

刘泽九 主编

滚动 轴承应用 手册

机械工业出版社

滚动轴承应用手册

主编 刘泽九

编者	康乃正	盛咸熙	顾杭靖	贺士荃
	李兴林	刘晖	陈德金	谢明
	薛进	张亚军	沈云同	张汉良
	晁文英	杨彦	黄振乔	瞿曼
	李光辉			

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、分析轴承运转性能、进行应用设计时参考;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.-北京:机械工业出版社,
1996

ISBN 7-111-04964-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 18238 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)

责任编辑:冯宗青 范兴国 版式设计:李松山

责任校对:丁丽丽 封面设计:姚毅

三河永和印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
1996年3月第1版·1996年3月第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·31.125印张·835千字

0 001—5 000 册

定价:55.00 元

前 言

滚动轴承是广泛应用的机械基础件。世界主要工业国都已大批量专业化生产，因此滚动轴承的标准化、系列化、通用化在国际上已逐步完善、统一。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。各项滚动轴承标准也在不断修订与更新。我国从1994年起已采用国际上通用的新的轴承代号方法。

为了使滚动轴承能够达到性能好、寿命长、可靠性高，正确选用与合理使用滚动轴承是非常重要的。因此，我们在整理国内外最新资料的基础上编写了这本手册，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。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、防尘性能以及工况检测、失效分析等，内容丰富实用。

本手册主要供从事机械设计的各类工程技术人员在选用轴承和分析轴承运转性能时查阅使用，供轴承行业技术人员在解决轴承设计和工艺问题时查阅，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。

参加本手册编写工作的人员有：

主 编 刘泽九

各章主要编写人员：第1章 盛咸熙、谢明；第2章 顾杭靖；第3章及附录A 贺士荃；第4章 李兴林；第5章 刘晖；第6、8章 康乃正；第7章 刘泽九；第9章 陈德金；第10章 薛进；附录B 黄振乔。

参加部分章节编写工作的人员还有：

ASA 2/1/26

张汉良、晁文英、沈云同、张亚军、杨彦、李光辉、瞿曼。

在手册编写过程中，梅宏同志参与了制图、打印等工作。杭州轴承试验研究中心许多同志在提供资料、讨论稿件中都给予了支持，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，编写时间较短，书中可能有错误和不当之处，敬请读者提出宝贵意见，以便改正。

滚动轴承应用手册编写组

1995年7月

目 录

前言

符号表	1
第1章 滚动轴承选用基础	3
1 滚动轴承的特点和选用程序	3
1.1 滚动轴承的选用程序	3
1.2 滚动轴承类型选择	4
1.3 按接触疲劳寿命选用轴承	6
1.4 按额定静负荷选用轴承	12
2 滚动轴承的分类和适用范围	13
2.1 深沟球轴承和双列深沟球轴承	14
2.2 调心球轴承	18
2.3 单列角接触球轴承和双列角接触球轴承	19
2.4 推力球轴承和双向推力角接触球轴承	22
2.5 四点接触球轴承	24
2.6 带座外球面球轴承	24
2.7 圆柱滚子轴承	28
2.8 圆锥滚子轴承	31
2.9 调心滚子轴承和推力调心滚子轴承	32
2.10 滚针轴承	35
2.11 推力滚子轴承	38
3 滚动轴承代号方法	39
3.1 我国新采用的滚动轴承代号方法	39
3.2 带附件轴承代号	70
3.3 专用轴承代号	70
3.4 非标准轴承代号编制方法	91
3.5 我国新旧轴承代号方法的对照	93
3.6 国外轴承公司轴承代号简介	125

4 滚动轴承的标准	162
4.1 我国已制定的滚动轴承标准	162
4.2 ISO 已制定的滚动轴承标准	162
第2章 滚动轴承应用计算	201
1 轴承负荷能力确定方法	201
1.1 基本额定动负荷	201
1.2 双列和多列轴承的基本额定动负荷	208
1.3 组合安装的轴承基本额定动负荷计算	208
1.4 高温下轴承基本额定动负荷计算	209
1.5 当量动负荷	210
1.6 基本额定静负荷	216
1.7 当量静负荷	220
2 轴承寿命计算方法	222
2.1 额定寿命	222
2.2 修正额定寿命	223
3 轴承磨损寿命计算	226
3.1 许用磨损系数	226
3.2 磨损寿命计算	229
4 作用于轴上传动负荷的计算方法	230
4.1 各种齿轮传动的传动负荷计算	230
4.2 各种带传动和链传动的传动负荷计算	235
5 支承轴的轴承负荷计算	236
5.1 双支承轴的轴承负荷计算	236
5.2 三支承轴的轴承负荷计算	241
6 球轴承的轴向承载能力	245
7 圆柱滚子轴承的轴向承载能力	247
第3章 滚动轴承的应用设计	249
1 滚动轴承的支承结构	249
1.1 选择支承结构形式应考虑的问题	249
1.2 支承结构的基本类型	250
1.3 轴支承的三种基本组合形式	253
1.4 常见的支承结构示意图	255
2 滚动轴承配合的选择	259

