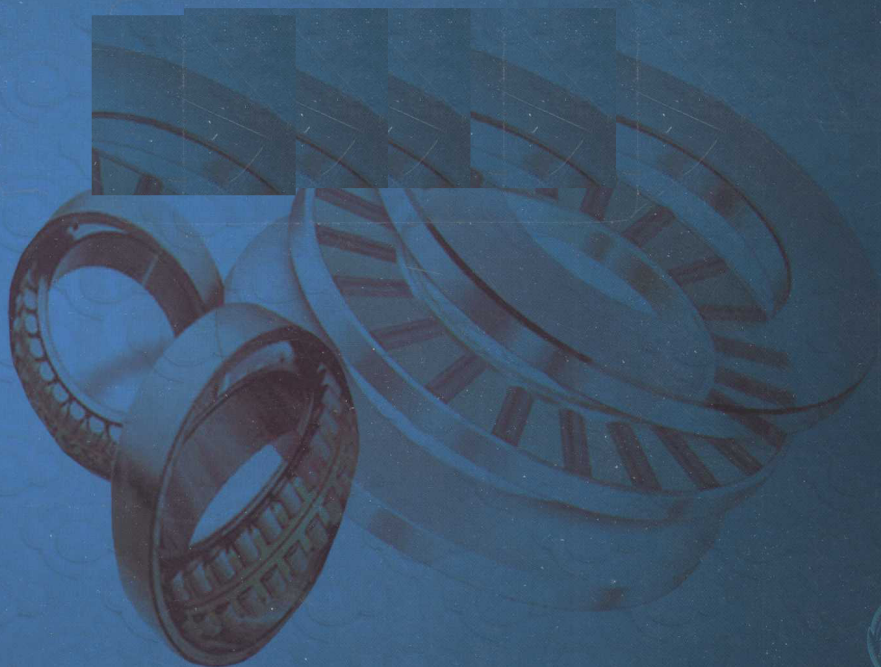


GUNDONG ZHOUGHENG YINGYONG JISHU

滚动轴承应用技术

陈龙 颀潭成 夏新涛 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



滚动轴承应用技术

陈 龙 颀潭成 夏新涛 编著



机械工业出版社

本书共分 15 章, 主要内容包括滚动轴承的类型、滚动轴承的材料、滚动轴承的代号、滚动轴承的主要尺寸及公差、滚动轴承的游隙和预紧、滚动轴承的润滑与密封、滚动轴承的选择与配置、滚动轴承的配合、滚动轴承的安装与拆卸、滚动轴承的故障诊断与失效分析、滚动轴承的寿命、滚动轴承的成品检测、转盘轴承, 以及滚动轴承的应用实例。全书从用户的现实条件出发, 着重介绍轴承的使用方法、选择轴承的基本内容以及轴承使用中的注意事项等, 并尽可能采用应用设计实例进行详细解说, 因此同类书籍中独具特色。

本书可以作为大专院校轴承专业学生教材, 也可以作为相关专业工程技术人员的設計参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

滚动轴承应用技术/陈龙, 颀潭成, 夏新涛编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-111-29663-8

I. ①滚… II. ①陈… ②颀… ③夏… III. ①滚动轴承 IV. ①TH133. 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 027893 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: 黄丽梅 责任编辑: 刘本明 封面设计: 陈 沛

责任校对: 陈立辉 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.75 印张·540 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-29663-8

定价: 42.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

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

近年来，滚动轴承的结构形式越来越多，润滑方式、极限转速、噪声控制、故障检测等方面的研究也都取得了很大的进展。编者在对众多不同应用条件下的轴承进行失效分析时发现，许多轴承的早期失效是由于用户不当的使用方法（如不正确的安装、不良的润滑条件等）造成的。在本书中，编者试图结合现场经验论述滚动轴承的应用技术问题。

本书论述的内容及设计要领均从用户的现实条件出发，着重介绍轴承的使用方法、选择轴承的基本内容以及轴承使用中的注意事项等，并尽可能采用应用设计实例进行详细解说，因此同类书籍中独具特色。本书可以作为大专院校轴承专业学生的教材，也可以作为相关专业工程技术人员的设计参考资料。

全书共分 15 章，主要内容为：滚动轴承的类型、滚动轴承的材料、滚动轴承的代号、滚动轴承的主要尺寸及公差、滚动轴承的游隙和预紧、滚动轴承的润滑与密封、滚动轴承的选择与配置、滚动轴承的配合、滚动轴承的安装与拆卸、滚动轴承的故障诊断与失效分析、滚动轴承的寿命、滚动轴承的成品测试、转盘轴承，以及滚动轴承的应用实例。转盘轴承的代号方法等内容和一般的轴承产品不同，因此在第 14 章单独讨论。其中，第 6、7、8、9、15 章由陈龙编写，第 2、3、4、5、13 章由颀潭成编写，第 1、10、11、12、14 章由夏新涛编写。全书的编写得到了河南科技大学曲廷敏老师具体的指导和帮助。

本书由河南科技大学教材出版基金资助出版。在本书的编写过程中，编者还得到了洛阳 LYC 轴承有限公司、洛阳轴研科技有限公司和河南科技大学机电工程学院等单位的支持，并参考了诸多轴承制造公司与轴承应用单位的技术资料，这些资料都列在参考文献中。在此向提供过帮助的单位、个人一并致谢。

