

GONGCHA YU JIANCE JISHU

SHIJIAN JIAOCHENG

公差与检测技术 实践教程

付风岚 丁国平 刘宁 主编

GONGCHA YU JIANCE JISHU
SHIJIAN JIAOCHENG



科学出版社

www.sciencep.com

公差与检测技术实践教程

付风岚 丁国平 刘 宁 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为“互换性与测量技术”课程教材《公差与检测技术》的实践环节配套教材。全书共分为学习指导与作业练习、实验指导书、实验报告书、自测题和参考答案五部分。

本书读者对象为高等学校、高等职业教育学校及继续教育院校机械类专业本、专科学生。

图书在版编目(CIP)数据

公差与检测技术实践教程/付风岚, 丁国平, 刘宁主编. —北京: 科学出版社, 2006

ISBN 7-03-018076-3

I. 公… II. ①付…②丁…③刘… III. ①机械元件-互换性-高等学校-教材②机械元件-测量-高等学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第112759号

责任编辑: 张颖兵 / 责任校对: 董艳辉

责任印制: 高 嵘 / 封面设计: 宝 典

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

武汉大学出版社印刷总厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年9月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2006年9月第一次印刷 印张: 12 3/4

印数: 1~6 000 字数: 246 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

本书为互换性与测量技术课程教材《公差与检测技术》实践环节的配套教材。互换性与测量技术是一门实践性很强的综合性技术基础课,练习与实验等实践性教学环节举足轻重。

互换性与测量技术与机械制图、机械原理和机械设计等课程同为机械类各专业的技术基础课。但一个普遍现象是,无论是在校学生的课程设计、毕业设计,还是在毕业后的实际工作中,公差与配合方面的问题最多。究其原因,不可忽视的一个因素是对该课程实践环节的重视不足。相对机械制图、机械原理和机械设计等课程,互换性与测量技术涉及面广,综合应用性更强,但事实是该课程的实践环节最少。机械制图、机械原理和机械设计都有课程设计或大型作业,而互换性与测量技术课程没有;机械制图、机械原理和机械设计等课程的每种教材几乎都有供学生大量练习的配套习题试题集、学习指导等,而互换性与测量技术课程也没有;机械制图、机械原理和机械设计等课程都举办过竞赛活动,而互换性与测量技术课程还是没有。为改变互换性与测量技术课程实践环节的落后状况,改变目前我国机械工程人才在公差与配合上存在的“跛足”现象,我们编写了这本与《公差与检测技术》配套的实践环节教材。

本书内容分为学习指导与作业练习、实验指导书、实验报告书、自测题、习题与自测题简要答案等五部分。

学习指导与作业练习包括学习指导、思考题、习题三部分。基于本课程在教学计划中所处的从设计课程到工艺课程、从基础课程到专业课程的承上启下地位,对于习惯于基础课逻辑推理学习方式、缺乏生产实践知识的学生而言,学习指导和思考题的学习引导作用不言而喻,而这正是目前本课程教材所缺乏的。

《互换性与测量技术》现有教材中鲜有设计性练习,例如在课程中处重要地位的形位公差一章,只有形位公差的标注练习,而没有确定公差的设计练习。这显然不符合创新型、综合应用型人才培养的大方向。为此,本书增加了设计型习题的比例。

在机械设计过程中,公差与配合必须以工程语言的形式标注在装配图和零件图样上,本课程现有教材均将练习题附于其后,于是学生作业练习时首先需要将练习题中的装配图和零件图样画在作业本上,再将公差与配合标注其上,造成先修课程的制图练习在本课程“喧宾夺主”。为减少画图时间,学生中多出现不规范作图,这一方面与本课程所遵循的标准化原则不符,另一方面与严谨求实的素质培养相悖。同时,因画图时间过多,学生对本课程的自我训练强度相对减弱。对此,本书

作业习题部分直接绘出的标注题的底图,学生可在其上进行作业练习,从而可将更多的时间和精力放在本课程内容的学习上。

通常,考试被认为是对学习效果的考核。但事实上,考试还有另一个功能——学习导向。如果试题仅仅是为了考试而考试,则学生往往倾向于死记硬背。特别是本课程概念多、术语多、实践性强、综合应用性强,因此就容易出现考分不错,但在随后的课程设计、毕业设计中综合应用能力差的现象。为此本书的自测题中,增加了设计型、综合应用型考题。

