



机械设备故障诊断实用技术丛书

滑动轴承故障诊断 实用技术

杨国安 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

机械设备故障诊断实用技术丛书

滑动轴承故障诊断实用技术

杨国安 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是《机械设备故障诊断实用技术丛书》之第7分册。本分册共分三部分：第一部分是第一章和第二章，简要介绍了滑动轴承的分类、结构和材料，并重点说明了滑动轴承润滑的基本原理及相关计算；第二部分是第三章至第五章，详尽说明了滑动轴承的失效形式和原因，滑动轴承故障诊断的常用方法，包括振动信号、油样分析和声发射检测，简要介绍了滑动轴承的点检与修复；第三部分是第六章和第七章，总结了滑动轴承故障诊断实例并简要介绍了气体润滑轴承。同时，本书精选了大量典型实例用以说明故障诊断的思路。

本书内容详尽，通俗易懂，以解决实际问题为根本，主要供现场从事机械设备管理与维护的工程技术人员使用，同时本书也为高等工科院校相关专业研究生或本科生在深入理解机械设备故障诊断理论体系方面提供了详尽的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

滑动轴承故障诊断实用技术 / 杨国安编著. —北京：中国石化出版社，2012.1
（机械设备故障诊断实用技术丛书；7）
ISBN 978-7-5114-1336-9

I. ①滑… II. ①杨… III. ①滑动轴承 - 故障诊断
IV. ①TH133.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 276694 号

未经本社书面授权，本书任何部分不得被复制、抄袭，或者以任何形式或任何方式传播。版权所有，侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编：100011 电话：(010)84271850

读者服务部电话：(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 11.75 印张 254 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

定价：32.00 元

序

现代化工业生产越来越大型化、高速化、自动化，特别是石化、冶金、电力等过程工业，设备投资大，连续生产流程长，机械装备故障停机可以造成重大经济损失，甚至导致机毁人亡的重大事故。现代生产和某些特种装备对人的依赖程度越来越低，对设备的依赖程度越来越高，对故障的预示和诊治越来越重要。设备状态监测和故障诊断作为一门工程技术，是 20 世纪 60 年代以后才发展起来的。

近二三十年来国内设备诊断技术的研究开发异常活跃，发展迅速，在工厂应用经常取得出人意外的实效，设备诊断技术在工厂企业得到了普及和应用。为此，迫切需要提供一批适合不同层次科技人员特别是企业一线技术人员实用的书，同时也需要一些适合本科生和研究生学习用的参考书。杨国安教授编著的《机械设备故障诊断实用技术丛书》就是应这一需求编写的。

对设备的状态监测和故障诊断，实际上从机器诞生之日就已产生。当时人们通过听、摸、看、闻机器的振动、温度、噪声等异常情况，凭借工匠的经验，可以判断机器某些故障并采取对策或者修复。设备状态监测和故障诊断作为一门工程技术正在成为信息、监控、通信、计算机和人工智能等集成技术，并逐步发展成为一个多学科交叉的新学科。我曾在工厂工作 32 年，1979 年开始研究应用设备故障诊断技术。我很赞赏本丛书的出版，因为它既有基础理论知识，又有工程应用技术，对企业工程技术人员是一套难得的实用技术丛书；对缺少工程实践经验的院校研究生也是很好的参考书。

设备状态监测及诊断技术，是将运行中的机器看成“活”的，它时时刻刻在“说话”——发出信息，对其中的故障征兆信息进行采集、处理、分析，对故障进行早期诊断、预测，在机器没损坏之前查明故障原因并适时采取修复、预防和改进对策。故障诊断工作的决定作用在人，好的仪器有了真正掌

握了故障诊断技术的人才能够发挥作用。本丛书较全面地介绍了机械设备故障诊断技术的基础知识，包括设备故障诊断中的机械振动基础及信号处理，将理论与实践紧密结合，由浅入深，是一套很好的基础理论培训教材，也可供自学之用。本丛书还介绍了机电设备故障诊断实用技术、转子动平衡实用技术、轴承和齿轮故障诊断实用技术，并总结汇集了编者的若干科研成果，其内容实践性强，直观，便于掌握，可指导设备诊断工程实践。我对编者近几年不遗余力地编写这部内容丰富的丛书所付出的辛苦和做出的贡献表示钦佩。

