



普通高等学校机械基础课程规划教材

互换性与技术测量学习与实验指导

◎ 主 编 杨练根

◎ 副主编 刘文超 李 伟



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等学校机械基础课程规划教材

互换性与技术测量学习与实验指导

主 编 杨练根

副主编 刘文超 李 伟

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

“互换性与技术测量”课程是高等工科院校机械类、近机类、仪器仪表类专业的一门主要的技术基础课,概念多、涉及面广,牵涉的国家标准多且标准更新快。本书根据最新的几何产品技术规范标准编写而成,给出了“互换性与技术测量”各章的学习指南,明确了各章的学习内容与要求、重点和难点,并对重点和难点进行了解读,然后通过例题剖析进一步对这些重点和难点进行了讲解。同时,根据最新国家标准,结合我国高校和企业的测量现状,给出了常见几何量测量的实验指导。

本书的特点是明确了“互换性与技术测量”课程的学习要求、重点和难点,并以一级减速器为例,将各章内容前后串成一线。在实验指导书中,尽量反映了我国现行的国家标准,摒弃了不符合国家标准的内容和落后的实验内容。

本书可作为工科院校机械类、近机类、仪器仪表类专业“互换性与技术测量”课程教学与实验教材使用,既可单独使用,也可与由华中科技大学出版社出版的《互换性与技术测量》(杨练根主编)教材配套使用。本书既可用于高校专业基础课程教学与实验教学,也可供生产企业和计量、检验机构的专业人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量学习与实验指导/杨练根 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.1
ISBN 978-7-5609-9621-9

I. ①互… II. ①杨… 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-教材
IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013131 号

互换性与技术测量学习与实验指导

杨练根 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:吴 晗

责任校对:刘 竣

封面设计:刘 卉

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市宏隆印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:9.75

字 数:249 千字

版 次:2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:19.50 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

“互换性与技术测量”课程是高等工科院校机械类和近机类专业的一门应用性很强的技术基础课,它将机械和仪器制造业的相关基础标准和长度测量技术结合在一起,同时也涉及机械与仪器的设计、制造,以及质量控制、质量检验等许多领域。

在“互换性与技术测量”课程的学习过程中,学生普遍感觉该课程涉及标准多、概念多,与实践结合紧密,学习难度很大,把握不住重点和难点,而教材常常对很多地方讲解不够透彻。另外,教材受篇幅限制,习题不够多,做作业时也缺乏必要的参考书予以借鉴。为此,根据最新的几何产品技术规范标准,编者参考了许多同类教材,结合课程的教学目的与要求编写了本书。本书具有以下特点:

(1) 依据教学大纲的要求,明确了各章的学习要求、重点和难点,针对不同内容,区分了掌握、理解、了解等不同层次的学习要求;

(2) 本书的内容、结构与教材相对应,好学好用;

(3) 习题量大面广,涵盖本课程内容,题型灵活多样、难易均有,并给出了所有选择题、判断题的答案及难度较大的综合与计算题的答案,部分题目有详尽的解题过程和解题技巧;

(4) 附有考试用样卷及标准答案两套,使学生了解考试的题型及题量分布,并有助于熟悉解题过程与步骤,了解评分标准;

(5) 各章围绕某一级减速器输出轴及与该轴配合的齿轮、键、轴承,从极限与配合的选择、尺寸测量、几何公差与表面粗糙度选择、键连接,齿轮精度设计等方面进行了讲解,从而将各章串成一线,能更好地学习与理解;

(6) 考虑到标准的更新,尤其是 2008 版齿轮标准的颁布,将与新标准匹配的实验指导书也纳入了本书。

本书可作为工科院校机械类、近机类、仪器仪表类专业“互换性与技术测量”的学习与实验教材使用,既可用于高校专业基础课程教学,也可供生产企业和计量、检验机构的专业人员使用。

本书由湖北工业大学杨练根主编,湖北工业大学刘文超、李伟担任副主编。具体编写分工如下:第 1、4 章,杨练根;第 2 章,湖北工业大学刘文超、大连海洋大学曹丽娟;第 3 章,湖北工业大学许忠保;第 5 章,湖北工业大学范宜艳;第 6 章,湖北工业大学王正家;第 7 章,湖北工业大学李伟;第 8 章,湖北工业大学邬文俊;第 9 章,湖北工业大学吴庆华;第 10 章,湖北工业大学田新吉、刘文超。由杨练根、刘文超、李伟负责对全书文字、插图等内容进行统稿、修正。

受编者水平和编写时间所限,在重难点把握、内容选择和理解、实验指导等方面难免有疏漏、错误和不足之处,恳请广大读者批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2013 年 11 月

