

滚动轴承 制造工艺学

GUN DONG ZHOU CHENG
ZHI ZAO GONG YI XUE

夏新涛 马伟 颀谭成
等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

滚动轴承制造工艺学

夏新涛 马 伟 颀谭成 等编著



机械工业出版社

本书是论述滚动轴承制造工艺的学术专著。从理论和实践两方面研究滚动轴承套圈的锻造、车削、热处理、磨削、超精研,以及滚动体加工、保持架加工和滚动轴承装配原理等内容。全书共分10章,书中附有精选的多种类型的习题和思考题,并列举了大量的轴承生产厂家的实例,包括了国内外轴承制造工艺方面的最新理论和技术。

本书可作为高等院校教师、研究生和本科生的教学用书,以及工厂技术人员培训教程,也可作为从事轴承设计、制造、测量理论研究与生产实践的科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承制造工艺学/夏新涛等编著. —北京:机械工业出版社, 2007.1

ISBN 978-7-111-20217-2

I. 滚... II. 夏... III. 滚动轴承-制造 IV. TH133.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第126661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:白刚 版式设计:冉晓华

责任校对:李秋荣 封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007年2月第1版第1次印刷

169mm×239mm·14.875印张·577千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20217-2

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

根据新时期轴承工业生产和发展的需求,为培养我国轴承工业的高级工程技术人员,在总结二十余年教学经验和最新科研成果的基础上,河南科技大学(原洛阳工学院)组织编写了《滚动轴承制造工艺学》一书。本书内容以中小型深沟球轴承和单列圆锥滚子轴承的制造工艺为主线,着重论述滚动轴承制造过程中的基本概念和原理。

本书共分十章,主要内容为:滚动轴承生产的基本概念、套圈的锻造、车削、热处理、磨削和光整加工原理,滚子、钢球和保持架的加工原理,轴承装配原理等。

本书可作为高等学校轴承设计与制造专业的教材,也可供有关高等学校教师以及科研、设计与生产单位的技术和管理人员参考。

本书由夏新涛编写第四章、第五章、第十章和第八章,马伟编写第一章和第三章,颀谭成编写第六章和第九章,陈龙编写第二章、第七章和思考题。

在本书编写过程中,洛阳LYC轴承有限公司、洛阳轴研科技有限公司与机械工业出版社等单位和个人,给予了大力的支持,谨在此一并致谢!

感谢河南科技大学对出版本书的资助。

由于编者水平有限,本书必有不妥之处,殷切希望读者及时批评指正,以便再版时修正。

编著者

目 录

前言

第一章 绪 论

第一节 滚动轴承的基本知识与概念	1
一、轴承产品的基本结构	1
二、滚动轴承零件结构的常用术语	2
三、滚动轴承的公差与符号	4
第二节 滚动轴承产品的性能要求	6
第三节 滚动轴承零件的加工工艺特点	6
一、滚动轴承零件的生产特点	6
二、滚动轴承零件工艺过程的特殊性	7
第四节 滚动轴承生产的一般工艺过程	8
第五节 滚动轴承的工艺文件	9

第二章 套圈毛坯锻造

第一节 套圈锻造基本知识	19
一、概述	19
二、最小阻力定律与体积不变定律	20
三、锻造温度范围的确定	21
四、锻造加热与冷却规范	23
第二节 下料	24
一、剪切下料工艺	25
二、热剪切下料料段的缺陷	26
三、蓝脆折断下料工艺	28
四、其他下料工艺	29
五、国外下料概况	29
第三节 压力机上锻造	29

一、概述	29
二、挤压工艺	30
三、挤压-辗扩工艺	30
四、套锻-辗扩工艺	32
五、塔形-辗扩工艺	32
六、自由冲孔-辗扩工艺	34
第四节 辗扩和整形	35
一、概述	35
二、辗扩工艺	36
三、整形工艺	37
第五节 高速锻锻工艺	39
一、高速锻锻工艺特点及优越性	40
二、高速锻锻工艺介绍	41
三、轴承套圈毛坯采用高速锻锻工艺的技术经济效益	42
第六节 锻件的清理	44
一、锻件毛刺的清理	44
二、锻件氧化皮的清理	44
第七节 锻件加热炉	46
一、半煤气炉	46
二、煤气炉	46
三、油炉	47
四、感应电炉	47
第八节 温挤压工艺	48
一、轴承钢的挤压温度与挤压力	48
二、轴承套圈的成形方法	49
三、润滑	49
四、温挤件的质量	50
第九节 冷挤压工艺	51
一、冷挤压工艺流程	52
二、组合凹模的设计	52
三、凸模的设计	56
第十节 冷辗扩工艺	57
一、套圈毛坯的冷辗扩工艺	57
二、轴承套圈冷辗扩分析	61