机械装备故障诊断终极目标是有效防治故障，确保机器健康。其一是除故障：探测原因，有的放矢，消除故障；其二是防发展：早期预警，防微杜渐，预防故障；其三是防发生：查明根源，根治维修，防止故障。机械故障诊断是一门新兴的工程科学技术，它源于工程实践又应用于工程实践。企业技术人员作为机械故障诊断的“临床医生”会发现许多故障的征兆、积累丰富的诊断经验。希望读者对本书提出宝贵意见，使其不断修改完善。本人和作者同在一个科研团队，我们团队愿与读者一道，务实，求真，协力，创新，为提高我国设备诊断理论和技术水平作出应有的贡献。

深信丛书的出版能够在推广和普及机械故障诊断技术，培养更多的从事故障诊断的工程技术人才和后备力量方面发挥重要作用。是为序。

中国工程院院士 高金吉

编 者 的 话

设备诊断技术是在设备管理和维修的基础上发展起来的。设备诊断技术就是掌握设备的现在状态与异常或故障之间的关系，以预测未来的技术。它包含两方面的内容：一是对设备的运行进行监测；二是在发现异常情况对设备的故障进行分析和诊断。

设备诊断技术首先出现在欧洲，主要是以英国倡导的设备综合诊断学为指导，在上世纪 60~70 年代，英国机械保健和状态监测协会最先开始故障诊断技术，美国的发展则是以后勤学为指导的设备服务维修，美国在 1961 年开始执行阿波罗计划后，出现了一系列因故障造成的事故。1967 年在美国航天局的倡导下，由美国海军研究室主持成立了美国机械故障预防小组，积极从事技术诊断的开发，他们在航空、航天、军事及核能等尖端领域处于领先地位。

日本则吸收了英美两国的优点，提出了全员维修(TPM)的观点。日本的新日铁自 1971 年开始开发诊断技术，1976 年达到实用化。日本的钢铁、化工、电力等行业处于世界领先。

我国自 1979 年才初步接触开发诊断技术，1984 年开始真正在企业推广故障诊断技术，并逐步形成了一支较有实力的故障诊断研究队伍，做出了许多卓有成效的研究成果，特别是自上世纪末，随着计算机技术的发展，彻底改变了故障诊断系统的软、硬件面貌，各种数据采集，分析，诊断功能的仪器被相继开发出来，各种专家系统也不断涌现，给工程技术人员提供了更有效的手段来分析解决问题。但问题也相继出现，现场工程技术人员由于受到专业知识的限制，面对琳琅满目的分析功能、界面、曲线，知其然不知其所以然；专家系统由于受到样本数量的影响，其可靠性、准确性也受到质疑。这使得故障诊断技术浮于研究层面，未有效地深入到基层，深入到生产第一线。应该讲故障诊断技术是一门实践性极强的应用科学，研究内容应本着“从实践中来，到实践中去”的原则，切实解决好生产一线存在的问题。

编者从上世纪 90 年代初开始接触大型装备预知维修技术，先后为几十家国有大型企业开展讲座和项目合作。通过这些项目的开展和与现场工作人员的广泛交流，使编者深深地认识到设备维护工作不仅直接关系到企业的生产效益和安全，而且与节能降耗和低碳环保也密切相关，甚至成为关键制约因素。当前故障诊断工作的推广应用最大的障碍是从事故障诊断技术的现场人员知识结构不合理和缺乏。他们懂得设备的结构、运行机制，却对时频变换不清楚，应该讲，故障诊断技术背后有严谨的数学知识作支撑。众多学科相互渗透构成了故障诊断技术的知识体系。有人说故障诊断就是传感器，有人说

是信号处理,有人说是数据挖掘、专家系统等等。这就充分说明了故障诊断技术知识结构的交叉性和多样性,编者近年来为很多企业培训故障诊断技术人员,和他们的亲密接触丰富了编者,也使编者感到编写一套适合于从事设备管理和维护工作的工程技术人员的实用技术丛书的必要性和迫切性。编者曾在2007年出版了《机械设备故障诊断实用技术》,该书的出版受到了企业设备管理维护人员的广泛欢迎,曾连续多次印刷。近几年通过与企业技术人员交流感到2007年出版的单行本内容上过于简捷,生产一线人员希望在内容体系、原理方法方面更细化些。鉴于此,编者决定出版一套系列丛书,以满足广大生产一线的设备管理和维修人员的需要。近几年,以一己之力编写这套丛书,虽殚精竭虑,仍力所不及,在这套丛书的编写过程中,现场技术人员和我的研究生提供了巨大的帮助。如果这套丛书对您有微薄之用,望不忘感念他们的辛勤付出。