目 录

第 1 章 互换性与标准化概论	(1)
1.1 基本内容与学习要求	(1)
1.2 本章的知识要点	(1)
1.3 本门课程的学习目的与要求	(2)
1.4 习题	(6)
第 2 章 孔、轴的极限与配合	(7)
2.1 基本内容与学习要求	(7)
2.2 知识要点、重点和难点解读	(7)
2.3 例题剖析	(10)
2.4 习题	(12)
2.5 部分习题答案与选解	(15)
第 3 章 长度测量技术基础	(18)
3.1 基本内容与学习要求	(18)
3.2 知识要点、重点和难点解读	(18)
3.3 例题剖析	(22)
3.4 习题	(24)
3.5 部分习题答案与选解	(26)
第 4 章 几何公差及误差检测	(28)
4.1 基本内容与学习要求	(28)
4.2 知识要点、重点和难点解读	(28)
4.3 例题剖析	(35)
4.4 习题	(39)
4.5 部分习题答案与选解	(48)
第 5 章 表面结构参数及其检测	(53)
5.1 基本内容与学习要求	(53)
5.2 知识要点、重点和难点解读	(53)
5.3 例题剖析	(54)
5.4 习题	(54)
5.5 部分习题答案与选解	(57)
第 6 章 光滑工件的检验	(58)
6.1 基本内容与学习要求	(58)
6.2 知识要点、重点和难点解读	(58)
6.3 例题剖析	(60)
6.4 习题	(62)
6.5 部分习题答案与选解	(65)

第7章 常用结合件的互换性	(67)
7.1 基本内容和学习要求	(67)
7.2 知识要点、重点和难点解读	(67)
7.3 例题剖析	(69)
7.4 习题	(71)
7.5 部分习题解答与选解	(75)
第8章 圆柱齿轮公差与检测	(80)
8.1 基本内容和学习要求	(80)
8.2 知识要点、重点和难点解读	(80)
8.3 例题剖析	(84)
8.4 习题	(87)
8.5 部分习题答案与选解	(88)
第9章 尺寸链	(89)
9.1 基本内容和学习要求	(89)
9.2 知识要点、重点和难点解读	(89)
9.3 例题剖析	(90)
9.4 习题	(92)
9.5 习题答案及选解	(93)
第10章 互换性与技术测量实验指导	(95)
10.1 尺寸测量	(95)
实验1 用立式光学比较仪测量轴径	(95)
实验2 用卧式测长仪测量孔径	(98)
10.2 几何误差测量	(101)
实验3 用合像水平仪测量直线度	(101)
实验4 用偏摆仪测量曲轴几何误差	(104)
10.3 表面粗糙度测量	(106)
实验5 用针描法测量表面粗糙度	(106)
实验6 用光切法测量表面粗糙度	(107)
实验7 用干涉显微镜测量表面粗糙度	(111)
10.4 影像法测量螺纹主要参数	(114)
实验8 用影像法测量螺纹的主要参数	(114)
10.5 锥度和角度测量	(119)
实验9 用正弦规测量圆锥角偏差	(119)
实验10 钢球法测量内圆锥锥角	(121)
实验11 用圆柱和量块测量外圆锥锥角	(122)
实验12 用万能角度尺测量角度	(124)
10.6 齿轮测量	(125)
实验13 齿轮单个齿距偏差与齿距累积总偏差的测量	(125)
实验14 齿轮径向跳动的测量	(129)
实验15 齿轮齿廓总偏差 F_a 的测量	(131)

实验 16 齿轮螺旋线总偏差 F_{β} 的测量	(133)
样卷一及标准答案	(136)
样卷二及标准答案	(141)
参考文献	(145)

第 1 章 互换性与标准化概论

1.1 基本内容与学习要求

本章主要包括以下内容:互换性的含义、作用、分类,互换性标准的发展,长度测量技术的发展,标准化和优先数系。

本章的主要内容与学习要求:

- (1) 理解互换性的基本概念;
- (2) 了解互换性的作用、分类及互换性的发展;
- (3) 了解 GPS 标准体系的发展和 GPS 的矩阵模型;
- (4) 了解新一代 GPS 标准和传统 GPS 标准的区别;
- (5) 初步了解长度测量技术的发展;
- (6) 理解标准和标准化的概念;
- (7) 了解标准化的作用;
- (8) 掌握优先数系的构成及应用原则。

本章重点:

- (1) 互换性的概念及分类;
- (2) GPS 标准体系的发展现状;
- (3) 优先数的定义和优先数系的构成。

本章难点:

- (1) 互换性的分类;
- (2) 优先数系的选用。

1.2 本章的知识要点

1.2.1 互换性的含义

互换性应同时具备三个条件:①装配前不需挑选;②装配中不需修配或调整;③装配后能满足预定的使用要求。满足这三个条件的互换性称为完全互换性,也就是 100% 的互换性,但这样的互换性在大批量生产中不合格率往往较高。

1.2.2 互换性的分类

互换性可以从不同角度分类:按互换的范围,可分为几何参数互换和功能互换;按互换的程度,可分为完全互换和不完全互换(装配时需分组或调整、修配);对于独立的标准部件或机构,可分为内互换和外互换。

1.2.3 GPS 标准体系

产品几何技术规范(GPS)是 ISO/TC 213 全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会制定的一整套标准的统称,现已发展成以计量数学为基础的新一代 GPS 标准。