本书的编写时间非常仓促，很多的知识还没有完整包含进去，再加上编者的水平限制，本书必有不妥之处。殷切希望读者批评指正，以期再版时修正。

编者

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 滚动轴承的特点	2
1.2 组成滚动轴承的主要零件	2
1.3 正确应用滚动轴承的要点	4
1.4 滚动轴承选择中涉及的因素	5
1.5 小结	6
第 2 章 滚动轴承的类型	7
2.1 滚动轴承的分类	7
2.1.1 按结构类型分类	7
2.1.2 按滚动轴承尺寸大小分类	8
2.1.3 按用途分类	9
2.1.4 按使用特性分类	10
2.1.5 其他轴承	12
2.2 常见滚动轴承介绍	14
2.2.1 深沟球轴承	14
2.2.2 双列深沟球轴承	15
2.2.3 圆柱滚子轴承	15
2.2.4 推力圆柱滚子轴承	15
2.2.5 调心球轴承	16
2.2.6 调心滚子轴承	16
2.2.7 角接触球轴承	17
2.2.8 推力球轴承	17
2.2.9 圆锥滚子轴承	17
2.2.10 推力圆锥滚子轴承	18
2.2.11 推力角接触球轴承	18
2.2.12 推力调心滚子轴承	18
2.2.13 滚针轴承	19
2.2.14 推力滚针轴承	19
2.3 小结	19
第 3 章 滚动轴承的材料	20
3.1 滚动轴承套圈与滚动体用钢	20
3.1.1 高碳铬轴承钢	20
3.1.2 渗碳轴承钢	23
3.1.3 不锈钢轴承钢	23
3.1.4 高温轴承钢	24
3.1.5 中碳轴承钢	27
3.1.6 弹簧钢	27
3.1.7 易切削钢	27
3.1.8 其他钢种	27
3.2 滚动轴承用钢应具有的性能	27
3.3 轴承用钢冶金质量的基本要求	29
3.4 滚动轴承钢的选择原则	30
3.5 滚动轴承套圈与滚动体用其他材料	30
3.5.1 合金材料及粉末冶金材料	30
3.5.2 塑料轴承材料	31
3.5.3 陶瓷轴承材料	31
3.5.4 防磁轴承材料	31
3.6 滚动轴承保持架材料	32
3.6.1 冷冲压保持架	32
3.6.2 车制保持架	34
3.6.3 工程塑料保持架	34
3.7 小结	39
第 4 章 滚动轴承的代号	40
4.1 滚动轴承的代号规则	40
4.2 基本代号	41
4.2.1 基本代号组成	41
4.2.2 滚针轴承基本代号	43
4.3 前置、后置代号表示方法	48
4.3.1 前置代号	48
4.3.2 后置代号	49
4.4 滚动轴承代号的特殊表示方法	56
4.4.1 圆锥滚子轴承补充代号	56
4.4.2 非标准轴承表示方法	56
4.5 国外轴承代号方法	58
4.5.1 FAG 的前置代号和后置代号	58
4.5.2 SKF 的前置代号和后置代号	62
4.6 小结	67

第 5 章 滚动轴承的主要尺寸和公差	68	6.9.1 预载荷确定	114
5.1 滚动轴承的主要尺寸	68	6.9.2 预载荷调整	115
5.1.1 向心轴承的主要尺寸	69	6.10 小结	118
5.1.2 圆锥滚子轴承的主要尺寸	70	第 7 章 滚动轴承的润滑与密封	119
5.1.3 推力轴承的主要尺寸	70	7.1 滚动轴承的润滑	119
5.2 滚动轴承的公差	70	7.1.1 润滑与轴承的工作温度	119
5.2.1 滚动轴承的公差等级	71	7.1.2 润滑与轴承的转速	120
5.2.2 各类轴承的公差定义及符号	71	7.1.3 润滑与轴承的工作载荷	120
5.2.3 各类轴承的公差值	74	7.2 滚动轴承的润滑方式	120
5.2.4 装配倒角极限	86	7.2.1 油润滑	120
5.3 小结	89	7.2.2 脂润滑	122
第 6 章 滚动轴承的游隙和预紧	90	7.2.3 固体润滑	126
6.1 滚动轴承游隙的定义	90	7.3 轴承润滑脂的寿命	126
6.1.1 径向游隙	90	7.4 滚动轴承的再润滑	127
6.1.2 轴向游隙	90	7.4.1 再润滑间隔时间	127
6.1.3 角游隙	90	7.4.2 再润滑步骤	129
6.2 径向游隙和轴向游隙的关系	91	7.5 滚动轴承的密封	131
6.2.1 深沟球轴承	91	7.5.1 接触式密封	132
6.2.2 调心球轴承和调心滚子轴承	91	7.5.2 非接触式密封	134
6.2.3 圆锥滚子轴承	91	7.6 小结	136
6.2.4 双列角接触球轴承和四点接触球 轴承	92	第 8 章 滚动轴承的选择与配置	137
6.3 轴承游隙的种类及相互关系	92	8.1 轴承选择的一般步骤	137
6.3.1 原始游隙	92	8.2 轴承类型的选择	137
6.3.2 配合游隙	92	8.2.1 轴承在机械中可利用的空间	138
6.3.3 工作游隙	93	8.2.2 轴承承受的载荷	138
6.3.4 测量造成的游隙偏差	93	8.2.3 转速要求	139
6.4 国家标准规定的原始游隙值	94	8.2.4 调心性能的要求	141
6.5 轴承游隙的装配计算方法	99	8.2.5 刚性要求和预紧	141
6.5.1 保证径向游隙的轴承装配计算	99	8.2.6 噪声要求	141
6.5.2 保证轴承宽度的轴承装配计算	102	8.2.7 摩擦力矩要求	142
6.5.3 保证轴承接触角的轴承装配 计算	106	8.2.8 密封性要求	143
6.6 滚动轴承游隙的选择	109	8.2.9 旋转精度要求	143
6.6.1 游隙的选择	109	8.2.10 轴向移动要求	145
6.6.2 游隙的调整	110	8.2.11 安装与拆卸要求	145
6.7 滚动轴承的预紧	111	8.3 常见轴承的使用性能	145
6.7.1 预紧的定义	111	8.3.1 向心轴承	145
6.7.2 预紧的目的	111	8.3.2 推力轴承	155
6.8 预紧方式和预紧原理	112	8.4 轴承尺寸的选择	158
6.8.1 轴向预紧	112	8.5 滚动轴承的配置形式	158
6.8.2 径向预紧	114	8.5.1 固定端与非固定端轴承配置	158
6.9 预紧量的选取与控制	114	8.5.2 两端固定定位配置	160
		8.5.3 浮动轴承配置	160
		8.5.4 角接触球轴承的排列方式	160