第三章 套圈车削加工

第一节 套圈车削加工概述	65
一、车削加工的地位和作用	65
二、车削加工的内容和方法分类	66
第二节 套圈车削工艺过程的设计方法	66
一、套圈毛坯的选择	66
二、加工方法的确定	68
三、加工质量的保证	70
四、套圈车削投料加工典型工艺分析	76
五、特殊套圈的车削加工	85
第三节 套圈精整加工	89
一、精整加工的作用	89
二、精整加工的内容和方法	90
第四节 车削套圈的尺寸公差及余量的确定	94
第五节 套圈车削加工的切削用量	98
第六节 工序图的设计	100
第七节 套圈车削加工的夹具类型和夹紧力计算	104
一、套圈车削加工对夹具的要求	104
二、夹持毛坯表面的夹具类型和特点	104
三、夹持光整表面用的夹具	108
四、夹紧力的计算	112

第四章 套圈热处理

第一节 套圈热处理概述	120
一、轴承钢热处理基础	120
二、套圈热处理工序的位置	121
第二节 套圈热处理	121
一、套圈的正火	121
二、套圈的退火	123
三、套圈的淬火	124
四、套圈的回火	128
五、套圈的附加回火	129
六、套圈的冷处理	130
第三节 套圈的保护气氛热处理	131

一、保护气氛热处理的类型与作用	131
二、保护气氛热处理的工作原理	132
三、氨基保护气氛	134
四、氨基保护气氛辊底式热处理生产线	138
第四节 热处理对套圈质量的影响	141
一、热处理对套圈表面质量的影响	141
二、热处理对套圈精度的影响	142
第五节 GCr15 轴承钢断裂韧性	145
一、淬火温度的影响	145
二、回火温度的影响	145
三、淬火冷却方法的影响	145
四、预处理方式的影响	146
五、淬火加热方式的影响	146
六、奥氏体化多循环处理的影响	147
第六节 GCr15 轴承套圈连续变温形变复相淬火工艺	149
一、工艺流程	149
二、工艺特点及分析	149
第七节 新轴承材料热处理	151
一、GCr18Mo 钢等温淬火	151
二、H10Cr4Mo4Ni4V 热处理	152
三、16Cr2Ni4MA 制薄壁套圈热处理	153
第八节 钢球热处理	154

· 第五章 套圈的磨削

第一节 套圈磨削加工概述	157
一、套圈的磨削工艺过程	157
二、磨削轴承套圈的砂轮选择	160
三、套圈磨削方法	162
四、套圈的磨削特点及发展	164
第二节 套圈端面磨削	165
一、立轴平面磨削方法	165
二、双端面磨削方法	166
第三节 外圆无心磨削	171
一、外圆无心磨削概述	171
二、外圆无心磨削的几何成圆理论	172

三、砂轮的修整	179
四、导轮的修整	179
第四节 套圈内圆磨削	180
一、内圆磨削原理与特点	181
二、内圆磨削误差复映规律	182
三、内圆磨削圆度误差复映系数优化	185
四、内圆磨削的尺寸分散与锥形内孔	188
五、内表面磨削砂轮轴刚度	188
第五节 滚道磨削	190
一、套圈滚道磨削方法与特点	190
二、滚道磨削精度	192
第六节 套圈挡边磨削	194
一、各种挡边的磨削方法	194
二、挡边轮廓形状的类型	196
三、内凹圆弧型挡边的磨削成形原理	197
四、直线型挡边的磨削成形原理	198
五、圆锥轴承内圈挡边磨削理论新发展	200
六、磨削烧伤与防止措施	201
第七节 套圈磨削用夹具	202
一、定心夹具及其特点	203
二、无心夹具及其特点	203
三、电磁无心夹具的力学原理	206
四、无心夹具的定位误差	208
五、组合移动式大型电磁无心夹具	214
六、电磁无心夹具支点印去除方法	217
第八节 套圈的控制力磨削	218
一、控制力磨削原理	218
二、控制力磨削的成圆过程	219
三、控制力磨削的优越性	221
第九节 谐波控制原理	222
一、谐波控制原理介绍	222
二、谐波控制方法	223
第十节 套圈的退磁原理	225
一、退磁的基本概念	225
二、退磁工艺	226

