外面是圆柱滚子轴承，深沟球轴承与轴承座是松配合。对其解体后发现，深沟球轴承和圆柱滚子轴承相对的端面间有明显的摩擦痕迹。现场分析后认为，两轴承间的间隙发生了变化而导致了摩擦。请找出原因。

（二）解答

首先关于补充油脂的时间问题，应根据使用情况（包括运行时间、负荷大小、环境温度和空气的清洁度等多方面的因素），按使用说明书或其他相关提示进行，有关计算可从轴承手册里找到。另外，添加二硫化钼润滑脂不妥，因为通常二硫化钼润滑脂适用于低速，在高速场合不适合，容易产生摩擦和发热。本例说添加润滑脂后发热，就与此有关。还有就是添加润滑脂的量，不可添加太多。

其次是关于两个轴承相对滑动问题，通常不应该发生。一个好的电机设计，如果使用深沟球轴承 + 圆柱滚子轴承的布置，那么深沟球轴承的轴承室应该比圆柱滚子轴承的大。如果更讲究一点的设计，应该加橡胶圈防止轴承外圈跑圈。同时应该检查两个轴承安装好之后是否夹得比较紧。以上几点都做到，就应该没有问题了。

第七章 滚动轴承寿命计算

第一节 概 述

一、轴承寿命的定义和相关理论

在机械设计过程中，工程技术人员对滚动轴承的寿命十分关注。事实上，人们所说的轴承寿命在工程技术领域中通常指的是轴承疲劳寿命。

轴承受载运行的时候，负荷从一个轴承圈通过滚动体传到另一个轴承圈。在金属材料内部会出现相应的应力分布，大致的示意图如图 7-1 所示。从图中可以看到，在滚动体与滚道接触表面金属材料之下的某一个深度出现最大的剪切应力。每次滚动体滚过滚道，这个剪切应力就会反复出现。当出现次数达到一定数量的时候，金属便会出现疲劳。由此开始失效。不论材质如何，这种剪应力的往复总会出现，只不过出现的时间与滚动体滚过的次数以及与正压力成正比相关的关系（后面的寿命计算公式中反映了这个关系）。当初始疲劳点出现之后，疲劳会沿着一定的方向向金属表面蔓延，最终出现轴承的金属表面剥落。这就是轴承失效模式中非常典型的一种——表面疲劳剥落。上述轴承失效过程的描述就是轴承的疲劳失效。而在给定的工况下，轴承疲劳失效的时间（转动圈数），就是我们所说的疲劳寿命。

事实上，每个轴承都有其疲劳极限。但即便在相同的工

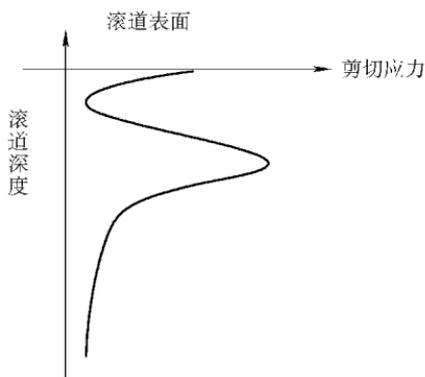


图 7-1 轴承滚道内部剪应力随深度变化的示意图

况下，由于轴承内部金属材料的均匀性等原因，对于一大批轴承也不可能具有完全一样的疲劳寿命。因此我们引入可靠性系数的概念。

二、L10 寿命的概念

滚动轴承的疲劳失效服从一定的离散分布。而在这样的离散中可以拟合出一定的规律，这就是经常说到的韦氏分布。

通常，由于轴承的寿命存在离散性，因此人们从概率曲线上选取一个或两个点来描述轴承的耐久性，这两点就是：

- (1) L10 寿命，即一批轴承中，90% 可达到的疲劳寿命。
- (2) L50 平均寿命，即一批轴承中，50% 可达到的疲劳寿命。

在一般的机械行业中，通常使用 L10 寿命作为一个衡量的标准。它的可靠性是 90%。也就是在这个数值达到的时

候，有 90% 的轴承没有出现疲劳失效。这是一个概率结果，因此和具体单个轴承的实际运行寿命不一定会完全吻合。

国际标准 ISO 281: 1990/Amd2: 2000 《滚动轴承额定动载荷和额定寿命》中的 L10 寿命是在规定的润滑等环境下进行的试验及计算。由于现代轴承的质量提高，在某些应用中，轴承的实际工作寿命可能远远高于其基本的额定寿命。同时，在轴承的具体运行中受到润滑、污染程度、偏心负荷、安装不当等因素的影响。为此，ISO 281: 1990/Amd2: 2000 中加入了一些寿命修正公式以补充基本额定寿命的不足。

三、滚动轴承疲劳寿命应用的限制及原则

(一) 滚动轴承疲劳寿命应用的限制

如前所述，滚动轴承的疲劳寿命（不考虑修正的时候），仅仅对轴承材质本身在一定负荷情况下的疲劳失效进行了估算。这种估算和实际轴承的应用工况有很大的差别。下面列举几个难于计入计算的方面：

(1) 负荷波动 轴承疲劳试验是在一些给定的负荷状态下，由试验台进行的。因此，实验结果和计算结果有非常好的一致性。但是实际应用中，机械设备的实际负荷随工况而变，同时这种变化在计算中根本不可能做到百分之百的模拟。这样，即使计入了工作制的影响，依然只能概略的近似，而无法像试验台一样做到计算和实际一致。

(2) 润滑的情况和温度的波动 在 L10 寿命中没有考虑润滑的影响，但是实际的工作状况不可能不添加润滑。这样容易使计算值趋于保守。即使计入了润滑的修正系数，也只能将有限种润滑的特性（在不同温度下）计入考虑。而实

实际上机械设备的运行温度的波动对润滑影响很大，因此也没有办法来模拟实际状况下温度、润滑的变化对寿命的影响。

(3) 操作不当 在安装和拆卸轴承的过程中，如果稍有不当，对轴承会造成损伤，那么损伤点就会成为轴承失效的源头，这一点也无法计入考虑。

(4) 公差配合的影响 实际上公差配合对轴承的运行寿命有很大的影响，而在 L10 寿命计算中，仅估计公差配合恰当时候的轴承寿命情况。

以上仅仅列举了几个方面，并不能涵盖所有的影响轴承寿命的因素（比如，还有轴的挠性、不对中、倾覆力矩、污染等等）。因此，我们建议在使用轴承时，一方面要使用轴承的疲劳寿命作为考核轴承寿命的辅助工具，另一方面也要知道其限制范围。这样才能正确理解书面计算和实际运行情况之间的差距。

（二）滚动轴承疲劳寿命计算的应用原则

如前所述，滚动轴承的疲劳寿命计算仅可作为参考性的估算。也就是说，不要用疲劳寿命计算当作“算命”计算。寿命计算的校核作用在某种程度上要强于它的估计作用。

通常，在选用轴承的时候，首先受到限制的就是轴径，轴径影响到扭矩的传送，因此轴径的最小值是确定的。而最小的轴径也就是最小的轴承内径。这个时候，可以根据轴承的负荷方式选择出适当的类型。而轴承的寿命计算就是在轴承类型、大小已经大约选定之后进行校核。在寿命计算中，如果计算的疲劳寿命过长，说明轴承的选择有可能过大；相反，如果轴承的计算疲劳寿命过短，有可能是轴承选择过小。换言之，就是通过疲劳寿命计算来校核轴承选型的准确性。

对于不同设备，轴承疲劳寿命的推荐值见表 7-1。

表 7-1 常用设备轴承寿命推荐值（不同类型机械的约定寿命参考值）

机 器 类 型	约定寿命/ 10^4 h
家用机器，农用机器，仪器，医疗设备	0.03 ~ 0.3
短时或间歇使用的机械，电动工具，车间起重设备，建筑设备和机械	0.3 ~ 0.8
短时或间歇使用的机械，但要求较高的运行可靠性：升降机（电梯），用于已包装货物的起重机，吊索鼓轮等	0.8 ~ 1.2
每天工作 8h，但并非全部时间运行的机器：一般的齿轮传动机构，工业用电机，转式粉碎机	1 ~ 2.5
每天工作 8h，且全部时间运行的机器：机床，木工机械，连续生产机器，重型起重机，通风设备，运输带，印刷设备，分离机，离心机等	2 ~ 3
24h 运行的机器：轧钢厂用齿轮箱，中型电动机，压缩机，采矿用起重机，泵，纺织机械等	4 ~ 5
风电机械的设备，包括：主轴，摆动机构，齿轮箱，发电机轴承等	3 ~ 10
自来水厂用的机械，转炉，电缆绞股机，远洋轮的推进机械	6 ~ 10
大型电动机，发电厂设备，矿井水泵，矿场用通风设备，远洋轮的主轴轴承	> 10

