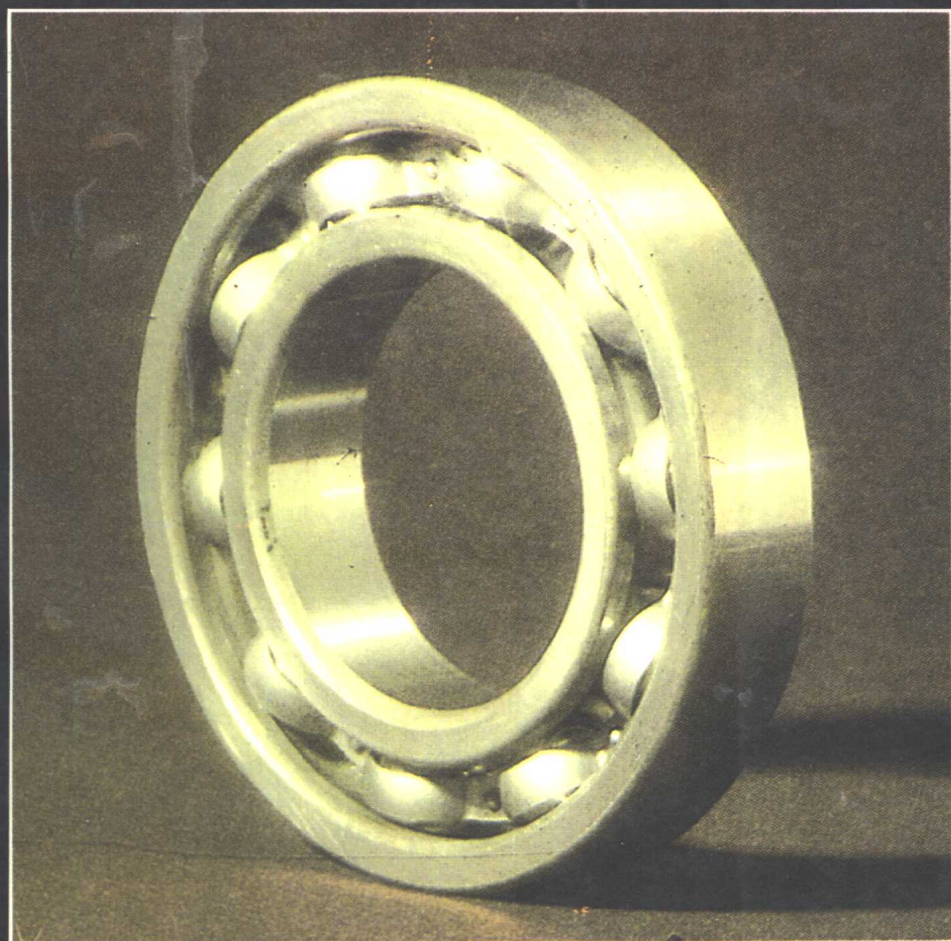


上海科学技术出版社
吴又南 刘双发 编著

新编 滚动轴承 应用技术手册



XINBIAN GUNDONG ZHOUCHENG
YINGYOUG JISHU SHOUCHE

新编滚动轴承应用技术手册

吴又南 刘双发 编

上海科学技术出版社

新编滚动轴承应用技术手册

吴又南 刘双发 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

本书由上海发行所经销 常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 38.5 字数 917,000

1997 年 3 月第 1 版 1997 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—5,000

ISBN 7-5323-4225-5/TH·78

定价: 44.00 元

内 容 提 要

本手册贯彻与国际接轨的滚动轴承有关各项最新标准，采用新颁布的相应代号方法、新的术语与有关定义以及新公差制，综合介绍了国内外各类型现代滚动轴承的结构特点、尺寸规格、性能和选型方法。

本手册集中了我国和欧美日等地 10 多个国家在轴承应用技术领域中的实用性经验，特别是关于轴承噪声与振动的测量、控制与消除；轴承系统刚度与可靠性的计算方法与提高途径；达到轴承长寿命的最佳润滑方法；提高轴承安装精度和运转精度的方法；轴承运转状态监控、故障预防与消除、失效原因分析等方面的专门知识。

