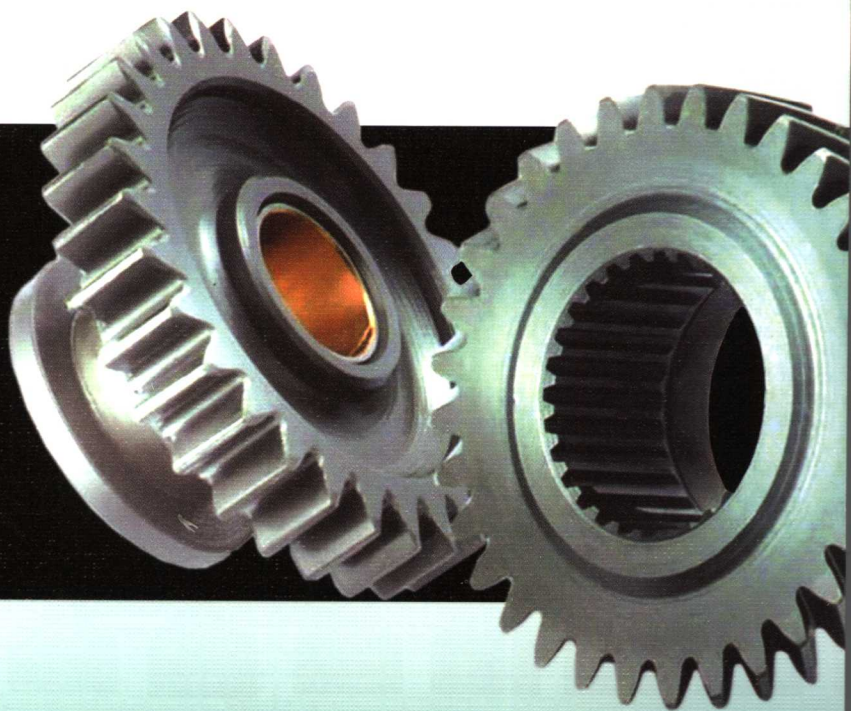




高等学校 **应用型特色** 规划教材

互换性与技术测量

邢闽芳 主 编
房强汉 兰利洁 副主编



赠送课件

- ◆ 面向应用型人才培
理论知识与实训内容紧密结合
- ◆ 案例导向型的内容设置
案例导入+典型工作过程实训+课后习题
- ◆ 立体化的教材体系
免费提供电子教案、习题答案和相关设计资料



清华大学出版社

高等学校应用型特色规划教材

互换性与技术测量

邢闽芳 主 编

房强汉 兰利洁 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《高等学校应用型特色规划教材》系列教材之一,本书在编写中,结合了近年来教育改革成果和应用型本科教育的特点,将理论与实际应用紧密联系,实用性强。全书前后呼应,整体性强;采用了新的国家标准;表述独特、通俗易懂;便于自学。

全书共分8章,内容包括:绪论,轴和孔结合的极限与配合(其中包括滚动轴承公差与配合),测量技术基础,形状和位置公差及检测,表面粗糙度及其检测,光滑工件尺寸检测和量规设计,零件典型表面(键与花键、螺纹和丝杠、齿轮、圆锥等)的公差配合与检测,尺寸链。全书重点介绍了常见几何参数的精度设计方法和各类公差选择、标注、查表与解释以及几何量的常见检测方法和数据处理。

本书可以作为应用型本科院校机械设计、制造类专业的教材,也可作为成人教育学院、函授大学、电视大学、高等职业技术学院等机电类专业本科及专科的教材,还可作为从事机械设计与机械制造的工程技术人员参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/邢闽芳主编;房强汉,兰利洁副主编.—北京:清华大学出版社,2007.4

高等学校应用型特色规划教材

ISBN 978-7-302-14924-8

I.互… II.①邢…②房…③兰… III.①零部件—互换性—理论—高等学校—教材②零部件—测量—高等学校—教材 IV.TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第040396号

责任编辑:王景先 闫光龙

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:李玉萍

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京密云胶印厂

装订者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

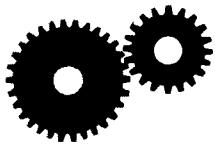
开 本:185×260 印 张:23 字 数:550千字

版 次:2007年4月第1版 印 次:2007年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:021328-01



前 言

互换性与技术测量是应用型高等院校机械类、仪器仪表类和机电结合类各专业重要的主干技术基础课程。它是和机械工业发展紧密联系的基础学科，是切合当前教育改革需要，培养适应 21 世纪现代工业发展要求的机械类高级应用技术型人才的教材。

在机械产品的精度设计和制造过程中，如何正确地应用相关的国家标准和零件精度设计的原则、方法进行机械产品的精度设计，如何运用常规、现代的检测技术手段来保证机械零件加工质量是本课程教学的培养目标。