2.1	滚动轴承的配合特点	260
2.2	轴承与轴、外壳孔配合的常用公差带	261
2.3	滚动轴承配合的选用原则	262
2.4	滚动轴承配合标准推荐的配合	263
2.5	空心轴、铸铁和轻金属轴承座时轴承配合的选择	266
2.6	用估算法选择轴承的配合	267
2.7	机床主轴轴承配合的选择	268
2.8	轴承公差及相配轴和外壳孔的公差	270
3	滚动轴承相配零件的加工精度	308
3.1	我国有关相配零件加工精度的国家标准	308
3.2	SKF 推荐的有关相配零件精度的取值方法	313
3.3	FAG 推荐的有关相配零件精度的取值方法	317
3.4	ISO 的精度等级公差及表面粗糙度 R_a 的数值	318
4	滚动轴承工作游隙的选择	319
5	滚动轴承的密封装置	327
5.1	轴承的自身密封	328
5.2	轴承的支承密封	332
5.3	密封的目的及结构处理	335
6	滚动轴承的轴向紧固装置	335
6.1	滚动轴承的轴向定位和固定	335
6.2	几种常用的轴向紧固装置	355
6.3	常见的轴承内、外圈固定方式	357
7	滚动轴承的安装尺寸	360
7.1	滚动轴承的装配倒角极限尺寸	360
7.2	轴和外壳孔的单向圆角半径	363
7.3	向心球轴承、角接触球轴承、调心球轴承 及调心滚子轴承的挡肩高度	364
7.4	圆柱滚子轴承的安装尺寸	365
7.5	圆锥滚子轴承的安装尺寸	369
7.6	推力球轴承的安装尺寸	369
7.7	推力调心滚子轴承的安装尺寸	377
第 4 章	滚动轴承的精度、性能与测试	379
1	滚动轴承的精度与测量	379

1.1 滚动轴承的精度等级	379
1.2 滚动轴承的尺寸公差和旋转精度符号	379
1.3 各级精度滚动轴承的尺寸公差和旋转精度	384
1.4 滚动轴承精度测量	397
2 滚动轴承的游隙与测量	411
2.1 滚动轴承径向游隙	411
2.2 滚动轴承径向游隙的测量及评定方法	418
3 滚动轴承的摩擦力矩与摩擦系数	422
3.1 滚动轴承摩擦力矩	422
3.2 滚动轴承摩擦系数	425
3.3 静/动态摩擦力矩试验	426
4 滚动轴承的密封性能试验	428
4.1 漏脂试验	428
4.2 温升试验	429
4.3 防尘试验	430
5 滚动轴承的调心性能	431
6 滚动轴承的极限转速	433
6.1 滚动轴承极限转速的确定方法	433
6.2 极限转速的影响因素	435
6.3 极限转速试验方法	436
7 推力和推力角接触轴承的最小轴向负荷	437
8 向心轴承必需的最小径向负荷 F_{rmin}	440
8.1 深沟球轴承、调心球轴承、角接触球轴承	440
8.2 向心圆柱滚子轴承	441
8.3 滚针轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承	441
8.4 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	441
9 滚动轴承的清洁度及试验方法	442
9.1 定义	442
9.2 清洁度对轴承使用性能的影响	443
9.3 轴承清洁度试验方法	445
9.4 推荐的轴承清洁度控制标准 (JB/T7050—93)	445
10 滚动轴承的刚性与预紧	448

10.1 滚动轴承的变形和刚度	448
10.2 滚动轴承的预紧	450
10.3 预紧负荷值的选取	453
10.4 径向预紧	454
10.5 实现轴向预紧的方法	455
11 滚动轴承的寿命试验	459
11.1 试验目的	459
11.2 疲劳寿命试验方法	460
11.3 滚动轴承寿命试验机	461
第5章 滚动轴承的振动与噪声	465
1 滚动轴承的振动特性	465
1.1 滚动轴承振动类型	465
1.2 影响滚动轴承振动的因素	469
2 滚动轴承的振动测试	472
2.1 评定滚动轴承振动的物理量和参数	472
2.2 测量滚动轴承振动的装置	473
2.3 滚动轴承振动测试标准	479
3 滚动轴承噪声及测量	484
3.1 滚动轴承噪声和振动的关系	484
3.2 滚动轴承噪声的表示方法	485
3.3 滚动轴承噪声的测量	487
第6章 滚动轴承用材料	489
1 轴承套圈和滚动体用材料	489
1.1 高碳铬轴承钢	489
1.2 渗碳轴承钢	497
1.3 轴承零件用中碳合金钢	504
2 耐腐蚀轴承用材料	507
2.1 轴承用不锈钢的钢号与化学成分	507
2.2 不锈钢制轴承零件的热处理	510
2.3 轴承用不锈钢的力学性能	515
2.4 抗硫轴承材料	517
3 耐高温轴承用材料	518
3.1 耐高温轴承钢的钢号与化学成分	519