本套丛书的目的是要较全面地对机械设备故障诊断技术的基础知识、机理、方法和应用技术进行较详尽地解释说明。尽量用一目了然的方式明确地说明关于故障诊断技术的一切。本书的宗旨是能用图形说明的尽量不去用文字解释,能用文字解释的不用数学去推演,即使用到的数学也尽量是初等的,从故障诊断基本概念出发,努力用最简单的数学来分析故障机理,而只有在确实需要时才使用复杂的方法。本书的内容参考了大量文献,包括网络上的一些优秀资源,综合汇编而成,这些内容为本书增添了许多新的知识。编者将在书后参考文献中尽量列出,争取不遗漏每一篇参考文献。但由于编者的疏忽可能存在遗漏现象,在此向遗漏参考文献的作者致以歉意,同时对这些优秀资源的作者和编者致以衷心的感谢!

这套丛书共分九分册,分别介绍了设备故障诊断中的机械振动基础、信号处理基础、旋转机械故障诊断实用技术、转子动平衡实用技术、往复机械故障诊断及管道减振实用技术、滚动轴承故障诊断实用技术、滑动轴承故障诊断实用技术、齿轮故障诊断实用技术和电动机故障诊断实用技术。在编写过程中,编者尽量照顾到整套丛书内容的系统性和完备性,尽力做到各分册间内容不重叠,但考虑到读者有选择地使用本套丛书的方便,有些内容各分册间是相通的,于是编者特意安排了适当的重叠,以加强每本分册的相对独立性,使每本分册也形成一个单独的知识体系,如第一分册和第二分册作为故障诊断技术的基础知识,各分册都会用到,但在每分册中也有相关知识的简介。

第一分册机械振动基础重点说明故障诊断中常用到的基本概念及基本原理的讲解和阐述,有针对性地介绍了与故障诊断技术相关的振动诊断标准。有些标准不同国家间可能略有差异,书中尽量同时列出,相同标准可能存在不同版本,考虑到目前现场的使用习惯,只要内容未变,也尽量照顾使用习惯列出,比如ISO2372,目前已有ISO10816,但考虑到使用习惯仍以ISO2372列出。

第二分册信号处理基础是本套丛书中的难点内容,重点说明信号处理的基础知识。本分册对数学基础有一定的要求,特别在傅里叶变换理论的阐述上,重点参考了国外的

经典教材和一些优秀的网络资源，对傅里叶变换的说明有独到之处，读者细读之必有所收获。该分册还较详尽地阐述了常用的故障诊断方法，这些知识对加深理解3~9分册的内容大有裨益。

第三分册旋转机械故障诊断实用技术重点说明旋转机械常见的故障诊断方法，该部分内容较成熟，也是故障诊断技术的重点内容之一。该分册还介绍了常用旋转机械和联轴器的点检方法和点检标准，这部分内容是企业实现预知维修和安全生产的重要保障。

第四分册转子动平衡技术主要说明轴及轴系动平衡原理，重点说明轴系现场动平衡技术，现场动平衡作为一门实用技术，广泛应用于多转子连接的轴系系统，简便易行，行之有效。书中以实例介绍了现场动平衡过程中的一些经验和方法。

第五分册往复机械故障诊断及管道减振技术主要说明往复压缩机的失效形式、故障诊断方法和常用点检方法。重点说明管道减振技术，阐述管道减振必须和往复机械整体考虑，标本兼治，才能做到本质安全，书中还以编者亲历的实例作了简要说明。往复机械故障诊断一直是世界性的难题，因此可参考的资料很少，且不系统。本书部分内容是编者结合自己多年来在往复机械及管道减振方面解决现场实际问题过程中所取得的一手资料和经验整理编辑而成。