本课程教学实验仪器多为小型精密仪器,现场实验教学(即便是分组教学)难以使学生真正掌握实验仪器的原理和方法。因此,自学预习实验指导书至关重要,书中实验指导书编写的指导思想即是“以学生为本,深入浅出,便于自学”。

本书的实验报告部分在提出实验报告内容要求的前提下给出各实验报告的规范格式,旨在培养学生的标准规范意识,使学生了解如何根据实验报告内容要求设计实验报告格式。

习题与自测题简要答案的编写原则是,既不能使学生产生依赖,起到自我练习、自我测试的作用,又能使学生自我判断,自我检查。因此,本简要答案只对学生不易把握的部分给出答案,供读者参考。

本书由武汉理工大学付风岚、丁国平、刘宁主编。参加编写的有武汉大学翁晓红,武汉科技大学赵刚,湖北工业大学余小琴,武汉理工大学周丽、李铃、叶涛、王海、徐劲力、张宏、谭海艳、程飞月、徐卉、李兰、刘卫、吴淑琴、王曦。

编 者

2006年8月

目 录

第一部分 学习指导与作业练习

第1单元 预备知识	3
第1章 绪论	3
第2单元 公差技术基础	7
第2章 尺寸精度与孔、轴配合设计	7
第3章 形状和位置公差	16
第4章 表面粗糙度	35
第3单元 检测技术基础	39
第5章 测量技术基础	39
第6章 基本几何量的检测	45
第4单元 典型零件的公差与检测技术	48
第7章 滚动轴承的公差与配合	48
第8章 键和花键的公差与检测	52
第9章 圆锥公差配合与检测	57
第10章 圆柱螺纹公差配合与检测	60
第11章 渐开线圆柱齿轮传动的公差与检测	65
第12章 尺寸链	71

第二部分 几何量公差与检测实验指导书

实验一 长度尺寸的测量	78
实验二 表面粗糙度的测量	83
实验三 导轨直线度误差测量	87
实验四 平面度误差测量	91
实验五 圆跳动误差测量	94
实验六 箱体位置误差测量	96
实验七 螺纹分项测量	100
实验八 齿轮径向跳动测量	108
实验九 齿轮公法线长度测量	111
实验十 齿轮分度圆齿厚偏差测量	113
实验十一 单个齿距偏差及齿距累积总偏差测量	115

实验十二	齿轮基圆齿距偏差的测量	119
实验十三	直齿螺旋线总偏差测量	122
实验十四	齿轮径向综合总偏差测量	124

第三部分 几何量公差与检测实验报告书

实验一	长度尺寸的测量	129
实验二	表面粗糙度测量	130
实验三	导轨直线度误差测量	131
实验四	平面度误差测量	132
实验五	圆跳动误差的测量	133
实验六	箱体的位置误差测量	134
实验七	螺纹分顶测量	135
实验八	齿轮齿圈径向跳动的测量	137
实验九	齿轮公法线长度测量	138
实验十	分度圆齿厚偏差的测量	139
实验十一	单个齿距偏差及齿距累积总偏差测量	140
实验十二	齿轮基圆齿距偏差的测量	141
实验十三	直齿螺旋线总偏差测量	142
实验十四	齿轮径向综合总偏差测量	143

第四部分 自 测 题

试题 1	147
试题 2	155
试题 3	163
试题 4	171
试题 5	178

第五部分 参 考 答 案

第一部分中习题的简要答案	187
自测题简要答案	192

第一部分 学习指导与作业练习

第1单元 预备知识

第1章 绪 论

1.1 学习指导

1. 内容结构

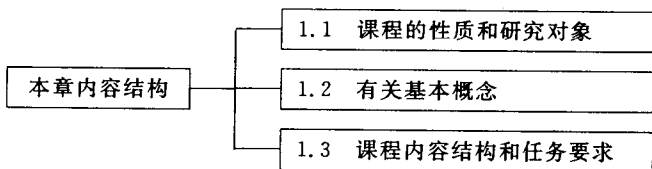


图 1.1 第 1 章内容结构

2. 内容讨论

1) 明确课程的性质和研究对象。

对本课程的学习而言,明确课程的性质任务和研究对象至关重要。由于学术观点和历史等多方面的原因,本课程的课程名称和教材名称变动较大,例如有:公差配合与检测、互换性与测量技术、几何量精度设计与检测等等。这会使人产生困惑:本课程研究什么?学习的任务和目的如何?好的开端是成功的一半,而困惑不解的开端带来的影响不言而喻。因此,需要明确图 1.2 所示课程的性质任务、研究对象及其在教学计划中的地位。