3.2 耐高温轴承零件的热处理	519
3.3 耐高温轴承钢的力学性能	519
4 防磁轴承材料	523
4.1 防磁轴承材料及其化学成分	523
4.2 防磁轴承材料的热处理	525
4.3 防磁轴承材料的力学性能和物理性能	525
5 陶瓷轴承材料	527
5.1 工程用陶瓷材料的种类	527
5.2 陶瓷材料的性能	527
5.3 陶瓷球的制造	527
6 塑料轴承材料	529
6.1 轴承用工程塑料	529
6.2 轴承用塑料的物理、力学和化学性能	529
6.3 轴承用塑料的抗摩特性	534
7 保持架材料	535
7.1 保持架用材料的牌号和化学成分	536
7.2 保持架的热处理	536
7.3 保持架材料的力学性能	536
第7章 滚动轴承的润滑	553
1 润滑的作用和润滑剂的选择	553
2 润滑剂的种类及主要性能	555
2.1 润滑油	555
2.2 润滑脂	557
2.3 固体润滑剂	558
3 润滑脂润滑	558
3.1 润滑脂的选用	558
3.2 填脂量与换脂周期	571
3.3 润滑脂性能试验	577
4 润滑油润滑	583
4.1 润滑油的选用	583
4.2 润滑方式选择	599
4.3 换油周期	607
第8章 特殊工况下滚动轴承的应用	609

1 特殊工况下滚动轴承选用特点	609
1.1 高速轴承	609
1.2 高温轴承	611
1.3 低温轴承	612
1.4 耐腐蚀轴承	612
1.5 抗硫轴承	613
1.6 防磁轴承	613
1.7 真空轴承	614
1.8 自润滑轴承	614
1.9 陶瓷轴承	614
2 直线运动轴承	615
2.1 直线运动轴承的特点	615
2.2 直线运动轴承的工作原理与结构	616
2.3 直线运动球轴承的基本额定寿命	617
2.4 直线运动球轴承的应用实例	617
3 高精密轴承	619
3.1 高精密轴承精度等级的选择	619
3.2 配合面的形状和位置公差的选择	620
3.3 配合表面粗糙度的选择	621
3.4 高精密轴承应用实例	621
4 关节轴承	622
4.1 关节轴承的特点	622
4.2 关节轴承的技术性能	623
4.3 关节轴承的负荷能力	625
4.4 关节轴承的当量动负荷 P 及当量静负荷 P_0 的计算方法	626
4.5 关节轴承的摩擦系数和摩擦力矩	627
5 轧钢机轧辊用轴承	628
5.1 轧辊轴承类型选择	628
5.2 轧辊轴承的配合选择	628
5.3 轧辊轴承的润滑	634
5.4 轧辊轴承的应用	634
6 洗衣机用轴承	638
6.1 洗衣机轴承的选用特点	638

6.2 常用的支承结构形式	638
6.3 洗衣机轴承选用举例	643
7 机床主轴轴承	645
7.1 机床主轴对轴承的要求	645
7.2 机床主轴常用的滚动轴承类型	646
8 电动机用轴承	651
9 汽车水泵轴连轴承	659
9.1 轴连轴承的分类	660
9.2 德国 FAG 公司、日本 NSK 公司和 KOYO 公司轴连轴承的代号表示方法	661
9.3 轴连轴承的润滑与密封	665
9.4 轴连轴承的游隙	666
9.5 轴连轴承的精度	667
第 9 章 滚动轴承的故障诊断与失效分析	669
1 滚动轴承的失效形式及原因	669
2 滚动轴承故障诊断技术的分类与选择	671
3 滚动轴承的振动诊断技术	672
3.1 滚动轴承的振动频率分析	672
3.2 滚动轴承的振动诊断技术	675
4 滚动轴承的铁谱诊断技术	685
4.1 铁谱技术特点	685
4.2 铁谱仪器	686
4.3 滚动轴承的铁谱诊断技术	687
5 滚动轴承失效分析技术	692
5.1 失效分析的一般过程	692
5.2 滚动轴承失效分析技术	693
第 10 章 滚动轴承的清洗与防锈	696
1 滚动轴承的清洗	696
1.1 滚动轴承清洗用材料	696
1.2 滚动轴承清洗方法	699
2 滚动轴承的防锈与包装	702
2.1 滚动轴承防锈用材料	703
2.2 滚动轴承的防锈工艺	714