根据应用型本科院校机械类、仪器仪表类和机电结合类各专业的培养目标及对毕业生的基本要求，本书本着注重理论与实践紧密联系的原则，既保证了必要、足够的理论知识内容，又增强了理论知识的应用性、实用性；既突出了常见几何参数及典型表面的公差要求的标注、查表、解释以及对几何量的常见检测方法和数据处理的内容，又适当地保证了对国家标准制订的基本原理解释、分析，以贯穿本课程始终的实际例子，说明理论内容，尤其是重点化解难于理解的理论内容。为了满足教学和自学的需要，巩固、加深和理解有关内容，本书提供了大量的实训、适量的习题和练习。

随着经济技术的迅猛发展，国家标准也在不断地更新和修订。为了保证本书的先进性，本书全部依据最新国家标准进行编写。

本书由福建工程学院邢闽芳副教授任主编，山东交通学院房强汉副教授和沈阳建筑大学兰利洁副教授任副主编。本书第 1、2、4、6 章由邢闽芳编写，第 7 章由房强汉编写，第 3、5、8 章由兰利洁编写。参加本书编写工作的还有徐州空军学院武晨光，北京联合大学田宏宇、刘晓彤，南京工程学院(宿迁学院)周德廉和长春工程学院杨威。全书由邢闽芳统稿和定稿。

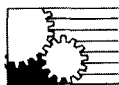
本书承蒙清华大学精密仪器系潘尚峰副教授主审，并提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示感谢。同时，对清华大学出版社的编审人员及为本书编写出版工作提供帮助的所有人员表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不足和错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.4 滚动轴承的精度和互换性.....	51
1.1 机械产品的几何量精度设计概述.....	1	2.4.1 滚动轴承简介.....	51
1.1.1 机械产品的几何量精度设计.....	1	2.4.2 滚动轴承的精度规定.....	52
1.1.2 机械产品的几何量精度 设计实例.....	2	2.4.3 滚动轴承的配合件尺寸 公差及其选择.....	55
1.2 互换性及实现互换性的条件.....	4	2.4.4 滚动轴承配合的精度 设计实例.....	61
1.2.1 互换性概述.....	4	2.5 本章实训.....	62
1.2.2 实现互换性的条件—— 公差标准化和技术测量.....	5	2.6 习题与练习.....	63
1.3 本课程的性质与要求.....	7	第 3 章 测量技术基础.....	66
1.3.1 本课程的性质.....	7	3.1 概述.....	67
1.3.2 本课程的基本要求.....	7	3.1.1 测量与检验的概念.....	67
1.4 本章实训.....	8	3.1.2 计量单位与长度基准.....	68
1.5 习题与练习.....	8	3.1.3 长度量值传递系统.....	68
第 2 章 轴、孔结合的极限与配合.....	10	3.1.4 量块及其应用.....	68
2.1 《极限与配合》基本概念.....	11	3.1.5 计量器具和测量方法 的分类.....	72
2.1.1 轴和孔.....	12	3.2 测量误差及数据处理.....	75
2.1.2 尺寸.....	13	3.2.1 概述.....	75
2.1.3 尺寸偏差和公差.....	14	3.2.2 各类测量误差及其 数据处理.....	78
2.1.4 配合.....	16	3.2.3 测量精度的分类.....	83
2.1.5 本节实训.....	21	3.2.4 测量列的数据处理.....	84
2.2 《极限与配合》国家标准的主要 内容及规定.....	21	3.3 本章实训.....	88
2.2.1 极限制.....	22	3.4 习题与练习.....	89
2.2.2 配合制.....	34	第 4 章 形状和位置公差及检测.....	91
2.2.3 一般公差——未注公差的 线性和角度尺寸的公差.....	37	4.1 概述.....	92
2.2.4 本节实训.....	39	4.1.1 几何要素及其分类.....	92
2.3 零件的尺寸精度和配合的设计.....	39	4.1.2 形位误差对零件的使用 功能的影响.....	93
2.3.1 基准配合制的选择.....	40	4.1.3 形位公差项目及其符号.....	94
2.3.2 尺寸公差等级的选择.....	41		
2.3.3 配合的选择.....	43		