国际标准化组织的技术报告 ISO/TR 14638《GPS 总体规划》提出了 GPS 的概念和矩阵模型,确定了 GPS 标准体系的基本框架。矩阵模型包括 GPS 的基础标准、综合标准、通用标准和补充标准等。

1.2.4 长度测量技术的发展

测量要求是随着科学技术和生产力的发展而不断发展的。长度测量的单位是米,米的定义也经历了不同的发展阶段。要进行测量,必须有计量单位和计量器具。

1.2.5 标准化

标准是一种规范性文件。我国实行国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级标准体制。其中,国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准,强制性标准一经发布,必须执行。

标准的编号由标准代号+顺序号+年代号组成。标准是一种时效性比较强的文件,因此,工程技术人员要关注标准的修订,尽量采用标准的最新版本。

本课程的主体是保证互换性的各项基础标准,课程的主要目的是理解和应用这些标准。

通过本课程的学习,要树立起标准化意识,在我们的技术、生产、管理、服务等各项工作中,要留意与之有关的标准,并探讨能否使用这些标准以获得最佳秩序和最佳效益。

1.2.6 优先数和优先数系

GB/T 321—2005 对优先数系规定了 R5、R10、R20、R40 四个基本系列和 R80 补充系列,也允许采用派生系列。

在机械行业的系列产品设计、标准制定中,要考虑尽量采用优先数系确定产品的参数系列。

1.3 本门课程的学习目的与要求

“互换性与技术测量”课程是一门专业基础课,其前置课程是“工程图学”,后续课程是“机械设计”、“机械制造工艺学”等。贯穿于整门课程的新一代 GPS 标准体系着重于提供一个适宜于计算机辅助设计、计算机辅助工程、计算机辅助制造、计算机辅助工艺规划、产品数据管理等集成环境的计量评定规范体系。它将标准化与计量学的有关部分有机地结合在一起,而且涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织和管理等多方面。其特点是概念多,涉及标准多,与实践联系紧密。

通过本课程的学习,应初步掌握精度设计和误差测量的基本理论、方法,树立标准化的理念,具体应该达到以下基本要求:

- (1) 从制图的角度,真正看懂图样上标注的尺寸公差、几何公差、表面粗糙度等技术要求。
- (2) 从设计的角度,掌握根据零件的使用要求正确地选择尺寸公差、几何公差、表面粗糙

度的原则和方法;掌握与标准件、常用典型件配合的零件的设计要求。

(3) 从制造的角度,了解所确定的尺寸公差、几何公差和表面粗糙度对制造工艺的要求,初步具备尺寸链的分析和解算能力。

(4) 从测量的角度,初步掌握制定测量零件尺寸、几何误差、表面粗糙度的原则和方法,掌握几何误差评定、表面结构参数计算的能力;初步具备通用计量器具的应用能力、光滑极限量规的设计能力和测量误差的分析能力。

