



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专**机械设计与制造**专业规划教材

互换性与测量技术(第二版)

马保振 张玉芝 主 编
何红华 张信群 副主编
隗东伟 石桂菊



赠送
电子课件

本书特色

- ❁ 面向应用型人才培养
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

高职高专机械设计与制造专业规划教材

互换性与测量技术 (第二版)

		马保振	张玉芝	主 编
何红华	张信群	隗东伟	石桂菊	副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书根据教育部关于《“十二五”职业教育教材建设的若干意见》文件的精神和高职高专发展型、复合型和创新型技术技能人才的培养目标,结合编者多年从事专业教学和生产实践的经验编写而成。

本书系统介绍了互换性与测量技术的相关知识。本书内容共分 9 章,包括:绪论、测量技术基础、尺寸公差与配合、几何公差、表面粗糙度、螺纹配合的互换性、滚动轴承与孔轴结合的互换性、键与花键联接的互换性和圆柱齿轮传动的互换性。本书各章开头有学习目标和内容导入,章尾均附有习题,以帮助学生学习和巩固。

本书力求突出实践性、实用性、通俗性和先进性,可作为高职高专机械类、近机类专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术/马保振,张玉芝主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2014
(高职高专机械设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-37130-4

I. ①互… II. ①马… ②张… III. ①零部件—互换性—高等职业教育—教材 ②零部件—测量技术—高等职业教育—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 145998 号

责任编辑:章忆文

装帧设计:刘孝琼

责任校对:周剑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:保定市中华美凯印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.75 字 数:331 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版 2014 年 7 月第 2 版 印 次:2014 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:27.00 元

产品编号:056913-01

前 言

“互换性与测量技术”是机械类及近机类专业必须掌握的一门重要的技术基础课，它与机械设计基础、机械制造基础及相关专业课程密切相关。

本教材注重知识的应用和实践能力的培养，以典型案例导入引出问题，围绕国家最新标准，系统介绍互换性和测量的相关知识，以培养学生解决实际问题的能力。本教材由具有教学经验丰富的教师和企业技术人员共同完成。

本书具有以下特点。

(1) 实践性。以典型案例导入引出问题，围绕案例阐述相关知识，通过知识应用解决实际问题，提高实践能力。

(2) 实用性。突出知识的实用性，在内容编排上适应高职高专教育的特点，坚持“以应用为目的，以必需、够用为度”的原则。

(3) 通俗性。语言浅显易懂，内容安排重点突出、循序渐进。

(4) 先进性。本书的概念、术语、技术参数均采用国际单位和最新国家标准的规定。

本书由马保振、张玉芝任主编，何红华、张信群、隗东伟、石桂菊任副主编。其中第1、4章由河北工业职业技术学院马保振编写；第5、8、9章由河北工业职业技术学院张玉芝编写；第6章由河北工业职业技术学院何红华编写；第2章由滁州职业技术学院张信群编写；第3、7章由哈尔滨职业技术学院隗东伟编写；书中实验由烟台职业技术学院石桂菊和中钢集团邢台机械轧辊有限公司次耀辉编写；河北工业职业技术学院赵振学也参加了部分编写工作。全书由马保振、张玉芝统稿。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 绪论.....1	第3章 尺寸公差与配合学习目标 28
1.1 互换性的基本概念.....1	3.1 公差与配合的基本术语及定义 28
1.1.1 互换性的含义.....1	3.1.1 有关尺寸的术语及定义 28
1.1.2 互换性的种类.....1	3.1.2 有关尺寸偏差、公差的 术语及定义 29
1.1.3 互换性的作用.....2	3.1.3 有关配合的术语及定义 31
1.2 互换性生产的实现.....2	3.2 公差与配合国家标准 35
1.2.1 加工误差和公差.....2	3.2.1 标准公差系列 36
1.2.2 标准化与标准.....2	3.2.2 基本偏差系列 38
1.2.3 优先数与优先数系.....3	3.2.3 公差与配合代号及标注 44
1.2.4 几何量的测量.....5	3.3 常用公差与配合 46
实验与实训6	3.3.1 常用尺寸段孔、轴公差带 46
习题6	3.3.2 常用尺寸段孔与轴的公差 配合 47
第2章 测量技术基础8	3.4 常用尺寸段公差与配合的选用 49
2.1 测量技术基本概念.....8	3.4.1 基准制的选用 49
2.1.1 测量的基本要素.....8	3.4.2 公差等级的选用 50
2.1.2 量块.....9	3.4.3 配合的选用 52
2.2 计量器具和测量方法.....11	3.5 线性尺寸的一般公差 59
2.2.1 计量器具.....11	3.5.1 一般公差的概念 59
2.2.2 测量方法.....13	3.5.2 线性尺寸的一般公差 59
2.3 测量误差和数据处理.....14	3.5.3 线性尺寸的一般公差表示 方法 60
2.3.1 测量误差概述.....14	实验与实训 60
2.3.2 测量误差的分类.....16	习题 61
2.3.3 测量精度.....16	第4章 几何公差..... 64
2.3.4 等精度测量的数据处理.....17	4.1 几何公差概述 64
2.4 光滑工件尺寸的测量.....22	4.1.1 几何要素的分类 65
2.4.1 安全裕度和验收极限.....22	4.1.2 几何公差项目与符号 66
2.4.2 计量器具的选择.....23	4.1.3 几何公差标注 67
实验与实训25	
习题26	