2.3 滚动轴承的包装	718
3 滚动轴承除锈	719
3.1 机械除锈	719
3.2 化学除锈	719
附录 A 常用轴承的外形尺寸、性能参数及 新旧轴承型号	721
1 深沟球轴承	721
2 调心球轴承	746
3 角接触球轴承	757
4 四点接触球轴承	782
5 双列角接触球轴承	784
6 圆柱滚子轴承	785
7 滚针轴承	821
8 调心滚子轴承	839
9 圆锥滚子轴承	860
10 推力球轴承	885
11 推力滚子轴承	893
附录 B 国内外轴承厂、公司介绍	903
1 国内轴承制造厂	903
2 国外主要轴承公司(厂)简称或商标	969
参考文献	980

符 号 表

A	最小负荷常数	f_n	转速系数
a	接触椭圆长半轴	f_T	温度系数
a_1	可靠性系数	f_v	许用磨损系数
a_2	材料系数	i	轴承中滚动体列数
a_3	使用条件系数	K	弹性变形常数
B	轴承宽度	L	轴承额定寿命
b	接触椭圆短半轴	L_h	以小时计轴承额定寿命
C	额定动负荷	M	轴承摩擦力矩
C_a	轴向额定动负荷	M_i	惯性力矩
C_0	额定静负荷	n	轴承转速
C_r	径向额定动负荷	n_j	轴承极限转速
D	轴承外径	P	轴承当量动负荷
D_b	滚动体直径	P_0	轴承当量静负荷
D_e	外圈滚道直径	P_m	平均当量动负荷
D_i	内圈滚道直径	Q	滚动体负荷
D_m	轴承平均直径	Q_0	最大滚动体负荷
d	轴承内径	r	沟曲率半径
E	材料弹性常数	r_e	外圈滚道沟曲率半径
e	韦布尔分布斜率, 判断参数	r_i	内圈滚道沟曲率半径
F	作用于支承系统上的负荷	X	径向系数
F_A	作用于支承系统上的轴向负荷	X_0	静径向系数
F_a	作用于轴承上的轴向负荷	Y	轴向系数
F_{a0}	预紧负荷	Y_0	静轴向系数
F_r	作用于轴承上的径向负荷	Z	滚动体数
F_{amin}	推力和推力向心轴承的最小轴向负荷	α	接触角
f_e	外圈滚道沟曲率半径系数	α_e	滚动体与外圈滚道接触处接触角
f_h	寿命系数	α_i	滚动体与内圈滚道接触处接触角
f_i	内圈滚道沟曲率半径系数	ϵ	寿命指数

2 符 号 表

角注符号

e 外圈

i 内圈

b 滚动体

m 平均

a 轴向

r 径向

第1章 滚动轴承选用基础

1 滚动轴承的特点和选用程序

滚动轴承是通用标准件，广泛应用于各种机械设备中。由于滚动轴承的摩擦系数很小，仅为滑动轴承的1/10，且支承结构简单、使用维护方便，因此在许多领域取代了滑动轴承。由于是专业化大批量生产，各工业化国家都已形成了完整的轴承工业体系，降低了产品成本，在国际上已形成了通用的标准。因而机械设计者的任务主要是从种类繁多的标准化的滚动轴承中，选用满足具体使用要求的轴承。

1.1 滚动轴承的选用程序

一般情况下，选用滚动轴承可按下列程序进行：

(1) 选择轴承类型 主要根据负荷的种类、方向和大小来决定轴承的类型。

(2) 计算所需额定动负荷 C 的数值 由实际负荷计算出当量动负荷 P ，再根据要求的轴承寿命计算出所需的额定动负荷 C 值。

(3) 决定轴承尺寸 由轴承样本中查出与所需额定动负荷 C 值相近的轴承型号，并查出轴承内径、外径、宽度等外形尺寸和额定静负荷 C_0 及极限转速 n_j 的数值。

(4) 检查额定静负荷 C_0 由轴承承受的负荷计算出当量静负荷 P_0 ，检查是否满足 $P_0 \leq C_0$ 。

如不满足上述条件，一般情况下，则应从轴承样本中选取尺寸较大的轴承。对旋转精度和平稳运转要求较低，没有冲击和振动的情况下，可允许 P_0 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。如轴承工作转速接近或高于极限转速 n_j 时，