

普通高等学校“十二五”规划教材 / 卓越工程师教育培养计划配套教材

# 互换性与 测量技术基础

第2版

■ 柴 畅 主编

中国科学技术大学出版社

普通高等学校“十二五”规划教材  
卓越工程师教育培养计划配套教材

# 互换性与 测量技术基础

第2版



主 编 柴 畅  
副主编 吴仲伟 周 丹  
参 编 郑盛新一 常伟杰 潘晓蕙

中国科学技术大学出版社

## 内 容 简 介

“互换性与测量技术基础”课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要技术基础课,从课程体系看,它是联系机械设计和机械制造类课程的纽带,是从基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。本课程旨在让学生初步掌握机械及其零部件的几何量精度设计,正确理解设计图纸上的精度要求,合理设计产品质量检验方案和进行测量结果的数据处理。

本书可作为高等工科院校机械类和近机类专业“互换性与测量技术基础”课程的教材,也可供生产企业和计量检验机构的专业人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/柴畅主编.—2版.—合肥:中国科学技术大学出版社,2016.8  
ISBN 978-7-312-04058-0

I. 互… II. 柴… III. ① 零部件—互换性 ② 零部件—测量技术 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 203935 号

出版 中国科学技术大学出版社  
安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026  
网址:<http://press.ustc.edu.cn>  
印刷 合肥市宏基印刷有限公司  
发行 中国科学技术大学出版社  
经销 全国新华书店  
开本 787 mm×1092 mm 1/16  
印张 18  
字数 461 千  
版次 2014 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 2 版  
印次 2016 年 8 月第 2 次印刷  
定价 29.00 元

## 第2版前言

“互换性与测量技术基础”课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要技术基础课,从课程体系看,它是联系机械设计和机械制造类课程的纽带,是从基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。通过本课程的学习,旨在让学生初步掌握机械及其零部件的几何量精度设计,正确理解设计图纸上的精度要求,合理设计产品质量检验方案和进行测量结果的数据处理。本书将“机械设计基础”课程中的减速器设计作为主要实例,分析其几何量精度设计,加深学生对几何零件公差的理解,强化培养学生的工程能力和创新能力。

本书可作为高等工科院校机械类和近机类专业“互换性与测量技术基础”课程教材,也可供生产企业和计量检验机构的专业人员参考使用。

经过两年的教学实践,编者决定出版《互换性与测量技术基础》第2版。本书对第1版的部分内容做了更新,在编排上做了改进,修改了书中有关文字、图表和图样标注中的错误和遗漏。

本书以几何量精度设计与检测为主线,遵循“加强基础、精选内容、调整体系、重在应用”的编写原则,依据全国高校本课程的教学基本要求,采用我国最新的国家标准,阐述了本学科的基本理论和基本知识。全书分为3个部分:第1部分为几何量精度设计基础,包括绪论、尺寸精度、几何精度和表面粗糙度轮廓,构成了较为完整的几何量精度基础体系。第2部分为典型零件几何量精度设计,内容包括滚动轴承、键和花键、圆柱螺纹、渐开线圆柱齿轮等,这部分不仅是几何量精度设计内容的贯彻应用,还揭示了典型零件的特殊性。第3部分为几何量精度综合设计与检测,内容包括几何量精度综合设计与综合实验、孔及轴尺寸的检测、几何误差的检测和表面粗糙度轮廓的检测等,这部分讲述了几何量精度检测的基本知识和基本方法,介绍了常用的几何量测量仪器原理与测量方法及数据处理,可作为实验指导书使用。在每章的结尾附有习题,为相关知识点的巩固提供支持。

本书的编者是合肥工业大学长期教授“互换性与测量技术基础”课程的骨干教师,由柴畅担任主编,吴仲伟和周丹担任副主编。全书共分11章,其中第1章、第2章和第5章由柴畅编写,第3章和第9章由吴仲伟编写,第4章、第6章、第7章和第8章由周丹编写,第10章由周丹、郑盛新和常伟杰编写,第11章由吴仲伟、周丹和潘晓蕙编写。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处和错误,欢迎读者批评指正。

编者

2016年6月8日

# 第 1 版前言

“互换性与测量技术基础”课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要的技术基础课,从课程体系看,它是联系机械设计和机械制造类课程的纽带,是从基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。通过本课程的学习,旨在让学生初步掌握机械及其零部件的几何量精度设计,正确理解设计图纸上的精度要求,合理设计产品质量检验方案和进行测量结果的数据处理。

