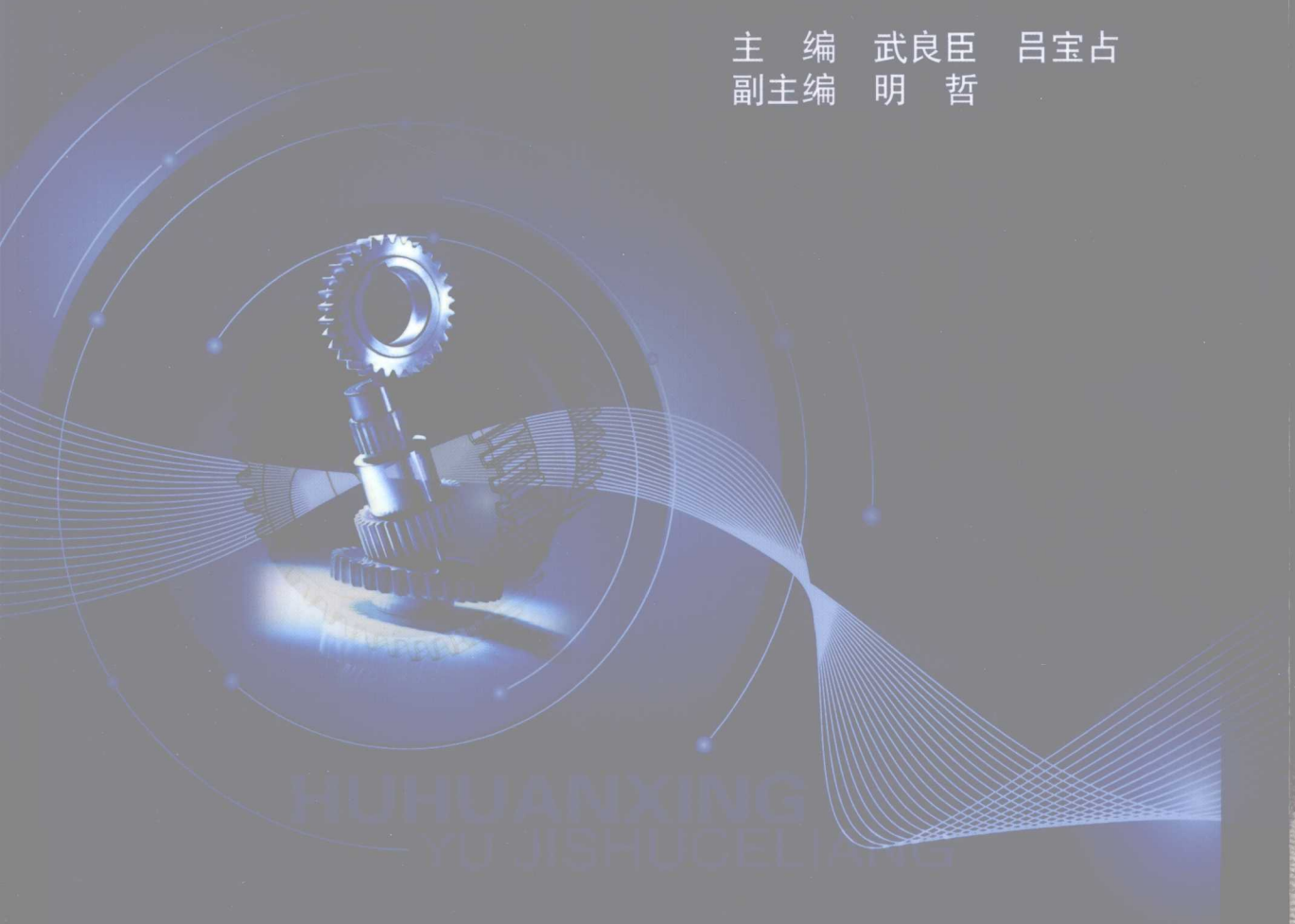




普通高等院校机械类应用型规划教材

互换性与技术测量

主 编 武良臣 吕宝占
副主编 明 哲



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

互换性与技术测量

主 编 武良臣 吕宝占

副主编 明 哲

编 者 胡爱军 李 新 张卫芬

杨 光 吉春和

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书为应用型本科规划教材,由河南理工大学和东南大学等院校编写。全书共分9章:互换性与标准化概论、测量技术基础、圆柱体结合的公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检测、典型零部件的互换性、渐开线圆柱齿轮传动的互换性、尺寸链。为帮助读者理解教材内容,每章均配有习题。

