

轴 承 行 业 职 业 培 训 系 列 教 材

滚动轴承基础知识

中 国 轴 承 工 业 协 会
人力资源职工教育工作委员会 统编

GUNDONGZHOUCHENG
JICHUZHISHI

河南人民出版社

内 容 提 要

本分册共 11 章,分上、下两篇。上篇主要介绍滚动轴承的基本概念、轴承的分类、轴承的代号方法、轴承的主要性能、滚动轴承的材料、滚动轴承的制造和滚动轴承的选择与应用等方面的基础知识。上篇的内容适用于轴承行业各种职业的初级、中级、高级技术工人的技术理论培训。下篇主要针对滚动轴承的摩擦、磨损和润滑、滚动轴承的设计、滚动轴承试验技术和滚动轴承失效分析等相关方面的基础理论知识进行介绍。下篇的内容适用于轴承行业各种职业的技师、高级技师的技术理论培训。

本书是轴承行业各种职业开展职业教育培训的基础性教材,也可作为技工学校和职业学校相关专业的教学用书,同时,也可以作为相关专业技术人员的参考资料。

GUNDONGZHOUCHENG JICHUZHISHI

责任编辑 魏亚洲

责任校对 王保健

封面设计 袁 玮

版式设计 胡颖君

ISBN 7-215-05987-1



9 787215 059870 >

ISBN7-215-05987-1

定价: 26.50 元

轴承行业职业培训系列教材

滚动轴承基础知识

中 国 轴 承 工 业 协 会
人力资源职工教育工作委员会 统编

河南人民出版社

编审委员会

名誉主任:张赓凡

主任:刘 辉

副主任:林建建 孙志毅 唐荣安 王显怡

委员:田建军 焦丽莎 刘木城 吴 龙

刘 军 郭长寿 何 旭 吴为扬

陈 华 张自然

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承基础知识/中国轴承工业协会人力资源职工
教育工作委员会统编. - 郑州:河南人民出版社,2006.8
ISBN 7-215-05987-1

I. 滚… II. 中… III. 轴承-技术培训-教材
IV. TH133.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059716 号

河南人民出版社出版发行

(地址:郑州市经五路 66 号 邮政编码:450002 电话:65723341)

新华书店经销 黄委会设计院印刷厂印刷

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.875

字数 350 千字 印数 1-10 000 册

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价:26.50 元

轴承行业职业培训系列教材

技术理论系列：

- 1.《滚动轴承基础知识》
- 2.《轴承零件毛坯成型工艺》
- 3.《轴承套圈车工工艺》
- 4.《轴承套圈磨工工艺》
- 5.《钢球制造工艺》
- 6.《滚子制造工艺》
- 7.《冲压保持架制造工艺》
- 8.《实体保持架制造工艺》
- 9.《轴承零件热处理工艺》
- 10.《轴承装配工艺》
- 11.《轴承检测技术》

操作技能系列：

- 1.《轴承零件毛坯成型工技能》
- 2.《轴承套圈车工技能》
- 3.《轴承套圈磨工技能》
- 4.《钢球制造工技能》
- 5.《滚子制造工技能》
- 6.《冲压保持架制造工技能》
- 7.《实体保持架制造工技能》
- 8.《轴承零件热处理工技能》
- 9.《轴承装配工技能》
- 10.《轴承检查工技能》

序

轴承行业职业培训系列教材正式出版了。这是轴承行业广大职工期盼已久的大事。这套教材的出版必将有力地推动轴承行业在职工培训和劳动就业培训方面工作的开展,为全面提高行业职工的素质奠定坚实的基础。

温家宝总理最近强调:“职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。”国务院《关于大力发展职业教育的决定》中指出,要“严格实行就业准入制度,完善职业资格证书制度”。实行就业准入制度和职业资格证书制度,是国家为提高从业人员素质而采取的重要措施。目前,轴承行业特有职业标准的制定工作已基本完成。在此基础上,编写一套与之相配套的职业培训教材,是在轴承行业推行职业资格证书制度的需要,是大力开发人力资源、努力造就高素质劳动者的需要,是我国轴承行业实现从世界轴承大国迈向世界轴承强国行列战略发展目标的需要。为此,中国轴承工业协会委托人力资源职工教育工作委员会,组织编写了这套轴承行业职业培训系列教材。