这里值得强调的是，很多人把轴承疲劳寿命计算当作算命程序，而质疑实际寿命和计算寿命的差异，这种忽略了寿命计算的校核作用的想法缺乏客观性。

第二节 轴承寿命的计算

一、滚动轴承寿命计算基本方法

工程上有很多方法计算滚动轴承的寿命，例如：最基本的疲劳寿命计算；考虑各种修正系数的修正寿命计算；考虑系统刚度的更加微观的有限元分析计算，等等。

本文中主要介绍基本的轴承疲劳寿命计算（以下简称轴承寿命计算）。各个轴承厂家采用的基本轴承疲劳寿命计算的方法，多数依照 ISO 281：1990/Amd2：2000 中的轴承疲劳寿命计算规定。但是在关于调整系数方面，各自有些差别。本文采用《SKF 综合型录》中的计算参数和表格作为后续内容的参照，以说明计算过程。

（一）轴承寿命计算的基本流程

轴承寿命计算定额基本过程包括：轴承型号的基本初定；轴承负荷的计算；轴承当量动负荷的计算；轴承基本额定动负荷的查取；L10 寿命的计算；修正系数的选取；修正寿命的计算。其基本流程如图 7-2 所示。

（二）轴承寿命计算的基本方法

1. 初定轴承

计算轴承寿命的第一步是初定轴承的型号。这是一个初步选定过程，需要反复校核计算才能做最后确定。型号的初定主要依赖于轴承的负荷方式、最小轴径以及负荷大小。

首先，由于轴是用于传递扭矩的，设备的扭矩确定之后就相当于轴的最小直径被确定了。其次，根据轴上面的负荷

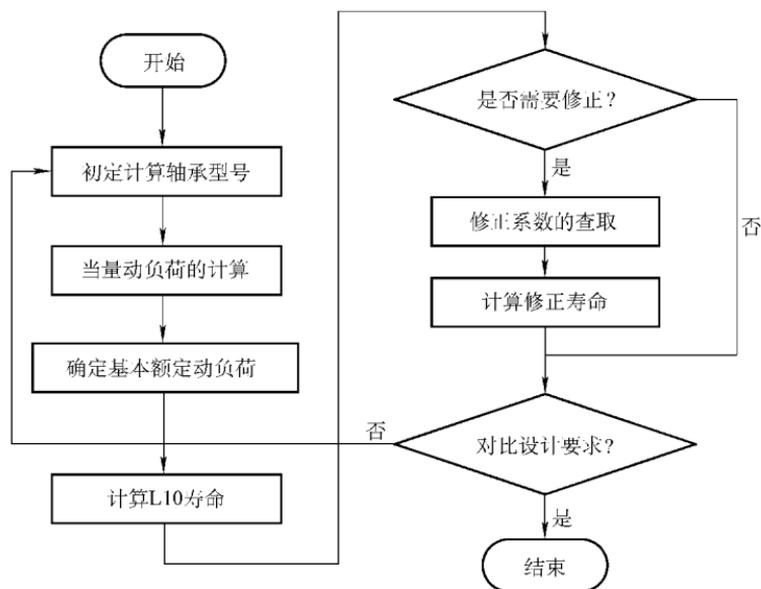


图 7-2 轴承寿命计算的基本流程

方式、大小，粗略地确定轴承的类型，这样便可初步确定出轴承的型号，以便后续计算。

2. 当量动负荷的计算以及基本额定动负荷的计算

若轴上的负荷已知，作用在轴承上的负荷可根据机械学的原理来做计算。而做单个轴承的负荷分力时，为了简化计算，轴被看作是由无倾覆力矩作用支点支撑的刚性梁。轴承、轴承座或者机械结构的弹性形变，轴的挠曲而给轴承带来的力矩将被忽略。这也是轴承寿命计算的一个基本假设。

所谓当量动负荷，是指一个假设的负荷，其大小和方向固定，且径向作用于径向轴承之上；或者轴向作用于推力轴承之上，而这个负荷与轴承所承受的实际负荷，对轴承寿命

的影响等效。

为了计算简化，我们在计算 L10 寿命之前，要把轴承所承受的实际负荷折算成当量动负荷 P 。通常，当量动负荷 P 可以有下面的通用公式计算。

$$P = XF_r + YF_a \quad (7-1)$$

式中 P ——当量动负荷 (kN)；

F_r ——径向负荷 (kN)；

F_a ——轴向负荷 (kN)；

X ——径向负荷系数；

Y ——轴向负荷系数。

确定了轴承的当量动负荷之后，可以在轴承型录或者手册中查取轴承的额定动负荷 C 。

3. 计算 L10 寿命

依据 ISO 281: 1990/Amd2: 2000 规定，轴承的基本额定寿命 L_{10r} (单位为百万转) 为

$$L_{10r} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (7-2)$$

式中 C ——额定动负荷 (kN)；

P ——当量动负荷 (kN)；

p ——寿命计算指数，对于球轴承取 3，对于滚子轴承取 10/3。

如果要折算成工作小时数， L_{10h} 可以用以下公式：

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10r} \quad (7-3)$$

式中 n ——转速 (r/min)。

4. 查取修正系数

如果需要考虑润滑、污染等因素，而对轴承基本额定寿

命进行修正，就需要添加修正寿命系数。

以 SKF 型录为例，在 SKF 综合型录中，额定寿命公式负荷在 ISO 281: 1990/Amd2: 2000 中规定：

$$L_{mn} = a_1 a_{SKF} L_{10} \quad (7-4)$$

式中 L_{mn} ——SKF 轴承额定寿命（百万转）；

a_1 ——可靠性系数，由表 7-2 查取；

a_{SKF} ——SKF 寿命修正系数，对于径向球和滚子轴承，分别由图 7-3 和图 7-4 查取，图中：①当 $k > 4$ 时，使用 $k = 4$ 的曲线；②当 $\eta(P_u/P)$ 值趋于 0 时，对于所有的 k 值的 a_{SKF} 系数都趋于 0.1；③虚线标注的位置是相当于以前的调整系数 $a_{23}(k)$ 的标度，在这个位置上， $a_{SKF} = a_{23}$ 。

表 7-2 可靠性系数 a_1

可靠性 (%)	失效几率 (%)	额定寿命 L_{mn}	系数 a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0.62
96	4	L_{4m}	0.53
97	3	L_{3m}	0.44
98	2	L_{2m}	0.33
99	1	L_1	0.21

为了查找上述图表，需要确定 k 值和 η_c 值。

k 值是黏度比，也叫卡帕系数。它代表着轴承运行实际施加润滑剂的黏度与在这种工况下形成润滑所需要最小黏度的比值。如下式：

$$k = \frac{v}{v_1} \quad (7-5)$$

- 式中 k ——黏度比（卡帕系数）；
 v ——润滑剂实际工作黏度（ mm^2/s ），由图 7-5 查取；
 v_1 ——形成润滑所需要的最小黏度（ mm^2/s ），由图 7-6 查取 [其中横坐标 $d_m = 0.5(d + D)$ ， d 和 D 分别为轴承的内圈孔径和外圈的外径]。

