

第3版

滚动轴承 应用手册

刘泽九 主编



滚动轴承应用手册

第 3 版

主编 刘泽九
参编 贺士荃 李兴林 刘 晖
康乃正 张亚军



机械工业出版社

本手册系统阐述了滚动轴承选用的基本知识、计算方法、应用设计、特殊工况下的典型应用及各种使用性能,如振动噪声、精度、摩擦、寿命、预紧、极限转速、清洁度、密封轴承漏脂、温升、防尘性能及工况检测、失效分析等,反映了国内外最新标准资料和科研成果,内容丰富实用。

本手册可供各类工程技术人员在选用滚动轴承、分析滚动轴承运转性能和进行滚动轴承应用设计时参考;也可供轴承应用人员、大中专院校师生及轴承供销人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承应用手册/刘泽九主编. —3版. —北京:机械工业出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-111-44275-2

I. ①滚… II. ①刘… III. ①滚动轴承—手册
IV. ①TH133. 33-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第236590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:黄丽梅

版式设计:霍永明 责任校对:姜艳丽

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014年1月第3版第1次印刷

169mm×239mm·62.25印张·3插页·1432千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-44275-2

定价:148.00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

策划编辑:(010)88379770

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

读者购书热线:(010)88379203

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

主编简介

刘泽九 教授级高级工程师

享受国务院政府特殊津贴专家



1935 年生于河南孟县。1960 年清华大学精密仪器系毕业。1964 年清华大学机械学专业研究生毕业。1983 年在英国 Leeds 大学工业摩擦学中心学习进修。1965 ~ 1980 年在洛阳轴承研究所工作，任理论研究室主任。

从 1981 年起参加联合国援助杭州轴承试验研究中心筹建工作，1984 ~ 1995 年任所长，把该中心从无到有、从小到大建成为国内外著名的轴承科研机构。

主持领导完成了许多项重点科研课题，获得了许多项奖励。领导开发研制出 BVT 型轴承测振仪系列、滚动轴承疲劳寿命强化试验机、铁谱仪等达到国际先进水平、填补了我国空白的先进仪器设备，并推向市场，取得了较好的经济效益和社会效益。

发表专著、论文、译著多篇，主要有：“36204 向心推力球轴承中球的运动规律的研究”，《滚动轴承的额定负荷与寿命》，主编《滚动轴承应用手册》等。此外还参加了《机械工程手册》、《机械零部件手册》、《机修手册》、《中国大百科全书》等的编写工作。

前 言

滚动轴承是广泛应用的机械基础件，在国际上已标准化、系列化、通用化。随着科学技术的飞速发展，滚动轴承的设计应用理论、制造水平、材料科学也在不断更新与发展。

为了使轴承能够达到性能好、寿命长、可靠度高，正确选用与合理使用滚动轴承是非常重要的。因此1995年我主持编写了《滚动轴承应用手册》，力图向读者提供有关滚动轴承正确选用、合理应用的基础知识和有关数据，系统阐述了滚动轴承选用的基本知识、计算方法、应用设计、典型应用及各种使用性能，如振动噪声、精度、摩擦、寿命、预紧、极限转速、清洁度、密封轴承漏脂、温升、防尘性能以及工况检测、失效分析等内容。

《滚动轴承应用手册》自1996年出版发行以来，受到广大读者的欢迎。自2006年1月《滚动轴承应用手册》第2版出版发行已过去8年。随着我国滚动轴承技术的不断发展，各种相应的技术标准不断有所更新，国际标准化组织也不断有新的ISO标准发布，我国的滚动轴承基本性能数据也有所提高，因此现在有必要对《滚动轴承应用手册》进行第3版修订。这次修订的主要内容有以下五方面：

1) 滚动轴承基本性能参数的修订。原先的滚动轴承基本性能参数额定动载荷 C 和额定静载荷 C_0 ，是根据1975年机械工业出版社出版的《滚动轴承产品样本》的数据编入的。近40年来随着我国滚动轴承技术的发展及轴承钢冶炼技术的进步，轴承基本性能参数有了不同程度的提高。机械工业出版社于2012年6月出版了《滚动轴承产品样本》第2版。因此，凡是涉及滚动轴承基本性能参数 C 和 C_0 的所有章节都据此进行了修订。