本手册可供滚动轴承专业人员以及各行业轴承用户使用，也可供有关科研人员、高等院校师生和采购供销人员参考。

前 言

本手册的问世,恰逢这样一个时机,即为与国际接轨,我国滚动轴承行业 1995 年开始推行全新的滚动轴承代号方法;自 80 年代开始的我国对滚动轴承的全部有关标准,以国际标准 ISO 为蓝本的修订工作,至此已告完成。全部有关标准面目一新,这就为我国滚动轴承技术赶上和接近国际水平提供了可资参考的准绳。本手册的编写正是全面地以新的滚动轴承代号方法和新的滚动轴承有关标准为依据,并加以运用、介绍和贯彻执行。

本手册编写的时代背景还有:

(1) 近一时期,国内、外滚动轴承技术有了很大的提高,发展了大量高性能的新轴承品种和新的轴承材料;滚动轴承的应用技术也有了很大进步,不论是滚动轴承行业还是广大用户,在这方面都积累有十分丰富的经验。

(2) 我国国防和工、农业各部门在其向现代化发展的过程中,越来越多地对滚动轴承的各项性能提出了越来越高的技术要求,而为满足这些要求,我国滚动轴承技术本身也在迅速地向现代化发展。

(3) 广大滚动轴承用户越来越重视滚动轴承的应用技术,因为从他们切身的体验中深刻地认识到,为保证滚动轴承充分发挥其应有的作用,以及保证主机处于更理想的工作状态,滚动轴承的应用知识是必不可少和极为重要的。

本手册主旨在于:立足于我国滚动轴承新标准和丰富的科研成果与现场经验,适应广大轴承用户的需求,力求较系统而简明地向广大滚动轴承用户介绍我国和美、日、德、瑞典等十多个国家的较新而行之有效的实用性滚动轴承应用技术。

除对基本的应用问题力求较为完整加以综合介绍外,本手册还收入了在高速、重载、低噪声、低振动、高精度、长寿命等特定要求的情况下,滚动轴承的有关应用技术知识,例如:

- (1) 滚动轴承噪声与振动的测量、控制和消除的方法;
- (2) 提高滚动轴承安装精度和运转精度的方法;
- (3) 使滚动轴承达到长寿命和最佳润滑状态的方法;
- (4) 滚动轴承的刚度计算与提高其刚度的方法;
- (5) 滚动轴承在高速和超高速、重载等工作状态下的应用问题。

本手册还介绍了某些国内、外轴承行业新开发的新轴承结构和轴承材料,例如加强型球轴承等,以及适用于高温、低温或腐蚀性环境中工作的各种轴承材料。

本手册还重点介绍了轴承运转状态的监控技术,有助于用户在多种情况下得以预防和消除与滚动轴承有关的故障,或对不同的不正常现象加以分析并采取对策。

本手册也叙述了滚动轴承的库存保管方法和某些已损坏轴承的修复方法,这可能对合理保存与节约滚动轴承资源有所助益。

本手册在内容与形式方面,还注意到以下几点:

- (1) 在贯彻新国家标准的基础上,引用赋以新定义的滚动轴承术语,以及我国统一的法

KAR82/56

定计量单位；

(2) 大量使用简明、实用而数据可靠的图表，以便能方便地又足够精确地解决某些应用问题，避免复杂的运算；

(3) 对于某些必要的计算，既给出简化的公式或经验公式，又给出较精确的理论公式，以供在不同要求的情况下选用。

本手册所拟的服务对象较广泛，除可供滚动轴承行业专业人员作为参考外，还可供使用滚动轴承各部门的工程技术人员、有关科研人员、设备安装及维修人员，以至采购与供销人员使用，也可供高校机械专业师生参考。