这套教材的编写,是按照轴承生产制造的加工对象和技术分册进行编写的,教材的内容注重反映我国轴承行业的最新科研成果和生产技术的现状及水平。教材的编写坚持了由浅入深、循序渐进、难易适中、通俗易懂的原则,并参照国家职业培训教材统一模式,依照国家职业标准,对不同职业等级分层次进行编写,大大方便了职业培训和职业技能鉴定工作的开展,具有较强的实用性。

当今世界已进入知识经济时代,终身教育观念和构建学习型企业理念已深入人心。这套教材必将成为轴承行业广大职工不断提高自身素质的良师益友。也会成为其他相关行业了解轴承行业的重要参考资料。借此机会,对参加编写工作的专家和工作人员付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。

楊乃燕

二〇〇六年三月二十七日

前 言

新中国成立五十多年来,我国的轴承工业在几代人的共同努力下,伴随着共和国的前进脚步,经历了从小到大、从弱到强的艰难历程,取得了举世瞩目的辉煌成就,如今已跻身于世界轴承大国的行列之中,并在我国的国民经济建设的各个领域发挥着越来越重要的作用。

但是,随着社会的不断进步和科学技术的日新月异,以及我国社会主义建设事业的飞速发展,使得国民经济的各行各业对轴承的需求量、品质、生产技术和水平的要求愈来愈高。尤其是我国加入 WTO 之后,给我国轴承行业的生存和发展带来了新的机遇和挑战。为了加快实现我国由世界轴承大国向轴承强国迈进的目标,振兴我国的装备制造业,走新兴工业化道路,配合国家职业资格证书制度和劳动就业准入制度的建设,全面反映出我国轴承工业的最新科研成果、技术水平和生产状况,充分满足广大企业职工不断提高自身素质和行业职业培训、劳动就业培训的需要,受中国轴承工业协会的委托,由中国轴协人力资源职工教育工作委员会,在充分酝酿和认真调研的基础上,组织行业专家编写了这套《轴承行业职业培训系列教材》。全套教材由《轴承行业职业技术理论培训教材》和《轴承行业职业操作技能培训教材》两大系列组成。

本套教材的编写主要依据是轴承行业特有工种国家职业标准对不同等级技术工人的技术理论及操作技能的要求。同时,也参考了国家统一制定的技工学校的教学计划与教学大纲和《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》。在教材的编写过程中,我们认真贯彻了服务于国家的经济建设、服务于企业的宗旨,坚持“科学严谨、精益求精、通俗易懂、面向行业”的编写指导方针,使本套教材的内容在理论联系实际的基础上,既体现出科学性、系统性,又注重了实用性;既能充分反映出我国轴承工业的最新科研成果和生产、技术的现状,又兼顾到了科学技术的发展趋势。但是,由于各企业的具体情况各不相同,我们只就目前轴承行业普遍的、有代表性的生产工艺、设备、技术做了介绍。使用本教材时,各企业可根据自己的实际情况,在保证教学大纲规定的基本内容和教学系统性的前提下,对教材中的内容做适当的增删和调整。

本套系列教材的编写和出版是在中国轴承工业协会的直接关怀下,在轴承行业有关单位和河南人民出版社的大力支持下,经过全体参与编写的专家和工作人员的认真工作和辛勤努力共同完成的。在此谨向为编写出版这套教材给予支持和做出贡献的各有关单位和同志致以衷心的感谢。

本套教材是轴承行业开展职业教育培训和劳动就业培训的基础性教材,也可作为技工学校和职业学校相关专业的教学用书,同时,还可作为相关工程技术人员的参考资料。

本套系列教材由刘辉同志负责全面组织策划,由孙志毅同志负责总编审。

本分册由郭宝霞同志主编。第1、2、3、4、5、9章由郭宝霞同志编写,第6章由谢华永同志编写,第7、8、10、11章由汪曙俊同志编写。陈原、梁华同志进行了技术校核。