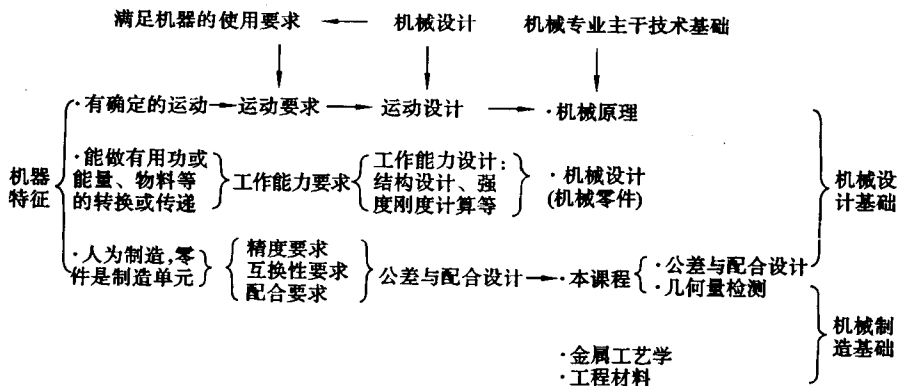


图 1.2 本课程的性质任务、研究对象及其在教学计划中的地位

2) 掌握基本概念、理顺涉及的各方面关系。

(1) 掌握基本概念、明确本课程特点。由于本课程的结构、学科特点,形成了它区别于其他课程的内容特点:抽象概念多、术语定义多、需记忆的内容多等。因此,在学习本课程时必须改变以往那种“逻辑推理”方式,重视对基本术语、概念的学习,并深入理解和分析各概念之间的区别与联系。

本章基本概念构成见表 1.1。

表 1.1 基本概念

序号	基本概念		序号	基本概念
1	几何量与几何量公差	几何要素与几何量	3	互换性
		加工误差与几何量公差	4	测量、检验、检测与测量误差
2	零件的结合与孔、轴的结合	零件的结合	5	标准化及优先数系
		孔、轴及孔、轴结合	6	公差技术

(2) 理顺课程所涉及各方面的关系。本课程涉及面广,如果不理顺公差与配合、互换性、检测、标准化等方面的关系,则必然表现为内容松散、缺乏逻辑性和体系性,这是造成有师生反映本课程难教、难学的主要原因。对此,首先就必须理顺公差与配合、互换性、检测、标准化等方面的关系。公差与配合、互换性、检测、标准化等方面的关系见图 1.3。

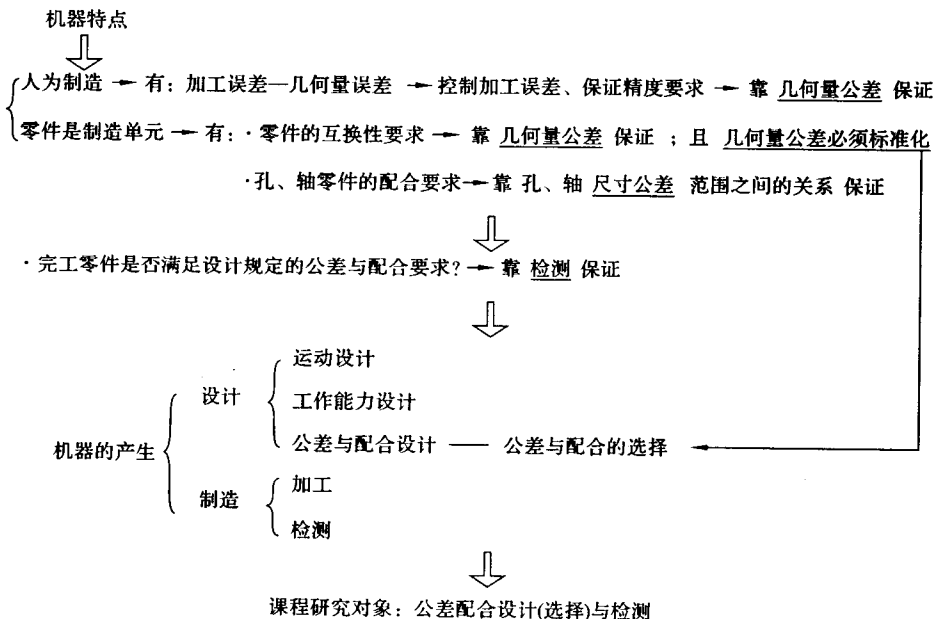


图 1.3 公差与配合、互换性、检测、标准化的关系

因为

公差大→允许几何量的变动大→加工难度小、成本低→完工零件精度低、质量差
公差小→允许几何量的变动小→加工难度大、成本高→完工零件精度高、质量好
所以公差实质是:公差体现了使用要求与加工工艺及成本的矛盾。