本手册在轴承行业内外许多同志的大力支持下编写而成。由于编者的水平有限，本手册中谬误脱漏之处在所难免，我们诚恳地希望识者不吝指出，以利改进本手册的质量。

在这里，我们特别向机械电子工业部洛阳轴承研究所的各位老友致以衷心的感谢，他们的支持和帮助对本手册的出版，起到很大的促进作用。

吴又南 刘双发

1995年

目 录

第一章 概述	1
第一节 轴承与轴承应用技术	1
一、轴承在机器中的重要性	1
二、轴承应用技术的意义	1
第二节 轴承的基本概念和主要类别	1
一、轴承的基本概念	1
二、轴承的主要类别	1
第三节 轴承选择	2
一、用户对轴承的要求	2
二、轴承类型的选择	4
三、按轴承性能和环境条件选择轴承.....	9
第二章 滚动轴承的结构和代号	16
第一节 概述	16
第二节 滚动轴承的结构和特性	16
一、滚动轴承的基本组成	16
二、滚动轴承的分类方法	17
三、滚动轴承的基本类型及其主要变型	43
第三节 滚动轴承的代号	43
一、滚动轴承代号的总体表示	43
二、基本代号	44
三、前置、后置代号.....	47
第四节 滚动轴承的主要尺寸	74
第三章 滚动轴承国内外型号对照和代用	99
第一节 概述	99
第二节 国内外滚动轴承型号对照	99
第三节 各国滚动轴承补充代号	189
第四节 国外滚动轴承的代用	197
第四章 滚动轴承的负荷计算	199
第一节 概述	199
一、滚动轴承负荷计算的目的.....	199
二、滚动轴承负荷计算的步骤.....	199
第二节 滚动轴承传递负荷的特点	199
一、滚动轴承的接触状态.....	199
二、滚动体径向承载的不均匀性.....	200

三、滚动轴承负荷的方向	200
四、滚动轴承的次表层应力	200
五、滚动轴承对外负荷的传递顺序	201
第三节 外负荷的实用计算	203
一、传动系统对轴的作用力	203
二、轴系统加于轴承的负荷	216
第四节 双支承和三支承轴的负荷计算	223
一、双支承轴的轴承负荷计算	223
二、三支承轴的轴承负荷计算	226
第五节 当量动负荷	230
一、当量动负荷的概念	230
二、当量动负荷的计算方法	230
三、负荷系数与当量动负荷的关系	236
第六节 当量静负荷	236
一、当量静负荷的概念	236
二、当量静负荷的计算方法	240
第七节 额定静负荷	242
一、额定静负荷的概念	243
二、额定静负荷的计算	243
三、按额定静负荷选择轴承	245
第八节 额定动负荷	246
一、额定动负荷的概念	246
二、基本额定动负荷的计算	246
第五章 滚动轴承的寿命计算	253
第一节 概述	253
一、轴承寿命的基本概念	253
二、可计算的轴承寿命类别	253
第二节 滚动轴承的疲劳寿命	254
一、轴承疲劳寿命的基本概念	254
二、轴承疲劳寿命的估计方法	254
三、疲劳寿命的计算	255
第三节 滚动轴承的磨损寿命	284
一、滚动轴承磨损寿命的基本概念	284
二、轴承磨损寿命的估算	284
第四节 滚动轴承的润滑寿命	288
一、轴承润滑寿命的基本概念	288
二、轴承润滑寿命的估算	289
第五节 滚动轴承的微动磨蚀寿命	291
一、轴承微动磨蚀寿命的基本概念	291
二、衡量微动磨蚀程度的定量标准	291
第六章 滚动轴承的润滑和密封	295
第一节 概述	295