第六分册滚动轴承故障诊断实用技术、第七分册滑动轴承故障诊断实用技术和第八分册齿轮故障诊断实用技术三分册均主要说明三种常用零件的失效形式，重点说明常用的故障诊断方法，简要说明各自的点检方法和标准，三分册分别介绍了基于油样分析的故障诊断技术。其中第六分册还介绍了滚动轴承的基础知识，以便读者查阅更方便。第七分册介绍了滑动轴承常用材料和液体润滑的基本原理，以便读者在分析滑动轴承故障时，能够与润滑理论相结合考虑，因为滑动轴承任何形式的故障无不与润滑油膜有关，至于气体润滑轴承只为增广读者知识面而考虑。第八分册介绍了齿廓啮合基本定律，以便读者在分析齿轮故障时，能充分考虑到齿轮齿廓形状，因为齿轮的大多数故障都与齿廓曲线被破坏有关，最常用的渐开线齿廓满足五线合一，不同的故障形式归结起来都是不同程度地破坏了五线合一原则。滚动轴承和滑动轴承作为独立的零件很难制定其零件的点检标准，且这样做也不存在任何意义，因为这两种零件的使用离不开机器本身，因此，所列点检标准为其所安装的相关机械设备的点检标准。

第九分册电动机故障诊断实用技术简要说明常用电动机的基本原理，以便读者分析故障时，能够结合电动机运行机制加以考虑。重点说明电动机振动故障诊断和电气故障诊断方法，简要介绍了电动机温度和噪声故障诊断方法。考虑到电机日常维护，本书还介绍了电动机的点检方法和日常修理和保养方法。

总之，故障诊断技术的终极目标是保证设备长周期、安全稳定运行，投入大量资金购买最现代化的仪器设备是必要的，但首要任务是充实现场工程技术人员知识储备，包括理论和实际的经验。现在从事故障诊断的人员，通过望、闻、问、切能对设备的运

行状况作出评价的越来越少。当振动异常的时候，对于常见故障，能借助仪器得出诊断结论，能够对问题给出合理解释的人才越来越缺乏，故障诊断工作的决定作用在人，不在仪器。仪器仅仅是人的工具，如果人不行，再好的仪器也无用；好的仪器有了有准备的人才能够发挥作用。真正掌握了故障诊断技术，加上得力的仪器设备，才能使设备维护人员大有用武之地，而成为别人无法替代的人才！

近几年，编者有幸得到国家自然科学基金的支持，对科学基金的研究深化了编者对故障诊断技术的认识，如果说企业合作项目丰富了编者的实践知识，那么，国家自然科学基金项目则提升了编者的基础理论水平，使编者在更高的层面上更加理性地分析、判断每一种故障形式，所以，对近年来国家自然科学基金项目(50875016)的支持表示感谢。

本分册在资料查阅、收集、整理和编排上，我的研究生王龙、周昕做了卓有成效的工作，这本书的出版与他们的辛勤付出密不可分。在此对王龙、周昕同学表示谢意。

由于本套丛书的编写工作十分浩大，限于编者水平，恳切希望读者对本套丛书中出现的错误和不妥之处提出批评指正，编者将不胜感激。编者网址：www.ygazd.cn，E-mail：yangga@mail.buct.edu.cn 或 ygapublic@163.com。

谨以此书献给辛勤工作在生产第一线的机械设备管理维护人员和有志于故障诊断技术研究的科学技术人员！

编 者

2011 年 10 月于北京化工大学

目 录

第一章 滑动轴承概述	(1)
第一节 滑动轴承的分类	(1)
一、滑动轴承的分类	(2)
二、滑动轴承的性能比较	(2)
三、滑动轴承的类型选择	(3)
第二节 滑动轴承的典型结构	(3)
一、径向滑动轴承	(3)
二、普通推力滑动轴承	(5)
三、可倾瓦轴承	(6)
第三节 滑动轴承的结构	(7)
一、滑动轴承的轴瓦结构	(7)
二、滑动轴承的油孔及油槽	(8)
第四节 滑动轴承的材料	(9)
一、轴承合金(通称巴氏合金或白合金)	(9)
二、铜合金	(9)
三、铝基轴承合金	(10)
四、灰铸铁及耐磨铸铁	(10)
五、多孔质金属材料	(10)
六、非金属材料	(10)
七、常用金属轴承材料性能	(11)
八、滑动轴承材料的应用范围	(12)
第二章 滑动轴承润滑的基本原理及相关计算	(14)
第一节 不完全液体润滑滑动轴承的基本原理及相关计算	(14)
一、不完全液体润滑径向滑动轴承的相关计算	(14)
二、不完全液体润滑止推滑动轴承的相关计算	(15)
第二节 液体动力润滑滑动轴承的基本原理及相关计算	(16)
一、液体动力润滑滑动轴承的工作原理	(16)
二、液体动压润滑的基本方程	(17)
三、液体动力润滑径向滑动轴承的几何关系和承载系数	(20)
四、最小油膜厚度 $h_{\min}$	(23)
五、油膜涡动和油膜振荡	(23)