解决矛盾方法有:应用公差技术,综合考虑所涉及的加工工艺、质量控制、生产组织管理、制造和使用成本、检测技术等因素,设计(选择)满足产品使用要求、能获得最佳技术经济效益的合理公差。

因此,本教材名称为公差与检测技术。

(3) 理解标准化的重要性、通过优先数系理解标准的建立原则。标准化是互换性生产的基础,是实现专业化生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分,是发展贸易、提高产品在国际市场的竞争能力的技术保证。标准化是实现现代化的一个重要手段,也是反映现代化水平的一个重要标志,现代化程度越高,对标准化要求也越高。

通过对优先数系的学习,通过对优先数系为什么采用十进等比数列、为什么公比采用无理数等问题的讨论,领会标准化原理。

需要说明的是,本课程是大学学习期间涉及标准化原理而非仅仅是应用的唯一课程。

3. 重、难点

重点:课程的性质和研究对象、基本概念。

难点:基本概念。

1.2 作业练习

1. 思考题

1. 如何控制加工误差?
2. 什么叫互换性?它在机械制造中有何重要意义?
3. 如何实现互换性?
4. 互换性原则是否只适用于大批量生产?
5. “不经选择和修配就能互相替换、装配的零件,就是具有互换性的零件”这一说法是否正确?
6. 如何实现配合要求?
7. 什么叫标准?它的内涵是什么?
8. 什么叫标准化?标准化的目的和意义是什么?
9. 按标准颁发的级别分,我国标准有哪几种?
10. 公差、检测、标准化与互换性有什么关系?

11. 测量和检验各有何特点?

2. 习题

下面两列数据属于哪种系列? 公比 q 为多少?

(1) 电动机转速有(单位为 r/min): 375, 750, 1500, 3000, ...

(2) 普通螺纹公称直径(单位为 mm): ..., 10, 12, 16, 20, 24, 30, ...

第2单元 公差技术基础

任何零件都有尺寸精度、形位精度、表面精度要求,因此尺寸、形位误差、表面精度评定参数称为基本几何量;由于配合由孔、轴尺寸公差范围的位置关系决定,因此配合设计与尺寸公差设计为一体。由于任何机器都有孔、轴配合要求,因此尺寸公差与配合、形状和位置公差、表面精度为公差技术基础,即基本几何量公差与配合。