一、润滑对滚动轴承的重要性	295
二、滚动轴承润滑的目的	295
三、滚动轴承润滑的特点	295
第二节 滚动轴承的润滑剂	296
一、滚动轴承对润滑剂的要求	296
二、润滑剂的类别及其选择依据	297
三、滚动轴承使用的润滑脂	297
四、滚动轴承使用的润滑油	324
第三节 轴承润滑的全新信息	338
一、高速主轴轴承的微量脂润滑	338
二、国外润滑剂的参考资料	339
第四节 滚动轴承部位的密封	341
一、轴承部位密封的目的与作用	341
二、常用的密封方法	341
三、常用的密封结构	341
四、滚动轴承密封的两个要点	342
第七章 滚动轴承的材料	343
第一节 概述	343
一、用户对轴承材料应具备的知识	343
二、轴承各元件对材料的要求	343
第二节 套圈和滚动体材料	344
一、套圈和滚动体所用的钢材	344
二、轴承钢材的冶炼方法与钢材质量	355
第三节 保持架材料	359
一、对保持架材料的要求	359
二、保持架的常用材料	359
第四节 滚动轴承其他零件材料	362
第八章 滚动轴承的故障及其对策	363
第一节 轴承损坏原因的查找步骤	363
第二节 轴承的主要失效形式	364
一、轴承的正常失效	364
二、轴承的非正常失效	366
第三节 轴承运转状态的监视与故障的排除	372
一、轴承运转时几种典型不正常现象	372
二、典型的故障原因及其引起的现象	372
三、轴承运转故障的排除方法	377
第四节 滚动轴承的监控技术	377
一、滚动轴承监控技术的分类	377
二、油膜与振动综合检测法	377
三、冲击脉冲检测法	379
四、轴承润滑状态监控法	385
五、AE 声发射监测法	385

六、外圈位移监控法	386
七、疲劳磁性报警法	386
八、放射性示踪法	387
九、铁谱分析法	387
第九章 滚动轴承的配合、游隙、安装和拆卸	389
第一节 概述	389
第二节 滚动轴承的配合	389
一、轴承配合的作用和要求	389
二、选择轴承配合的原则和方法	390
三、配合过盈量的计算	395
第三节 滚动轴承的游隙	409
一、轴承游隙的意义和作用	409
二、选择轴承游隙时的考虑因素	410
三、轴承的最佳有效游隙	411
四、选择轴承径向游隙的一般原则	411
五、轴承的径向游隙和轴向游隙	411
第四节 滚动轴承的安装与拆卸	418
一、轴承安装与拆卸工作概述	418
二、装拆轴承时的注意事项	418
三、装拆时施力的要点	419
四、滚动轴承的安装	419
五、滚动轴承的拆卸	426
第十章 滚动轴承的配置、调整和固定	431
第一节 概述	431
第二节 消除轴向变动影响的配置方式	431
一、自由端轴承	431
二、固定端轴承	432
三、半固定轴承	432
第三节 向心推力型轴承的配置	434
第四节 滚动轴承的预紧	436
一、预紧的目的	436
二、预紧方法的类别	436
三、轴承负荷与变位量的关系	437
四、预紧与刚性	438
五、预紧量的考虑原则	439
六、控制预紧的方法	439
七、各种轴承的预紧量	440
第五节 滚动轴承的轴向紧固	442
一、轴承轴向紧固的作用和要点	442
二、常用的轴承套圈轴向紧固方法	443
第十一章 滚动轴承的选型技术	447
第一节 概述	447

一、轴承选型的重要性	447
二、轴承选型技术的要点	447
第二节 轴承类型的选定	448
第三节 轴承选型的几项经验	454
一、轴承选型中的考虑因素	454
二、轴承选型中的限制因素	456
三、轴承选型的一个实例	457
第十二章 高要求滚动轴承的应用	461
第一节 概述	461
第二节 长寿命轴承的应用	461
一、实现轴承长寿命的途径	461
二、长寿命轴承的选型	461
三、长寿命轴承的安装与调整	463
四、长寿命轴承的润滑与密封	463
五、长寿命轴承的工艺要求	464
六、长寿命滚动轴承的应用实例	465
第三节 高精度轴承的应用	466
一、得到高精度主轴支承的途径	466
二、高精度轴承的选型	466
三、精密轴承的安装	466
四、精密轴承的游隙	469
五、精密轴承的支承配置	469
六、轴承安装后的精度提高法	469
七、轴承安装精度的综合校验法	469
八、圆锥孔双列短圆柱滚子轴承的安装	470
九、提高轴承精度的一种方法	470
第四节 高速轴承的应用	470
一、达到轴承高速化的途径	470
二、适合高速要求的轴承结构	471
三、高速轴承适用的材料	472
四、高速轴承的润滑	473
五、高速轴承的安装配合和调整	476
第五节 高刚性轴承的应用	478
一、提高轴支承刚性的途径	478
二、从支承刚性观点选择轴承	478
三、提高轴支承刚性的应用技术	478
四、轴承刚度的计算	483
第六节 高可靠性轴承的应用	480
一、提高轴承可靠性的要点	480
二、确定轴承使用可靠性的方法	481
第七节 重载轴承的应用	481
第八节 低振动轴承的应用	482