本书可供高等学校机械设计制造及自动化专业(含机械制造、机械设计、机械电子、车辆工程等方面)及仪器仪表、热动力工程类专业等本科生教学使用,也可供从事机械制造工艺、机械零件标准化管理、计量测试等方面工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/武良臣,吕宝占主编. —北京:北京邮电大学出版社,2009
ISBN 978-7-5635-2023-7

I. 互… II. ①武…②吕… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—测量—技术—高等学校—材料 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 112510 号

书 名: 互换性与技术测量
主 编: 武良臣 吕宝占
责任编辑: 赵玉山
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市梦宇印务有限公司
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 20.25
字 数: 467 千字
印 数: 1—3 000 册
版 次: 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2023-7

定价: 32.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

现代科学技术已进入以计算机科学、信息技术、光电子技术、机器人技术、航空航天技术、纳米技术、生物工程等学科为标志的新的的发展时期。制造业正处于由劳动密集、资本密集逐步向科学技术密集、智力密集方向发展,由单一品种、大批量生产逐步进入多品种、小批量综合生产系统发展阶段。由此可见,制造业是国民经济的基础,过去是这样,现在是这样,将来也是这样。互换性与技术测量是与机械、电子、仪器等制造工业发展紧密联系的基础学科,它不仅将涉及制造业的标准化领域与计量领域的有关知识紧密地结合在一起,而且涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等许多方面,因此本学科实际上是一门综合性应用技术基础学科。

从教学角度出发,“互换性与技术测量”课程既有联系设计类课程和工艺类课程的纽带作用,又有从技术基础课程教学过程过渡到专业课教学过程的桥梁作用。为了适应机械工业的新形势,为国民经济培养越来越多的应用型人才,在参考现已出版的同类教材基础上,融入了编者多年的教学经验,并结合兄弟院校的教学经验,编写了这本教材,力求突出体现以下几点:

(1) 紧密结合教学要求,以够用为度,力求反映国内外最新成就,精炼教学内容,在生产实践应用的基础上,将目前正在应用的以及修订的新标准一并纳入教材中,使学生既能适应生产需要的知识,又能掌握本学科发展动态。

(2) 既重视对本学科基础理论和规律性知识的总结论述,又重视对本学科的应用与发展的分析。

(3) 在应用方面作了加强,本书在阐明基础理论的同时,列举了较多的实际应用及工程实例,注意理论联系实际和应用能力培养与工程素质教育。

(4) 本书的适用面广,既适用多学时(40学时)教学,也适用少学时(20~30学时)教学,使用本书时可以根据不同专业的具体情况个别章节可以不讲或扼要地介绍。

本书由河南理工大学武良臣、吕宝占、胡爱军、李新、杨光、吉春和、东南大学张卫芬和吉林农业科技学院明哲等编写。具体分工如下:吕宝占编写第1章和第8章,吉春和编写第2章,杨光编写第3章,胡爱军编写第4章、第5章和第6章,李新编写第7章,张卫芬编写第9章,武良臣和明哲参加了部分章节的编写工作。全书由武良臣教授统稿,赵俊伟教授主审。

在本书编写、出版过程中,得到北京邮电大学出版社、河南理工大学万方科技学院、河南理工大学机械与动力工程学院等单位的大力支持,编者在此表示衷心感谢。由于编者水平所限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正!

编 者

目 录

合碩已義公館台辭科井園 章 6 第

第 1 章 互换性与标准化概论

1.1 互换性的意义与作用	1
1.1.1 互换性的意义	1
1.1.2 互换性的作用	2
1.1.3 互换性的分类	3
1.1.4 实现互换性的条件	4
1.2 公差制的发展简介	5
1.2.1 初期公差制	5
1.2.2 旧公差制	5
1.2.3 国际公差制	7
1.3 标准化及优先数系	9
1.3.1 标准及标准化	9
1.3.2 优先数系及优先数	11
1.4 本课程的研究对象和学习方法指导	15
习题	16

第 2 章 测量技术基础

2.1 测量技术的基本知识	17
2.1.1 测量、计量和检验的概念	17
2.1.2 计量单位与量值传递系统	18
2.1.3 测量方法和测量器具分类	24
2.1.4 测量方法和测量器具的基本度量指标	26
2.2 被测量在测量过程中的变换	28
2.2.1 机械变换	28
2.2.2 气动变换	32
2.2.3 光学变换	33
2.2.4 电学变换	38
2.3 测量误差与测量数据处理	40
2.3.1 测量误差及其产生的原因	40
2.3.2 测量数据处理	43