第六章 套圈滚动表面超精研加工

第一节 套圈滚动表面的光整加工	229
一、光整加工的作用与要求	229
二、光整加工方法与特点	230
第二节 超精研加工概述	232
一、定义说明	232
二、超精加工的特点	233
三、超精加工对滚动轴承工作性能的影响	234
第三节 超精加工原理	234
一、超精加工条件	234
二、超精加工过程分析	235
第四节 超精加工工艺参数的选择分析	237
一、运动参数的选择分析	238
二、压力参数的选择分析及加工阶段分界图	241
三、超精加工留量的选择分析	244
第五节 超精加工对滚动表面几何形状的改善	245
一、超精加工对原有误差的改善能力	245
二、超精加工的油石包角效应	246
三、超精加工对滚动表面母线的影响	250
第六节 超精研方法	252
一、套圈沟道超精	252
二、套圈滚道超精	258
三、双半套圈角接触球轴承套圈超精	260
四、电化学加工	261
第七节 油石及润滑冷却液	264
一、油石的作用和对油石的要求	264
二、影响油石工作性能的因素	265
三、润滑冷却液的作用和要求	269
四、润滑冷却液的成分	270
第八节 套圈超精加工的质量检查及质量分析	270
一、表面质量分析	270
二、加工精度分析	272

第七章 滚子加工

第一节 概述	273
第二节 圆锥滚子制造	275
一、圆锥滚子技术条件	275
二、圆锥滚子加工过程	276
三、圆锥滚子主要加工工序分析	277
第三节 圆柱滚子制造	314
一、圆柱滚子技术条件说明	314
二、圆柱滚子加工方法概述	315
三、圆柱滚子制造过程	315
四、圆柱滚子主要加工工序分析	316
第四节 球面滚子制造	328
一、概述	328
二、球面滚子主要加工工序分析	328
第五节 滚针制造	332
一、概述	332
二、滚针主要加工工序分析	333
第六节 防止滚子碰磕伤	336
一、车制滚子旋转式缓冲装置	336
二、热处理淬火炉下料防碰磕伤装置	337
三、细磨过程的防碰磕伤装置	337
四、精、终磨过程的防碰磕伤装置	337

第八章 钢球加工

第一节 钢球加工概述	339
一、钢球的工作状态与损坏形式	339
二、钢球加工的基本工艺路线	341
第二节 钢球毛坯成形	342
一、冷锻压成形	342
二、锻压球坯形状的改进——锥鼓形球坯	344
三、热锻压和球化退火	346
四、轧制成形	346
五、锻造成形	346
六、钢球毛坯的有关计算	346

第三节 钢球毛坯的锉削与软磨	348
一、锉削加工	348
二、软磨加工	349
三、小型钢球的软甯和软研	349
四、 $\phi 26 \sim \phi 48 \text{mm}$ 钢球毛坯去环带、粗锉及初磨	349
第四节 光磨加工	350
一、光磨加工原理	350
二、光磨机理	351
三、光磨板的材料	351
四、光磨板的修整	352
第五节 钢球的硬磨、硬研、初研和抛光	353
一、硬磨	353
二、硬研和初研	354
三、抛光	355
第六节 钢球的表面强化处理	355
一、钢球表面强化原理	355
二、强化时间对表面质量的影响	356
三、强化钢球表面硬度与应力分布	358
第七节 钢球的精研	359
一、精研加工方法	359
二、精研过程的特征	361
三、国外钢球研磨、初研、精研工艺及装备	361
四、精研盘沟槽	363
第八节 钢球加工余量	368
一、钢球加工余量的确定	368
二、钢球加工余量与钢球制造水平的关系	370
第九节 钢球加工的成圆条件	370
一、机床结构与输球方式	371
二、机床精度的影响	371
三、研磨盘沟槽形状的影响	372
四、磨盘参数的影响	373
五、加工参数的影响	373
六、“误差复映”规律的影响	374
第十节 陶瓷球加工工艺	374
一、陶瓷球加工的技术难点	375