4.1.4	形位公差的标注方法.....	94	5.3.2	评定参数值的选用.....	182
4.1.5	形位公差带的概念.....	106	5.4	表面粗糙度符号、代号及其标注.....	185
4.2	形状和位置公差及其功能要求.....	108	5.4.1	表面粗糙度的符号、代号.....	186
4.2.1	形状公差的功能要求及公差带.....	108	5.4.2	表面粗糙度要求的图样标注.....	189
4.2.2	形状或位置公差的功能要求及其公差带.....	110	5.5	表面粗糙度的检测.....	190
4.2.3	位置公差的功能要求及其公差带.....	110	5.5.1	检测的基本原则.....	190
4.3	公差原则.....	116	5.5.2	测量方法.....	190
4.3.1	概述.....	117	5.6	本章实训.....	191
4.3.2	独立原则.....	118	5.7	习题与练习.....	192
4.3.3	包容要求.....	120	第 6 章 光滑工件尺寸检测和量规设计..... 194		
4.3.4	最大实体要求.....	123	6.1	光滑工件尺寸检测.....	195
4.3.5	最小实体要求.....	127	6.1.1	光滑工件尺寸的验收原则、安全裕度和验收极限.....	195
4.3.6	可逆要求.....	128	6.1.2	计量器具的选择.....	198
4.4	零件的形位精度设计.....	130	6.2	光滑极限量规设计.....	203
4.4.1	形位公差项目的选择.....	131	6.2.1	光滑极限量规的作用和分类.....	203
4.4.2	形位公差基准的选择.....	131	6.2.2	光滑极限量规的设计原理和工作量规的设计.....	204
4.4.3	公差原则的选择.....	132	6.3	位置量规(综合量规)设计简介.....	210
4.4.4	形位公差等级(或公差值)的选择.....	133	6.3.1	概述.....	210
4.5	形状和位置误差的评定与检测.....	140	6.3.2	位置量规设计.....	212
4.5.1	形状和位置误差及其评定.....	140	6.3.3	位置量规的设计实例.....	218
4.5.2	形状和位置误差的检测.....	145	6.4	本章实训.....	219
4.6	本章实训.....	163	6.5	习题与练习.....	220
4.7	习题与练习.....	164	第 7 章 零件典型表面的公差配合与检测..... 223		
第 5 章 表面粗糙度及其检测..... 173			7.1	键与花键的公差配合与检测.....	223
5.1	概述.....	173	7.1.1	键联接的公差配合与检测.....	223
5.1.1	表面粗糙度的概念.....	173	7.1.2	矩形花键联接的公差配合与检测.....	228
5.1.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响.....	174	7.1.3	本节实训.....	234
5.2	表面粗糙度的评定.....	175	7.2	螺纹的公差配合与检测.....	234
5.2.1	基本术语和定义.....	176			
5.2.2	表面粗糙度的评定参数.....	177			
5.3	表面精度设计——表面粗糙度的评定参数及其数值的选用.....	181			
5.3.1	评定参数的选择.....	181			



7.2.1 概述.....	234	第8章 尺寸链	327
7.2.2 普通螺纹的公差配合.....	242	8.1 概述.....	328
7.2.3 机床丝杠和螺母的公差.....	251	8.1.1 尺寸链的含义及其特性.....	328
7.2.4 普通螺纹的检测.....	255	8.1.2 尺寸链的组成.....	329
7.2.5 本节实训.....	257	8.1.3 尺寸链的代号.....	330
7.3 圆柱齿轮传动的精度与检测.....	264	8.1.4 尺寸链的分类.....	330
7.3.1 概述.....	264	8.2 尺寸链的确立与分析.....	332
7.3.2 单个齿轮的评定指标 及检测.....	268	8.2.1 尺寸链的确立.....	332
7.3.3 渐开线圆柱齿轮精度标准.....	274	8.2.2 尺寸链的分析及尺寸链 计算要解决的问题.....	334
7.3.4 齿轮副的精度和齿侧间隙.....	281	8.3 尺寸链的计算方法.....	334
7.3.5 圆柱齿轮的精度设计.....	287	8.3.1 极值法(完全互换法).....	334
7.3.6 齿轮精度检测(GB/T 18620—2001).....	291	8.3.2 统计法(部分互换法, 或 不完全互换法, 或概率法, 或大数法).....	336
7.3.7 本节实训.....	299	8.3.3 分组法.....	339
7.4 圆锥结合的公差配合与检测.....	300	8.3.4 修配法.....	340
7.4.1 圆锥配合的分类和 基本参数.....	300	8.3.5 调整法.....	340
7.4.2 圆锥公差.....	304	8.4 本章实训.....	342
7.4.3 圆锥配合.....	308	8.5 习题与练习.....	343
7.4.4 圆锥的公差注法.....	318	参考答案	345
7.4.5 锥度与圆锥角的检测.....	320	参考文献	354
7.5 本章实训.....	322		
7.6 习题与练习.....	323		

第 1 章

绪 论

本章要点及学习指导

(1) 机械产品的精度设计是机械设计与制造中重要的环节之一,设计是否正确、合理,对机械产品的使用性能和制造成本、对企业生产的经济效益和社会效益都有重要的影响。

(2) 通过“常见的机械传动装置——减速器”案例的导入,结合学习《机械制图》、《机械设计》等课程,了解机械产品精度设计的基本内容,明确精度设计的任务。

(3) 了解在机械产品的制造、装配和使用过程中,一般遵循“互换性”原则的理由。

(4) 掌握互换性概念的基本内容、互换性的作用、互换性的种类及其应用。

(5) 掌握实现互换性的条件——公差标准化和测量技术的基本内容。

(6) 了解公差标准化应用实例——标准尺寸的应用。

(7) 明确本课程的性质与基本要求。

通过本章的学习,要求了解本课程的主要内容。

案例导入

机械类工程技术人员最重要的基本能力之一是掌握机械产品的几何量精度设计方法、图样标注和检测、判断零部件是否满足图样要求的能力。

减速器是机械产品中最常见的一种机械传动装置。可以通过学习减速器的几何量精度设计,进而掌握机械产品的几何量精度设计的基本原理、方法和基本步骤。

在机械产品的几何量精度设计时,须解决以下问题。

(1) 何谓机械产品的几何量精度设计?