2) 凡这些年来有关滚动轴承各项技术标准的部分都在各章节修订中有所反映。

3) 第1章第4节改用2013年公布的滚动轴承标准名称和代号。

4) 第9章增加国际标准化组织ISO新颁布的滚动轴承典型失效分析的有关内容。

5) 因为我国的滚动轴承代号已经与国际上通用的代号相一致，因此删去附录B，附录C，只保留附录A，并改名为“附录”。

第2版第9章作者陈德金英年早逝。第3版由康乃正进行了局部修订。

在这次修订中，各位作者负责的修订章节如下：刘泽九负责第1章和第2章的修订工作；贺士荃负责第3章和附录的修订工作；李兴林负责第4章、第7章和第10章的修订工作；刘晖负责第5章的修订工作；康乃正负责第6章和第9章的修订工作；张亚军负责第8章的修订工作。

由于水平有限，因此书中难免有错误和不当之处，敬请读者提出宝贵意见，以便改正。

刘泽九

常用符号表

A	最小载荷常数; 常数	μ	泊松比
α	接触椭圆长半轴; 载荷作用中心与轴承外圈宽端面之间距离	N	传动功率
a_1	可靠度寿命修正系数	n	轴承转速
B	轴承宽度	n_i	内圈转速
b	接触椭圆短半轴	n_e	外圈转速
C	额定动载荷	n_c	保持器转速
C_a	接触椭圆长半轴系数	n_{ci}	保持器相对于内圈的转速
C_b	接触椭圆短半轴系数	n_{ec}	外圈相对于保持器的转速
C_{σ}	最大接触应力系数	n_w	滚动体绕自身中心轴线的转速, 或称滚动体自转速度
C_s	弹性趋近量系数	O_i	内圈滚道曲率中心
D	轴承外径	O_e	外圈滚道曲率中心
D_{pw}	轴承节圆直径	P	当量动载荷
D_m	轴承平均直径	P_o	当量静载荷
D_w	滚动体直径	Q	滚动体载荷
d	轴承内径	Q_c	额定滚动体载荷
E	材料弹性模量	q	曲率中心距参数
F	作用于支承系统上的载荷	R	曲率半径
F_A	作用于支承系统上的轴向载荷	r	沟曲率半径
F_a	作用于轴承上的轴向载荷	S	使用概率(生存概率, 可靠度)
F_r	作用于轴承上的径向载荷	G_r	径向游隙
F_t	齿轮传动的圆周力	G_a	轴向游隙
F_s	齿轮传动的向心力	V_i	内圈接触点的线速度
f	沟曲率半径系数	V_e	外圈接触点的线速度
i	轴承中滚动体列数	V_c	滚动体中心的线速度
J_a	载荷分布的轴向积分	x	径向系数
J_r	载荷分布的径向积分	x_0	静径向系数
J_1	旋转套圈平均滚动体载荷积分	y	轴向系数
J_2	静止套圈平均滚动体载荷积分	y_0	静轴向系数
K	弹性变形常数	z	滚动体数
L	额定寿命	z_0	最大剪应力深度
L_s	与使用概率相应的寿命	α	轴承公称接触角
L_{10}	基本额定寿命	α_i	滚动体与内圈接触处的接触角
L_m	中值寿命	α_e	滚动体与外圈接触处的接触角
L_{na}	任意使用条件下的修正寿命	α_d	滚动体端面与套圈挡边接触处的接触角
L_{we}, l_{we}	滚子有效接触长度	β	载荷角
M	弯矩	γ	轴承结构参数

δ	弹性趋近量	ω	角速度
δ_a	轴承轴向变位	ω_i	内圈角速度
δ_r	轴承径向变位	ω_e	外圈角速度
δ_s	塑性变形量	ω_w	滚动体自转角速度
η	额定动载荷降低系数	常用角标符号	
λ	额定动载荷降低系数	i	内圈
θ	轴的转角	e	外圈
ν	额定动载荷修正系数	c	保持器
ρ	曲率	w	滚动体
ρ_{I1}	物体 I 在主平面 1 中的曲率	a	轴向
ρ_{I2}	物体 I 在主平面 2 中的曲率	r	径向
ρ_{II1}	物体 II 在主平面 1 中的曲率	p	中心圆的
ρ_{II2}	物体 II 在主平面 2 中的曲率	m	平均的
$\Sigma\rho$	曲率总和	min	最小的
$F(\rho)$	曲率函数	max	最大的
ψ	与最大载荷滚动体中心的夹角		
ψ_0	轴承载荷范围角		