十分感谢中国轴承工业协会名誉理事长杨乃燕同志在百忙中为本套教材做序。

由于时间仓促,经验不足,在教材中难免存在不少的缺点和不足,恳请各位专家和广大读者多提宝贵意见,以便在以后的教材修订中加以完善。

轴承行业职业培训系列教材

编审委员会

2006年3月26日

目 录

绪 论	1
一、滚动轴承在现代工业中的地位与作用	1
二、滚动轴承的基本特点与技术水平	2
三、我国滚动轴承工业发展概况	3
四、轴承工业发展的趋势	3

上 篇

第 1 章 滚动轴承的基本概念	5
§ 1—1 滚动轴承的基本结构	5
§ 1—2 滚动轴承的主要尺寸	7
§ 1—3 滚动轴承的特点	9
§ 1—4 滚动轴承的公差等级及表示方法	9
§ 1—5 滚动轴承的游隙	10
§ 1—6 滚动轴承的一般技术要求	11
§ 1—7 滚动轴承的术语定义	12
§ 1—8 滚动轴承的标准化	19
小结	21
习题	21
第 2 章 轴承的分类	23
§ 2—1 滚动轴承的分类	23
§ 2—2 直线运动滚动支承的分类	35
§ 2—3 关节轴承的分类	38
小结	40
习题	40

第3章 轴承的代号	41
§3—1 滚动轴承代号的发展过程	41
§3—2 滚动轴承的代号	44
§3—3 直线运动滚动支承的代号	74
§3—4 关节轴承的代号	77
小结	80
习题	80
第4章 轴承的主要性能	82
§4—1 滚动轴承的主要性能	82
§4—2 直线运动滚动支承的主要性能	106
§4—3 关节轴承的主要性能	110
小结	111
习题	112
第5章 滚动轴承的材料	113
§5—1 滚动轴承对材料的基本性能要求	113
§5—2 滚动轴承用钢冶炼质量的基本要求	115
§5—3 滚动轴承常用材料和性能	116
§5—4 选择滚动轴承钢的基本原则	124
§5—5 滚动轴承材料的发展动向	125
小结	128
习题	128
第6章 滚动轴承制造	129
§6—1 概述	129
§6—2 滚动轴承制造的一般过程	132
§6—3 滚动轴承制造用工艺文件	144
小结	150
习题	150
第7章 滚动轴承的选择与应用	152
§7—1 滚动轴承的选择	152
§7—2 滚动轴承的安装与拆卸	158
§7—3 滚动轴承的润滑与密封	170
§7—4 滚动轴承的清洗、包装、保管与储运	183
小结	187
习题	187

第 8 章 滚动轴承的摩擦、磨损和润滑	188
§ 8 — 1 滚动轴承摩擦的来源	188
§ 8 — 2 滚动轴承中摩擦力矩计算	191
§ 8 — 3 滚动轴承磨损	194
§ 8 — 4 弹性流体动压润滑在滚动轴承中的应用	196
小结	199
习题	199
第 9 章 滚动轴承的设计	200
§ 9 — 1 滚动轴承的额定载荷和额定寿命	200
§ 9 — 2 滚动轴承的常规设计	213
§ 9 — 3 滚动轴承的优化设计	225
小结	228
习题	228
第 10 章 滚动轴承试验技术	230
§ 10 — 1 试验的分类	230
§ 10 — 2 试验机	232
§ 10 — 3 试验方法与试验过程	236
§ 10 — 4 试验规程	237
§ 10 — 5 试验过程监测	238
§ 10 — 6 试验数据处理	243
§ 10 — 7 序贯试验及试验数据处理	249
§ 10 — 8 轴承性能试验	251
小结	254
习题	254
第 11 章 滚动轴承失效分析	255
§ 11 — 1 概述	255
§ 11 — 2 失效分析方法	256
§ 11 — 3 滚动轴承常见的失效形式及原因分析	259
小结	270
习题	270

附录 1 滚动轴承行业现行标准(文件)目录 271

附录 2 滚动轴承新旧标准代号对照 282

绪 论

一、滚动轴承在现代工业中的地位与作用

滚动轴承是应用广泛的重要机械基础件,广泛应用于国民经济和国防事业各个领域。

滚动轴承的发明历史非常久远。据在我国山西省永济县的考古文物发现,早在公元前 221 ~ 207 年(秦代),即已有了青铜制滚动轴承;据在意大利的尼米湖的考古文物发现,公元 12 ~ 41 年,也已有了青铜制滚动轴承。现代轴承工业的诞生,则是以 1883 年德国发明了世界上第一台磨球机,从此进入工业化生产钢球时代为标志。滚动轴承伴随着第二次工业革命时期的自行车、汽车等工业而蓬勃发展,在世界范围内,逐步成为一个专业性很强的工业产业,在现代工业中具有十分重要的地位与作用。