8.6 小结	161	10.2 滚动轴承的安装	194
第9章 滚动轴承的配合	162	10.2.1 安装方法	194
9.1 轴承配合选择要点	162	10.2.2 不同类型轴承的安装	198
9.1.1 轴承配合应遵循的原则	162	10.2.3 轴承安装实例	200
9.1.2 径向载荷的性质与配合	163	10.3 滚动轴承装后运转检查和维护	201
9.1.3 载荷大小与配合	164	10.3.1 安装后的运转检查	201
9.1.4 轴承游隙与配合关系	165	10.3.2 轴承的维护工作	202
9.1.5 工作温度	166	10.4 滚动轴承的拆卸	203
9.1.6 轴承的旋转精度	166	10.4.1 轴承的拆卸方法	203
9.1.7 轴和壳体的结构设计、材料及配合	166	10.4.2 拆卸中的安全问题	205
9.1.8 便于安装和拆卸	166	10.5 小结	206
9.1.9 非定位轴承的轴向位移	166	第11章 滚动轴承的故障诊断与失效分析	207
9.2 轴承与轴和外壳孔的配合	167	11.1 滚动轴承的故障诊断技术	207
9.2.1 轴承内孔与轴配合的胀大量	167	11.2 滚动轴承的损伤和维护	208
9.2.2 轴承外圈与壳体孔配合的缩小量	168	11.2.1 滚动轴承的使用注意事项	208
9.2.3 轴承与轴外壳配合的选择	169	11.2.2 滚动轴承的检查	208
9.2.4 配合的计算值	170	11.2.3 轴承维修的种类	209
9.3 配合表面及端面的形位公差和粗糙度	180	11.2.4 轴承可维修损伤的判定	211
9.3.1 配合表面及端面的形状和位置公差	180	11.2.5 滚动轴承修理的工艺流程	212
9.3.2 配合表面及端面的表面粗糙度	180	11.3 滚动轴承的失效分析	215
9.3.3 P5级和P4级轴承的公差配合(补充件)	181	11.3.1 滚动轴承的疲劳剥落失效	216
9.4 轴承与轴配合过盈量的计算	185	11.3.2 轴承磨损失效	216
9.4.1 轴承与实心轴配合过盈量的计算	185	11.3.3 塑性压痕	217
9.4.2 轴承与空心轴配合过盈量的计算	185	11.3.4 断裂失效	217
9.4.3 最小过盈量的计算	186	11.3.5 腐蚀失效	217
9.5 配合产生的应力	187	11.3.6 烧伤与润滑脂失效	217
9.5.1 配合产生的应力计算	187	11.3.7 游隙变化失效	217
9.5.2 过盈配合的套圈轴向移动的抗力计算	191	11.4 影响轴承失效的因素	217
9.5.3 轴承安装和拆卸力的计算	191	11.5 轴承失效的预测及预防	218
9.6 小结	191	11.5.1 预测、预防轴承早期失效的途径	218
第10章 滚动轴承的安装与拆卸	192	11.5.2 故障诊断检测系统	219
10.1 滚动轴承安装前的准备工作	192	11.6 轴承主要失效形式	219
10.1.1 安装前检修	192	11.7 小结	222
10.1.2 安装环境的准备	193	第12章 滚动轴承的寿命	223
10.1.3 安装前的清洗工作	193	12.1 轴承滚动疲劳的机理	223
		12.1.1 概述	223
		12.1.2 轴承疲劳寿命的使用概率和破坏概率	224
		12.1.3 轴承疲劳寿命统计理论的基本假说	225

12.1.4 轴承疲劳寿命的威布尔分布	225	14.5.3 转盘轴承的寿命计算	270
12.2 滚动轴承疲劳寿命的简化计算方法	227	14.5.4 转盘轴承的接触应力计算	271
12.2.1 基本额定动载荷和当量动载荷	227	14.5.5 螺栓承载能力的计算	273
12.2.2 滚动轴承疲劳寿命的基本计算公式	227	14.5.6 齿轮强度的计算	274
12.2.3 按额定动载荷选择轴承尺寸	229	14.6 转盘轴承的测量	274
12.2.4 轴承额定寿命的修正计算	235	14.6.1 尺寸公差的测量	274
12.2.5 当量动载荷的计算	237	14.6.2 表面粗糙度的测量	274
12.2.6 按规定静载荷选择轴承尺寸	239	14.6.3 旋转精度的测量	274
12.3 轴承疲劳寿命的影响因素	243	14.6.4 齿轮公差及旋转精度的检验	275
12.3.1 材料的影响	243	14.6.5 游隙的测量	276
12.3.2 制造工艺的影响	243	14.6.6 滚道检测	276
12.3.3 使用条件的影响	244	14.7 小结	276
12.4 滚动轴承磨损寿命的计算	246	第15章 滚动轴承应用实例	277
12.5 小结	247	15.1 机床主轴轴承	277
第13章 轴承成品检测	248	15.1.1 机床主轴对滚动轴承的基本要求	278
13.1 轴承成品尺寸精度测量方法	248	15.1.2 主轴常用的滚动轴承及特点	278
13.1.1 轴承成品尺寸精度测量原则	248	15.1.3 主轴的密封	279
13.1.2 轴承成品尺寸精度测量方法	248	15.1.4 机床主轴组件结构举例	279
13.1.3 轴承成品尺寸精度测量一般技术要求	252	15.2 铁路机车车辆轴承	281
13.2 轴承成品旋转精度测量	252	15.2.1 轴箱轴承	282
13.2.1 轴承旋转精度的测量原则	253	15.2.2 牵引电动机轴承	283
13.2.2 旋转精度各个参量的测量方法	254	15.2.3 内燃机车液力传动系统的轴承	286
13.3 轴承径向游隙测量方法	259	15.2.4 柴油机曲轴轴承	287
13.3.1 专用仪器测量法	259	15.3 轧机轴承	288
13.3.2 简易测量法	260	15.3.1 轧机轴承概况	288
13.3.3 塞尺测量法	260	15.3.2 轧钢机轴承的类型及其特性	288
13.4 小结	261	15.3.3 轧辊轴承的应用	291
第14章 转盘轴承	262	15.3.4 轧辊轴承的应用实例	292
14.1 转盘轴承的代号方法	262	15.3.5 轧辊轴承的配合	296
14.1.1 代号的组成	262	15.3.6 轧辊轴承的设计	297
14.1.2 基本代号的组成	262	15.3.7 轧机轴承的润滑	300
14.1.3 后置代号	263	15.4 汽车轴承	300
14.2 转盘轴承的结构形式	263	15.4.1 轮毂轴承	300
14.3 转盘轴承的主要技术要求	265	15.4.2 水泵轴承	305
14.4 齿轮及其他技术要求	268	15.4.3 其他轴承	308
14.5 转盘轴承的校核	269	15.5 电动机轴承	309
14.5.1 转盘轴承承载曲线的建立	269	15.5.1 电动机轴承载荷	310
14.5.2 转盘轴承静载安全系数	269	15.5.2 安装配合与径向游隙	311
		15.5.3 润滑和密封	311
		15.6 起重机轴承	311
		15.6.1 立柱式旋臂起重机轴承	311