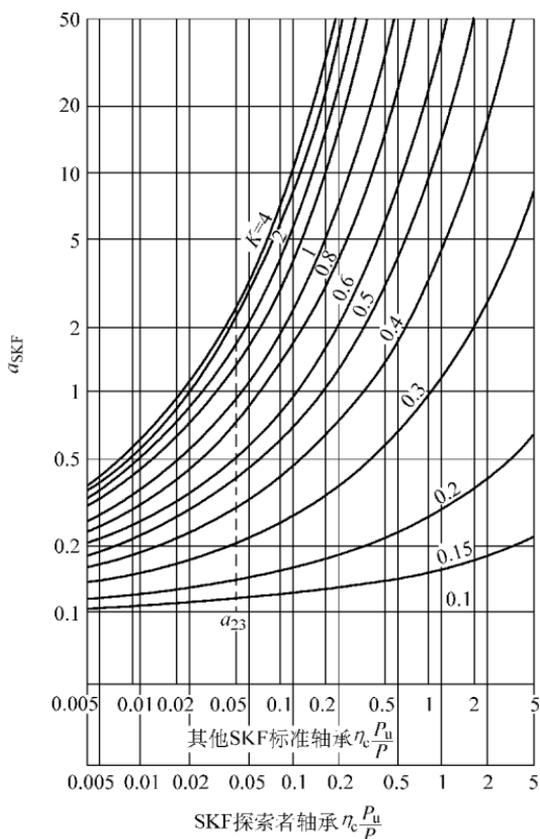


图 7-3 径向球轴承的 SKF 寿命修正系数

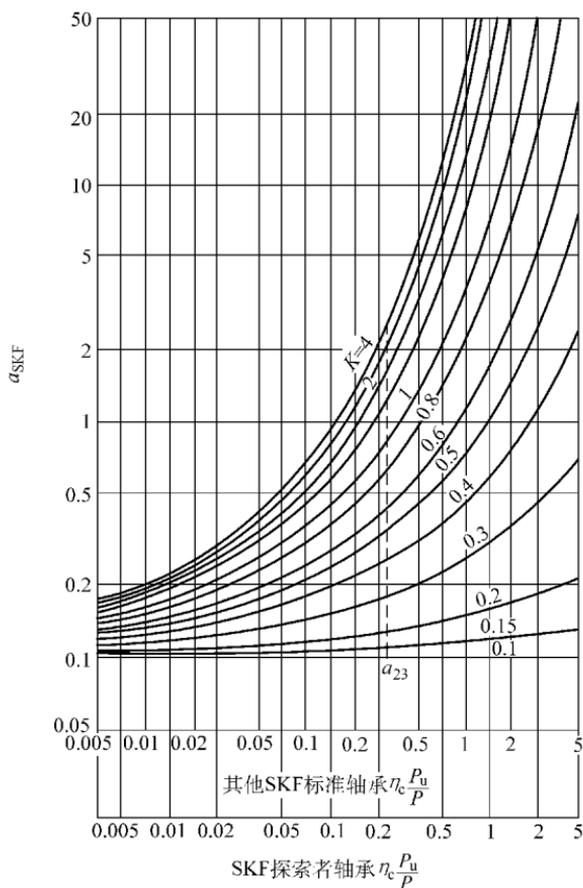
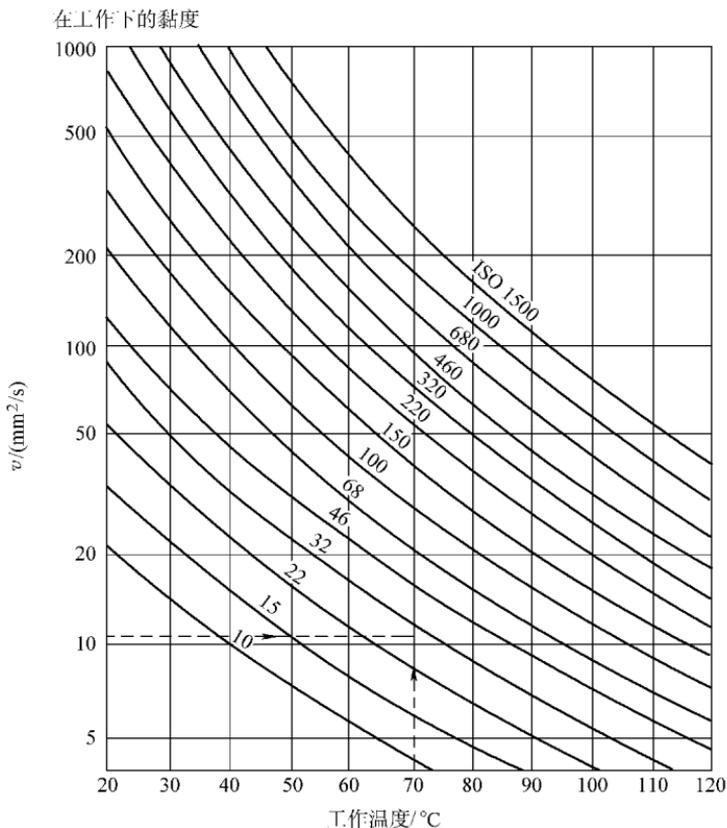
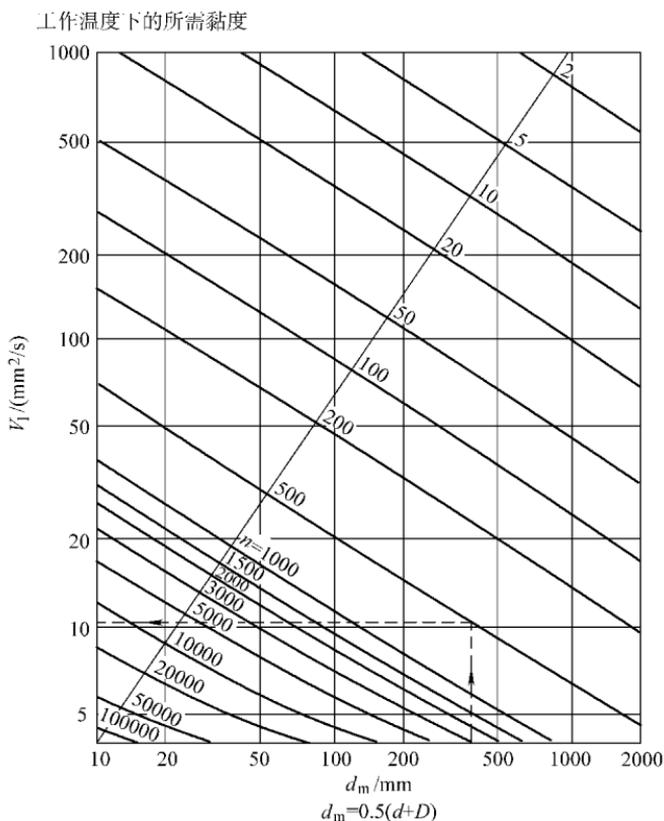


图 7-4 径向滚子轴承的 SKF 寿命修正系数

η_c 称为油脂润滑污染系数，可从表 7-3 中查出（本表仅适用于一般固体污染物，水和其他对轴承寿命有损害的流体所造成的污染未包括在内。在极严重的污染情况下，轴承失效可能是由于磨损导致，轴承寿命可能比额定寿命要短很多）。

图 7-5 润滑脂实际工作黏度 v

至此，轴承寿命计算的全部参数都已经查询和计算完毕，可以得到轴承的修正寿命结果。得到结果后，通过和设计要求对比，来判断校核初算轴承是否恰当，直至达到要求为止。

图 7-6 工作温度下所需运动黏度（形成润滑所需要的最小黏度） v_1 表 7-3 不同污染程度时油脂润滑污染系数 η_c 参考值

污染程度说明		不同轴承孔径时的油脂 润滑污染系数 η_c	
污染程度	说明	$d_m < 100\text{mm}$	$d_m \geq 100\text{mm}$
极度清洁	颗粒尺寸和油膜厚度相约。实验室中的条件	1	1

(续)

污染程度说明		不同轴承孔径时的油脂 润滑污染系数 η_e	
污染程度	说明	$d_m < 100\text{mm}$	$d_m \geq 100\text{mm}$
非常清洁	带密封圈轴承的一般情况（终身润滑）	0.8 ~ 0.6	0.9 ~ 0.8
一般清洁	带防尘罩轴承的一般情况（终身润滑）	0.6 ~ 0.5	0.8 ~ 0.6
轻度污染	微量污染物在润滑剂中	0.5 ~ 0.3	0.6 ~ 0.4
常见污染	不带任何密封件的轴承的一般情况	0.3 ~ 0.1	0.4 ~ 0.2
严重污染	轴承环境高度污染，轴承密封配置不良	0.1 ~ 0	0.2 ~ 0
极度污染	污染系数可能超出计算范围，轴承寿命将远远低于计算值	0	0

二、滚动轴承寿命计算实例

例：根据应用工况初选轴承 6309，纯径向负荷为 $F_r = 5\text{kN}$ ，转速为 3000r/min ，以 SKF2 号中温润滑脂 LGMT2 作润滑。在实际工作中，稳定工作温度（ 80°C ）之下的实际黏度为 $v = 19.8\text{mm}^2/\text{s}$ ，要求 90% 可靠性，假设工作条件一般清洁。请计算该轴承的额定寿命和 SKF 轴承额定寿命。

解：

步骤 1 确定当量动负荷：

根据通用公式 $P = X F_r + Y F_a$ ，当 $F_a = 0$ 时， $P = F_r = 5\text{kN}$ 。

注：每一种轴承的当量负荷计算方法在《SKF 综合型录》中有不同的公式，可参照每一类轴承产品表前面的介绍，找出相应的公式。比如此例中，在《SKF 综合型录》中，对深沟球轴承当量负荷有如下公式：

$$\begin{cases} P = F_r & \text{当 } F_a/F_r \leq e \text{ 时} \\ P = XF_r + YF_a & \text{当 } F_a/F_r > e \text{ 时} \end{cases}$$

式中 X 、 Y 、 e ——分别在型录中可以相应查到。

步骤 2 从轴承综合型录中，查询 6309 轴承的额定动负荷 $C = 55.3 \text{ kN}$ 。

步骤 3 根据基本额定寿命计算公式：

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p = \left(\frac{55.3}{5} \right)^3 = 1353 \times 10^6 \text{ (转数)}$$

折算成时间：

$$L_{10\text{h}} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = \frac{10^6}{60 \times 3000} \times 1353 = 7516 \text{ 工作小时}$$