本指导书将明确各章的学习内容与要求、重点和难点,并针对重点和难点进行讲解。

全书的特色是从第2章到第9章以图1-1所示的某单级圆柱齿轮减速器及其输出轴(见

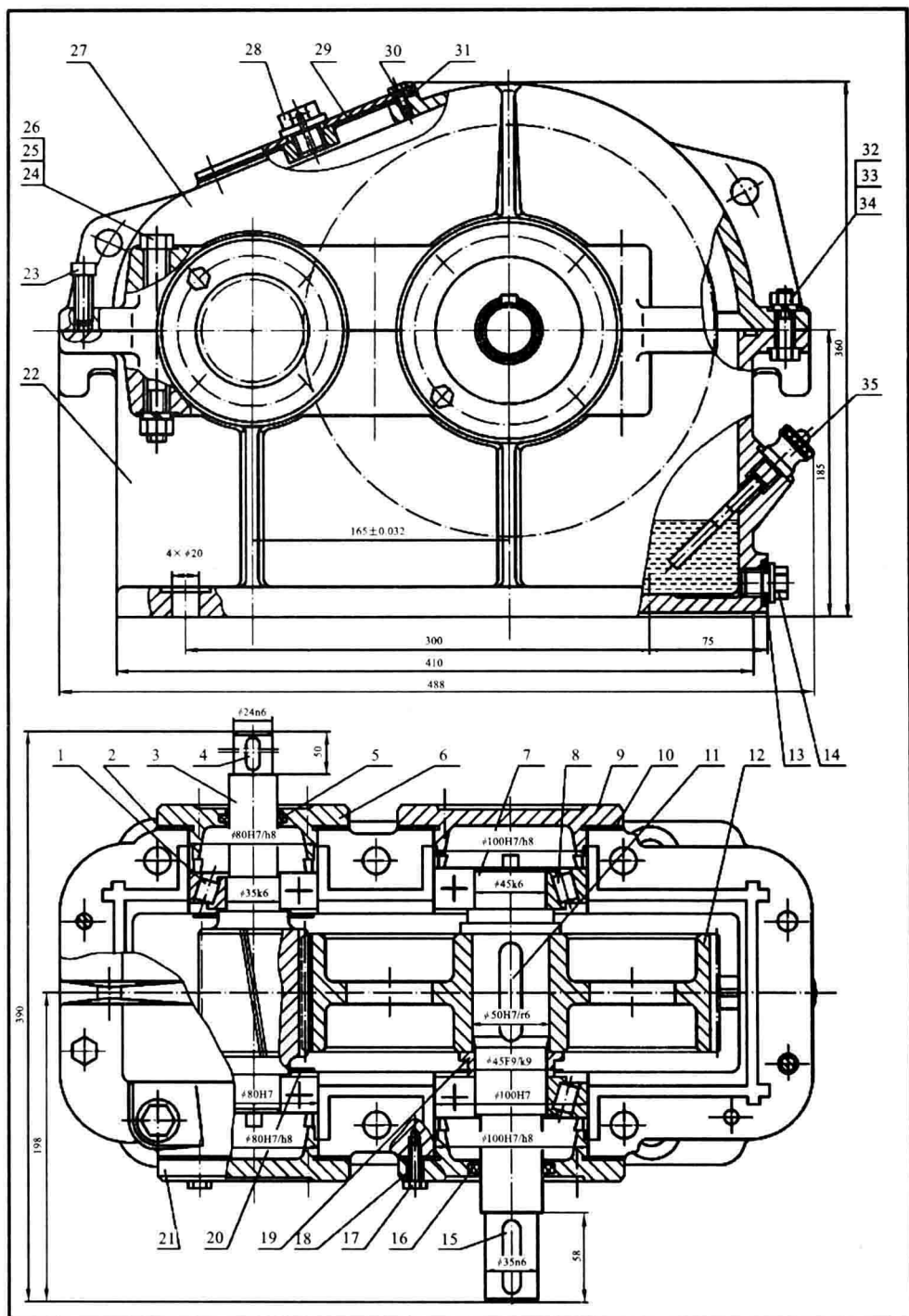
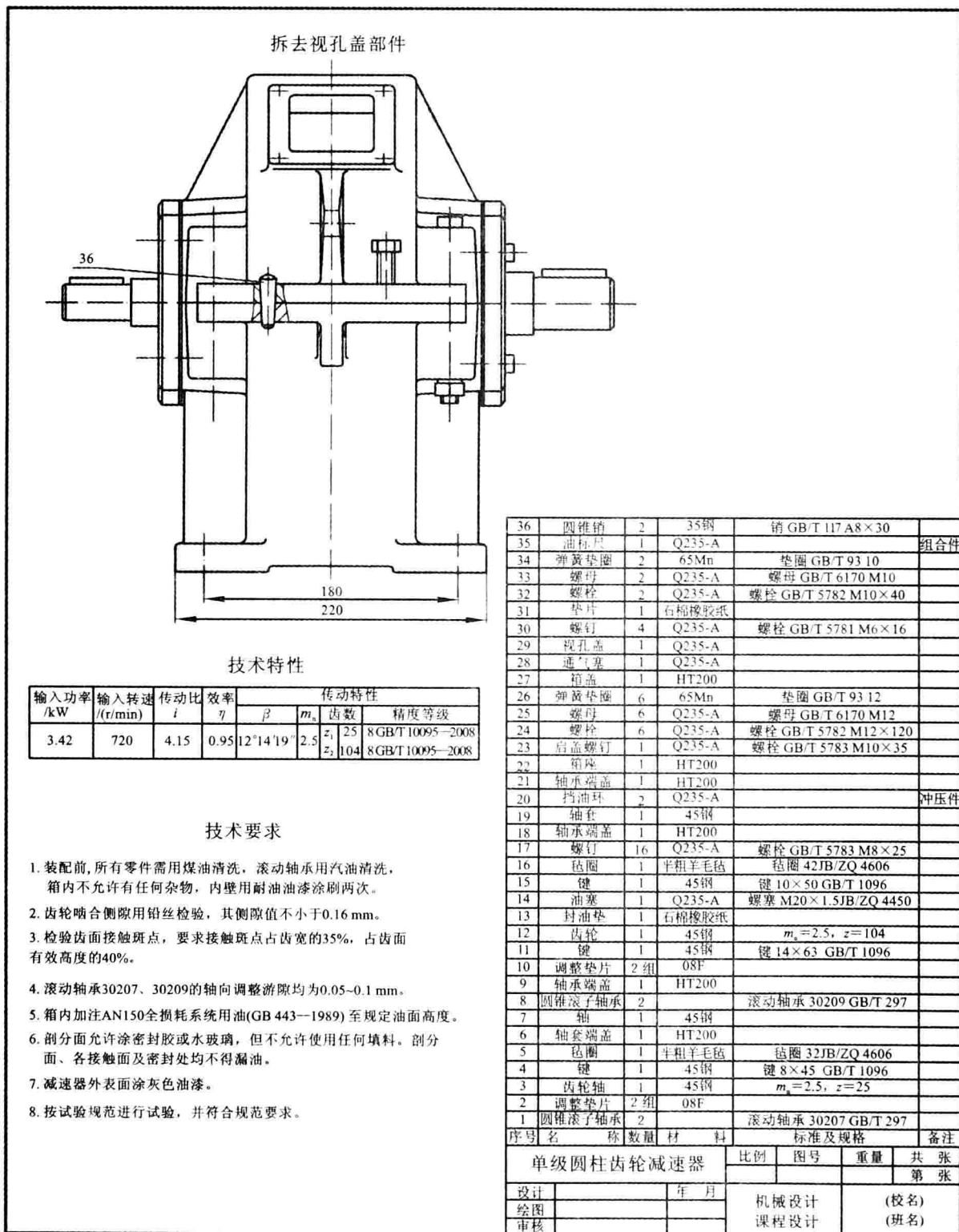