目 录

前言

常用符号表

第 1 章 滚动轴承的选用基础 1

1 滚动轴承的特点和选用程序 1

1.1 滚动轴承的选用程序 1

1.2 滚动轴承类型的选择 3

1.3 按接触疲劳寿命选用轴承 4

1.4 按额定静载荷选用轴承 29

1.5 滚动轴承的磨损寿命 30

2 滚动轴承的分类和适用范围 33

2.1 滚动轴承结构类型分类 33

2.2 滚动轴承尺寸大小分类 40

2.3 深沟球轴承和双列深沟球轴承 40

2.4 调心球轴承 43

2.5 单列角接触球轴承和双列角接触球轴承 43

2.6 推力球轴承和双向推力角接触球轴承 46

2.7 四点接触球轴承 47

2.8 带座外球面球轴承 47

2.9 圆柱滚子轴承 49

2.10 圆锥滚子轴承 51

2.11 调心滚子轴承和推力调心滚子轴承 51

2.12 滚针轴承 53

2.13 推力滚子轴承 55

3 滚动轴承代号方法 56

3.1 我国新采用的滚动轴承代号方法 56

3.2 带附件轴承的代号 78

3.3 带座外球面球轴承的代号 78

3.4 非标准轴承代号编制方法 82

3.5 我国新旧轴承代号方法的

对照 83

4 滚动轴承的标准 103

4.1 我国已制定的滚动轴承标准 103

4.2 ISO 已制定的滚动轴承标准 103

5 滚动轴承外形尺寸总方案 119

5.1 向心轴承外形尺寸总方案 119

5.2 推力轴承外形尺寸总方案 134

5.3 圆锥滚子轴承外形尺寸总方案 147

6 常用滚动轴承名词术语 155

01 轴承 156

02 轴承零件 163

03 轴承配置及分部件 175

04 尺寸 177

05 与公差关联的尺寸 183

06 力矩、载荷及寿命 191

07 其他 195

第 2 章 滚动轴承的应用计算 210

1 基本概念 210

1.1 接触角 210

1.2 滚动体载荷 211

1.3 曲率半径和曲率 213

1.4 密合度和沟曲率半径系数 213

1.5 主平面 214

1.6 曲率总和 $\sum \rho$ 与函数 $F(\rho)$ 216

1.7 接触类型 217

1.8 弹性趋近量 δ 219

2 滚动轴承中的变形与应力计算 219

2.1 概述 219

2.2 点接触 220

2.3 线接触 232

2.4 最大切应力 τ_{\max} 232

2.5 弹性变形常数 K 236

2.6 轴承径向变位 δ_r 和轴向变

位 δ_a	238	8.3 滚动轴承的额定静载荷	327
3 滚动轴承中的载荷分布	239	8.4 滚动轴承的当量静载荷	329
3.1 向心轴承中的载荷分布	240	9 国际标准 ISO 76 和国家标准	
3.2 径向游隙对向心轴承中载荷		GB/T 4662	334
分布的影响	242	9.1 向心球轴承	336
3.3 角接触轴承中的载荷分布	246	9.2 推力球轴承	338
3.4 双列角接触轴承中的载荷		9.3 向心滚子轴承	339
分布	250	9.4 推力滚子轴承	340
3.5 单向推力轴承中的载荷分布 ..	252	9.5 基本额定静载荷计算中的间	
3.6 双向推力轴承中的载荷分布 ..	255	断点	340
4 滚动轴承中的运动关系	257	10 作用于滚动轴承上的载荷计算	342
4.1 滚动轴承中简单的运动关系 ..	257	10.1 各种传动作用于滚动轴承上	
4.2 滚动接触次数	260	的载荷计算	342
4.3 应力循环次数	260	10.2 双支承轴的轴承载荷计算	347
5 向心球轴承和角接触球轴承中的		10.3 三支承轴的轴承载荷计算	352
接触角与轴向承载能力	261	11 圆柱滚子轴承的轴向承载能力	359
5.1 向心球轴承的径向游隙与初		12 滚动轴承的预紧	360
始接触角	261	12.1 概述	360
5.2 角接触球轴承的接触角变化 ..	261	12.2 滚动轴承轴向预紧的原理	361
5.3 向心球轴承和角接触球轴承		12.3 滚动轴承轴向变位的计算	
的安全接触角和轴向承载能		公式	364
力	263	12.4 最小轴向预紧载荷的决定	364