一、轴承振动的产生原因	482
二、轴承的本质振动及其对策	482
三、由轴承制造误差引起的振动	485
四、轴与座孔形位精度的影响	486
第九节 低噪声轴承的应用	488
一、控制轴承噪声影响的途径	488
二、低噪声轴承的选型	488
三、低噪声轴承的安装与调整	489
四、轴承的本质噪声及其控制方法	490
五、制造因素引起的噪声及其对策	490
六、应用问题引起的噪声及其对策	491
七、与主机有关的噪声及其对策	491
八、其他降低轴承噪声的方法	492
第十三章 滚动轴承的应用计算实例	493
第一节 概述	493
第二节 电动机支承设计	493
一、电动机轴承的负荷计算	493
二、使用寿命的校核	494
三、安装配合与径向游隙	494
四、润滑和密封	494
第三节 吊车滚轮支承设计	495
一、吊车滚轮轴承的负荷计算	495
二、支承设计	496
三、使用寿命的校核	496
四、安装和拆卸	497
五、润滑和保养	497
第四节 锥齿轮与正齿轮联动机构支承设计	497
一、联动机构轴承的负荷计算	497
二、润滑和密封	500
第十四章 滚动轴承商品的检查与验收	501
第一节 概述	501
第二节 滚动轴承商品检验的依据	501
第三节 轴承验收检查的分类	502
第四节 轴承的例行检查	502
第五节 轴承的常规检查	502
一、轴承常规检查的准备工作	502
二、轴承常规检查的规定条件	503
三、轴承常规检查的方法	504
第六节 滚动轴承及其商品零件的检验规则	536
一、检验规则的适用范围	536
二、主要检验参数的确定	536
三、连续批和孤立批	552

四、对抽样方案表的使用说明	554
第十五章 滚动轴承振动与噪声的检测	555
第一节 概述	555
一、振动与噪声的关系	555
二、振动测量与噪声测量的对比	555
第二节 振动的测量	555
一、振动测量的基本概念	555
二、振动加速度的测量	556
第三节 振动速度的测量	562
一、振动速度的测量单位	562
二、对仪器驱动系统的要求	562
三、轴向负荷的加载方法	562
四、安装传感器的机械装置	562
五、传感器	563
六、电子测量装置	563
七、其他测量条件	563
八、测量方法	563
九、振动速度值的检验规则	564
第四节 噪声的测量	565
一、噪声测量的基本概念	565
二、响度和响度级	566
三、噪声测量的频率计权	566
四、关于噪声测试场所的规定	566
五、背景噪声的修正	567
六、旋转轴及其回转系统	568
七、传声器的位置	569
八、轴承噪声的测量方法	570
九、测量滚动轴承噪声所用声压计	571
十、声压计的总体特性	573
十一、声压计的性能试验	574
十二、声压计使用注意事项	575
十三、噪声测量的常用方法	575
十四、噪声的测量仪器	575
第十六章 滚动轴承的库存与管理	576
第一节 概述	576
第二节 滚动轴承的库存	576
一、轴承仓库的环境条件	576
二、安放轴承的货架	577
三、仓库的室内结构	577
第三节 滚动轴承的管理	577
一、滚动轴承的入库	577
二、滚动轴承的上架存放	578
三、滚动轴承的发放	578