图 1-1 某单级圆柱齿轮减速器装配图

图 1-2)为线索,通过详细的剖析,串联起各章的内容。

如图 1-1 所示,该单级圆柱齿轮减速器的各项参数:输入功率为 3.42 kW,输入转速 720 r/min,传动比为 4.15,法向模数 $m_n=2.5$,大齿轮和小齿轮的齿数分别为 104、25。



续图 1-1

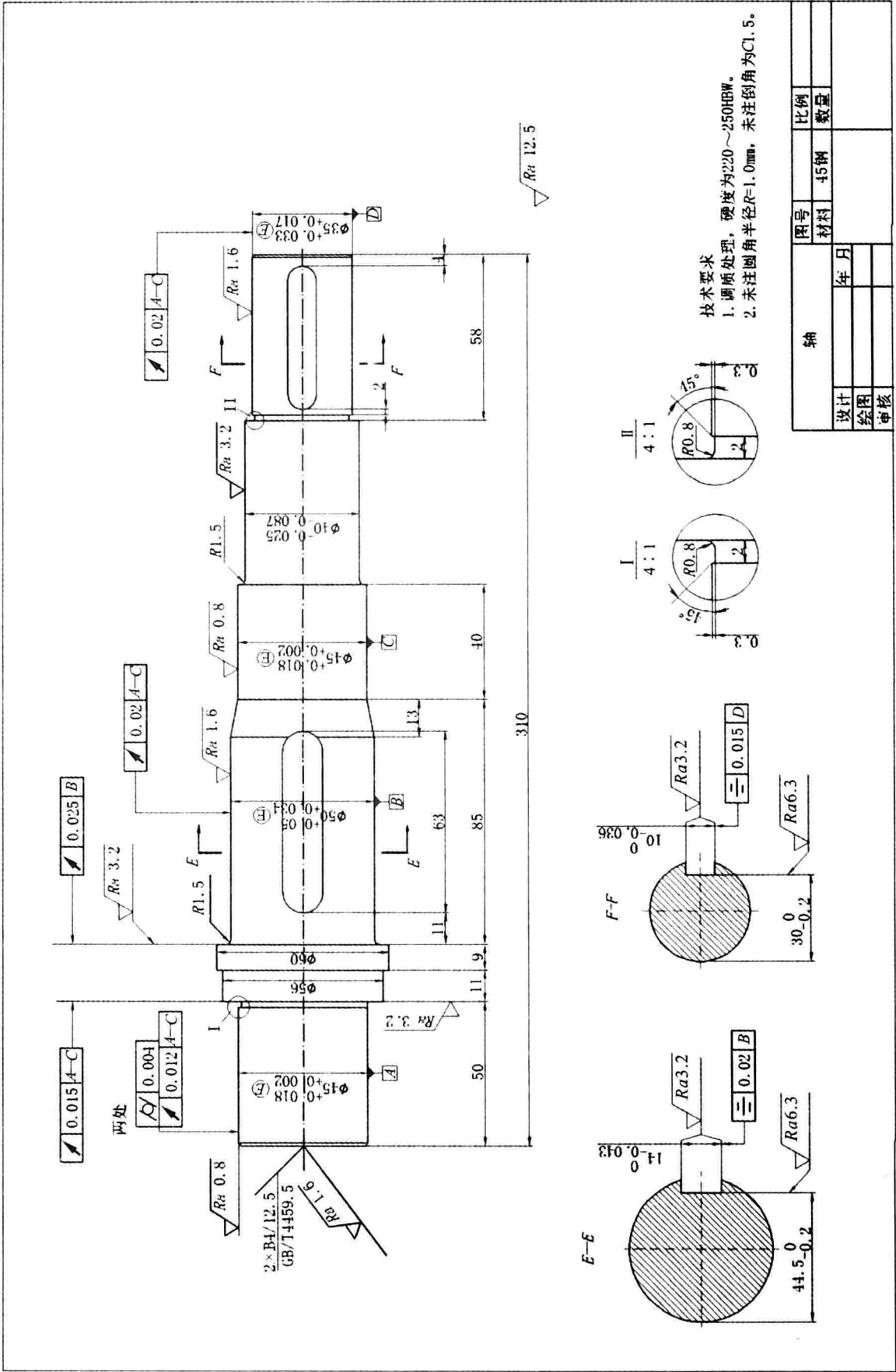


图 1-2 图 1-1 减速器输出轴的零件图

1.4 习 题

1. 什么是互换性？互换性如何分类？
2. 互换性在机械制造中有何重要意义？
3. 互换性的优越性有哪些？实现互换性的条件是什么？
4. 完全互换与不完全互换有何区别？各用于什么场合，有何优缺点？
5. 按照标准化对象的特性，标准可以分为哪些类型？
6. 我国标准分为哪些级别，分别如何编号？
7. 新一代 GPS 标准和传统的 GPS 标准有何区别？
8. 什么是 GPS 矩阵模型？
9. 什么是优先数和优先数系？
10. 优先数系有什么作用？如何应用？

第2章 孔、轴的极限与配合

2.1 基本内容与学习要求

本章是非常重要的—章,它涉及机械设计制造时使用最多、最基础的内容。

本章主要内容与基本要求:

- (1) 掌握有关几何要素、孔与轴、尺寸、偏差、公差与公差带、配合方面的术语与定义;
- (2) 掌握孔、轴的标准公差系列与基本偏差系列,熟悉孔、轴公差带与配合的选用规定;
- (3) 掌握孔轴配合时基准制、公差等级以及配合的选择方法,包括在选择配合时孔轴工作环境温度对配合的影响;
- (4) 了解线性与角度尺寸的未注公差。

本章重点:

- (1) 基本偏差和标准公差的查表;
- (2) 极限与配合的选择原则和方法。

本章难点:

- (1) 孔的基本偏差的查表;
- (2) 极限与配合的选择。

2.2 知识要点、重点和难点解读

2.2.1 有关术语与定义

1. 有关孔与轴的术语与定义

轴是外尺寸要素,如键宽表面;孔是内尺寸要素,如孔槽与轴槽宽表面。由于孔与轴均为尺寸要素,所以可按尺寸要素的三个特征来判断某几何形状是否为孔或轴。

2. 有关尺寸的术语与定义

尺寸通常分为线性尺寸和角度尺寸。线性尺寸或长度尺寸(简称尺寸)指两点之间的距离,如直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。