(2) 机械产品的几何量精度设计的主要任务有哪些?

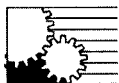
(3) 在现代化机械产品的加工、装配和使用过程中,普遍遵循一个什么原则?为什么要遵循这个原则?怎样才能遵循这一原则?

1.1 机械产品的几何量精度设计概述

本节介绍机械产品的几何量精度设计的基本概念和基本任务,以及减速器的几何量精度设计的具体内容。

1.1.1 机械产品的几何量精度设计

机械产品(如:各类机器设备——机床、各类机构——减速器及其他传动装置及各类机



械产品)设计通常除了进行机械产品的总体开发、方案设计、运动设计、结构设计、强度和刚度设计计算以外,还必须进行机械产品的精度设计;而几何量精度设计是机械产品精度设计中的重要内容。几何量精度设计是否正确、合理,对机械产品的使用性能和制造成本,对企业生产的经济效益和社会效益都有重要的影响,有时甚至起决定性作用。

1. 几何量精度设计的基本概念

机械产品的几何量精度设计是指按照机械产品的使用功能要求和机械加工及检测的经济合理的原则,对构成机械产品的零部件的配合部位确定配合性质;确定各个零件上各处的尺寸精度、形状和位置精度、表面质量以及零件上典型表面精度;确定机械产品在轴向上的定位精度(涉及尺寸链计算和确定轴向尺寸公差)等。

2. 几何量精度设计的任务

机械产品的几何量精度设计的主要任务如下。

(1) 在机械产品的总装配图和部件装配图上,确定其各零件配合部位的配合代号和其他技术要求,并将配合代号和相关要求标注在装配图样上。

(2) 确定组成机械产品的各零件上各处尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度要求以及典型表面(如键、圆锥、螺纹、齿轮等)公差要求等内容,并在零件图样上进行正确标注。

1.1.2 机械产品的几何量精度设计实例

以机械产品中最常见的机械传动装置——减速器的几何量精度设计为例,具体说明“几何量精度设计”的主要内容。

如图 1.1 所示是一级齿轮传动减速器的装配示意图。减速器主要由箱座、箱盖、齿轮轴(输入轴)、输出轴、带孔齿轮、轴承、端盖、键、密封圈、定位销等零件组成。

1. 减速器的基本工作原理

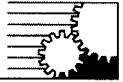
如图 1.1 所示减速器的工作原理是由电机或其他运动源通过输入轴的轴端键 5 配合驱动减速器的输入轴 2 转动;输入轴 2 通过该轴的齿轮与输出轴 9 上带孔齿轮 11 啮合,将运动传递给齿轮 11;齿轮 11 再通过输出轴上的键 12 带动输出轴转动,从而实现一级减速的运动传递;再通过输出轴的轴端键 16 将运动和转矩传递给与之相联接的其他工作机械。

2. 减速器的几何量精度设计的主要内容

(1) 在减速器的装配图样中,确定其各零件之间配合部位的配合代号或其他技术要求,并进行图样标注,注出相关的技术要求。

(2) 经过尺寸链计算,确定输入轴和输出轴上各零件的轴向尺寸及其公差,以保证它们在轴向上的定位要求。

(3) 在减速器的各零件图中,确定各处尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度要求、键与键槽的公差以及齿轮齿面公差要求等,并进行图样标注,注出相关的技术要求。