本书可作为高等工科院校机械、电子和仪器仪表等专业“互换性与测量技术基础”课程教材,也可供生产企业和计量检验机构的专业人员参考使用。

目前我国部分高校落实了教育部“卓越工程师培养计划”,以培养造就一批高质量各类型的工程技术人才,但是尚缺乏相应专业教材。本书适应这一形势,结合“机械设计基础”课程中的减速器设计,将其作为主要实例,分析其几何量精度设计,以加强理论与实际相结合的效果,加深学生对几何零件公差的理解,强化培养学生的工程能力和创新能力。

本书以几何量精度设计与检测为主线,遵循“加强基础、精选内容、调整体系、重在应用”的编写原则,依据全国高校本课程的教学基本要求,采用我国最新的国家标准,阐述了本学科的基本理论和基本知识。全书分为三个部分:第 1 部分为几何量精度设计基础,内容包括绪论、尺寸精度、几何精度和表面粗糙度轮廓,构成了较为完整的几何量精度基础体系;第 2 部分为典型零件几何量精度设计,包括滚动轴承、键和花键、圆柱螺纹、渐开线圆柱齿轮等,不仅是几何量精度设计内容的贯彻应用,而且还揭示了典型零件的特殊性;第 3 部分为几何量精度综合设计与检测,内容包括几何量精度综合设计与综合实验及几何量精度的检测,这部分讲述了几何量精度检测的基本知识和基本方法,介绍了常用的几何量测量仪器原理与测量方法及数据处理,可作为实验指导书使用。

本书由合肥工业大学柴畅担任主编,吴仲伟和周丹担任副主编。全书共分 11 章,其中第 1 章、第 2 章和第 5 章由柴畅编写,第 3 章和第 9 章由吴仲伟编写,第 4 章、第 6 章、第 7 章和第 8 章由周丹编写,第 10 章由周丹、郑盛新和常伟杰编写,第 11 章由吴仲伟、周丹和潘晓蕙编写。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

编者

2014 年 5 月 16 日

# 目 录

第 2 版前言 .....	i
第 1 版前言 .....	iii
<b>第 1 部分 几何量精度设计基础</b>	
<b>第 1 章 绪论</b> .....	3
1.1 课程简介和任务 .....	3
1.1.1 课程简介 .....	3
1.1.2 课程的任务 .....	4
1.2 互换性的概念和作用 .....	4
1.2.1 互换性的概念 .....	4
1.2.2 互换性的作用 .....	5
1.2.3 互换性的种类 .....	6
1.3 公差与检测 .....	7
1.3.1 公差 .....	7
1.3.2 检测 .....	7
1.4 标准化与优先数系 .....	8
1.4.1 标准与标准化的概念 .....	8
1.4.2 标准的分类和代号 .....	8
1.4.3 优先数系和优先数 .....	10
1.5 几何量测量的基本知识 .....	13
1.5.1 有关测量的基本概念 .....	13
1.5.2 长度值的传递及量块 .....	14
1.5.3 测量方法与计量器具的分类 .....	18
1.5.4 计量器具的技术性能指标 .....	19
习题 1 .....	20
<b>第 2 章 孔、轴极限与配合及其尺寸检测</b> .....	22
2.1 基本术语及其定义 .....	22
2.1.1 几何要素的术语及定义 .....	22
2.1.2 有关孔和轴的定义 .....	24