滚动轴承的重要性主要体现在以下几个方面:

1) 在国民经济中——滚动轴承被称为“工业的关节”。轴承工业作为机械工业的基础产业和骨干行业,其发展水平的高低,往往代表或制约着一个国家机械工业和其他相关产业的发展水平。在日本,人们常把轴承称作工业的食粮,轴承工业被称为“机械工业的核心产业”、“提高国民生活的基础产业”,受到日本政府振兴政策的保护与支持,是 14 个“特定机械工业”行业之一。在我国,滚动轴承是国家确定的 11 类特定振兴机械产品之一,有 33 家轴承企业被列为特定振兴企业。在国家新确定的 520 家重点企业中,轴承行业占有 6 家。在《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》中,轿车轴承、铁路机车车辆、精密轴承和高速轴承制造被列入其中。

2) 在国防事业上——滚动轴承是必备的军备物资。没有轴承,导弹不能升空、飞机不能上天、军舰不能出海、坦克不能出击……轴承在许多军事装备中,都是重要或者核心零部件;在战争中,轴承制造厂是敌对国列入重点打击的目标之一;冷战时期,轴承专用设备曾是西方国家对社会主义国家实行经济封锁的禁运物资之一。至今,很多轴承产品和技术仍被许多军事大国列入技术封锁的范畴。

3) 在技术地位上——轴承钢是各种合金钢中要求技术指标最多而且最严的钢种。世界公认,轴承钢的冶炼水平是一个国家冶金技术水平的标志。在我国,在不锈钢、高速钢、齿轮钢、阀门钢、弹簧钢等诸多特殊钢中,轴承钢是迄今需要颁发生产许可证的少数钢种之一。滚动轴承还是许多新材料如工程陶瓷、工程塑料的重要应用领域。

滚动轴承工业是最早开展标准化活动、最早采用可靠性技术的工业领域之一。早在 1949 年,就已建立了滚动轴承疲劳寿命与可靠性经典理论,1963 年,又将其纳入了国际标准 ISO 281:1963。

二、滚动轴承的基本特点与技术水平

滚动轴承的基本特点是:

- 摩擦力小;
- 精度高;
- 刚度高;
- 维护保养方便。

滚动轴承的技术水平,主要是由其应用领域的繁杂性和广泛性所决定:

1)滚动轴承是最精密的机械产品之一,其尺寸公差和旋转精度一般均是以微米来设计和制造的。对于轴承钢球,其形状偏差更是以 $0.01\mu\text{m}$ 或更高来要求的。而 $1\mu\text{m}$,仅相当于一根头发直径的 $1/60 \sim 1/80$ 。目前,在计算机硬盘驱动器和一些高精度仪器仪表中,已开始采用“纳米级”轴承。而 1nm 仅相当于 $1\mu\text{m}$ 的千分之一,可以说有些轴承的精度比手表还高。

2)滚动轴承的尺寸范围跨度较大。最小者,内径仅 0.6mm ,质量约为 0.002g ,也即 50 万个轴承仅重 1kg 。最大者,外径已达 8m ,质量约为 32t 。微型轴承如同“微雕工艺品”,特大型轴承则又是名副其实的“重型机械产品”。

3)滚动轴承的应用性能已达高级化和超高级化程度。例如:

——在高速性能上,其转速性能参数 $D_m N$ 值(D_m 为轴承节圆直径, N 为轴承转速)现已达 $4 \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{r}/\text{min}$,即线速度超过 $200\text{m}/\text{s}$;

——在耐温性能上,用于火箭氢氧发动机的轴承要耐低温,例如在液氢和液氧介质中工作要分别耐 -180°C 和 -253°C 的低温;用于航空发动机的轴承要耐高温,现已达 650°C ,预测将来要达到 $800^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$;

——在低摩擦性能上,用于陀螺仪表中的轴承,要求摩擦力矩已小于 $0.02 \times 10^{-4} \text{N} \cdot \text{m}$;