2.4	测量精度的分类	48
2.5	测量列的数据处理	48
2.5.1	直接测量数据的处理	48
2.5.2	间接测量数据的处理	51
	习题	52
第3章 圆柱体结合的公差与配合		
3.1	概述	54
3.2	公差与配合的基本术语和定义	54
3.2.1	有关“尺寸”的基本术语和定义	55
3.2.2	有关“偏差与公差”的基本术语和定义	57
3.2.3	有关“配合”的基本术语和定义	59
3.3	标准公差系列	62
3.3.1	公差单位	62
3.3.2	公差等级	63
3.3.3	尺寸分段	63
3.4	基本偏差系列	66
3.4.1	基本偏差的含义及其代号	66
3.4.2	轴的基本偏差	67
3.4.3	孔的基本偏差	68
3.5	公差带与配合标准化	75
3.6	公差与配合的选择	79
3.6.1	基准制的选择	80
3.6.2	公差等级的选择	80
3.6.3	配合的选择	82
3.7	一般公差线——线性尺寸的未注公差	86
	习题	88
第4章 形状和位置公差		
4.1	概述	89
4.1.1	形位误差对零件性能的影响	89
4.1.2	形位公差研究的对象——要素	89
4.1.3	形位公差项目	91
4.1.4	形位公差与形位误差	91
4.2	形状公差	92
4.2.1	直线度	93
4.2.2	平面度	94
4.2.3	圆度	94

4.2.4	圆柱度	94
4.2.5	线、面轮廓度	95
4.3	位置公差	96
4.3.1	定向公差	96
4.3.2	定位公差	102
4.3.3	跳动公差	106
4.3.4	基准	108
4.4	形位公差与尺寸公差关系	109
4.4.1	基本概念	110
4.4.2	独立原则	112
4.4.3	包容要求	112
4.4.4	最大实体要求	113
4.4.5	最小实体要求	118
4.4.6	可逆要求	121
4.5	形位公差选择	122
4.5.1	公差原则和相关要求的应用	122
4.5.2	形位公差项目的选择	123
4.5.3	公差原则的选择	124
4.5.4	形位公差值的确定	124
4.5.5	形位公差的未注公差值的规定	130
4.5.6	形位公差的标注	132
4.6	形位误差的检测	139
4.6.1	形位误差及其评定	139
4.6.2	基准的建立与体现	141
4.6.3	形位误差的检测原则	142
4.6.4	形位误差的测量	143
	习题	148
第5章 表面粗糙度		
5.1	概述	150
5.1.1	表面粗糙度的形成与界定	150
5.1.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响	151
5.2	表面粗糙度的评定	151
5.2.1	基本术语和定义	152
5.2.2	评定参数	153
5.3	表面粗糙度的选用与标注	157
5.3.1	表面粗糙度的选用	157
5.3.2	表面粗糙度的图样标注	159

5.4 表面粗糙度的测量	164
5.4.1 目测或感触法	164
5.4.2 非接触测量法	164
5.4.3 接触测量法	166
5.5 有关表面粗糙度新国家标准介绍	167
5.5.1 评定基准	167
5.5.2 表面粗糙度的评定参数	169
习题	171
第6章 光滑工件尺寸的检测	
6.1 用通用计量器具检测	172
6.1.1 验收原则	172
6.1.2 验收极限与安全裕度	173
6.1.3 计量器具的选择	175
6.1.4 计量器具选用示例	176
6.2 光滑极限量规	177
6.2.1 基本概念	177
6.2.2 量规公差带	179
6.2.3 量规设计	180
习题	184
第7章 典型零部件的互换性	
7.1 滚动轴承的公差与配合	185
7.1.1 概述	185
7.1.2 滚动轴承的互换性	185
7.1.3 滚动轴承与座孔、轴径结合的公差与配合	189
7.2 键和花键联接的公差与配合	195
7.2.1 平键结合的公差与配合	195
7.2.2 矩形花键结合的公差与配合	196
7.2.3 键联接的检测	200
7.3 螺纹联接的公差与配合	201
7.3.1 普通螺纹的分类及使用要求	201
7.3.2 普通螺纹结合的主要几何参数	201
7.3.3 普通螺纹标记	202
7.3.4 普通螺纹几何参数误差对互换性的影响	205
7.3.5 单一中径与中径之间的数量关系	207
7.3.6 保证螺纹互换性的条件	208
7.3.7 普通螺纹公差与配合	209