15.6.2 吊车滚轮轴承	313	15.9.2 偏航系统及其轴承	324
15.7 精密仪器轴承	315	15.9.3 变桨距系统及其轴承	326
15.7.1 精密仪器轴承的结构	315	15.9.4 传动系统及其轴承	327
15.7.2 应用要求	317	15.9.5 发电机及其轴承	329
15.7.3 高精度磁电动机轴承	317	15.10 船舶用轴承	329
15.8 回转炉滚轮轴承	318	15.10.1 船轴支承轴承	329
15.8.1 径向滚轮	319	15.10.2 船舶螺旋桨推力轴承	332
15.8.2 轴向滚轮	320	15.10.3 船舵支承轴承	334
15.8.3 结构设计	322	15.11 超高速球轴承	336
15.8.4 润滑和密封	322	15.12 小结	336
15.9 风力发电机轴承	322	参考文献	337
15.9.1 风力发电行业发展现状	323		

滚动轴承泛指利用球或滚子的滚动实现最小摩擦，并限制一个物体相对另一个物体运动的各种类型轴承。

中国是世界上最早发明滚动轴承的国家之一。从考古文物与资料看，中国最古老的具有现代滚动轴承结构雏形的轴承，出现于公元前 221 ~ 207 年（秦朝）的今山西省永济县。在公元 1280 年（元朝）的天文仪器上也使用了圆柱滚动轴承。尽管历史上中国在滚动轴承技术领域曾走在世界的前列，但旧中国的轴承工业却十分落后。新中国成立后，特别是 20 世纪 70 年代以来，在改革开放的推动下，轴承工业进入了一个崭新的时期。现我国可以生产内径从 0.6mm 到 6.5m，重量从 0.06g 到 15.5t 的各种标准及非标准轴承；精度从普通级到精密级以及超高精密级；应用范围从普通民用机械、交通运输、冶金到天文台、航海、航空、宇宙飞船、计算机用轴承；由单一轴承向轴承组合件，单元化发展。

滚动轴承在使用过程中由于本身质量和外部条件的原因，承载能力、旋转精度和耐磨性能等会发生变化。当轴承的性能指标低于使用要求而不能正常工作时，轴承就发生了故障甚至失效。轴承一旦发生失效等意外情况，机器、设备将会停转，出现功能丧失等各种异常现象。造成滚动轴承失效的原因主要有：润滑脂、润滑油过期失效或选型错误；润滑脂太满或油位太高；轴承游隙过小；轴承箱内孔不圆、轴承箱扭曲变形、支撑面不平、轴承箱孔内径过小；接触油封过盈量太大或弹簧太紧；一根轴上有两个被固定轴承，由于轴膨胀导致轴承间隙变小；紧定套筒过分锁紧；轴承箱孔太大、受力不平衡；两个或多个轴承同轴度不好；防松卡环接触到轴承；接触油封磨损严重，导致润滑油泄露；轴的直径过大导致轴承内圈膨胀严重，减小了轴承游隙；由于箱孔的材料材质太软，受力后孔径变大，致使外圈在箱孔内打滑；油位太低、轴承箱内润滑脂不足；杂物、砂粒、炭粉或其他污染物进入轴承箱内；水、酸、油漆或其他污染物进入轴承箱内；安装轴承前轴承箱内的碎片等杂物没有清除干净；轴径太小、紧定套筒锁紧不够；由于打滑作用致使滚动体上有擦痕；轴肩摩擦轴承密封圈；轴肩在轴承箱内接处面积过小致使轴承外环扭曲；轴承密封盖发生扭曲；轴和轴承内套扭曲；轴和轴承外套扭曲；不正确的安装方式；轴承游隙过大致使轴发生振动。如何通过正确选择轴承以防止和减少上述现象是本书要研究的内容。

本章首先介绍滚动轴承的特点与组成滚动轴承的主要零件，然后介绍滚动轴承选择与应用的流程，从全局上介绍正确选择与应用滚动轴承时涉及的问题，以期在全局上认识到正确选择、安装和应用滚动轴承的重要性。在本书以后的章节中，将详细介绍滚动轴承应用中涉及的这些问题。

1.1 滚动轴承的特点

滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架组成。在特殊情况下，可以无内圈或外圈，而由相应的主机零件代替。为了满足使用要求，有的轴承带防尘盖、密封圈及安装调整的紧定套等。在推力轴承中，与轴配合的套圈称为轴圈，与轴承座或机壳配合的套圈称为座圈。各种外球面球轴承都是宽内圈球轴承，由紧定套、偏心套或两个紧定螺钉将轴承内圈紧固在轴上。图 1-1 所示为常见的轴承。