2.1.3	有关尺寸的术语及定义	24
2.1.4	有关偏差和公差的术语及定义	26
2.1.5	有关配合的术语及定义	29
2.2	常用尺寸孔、轴《极限与配合》国家标准的构成	33
2.2.1	孔、轴标准公差系列	33
2.2.2	孔、轴基本偏差系列	37
2.2.3	孔、轴公差与配合在图样上的标注	48
2.2.4	孔、轴常用公差带和优先、常用配合	49
2.3	常用尺寸孔、轴结合的精度设计	54
2.3.1	孔轴结合的应用场合和选择原则及方法	54
2.3.2	配合制的选用	55
2.3.3	标准公差等级的选择	57
2.3.4	配合种类的选择	59
2.4	未注公差线性尺寸的一般公差	68
2.5	尺寸的检测	69
2.5.1	用通用计量器具测量	70
2.5.2	用光滑极限量规检验	76
	习题 2	82
<b>第 3 章</b>	<b>几何公差</b>	<b>84</b>
3.1	概述	84
3.1.1	几何误差对零件使用性能的影响	84
3.1.2	几何公差的研究对象	85
3.1.3	几何公差的特征项目、符号及其分类	86
3.1.4	几何公差带	87
3.2	几何公差在图样上的标注方法	89
3.2.1	几何公差代号	89
3.2.2	被测要素的表示方法及标注	90
3.2.3	基准要素的标注	91
3.2.4	几何公差的简化标注	92
3.3	几何公差带	93
3.3.1	形状公差带	94
3.3.2	基准	95
3.3.3	轮廓度公差带	96
3.3.4	方向公差带	98
3.3.5	位置公差带	103
3.3.6	跳动公差带	107
3.4	公差原则	110

3.4.1	公差原则的基本术语及定义	110
3.4.2	独立原则	113
3.4.3	包容要求	114
3.4.4	最大实体要求	115
3.4.5	最小实体要求	119
3.4.6	可逆要求	122
3.5	几何公差的选择	123
3.5.1	公差项目的选择	123
3.5.2	基准要素的选择	124
3.5.3	公差原则的选择	124
3.5.4	几何公差值的选择	124
	习题 3	127
<b>第 4 章</b>	<b>表面粗糙度轮廓及其评定</b>	<b>131</b>
4.1	概述	131
4.1.1	表面粗糙度轮廓的基本概念	131
4.1.2	表面粗糙度轮廓对零件使用性能的影响	132
4.2	表面粗糙度轮廓的评定	132
4.2.1	基本术语	132
4.2.2	评定参数	135
4.3	表面粗糙度轮廓的评定参数及其参数值的选用	137
4.3.1	评定参数的选用	137
4.3.2	评定参数允许值的选择	138
4.4	表面粗糙度轮廓技术要求在零件图上的标注	140
4.4.1	表面粗糙度轮廓的图形符号	141
4.4.2	表面粗糙度轮廓技术要求的标注	141
4.4.3	表面粗糙度轮廓要求在图样和其他技术产品文件中的标注方法	145
	习题 4	146

## 第 2 部分 典型零件几何量精度设计

<b>第 5 章</b>	<b>滚动轴承与孔、轴配合的精度设计</b>	<b>151</b>
5.1	滚动轴承的互换性和公差等级	152
5.1.1	滚动轴承的互换性	152
5.1.2	滚动轴承的使用要求	152
5.1.3	滚动轴承的公差等级及其应用	152
5.2	滚动轴承及与其相配合轴颈、外壳孔的公差带	153
5.2.1	滚动轴承内、外径公差带的特点	153



5.2.2	与滚动轴承配合的轴颈、外壳孔公差带	154
5.3	滚动轴承与轴颈、外壳孔配合的精度设计	156
5.3.1	配合选用的依据	156
5.3.2	轴颈、外壳孔公差带的选用	158
5.3.3	轴颈和外壳孔的几何公差与表面粗糙度轮廓幅度参数值的确定	160
5.3.4	滚动轴承与孔、轴配合的精度设计举例	161
	习题 5	162
<b>第 6 章</b>	<b>平键、矩形花键联结的公差与配合</b>	<b>163</b>
6.1	概述	163
6.2	普通平键联结的公差与配合	164
6.2.1	普通平键联结的几何参数	164
6.2.2	普通平键联结的精度设计	164
6.2.3	普通平键键槽尺寸和公差在图样上的标注	166
6.3	矩形花键联结的公差与配合	167
6.3.1	矩形花键的几何参数和定心方式	167
6.3.2	矩形花键联结的精度设计	169
6.3.3	矩形花键联结的图样标注	171
	习题 6	172
<b>第 7 章</b>	<b>圆柱螺纹的公差与配合</b>	<b>173</b>
7.1	概述	173
7.1.1	螺纹的种类和使用要求	173
7.1.2	普通螺纹主要几何要素及参数术语	173
7.1.3	常用普通螺纹的公称直径及主要参数基本值	176
7.2	普通螺纹几何参数误差对互换性的影响	177
7.2.1	螺纹直径偏差的影响	177
7.2.2	螺距误差的影响	177
7.2.3	牙侧角偏差的影响	178
7.2.4	保证螺纹互换性的合格条件	179
7.3	普通螺纹的公差与配合	181
7.3.1	普通螺纹的有关规定	181
7.3.2	螺纹的公差精度和旋合长度	184
7.3.3	螺纹公差与配合的选用	184
7.3.4	螺纹的表面粗糙度轮廓要求	185
7.3.5	螺纹的标记	185
7.3.6	例题	186
	习题 7	186