7.3.8	机床梯形螺纹丝杠和螺母的互换性	214
7.3.9	螺纹的检测	221
7.4	圆锥结合的公差与配合	223
7.4.1	基本概念	223
7.4.2	圆锥公差	228
7.4.3	圆锥配合	233
7.4.4	圆锥的检测	237
习题		239

第8章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性

8.1	概述	241
8.1.1	齿轮传动的使用要求	242
8.1.2	齿轮的加工误差	244
8.2	齿轮传递运动准确性的评定指标及其误差测量	247
8.2.1	切向综合误差	247
8.2.2	齿距累积误差	249
8.2.3	齿圈径向跳动	250
8.2.4	公法线长度变动	251
8.2.5	径向综合误差	252
8.3	齿轮传动平稳性的评定指标及其误差测量	253
8.3.1	一齿切向综合误差	253
8.3.2	一齿径向综合误差	253
8.3.3	齿形误差	254
8.3.4	齿距偏差	255
8.3.5	基节偏差	256
8.3.6	螺旋线波度误差	258
8.4	载荷分布均匀性误差评定指标及其测量	259
8.4.1	齿向误差	259
8.4.2	接触线误差	261
8.4.3	轴向齿距偏差	261
8.5	齿轮副误差及其评定指标	262
8.5.1	轴线平行度误差	262
8.5.2	公法线长度偏差	262
8.5.3	齿轮副中心距极限偏差	263
8.5.4	接触斑点	264
8.5.5	齿轮副的法向侧隙	265
8.5.6	齿轮副切向综合误差	265
8.5.7	齿轮副一齿切向综合误差	266

8.6 渐开线圆柱齿轮精度	266
8.6.1 标准适用范围	266
8.6.2 精度等级及其选择	267
8.6.3 齿轮副侧隙和齿厚极限偏差的确定	271
8.6.4 齿轮检验项目的确定	275
8.6.5 其他技术要求	276
8.6.6 齿轮精度等级的图样标注	277
8.6.7 齿轮精度设计举例	278
8.7 渐开线圆柱齿轮新标准简介	279
8.7.1 渐开线圆柱齿轮的评定指标	281
8.7.2 渐开线圆柱齿轮的精度标准	288
习题	295
第9章 尺寸链	
9.1 概述	296
9.1.1 尺寸链的定义及特征	296
9.1.2 尺寸链的基本术语	297
9.1.3 尺寸链的分类	299
9.1.4 尺寸链的建立和计算类型	299
9.2 完全互换法解尺寸链	300
9.2.1 基本计算公式	300
9.2.2 计算举例	302
9.3 概率法解尺寸链	306
9.3.1 概率法解尺寸链的含义	306
9.3.2 基本计算公式	306
9.3.3 应用举例	307
9.4 解装配尺寸链的其他方法	308
9.4.1 分组互换法	308
9.4.2 修配法	309
9.4.3 调整法	310
习题	311
参考文献	313

1.1 互换性的意义与作用

1.1.1 互换性的意义

互换性(interchangeability)即事物可以相互替换的特性。在工程及日常生活中,产品或零部件互换性的体现比比皆是,如计算机的磁盘,同一张磁盘可在不同品牌的计算机上使用,同一台计算机上也可以使用不同厂家的磁盘;电视机上的集成芯片损坏了,可换上同一规格的新芯片,便能保证电视机的正常工作;家用白炽灯泡坏了,到商店购回同一规格的灯泡,装上后即可点亮照明;自行车、汽车、拖拉机等机械的零件损坏后,维修人员可迅速换上同规格的新零件,便能够很好地满足使用要求。这里提到的磁盘、集成电路芯片、灯泡、机器零件等,在同一型号规格内可以互相替换使用,它们都是具有互换性的产品。在制造工程领域中,产品或零部件可互换的特性不仅在使用中体现出优越性,而且在产品的研究、开发、设计、制造等全过程中都有着重要的作用。

理论上讲,要使一批产品或零部件具有可以相互替换使用的特性,可以将它们的所有实际参数(如尺寸、形状等几何参数及强度、硬度等物理参数)加工、制造得完全一样,使得取其中任意一件的应用效果都是相同的,因此它们也将具有互换性。但是,由于实际生产中制造误差不可避免地存在,要获得这样完全一致的产品几乎是不可能的,也是不必要的。因而在按互换性的原则组织生产时,只要将一批产品或零部件实际参数值的变动限制在允许的极限范围内,保证它们充分近似,即可实现互换性并获得最佳的技术经济效益。