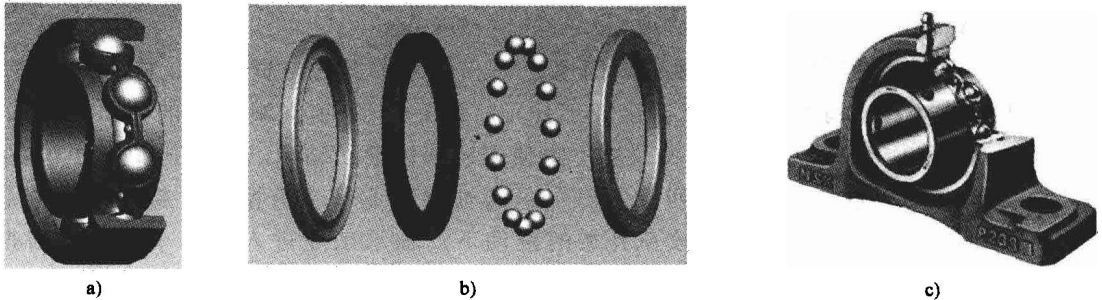


图 1-1 滚动轴承

a) 深沟球轴承 b) 推力球轴承 c) 带座外球面球轴承

滚动轴承具有多种结构类型，每种轴承都具有各自的特点，但也有其共同的特点。这些特点是：

- 1) 起动摩擦力小，起动摩擦力与动摩擦力之差也很小。
- 2) 大多轴承外形尺寸已标准化，具有互换性，适合批量生产。
- 3) 磨损较一般滑动轴承小，能长时间维持机械精度。
- 4) 润滑方便，润滑剂消耗少，维护费用低。
- 5) 可较方便地在高温或低温条件下使用。
- 6) 与轴承相配的周围部件结构简单，便于检查与保养。
- 7) 可通过施加预载荷提高轴承的刚性。

1.2 组成滚动轴承的主要零件

如上文所述，滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架四种基本零件组成，这也就是轴承行业俗称的“四大件”。滚动轴承在大多数实际工作场合必须有润滑物，因而也有观点认为润滑剂是构成轴承的第五大件。有些轴承的组成零件不仅仅是上面提到的“四大件”，也可能有更多种组成零件，比如新的汽车轮毂轴承就有一些控制机构；还有一些轴承，可能无保持架、无内圈、无外圈等。

本节将简单介绍滚动轴承常用的一些典型零件。

1. 套圈

滚动轴承的套圈（见图 1-2）一般指内、外圈（或轴、座圈）。轴承内圈通常装配在轴

上, 并与轴一起旋转, 轴承外圈通常装配在轴承内或机壳中起支承作用, 但是也有的轴承是外圈旋转、内圈固定起支承作用, 例如各种车辆轮毂轴承。还有一些专用轴承, 内、外圈都旋转, 例如一些中介轴上用的轴承。套圈上供滚动体滚动的表面称为滚道, 球轴承的滚道称为沟道。

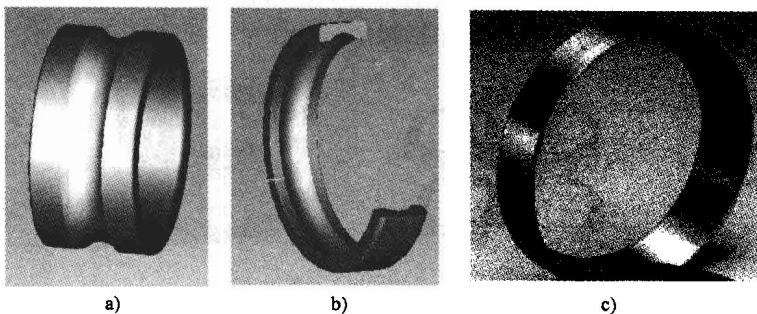


图 1-2 轴承套圈

a) 深沟球轴承的内圈 b) 深沟球轴承的外圈 c) 圆锥滚子轴承的外圈

2. 滚动体

滚动轴承通过滚动体形成滚动摩擦, 因此滚动体是滚动轴承中不可缺少的零件。滚动体的类型有钢球、圆柱滚子、圆锥滚子、球面滚子和滚针。其中圆柱滚子又可分为短圆柱滚子、长圆柱滚子和空心圆柱滚子, 球面滚子分为对称球面滚子和非对称球面滚子。滚针是指长度与直径之比大于 3, 且直径不大于 5mm 的圆柱体。滚动体的大小和数量直接影响轴承的承载能力。图 1-3 所示为滚动轴承的滚动体。