公称尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸,它是根据零件的强度计算、结构和工艺上的需要设计给定的尺寸,旧标准称设计尺寸。公称尺寸可以是一个整数或一个小数值,尽量按 GB/T 2822—2005《标准尺寸》选用。

3. 有关偏差、公差与公差带的术语与定义

公差与偏差是两个不同的概念,不能混淆。偏差是代数值,可为正值、负值或零;而公差是绝对值,不能为负值或零。当公称尺寸一定时,公差反映加工难易程度、表示制造精度的要求;而偏差表示偏离公称尺寸的多少,与加工难易程度无关。从作用上讲,极限偏差表示公差带的确切位置,因而可反映出零件的配合性质,即松紧程度;而公差仅表示公差带的大小,即反映出

零件的制造精度。

公差带图是表示一对相互配合的孔和轴的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差以及公差之间相互关系的简化图,还能反映孔和轴配合的间隙、过盈等情况。因此它能非常直观清晰地表示孔和轴的配合关系,是理解极限与配合术语的有力工具。在绘制公差带图时,应标出零线、公称尺寸、孔和(或)轴的上、下极限偏差。孔和(或)轴的上、下极限偏差可用毫米或微米作单位,采用毫米作单位时,不需注明单位,也不用画纵轴;但采用微米作单位时需要画出纵轴,并标明单位为微米。公差带图中不画出孔、轴的结构,也不画孔、轴的轴线。

4. 有关配合的术语与定义

配合形成的前提条件是孔轴形成装配关系,因此其公称尺寸必须相同。配合的直观反映是孔和轴公差带之间的关系。根据孔和轴公差带之间的位置关系,孔的公差带在轴的公差带之上的为间隙配合,孔的公差带在轴的公差带之下的为过盈配合,两者相互交叠的为过渡配合。

配合公差等于孔与轴公差之和。

2.2.2 极限与配合的国家标准

标准公差和基本偏差是极限与配合中最基本的两个参数,它们分别确定了公差带的大小和公差带距离零线的位置,两者共同决定某尺寸公差带的唯一性。

1. 标准公差和基本偏差的数值

各级标准公差值的大小可查教材表 2-1 和表 2-2(摘自 GB/T 1800.1—2009)获得。查表时,根据该公称尺寸所属的尺寸分段,再按相应的公差等级查取即可。由于尺寸分段是半开半闭区间,因此尤其要注意公称尺寸所属的尺寸分段,比如 50 就属于(30,50]区间,而不是属于(50,80]区间。