——在低振动与低噪声性能上,用于一些微型电机的轴承,已要求其振动加速度极值低于 18dB ,用于空调器等家用电器中的轴承,现已达所谓的“超静音”水平;

——在润滑性能上,很多场合均要求一次性“终身润滑”,例如人造卫星在太空中数年的运行期间,不能对轴承进行再润滑;

——在长寿命和高可靠性上,通用轴承已开始使用“无限寿命”这一新概念,专用轴承已追求与配套主机的“终身寿命”和大修期内的“零失效”,可靠度也已由过去常规的 90% 提高到 95% 以上,甚至高达 99% (军品轴承更要求高达 100%);

——在其他应用性能上,如抗重载、耐冲击、耐磨损、耐腐蚀、抗辐射、防磁化等方面,也已达到相当高的水平。

另外,滚动轴承在高新技术领域也扮演着十分重要的角色。例如,在工程陶瓷中,滚动轴承是结构陶瓷最具有应用前景的一类产品。陶瓷轴承现已应用到机床、汽车、地铁、航空、航天、化工等许多领域,其本身就属于新材料新技术产品;在计算机中,硬盘驱动器转速已由过去的 $7200\text{r}/\text{min}$ 提高至现在的 $10000\text{r}/\text{min}$ 和 $15000\text{r}/\text{min}$,且磁道密度越来越密,如果没有轴承的高转速和高旋转精度(不可重复跳动已达几十纳米级),这是不可能实现的;还有智能轴承、装在 ABS 的汽车轮毂轴承单元以及其他各种轴承单元等等。

综上所述,滚动轴承尽管从结构形式上看比较简单,但从实质上看,却是一种包含了复杂

技术、综合技术甚至尖端技术的高技术含量的机械产品。轴承工业的技术水平,已成为反映我国科学技术与工业现代化水平的重要标志之一。

三、我国滚动轴承工业发展概况

我国的滚动轴承工业是解放后才建立并发展起来的。新中国成立以前,全国仅在瓦房店有一家轴承制造厂。在上海、沈阳、天津和长治等地有一些简陋的轴承修造点。大多数是手工作坊式的轴承修理场,连最普通的球轴承都不能独立完整地生产。新中国成立以后,1950年建立了我国第二个轴承厂——哈尔滨轴承厂,在第一个五年计划期间,又建立了我国第三个轴承厂——洛阳轴承厂。从此,我国有了三个大型的轴承企业,初步奠定了我国轴承工业的基础,随着国民经济的蓬勃发展,先后在各省、市、自治区(除西藏外)又建立了54个大中型主要生产厂,再加上一些地方发展的小型企业,特别是党的十一届三中全会以来,通过改革开放,促使轴承行业迅速发展,乡镇企业异军突起,它们与国有企业各占半壁江山。基本上形成了我国轴承工业生产体系。从生产少数规格的农用球轴承,发展到生产工业和军工用的高精度轴承。经过五十多年的发展,我国各类轴承年产量从1949年的13.8万套增加到2005年的60亿套,累计生产轴承品种规格从100多个增加到66600多个,现已有国有及国有控股企业,加上年销售收入500万元以上的非国有企业,一共为927家,从业人数27.92万人,2005年出口创汇14.4亿美元。已能生产出内径为0.6mm的微型轴承和外径达5.44m、重量达11.725t的重型轴承,套圈最小壁厚为0.275mm的薄壁柔性轴承以及高温、低温、高速、高真空、耐腐蚀、耐辐射等特殊工作条件下的轴承,有力地促进了国民经济建设和国防工业的发展。从轴承生产总量和生产体系看,我国已成为仅次于日本、美国和德国的世界轴承生产大国。

为了研究滚动轴承的设计和生產,适应国民经济和国防建设不断发展的需要,在大型轴承企业(或大公司)内部建立了科研机构。在洛阳建立了轴承研究所,开展轴承科学技术的研究开发工作。在河南科技大学(原洛阳工学院)内还开设了“滚动轴承设计与制造”专业,已培养了一大批为我国轴承工业发展所需的高级技术人才。