第 8 章 圆锥公差与配合 .....	188
8.1 圆锥配合的基本参数和基本概念 .....	188
8.1.1 圆锥的基本参数和标注 .....	188
8.1.2 圆锥公差的术语及定义 .....	191
8.1.3 圆锥配合的种类和圆锥配合的形成 .....	192
8.2 圆锥公差的给定和圆锥直径公差带的选择 .....	194
8.2.1 圆锥公差项目 .....	194
8.2.2 圆锥公差的给定和标注 .....	196
8.2.3 圆锥直径公差带的选择 .....	197
习题 8 .....	198
第 9 章 渐开线圆柱齿轮公差与配合 .....	199
9.1 齿轮传动的使用要求 .....	199
9.1.1 齿轮传动的准确性 .....	199
9.1.2 齿轮传动的平稳性 .....	200
9.1.3 轮齿载荷分布的均匀性 .....	201
9.1.4 合理侧隙 .....	201
9.2 影响齿轮使用要求的主要误差 .....	202
9.2.1 影响齿轮传动准确性的主要误差 .....	202
9.2.2 影响齿轮传动平稳性的主要误差 .....	203
9.2.3 影响齿轮轮齿载荷分布均匀性的主要误差 .....	204
9.2.4 影响侧隙的主要误差 .....	205
9.3 渐开线圆柱齿轮精度的评定参数与标准 .....	205
9.3.1 齿轮传动准确性的评定指标 .....	206
9.3.2 齿轮传动平稳性的评定指标 .....	207
9.3.3 齿轮载荷分布均匀性的评定指标 .....	209
9.3.4 评定齿轮副传动侧隙指标 .....	210
9.4 渐开线圆柱齿轮精度设计 .....	211
9.4.1 齿轮的精度等级及选择 .....	212
9.4.2 齿轮侧隙指标的极限偏差 .....	214
9.4.3 图样上齿轮精度等级的标注 .....	217
9.4.4 齿轮毛坯公差 .....	217
9.4.5 齿轮齿面和基准面的表面粗糙度轮廓要求 .....	219
9.4.6 齿轮副中心距极限偏差和轴线平行度公差 .....	219
9.4.7 圆柱齿轮精度设计 .....	221
习题 9 .....	224

## 第 3 部分 几何量精度综合设计与检测

<b>第 10 章 几何量精度综合设计与综合实验</b> .....	229
10.1 实验目的 .....	229
10.2 实验内容 .....	229
10.3 实验要求 .....	229
10.4 综合设计与综合实验报告书内容 .....	231
10.5 几何量精度设计与实验案例 .....	231
<b>第 11 章 几何量精度的检测</b> .....	238
11.1 线性尺寸测量 .....	238
11.1.1 光学计量仪器——立式光学比较仪测量塞规 .....	238
11.1.2 机械式计量仪器 .....	241
11.2 几何误差检测 .....	246
11.2.1 直线度误差测量 .....	246
11.2.2 平面度、平行度和位置度误差的测量 .....	249
11.3 表面粗糙度轮廓幅度参数测量 .....	255
11.3.1 用光切显微镜测量轮廓的最大高度 .....	255
11.3.2 用干涉显微镜测量轮廓的最大高度 .....	258
11.4 圆柱螺纹测量 .....	261
11.5 圆柱齿轮测量 .....	267
11.5.1 双测头式齿距比较仪测量单个齿距偏差和齿距累积总偏差 .....	268
11.5.2 用齿轮跳动检查仪测量齿轮径向跳动 .....	270
11.5.3 用齿厚游标卡尺测量齿厚偏差 .....	271
11.5.4 用齿轮公法线千分尺测量公法线长度偏差 .....	273
<b>参考文献</b> .....	274
7.2.2 测量不确定度 .....	177
7.2.3 测量不确定度的评定 .....	178
7.2.4 测量不确定度的应用 .....	179
7.3 测量不确定度的应用 .....	181
7.3.1 测量不确定度的应用 .....	181
7.3.2 测量不确定度的应用 .....	184
7.3.3 测量不确定度的应用 .....	184
7.3.4 测量不确定度的应用 .....	185
7.3.5 测量不确定度的应用 .....	186
7.3.6 测量 .....	186
习题 7 .....	186