6 Lundberg-Palmgren 滚动轴承寿命		12.5 实现轴向预紧的方法	365
理论	265	12.6 轴向预紧的数值	366
6.1 滚动轴承的主要破坏形式	265	12.7 径向预紧	369
6.2 滚动轴承疲劳寿命的基本		13 滚动轴承的极限转速	369
规律	266	13.1 滚动轴承极限转速的确定	
6.3 滚动轴承的额定动载荷	271	方法	369
6.4 滚动轴承的当量动载荷	294	13.2 实际使用的滚动轴承极限	
7 国际标准 ISO 281 和国家标准		转速	371
GB/T 6391	308	13.3 极限转速试验方法	371
7.1 向心球轴承	310	14 推力和推力角接触轴承的最小轴	
7.2 推力球轴承	315	向载荷	373
7.3 向心滚子轴承	317	15 向心轴承必需的最小径向载荷	
7.4 推力滚子轴承	319	F_{rmin}	375
7.5 修正额定寿命	322	15.1 深沟球轴承、调心球轴承、	
8 A. Palmgren 滚动轴承静承载能力		角接触球轴承	375
理论	324	15.2 向心圆柱滚子轴承	376
8.1 滚动轴承中的塑性变形	324	15.3 滚针轴承、调心滚子轴承、	
8.2 滚动轴承的静载荷常数	326	圆锥滚子轴承	377

15.4 单个使用的角接触球轴承、 DT 配置的角接触球轴承、 四点接触球轴承	377	寸	447
第 3 章 滚动轴承的应用设计	379	7.2 轴和外壳孔的单向圆角半径	453
1 滚动轴承的支承结构	379	7.3 深沟球轴承、角接触球轴承、 调心球轴承及调心滚子轴承的 挡肩高度	454
1.1 选择支承结构形式应考虑的问题	379	7.4 圆柱滚子轴承的安装尺寸	454
1.2 支承结构的基本类型	380	7.5 实体外圈滚针轴承的安装 尺寸	458
1.3 轴支承的三种基本组合形式	383	7.6 圆锥滚子轴承的安装尺寸	459
1.4 常见的支承结构示意图	384	7.7 推力球轴承的安装尺寸	465
2 滚动轴承配合的选择	389	7.8 推力调心滚子轴承的安装尺 寸	467
2.1 滚动轴承的配合特点	389	8 滚动轴承的安装与拆卸	469
2.2 轴承与轴、外壳孔配合的常 用公差带	390	8.1 圆柱孔向心轴承的装卸	469
2.3 滚动轴承配合的选用原则	390	8.2 圆锥孔向心轴承的装卸	471
2.4 滚动轴承配合标准推荐的 配合	392	8.3 向心推力轴承的装卸	476
2.5 空心轴、铸铁和轻金属轴承 座轴承配合的选择	394	8.4 推力轴承的装卸	478
2.6 用估算法选择轴承的配合	395	8.5 组合支承游隙的调整	478
2.7 机床主轴轴承配合的选择	396	9 滚动轴承支承结构的设计计算 举例	479
2.8 轴承公差及相配轴和外壳孔 的公差	398	第 4 章 滚动轴承的精度、性能 与测试	488
3 滚动轴承相配零件的加工精度	421	1 滚动轴承的精度与测量	488
3.1 0 级、6 级精度轴承相配零件 加工精度及标注方法	421	1.1 滚动轴承的精度等级	488
3.2 2 级精度轴承相配零件加工 精度及标注方法	422	1.2 滚动轴承的尺寸公差和旋转 精度符号	488
4 滚动轴承工作游隙的选择	424	1.3 各级精度滚动轴承的尺寸公 差和旋转精度	491
5 滚动轴承的密封装置	430	1.4 滚动轴承精度测量	508
5.1 轴承自身的密封	431	2 滚动轴承的游隙与测量	517
5.2 轴承的支承密封	435	2.1 滚动轴承径向游隙	517
5.3 密封的目的及结构处理	437	2.2 滚动轴承径向游隙的测量及 评定方法	522
6 滚动轴承的轴向紧固装置	442	3 滚动轴承的摩擦力矩与摩擦因数	525
6.1 滚动轴承的轴向定位和固定	442	3.1 滚动轴承摩擦力矩	525
6.2 几种常用的轴向紧固装置	444	3.2 滚动轴承摩擦因数	527
6.3 常见的轴承内、外圈固定 方式	445	3.3 静/动态摩擦力矩试验	528
7 滚动轴承的安装尺寸	447	4 密封轴承的密封性能试验	529
7.1 滚动轴承的装配倒角极限尺 寸	447	4.1 漏脂试验	529
		4.2 温升试验	530