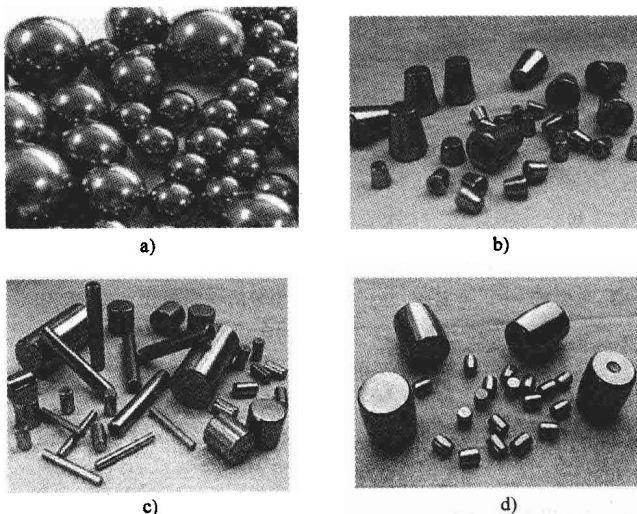


图 1-3 滚动体

a) 钢球 b) 圆锥滚子 c) 圆柱滚子与滚针 d) 球面滚子

3. 保持架

保持架的作用是将轴承中的一组滚动体等距离隔开, 单独保持住滚动体或与内圈或和外

圈等构成组合件，引导滚动体在正确的轨道上运动，改善轴承内部载荷分配和润滑性能。与无保持架的满装球或滚子的轴承相比，带保持架轴承的摩擦阻力较小，适用于高速旋转。

保持架的类型主要分为冲压保持架和实体保持架。冲压保持架由金属板材冲压而成，其结构有浪形、冠形和窗形等多种形式；实体保持架用车制、压铸、注塑等方法制成。

保持架常用的材料有钢、铝合金、铜合金、球墨铸铁、胶木和工程塑料等（见第3章）。图1-4所示为一些常用的滚动轴承保持架。

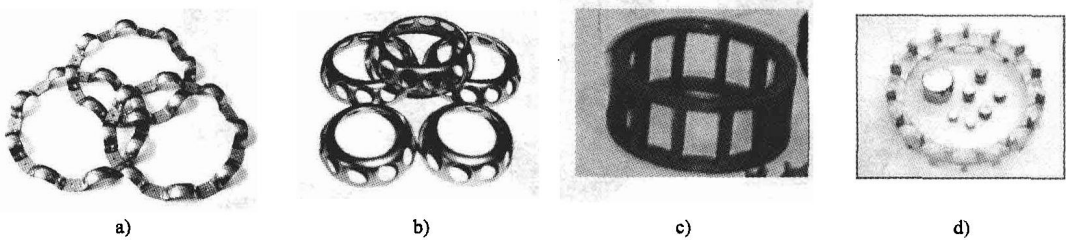


图 1-4 保持架

4. 密封圈和防尘盖

密封圈是将滚动轴承工作部分与外界隔离，对滚道、滚动体和保持架实行封闭的环形罩。其一部分边缘固定在一个套圈或垫圈上，另一部分边缘可以设置在轴承的支承部位上，也可直接设置在轴承上。

不论密封设置在哪一个部位，按结构形式都可划分为非接触式和接触式密封两大类。非接触式密封是利用小缝隙的密封方式，摩擦小，因此温升小且无磨损，适合高速旋转；接触式密封的密封圈和轴承接触，密封效果好，但是摩擦力矩相对较大，温升也较大。密封圈材料大多采用橡胶。图1-5示出了密封圈、防尘盖与密封形式。

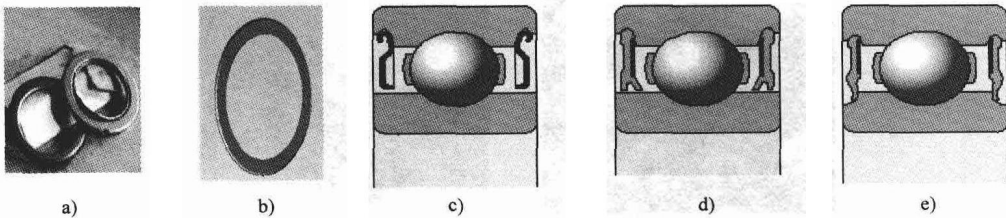


图 1-5 密封圈、防尘盖与密封形式

a) 防尘盖 b) 密封圈 c) 采用防尘盖的密封形式 d) 采用密封圈的非接触密封 e) 采用密封圈的接触密封

1.3 正确应用滚动轴承的要点

滚动轴承是一种精密的机械支承元件，轴承用户希望装在主机上的轴承能够在预定的使用期内不会损坏并保持其动态性能，但客观事实有时并不尽如人意，突发的轴承失效事故会给用户造成重大损失。

大量的滚动轴承故障诊断与失效分析的研究表明，轴承非正常的早期失效的原因虽然可能是材料缺陷或制造不当所致，但在相当大的程度上是由于没有严格按照轴承使用要求进行安装、维

护、润滑，或者是轴承选型不当或实际载荷超过轴承本身的额定载荷等原因造成的。

要想使滚动轴承具有更长的寿命和精度保持期，除要求轴承制造厂家提高产品质量外，轴承用户也必须用科学的方法和程序使用轴承，否则，再好的轴承也会在恶劣的使用条件下夭折。

轴承的选择包括类型选择、尺寸选择、游隙选择、公差选择、材料选择等；轴承安装时应注意安装方法、尺寸、配合、配置等各方面的因素；轴承的应用包含润滑、故障诊断、失效分析等相关内容。

1.4 滚动轴承选择中涉及的因素

能否正确选用滚动轴承，对主机能否获得良好的工作性能，延长使用寿命；对企业能否缩短维修时间，减少维修费用，提高机器的运转率，都有着十分重要的作用。因此，不论是设计制造单位，还是维修使用单位，在选择滚动轴承时都应高度重视。

一般来说，选择轴承的步骤可以概括为：根据轴承工作条件（包括载荷方向及载荷类型、转速、润滑方式、同轴度要求、定位或非定位、安装和维修环境、环境温度等）来选择轴承基本类型、公差等级和游隙；根据轴承的工作条件、受力情况和寿命要求来计算确定轴承型号；再根据使用要求，验算选定轴承型号的寿命、轴承的额定载荷和极限转速，以判断选择是否正确。

各类滚动轴承具有不同的特性，适用于各种机械的不同情况。选择轴承类型时，通常应考虑下列因素：承受推力载荷时应选用推力轴承、角接触轴承；高速应用场合通常使用球轴承；承受重的径向载荷时则应选用滚子轴承。总之，选用人员应从不同生产厂家、众多的轴承产品中，选用合适的类型。一般先确定轴的尺寸，然后根据轴的尺寸选择滚动轴承。通常是小轴选用球轴承，大轴选用滚子轴承。但是，当轴承在机器的直径方向受到限制时，则选用滚针轴承、特轻和超轻系列的球或滚子轴承；当轴承在机器的轴向位置受到限制时，可选用窄的或特窄系列的球或滚子轴承。