四、库存轴承的防锈检验、清洗与包装	578
第四节 轴承备品数量的确定	582
一、轴承备品数量的确定原则	582
二、确定轴承备品数量时的考虑因素	582
三、确定轴承备品数量的具体方法	582
第五节 滚动轴承的运输	584
第十七章 滚动轴承的修理	585
第一节 概述	585
一、轴承修理的经济效益	585
二、与专业轴承企业合作的好处	585
第二节 轴承报修的确定原则与方法	586
一、确定轴承报修的最佳时机	586
二、轴承报修时机的确定方法	587
第三节 修理前的准备工作	587
一、轴承的拆解	587
二、修理前的预检	590
三、除油与除锈	590
第四节 轻度损伤轴承零件的修理	592
第五节 中度损伤轴承零件的修理	596
第六节 有较重损伤的轴承的修理	599
主要参考文献	601

第一章 概 述

第一节 轴承与轴承应用技术

一、轴承在机器中的重要性

所有机器都使用轴承,而轴承也影响着所有机器的品质、性能和寿命,轴承问题常常成一部机器性能的关键问题。例如,重型机床要实现强力切削,必须使轴承能胜任强大的重载;新干线要实现高速行车,必须开发耐高速而可靠性极高的轴承;精轧钢板的厚度误差在一定程度上是轧机轴承精度和刚度的反映;在需要安静的登陆艇或潜水艇中,轴承是必须加以控制的噪声源之一……

总之,轴承是机器的主要组成元件之一,在机器中占有一定的重要地位。

二、轴承应用技术的意义

如果不重视轴承应用技术,即使买到精密轴承,也不一定保证主机实现高精度旋转,或者即使选用的是“长寿命轴承”,而轴承的实际使用寿命很可能并不长。

轴承应用是一整套技术,其中任一环节如有疏忽,都会使轴承的功能达不到预定的要求,从而使主机不能实现原设计的目标。因此,机器的设计者和使用者都必须对轴承的应用问题具备必要的知识和经验。

第二节 轴承的基本概念和主要类别

一、轴承的基本概念

轴承在机器中主要起以下作用:

- (1) 轴支承作用或平面支承作用 在轴与座孔之间,或平面与平面之间传递负荷;
- (2) 作为相对运动元件之间的媒介 轴支承用作有相对运动的轴与座孔之间的媒介,平面支承或直线运动轴承用作有相对运动的平面与平面之间的媒介;
- (3) 限制相对运动元件在非必要方向的位移 轴支承或平面支承一般能在径向或轴向限制彼此之间的相对位移,从而使相对运动元件得以在轴向或径向定位;
- (4) 力图减少摩擦面之间相对运动的阻力 所有轴承都在可能范围内,采取种种措施(例如实行润滑,提高摩擦面的几何精度和表面粗糙度等),致力于减少摩擦。

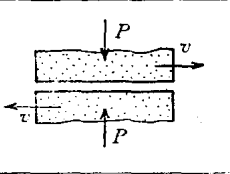



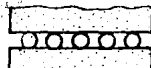

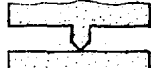
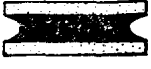
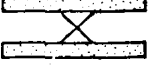

反过来说,具有上述四种功能的机械元件(摩擦副)就是轴承。在大多数情况下,这可作为轴承的定义。

二、轴承的主要类别

轴承的主要类别为(参看表 1-1),

- (1) 滑动轴承 传递负荷的面积很大,为“面接触”轴承;
- (2) 高副支承 传递负荷的面积很小,为“点接触”或“线接触”轴承;