4.3 防尘试验	530	3.2 不锈钢制轴承零件的热处理	605
5 滚动轴承的调心性能	531	3.3 不锈钢轴承钢的力学性能	607
6 滚动轴承的清洁度及试验方法	532	3.4 抗硫轴承材料	608
6.1 定义	532	4 耐高温轴承用材料	608
6.2 清洁度对轴承使用性能的影响	533	4.1 高温轴承钢的应用	609
6.3 轴承清洁度试验方法	534	4.2 耐高温轴承零件的热处理	609
6.4 推荐的轴承清洁度控制标准	535	4.3 耐高温轴承钢的力学性能	611
7 滚动轴承的寿命试验	537	5 防磁轴承材料	611
7.1 试验目的	537	5.1 防磁轴承材料的应用	611
7.2 疲劳寿命试验方法	538	5.2 防磁轴承材料及其化学成分	612
7.3 滚动轴承寿命试验机	538	5.3 防磁轴承材料的热处理	612
7.4 滚动轴承寿命试验相关标准	540	5.4 防磁轴承材料的力学性能和物理性能	612
第5章 滚动轴承的振动与噪声	541	6 陶瓷轴承材料	613
1 滚动轴承的振动特性	541	6.1 工程用陶瓷材料的种类	613
1.1 滚动轴承的振动类型	541	6.2 陶瓷材料的性能	614
1.2 影响滚动轴承振动的因素	544	6.3 陶瓷球的制造	614
2 滚动轴承的振动测试	545	7 塑料轴承材料	615
2.1 评定滚动轴承振动的物理量和参数	546	7.1 轴承用工程塑料	615
2.2 测量滚动轴承振动的装置	546	7.2 轴承用塑料的物理、力学和化学性能	615
2.3 滚动轴承振动测试标准	554	7.3 轴承用塑料的抗摩特性	618
3 滚动轴承噪声及测量	568	8 保持器材料	618
3.1 滚动轴承噪声和振动的关系	568	8.1 保持器常用材料及其应用	618
3.2 滚动轴承噪声的表示方法	569	8.2 保持器的热处理	624
3.3 滚动轴承噪声的测量	570	8.3 保持器材料的力学性能	626
4 国际标准 ISO 15242——滚动轴承振动测量方法	571	9 其他材料	628
4.1 第1部分:基础	571	第7章 滚动轴承的润滑	629
4.2 第2部分:向心球轴承	579	1 润滑的作用和润滑剂的选择	629
第6章 滚动轴承用材料及其热处理	584	2 润滑剂的种类及主要性能	630
1 各国用各类轴承钢的牌号、化学成分及其对照	584	2.1 润滑油	630
2 普通轴承钢	595	2.2 润滑脂	631
2.1 高碳铬轴承钢	595	2.3 固体润滑剂	632
2.2 渗碳轴承钢	599	3 润滑脂润滑	632
2.3 轴承用中碳钢和中碳合金钢	603	3.1 润滑脂的选用	632
3 耐腐蚀轴承用材料	604	3.2 填脂量与换脂周期	643
3.1 耐腐蚀轴承钢的应用	604	3.3 润滑脂性能试验	647
		4 润滑油润滑	651
		4.1 润滑油的选用	651
		4.2 润滑方式选择	660