减速器装配图、输出轴和箱座及输入轴的零件图如图 1.1、2.1、2.2、2.24 所示。

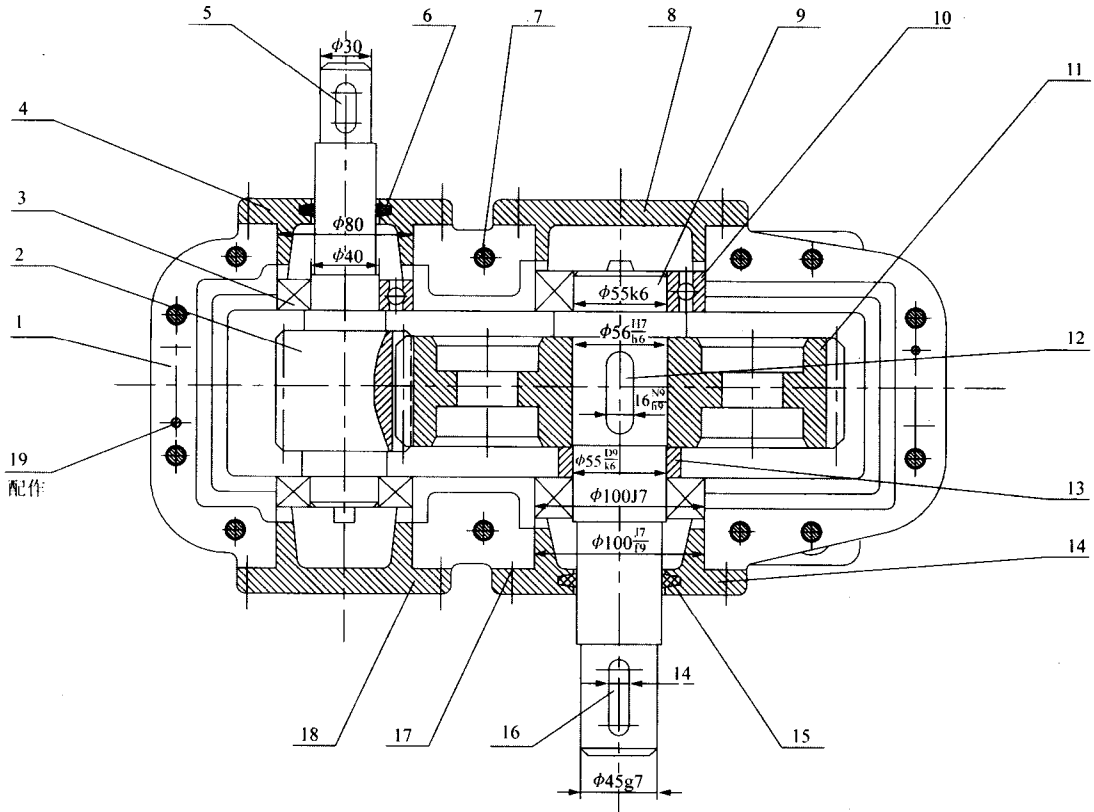


图 1.1 一级齿轮传动减速器装配示意图

1—箱座；2—输入轴；3、10—轴承；4、8、14、18—端盖；5、12、16—键；6、15—密封圈；
7—螺钉；9—输出轴；11—带孔齿轮；13—轴套；17—螺栓垫片；19—定位销

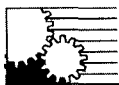
3. 减速器加工、装配和使用过程中遵循的原则

1) 减速器的加工、装配过程

由如图 1.1 所示可知，该减速器由二十几种零件组成，有轴承、键、销、螺栓、垫片等标准部件或标准件，有箱座、箱盖、输入轴、输出轴、端盖和轴套等非标准件，还有密封圈、调整垫片等非金属标准件等。这些零件由不同工厂、不同车间、不同工人生产，如：轴承是由专业化的轴承制造厂家制造；键、销、螺栓、垫片、密封圈等由专业化的标准件厂生产；非标准件由一般的机械制造厂家加工制造。当这些零件加工合格后，都汇聚到减速器的装配车间。当装配一定批量的减速器时，为了提高装配效率，在装配车间的装配线上，各个装配工位按照一定的节拍进行装配。装配工人在一批相同规格的零件中不经选择、修配或调整地任取其中一个零件就能装配在减速器上，最后装配成一台满足预定使用功能要求的减速器。

2) 减速器的使用及修配过程

当减速器使用一段时间后，其中一些易损件，如：轴承中的滚动体——滚珠、密封圈、齿轮齿面等容易磨损。当磨损到一定程度，就会影响减速器的使用功能。这时要求迅速更



换易损件,使减速器尽快修复,从而保证减速器尽早可靠地正常工作。

由减速器的加工、装配和使用过程可知,只有减速器的零件具有相互更换的性能,才能满足加工、装配和修配的要求。零件的这种在几何量上具有“相互更换”的性能就称为几何量“互换性”,简称“互换性”。它是全球化、专业化、协作生产机械产品中一般都要遵循的原则——“互换性”原则。

1.2 互换性及实现互换性的条件

随着机械行业的发展和科学技术的提高,经济市场需要各式各样物美价廉的机械电子产品。而组成这些技术装备和机械电子产品的各个零(部)件,在现代化的机械产品的设计、制造和使用过程中,普遍遵守一个原则——“互换性”原则。

1.2.1 互换性概述

1. 互换性

所谓“互换性”,是指在机械产品装配时,从制成的同一规格的零(部)件中任意取一件,不需进行任何辅助工作(挑选、调整或修配等),就能与其他零(部)件安装在一起而组成一台机械产品,并且达到预定的使用功能要求。也就是说,零(部)件的互换性是同一规格的零(部)件按规定的技术要求制造,具有能够彼此相互更换使用而效果相同的性能。

2. 互换性的作用

互换性的作用主要体现在以下3个方面。

- 1) 在设计方面:能最大限度地使用标准件,因此可以简化绘图和计算工作量,使设计周期缩短,有利于机械产品更新换代和计算机软件设计技术的应用。
- 2) 在制造方面:有利于组织专业化生产,使用专用设备和CAM技术。
- 3) 在使用和维修方面:便于及时更换已经丧失使用功能的零(部)件,对于某些易损件可以提供备用件,这样既可以及时维修,缩短停机时间,尽快修复,又减少维修成本。

互换性在提高机械产品质量和可靠性、提高企业经济效益等方面均具有重大意义。但是,互换性原则未必适用于所有的机械产品,有的零(部)件采用单配制,零(部)件就不具有互换性,但也有公差和检测要求。