# 第1章 绪 论

## 1.1 课程简介和任务

### 1.1.1 课程简介

#### 1. 课程性质

本课程是高等工科院校机械类和近机类各专业必修的一门重要的技术基础课。机械精度设计是本课程的基本内容,通过本课程的学习,旨在使大家了解并初步掌握互换性生产原则及公差与配合的规律与选用;掌握零件几何量精度设计的基本原理和方法,为在结构设计中合理应用公差标准打下基础,并为后续机械零部件设计等课程及毕业设计奠定基础。

本课程在教学计划中起着联系设计类课程与制造类课程的纽带作用,以及从基础课教学过渡到专业课教学的桥梁作用。在后续的课程设计、毕业设计中都要用到本课程所学的知识。

本课程与“机械制图”、“工程训练”、“机械原理”、“机械设计”及后续的“机械制造技术基础”等课程有着密切的联系。在学习本课程时,应具备一定的理论知识和生产实践知识。既需要能够读图、懂得图样上的标注,也需要了解机械加工的一般知识,熟悉常用机构的原理。

#### 2. 课程作用

本课程在机械设计与制造中的作用:

机械设计通常可分为三部分——机械的运动设计、机械的结构设计和机械的精度设计。

机械的运动设计是根据机械的工作要求,适当地选择执行机构,通过一系列的传动系统组成机器。这个过程主要是以实现机械运动要求为目的的运动方案的设计,机器的运动方案用机构运动简图表示。在机构运动简图中,不考虑构件的截面尺寸和形状。

机械的结构设计是根据机械零件应具有良好的结构工艺性、便于装配与维修、强度高和寿命长等要求所进行的设计。机械的结构设计用机械的零件图和装配图表示。

机械的精度设计是根据机械的功能要求,正确地选择机械零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面粗糙度轮廓要求而进行的设计。机械的精度设计要求标注在机械的零件图、装配图上。机械加工中存在各项误差,若机械零件的设计中没有精度要求,则设计的产品就没有实际意义。

本课程是一门以一般通用零件的几何量的精度设计为核心,论述基本设计理论与方法的技术基础课程。本书结合一些零部件,就其几何量的精度设计的理论和方法展开讨论,目的是通过对这些典型零部件的几何精度设计,使学生掌握有关的设计规律和技术措施,从而具有设计其他通用零部件和某些专用零部件几何量精度的能力。

### 3. 课程内容

本课程由“几何量公差”与“几何量检测”两部分组成。这两部分有一定的联系,但又自成体系。“几何量公差”属于标准化的范畴,而“几何量检测”属于计量学的范畴。它们是独立的两个体系。

本书将几何量公差与几何量检测有机地结合在一起。课堂教学中公差是讲授重点,检测主要在实验课上介绍。

### 4. 课程特点

因为本课程术语、定义多,符号、代号多,标准、规定多,经验、解法多,所以刚学完系统性较强的理论基础课的学生,往往感到概念难记,内容繁多。而且,从标准规定上看,原则性强;从工程应用上看,灵活性大,这对初学者来说,较难掌握。但是,正像任何东西都离不开主体,任何事物都有它的主要矛盾一样,本课程尽管概念很多,涉及面广,但各部分都是围绕着保证互换性为主的精度设计问题,介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等。所以,在学习时应注意及时总结归纳,找出它们之间的关系和联系。要认真完成作业,认真做实验和写实验报告,实验课是本课程验证基本知识、训练基本技能、理论联系实际的重要环节。