4.3 换油周期	665	4.5 轴连轴承的润滑与密封	721
第8章 特殊工况下滚动轴承的应用	667	4.6 轴连轴承的游隙	722
1 特殊工况下滚动轴承选用的特点	667	5 汽车轮毂轴承	722
1.1 高速轴承	667	5.1 轮毂单元的结构形式和外形尺寸	723
1.2 高温轴承	668	5.2 汽车轮毂单元的代号方法	726
1.3 低温轴承	669	5.3 技术要求	727
1.4 耐腐蚀轴承	669	5.4 润滑与密封	728
1.5 抗硫轴承	670	5.5 寿命试验和形式试验	728
1.6 防磁轴承	670	6 汽车离合器分离轴承及其单元	728
1.7 真空轴承	670	6.1 名词术语的定义和所用符号	729
1.8 自润滑轴承	670	6.2 汽车离合器分离轴承及其单元的分类和代号方法	730
1.9 陶瓷轴承	671	6.3 结构形式及外形尺寸	732
2 直线运动轴承	671	6.4 公差	738
2.1 直线运动轴承的特点	671	6.5 台架模拟试验	738
2.2 直线运动轴承的工作原理与结构	672	6.6 新旧型号对照	739
2.3 直线运动球轴承的基本额定寿命	672	7 汽车发动机张紧轮和惰轮轴承及其单元	739
2.4 直线运动球轴承的应用实例	673	7.1 代号方法	740
2.5 直线运动轴承的标准	673	7.2 主要结构形式	741
2.6 直线运动支承的分类	674	7.3 技术要求	743
2.7 直线运动支承的代号方法	675	7.4 检测及试验方法	745
3 关节轴承	685	7.5 检验规则	746
3.1 关节轴承的特点	685	7.6 标志	747
3.2 关节轴承的技术性能	685	7.7 包装	747
3.3 关节轴承的承载能力	686	8 铁路机车车辆轴承	747
3.4 关节轴承的摩擦因数和摩擦力矩	686	8.1 分类	747
3.5 关节轴承的标准	687	8.2 代号方法	747
3.6 关节轴承的分类	687	8.3 结构形式	748
3.7 关节轴承的代号方法	699	8.4 外形尺寸	749
3.8 关节轴承的配合	703	8.5 技术要求	751
3.9 关节轴承的安装尺寸	711	8.6 检测方法	753
4 汽车水泵轴连轴承	715	8.7 检验规则	755
4.1 轴连轴承的分类	716	8.8 标志	756
4.2 我国水泵轴连轴承的代号方法	717	8.9 防锈包装	757
4.3 水泵轴连轴承的尺寸	718	8.10 贮存	757
4.4 水泵轴连轴承的公差	720	第9章 滚动轴承的故障诊断与失效分析	758

1 滚动轴承的失效形式及原因	758	2.2 轴承零件和成品的清洗	779
1.1 滚动轴承失效形式分类	758	2.3 成品轴承涂油防锈	780
1.2 滚动轴承失效特征及其产生原因	759	3 滚动轴承的清洗	780
2 滚动轴承故障诊断技术的分类与选择	760	3.1 滚动轴承清洗用材料	781
3 滚动轴承的振动诊断技术	761	3.2 滚动轴承清洗方法	783
3.1 滚动轴承的振动频率分析	761	4 滚动轴承的防锈与包装	786
3.2 滚动轴承的振动诊断技术	762	4.1 滚动轴承防锈材料	786
4 滚动轴承的铁谱诊断技术	768	4.2 滚动轴承的防锈工艺	795
4.1 铁谱技术特点	768	4.3 滚动轴承的包装材料	797
4.2 铁谱仪器	769	5 滚动轴承的除锈	798
4.3 滚动轴承的铁谱诊断技术	770	5.1 机械除锈	798
5 滚动轴承失效分析技术	773	5.2 化学除锈	798
5.1 失效分析的一般过程	773	附录 常用滚动轴承的外形尺寸、性能参数及轴承代号	800
5.2 滚动轴承失效分析技术	773	1 深沟球轴承	800
第10章 滚动轴承的清洗与防锈	776	2 调心球轴承	823
1 滚动轴承的防锈包装	776	3 角接触球轴承	832
1.1 防锈期	776	4 圆柱滚子轴承	884
1.2 防锈材料	776	5 滚针轴承	904
1.3 防锈材料试验方法	778	6 调心滚子轴承	927
1.4 运输、储存和防锈期	779	7 圆锥滚子轴承	947
2 滚动轴承清洗防锈规程	779	8 推力球轴承	963
2.1 工序间防锈	779	9 推力滚子轴承	969
		10 紧定套	975
		参考文献	982