因此,机械工程中互换性的含义可归纳为:“在机械和仪器制造工业中,零(部)件的互换性是指从一批相同规格的零件(或部件)中任意拿出一个,不需要任何修配就能装配到所属的部件(或机器)中去,而且能够达到预定的配合(紧松)要求,并能满足技术要求及保证良好的使用性能。”

显然,互换性应同时具备两个条件:

- (1) 在装配过程中,不用挑选、不需调整、不经修理就能进行装配;
- (2) 装配后,能满足使用要求。

1.1.2 互换性的作用

机械工程中互换性的作用体现在产品的设计、制造、装配、使用和机械设备的管理等各个方面。

从设计角度上看,由于按照互换件原则,尽量采用具有互换性的零、部件或独立机构以及总成,故可简化计算、绘图等工作,缩短设计周期,也便于各种现代计算机辅助设计方法的应用。这对发展产品的多样化、系列化,促进产品结构、性能的不断改进,都有重大作用。

从制造角度上看,由于按互换性原则组织生产,同一部机器上的各个零件可以同时分别按规定的参数极限制造。对于一些应用量大、应用面广的标准件,还可由专门的车间或专业厂单独生产。由于产品单一、数量多、分工细,可广泛采用高效专用加工设备,产量和质量必然会得到明显提高,生产成本随之也会显著降低。

互换性生产是随着大批量生产而发展和完善起来的,它不仅在大批量生产中广为采用,而且在生产由单一品种的大批量生产,逐步向多品种、小批量生产发展中,以及由传统的生产方式向现代化的数字控制(NC)、计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)及柔性制造系统(FMS)和更先进的计算机集成制造系统(CIMS)的逐步过渡中也起着重要作用。科学技术越发展,对互换性的要求越高、越严格,例如,柔性制造系统的主要特点是可以根据市场需求改变生产线上产品的型号和品种。当生产线上工序变动时,信息送给多品种控制器,控制器接受将要装配哪些零件的指令后,就指定机器人或机械手选择零件,进行装配,并经校核送到下一工序。库存零件提取后,由计算机通知加工站补充零件。显然这种生产系统对互换性有着更加严格的要求。

从装配角度上看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零、部件具有互换性,不需辅助加工和修配,故能减轻装配环节上所用的劳动量,缩短装配周期,并且可按流水作业方式进行装配作业,乃至进行自动装配,从而大大提高装配生产率。

从使用角度上看,若产品具有互换性,则它们磨损或损坏后,可以方便、及时地用新备件取代,例如,各种内燃机的活塞、活塞销、活塞环等易损件,各种滚动轴承等易耗件都是按互换性原则生产的。由于零、部件具有互换性,因而维修方便,维修时间和费用少,可以保证机器工作的连续性和持久性,从而可显著提高机器的使用价值。

在机器制造中遵循互换性原则,不仅能显著地提高劳动生产率,而且能有效地保证产品质量并降低成本。可用互换性系数 C 来评价整台机器的互换性程度,即

$$C = \frac{W_I}{W_T} \quad (1-1)$$

式中: W_I ——制造互换性零、部件的工作量;

W_T ——制造全部零、部件的工作量。

显然 $C \leq 1$, 且对于不同的制造行业 C 的数值是不同的, C 愈接近于 1, 则表明互换性程度愈高, 即生产技术的文明程度愈高。

另外,从机械设备的管理上看,无论是技术和物资供应,还是计划管理,零部件具有互

换性都将便于实现科学化管理。

所以,互换性原则是机械工业生产的基本技术经济原则,是我们设计、制造中必须遵循的,即使是单件、小批量生产,零件不具备互换性,此原则也必须遵循,因为不可避免地要采用具有互换性的刀具、夹具及量具等工艺装备,更何况在整台产品中还可能用到许多具有互换性的零件与部件。

综上所述,互换性是机器制造可持续发展的重要生产原则和技术基础。从根本上讲,按互换性原则组织生产,实质上就是按分工协作的原则组织生产,由于“分工与协作造成的生产力不费资本分文”,因此可以获得巨大的经济效益。