步骤 4 确定可靠性系数 a_1 ：由于可靠性要求为 90%，所以 a_1 取 1。

步骤 5 确定 a_{SKF} ：

确定 d_m ：

从产品表中查询 $d = 45 \text{ mm}$ ； $D = 100 \text{ mm}$ 。

$$d_m = 0.5(d + D) = 0.5(45 + 100) = 72.5 \text{ mm}$$

确定黏度比（卡帕系数） k ：

在转速 3000r/min 的情况下，可以从图 7-6 中查取在工作温度下的额定黏度 $v_1 = 8.18 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，条件中已经给出实际工作黏度 $v = 20 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。因此可以计算黏度比（卡帕系数） $k = v/v_1 = 19.8/8.18 = 2.42$ 。

从产品表中可以查出， $P_u = 1.34 \text{ kN}$

得：

$$P_u/P = 1.34/10 = 0.134。$$

由于工作条件一般清洁，根据污染系数表 7-3，取污染系数 $\eta_c = 0.5$ 。得到 $\eta_c(P_u/P) = 0.107$ 。

根据图 7-3，其中 $k = 2.42$ ， $\eta_c(P_u/P) = 0.107$ ，可以查取 $a_{SKF} = 12.4$ 。

步骤 6 根据可靠性为 90%，SKF 轴承额定寿命为

$$L_{10m} = a_1 a_{SKF} L_{10} = 1 \times 12.4 \times 1353 = 16777 \text{ (百万转)}$$

折算成时间为

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10m} = \left(\frac{10^6}{60 \times 3000} \right) \times 16777 = 93206 \text{ 工作小时}$$

步骤 7 根据计算结果，对比表 7-1 或者客户需求，来确定初选方案是否满足条件。如果为满足条件，就要适度的放大或者缩小轴承，或者更换轴承类型，以满足设计条件。至此，轴承寿命校核结束。

三、总结

轴承的疲劳寿命校核计算（或者说额定寿命计算），是轴承选型设计时候的一个非常重要的工具。工程实际中很多情况的校核计算都可以用上述方法进行粗略校核。

上述方法计算简便，适合手工计算。但是不论如何，上述计算都仅仅是一个校核计算，不适合作为轴承寿命的预知计算（虽然与轴承运行寿命相关性很大）。

同时，上述方法也有一定的限制，没有考虑轴和轴承的挠性、轴系之间相互影响、负荷偏心等情况。因此，如果需要更加精确的计算，需要借助于一些计算机辅助程序进行。

附 录

附录 1 深沟球轴承的径向游隙 (GB/T 4604—2006)

内径范围/mm	游隙组别 (代号)				
	2 组 (C2)	0 组	3 组 (C3)	4 组 (C4)	5 组 (C5)
	游隙范围/ μm				
>6 ~ 10	0 ~ 7	2 ~ 13	8 ~ 23	14 ~ 29	20 ~ 37
>10 ~ 18	0 ~ 9	3 ~ 18	11 ~ 25	18 ~ 33	25 ~ 45
>18 ~ 24	0 ~ 10	5 ~ 20	13 ~ 28	20 ~ 36	28 ~ 48
>24 ~ 30	1 ~ 11	5 ~ 20	13 ~ 23	23 ~ 41	30 ~ 53
>30 ~ 40	1 ~ 11	6 ~ 20	15 ~ 33	28 ~ 46	40 ~ 64
>40 ~ 50	1 ~ 11	6 ~ 23	18 ~ 36	30 ~ 51	45 ~ 73
>50 ~ 65	1 ~ 15	8 ~ 28	23 ~ 43	38 ~ 61	55 ~ 90
>65 ~ 80	1 ~ 15	10 ~ 30	25 ~ 51	46 ~ 71	65 ~ 105
>80 ~ 100	1 ~ 18	12 ~ 36	30 ~ 58	53 ~ 84	75 ~ 120
>100 ~ 120	2 ~ 20	15 ~ 41	36 ~ 66	61 ~ 97	90 ~ 140
>120 ~ 140	2 ~ 23	18 ~ 48	41 ~ 81	71 ~ 114	105 ~ 160
>140 ~ 160	2 ~ 23	18 ~ 53	46 ~ 91	81 ~ 130	120 ~ 180
>160 ~ 180	2 ~ 25	20 ~ 61	53 ~ 102	91 ~ 147	135 ~ 200
>180 ~ 200	2 ~ 30	25 ~ 71	63 ~ 117	107 ~ 163	150 ~ 230
>200 ~ 225	2 ~ 35	25 ~ 85	75 ~ 140	125 ~ 195	175 ~ 265
>225 ~ 250	2 ~ 40	30 ~ 95	85 ~ 160	145 ~ 225	205 ~ 300
>250 ~ 280	2 ~ 45	35 ~ 105	90 ~ 170	155 ~ 245	225 ~ 340

附录 2 圆柱滚子轴承的径向游隙 (GB/T 4604—2006)

内径范围/mm	游隙组别 (代号)				
	2 组 (C2)	0 组	3 组 (C3)	4 组 (C4)	5 组 (C5)
	游隙范围/ μm				
10	0 ~ 25	20 ~ 45	35 ~ 60	50 ~ 75	—
> 10 ~ 24	0 ~ 25	20 ~ 45	35 ~ 60	50 ~ 75	65 ~ 90
> 24 ~ 30	0 ~ 25	20 ~ 45	35 ~ 60	50 ~ 75	70 ~ 95
> 30 ~ 40	5 ~ 30	25 ~ 50	45 ~ 70	60 ~ 85	80 ~ 105
> 40 ~ 50	5 ~ 35	30 ~ 60	50 ~ 80	70 ~ 100	95 ~ 125
> 50 ~ 65	10 ~ 40	40 ~ 70	60 ~ 90	80 ~ 110	110 ~ 140
> 65 ~ 80	10 ~ 45	40 ~ 75	65 ~ 100	90 ~ 125	130 ~ 165
> 80 ~ 100	15 ~ 50	50 ~ 85	75 ~ 110	105 ~ 140	155 ~ 190
> 100 ~ 120	15 ~ 55	50 ~ 90	85 ~ 125	125 ~ 165	180 ~ 220
> 120 ~ 140	15 ~ 60	60 ~ 105	100 ~ 145	145 ~ 190	200 ~ 245
> 140 ~ 160	20 ~ 70	70 ~ 120	115 ~ 165	165 ~ 215	225 ~ 275
> 160 ~ 180	25 ~ 75	75 ~ 125	120 ~ 170	170 ~ 220	250 ~ 300
> 180 ~ 200	35 ~ 90	90 ~ 145	140 ~ 195	195 ~ 250	275 ~ 330
> 200 ~ 225	45 ~ 105	105 ~ 165	160 ~ 220	220 ~ 280	305 ~ 365
> 225 ~ 250	45 ~ 110	110 ~ 175	170 ~ 235	235 ~ 300	330 ~ 395
> 250 ~ 280	55 ~ 125	125 ~ 195	190 ~ 260	260 ~ 330	370 ~ 440

附录 3 深沟球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	宽度			内径	外径	宽度		
20	47	14	6204	204	25	52	15	6205	205
	52	15	6304	304		62	17	6305	305
	72	19	6404	404		80	21	6405	405

(续)

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	宽度			内径	外径	宽度		
30	62	16	6206	206	65	100	18	6013	113
	72	19	6306	306		120	23	6213	213
	90	23	6406	406		120	33	6313	313
35	72	17	6207	207		160	37	6413	413
	80	21	6307	307	70	110	20	6014	114
	100	25	6407	407		125	24	6214	214
40	80	18	6208	208		150	35	6314	314
	90	23	6308	308		180	42	6414	414
	110	27	6408	408	75	115	20	6015	115
45	85	19	6209	209		130	25	6215	215
	100	25	6309	309		160	37	6315	315
	120	29	6409	409		190	45	6415	415
50	80	16	6010	110	80	125	22	6016	116
	90	20	6210	210		140	26	6216	216
	110	27	6310	310		170	39	6316	316
	130	31	6410	410		200	48	6416	416
55	90	18	6011	111	85	130	22	6017	117
	100	21	6211	211		150	28	6217	217
	120	29	6311	311		180	41	6317	317
	140	33	6411	411		210	52	6417	417
60	95	18	6012	112	90	140	24	6018	118
	110	22	6212	212		160	30	6218	218
	130	31	6312	312		190	43	6318	318
	150	35	6412	412		225	54	6418	418

(续)

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	宽度			内径	外径	宽度		
95	145	24	6019	119	110	170	28	6022	122
	170	38	6219	219		200	38	6222	222
	200	25	6319	319		240	50	6322	322
100	150	24	6020	120	120	180	28	6024	124
	180	34	6220	220		215	40	6224	224
	215	47	6320	320		260	55	6324	324
	250	58	6420	420	130	200	33	6026	126
105	160	26	6021	121		230	40	6226	226
	190	36	6221	221		280	58	6326	326
	225	49	6321	321	140	210	33	6028	128
105	190	36	6221	221		250	42	6228	228
	225	49	6321	321		300	62	6328	328