载荷是选用轴承的主要因素。滚子轴承用于承受较重的载荷，球轴承用于承受较轻或中等的载荷；渗碳钢制造或贝氏体淬火的轴承，可承受冲击与振动载荷。在载荷的作用方向上，承受纯径向载荷时，可选用深沟球轴承、圆柱滚子轴承或滚针轴承；承受较小的纯轴向载荷时，可选用推力球轴承；承受较大的纯轴向载荷时，可选用推力滚子轴承；当轴承承受径向和轴向联合载荷时，一般选用既能承受轴向载荷又能承受径向载荷的角接触球轴承或圆锥滚子轴承；当轴的中心线与轴承座中心线不同，有角度误差，或因轴的两支承间距较大而轴的刚性较小，容易受力弯曲或倾斜时，可选用具有良好调心性能的调心球、调心滚子轴承以及外球面轴承（因为此类轴承在轴稍微倾斜或弯曲的情况下，能保持正常工作）。轴承调心性能的好坏，与其允许的同轴度有关，同轴度的值越大，轴承的调心性能越好。

轴承的刚性是选择轴承时应考虑的另一因素。轴承的刚性指轴承产生单位变形所需力的大小。滚动轴承的弹性变形很小，在大多数机械中可以不必考虑，但在某些机械，如机床主轴中，轴承刚性则是一个重要因素，一般应选用圆柱和圆锥滚子轴承。另外，各类轴承还可以通过预紧，达到增大支承刚性的目的。应特别指出的是，预紧量不可过大，否则将使轴承摩擦增大，温度增高，影响轴承使用寿命。

轴承的转速也有具体的要求。每一个轴承型号都有其自身的极限转速，它是由诸如尺寸、类型及结构等物理特性所决定的。极限转速是指轴承的最高工作转速，超过这一极限会导致轴承温度升高，润滑剂干枯，甚至使轴承卡死。

轴承的配置是轴承应用中的另外一个重要因素。通常情况下，一个轴用两个轴承相隔一定的距离给予支承。为了适应轴和外壳不同程度的热胀影响，安装时应将一个轴承在轴向固定（即固定端轴承），另一个轴承在轴上可以游动（即游动端支承），以防止因轴的伸长或收缩而造成卡死现象。游动支承通常选用内圈或外圈无挡边的圆柱滚子轴承和滚针轴承，这主要是因为此类轴承内部结构允许轴与外壳有适当轴向位移的缘故。此时，内圈与轴、外圈与外壳孔可采用过盈配合。当采用不可分离型轴承做游动支承时，如深沟球轴承、调心滚子轴承，在安装中必须允许外圈与外壳孔，或内圈与轴采用较松配合，使之轴向可自由游动。

除上述因素外，轴承选择时还应考虑轴承的工作环境温度、轴承密封及对摩擦力矩、振动、噪声等特殊要求。

游隙是滚动轴承能否正常工作的一个重要因素。选择适当的游隙，可使载荷在轴承滚动体之间合理分布；可限制轴（或外壳）的轴向与径向位移，保证轴的旋转精度；能使轴承在规定的温度下正常工作；减小振动和噪声，有利于提高轴承的寿命。因此，在选用轴承时，必须选择适当的轴承游隙。选择轴承游隙时，应考虑以下几个方面：轴承的工作条件，如载荷、温度、转速等；对轴承使用性能的要求（旋转精度、摩擦力矩、振动、噪声）；轴承与轴和外壳孔为过盈配合时导致轴承游隙减小；轴承工作时，内外套圈的温度差导致轴承游隙减小；因轴与外壳体材料的膨胀系数不同，导致轴承游隙减小或增大。

轴承的公差等级，主要是根据轴对支承的旋转精度要求来确定的。采用公差等级高的轴承时，其轴的外径的制造公差应与轴承公差等级相适应，并应具有足够的结构刚度。

滚动轴承要求的使用寿命 L 是按照期望设备能工作的总累计时间来确定的。在计算使用寿命的过程中，各种工作状态都必须考虑。维修费用、概率寿命及报废也必须加以考虑，如设备长期使用后应更换还是定期修理（包括更换轴承）。当然，在决定所要求的寿命 L 时，轴承的可靠性是一个主要考虑因素。在轴承工业中标准的可靠性水平通常规定为 90%，也就是说，在相同应用场合下工作的轴承中，有 90% 的轴承在达到所选定的轴承工作寿命时仍保持完好，如果要求失效率低，则要求的寿命 L 需加以修正。提高轴承可靠性，使其大于 90%，可用降低 10% 失效率标准轴承使用寿命的方法来解决。换言之，如果想获得更高的可靠性，标准轴承的寿命必须降低。

另外，在选用轴承类型时，还需注意轴承安装、拆卸是否方便，特别是对大型和特大型轴承而言，安装和拆卸更为重要。

1.5 小结

通过本章的讨论可以看出，要想正确地使用滚动轴承，涉及的因素非常多，需要了解常见的滚动轴承的类型、各种不同类型的轴承所具备的性能、制造滚动轴承的材料、滚动轴承的代号方法、滚动轴承的尺寸与公差、滚动轴承的游隙与预紧、滚动轴承的润滑与密封、滚动轴承的选型与配置、滚动轴承的配合、滚动轴承的安装与拆卸、滚动轴承的寿命、滚动轴承的故障诊断与分析等内容。在下面的章节中我们将逐一了解滚动轴承的以上特性。

依据实际的工况要求，滚动轴承的品种多种多样，不同类型的轴承有不同的使用性能。轴承选择时，首先需要了解这些不同类型轴承所具备的性能。本章将讨论滚动轴承的各种不同分类方法，并简单介绍这些轴承的性能。

2.1 滚动轴承的分类

滚动轴承有多种分类方法。例如，按轴承所能承受的载荷方向，可分为向心轴承、推力轴承和组合轴承；按滚动体的种类，可分为球轴承和滚子轴承；按用途，可分为通用轴承和专用轴承。