第 1 章 滚动轴承的选用基础

1 滚动轴承的特点和选用程序

滚动轴承是轴及其他旋转构件的重要支承，是最早采用专业化大批量生产方式的机械基础件之一。早在 20 世纪初，西方各国相继出现了比较完整的轴承工业体系，为不断提高滚动轴承的性能和寿命、降低产品成本、增加品种、扩大其适用范围以及理论研究、计算方法不断完善等提供了良好的环境。目前滚动轴承的选型计算方法比较完善，产品种类繁多、规格齐全，工作性能、精度、寿命、可靠度等能满足各个领域及尖端技术的需求。

由于滚动轴承的摩擦因数仅为滑动轴承的百分之一到几十分之一，并且使用维护方便，支承结构简单，容易装拆，因而，滚动轴承的使用极其广泛，并在许多领域逐步取代了滑动轴承。由于是专业化大批量生产，滚动轴承的结构、尺寸规格以及选型计算方法等均已国际标准化。因此，对一般机械设计者来说，主要是根据轴承的使用要求及原始计算参数，设计出合理的支承结构并选出合适的轴承代号，解决好保证轴承正常运转所涉及的有关问题。

1.1 滚动轴承的选用程序

1.1.1 一般选用程序

一般选用滚动轴承时，可按下列程序进行：

(1) 选择轴承类型

主要根据载荷种类、方向和大小来决定轴承的类型。

(2) 计算所需额定动载荷 C 的数值

由实际作用于轴承上的载荷，计算出当量动载荷 P ，再根据要求的轴承寿命，计算出所需额定动载荷 C 值。

(3) 由附录或轴承样本中查出与所需额定动载荷 C 值相近的轴承代号，并查出轴承内径、外径、宽度等外形尺寸和额定静载荷 C_0 、极限转速 n_j 的数值。

(4) 检查额定静载荷 C_0 。

由轴承承受的载荷计算出当量静载荷 P_0 ，检查是否：

$$P_0 \leq C_0$$

如不满足上述条件，即 $P_0 > C_0$ ，则应由轴承样本中选择尺寸较大的轴承。对旋转精度要求较低、平稳运转要求不高、没有冲击和振动的情况，可允许 P_0 值略大于 C_0 值。

(5) 检查极限转速 n_j 。

轴承的工作转速应低于轴承样本中所列的极限转速 n_j 值。当轴承工作转速接近或高于 n_j 值时，在选择轴承润滑方法时应特别注意。

(6) 选择轴承游隙

应考虑轴承与轴、轴承座的配合、工作温度、载荷引起原始游隙的变化，选择适当的游隙组别。

(7) 选择轴承预紧

为降低轴承振动、噪声和提高运转平稳性、支承刚性，可对轴承进行预紧。

(8) 选择轴承精度等级

一般情况下，优先选用普通级（0级）轴承。对轴的旋转精度、振动、噪声、摩擦、温升有特殊要求的场合，应选择高精度的轴承，但价格较高。

(9) 选择润滑剂和润滑方法

一般选用润滑脂润滑。高速和要求温升低的场合，以及某些传动装置，因工作需要选用油润滑。

(10) 选择密封形式

为防止外界杂质侵入和润滑脂泄漏，可选用带密封圈或防尘盖的轴承。若选用开式轴承，则应在轴和轴承之间设置密封装置。

(11) 选择轴和轴承座的配合

考虑载荷的种类和大小, 选择轴与轴承内孔、轴承座与轴承外径相配合表面的配合种类和公差。

(12) 检验轴向承载能力

各类轴承承受轴向载荷的能力不同, 如果承受轴向载荷, 应检验是否超过该类轴承轴向载荷能力的允许值。

1.1.2 已知轴承所占空间选用轴承

在机械设计中, 也常碰到根据机械结构的要求, 轴承被限定在一定的空间范围内, 即内径、外径, 宽度已被限定。这时, 应首先从滚动轴承外形尺寸总体方案表中(见本章第5节)选取轴承, 然后再根据上述步骤验算所选轴承是否合适。