1.1.3 互换性的分类

根据使用要求以及互换的参数、程度、部位和范围的不同,互换性可分为不同的种类。

1. 按决定参数分

按互换的参数或参数的功能分,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

(1) 几何参数互换性

指通过规定几何参数的极限范围以保证产品的几何参数值充分近似所达到的互换性。此为狭义互换性,即通常所讲的互换性,有时也局限于反映保证零件尺寸配合或装配要求的互换性,也是本教材主要涉及的互换性。

(2) 功能互换性

指通过规定功能参数的极限范围所达到的互换性。功能参数既包括几何参数,也包括其他一些参数,如材料物理力学性能参数,化学、光学、电学、流体力学等参数。此为广义互换性,往往着重于保证除几何参数互换性或装配互换性以外的其他功能参数的互换性要求。

2. 按方法及程度分

按实现方法及互换程度的不同,互换性又可分为完全互换性(极值互换)和不完全互换性。不完全互换性通常包括概率互换性(大数互换性)、分组互换性、调整互换性和修配互换性等几个种类。

(1) 完全互换性

指零、部件在装配或更换时不需挑选,而且不需要任何辅助加工与修配,即可保证满足使用要求。

(2) 不完全互换性

指零、部件在装配或更换时需要进行加工、修配调整或挑选才可满足技术要求。

不完全互换性又可分为:

① 概率互换性

指零、部件的设计制造仅能以接近于1的概率来满足互换性的要求,主要用于成批、大量生产场合。在成批、大量生产方式下,考虑制造时制件参数实际值的概率分布特点,将参数允许的变动量适当加大以获得制造的经济性。按概率互换性要求组织生产,可能出现达不到总装要求的情况,但其出现的概率应很小。

② 分组互换性

通常用于某些大批量生产且装配精度要求很高的零件。当装配精度要求较高时,采用完全互换性将使零件制造公差很小,加工困难,成本提高,甚至无法加工。这时,将零件的制造公差适当放大,以减小加工难度,而在零件完工后再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行(例如,大孔组零件与大轴组零件装配,小孔组零件与小轴组零件装配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。分组互换既可保证装配精度及使用要求,又使零件易于加工、降低制造成本。例如,滚动轴承内、外套圈及滚动体在装配之前,通常要分十几组甚至几十组;内燃机的活塞、活塞销和连杆在装配前,往往要分三四组。

③ 调整互换性和修配互换性

这种互换性是提高整机互换性水平的一种补充手段,多应用于单件、小批量生产方式,特别是用于重型机械和精密仪器制造。此时,在机构或机器进行装配中,往往必须改变装配链中某一零件实际参数值的大小,以其作为调控环来补偿(减小或消除)其他零件装配中累积误差的影响,从而满足总的装配精度要求。调整互换就是通过更换调整环零件或改变它的位置进行补偿;而修配互换是通过去除调整环零件部分材料,改变调整环实际参数值的大小,从而达到对装配精度补偿的目的。此时,构成装配链的所有零件仍然按互换性原则制造,装配过程也遵循互换性原则,但必须对调整环进行辅助调整或修配才能达到总装配精度要求。显然,在进行这样的调整或修配后,若要更换机构或机器中的组成零件,则必须对调整环重新进行相应的调整或修配。

一般地说,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配,至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

3. 按部位或范围分

对独立的标准部件或机构来说,其互换性可分为外互换性与内互换性。

(1) 外互换性

指部件或机构(作为一个整体)与其他相配零件间的互换性。例如,滚动轴承内套圈与支承轴、外套圈与轴承座孔之间的配合为外互换。从使用方便考虑,滚动轴承作为标准部件,其外互换采用完全互换性。

(2) 内互换性

指部件或机构内部组成零件之间的互换性。例如,滚动轴承内、外套圈的滚道分别与滚动体(滚珠、滚柱等)之间的互换性。因为这些组成零件的精度要求高,加工难度大,生产批量大,故它们的内互换采用分组互换性。

在实际生产组织中,究竟采用何种形式的互换性,要由产品的精度要求与复杂程度、生产规模、生产设备以及技术水平等一系列因素来决定。

1.1.4 实现互换性的条件

任何机械都是由若干最基本的零件构成的,这些具有一定尺寸、形状和相互位置几何参数的零件,可以通过各种不同的连接形式而装配成为一个整体。

由于任何零件都要经过加工的过程,无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高,要使加工零件的尺寸、形状和位置做得绝对准确,不但不可能,也没有必要。只要将零件加工后各几何参数(尺寸、形状和位置)所产生的误差控制在一定的范围内,就可以保证零件的使用功能,同时还能实现互换性。设计中尽可能采用标准化的零部件,对实现互换性有重大作用。