六、轴承的热平衡计算	(27)
第三章 滑动轴承的失效分析	(30)
第一节 滑动轴承的常见失效形式	(30)
一、正常磨损	(30)
二、擦伤	(30)
三、胶合	(31)
四、烧瓦现象	(31)
五、疲劳破坏	(31)
六、腐蚀破坏	(32)
七、气蚀	(32)
八、油膜振荡	(33)
九、滑动轴承常见损坏的特征表	(33)
第二节 滑动轴承的失效原因分析	(50)
一、滑动轴承设计的影响	(50)
二、滑动轴承选材的影响	(54)
三、滑动轴承制造因素的影响	(55)
第四章 滑动轴承故障诊断的常用方法	(59)
第一节 基于振动信号的滑动轴承故障诊断方法	(59)
一、振动信号的采集	(59)
二、时域分析法	(63)
三、频谱分析法	(67)
四、轴心轨迹法	(69)
第二节 基于油样分析的滑动轴承故障诊断方法	(72)
一、光谱分析	(73)
二、铁谱分析	(75)
三、磁塞分析	(78)
四、滑动轴承故障油样分析特征及实例	(79)
第三节 基于声发射检测的滑动轴承故障诊断方法	(80)
一、声发射检测的基本概述	(80)
二、声发射技术在滑动轴承中的应用	(81)
第五章 滑动轴承的点检与修复	(88)
第一节 点检基础知识	(88)
一、点检的含义	(88)
二、点检的目的	(88)
三、点检的分类	(88)
四、点检的主要环节	(89)

五、点检员所需的技能	(90)
第二节 滑动轴承的点检	(90)
第三节 点检标准	(120)
第四节 推广点检工作应注意的问题	(134)
第五节 滑动轴承的修复工艺	(134)
一、装配间隙的确定	(135)
二、装配间隙的测量	(135)
三、修理工艺要点	(136)
四、轴瓦局部缺陷的修复	(138)
五、正确的刮瓦操作程序	(138)
六、检修后投产初期应注意事项	(138)
第六节 几类滑动轴承的修复	(138)
一、三块轴瓦式动压滑动轴承修复与调整	(138)
二、多瓦式动压滑动轴承的修复	(140)
三、内燃机滑动轴承(瓦)的研磨和刮削	(141)
第六章 滑动轴承故障诊断实例	(143)
第一节 基于振动信号的滑动轴承故障诊断实例	(143)
第二节 基于油样分析的滑动轴承故障诊断实例	(155)
第七章 气体润滑轴承	(162)
第一节 气体润滑轴承的类型	(163)
第二节 气体润滑的理论基础	(164)
一、气体的动压润滑机理	(164)
二、气体静压润滑机理	(164)
三、气体压膜润滑机理	(165)
四、气体弹性润滑机理	(165)
五、超薄膜气体润滑	(166)
第三节 气体润滑轴承的应用	(166)
附录一 滑动轴承、薄壁滑动轴承用金属多层材料	(167)
附录二 滑动轴承故障诊断图谱表	(171)
参考文献	(173)

第一章 滑动轴承概述

轴承用于支承轴颈，有时也用来支承轴上的旋转零件，是旋转机械中不可缺少的基本元件之一，在旋转机械的各种故障中，轴承故障占有相当大的比例。根据轴承工作时的摩擦性质，轴承可以分为滑动摩擦轴承(简称滑动轴承)和滚动摩擦轴承(简称滚动轴承)两类。

滑动轴承具有结构简单、工作平稳、可靠、无噪声、承载能力强等特点，如果能够保证液体摩擦润滑，滑动表面被润滑油分开而不发生直接接触，则可以大大减小摩擦损失和表面磨损，并且油膜具有一定的吸振能力等独特的优点，特别适用于：

- (1) 极高转速；
- (2) 高支承定位精度；
- (3) 巨大振动和冲击载荷；
- (4) 要求支承为剖分形式；
- (5) 小的径向尺寸；
- (6) 特殊的工作条件(在水或者腐蚀性介质中工作)。