第2章 尺寸精度与孔、轴配合设计

2.1 学习指导

1. 内容结构

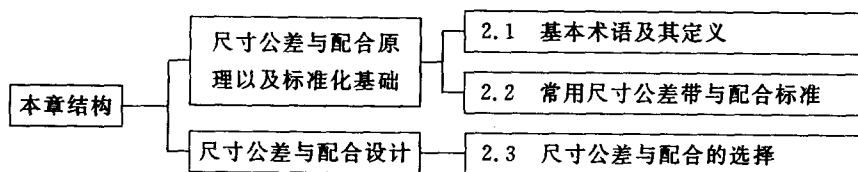


图 2.1 第2章内容结构

2. 内容讨论

1) 基本术语及有关概念。

基本术语及有关概念内容,如图 2.2 所示。

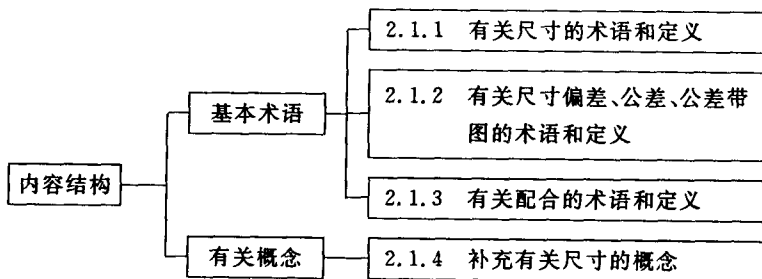


图 2.2 内容结构

常用尺寸和大尺寸、配合尺寸和非配合尺寸、注出公差尺寸和未注公差尺寸,

一般未列入基本术语,但它们对于内容体系的逻辑性和完整性而言非常重要。

需要特别指出的是“配合”的概念。切记“配合”是指“指基本尺寸相同的、相互结合的、孔和轴的尺寸公差带之间的位置关系”,关键词:“孔和轴的尺寸公差带之间的位置关系”。如果孔和轴的尺寸公差带之间的位置关系是交叠的,如图 2.3 所示,按照该“尺寸公差带”加工出一批孔和轴,在合格的孔和轴中,有的孔实际尺寸比轴大,此时二者的结合必有间隙;有的实际孔比轴小,此时二者的结合必有过盈。但该批孔和轴的配合既不是间隙配合,也不是过盈配合,只能因孔和轴尺寸公差带之间交叠的位置关系确定是过渡配合。

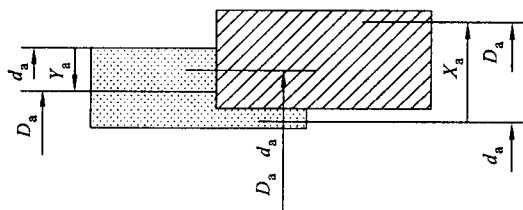


图 2.3 过渡配合

注意“基本术语”中未给出“尺寸误差”,应该说公差是控制误差的,那么为什么不给出“尺寸误差”的定义?什么是尺寸误差?

尺寸误差是指按同一技术要求加工出一批零件实际尺寸的变动量,即该零件中实际尺寸的最大值与实际尺寸的最小值之差。例如,按技术要求 $\phi 60H7$ 加工出一批孔,其中最大孔的实际尺寸 $D_{\max} = 60.025 \text{ mm}$,最小孔的实际尺寸 $D_{\min} = 59.995 \text{ mm}$,则该批孔的尺寸误差为 $D_{\max} - D_{\min} = 0.030 \text{ mm}$ 。

而尺寸的合格条件是:最大极限尺寸 $\geq$ 实际尺寸 $\geq$ 最小极限尺寸,或上偏差 $\geq$ 实际偏差 $\geq$ 下偏差,即

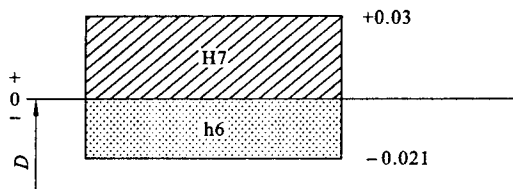
$$\begin{aligned} D_{\max} &\geq D_s \geq D_{\min} \quad \text{或} \quad ES \geq Ea \geq EI \\ d_{\max} &\geq d_s \geq d_{\min} \quad \text{或} \quad es \geq ea \geq ei \\ L_{\max} &\geq L_s \geq L_{\min} \end{aligned}$$

可见,并未以“尺寸公差 $\geq$ 尺寸误差”为尺寸合格条件。

之所以不以“尺寸公差 $\geq$ 尺寸误差”作为尺寸合格条件,是因为“尺寸公差 $\geq$ 尺寸误差”虽然能保证尺寸精度和互换性要求,但不能保证配合要求。本例 $\phi 60H7$ 的尺寸公差 $T_D = 0.030 \text{ mm}$,而加工出的这批实际孔的尺寸在 $59.995 \sim 60.025 \text{ mm}$ 之间,尺寸误差: $D_{\max} - D_{\min} = 0.030 \text{ mm}$ 未超过尺寸公差,但有部分实际孔的尺寸超过了最小极限尺寸: $D_{\min} = 60.000 \text{ mm}$,如果视该批孔全部为合格,则当实际尺寸小于最小极限尺寸的孔与 $\phi 60h6$ 轴结合时,会出现过盈,不能满足 $\phi 60H7/h6$ 的配合要求,如图 2.4 所示。

2) 常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)的构成简介。

常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)的组成,如图 2.5 所示。本节

图 2.4 $\phi 60H7/h6$ 的配合

较为详细地介绍了常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)的构成,从中进一步揭示了标准化原理。由于此处通过对常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)构成的详细介绍揭示了标准化原理,所以本教材对其他章节涉及的标准的讨论主要在于应用而不再对其构成作详细讨论。