轴、孔的基本偏差数值均可根据 GB/T 1800.2—2009 直接查表获得,也可分别按教材表 2-3 和表 2-4 查得,此时:一是要注意表中的注释,例如对于轴的公差带 js7~js11 和孔的公差带 JS7~JS11,若 IT_n 值是奇数,则取偏差 = $\pm (IT_n - 1)/2$ 而不是偏差 = $\pm (IT_n)/2$;二是要注意对于孔的基本偏差数值是否要加上附加的 Δ 值,对于公称尺寸至 500 mm、标准公差等级小于或等于 IT8 的孔的基本偏差 K、M、N,以及标准公差等级小于或等于 IT7 的孔的基本偏差 P~ZC,其基本偏差值为在查表所得的数值上再加上一个 Δ 值, Δ 值的大小由公称尺寸和公差等级共同确定。

例如查表确定 $\phi 30S7$ 的基本偏差。孔的公称尺寸为 30,属于(18,30]区间,当基本偏差代号为 S,公差等级为 7 级时,其基本偏差为 ES,数值为在查表 2-4 所得的数值(-0.035 mm)再加上一个 Δ 值(为 0.008 mm),故 $ES = -0.027$ mm。

又例如查表确定 $\phi 18 JS8$ 的极限偏差。 $\phi 18$ 属于(10,18]区间, $IT_8 = 27 \mu m$,为 JS7~JS11 的奇数值,故其偏差 = $\pm (IT_8 - 1)/2 = (\pm (27 - 1)/2) \mu m = \pm 13 \mu m$ 。因为 JS 的公差带相对零线对称分布,其基本偏差既可以是上极限偏差也可以是下极限偏差(两者与零线的距离相等),故一般只提其偏差值。

再例如查表确定图 1-1 中轴与齿轮孔配合 $\phi 50H7/r6$ 的极限偏差。先查教材标准公差数值表 2-1,由于 $\phi 50$ 属于公称尺寸分段(30,50]区间,得相应公差为 $IT_6 = 16 \mu m$, $IT_7 = 25 \mu m$;对于轴的代号 r,查教材基本偏差值表 2-3,基本偏差为其下极限偏差, $ei = +0.034$ mm,则其上极限偏差 $es = ei + IT_6 = (+0.034 + 0.016) mm = +0.050$ mm;对于孔的代号 H,查教材表

2-4,基本偏差为其下极限偏差, $EI=0$,则其上极限偏差 $ES=EI+IT7=+0.025\text{ mm}$,故可表示为 $\phi 50H7(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix})/r6(\begin{smallmatrix} +0.050 \\ +0.034 \end{smallmatrix})$,可知此处为基孔制过盈配合。

2. 孔、轴的公差带及配合的选用规定

GB/T 1801—2009 规定了公称尺寸至 3150 mm 的孔、轴公差带和配合的选择。对公称尺寸至 500 mm 的孔、轴,应优先选用圆圈中的公差带,其次选用方框中的公差带,最后选用其他的公差带。在特殊情况下,一般、常用和优先公差带不能满足要求时,也允许根据零件的使用要求,按国家标准中规定的标准公差和基本偏差自行组成需要的公差带,例如图 1-1 中套筒与轴的配合选用的公差带为 $\phi 45F9/k6$,具体分析见例 2-3。

该标准也规定了尺寸至 500 mm 的基孔制、基轴制优先和常用配合,而公称尺寸大于 500~3150 mm 的配合一般采用基孔制的同级配合。

2.2.3 极限与配合的选择

极限与配合的选用主要包括基准制、公差等级和配合种类三个方面的选择。换句话说,也是孔、轴的公差等级和基本偏差的选择。

1. 基准制的选择

从工艺性和经济性来考虑,为了减少定值刀具、量具的规格和数量,应优先选用基孔制。对于基轴制的选用,主要理解教材中阐述的几种场合。一般地,基孔制时孔的基本偏差、基轴制时轴的基本偏差分别为 H 、 h 。

如果某配合中孔和轴的基本偏差中没有 H 或 h ,则该配合就是非基准制,如图 1-1 中的 $\phi 45F9/k6$ 。

2. 公差等级的选择

公差等级的选择原则是在满足使用要求的前提下,应尽量选用较低的公差等级,以利于加工和降低成本。 T_f 是极限间隙或过盈的变动量,反映了使用要求, T_H 、 T_h 是孔轴公差,反映了制造要求。原则上应满足:配合公差 $T_f \geq T_H + T_h$,在此基础上按工艺等价性原则分配孔、轴公差,选取相应的公差等级。此外,还要考虑公差等级与配合种类的关联以及与零部件的精度匹配问题。

3. 配合的选择

选择配合的主要依据是使用要求和工作条件。在用类比法选择孔、轴的基本偏差代号时可参考教材表 2-9 和表 2-10 中的应用实例。

当基准制和公差等级确定后,配合的选择最后的问题就是选择非基准件的基本偏差代号。可根据基准制和配合类别按教材表 2-11 先计算出非基准件的基本偏差,通过查表初步得到非基准件的基本偏差代号,再经过验算最后确定。

2.2.4 “极限与配合”概念的理解

当一个孔和一个轴形成装配关系时,它们就构成了配合。就尺寸而言,互换性要求尺寸的一致性,但并不要求、也无法要求批量生产的零件都准确地制造成一个指定的尺寸,只要在某一合理的范围内就行。这个范围通过上、下极限尺寸来限制,既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系,以满足不同的使用要求,又要在制造上是经济合理的。这样就形成了“极限与配合”的概念。