轴承作为旋转机械中的一个重要部件，它的工作状态将如何直接影响整机的性能(精度、寿命、安全性、可靠性等)。因此，对轴承的工作状态的监测及故障诊断技术的研究工作越来越受到重视，并成为保证旋转机械良好工作的一个重要措施。

滑动轴承的类型很多，按其承受载荷方向的不同，可分为径向轴承(承受径向载荷)和止推轴承(承受轴向载荷)。根据其滑动表面间润滑状态的不同(本书着重讨论液体润滑)，可分为液体润滑轴承、不完全液体润滑轴承(指滑动表面间处于边界润滑和混合润滑状态)和无润滑轴承(指工作时不加润滑剂)。根据液体润滑承载机理的不同，又可分为液体动力润滑轴承(简称液体动压轴承)和液体静压润滑轴承(简称液体静压轴承)。本书主要讨论液体动压轴承。

滑动轴承一般是由轴承体和润滑系统两部分组成，工作时轴颈在轴承中旋转带动润滑油形成动压油膜，靠油膜压力与外载荷相抵来支承并保证轴颈灵活转动。这决定了滑动轴承故障的特殊性和复杂性，而轴承失效则是导致故障的主要原因。

第一节 滑动轴承的分类

滑动轴承是指在滑动摩擦下工作的轴承。滑动轴承工作平稳、可靠、无噪声，在液体润滑条件下，滑动表面被润滑油分开而不发生直接接触，还可以大大减小摩擦损失和表面磨损，油膜还具有一定的吸振能力，但启动摩擦阻力较大。轴被轴承支承的

部分称为轴颈，与轴颈相配的零件称为轴瓦。为了改善轴瓦表面的摩擦性质而在其内表面上浇铸的减磨材料层称为轴承衬。轴瓦和轴承衬的材料统称为滑动轴承材料。滑动轴承应用场合一般在低速重载工况条件下，或者是维护保养及加注润滑油困难的运转部位。

一、滑动轴承的分类

滑动轴承常见分类方法及分类见表 1-1。

表 1-1 滑动轴承的分类

分类方法	轴承名称		轴 承 特 征
按承载方法分类	径向轴承		承受径向载荷
	止推轴承		承受轴向载荷
	径向止推轴承		承受径向和轴向载荷
按轴承摩擦状态分类	干摩擦轴承		不加任何润滑剂
	边界摩擦、混合摩擦轴承		不完全油膜润滑
	液体摩擦、气体摩擦轴承		完全的液体润滑或气体润滑
按润滑剂及 承载机理分类	液体动压轴承		液体润滑剂、动压气膜
	气体动压轴承		气体润滑剂、动压气膜
	液体静压轴承		静压油膜承载
	气体静压轴承		静压气膜承载
按润滑方式分类	间歇 供油	手工注油轴承，油绳、油垫供油轴承， 滴油供油轴承	不能得到足够的润滑剂， 轴承在不完整油膜上运转
	连续 供油	油环、油盘供油轴承， 压力供油轴承	在完整油膜上运转， 承载能力取决于润滑剂黏度
	自润滑轴承		多孔质材料制成
按轴承结构分类	整体式轴承		整体轴瓦、结构简单
	剖分式轴承		剖分轴瓦、间隙可调
	调心式轴承		可自行调心
	固定瓦轴承		瓦块固定
	可倾瓦轴承		瓦块可随载荷、速度等参数自行倾斜

二、滑动轴承的性能比较

滑动轴承的性能取决于润滑状态，不同润滑状态下轴承的性能比较见表 1-2。

表 1-2 不同润滑状态下滑动轴承性能比较

比较项目	液体润滑		气体润滑		不完全液体润滑	含油轴承
	动压	静压	动压	静压		
抗冲击、振动能力	较好	很好	好	较好	较好	较好
承载能力	高	高	低	低	中、高	低、中
转动稳定性	很好	极好	极好	极好	好(静载)、 一般(动载)	很好
摩擦功耗	较小	小	极小	很小	大	中
适用速度范围	中、高速	极低~高	中、高	极低~极高	中、低	中、低
工作温度	中等	中等	高	高	中	中等
径向定位精度	高	极高	高	极高	差	较高
润滑装置	较简单	复杂	较简单	复杂	简单	最简单
运转费用	润滑装置确定	供油系统确定	无	供气系统确定	低	很低