附录 4 带防尘盖的深沟球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	单封闭	双封闭	单封闭	双封闭
			60000-Z型	60000-2Z型		
10	26	8	6000Z	6000-2Z	60100	80100
	30	9	6200Z	6200-2Z	60200	80200
	35	11	6300Z	6300-2Z	60300	80300
12	28	8	6001Z	6001-2Z	60101	80101
	32	10	6201Z	6201-2Z	60201	80201
	37	12	6301Z	6301-2Z	60301	80301
15	32	9	6002Z	6002-2Z	60102	80102
	35	11	6202Z	6202-2Z	60202	80202
	42	13	6302Z	6302-2Z	60302	80302

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	单封闭	双封闭	单封闭	双封闭
			60000-Z型	60000-2Z型		
17	35	10	6003Z	6003-2Z	60103	80103
	40	12	6203Z	6203-2Z	60203	80203
	47	14	6303Z	6303-2Z	60303	80303
20	42	12	6004Z	6004-2Z	60104	80104
	47	14	6204Z	6204-2Z	60204	80204
	52	15	6304Z	6304-2Z	60304	80304
25	47	12	6005Z	6005-2Z	60105	80105
	52	15	6205Z	6205-2Z	60205	80205
	62	17	6305Z	6305-2Z	60305	80305
30	55	13	6006Z	6006-2Z	60106	80106
	62	16	6206Z	6206-2Z	60206	80206
	72	19	6306Z	6306-2Z	60306	80306
35	62	14	6007Z	6007-2Z	60107	80107
	72	17	6207Z	6207-2Z	60207	80207
	80	21	6307Z	6307-2Z	60307	80307
40	68	15	6008Z	6008-2Z	60108	80108
	80	18	6208Z	6208-2Z	60208	80208
	90	23	6308Z	6308-2Z	60308	80308
45	75	16	6009Z	6009-2Z	60109	80109
	85	19	6209Z	6209-2Z	60209	80209
	100	25	6309Z	6309-2Z	60309	80309
50	80	16	6010Z	6010-2Z	60110	80110
	90	20	6210Z	6210-2Z	60210	80210
	110	27	6310Z	6310-2Z	60310	80310

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	单封闭	双封闭	单封闭	双封闭
			60000-Z型	60000-2Z型		
55	90	18	6011Z	6011-2Z	60111	80111
	100	21	6211Z	6211-2Z	60211	80211
	120	29	6311Z	6311-2Z	60311	80311
60	95	18	6012Z	6012-2Z	60112	80112
	110	22	6212Z	6212-2Z	60212	80212
	130	31	6312Z	6312-2Z	60312	80312

附录5 带骨架密封圈深沟球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	单封闭	双封闭	单封闭	双封闭
			60000-RS型	60000-2RS型		
10	26	8	6000RS	6000-2RS	160100	180100
	30	9	6200RS	6200-2RS	160200	180200
	35	11	6300RS	6300-2RS	160300	180300
12	28	8	6001RS	6001-2RS	160101	180101
	32	10	6201RS	6201-2RS	160201	180201
	37	12	6301RS	6301-2RS	160301	180301
15	32	9	6002RS	6002-2RS	160102	180102
	35	11	6202RS	6202-2RS	160202	180202
	42	13	6302RS	6302-2RS	160302	180302
17	35	10	6003RS	6003-2RS	160103	180103
	40	12	6203RS	6203-2RS	160203	180203
	47	14	6303RS	6303-2RS	160303	180303
20	42	12	6004RS	6004-2RS	160104	180104
	47	14	6204RS	6204-2RS	160204	180204
	52	15	6304RS	6304-2RS	160304	180304

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	单封闭	双封闭	单封闭	双封闭
			60000 - RS 型	60000 - 2RS 型		
25	47	12	6005RS	6005 - 2RS	160105	180105
	52	15	6205RS	6205 - 2RS	160205	180205
	62	17	6305RS	6305 - 2RS	160305	180305
30	55	13	6006RS	6006 - 2RS	160106	180106
	62	16	6206RS	6206 - 2RS	160206	180206
	72	19	6306RS	6306 - 2RS	160306	180306
35	62	14	6007RS	6007 - 2RS	160107	180107
	72	17	6207RS	6207 - 2RS	160207	180207
	80	21	6307RS	6307 - 2RS	160307	180307
40	68	15	6008RS	6008 - 2RS	160108	180108
	80	18	6208RS	6208 - 2RS	160208	180208
	90	23	6308RS	6308 - 2RS	160308	180308
45	75	16	6009RS	6009 - 2RS	160109	180109
	85	19	6209RS	6209 - 2RS	160209	180209
	100	25	6309RS	6309 - 2RS	160309	180309
50	80	16	6010RS	6010 - 2RS	160110	180110
	90	20	6210RS	6210 - 2RS	160210	180210
	110	27	6310RS	6310 - 2RS	160310	180310
55	90	18	6011RS	6011 - 2RS	160111	180111
	100	21	6211RS	6211 - 2RS	160211	180211
	120	29	6311RS	6311 - 2RS	160311	180311
60	95	18	6012RS	6012 - 2RS	160121	180121
	110	22	6212RS	6212 - 2RS	160212	180212
	130	31	6312RS	6312 - 2RS	160312	180312

附录 6 内圈无挡边圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

内径	基本尺寸/mm			新型号 NU0000	老型号 32000
	外径	宽度	内圈 外径		
20	47	14	27	NU204	32204
	47	14	26.5	NU204E	32204E
	47	18	26.5	NU2204E	32504E
	52	15	28.5	NU304	32304
	52	15	27.5	NU304E	32304E
25	52	15	32	NU205	32205
	52	15	31.5	NU205E	32205E
	52	18	32	NU2205	32505
	52	18	31.5	NU2205E	32505E
	62	17	35	NU305	32305
	62	17	34	NU305E	32305E
	62	24	33.6	NU2305	32605
	62	24	34	NU2305E	32605E
30	62	16	38.5	NU206	32206
	62	16	37.5	NU206E	32206E
	62	20	38.5	NU2206	32506
	62	20	37.5	NU2206E	32506E
	72	19	42	NU306	32306
	72	19	40.5	NU306E	32306E
	72	27	42	NU2306	32606
	72	27	40.5	NU2306E	32606E
	90	23	45	NU406	32406

(续)

内径	基本尺寸/mm			新型号 NU0000	老型号 32000
	外径	宽度	内圈 外径		
35	72	17	43.8	NU207	32207
	72	17	44	NU207E	32207E
	72	23	43.8	NU2207	32507
	72	23	44	NU2207E	32507E
	80	21	46.2	NU307	32307
	80	21	46.2	NU307E	32307E
	80	31	46.2	NU2307	32607
	80	31	46.2	NU2307E	32607E
	100	25	53	NU407	32407
40	80	18	50	NU208	32208
	80	18	49.5	NU208E	32208E
	80	23	50	NU2208	32508
	80	23	49.5	NU2208E	32508E
	90	23	53.2	NU308	32308
	90	23	52	NU308E	32308E
	90	33	53.5	NU2308	32608
	90	33	52	NU 2308E	32608E
	110	27	58	NU 408	32408
45	85	19	55	NU209	32209
	85	19	54.5	NU209E	32209E
	85	23	55	NU2209	32509
	85	23	54.5	NU2209E	32509E

(续)

内径	基本尺寸/mm			新型号 NU0000	老型号 32000
	外径	宽度	内圈 外径		
45	100	25	58.5	NU309	32309
	100	25	58.5	NU309E	32309E
	100	36	58.5	NU2309	32609
	100	36	58.5	NU2309E	32609E
	120	29	64.5	NU409	32409
50	80	16	57.5	NU1010	32110
	90	20	60.4	NU210	32210
	90	20	59.5	NU210E	32210E
	90	23	60.4	NU2210	32510
	90	23	59.5	NU2210E	32510E
	110	27	65	NU310	32310
	110	27	65	NU310E	32310E
	110	40	65	NU2310	32610
	110	40	65	NU2310E	32610E
	130	31	65	NU410	32410
55	90	18	64.5	NU1011	32111
	100	21	66.5	NU211	32211
	100	21	66.0	NU211E	32211E
	100	25	66.5	NU2211	32511
	100	25	66.0	NU2211E	32511E
	120	29	70.5	NU311	32311
	120	29	70.5	NU311E	32311E

(续)

基本尺寸/mm				新型号 NU0000	老型号 32000
内径	外径	宽度	内圈 外径		
55	120	43	70.5	NU2311	32611
	120	43	70.5	NU2311E	32611E
	140	33	77.2	NU411	32411
60	95	18	69.5	NU1012	32112
	110	22	73	NU212	32212
	110	22	72	NU212E	32212E
	110	28	73	NU2212	32512
	110	28	72	NU2212E	32512E
	130	31	77	NU312	32312
	130	31	77	NU312E	32312E
	130	46	77	NU2312	32612
	130	46	77	NU2312E	32612E
	150	35	83	NU412	32412