例如图 1-1 中轴与齿轮孔处的配合采用 $\phi 50H7/r6$ 。按照强度设计要求,此处轴径的公称

尺寸为 $\phi 50 \text{ mm}$, 为保证配合关系, 齿轮孔径的公称尺寸也应为 $\phi 50 \text{ mm}$ 。但在实际生产中, 由于制造误差不可避免地存在, 一方面, 将轴径和齿轮孔径要加工到准确的尺寸 $\phi 50 \text{ mm}$ 是不可能做到的。因此在按照互换性原则组织生产时, 只要根据使用要求, 将轴径和齿轮孔径的变动限制在预设的一定极限范围内, 即轴径的上极限尺寸为 $\phi 50.050 \text{ mm}$, 下极限尺寸为 $\phi 50.034 \text{ mm}$; 孔径的上极限尺寸为 $\phi 50.025 \text{ mm}$, 下极限尺寸为 $\phi 50.000 \text{ mm}$, 即可以实现互换性和便于加工制造, 并能取得最佳的经济效益, 这就是“极限”的概念。另一方面, 将轴径和齿轮孔径要加工到准确的尺寸 $\phi 50 \text{ mm}$ 也是完全不必要的, 只要加工出来的轴径和齿轮孔径的局部尺寸在上述极限尺寸范围之内, 就能满足装配要求和性能要求, 就能实现设计的配合性质要求。至于配合的松紧程度完全取决于两者局部尺寸之间的协调关系, 并不是越接近公称尺寸 $\phi 50 \text{ mm}$ 就越好, 这就是“配合”的概念。

由此可见, “极限”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾, 而“配合”则是反映零件组合时相互之间的关系。

2.3 例题剖析

例 2-1 已知两根轴, 第一根轴直径为 $\phi 10 \text{ mm}$, 公差值为 $22 \mu\text{m}$, 第二根轴直径为 $\phi 70 \text{ mm}$, 公差值为 $30 \mu\text{m}$, 试比较两根轴加工过程的难易程度。

解 加工的难易程度取决于其精度要求, 即公差等级。查标准公差表可知, 对于第一根轴, 其公差等级为 IT8; 对于第二根轴, 其公差等级为 IT7。尽管第二根轴的公差值大, 但其公差等级高, 因此加工相对难一些。

例 2-2 如图 2-1 所示汽车气缸活塞、连杆机构中, 活塞销为 $\phi 28 \text{ mm}$, 要求连杆衬套内圆柱面与活塞销中部配合为 $\phi 28\text{H}6/\text{h}5$, 活塞销两端与活塞上的两个销孔的配合要求为过盈配合, 在 $-2 \sim -25 \mu\text{m}$ 之间, 试确定活塞销两端与销孔的公差带代号。

解 (1) 确定基准制 因活塞销分别与活塞、连杆衬套配合, 并且配合松紧程度要求不同, 为方便轴的加工和有利于装配, 故选择基轴制。

(2) 确定公差等级 配合公差为 $T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = [-2 - (-25)] \mu\text{m} = 23 \mu\text{m}$, 因此根据使用要求, 孔、轴的公差值之和不能超过 $23 \mu\text{m}$ 。查标准公差表可知 IT5 = $9 \mu\text{m}$, IT6 = $13 \mu\text{m}$, 考虑工艺等价性, 取消孔比活塞销的公差低一级, 故选 IT6, 活塞销选 IT5, 孔、轴的公差值之和为 $22 \mu\text{m}$, 满足使用要求。所以, 活塞销为 $\phi 28\text{h}5(-\frac{0}{0.009})$ 。

(3) 确定销孔的基本偏差代号 因所选配合为基轴制过盈配合, 故销孔的基本偏差为上极限偏差, 为 $ES = Y_{\min} - T_s = (-2 - 9) \mu\text{m} = -11 \mu\text{m}$, 查孔的基本偏差数值表得: 销孔的基本偏差代号为 N, 销孔的公差带代号为 $\phi 28\text{N}6(-\frac{0}{0.024})$ 。确定活塞销与销孔的配合代号为 $\phi 28\text{N}6/\text{h}5$ 。

(4) 验算 计算得设计的最小过盈量为 $-2 \mu\text{m}$, 最大过盈量为 $-24 \mu\text{m}$, 满足配合要求。详细标注如图 2-1 所示。

例 2-3 试选取图 1-1 中从动轴系零部件的配合, 并说明理由。

解 采用哪种基准制要综合考虑结构、工艺、经济性与功能要求等因素; 采用哪一级公差关键看配合的重要程度; 采用什么配合性质主要取决于配合件的性能要求。对于图 1-1 中从动轴系零部件的配合选取和分析如下。

(1) 箱体孔的公差带选用 H7 对于一般的减速器而言, 轴承的精度一般选 0 级, 相应的