3. 互换性的种类

按互换的范围,可以将互换性分为完全互换(也称绝对互换)和不完全互换(也称有限互换)。

在同一规格的零(部)件中,经过分组,在组内具有互换性,此类型称为不完全互换。例如滚动轴承,其外圈外径和箱体座孔直径的配合尺寸以及内圈内径和轴颈直径的配合尺寸(图1.1中 $\phi 100J7$ 和 $\phi 55k6$)均采用完全互换;轴承内、外圈滚道的直径与滚动体直径的结合尺寸,因其装配精度很高,则采用分组互换,即不完全互换。



对于标准部件或非标准机构来讲,互换性又可分为外互换和内互换。

外互换是指标准部件与机构之间配合的互换性。例如:外圈外径与座孔直径、内圈内径和轴颈直径的配合尺寸(图 1.1 中 $\phi 100j7$ 和 $\phi 55k6$)属于外互换。

内互换是指标准部件内部各零件之间的互换性。例如,滚动轴承内、外圈的滚动直径与滚动体直径的结合尺寸为内互换。

1.2.2 实现互换性的条件——公差标准化和技术测量

1. 几何量公差及其标准化

机械产品的零(部)件具有互换性,也就是说:相互更换的两个相同规格的零(部)件,其几何参数——尺寸、形状、位置以及表面微观形状等应一致。

在零件的加工过程中,由于各种因素(机床误差、刀具误差、切削变形、切削热、刀具磨损等)的影响,使零件的几何参数不可避免地存在误差。因此,无法将一批相同规格的零件制成完全一致,或者说将零件的几何参数加工成绝对准确。

从满足零件的互换性要求和机械产品的使用性能出发,也不要求将零件制造得绝对准确。只要求将零件的几何参数误差控制在一定范围内,即制成的一批相同规格的零(部)件的几何参数具有一致性。

这个允许零件几何参数变动的范围称为几何量公差。

1) 几何量公差

几何量公差包括:尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度要求以及典型表面(如键、圆锥、螺纹、齿轮等)公差。

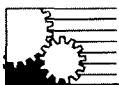
2) 公差标准化

简单地讲,公差标准化是指几何量的公差应在一定范围内进行规范、统一,并要求相关制造企业和管理机构遵照执行。

在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施。因为某一机械产品的制造,往往涉及到地区内、国内许多制造厂家和有关部门,甚至还要进行国际间协作。如果没有在一定范围内共同遵守的技术标准,就不能达到“互换性”要求。例如:汽车由成千上万个零件组成,它们有轴承、螺钉、螺母、销等标准件,有非标准件(发动机中连杆、曲轴、活塞及活塞销等),这些都是金属零件;还有非金属件,如轮胎、密封圈、橡胶管等;这些零(部)件由不同厂家制造。若不按照统一的技术标准进行生产,它们就不可能装配成一辆满足使用要求的汽车。

所谓标准是指为了在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。

标准分类:我国按标准使用的范围分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家制订的有关几何量的公差标准有:《极限与配合》、《形状和位置公差》、《表面结构轮廓法》、《圆锥、角度公差与配合》、《螺纹公差与配合》、《键与花键公差与配合》、《轴承公差与配合》、《齿轮的传动精度》和《光滑工件尺寸的检验及量规公差》等。



3) 公差标准化应用实例

公差标准化实例很多。例如，在图 1.1 所示的减速器装配图中，配合代号标注就是应用相关国家标准——《极限与配合》的典型例子。其中各处主要几何量中的尺寸应进行标准化，这个经过标准化的尺寸称为标准尺寸，即尺寸数值应按优先数选取。

国家标准 GB/T 321—1980《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系，并规定了 4 个基本系列，分别用符号 R5、R10、R20 和 R40 来表示，并依次称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列和 R40 系列。R80 系列为补充系列。

优先数系列 R5、R10、R20 和 R40 的公比 q 分别是 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 和 $\sqrt[40]{10}$ ，它们的 1~10 常用数值见表 1.1。

表 1.1 优先数系列公比和 1~10 的常用值

优先数系列	公比 q	1~10 的常用值											
R5 系列	$q_5 = \sqrt[5]{10}$	1.00								1.60			2.50
	≈ 1.6	4.00								6.30			10.00
R10 系列	$q_{10} = \sqrt[10]{10}$	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15						
	≈ 1.25	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00							
R20 系列	$q_{20} = \sqrt[20]{10}$	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	
	≈ 1.12	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00		
R40 系列	$q_{40} = \sqrt[40]{10}$ ≈ 1.06	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	
		1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35	
		3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30	
		6.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00				

从表 1.1 中可知：R5 系列的常用值中包含在 R10 系列的常用值之中；R10 系列的常用值中包含在 R20 系列的常用值之中；由此类推，等等。

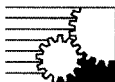
4 个基本系列的小于 1 和大于 10 的常用数可按照十进制向两端进行扩展，如：在 R5 系列中，1~10 的常用数有 1.00, 1.60, 2.50, 4.00, 6.30, 10.00。那么，大于 10 的常用数为 10, 16, 25, 40, 63, 100, ……。