附录7 外圈无挡边圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
20	42	12	N1004	—	2104	—
	47	14	N204	NF204	2204	12204
	47	14	N204E	—	2204E	—
	52	15	N304	NF304	2304	12304
	52	15	N304E	—	2304E	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
25	47	12	N1005	—	2105	—
	52	15	N205	NF205	2205	12205
	52	15	N205E	—	2205E	—
	52	18	N2205	NF2205	2505	12505
	62	17	N305	NF305	2305	12305
	62	17	N305E	—	2305E	—
	62	24	N2305	NF2305	2605	12605
30	62	16	N206	NF206	2206	12206
	62	16	N206E	—	2206E	—
	62	20	N2206	—	2506	—
	72	19	N306	NF306	2306	12306
	72	19	N306E	—	2306E	—
	72	27	N2306	NF2306	2606	12606
	90	23	N406	—	2406	—
35	72	17	N207	NF207	2207	12207
	72	17	N207E	—	2207E	—
	72	23	N2207	—	2507	—
	80	21	N307	NF307	2307	12307
	80	21	N307E	—	2307E	—
	80	31	N2307	NF2307	2607	12607
	100	25	N407	—	2407	—
40	68	15	N1008	—	2108	—
	80	18	N208	NF208	2208	12208
	80	18	N208E	—	2208E	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
40	80	23	N2208	NF2208	2508	12508
	90	23	N308	NF308	2308	12308
	90	23	N308E	—	2308E	—
	90	23	N2308	NF2308	2608	12608
	110	27	N408	—	2408	—
45	85	19	N209	NF209	2209	12209
	85	19	N209E	—	2209E	—
	85	23	N2209	—	2509	—
	100	25	N309	NF309	2309	12309
	100	25	N309E	NF309E	2309E	12309E
	100	36	N2309	NF2309	2609	12609
	120	29	N409	—	2409	—
50	80	16	N1010	—	2110	—
	90	20	N210	NF210	2210	12210
	90	20	N210E	—	2210E	—
	90	23	N2210	—	2510	—
	110	27	N310	NF310	2310	12310
	110	27	N310E	NF310E	2310E	12310E
	110	40	N2310	NF2310	2610	12610
	130	31	N410	NF410	2410	12410
55	90	18	N1011	—	2111	—
	100	21	N211	NF211	2211	12211
	100	21	N211E	—	2211E	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
55	100	25	N2211	NF2211	2511	12511
	120	29	N311	NF311	2311	12311
	120	29	N311E	NF311E	2311E	12311E
	120	43	N2311	NF2311	2611	12611
	140	33	N411	—	2411	—
60	95	18	N1012	—	2112	—
	110	22	N212	NF212	2212	12212
	110	22	N212E	—	2212E	—
	110	28	N2212	—	2512	—
	130	31	N312	NF312	2312	12312
	130	31	N312E	NF312E	2312E	12312E
	130	46	N2312	NF2312	2612	12612
150	35	N412	—	2412	—	
65	120	23	N213	NF213	2213	12213
	120	23	N213E	—	2213E	—
	120	31	N2213	—	2513	—
	140	33	N313	NF313	2313	12313
	140	33	N313E	NF313E	2313E	12313E
	140	48	N2312	NF2313	2613	12613
	160	37	N413	—	2413	—
70	110	20	N1014	—	2114	—
	125	24	N214	NF214	2214	12214
	125	24	N214E	—	2214E	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
70	125	31	N2214	—	2514	—
	150	35	N314	NF314	2314	12314
	150	35	N314E	NF314E	2314E	12314E
	150	51	N2314	NF2314	2614	12614
	180	42	N414	—	2414	—
75	130	25	N215	NF215	2215	12215
	130	25	N215E	—	2215E	—
	130	31	N2215	NF2215	2515	12515
	160	37	N315	NF315	2315	12315
	160	37	N315E	NF315E	2315E	12315E
	160	55	N2315	NF2315	2615	12615
	190	45	N415	—	2415	—
80	125	22	N1016	—	2116	—
	140	26	N216	NF216	2216	12216
	140	26	N216E	—	2216E	—
	140	33	N2216	—	2516	—
	170	39	N316	NF316	2316	12316
	170	39	N316E	NF316E	2316E	12316E
	170	58	N2316	NF2316	2616	12616
	200	48	N416	NF416	2416	12416
85	150	28	N217	NF217	2217	12217
	150	28	N217E	—	2217E	—
	150	36	N2217	—	2517	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
85	180	41	N317	NF317	2317	12317
	180	41	N317E	NF317E	2317E	12317E
	180	60	N2317	NF2317	2617	12617
	210	52	N417	—	2417	—
90	140	24	N1018	—	2118	—
	160	30	N218	NF218	2218	12218
	160	30	N218E	—	2218E	—
	160	40	N2218	—	2518	—
	190	43	N318	NF318	2318	12318
	190	43	N318E	NF318E	2318E	12318E
	190	64	N2318	NF2318	2618	12618
	225	54	N418	NF418	2418	12418
95	170	32	N219	NF219	2219	12219
	170	32	N219E	—	2219E	—
	170	43	N2219	—	2519	—
	200	45	N319	NF319	2319	12319
	200	45	N319E	NF319E	2319E	12319E
	200	67	N2319	NF2319	2619	12619
	240	55	N419	—	2419	—
100	150	24	N1020	—	2120	—
	180	34	N220	NF220	2220	12220
	180	34	N220E	—	2220E	—
	180	46	N2220	—	2520	—

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
100	215	47	N320	NF320	2320	12320
	215	47	N320E	NF320E	2320E	12320E
	215	73	N2320	NF2320	2620	12620
	250	58	N420	NF420	2420	12420
105	160	26	N1021	—	2121	—
	190	36	N221	NF221	2221	12221
	225	49	—	NF321	2321	12321
110	170	28	N1022	—	2122	—
	200	38	N222	NF222	2222	12222
	200	38	N222E	—	2222E	—
	200	53	N2222	NF2222	2522	12522
	240	50	N322	NF322	2322	12322
	240	80	N2322	NF2322	2622	12622
	280	65	N422	—	2422	—
120	180	28	N1024	—	2124	—
	215	40	N224	NF224	2224	12224
	215	40	N224E	—	2224E	—
	215	58	N2224	NF2224	2524	12524
	260	55	N324	NF324	2324	12324
	260	86	N2324	NF2324	2624	12624
	310	72	N424	—	2424	—
130	200	33	N1026	—	2126	—
	230	40	N226	NF226	2226	12226

(续)

基本尺寸/mm			新型号		老型号	
内径	外径	宽度	N0000 型	NF0000 型	2000 型	12000 型
130	230	64	N2226	NF2226	2526	12526
	280	58	N326	NF326	2326	12326
	280	93	N2326	NF2326	2626	12626
	340	78	N426	—	2426	—
140	210	33	N1028	—	2128	—
	250	42	N228	NF228	2228	12228
	250	68	N2228	—	2528	—
	300	62	N328	NF328	2328	12328
	300	102	N2328	NF2328	2628	12628
	360	82	N428	—	2428	—
150	225	35	N1030	—	2130	—
	270	45	N230	NF230	2230	12230
	320	65	N330	NF330	2330	12330
	320	108	N2330	NF2330	2630	12630
	380	85	N430	—	2430	—
160	240	38	N1032	—	2132	—
	290	48	N232	NF232	2232	12232
	290	80	N2232	—	2532	—
	340	68	N332	NF332	2332	12332
170	260	42	N1034	—	2134	—
	310	52	N234	NF234	2234	12234
	360	72	N334	—	2334	—
	360	120	N2334	NF2334	2634	12634

附录 8 单向推力球轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	高度	510000	8000	内径	外径	高度	510000	8000
			30	47				11	51106
52	16	51206		8206	95	26	51212	8212	
60	21	51306		8306	110	35	51312	8312	
70	28	51406		8406	130	51	51412	8412	
35	52	12	51107	8107	65	90	18	51113	8113
	62	18	51207	8207		100	27	51213	8213
	68	24	51307	8307		115	36	51313	8313
	80	32	51407	8407		140	56	51413	8413
40	60	13	51108	8108	70	95	18	51114	8114
	68	19	51208	8208		105	27	51214	8214
	78	26	51308	8308		125	40	51314	8314
	90	36	51408	8408		150	60	51414	8414
45	65	14	51109	8109	75	100	19	51115	8115
	73	20	51209	8209		110	27	51215	8215
	85	28	51309	8309		135	44	51315	8315
	100	39	51409	8409		160	65	51415	8415
50	70	14	51110	8110	80	105	19	51116	8116
	78	22	51210	8210		115	28	51216	8216
	95	31	51310	8310		140	44	51316	8316
	110	43	51410	8410		170	68	51416	8416
55	78	16	51111	8111	85	110	19	51117	8117
	90	25	51211	8211		125	31	51217	8217
	105	35	51311	8311		150	49	51317	8317
	120	48	51411	8411		180	72	51417	8417