#### 1.1.2 课程的任务

(1) 掌握标准化、互换性的基本概念及与精度设计有关的基本术语和定义。

(2) 基本掌握本课程中机械精度设计标准的主要内容、特点和应用原则。

(3) 初步学会根据机器或仪器零件的使用要求,正确设计几何量公差。

(4) 能够查用本课程介绍的公差表格,并正确地标注在图样上。

(5) 熟悉各种典型的几何量检测方法,初步学会使用常用的计量器具。

总之,本课程是培养学生如何进行机械精度设计的一门技术基础课,其内容是机械类和仪器、仪表及近机类专业的学生在生产实践中必然用到的基础知识。课程的主要研究对象是机械零件的互换性、公差及检测。

## 1.2 互换性的概念和作用

### 1.2.1 互换性的概念

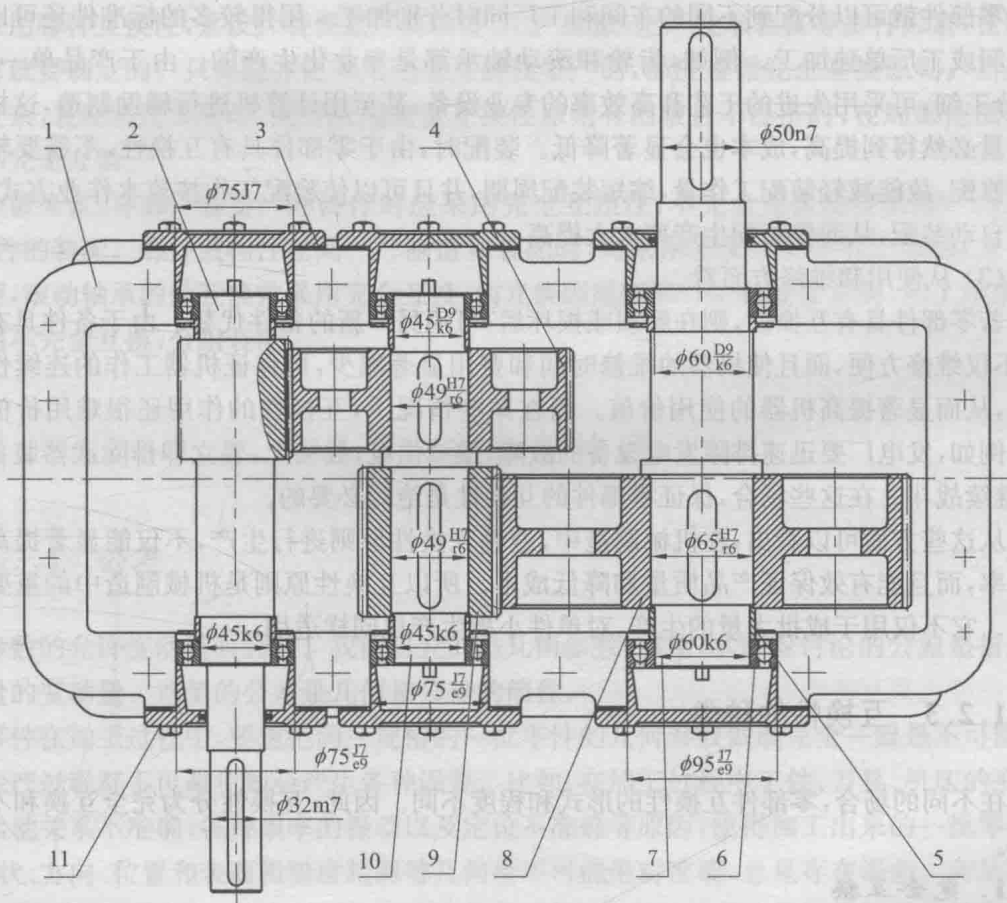
在日常生活和生产中,大量的现象涉及互换性。我们经常使用可以互相替换的零部件。例如,冰箱、电视机、自行车、摩托车、汽车、飞机、宇宙飞船、机器和仪表等的零部件坏了,只要换一个相同规格的新零部件就可以继续使用。同一规格的零部件,不需要作任何挑选、调整或修配,就能装配到机器上去,并且符合使用要求,这种特性就叫互换性。