4.2 几何公差及几何公差带.....73	5.4.2 选用方法.....138
4.2.1 形状公差.....73	5.5 表面粗糙度的检测.....139
4.2.2 位置公差.....73	实验与实训.....141
4.2.3 几何公差带.....76	习题.....142
4.3 几何误差的评定及检测.....82	第6章 螺纹结合的互换性.....144
4.3.1 几何误差的评定.....82	6.1 概述.....144
4.3.2 几何误差的检测原则.....86	6.1.1 螺纹的种类和使用要求.....144
4.3.3 几何误差的检测方法.....87	6.1.2 螺纹的基本牙型.....144
4.4 公差原则.....99	6.1.3 普通螺纹的主要几何参数.....145
4.4.1 有关术语与定义.....99	6.2 螺纹几何参数误差对互换性的影响.....147
4.4.2 公差原则.....103	6.2.1 螺距误差对互换性的影响.....147
4.5 几何公差的选择.....113	6.2.2 牙型半角误差对互换性的影响.....147
4.5.1 几何公差项目的选择.....113	6.2.3 中径误差对互换性的影响.....148
4.5.2 基准的选择.....114	6.2.4 保证普通螺纹互换性的条件.....148
4.5.3 公差原则的选择.....114	6.3 普通螺纹结合的互换性.....149
4.5.4 几何公差值的选择.....115	6.3.1 普通螺纹的公差带.....149
4.5.5 未注几何公差值的确定.....124	6.3.2 螺纹精度与旋合长度.....152
实验与实训.....125	6.3.3 普通螺纹公差带及配合的选择.....153
习题.....126	6.3.4 螺纹表面粗糙度要求.....154
第5章 表面粗糙度.....130	6.3.5 螺纹在图样上的标注.....154
5.1 基本概述.....130	6.4 普通螺纹的测量.....155
5.1.1 表面粗糙度的概念.....130	6.4.1 普通螺纹的综合检验.....155
5.1.2 表面粗糙度对零件使用性能的影响.....131	6.4.2 普通螺纹的单项测量.....156
5.2 表面粗糙度的评定标准.....131	实验与实训.....158
5.2.1 评定表面粗糙度的基本术语.....131	习题.....159
5.2.2 表面粗糙度的评定参数.....133	第7章 滚动轴承与孔轴结合的互换性.....162
5.2.3 评定参数及其相关规定.....134	7.1 概述.....162
5.3 表面粗糙度的符号及标注.....135	7.2 滚动轴承的精度等级及应用.....163
5.3.1 表面粗糙度的符号.....135	7.2.1 滚动轴承的精度等级.....163
5.3.2 表面粗糙度代号.....135	
5.3.3 表面粗糙度的标注方法.....135	
5.4 表面粗糙的参数选择.....137	
5.4.1 选用原则.....137	

7.2.2 滚动轴承精度等级的应用.....	163	8.3.3 矩形花键结合的形位公差和表面粗糙度及图样的标注	180
7.3 滚动轴承的内、外径公差带.....	163	8.3.4 矩形花键的检测	182
7.3.1 滚动轴承的公差.....	163	实验与实训	183
7.3.2 滚动轴承的内外径公差带特点.....	164	习题	183
7.4 滚动轴承的配合及选择.....	164	第 9 章 圆柱齿轮传动的互换性	185
7.4.1 滚动轴承的配合.....	164	9.1 概述	185
7.4.2 滚动轴承配合的选择.....	165	9.2 渐开线圆柱齿轮的偏差和公差	186
7.4.3 配合表面的其他技术要求.....	168	9.2.1 影响传递运动准确性误差的评定指标和测量.....	186
7.4.4 滚动轴承与孔、轴配合应用举例.....	169	9.2.2 影响传动平稳性误差的评定指标和测量	191
实验与实训	170	9.2.3 影响载荷分布均匀性误差的评定指标和测量	195
习题	171	9.2.4 传动侧隙合理性的评定指标和测量	195
第 8 章 键与花键联结的互换性.....	173	9.2.5 影响齿轮副的评定指标	197
8.1 概述.....	173	9.3 渐开线圆柱齿轮的精度标准	200
8.1.1 单键联结特点与要求.....	173	9.3.1 齿轮精度等级及其选择	200
8.1.2 花键联结的特点与要求.....	174	9.3.2 齿轮检验项目的选择及公差值确定	201
8.2 平键结合的互换性.....	175	9.3.3 齿轮副侧隙的确定	202
8.2.1 平键结合的尺寸公差.....	175	9.3.4 齿坯精度	204
8.2.2 平键结合的几何公差和表面粗糙度及图样标注.....	176	实验与实训	206
8.2.3 平键的键与键槽的检测.....	176	习题	206
8.3 矩形花键结合的互换性.....	177	参考文献.....	210
8.3.1 矩形花键的主要参数和定心方式.....	177		
8.3.2 矩形花键结合的尺寸公差.....	179		