(续)

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	高度	510000	8000	内径	外径	高度	510000	8000
90	120	22	51118	8118	130	170	30	51126	8126
	135	35	51218	8218		190	45	51226	8226
	155	50	51318	8318		225	75	51326	8326
	190	77	51418	8418		270	110	51426	8426
100	135	25	51120	8120	140	180	31	51128	8128
	150	38	51220	8220		200	46	51228	8228
	170	55	51320	8320		240	80	51328	8328
	210	85	51420	8420		280	112	51428	8428
110	145	25	51122	8122	150	190	31	51130	8130
	160	38	51222	8222		215	50	51230	8230
	190	63	51322	8322		250	80	51330	8330
	230	95	51422	8422		300	120	51430	8430
120	155	25	51242	8242	160	200	31	51132	8132
	170	39	51324	8324		225	51	51232	8232
	210	70	51424	8424		270	87	51332	8332
						170	215	34	51134
					240		55	51234	8234

附录9 推力圆柱滚子轴承新老标准型号对比及基本尺寸表

基本尺寸/mm			新型号	老型号	基本尺寸/mm			新型号	老型号
内径	外径	高度	80000	9000	内径	外径	高度	80000	9000
10	24	9	81100	9100	50	70	14	81110	9110
12	26	9	81101	9101	55	78	16	81111	9111
15	28	9	81102	9102	60	85	17	81112	9112
17	30	9	81103	9103	65	90	18	81113	9113
20	35	10	81104	9104	70	95	18	81114	9114
25	42	11	81105	9105	75	100	19	81115	9115
30	47	11	81106	9106	80	105	19	81116	9116
35	52	12	81107	9107	85	110	19	81117	9117
40	60	13	81108	9108	90	120	22	81118	9118
45	65	14	81109	9109	100	135	25	81120	9120

附录 10 我国和国外主要轴承生产厂常用滚动轴承
型号对比表 (内径 $\geq 10\text{mm}$)

轴承名称		型 号				
		中国		日本 NSK	日本 NTN	瑞典 SKF
		新	旧			
向心深沟 球轴承	开启式	61800	1000800	6800	6800	61800
		6200	200	6200	6200	6200
	一面带 防尘盖	61800 - Z	106000	6800Z	6800Z	—
		6200 - Z	80200	6200ZZ	6200ZZ	6200 - Z
	两面带 防尘盖	61800 - 2Z	1080800	6800ZZ	6800ZZ	—
		6200 - 2Z	80200	6200ZZ	6200ZZ	6200 - 2Z
	一面带 密封圈	61800 - RS	1160800	6800D	6800LU	61800 - RS1
		6200 - RS	160200	6200DU	6200LU	6200 - RS1
		61800 - RZ	1160800K	6800V	6800LB	61800 - RZ
		6200 - RZ	160200K	6200V	6200LB	6200 - RZ
	两面带 防尘盖	61800 - 2RS	1180800	6800DD	6800LLU	61800 - 2RS1
		6200 - 2RS	180200	6200DDU	6200LLU	6200 - 2RS1
		61800 - 2RZ	1180800K	6800VV	6800LLB	61800 - 2RZ
		6200 - 2RZ	180200K	6200VV	6200LB	6200 - 2RZ
内圈无挡边圆 柱滚子轴承	NU1000	32100	NU1000	NU1000	NU1000	
	NU200	32200	NU200	NU200	—	
	NU200E	32200E	NU200ET	NU200E	NU200EC	
推力球轴承	51100	8100	51100	51100	51100	
推力圆柱滚子轴承	81100	9100	—	81100	81100	

注：NSK——日本精工公司 (Nippon Seiko K. K. Japan)。NTN——日本东洋轴承公司 (the Toyo Bearing Mfg Co. Ltd., Japan)。SKF——瑞典。

附录 11 径向轴承（圆锥滚子轴承除外）内环尺寸公差表

内径范围 d/mm	公差范围/ μm										
	普通级				P6 级				P5 级		
	内径	圆度			内径	圆度			内径	圆度	
		直径系列				直径系列				直径系列	
8, 9		0, 1	2, 3, 4	8, 9		0, 1	2, 3, 4	8, 9		0~4	
>2.5 ~ 10	0 ~ -8	10	8	6	0 ~ -7	9	7	5	0 ~ -5	5	4
>10 ~ 18	0 ~ -8	10	8	6	0 ~ -7	9	7	5	0 ~ -5	5	4
>18 ~ 30	0 ~ -10	13	10	8	0 ~ -8	10	8	6	0 ~ -6	6	5
>30 ~ 50	0 ~ -12	15	12	9	0 ~ -10	13	10	8	0 ~ -8	8	6
>50 ~ 80	0 ~ -15	19	19	11	0 ~ -12	15	15	9	0 ~ -9	9	7
>80 ~ 120	0 ~ -20	25	25	15	0 ~ -15	19	19	11	0 ~ -10	10	8
>120 ~ 180	0 ~ -25	31	31	19	0 ~ -18	23	23	14	0 ~ -13	13	10
>180 ~ 250	0 ~ -30	38	38	23	0 ~ -22	28	28	17	0 ~ -15	15	12
>250 ~ 315	0 ~ -35	44	44	26	0 ~ -25	31	31	19	0 ~ -18	18	14
>315 ~ 400	0 ~ -40	50	50	30	0 ~ -30	38	38	23	0 ~ -23	23	18
>400 ~ 500	0 ~ -45	56	56	34	0 ~ -35	44	44	26	0 ~ -27	27	21

附录 12 径向轴承（圆锥滚子轴承除外）外环尺寸公差表

外径范围 d/mm	公差范围/ μm										
	普通级				P6 级				P5 级		
	外径	圆度			外径	圆度			外径	圆度	
		直径系列				直径系列				直径系列	
8, 9		0, 1	2, 3, 4	8, 9		0, 1	2, 3, 4	8, 9		0~4	
>6~18	0~-8	10	8	6	0~-7	9	7	5	0~-5	5	4
>18~30	0~-9	12	9	7	0~-8	10	8	6	0~-6	6	5
>30~50	0~-11	14	11	8	0~-9	11	9	7	0~-7	7	5
>50~80	0~-13	16	13	10	0~-11	14	11	8	0~-9	9	7
>80~120	0~-15	19	19	11	0~-13	16	16	10	0~-10	10	8
>120~150	0~-18	23	23	14	0~-15	19	19	11	0~-11	11	8
>150~180	0~-25	31	31	19	0~-18	23	23	14	0~-13	13	10
>180~250	0~-30	38	38	23	0~-20	25	25	15	0~-15	15	11
>250~315	0~-35	44	44	26	0~-25	31	31	19	0~-18	18	14
>315~400	0~-40	50	50	30	0~-28	35	35	21	0~-20	20	15
>400~500	0~-45	56	56	34	0~-33	41	41	25	0~-23	23	17

附录 13 径向轴承（圆锥滚子轴承除外）内外圈厚度尺寸公差表

内径范围 d/mm	公差范围/ μm	内径范围 d/mm	公差范围/ μm
$>2.5 \sim 10$	$0 \sim -120 (-40)$	$>80 \sim 120$	$0 \sim -200$
$>10 \sim 18$	$0 \sim -120 (-80)$	$>120 \sim 180$	$0 \sim -250$
$>18 \sim 30$	$0 \sim -120$	$>180 \sim 250$	$0 \sim -300$
$>30 \sim 50$	$0 \sim -120$	$>250 \sim 315$	$0 \sim -350$
$>50 \sim 80$	$0 \sim -150$	$>315 \sim 400$	$0 \sim -400$
$>80 \sim 120$	$0 \sim -200$	$>400 \sim 500$	$0 \sim -450$

注：括弧内的数字为 P5 级的。

附录 14 Y (IP44) 系列三相异步电动机现用和曾用轴承牌号

机座号	轴 承 牌 号			
	主 轴 伸 端		非 主 轴 伸 端	
	2 极	4、6、8、10 极	2 极	4、6、8、10 极
80	6204 - 2RZ/Z2(180204K - Z2)			
90	6205 - 2R/Z2(180205K - Z2)			
100	6206 - 2R/Z2(180206K - Z2)			
112	6206 - 2R/Z2(180306K - Z2)			
132	6208 - 2R/Z2(180308K - Z2)			
160	6209/Z2(309 - Z2)			
180	6311/Z2(311 - Z2)			
200	6312/Z2(312 - Z2)			
225	6313/Z2(313 - Z2)			
250	6314/Z2(314 - Z2)			
280	6314/Z2(314 - Z2)	6317/Z2(317 - Z2)	6314/Z2(314 - Z2)	6317/Z2(317 - Z2)
315	6316/Z2(316 - Z2)	NU319(2319)	6316/Z2(316 - Z2)	6319/Z2(319 - Z2)
355	6317/Z2(317 - Z2)	NU322(2322)	6317/Z2(316 - Z2)	6322/Z2(322 - Z2)