本节讨论滚动轴承的各种不同分类方法。

2.1.1 按结构类型分类

1. 承载方向或公称接触角值

根据滚动轴承工作时所能承受载荷的方向，可分为向心轴承、推力轴承和组合轴承。向心轴承主要承受径向载荷；推力轴承主要承受轴向载荷；组合轴承一般由向心轴承和推力轴承组合而成，既可承受径向载荷，也可承受轴向载荷。

这样的区分方法也可依据公称接触角的值来进行。滚动体与滚道接触点或接触线中点的公法线与轴承径向平面的夹角称为轴承接触角，如图 2-1 所示。根据滚动轴承公称接触角 α 的大小，可将其分为径向接触轴承、角接触向心轴承、角接触推力轴承和轴向接触轴承。公称接触角为 0° 时称为径向接触轴承；公称接触角为 $0^\circ \sim 45^\circ$ 时称为角接触向心轴承；公称接触角为 $45^\circ \sim 90^\circ$ 时称为推力角接触轴承；公称接触角为 90° 时称为轴向接触轴承。显然，接触角 α 的值越大，承受轴向载荷的能力越强。

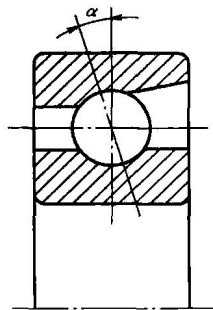


图 2-1 接触角

2. 滚动体的种类

根据滚动轴承所用滚动体的种类，可将其分为球轴承和滚子轴承，其中滚子轴承又包括圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、球面滚子轴承和滚针轴承。圆柱滚子轴承指滚动体是圆柱滚子的轴承，圆柱滚子的长度与直径之比 ≤ 3 ；圆锥滚子轴承指滚动体是圆锥滚子的轴承；调心滚子轴承指滚动体是球面滚子的轴承；滚针轴承指滚动体是滚针的轴承，滚针的长度与直径之比 > 3 ，但直径 $\leq 5\text{mm}$ 。

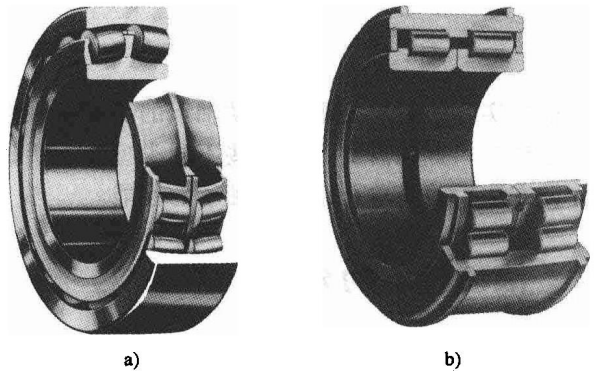
球轴承摩擦因数小，极限转速较高，承载能力较小；圆柱滚子轴承摩擦因数较大，极限

转速较低, 承载能力较强; 圆锥滚子轴承可同时承受径向载荷与轴向载荷; 球面滚子轴承承载能力较强, 具有自动调心性能; 滚针轴承极限转速较低, 承载能力较强, 适用于安装空间较小的场合。

3. 调心性

根据滚动轴承工作时能否自动调心, 可将其分为调心轴承和非调心轴承。调心轴承的外圈滚道是球面形的, 能适应两滚道轴线间的角偏差及角运动; 非调心轴承也称为刚性轴承, 能抵抗滚道间轴线角偏移。

图 2-2 对比了一组调心轴承和非调心轴承的结构, 其中图 2-2a 所示为调心滚子轴承, 而图 2-2b 所示为非调心双列圆柱滚子轴承, 从对比图中可以看出滚道结构形式不同。



a) b)

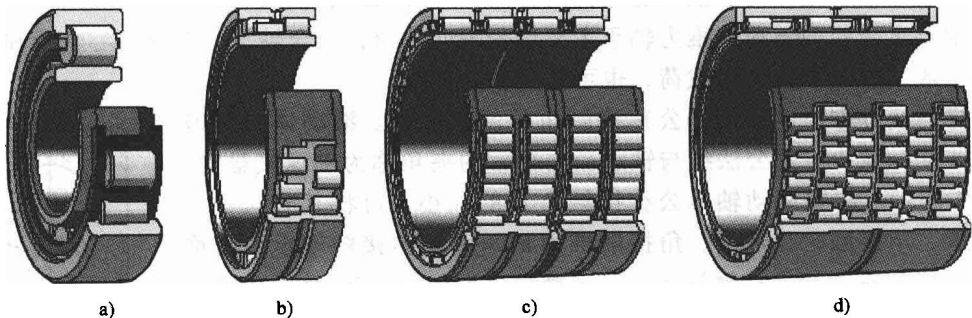
图 2-2 调心轴承和非调心轴承

a) 调心滚子轴承 b) 非调心双列圆柱滚子轴承

4. 滚动体的列数

根据滚动轴承中所用滚动体的列数, 可分为单列轴承、双列轴承和多列轴承。单列轴承仅有一列滚动体;

双列轴承具有两列滚动体; 多列轴承是指滚动体的列数多于两列滚动体的轴承, 如三列轴承、四列轴承。图 2-3 示出了单列圆柱滚子轴承、双列圆柱滚子轴承、四列圆柱滚子轴承和六列圆柱滚子轴承。



a) b) c) d)

图 2-3 单、双以及多列滚子轴承

a) 单列圆柱滚子轴承 b) 双列圆柱滚子轴承 c) 四列圆柱滚子轴承 d) 六列圆柱滚子轴承

5. 部件能否分离

按照滚动轴承的部件能否分离, 可将滚动轴承分为可分离轴承与不可分离轴承。其中可分离轴承指具有可分离部件的轴承, 而不可分离轴承指轴承在最终配套后, 套圈均不能任意自由分离的轴承。

2.1.2 按滚动轴承尺寸大小分类

轴承按其外径尺寸大小, 分为微型轴承、小型轴承、中小型轴承、中大型轴承、大型轴