二、陶瓷球加工方法	375
三、高精度陶瓷球批量加工技术	377

第九章 保持架加工

第一节 概述	380
一、保持架的作用和结构特征	380
二、保持架的基本种类	380
三、保持架的材料和热处理	382
第二节 冲压保持架	383
一、冲压保持架的工艺特点	383
二、冲压工艺基础	384
三、浪形保持架制造	397
四、圆锥保持架制造	405
五、球面保持架制造	417
六、冲压保持架制造的辅助工序和表面处理	420
第三节 车制保持架	423
一、概述	423
二、保持架的车制	423
三、车制保持架的喷砂处理工艺	425
四、车制保持架的钻铰孔加工	427
五、车制保持架的拉削加工	428
第四节 压铸保持架和注塑保持架简介	430
一、压铸法制造保持架	430
二、注塑法制造保持架	430

第十章 轴承装配原理

第一节 轴承装配概述	431
一、装配的基本概念和术语	431
二、轴承装配质量指标和基本要求	432
三、轴承的装配特点	432
四、轴承装配的一般过程	433
第二节 轴承配套计算方法	435
一、径向游隙的保证	436
二、轴承宽度的保证	437
第三节 轴承最优配套原理	440

一、保证径向游隙的配套公式	440
二、最高合套率条件	447
三、获得最高合套率的优选始值	448
第四节 圆锥滚子轴承随机装配原理	450
一、随机装配方法的产生	451
二、随机装配的本质	451
三、随机装配的数学描述	452
四、工艺过程的控制	454
思考题	456
参考文献	460

第一章 绪 论

第一节 滚动轴承的基本知识与概念

一、轴承产品的基本结构

滚动轴承是将运转的轴与轴座之间的滑动摩擦改变为滚动摩擦，从而显著减少摩擦损失的一种精密机械元件。

除了有特殊设计与工艺性能要求之外，对大多数滚动轴承来说，其结构是十分简单的。如图 1-1 所示，一般由内圈、外圈、滚动体和保持架组成，俗称“四大件”。滚动体包括钢球和滚子。这是滚动轴承的基本结构。

随着对轴承产品寿命、可靠性等要求的逐步提高，国内外许多轴承设计和制造专家及学者们都认为润滑剂也是滚动轴承的一大件，即滚动轴承由“五大件”组成。这是一种新的观点。

有时对轴承性能要求不同，其结构也有很多差异。有的轴承无内圈或无外圈或同时无内外圈；有的轴承还有防尘盖、密封圈以及安装调整时用的止动垫圈、紧定套和螺钉等零件。

一组滚动体在内圈和外圈之间滚动，并承受和传递载荷。

保持架把滚动体均匀地隔开，以避免它们相互碰撞，并起到引导它们正常运动，防止它们脱落和改善轴承内部润滑等功能。

在推力轴承中，与轴紧配的套圈叫轴（紧）圈，与轴承座或机械壳体相配的套圈叫座（活）圈，轴圈和座圈统称垫圈，如图 1-2 所示。

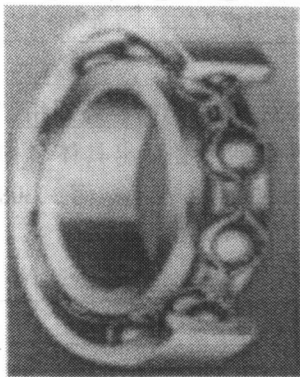


图 1-1 深沟球轴承

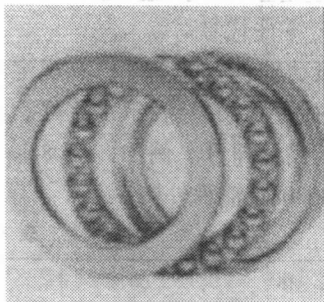


图 1-2 推力轴承

二、滚动轴承零件结构的常用术语

在轴承行业，滚动轴承零件结构表面有许多专业术语，了解这些术语是极其有益的。

1. 结构表面名称

(1) 滚道 轴承外圈上有供钢球(或滚子)滚动的槽，这些槽叫做外沟(或外滚道)；同样，内圈上供钢球(或滚子)滚动的槽叫做内沟(或内滚道)。外沟(又称外沟道)、外滚道和内沟(又称内沟道)、内滚道统称为滚道。内圈上的滚道简称内滚道；外圈上的滚道简称外滚道。