互换性的含义是指某一产品(或零部件)与另一产品(或零部件)在尺寸和功能上能够彼此互相替换的性能。

在机械制造中,互换性是指按规定的几何、物理及其他质量参数的公差,来分别制造机器的各个组成部分,使其装配或更换时,不需要辅助加工和修配,便能装配上,并且能很好地

满足预定的使用要求。这样生产出的零部件称为具有互换性的零部件。

图 1.1 所示的圆柱齿轮减速器,它由箱体、端盖(轴承盖)、滚动轴承、齿轮轴、中间轴、平键、齿轮 I、齿轮 II、轴套、输出轴、垫片和挡油环、螺钉等许多零部件组成。主动轮上的小齿轮直接加工在轴上,所以亦可以称为齿轮轴。小齿轮是主动轮,转速高;大齿轮是从动轮,转速低,起到了减速的作用。这些零部件是分别由不同的工厂和车间制成的。装配减速器时,在制成的一批同一规格零部件中任取一件,不经过任何挑选或修配,便能与其他零部件安装在一起,构成一台减速器,并且能够达到规定的的使用要求,说明这些零部件具有互换性。



1—箱体; 2—输入轴; 3—垫片; 4—齿轮 II; 5—挡圈; 6—轴承; 7—输出轴;  
8—齿轮 IV; 9—齿轮 III; 10—中间轴; 11—轴承端盖

图 1.1 圆柱齿轮减速器

零部件的互换性应包括几何量、力学性能和理化性能等方面的互换性。本课程仅讨论几何量的互换性及与之联系的几何量公差与检测。

### 1.2.2 互换性的作用

互换性给产品的设计、制造、使用和维修都带来了很大的方便。

(1) 从设计方面看。

按互换性进行设计,就可以最大限度地采用标准件、通用件,大大减少计算、绘图等工作



量,缩短设计周期,并有利于产品品种多样化和计算机辅助设计(CAD)。这对发展系列产品、改进产品性能都有着重大作用。例如,在手表上采用具有互换性的统一机芯,发展新品种的设计周期和生产准备周期都可以缩短。这一点对国防工业尤为重要。

### (2) 从制造方面看。

为了保证产品具有互换性,设计时要根据具体条件规定公差,加工时,由于机器的每个零部件规定有公差,同一部机器上的各个零部件可以同时分别加工。例如,如图 1.1 所示,减速器是由箱体、轴、轴承盖、轴承等许多零部件组成的。由于各零部件具有互换性,因此,这些零部件就可以分配到不同的车间和工厂同时分别加工。用得较多的标准件还可以由专业车间或工厂单独加工。例如,齿轮和滚动轴承都是专业化生产的。由于产品单一、数量多、分工细,可采用先进的工艺和高效的专业设备,甚至用计算机进行辅助制造,这样产品的质量必然得到提高,成本也会显著降低。装配时,由于零部件具有互换性,不需要辅助加工和修配,故能减轻装配工作量,缩短装配周期,并且可以使装配工作按流水作业方式进行,甚至自动装配,从而使装配生产率大大提高。

### (3) 从使用和维修方面看。

若零部件具有互换性,则在磨损或损坏后,可用另一新的备件代替。由于备件具有互换性,不仅维修方便,而且使机器的维修时间和费用显著减少,可保证机器工作的连续性和持久性,从而显著提高机器的使用价值。而在某些情况下,互换性的作用还很难用价值来衡量。例如,发电厂要迅速排除发电设备的故障,继续供电;战场上,要立即排除武器装备的故障,继续战斗。在这些场合,保证零部件的互换性是绝对必要的。

从这些方面可以看出,在机械制造中,遵循互换性原则进行生产,不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效保证产品质量和降低成本。所以互换性原则是机械制造中的重要生产原则。它不仅用于成批大量的生产,对单件小批生产也同样适用。

## 1.2.3 互换性的种类

在不同的场合,零部件互换性的形式和程度不同。因此,互换性分为完全互换和不完全互换。

### 1. 完全互换

完全互换是指装配前不需要挑选;装配时不需辅助加工和修配;装配后即能满足使用要求。

### 2. 不完全互换

不完全互换也称有限互换,是指零部件装配时允许有附加的选择和调整。不完全互换的实现方法有分组装配法和调整法两种。

#### (1) 分组装配法。

当对零部件的精度要求很高时,采用完全互换将使零部件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时可采用分组装配法。将零件的制造公差适当地放大,使之便于加工。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,使每组零件实际尺寸的差别减小。装配时按对应组进行(大孔与大轴相配,小孔与小轴相配),这样既可以保证零部件制造精度和使用要求,又能解决加工困难问题,降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可以互换,故称为不完全互换。