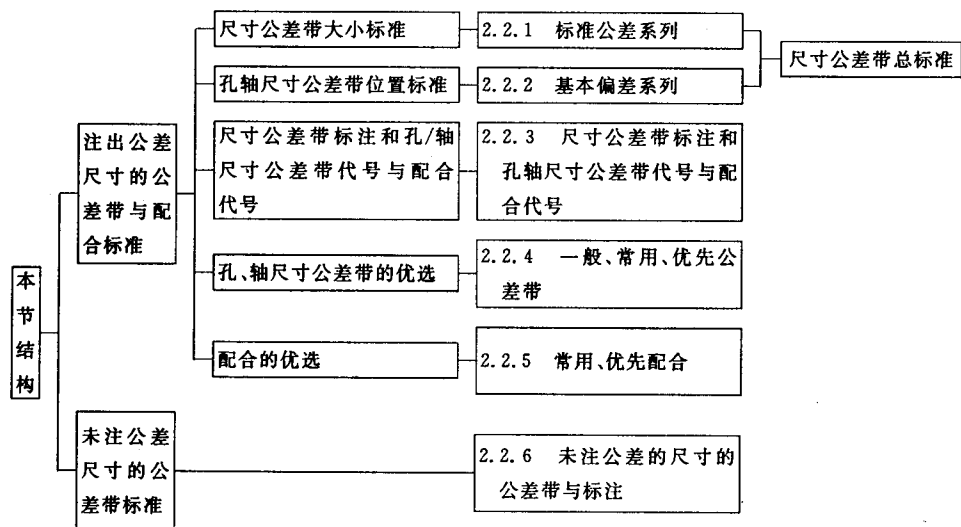


图 2.5 尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)组成

需要强调的是必须熟练掌握常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)的应用。

3) 尺寸公差与配合的选择。

尺寸分为配合尺寸、非配合尺寸,注出公差尺寸、未注公差尺寸。由于配合尺寸的精度要求较高,所以配合尺寸必然是注出公差尺寸,未注公差尺寸必然是非配合尺寸。因此,尺寸实际只分为:① 配合尺寸;② 未注公差尺寸;③ 注出公差的非配合尺寸。由于配合是孔、轴尺寸公差带之间的关系,所以配合选择包括配合尺寸公差的选择。因此,本节分为:① 孔、轴配合的选择;② 未注公差尺寸的公差选择;③ 注出公差的非配合尺寸的公差确定。其中以配合选择为重点。

本章主要讨论类比法选择公差与配合。对算法选择公差与配合的讨论仅限于已知孔、轴配合的允许间隙(过盈)的情况。应用本教材第12章中尺寸链知识可进行算法选择公差与配合。

3. 重、难点

重点:基本术语及有关概念、常用尺寸公差带与配合标准(极限与配合标准)的应用、尺寸公差与配合的选择。

难点:有关配合的术语和定义、标准公差系列和基本偏差系列的构成、公差等级和配合种类的选择。

2.2 作业练习

1. 思考题

1. 为什么说“实际尺寸是一种随机变量”?
2. 试比较基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸,在概念上有何区别与联系?
3. 为什么说公差是绝对值,而不是代数值?
4. “公差”与“极限偏差”有何区别与联系?
5. 尺寸误差与尺寸偏差有何不同?
6. 配合有几类? 各类配合的公差带有什么特点?
7. 配合公差等与相互结合的孔轴公差之和说明什么问题?
8. 能否根据一对相互结合的孔、轴实际尺寸确定它们的配合类别? 为什么?
9. 配合要求的松紧程度与均匀程度有什么不同? 它们分别用什么表示?
10. 什么是基准制? 为什么要规定基准制? 什么是基孔制与基轴制?
11. 试判断以下概念是否完整:
 - (1) 公差可以说是允许零件尺寸的最大偏差;
 - (2) 公差通常为正值,但在个别情况下也可为零;
 - (3) 从制造上讲,基孔制的特点就是先加工孔,基轴制的特点就是先加工轴;
 - (4) 轴与孔的加工精度越高,则其配合精度也越高;
 - (5) 过渡配合可能具有间隙,也可能具有过盈,因此,过渡配合可能是间隙配合,也可能是过盈配合。
12. 什么叫做“未注公差尺寸”? 这一规定适用于什么条件? 其公差等级和基本偏差是如何规定的?
13. 什么叫做“配合尺寸”和“非配合尺寸”? 二者有何区别?
14. 什么是标准公差? 新国标规定了多少个公差等级? 公差等级是如何划分的? 如何表示?
15. 试分析尺寸分段的必要性和可能性,GB/T 1800.2—1998 规定的尺寸分