1.1.3 已知轴承代号, 验算轴承寿命

在有些情况下, 轴承代号已经选定, 但不知承载能力和寿命能否满足要求。这时可根据上述步骤验算所选轴承代号是否合适。

1.2 滚动轴承类型的选择

选择滚动轴承类型应考虑以下几点:

(1) 载荷方向、大小和性质 所有向心轴承均可承受径向载荷; 所有推力轴承均可承受轴向载荷; 同时承受径向、轴向载荷时可选用角接触球轴承、圆锥滚子轴承。轴向载荷较小时可选用深沟球轴承。角接触球轴承和圆锥滚子轴承需成对安装使用。一般滚子轴承的承载能力大于相同尺寸的球轴承, 且承受冲击载荷能力强。

(2) 转速 一般轴承工作转速应低于极限转速 n_l 。深沟球轴承、角接触球轴承和圆柱滚子轴承极限转速较高, 适用于高速运转场合。推力轴承极限转速较低。

(3) 支承限位要求 能承受双向轴向载荷的轴承, 可以用作固定支承限制轴的两个方向的轴向位移; 只能承受单方向轴向载荷的轴承可以作单向限位支承; 游动支承不限位, 可选用内、外圈不可分的向心轴承在轴承座孔内游动, 也可选用内、外圈可分离的圆柱滚子轴承, 其内、外圈可以相对游动。

(4) 调心性能 由于各种原因不能保证两个轴承座孔同轴度或轴的挠度较大时, 应选用调心性能好的调心球轴承和调心滚子轴承。圆柱滚子轴承和滚针轴承调心可能性很小。

(5) 刚度要求 一般滚子轴承的刚度大, 球轴承的刚度小。角接触球轴承、圆锥滚子轴承采用预紧方法可以提高支承的刚度。

(6) 其他 在径向空间受限制的场合可选用滚针轴承或滚针和保持器组件; 对轴承振动、噪声有要求的场合, 可选用低噪声深沟球轴承; 此外在选用轴承类型时还应考虑

经济性和市场供应情况等。

各类轴承的性能对比列于表 1-1，供选用轴承类型时参考。

表 1-1 各类轴承性能比较

轴承性能	球轴承				滚子轴承			
	深沟球轴承	角接触球轴承	调心球轴承	推力球轴承	圆柱滚子轴承	圆锥滚子轴承	调心滚子轴承	推力滚子轴承
可承受载荷方向								
轴向载荷能力	小	较大	很小	较大	小 ^①	大	很小	大
径向载荷能力 (相同内径)	1.0	1.0 ~ 1.4	0.6 ~ 0.9	0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 2.5	2.3 ~ 5.2	0
极限转速	高	高	中	低	高	中	低	低
摩擦因数 ^②	0.0015 ~ 0.0022	0.0018 ~ 0.0025	0.0010 ~ 0.0018	0.0013 ~ 0.0020	0.0011 ~ 0.0020	0.0018 ~ 0.0028	0.0018 ~ 0.0025	0.0018 ~ 0.0030
刚度	较小	较小	较小	较小	较大	较大	较大	较大
可制造精度	各种精度	各种精度	0级 6级	各种精度	各种精度	各种精度	0级 6级	0级 6级
振动、噪声	小	较小	一般	一般	小	一般	一般	一般
调心性能	2' ~ 10'	2' ~ 10'	1.5° ~ 3.0°	—	< 2'	< 2'	1° ~ 2.5°	—

注：符号：←可承受单向轴向载荷

↔可承受两个方向的轴向载荷

↓可承受径向载荷

① 内、外套圈都有挡边的圆柱滚子轴承，可承受一个方向的轴向载荷。

② 引自机械工业出版社 1984 年出版的机械工程手册第 5 卷第 29 篇。

1.3 按接触疲劳寿命选用轴承

在滚动轴承中，承受载荷而又相对运动的接触表面（滚道或滚动物表面），由于接触应力反复作用，首先在接触表面下一定深度处形成裂纹，继而发展至接触表面，使表面金属成片状疲劳剥落。事实上，在安装、润滑、密封正常的情况下，绝大多数滚动轴承的破坏是接触疲劳破坏。因此一般情况下可按接触疲劳寿命选用轴承。

1.3.1 滚动轴承疲劳寿命计算方法

按接触疲劳寿命选用轴承的基本公式为

对球轴承：

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (1-1)$$

对滚子轴承：

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3} \quad (1-2)$$