优先数系列具有一系列的优点：相邻两项的相对差相同，疏密适当，前后衔接不间断，简单易记，运用方便。所以，这种优先数系列已成为国际上通用的标准化数系。工程技术人员应在一切标准化领域中尽可能地采用优先数系列中的优先数，以达到对各种技术参数协调、简化和统一的目的，促进国民经济快速发展。

为了使优先数系列有更大的适应性，可以从 R r 系列中，每逢 p 项选取一个优先数组成新的系列——派生系列，以符号 R r/p 表示，公比 $q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[10]{10})^p = 10^{p/r}$ 。例如：首项为 1 的派生系列 R $_{5/2}$ 就是从基本系列 R5 中，每逢两项取一个优先数组成的，即 1.00, 2.50, 6.30, 16.00, 40.00, …。

优先数系中基本系列的应用：为了满足技术与经济的要求，应当按照 R5、R10、R20、R40 的顺序，优先选用公比较大的基本系列，而且允许采用补充系列——R80 系列。

在确定零件的尺寸时，应尽量地采用优先数系的常用值。如图 1.1 所示减速器的设计



中,经力学计算,得出输入轴的最小直径为 30.01mm,则该处直径的基本尺寸按优先数系取值,即该处直径的基本尺寸应为 30mm。

优先数除应用于标准尺寸外,还用于其他标准化中。如国家标准在确定标准公差数值时,公差等级 IT6~IT18 的公差等级系数 a 值就是取 R5 系列的常用值 10~2500 中的值。

此外,在几何量精度设计中均应采用最新颁布的尺寸公差、形状公差、位置公差等国家标准,实现在全国范围内的公差标准化。

2. 技术测量

在机械产品的几何量精度设计之后,工人按照零件图上的各项要求进行加工。各个零件完工之后,须通过采用适当的计量器具、正确的测量方法和数据处理方法对被测量的零件检测,从而判断零件是否达到零件图纸上各公差标准的要求。只有将真正符合标准要求的零(部)件装配成机械产品,才能使机械产品发挥设计时规定的使用功能,其零(部)件才能具有互换性。计量器具、检测方法和手段等构成技术测量,所以,技术测量是保证实现互换性的重要手段。

对工件进行检验和测量(简称检测),其目的不仅在于仲裁零件是否合格,而且还要根据检测结果,分析产生废品的原因,以便减少废品,最终消除废品,降低制造成本。

要使检测的结果准确可靠,必须在计量上保证长度计量单位的统一,并在全国内规定严格的量值传递系统以及相应的测量方法,制定有关计量器具、测量方法和数据处理的规定,以保证必要的检测精度,最终确保零(部)件具有互换性。

综上所述,机械产品的几何量精度设计及其检测是保证企业生产的机械产品质量与制造成本的两个重要的技术环节。

1.3 本课程的性质与要求

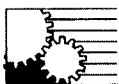
1.3.1 本课程的性质

互换性与技术测量课程是高等工科应用型本科院校机械类各专业(包括车辆、材料、仪表仪器等专业)的一门重要的专业技术基础课程,是联系机械设计与后续机械加工工艺等课程的纽带,是从专业基础课学习过渡到专业课学习的“桥梁”。

1.3.2 本课程的基本要求

在学习本课程之前,应具有一定的理论知识和初步的机械制造生产实践知识。在完成本课程的学习任务以后,应达到以下基本要求。

- 1) 建立几何参数互换性与标准化的概念。
- 2) 认识有关几何参数公差标准的基本内容和主要规定。
- 3) 初步掌握选用国家标准规定的各几何参数公差与配合;在机械产品的装配图和零件图样上,按常见几何参数公差与配合的要求正确标注,会解释和查用有关标准。



4) 会正确选择、使用在机械制造现场中常用的计量器具,能对一般的、常见的几何量进行综合检测和数据处理,并作出合格性的正确判断。

5) 会设计光滑极限量规和简单的位置量规。

本书为了强化应用能力的培养,每章通过案例导入,将理论知识与机械制造实际有机地结合在一起,使学习者更容易理解理论知识。本书突出教学重点和教学的基本点,使学习者在有限的学习时间内,掌握必要的内容,达到基本的要求。每章之后,设置实训、习题与练习,并附有参考答案,便于学习者课后复习、自习。



1.4 本章实训

减速器的精度设计及符合全球协作化生产的基本原则和内容。

1. 实训目的

- (1) 掌握几何量精度设计的基本内容。
- (2) 了解遵循互换性原则的理由。
- (3) 掌握实现互换性的具体要求。

2. 实训过程

- (1) 分析减速器的使用功能要求,解释减速器的几何量精度设计的主要内容。
- (2) 分析减速器装配图上配合部位应标注什么代号。
- (3) 减速器零件图上尺寸要求应按照哪个国家标准进行标注?
- (4) 分析保证互换性的条件和依据。