表 1-1 轴承的类别图例

工作条件		基本功能 P —负荷 v —表面运动速度	在有相对运动的表面之间传递负荷
滑动轴承		固体润滑轴承	两表面直接接触并摩擦,靠表面固体层润滑
		流体润滑轴承	靠流体膜压力使两表面相互分开
		静磁性轴承	靠电磁体之间的斥力保持两表面分开
高副支承		滚动轴承	用滚动体作为中介,隔开两表面
		摆动瓦块	支点随着支承的摆动而变动
		刃口支承	锐边接触使支点的运动最小
挠性支承		橡胶支承	靠橡胶的变形而产生一定的相对运动
		弹性铰支承	靠弹性件绕支点的转动实现相对运动
		缆索或扭杆	靠弹性变形而得到一定的相对运动

(3) 挠性支承 传递负荷的面积随所用挠性构件而定,仅适用于摆动运动。

挠性支承的应用特点与滚动轴承显然有别,因此在以下章节中,只以滑动轴承与滚动轴承进行对比。与滚动轴承对比的滑动轴承,其主要种类见表 1-2。

第三节 轴承选择

一、用户对轴承的要求

用户在选择轴承之前,必须明确对轴承应有哪些要求。

1. 对轴承的基本要求

通常用户对轴承有如下各项基本要求:

(1) 承载能力上要求能支承或传递主机中的工作负荷,经受实际的负荷变动的频率和

表 1-2 滑动轴承的分类

类型	分类	润滑机理	传力介质	特点	适用场合
自润滑轴承	固体润滑轴	利用自身所含润滑剂或表面涂层, 实行边界润滑	固体	允许固体表面直接接触并相互摩擦, 常在廉价基体表面涂、镀耐磨层	不宜实行流体润滑的场合
	塑料轴承		油脂	耐化学侵蚀, 干摩擦系数小, 有润滑更佳, 轻巧耐磨, 强度差, 尺寸不稳	要求化学稳定等场合
	含油轴承			使用方便, 价廉, 较能吸振, 运转安静无声, 但承载能力小, 精度差	中、低速小负荷场合
流体润滑轴承	液体动压轴	流体动压润滑	油脂	依靠自身的运动使两表面间的润滑剂连续地或阶段性地由较宽处向较狭处流动, 形成所谓“油(气)楔作用”而承载外负荷	大多数重要的滑动轴承都是这一类
	气体动压轴		气体		
	液体静压轴	流体静压润滑	油	依靠油泵或压缩空气机等外部压力源供给压力, 以获得负荷承载能力, 并使主轴悬浮在润滑剂中或气体中, 以减少摩擦阻力	要求较高的重要场合, 长寿命、低磨损场合等
	气体静压轴		气体		
	液体动静压轴	流体动压与流体静压润滑	油	既有“油(气)楔作用”, 又有外部压力作用, 效果更佳, 可靠性高	
	气体动静压轴		气体		
电磁轴承	靠电磁力隔开界面	无	理论上相对运动的零件双方完全不接触, 应是非摩擦副	高要求的中、小负荷场合	

幅值, 有一定的过载能力;

(2) 能胜任主机所要求的各种转速, 特别是最高转速、最低转速和易于引起运动失稳的敏感转速;

(3) 能保证所支承的系统有合乎要求运动精度;

(4) 能在主机的环境温度的条件下满足上述各项要求, 同时轴承的发热也不引起主机的性能不稳定或精度变化;

(5) 能在规定的工作期限内满足上述各项要求, 亦即其工作寿命应不低于主机的工作寿命, 或不低于主机的大修或小修的周期;

(6) 外形尺寸能适应主机中安装轴承部位的允许空间;

(7) 在满足技术要求的前提下, 经济上要合算;

(8) 使用、维护保养尽可能方便。

2. 对轴承的附加要求

用户有时对轴承有如下附加要求:

(1) 动态性能方面的要求, 要求噪声或振动在规定的限度以内, 或对外部振动有必要的阻尼能力;

(2) 防尘、防水、防污物侵入的要求;

(3) 起动力矩要小, 有时要求旋转力矩也小;

(4) 高旋转精度的要求;

(5) 高旋转速度的要求;

(6) 高可靠性或长寿命的要求;