三、滑动轴承的类型选择

滑动轴承主要应用于高速、精密机械和低速重载、冲击载荷较大的一般机械。通常根据轴承载荷、速度、工作温度等参数选择合适的轴承类型，可参考表 1-2。选择轴承的一般原则为：

- (1) 承受径向载荷的选择径向轴承；承受轴向载荷的选择止推轴承；同时承受径向、轴向载荷的选择径向止推轴承或径向和止推轴承组合使用。
- (2) 低速、轻载、手动机械，选用整体式间歇润滑轴承。
- (3) 中、高速，中等载荷，选用部分式不完全油膜润滑或液体润滑轴承。
- (4) 一般工作情况下工作的轴承，多选用不完全油膜润滑轴承。
- (5) 高速、长期运转的机械，宜选择液体润滑轴承。
- (6) 不宜注油润滑的场合，宜选择自润滑轴承。
- (7) 高速、轻载、不允许用油润滑的场合，宜选择气体润滑轴承。

第二节 滑动轴承的典型结构

一、径向滑动轴承

滑动轴承一般由壳体、轴瓦和润滑装置组成。轴承壳体可以直接利用机器的箱壁凸缘或机器的一部分组成(图 1-1)，如减速器箱或金属切削机床的主轴箱。有时为了加工、装拆方便，轴承壳体可以做成独立的轴承座。

1. 整体式滑动轴承

如图 1-2 所示, 整体式滑动轴承是由轴承座 1、轴瓦 2 和紧定螺钉 3 组成(图 1-3 为其立体剖视图)。这种轴承结构简单, 成本低, 但装拆时必须通过轴端, 而且磨损后轴颈和轴瓦之间的间隙无法调整, 故多用于轻载、低速和间歇性工作且不重要的场合。

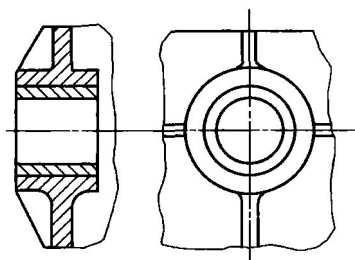


图 1-1 镶于箱体的轴承

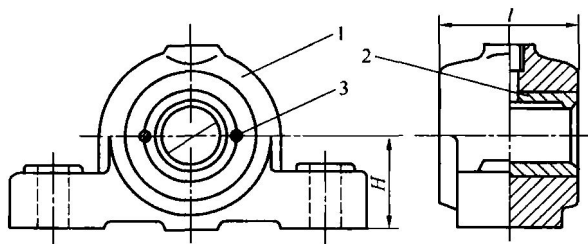


图 1-2 整体式滑动轴承

1—轴承座; 2—轴瓦; 3—紧定螺钉

2. 对开式滑动轴承

对开式滑动轴承分为对开式正滑动轴承和对开式斜滑动轴承两种。如图 1-4 所示,

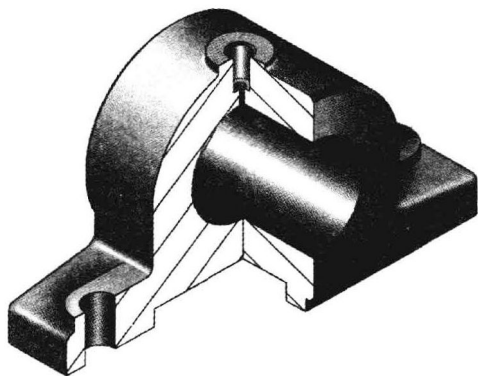


图 1-3 整体式滑动轴承立体剖视图

对开式正滑动轴承是由轴承座 1、轴承盖 2、剖分的上、下轴瓦 3 和 4 及连接螺栓 5 组成(图 1-5 为对开式滑动轴承的立体剖视图)。为使轴承盖和轴承座很好地对中并承受径向力, 在对开剖分面上作出阶梯形的定位止口。剖分面间放有少量垫片, 以便在轴瓦磨损后, 借助减少垫片来调整轴颈和轴瓦之间的间隙。轴承盖应适度压紧轴瓦, 使轴瓦不能在轴承孔中转动。轴承盖上制有螺纹孔, 以便安装油杯或油管。轴承所受的径向力一般不超过对开剖分面垂线左右 35° 的范围,