(2) 内径和外径 滚动轴承内径是指内圈内孔表面的直径；外径是指外圈外表面的直径。

(3) 内外径和外内径 滚动轴承内圈上最大外表面的直径叫做内外径；外圈上最小内表面的直径叫做外内径。

另外还有许多术语，将在以后的章节中陆续说明，如内圈、外圈宽度等。

上列术语可由图 1-3 统一表示出来，图中符号含意参见表 1-1。

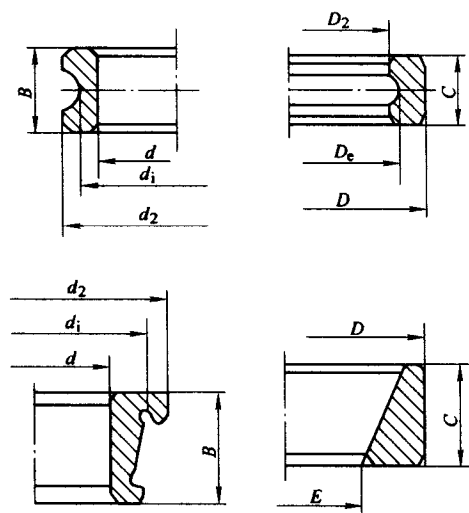


图 1-3 滚动轴承结构表面术语

表 1-1 滚动轴承结构表面术语

内 圈				外 圈			
d	d_i	d_2	B	D	D_e, E	D_2	C
内径	内滚道直径	内外径	宽度	外径	外滚道直径	外内径	宽度

2. 零件代号

滚动轴承上的零件已有规定的数码表示，参见表 1-2。如，外圈用“01”表示，内圈用“02”表示，这样，在书写轴承零件时就不必写出具体名称，而仅写出其代号即可。例如，6308 轴承内圈可用代号 6308/02 表示；而 30308E/01 则表示 30308E 轴承外圈。

表 1-2 轴承零件的代号

名 称	00	10	20	30	40
外(活)圈 (工作的)	01	11	21	31	41
	外(活)圈	外挡圈 (附加垫圈)	第二外圈	第三外圈	外圈镶边 圈(分离的)

(续)

名 称	00	10	20	30	40
内(紧)圈 (工作的)	02	12	22	32	42
	内(紧)圈	内挡圈 (附加垫圈)	第二内圈	第三内圈	内圈镶边 圈(分离的)
非工作套圈 (包括球面座圈)	03	13	23	33	43
	非工作圈		第二非工作圈	第三非工作圈	滚动体间的撑圈
滚动体	04	14	24	34	44
	滚动体		第二滚动体	第三滚动体	
衬套及其零件	05	15	25	35	45
	衬套	螺母			
实体保持架	06	16	26	36	46
	半保持架	保持架的 第二件	第二保持架 或半保持架	第三保持架 或半保持架	滚动体引导 的保持架
冲压保持架	07	17	27	37	47
	半保持架	保持架的 第二件	第二保持架 或半保持架	第三保持架 或半保持架	滚动体引导 的保持架
冲压挡圈及 密封零件	08	18	28	38	48
	防尘盖及 冲压挡圈	密封装置 的第一件	密封装置 的第二件	密封装置 的第三件	密封装置 部 件
紧固零件	09	19	29	39	49
	铆钉支柱 螺 钉		第二紧固 零 件	第三紧固 零 件	垫板
名 称	50	60	70	80	90
外(活)圈 (工作的)	51	61	71	81	91
	半外圈	第一外圈 挡 圈	第二外挡圈 (附加垫圈)	第三外圈 挡 圈	非普通形 的内圈
内(紧)圈 (工作的)	52	62	72	82	92
	半内圈	活动中挡圈	第二内挡圈 (附回垫圈)	浇铸合金 的内圈	非普通形 的内圈
非工作套圈 (包括球面座圈)	53	63	73	83	93
	外隔圈	内隔圈		内壳	外壳或外罩
滚动体	54	64	74	84	94
					非普通形 的滚动体
衬套及其零件	55	65	75	85	95
			止动环及止 动螺钉等		