注：括弧“()”内的为以前曾用过的轴承行业标准 ZBJ11027—1989 中规定的轴承牌号。

附录 15 Y2 (IP54) 系列三相异步电动机现用和曾用轴承牌号

机座号	轴 承 牌 号			
	主轴伸端		非主轴伸端	
	2 极	4、6、8、10 极	2 极	4、6、8、10 极
80~100	同 Y(IP44) 系列			
112	6206-2Z(180206K-Z2)			
132	6208-2Z(180208K-Z2)			
160	6209-2Z(180209K-Z2)	6309-2Z(180309K-Z2)	6209-2Z(180209K-Z2)	
180	6211(211-ZV2)	6311-2Z(311-ZV2)	6211(211-ZV2)	
200	6212(212-ZV2)	6212(312-ZV2)	6212(212-ZV2)	
225	6312(312-ZV2)	6313(313-ZV2)	6312(312-ZV2)	
250	6313(313-ZV2)	6314(314-ZV2)	6313(313-ZV2)	
280	6314(314-ZV2)	6317(316-ZV2)	6314(314-ZV2)	
315	6317(317-ZV2)	NU319(2319-ZV2)	6317(317-ZV2)	6319(319-ZV2)
355	6319(319-ZV2)	NU322(2322-ZV2)	6319(319-ZV2)	6322(322-ZV2)

注：同附录 14。

附录 16 滚动轴承国家标准

序号	编 号	名 称
1	GB/T 271—2008	滚动轴承 分类
2	GB/T 272—1993	滚动轴承 代号方法
3	GB/T 273.1—2003	滚动轴承 圆锥滚子轴承 外形尺寸总方案
4	GB/T 273.2—2006	滚动轴承 推力轴承 外形尺寸总方案
5	GB/T 273.3—1999	滚动轴承 向心轴承 外形尺寸总方案
6	GB/T 274—2000	滚动轴承 倒角尺寸最大值
7	GB/T 275—1993	滚动轴承与轴和外壳的配合
8	GB/T 276—1994	滚动轴承 深沟球轴承 外形尺寸

(续)

序号	编 号	名 称
9	GB/T 281—1994	滚动轴承 调心球轴承 外形尺寸
10	GB/T 283—2007	滚动轴承 圆柱滚子轴承 外形尺寸
11	GB/T 285—1994	滚动轴承 双列圆柱滚子轴承接 外形尺寸
12	GB/T 288—1994	滚动轴承 调心滚子轴承 外形尺寸
13	GB/T 290—1998	滚动轴承 冲压外圈滚针轴承 外形尺寸
14	GB/T 292—2007	滚动轴承 角接触球轴承 外形尺寸
15	GB/T 294—1994	滚动轴承 三点和四点接触球轴承 外形尺寸
16	GB/T 296—1994	滚动轴承 双列角接触球轴承 外形尺寸
17	GB/T 297—1994	滚动轴承 圆锥滚子轴承 外形尺寸
18	GB/T 299—2008	滚动轴承 双列圆锥滚子轴承 外形尺寸
19	GB/T 300—2008	滚动轴承 四列圆锥滚子轴承 外形尺寸
20	GB/T 301—1995	滚动轴承 推力球轴承 外形尺寸
21	GB/T 305—1998	滚动轴承 外圈上的止动槽和止动环 尺寸和公差
22	GB/T 307.1—2005	滚动轴承 向心轴承 公差
23	GB/T 307.2—2005	滚动轴承 测量和检验的原则和方法
24	GB/T 307.3—2005	滚动轴承 通用技术规则
25	GB/T 307.4—2002	滚动轴承 推力轴承 公差
26	GB/T 309—2000	滚动轴承 滚针
27	GB/T 4199—2003	滚动轴承 公差 定义
28	GB/T 4604—2006	滚动轴承 径向游隙
29	GB/T 4648—1996	滚动轴承 圆锥滚子轴承 凸缘外圈 外形尺寸
30	GB/T 4662—2003	滚动轴承 额定静负荷
31	GB/T 4663—1994	滚动轴承 推力圆柱滚子轴承 外形尺寸
32	GB/T 5859—2008	滚动轴承 推力调心滚子轴承 外形尺寸
33	GB/T 5868—2003	滚动轴承 安装尺寸
34	GB/T 6391—2003	滚动轴承 额定动载荷和额定寿命

附录 17 滚动轴承行业标准

序号	编 号	名 称
1	JB/T 2974—2004	滚动轴承 代号方法的补充规定
2	JB/T 3573—2004	滚动轴承 径向游隙的测量方法
3	JB/T 5304—2007	滚动轴承 外球面球轴承 径向游隙
4	JB/T 5313—2009	滚动轴承 振动（速度）测量方法
5	JB/T 5314—2002	滚动轴承 振动（加速度）测量方法
6	JB/T 5386—2005	滚动轴承 机床主轴用双列圆柱滚子轴承 技术条件
7	JB/T 5389.1—2005	滚动轴承 轧机用四列圆柱滚子轴承
8	JB/T 6643—2004	滚动轴承 四点接触球轴承 轴向游隙
9	JB/T 7047—2006	滚动轴承 深沟球轴承振动（加速度）技 术条件
10	JB/T 7750—2007	滚动轴承 推力调心滚子轴承 技术条件
11	JB/T 7751—2005	滚动轴承 推力圆锥滚子轴承
12	JB/T 7752—2005	滚动轴承 密封深沟球轴承 技术条件
13	JB/T 7753—2007	滚动轴承 鼓风机轴承 技术条件
14	JB/T 7754—2007	滚动轴承 双列满装圆柱滚子轴承
15	JB/T 8211—2005	滚动轴承 推力圆柱滚子和保持架组件及推 力垫圈
16	JB/T 8236—1996	滚动轴承 双列和四列圆锥滚子轴承游隙及 调整方法
17	JB/T 8570—1997	滚动轴承 碳钢深沟球轴承
18	JB/T 8571—2008	滚动轴承 密封深沟球轴承防尘、漏脂、温 升性能试验规程
19	JB/T 8721—1998	滚动轴承 磁电机轴承

(续)

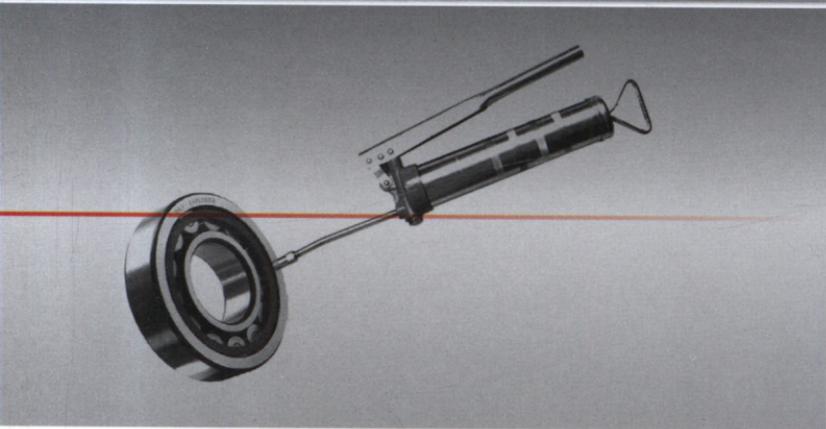
序号	编 号	名 称
20	JB/T 8722—1998	滚动轴承 煤矿输送机机械轴承
21	JB/T 8880—2000	电机用深沟球轴承 技术条件
22	JB/T 8922—1999	滚动轴承 圆柱滚子轴承振动（速度）技术条件
23	JB/T 8923—1999	滚动轴承 钢球振动（加速度）技术条件
24	JB/T 9144—1999	铁路车辆滚动轴承 技术条件
25	JB/T 10187—2000	滚动轴承 深沟球轴承振动（速度）技术条件
26	JB/T 10235—2001	滚动轴承 圆锥滚子 技术条件
27	JB/T 10236—2001	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（速度）技术条件
28	JB/T 10237—2001	滚动轴承 圆锥滚子轴承振动（加速度）技术条件
29	JB/T 10239—2001	滚动轴承 深沟球轴承卷边防尘盖技术条件

参 考 文 献

- [1] 刘泽九. 滚动轴承应用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] SKF 公司. 轴承保养手册. 香港: SKF 中国有限公司, 2003.
- [3] SKF 公司. 轴承综合型录. 香港: SKF 中国有限公司, 2004.
- [4] 才家刚. 电机使用与维修技术问答 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [5] 才家刚. 零起步看图学电机使用与维护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [6] 才家刚. 零起步看图学三相异步电动机维修 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

● ISBN 978-7-111-32946-6

封面设计 / 电脑制作：
姚毅



上架指导：工业技术/机械工程

定价：19.80元

地址：北京市百万庄大街22号

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

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-32946-6



9 787111 329466 >