否则应采用对开式斜滑动轴承(图 1-6), 使对开剖分面垂直于或接近垂直于载荷方向。

对开式滑动轴承便于装拆和调整间隙, 因此在轻工机械和其他机械上都得到了广泛的应用。这种轴承的尺寸可查相关标准。

3. 自动调位滑动轴承

当轴颈较长(长径比 $> 1.5 \sim 1.75$), 轴的刚度较小, 或由于两轴承不是安装在同一刚性的机架上, 同心度较难保证时, 都会造成轴颈与轴瓦端部的局部接触, 如图 1-7 所示, 使轴瓦局部磨损严重, 为此可采用自动调位滑动轴承, 又称自动调心滑动轴承, 如图 1-8 所示, 这种轴承的结构特点是将轴瓦 1 与轴承盖 2 及轴承座 3 相配合的表面做成球面, 球面中心恰好在轴线上, 轴瓦可沿支座的球面自动调整位置来适应轴的变形, 从而保证轴颈与轴瓦为面接触。

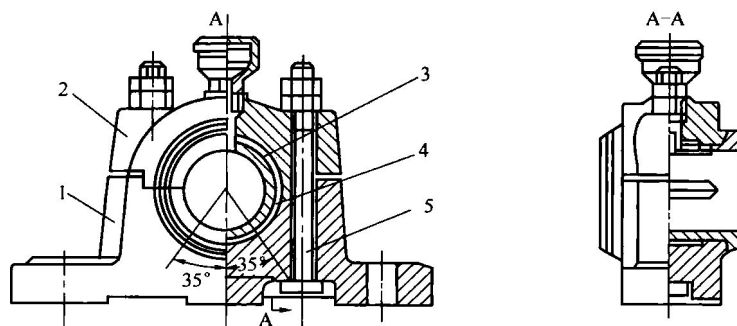


图 1-4 对开式正滑动轴承

1—轴承座；2—轴承盖；3—上轴瓦；4—下轴瓦；5—螺栓

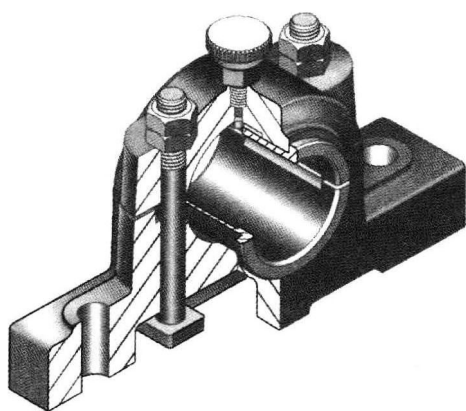


图 1-5 对开式滑动轴承立体剖视图

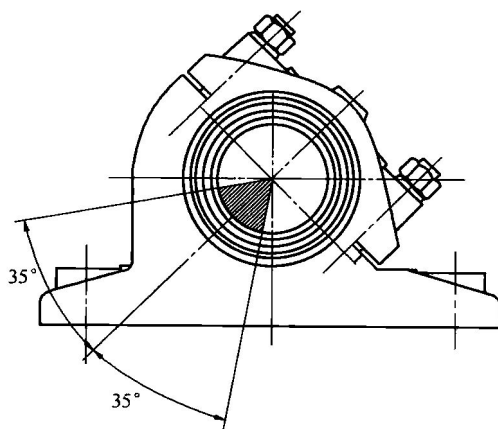


图 1-6 对开式斜滑动轴承

图中阴影部分是允许承受径向负荷的范围

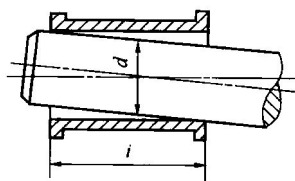
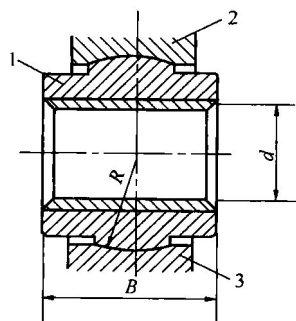
图 1-7 轴瓦端部的
局部接触

图 1-8 自动调位滑动轴承

1—轴瓦；2—轴承盖；3—轴承座

二、普通推力滑动轴承

普通推力滑动轴承的结构简图如图 1-9 所示，它由轴承座和轴颈组成。轴颈结构