3. 实训总结

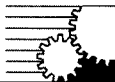
(1) 通过了解减速器中各零件精度设计的内容,初步认识机械产品的几何量精度设计的基本要求。

(2) 通过对减速器的加工、装配和使用的初步分析,理解零(部)件遵循互换性要求的基本内容和要求。

1.5 习题与练习

填空题

(1) “互换性”是指在机械产品装配时,从制成的同一规格的零(部)件中_____取一件,不需进行任何辅助工作(_____等),就能与其他零(部)件安装在一起而组成一台机械产品,并且达到预定的_____要求。



- (2) 按互换的范围, 可以将互换性分为_____和_____。
对于标准部件或非标机构来讲, 互换性又可分为_____和_____。
- (3) 实现互换性的条件有_____和_____。
- (4) 在确定轴类零件上轴径基本尺寸时, 应按_____取值。
- (5) R5 数系的公比为_____, 每逢_____项, 数值增大到 10 倍。
- (6) 派生系列 R10/3 的优先数系, 是从基本系列_____中, 自 1 以后, 每逢_____项取一个优先数组成的。
- (7) R40 系列 10~100 的常用值_____。
- (8) 20~100 瓦数系列的日光灯, 该系列的符号为_____。
- (9) 本课程的性质_____。

选择题

- (1) 自 IT6~IT18 标准公差的计算公式为 $10i$, $16i$, $25i$, $40i$, $64i$, $100i$, $160i$, $250i$, ...。公差单位 i 前的公差等级系数为()系列的常用数值。
A. R5 B. R10 C. R20 D. R40
- (2) 螺纹公差的等级自 3 级起, 其公差等级系数为 0.50, 0.63, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 它们属于()优先数的系列。
A. R5 B. R10 C. R20 D. R40
- (3) 下列优先数系中, ()为基本系列。
A. R5 B. R10 C. R80 D. R40

简答题

- (1) 机械产品的零(部)件具有“互换性”的意义?
- (2) 为什么技术测量是实现互换性的重要手段?
- (3) 本课程的性质和要求是什么?

第 2 章

轴、孔结合的极限与配合

本章要点及学习指导

(1) 通过如图 1.1 所示减速器的尺寸精度设计实例, 介绍如何根据减速器的使用功能要求设计、确定组成减速器各零件之间的配合和零件上各相关尺寸公差的方法, 学会在机械产品的装配图和零件图上正确标注的方法, 这是机械类工程技术人员最基本的技能之一。

(2) 介绍在机械产品的几何量精度设计中, 与尺寸公差关系密切的国家最新颁布的标准——《极限与配合》的基本内容, 简要介绍标准的构成及其原理。

(3) 重点介绍应用《极限与配合》的基本方法、步骤, 使学习者初步掌握机械产品的零件尺寸公差和配合的设计方法和具体要求。

通过本章的学习, 要求了解《极限与配合》中的词汇和基本规定, 掌握应用国家标准进行机械产品的精度设计方法, 包括: 尺寸公差和配合的选择及在图样上的正确标注。

案例导入

机械传动装置——减速器的几何量精度设计——确定尺寸公差和配合性质。

确定减速器中各零件的“尺寸公差和配合性质”的主要任务: 一是选择减速器中主要配合部位的配合性质, 并将配合代号标注在装配图上; 二是确定减速器中各零件的尺寸公差, 并将尺寸公差和技术要求标注在各零件的图样上。

输出轴、带孔齿轮和箱座零件是减速器中 3 个主要零件, 如图 2.1 所示的输出轴零件示意图、图 2.2 所示的箱座零件示意图和图 7.45 所示的带孔齿轮工作图。还有输入轴(图 2.24)、输出轴上的端盖零件(图 4.14)示意图等。它们是与图 1.1 所示的减速器装配图相配套的零件示意图。

要完成减速器中输出轴上各处“尺寸公差和配合性质”的设计, 应解决以下几个问题。

(1) 图 1.1 减速器装配图中, 输出轴上各处配合有: 输出轴与轴承配合 $\phi 55k6$; 输出轴与带孔齿轮配合 $\phi 56H7/h6$; 输出轴与轴套配合 $\phi 55D9/k6$; 箱座孔与轴承配合 $\phi 100J7$; 箱座孔与端盖凸缘配合 $\phi 100J7/f9$ 等。这些配合的代号如何确定? 怎样选择? 是否符合国家标准? 为什么各处的配合代号形式不相同?

(2) 在各零件图上, 如何确定尺寸公差才能符合装配图中对应的配合性质的要求? 怎样标注才能符合国家标准?

(3) 有关《极限与配合》国家标准的术语是什么? 工程技术人员在工作中, 应该用哪些专业的、规范的语言表述工程中遇到的问题?

为了解答上述问题, 需要介绍有关尺寸公差和配合的国家标准, 它就是《极限与配合》国家标准。

本章结合应用实例, 介绍在机械产品精度设计中所涉及的最新颁布的国家标准的基本