允许零件尺寸和几何参数的最大变动量称为公差,它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。公差用来控制加工中的误差,以保证互换性的实现。因此,建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量,检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并判断其是否合格;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。

综上所述,合理确定公差与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

1.2 公差制的发展简介

圆柱体结合的极限与配合制(简称公差制)是机械工程方面特别重要的互换性基础标准。公差制的发展和变革不仅影响机械制造业的兴衰,甚至影响国家整个标准体系的格局。

公差与配合的概念,早在互换性生产初期就已经提出来了,而公差制的初步形成,则是机器大工业生产的产物。公差制的发展大致可以分为三个阶段。

1.2.1 初期公差制

初期公差制以英国纽瓦尔(Newall)公司 1902 年出版的标准“极限表”为最早的代表,包括英国 1906 年公布的国家标准 B. S. 27 和 1924 年制订的 B. S. 164 以及美国 1925 年制订的标准 A. S. A. B4a。

初期公差制只有基孔制,配合数很少,比较简单。主要特点是用一个符号或名称代表一对极限偏差,其公差带的大小与位置是联系在一起的,同时用一个代号或名称表示。

1.2.2 旧公差制

在公差制的发展历史上,德国的标准 DIN 占有重要位置,它在总结和继承英、美等国初期公差制的基础上有较大发展,其特点如下:

- (1) 同时规定了基孔制与基轴制;
- (2) 明确提出公差单位的概念,并取公差单位为 $1\text{PE}=0.005\sqrt[3]{D}$,其中 PE 与 D 均以 mm 表示。

(3) 将精度等级代号与配合代号区别开来,分4个精度等级,用德文小写字母表示,4个精度等级的公差依次为1PE、1.5PE、3PE及10PE。

(4) 配合代号用配合名称(说明配合性质或装配方法)的德文缩写表示,并用大写。

(5) 规定了标准温度20℃。

由于这些特点,DIN公差制在当时是较先进的,它影响了一些国家公差制的制订,包括1929年制订的前苏联公差制(OCT,ГОСТ);1955年中国第一机械工业部完全按照OCT公差制制订的《公差与配合》部颁标准以及1959年颁布的《公差与配合》旧国标(GB 159~174—59)。

旧公差制的主要问题表现在两个方面:

1. 精度等级概念和规律问题

旧公差制的精度等级包含加工方法、工艺等价以及配合特性三个方面。

(1) 加工方法

旧公差制精度等级的划分,直接来源于一定的典型加工方法,如DIN制的e、f、s、g四级,代表超精加工、精加工、一般加工和粗加工的工艺水平。

(2) 工艺等价

考虑到高精度孔的加工比较困难,故对高精度孔规定的公差比同级轴的公差大。DIN制对e、f级,旧国标对1、2、3级(OCT制的1、2、2a级),规定孔的公差为同级轴公差的1.5倍。例如,基本尺寸为25mm的2级精度基准轴 d 的公差为 $14\mu\text{m}$,而同级基准孔 D 的公差为 $23\mu\text{m}$ 。这样,同一级精度的零件(孔、轴)表示它们在工艺上的难易程度大体相当,即所谓的“工艺等价”。加工方法与工艺等价都是工艺特征。按工艺特征划分精度等级的方法,在公差制建立的初期是合理的,它体现了公差制的现实性。随着生产的日益发展、制造工艺的不断完善和新工艺不断出现,每一种工艺方法所能达到的精度也不是固定不变的,例如,按磨削轴的精度定为旧国标2级,精车轴的精度定为4级,但现在镜面磨削的精度大大超过1级,镜面车削的精度也可以达到1级。孔、轴加工难易也不是固定不变的,对大尺寸而言,由于轴的测量精度往往比孔的测量精度低,所以加工高精度轴反而比孔困难,因此,旧国标对于大于500mm的孔、轴仍规定1、2、3级孔的公差比同级轴的公差大,显然就不合理了。再者,由于精度等级是按照典型加工方法的精度确定,所以相邻精度等级间公差的比值不相同,精度等级不便延伸,也不便插入中间等级,难以适应工艺发展的需要。