四、轴承工业发展的趋势

新中国成立以来,我国轴承工业虽然取得了很大成绩,但是,随着科学技术和工业现代化的不断发展,对滚动轴承产品的要求也越来越高。从产品开发能力、产品质量水平和生产制造水平来看,与世界主要轴承生产国还存在较大的差距,还不是轴承生产强国。行业科研和产品开发能力不强,品种少、质量不稳定、可靠性差、技术落后,大多数产品都处于仿制水平,通用低档轴承供大于求,专用及大型设备配套轴承不能完全满足重点主机的配套要求。根据我国机电工业的现状和主机行业的要求,滚动轴承行业的发展趋势为:从产能规模型向质量效益型转变。主要是围绕产品的精度、性能、寿命、可靠性等指标,加大轴承技术进步、技术创新的力度,特别是以轴承寿命和可靠性为重点,提升产品制造技术水平,同时调整产品结构,加强轴承结构设计和应用技术的研究,扩大高精度高附加值及专用轴承的生产能力,并根据主机的需求,着重发展高速、高精度、高可靠性、长寿命、低摩擦、低振动、低噪声轴承和技术含量高的单元化

轴承、智能化轴承、功能部件化轴承以及国防工业及特殊工况下使用的专用轴承。如:轿车轮毂轴承单元、大型卡车拖车用圆锥滚子轴承单元、汽车转向机轴承单元、机床主轴轴承单元、计算机硬盘驱动轴承单元等。以满足不断变化的市场需求,提高国内外市场的竞争力。

为了满足国民经济各部门、国防建设和科研事业的需要,我国轴承工业当前的任务是十分艰巨的,特别是我国轴承工业总的科研和生产水平与国外先进水平相比,仍有很大差距,需要我们加倍努力,尽快赶上国外先进水平,力争早日让中国从世界轴承生产大国迈入世界轴承强国的行列。

上 篇

第 1 章 滚动轴承的基本概念

本章主要介绍滚动轴承的一些基本概念:滚动轴承的定义、滚动轴承的基本结构、构成滚动轴承各零件的名称和作用、滚动轴承的一些主要尺寸、术语定义和参数符号、公差等级和游隙的组别;滚动轴承的主要特点和基本要求;本章还介绍滚动轴承的标准化情况以及滚动轴承行业标准体系。

§ 1 — 1 滚动轴承的基本结构

滚动轴承是广泛应用于各类机械中的重要基础元件,国际标准化组织给滚动轴承下的定义是:在承受载荷和彼此相对运动的零件间作滚动(不是滑动)运动的支承件,它包括有滚道的零件和带或不带隔离或引导件的滚动体组。

滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架组成(见图 1—1),在推力轴承中,与轴配合的套圈称为轴圈,与轴承座或壳体配合的套圈称为座圈(见图 1—2)。由于润滑脂对轴承的性能影响极大,所以行业内专家也称轴承由包括润滑脂的五大件组成。

内圈通常装在轴上与轴一起旋转,外圈通常在轴承座

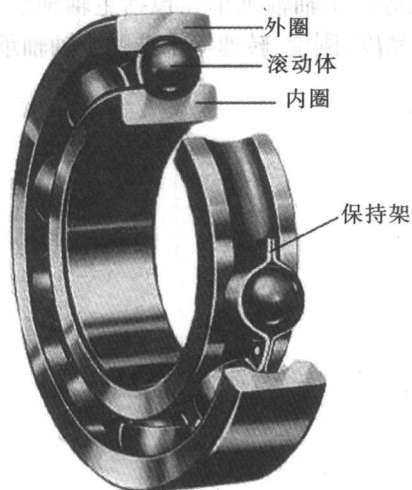


图 1—1 深沟球轴承

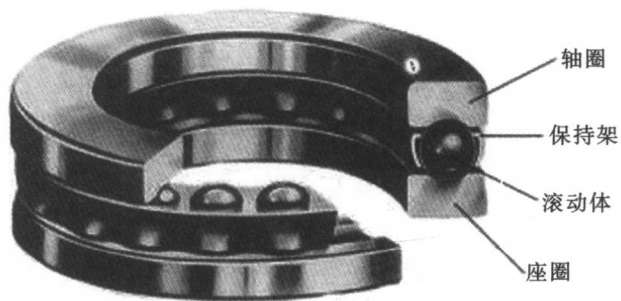


图 1—2 推力球轴承