(3) 配合特性

旧公差制按照精度规定配合,故“精度”不仅反映工艺特征,还反映配合特性。例如,旧国标D/d、D/db、D/dc、D/dd、D/de以及D/df等都是基孔制2级精度动配合,不仅孔、轴公差相等(工艺等价),而且轴的公差也是变动的,随着配合间隙的增加,轴的公差也增加(配合特性)。再如,旧国标2级精度轴 $\phi 25d$ 与 $\phi 25db$ 的公差为 $14\mu\text{m}$,但同为2级精度轴 $\phi 25de$ 的公差却为 $35\mu\text{m}$,为前者的2.5倍。这是由于间隙小的动配合主要用于定心、导向和往复运动,对间隙变动敏感,所以配合公差应小一些;而间隙大的动配合主要用于高速回转,对间隙变动不甚敏感,所以配合公差可大些。既然配合公差随间隙的增加而加大,所以基孔制小轴的公差也随间隙的增加而加大,它反映精度等级的配合特性。从配

合的使用要求看,这些轴似应列为同一精度等级,但从工艺看,则理应属于不同精度等级,而且有的轴公差反而比孔公差大,更与前述工艺等价原则不符。这样,就造成精度等级在概念和规律上的混乱,其结果必然导致生产上的混乱。

2. 配合概念和规律方面的问题

当基本尺寸一定时,配合的主要区别在于间隙或过盈的大小及其变动。旧公差制仅从间隙或过盈的标准化入手进行配合的标准化,且其依据不一,例如, OCT 制和旧国标对动配合按最小间隙划分,对过渡配合按最大过盈划分,对过盈配合大部分按平均过盈划分,但也有按最大过盈或最小过盈划分的。

由于划分配合的依据不统一,“精度”与“配合”的概念不明确,孔、轴公差带的大小不仅与精度等级有关,还随配合改变;公差带的位置不仅与配合有关,也随精度等级改变;再加上配合名称不确切,更进一步造成“配合”概念与规律的混乱。因此,对于不同精度的配合,其松紧顺序可能颠倒,例如,7级精度的第三种动配合 $D7/dc7$,比2级精度的第五、六种动配合 D/de 及 D/df 的间隙大,配合反而松得多。

静配合的问题更多,例如, $D6/je6$ 为6级精度第五种静配合,但其平均过盈比4级精度第一种静配合 $D4/ja4$ 的平均过盈都要大; $D4/jc4$ 与 $D1/jc1$ 都是第三种静配合,但前者的平均过盈几乎为后者的两倍,配合性质相差悬殊,配合名称与实际不符;同为4级精度静配合,第一种静配合 $D4/ja4$ 比第二种静配合 $D4/jb4$ 的平均过盈几乎大一倍,而第二、三种静配合 $D4/jb4$ 与 $D4/jc4$ 的平均过盈相近;对于同一精度级的各个静配合,其过盈的变更也无规律。

上述旧公差制关于精度与配合在概念及规律方面的混乱,随着精度等级与配合数的增加,而更加突出。因此,这种公差制的基本结构,与初期公差制一样,没有发展前途。

1.2.3 国际公差制

值得特别指出的是,上述 DIN 制在德国并未普遍采用,在德国优先采用的是后来发展得更先进的国际公差 ISA 制。ISA 公差制是由国际标准化协会第三技术委员会(ISA/TC3)在总结各国公差制的基础上制订的。国际公差 ISA 制 1~500 mm 尺寸范围于 1935 年以草案形式公布。在 1932—1936 年期间,大多数欧洲国家都以 ISA 草案为基础修订了本国公差制。在 20 世纪 50 年代,ISA 制在世界上的应用范围已相当广泛。

第二次世界大战后,国际标准化组织重建,改名 ISO,仍由第三技术委员会(ISO/TC3)负责制订公差与配合标准。1949 年 9 月,ISO 决定以 ISA 制为基础制订新的国际公差 ISO 制,于 1962 年颁布了新的国际公差制的基本标准 ISO/R 286:1962《ISO 极限与配合制,第一部分:总论,标准公差与基本偏差》。后来,又陆续颁布了以下标准:ISO/R 1938:1971《ISO 极限与配合制,第二部分:光滑工件的检验》,ISO 2768:1973《未注公差尺寸的允许偏差》,ISO 1829:1975《一般用途公差带的选择》。

1988 年,ISO/TC3 将 ISO/R 286 修订为两个标准:ISO 286-1:1988《ISO 极限与配合制,第一部分:公差、偏差与配合基础》,ISO 286-2:1988《ISO 极限与配合制,第二部分:标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》。ISO 286 与 ISO/R286 比较,主要改变是:取消英制