第 1 章 绪 论

学习目标

通过本章的学习，理解互换性、公差、误差的概念；区分完全互换与不完全互换；了解有关标准化、优先数的术语及定义；了解技术测量的目的及本课程的任务和要求。

内容导入

在日常生活中，我们经常会遇到这样的情况：家里的灯泡坏了，自行车上的螺钉丢了，买一个相同规格的换上即可正常使用，非常方便、快捷。那么请问：一个 M10 的六角头螺栓应该与什么样的螺母相匹配？如何保证螺母的任意互换？如何控制螺母的加工误差？

1.1 互换性的基本概念

1.1.1 互换性的含义

互换性是指同一规格的零、部件可以相互替换的性能。零件在制造时，采用同一规格要求；在装配时，无须挑选或附加调整；在装配后，能保证预定的使用性能。这样的零、部件称作具有互换性的零件。

广义的互换性是指机器的零件在各种性能方面都具有互换性，如零件的几何参数、物理性能、化学性能等。狭义的互换性是指机器的零件只满足几何参数方面的要求，如尺寸、几何形状、位置和表面粗糙度的要求。本书只介绍零件几何参数方面的互换性。

1.1.2 互换性的种类

按照同种零件互换程度的不同，互换性可分为完全互换和不完全互换两种。

1. 完全互换

对于同一规格的零部件，不需经过挑选和修配就能装配到机器上去，并能满足使用要求，这种互换就称为完全互换。完全互换一般用于大批量生产的零部件，适合于任何场合。

2. 不完全互换

当对零件的精度要求很高时，为了便于制造，通常把零件的公差适当放大，装配前根据实际尺寸进行分组，或者在装配时根据实际情况对调整用的零件进行调整，这种互换就称为不完全互换。不完全互换一般用于生产批量小、装配精度高的零部件，适合于部分场合。

1.1.3 互换性的作用

在现代化机械制造业中,应用互换性原则已成为提高生产水平和促进技术进步的强有力的手段之一,其作用主要体现在下述几个方面。

在设计过程中,采用具有互换性的标准零、部件,将简化设计工作量,缩短设计周期。

在制造过程中,有利于组织专业化生产,采用先进工艺和高效率的专用设备,提高生产效率。

在装配过程中,使装配过程能够连续而顺利进行,从而缩短装配周期。

在使用过程中,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久地运转,提高机器的使用寿命。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。互换性生产对我国社会主义现代化建设具有十分重要的意义。

1.2 互换性生产的实现

1.2.1 加工误差和公差

1. 加工误差

在零件加工制造过程中,由于机床、夹具、刀具及工件系统产生的受力变形、热变形以及振动、磨损和安装、调整等因素的影响,被加工零件的几何参数不可避免地会产生误差,即加工误差。其包括尺寸误差、形状误差、位置误差、表面粗糙度等。

2. 公差

使相同规格的零、部件的几何参数达到完全一致,几乎是不可能的。实际上,合理控制零件的误差不超出一定的范围,不仅能够满足装配后的使用要求,也可以使零件在制造时经济合理。这个允许零件几何参数的变动量就称为公差。

3. 误差与公差的区别

加工误差是在零件加工过程中产生的,它的大小受加工过程中各种因素的影响。公差是允许零件尺寸的变动量,它是在设计中给定的。

同一规格零件,规定的公差值越大,零件“精度”越低,越容易加工;反之,“精度”越高,加工越困难。所以,在满足使用要求的前提下,应尽量规定较大的公差值。

1.2.2 标准化与标准

为实现互换性,国家标准把公差数值标准化,以满足相互联系的各个生产环节之间互相衔接的要求,进而形成一个共同的技术标准,将产品和技术要求统一起来。所以标准化是实现互换性生产的基础,是组织现代化生产的重要手段。

1. 标准

标准是从事生产建设、经营管理和商品流通的一种共同的技术依据。它是在总结生产活动中,对具有多样性、重复性的事物,在一定范围内所做的统一规定。

按照标准的适用范围,我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个级别。

国家标准是指由国家标准化管理机构批准发布,对全国经济、技术发展有重大意义,且在全国范围内统一的标准,其他各级别标准不得与国家标准相抵触。

行业标准主要是指全国性的各专业范围统一的标准。行业标准由国务院有关行政主管部门制定,在全国某个行业范围内适用。

地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制,在地方辖区范围内适用。

对于没有国家标准、行业标准和地方标准的产品,企业应当制定相应的企业标准,并报当地标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。企业标准在该企业内部适用。

国家标准、行业标准和地方标准又分为强制性标准和推荐性标准两大类。少量的有关人身安全、健康、卫生及环境保护之类的标准属于强制性标准,国家采用法律、行政和经济等各种手段来维护强制性标准的实施。大量的(80%以上)标准属于推荐性标准。强制性国家标准代号为 GB,推荐性国家标准的代号为 GB/T。

在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)和国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC),由这两个组织负责制定和发布国际标准。我国于 1978 年加入 ISO 后,陆续修订了自己的标准,在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以加强国际技术交流和产品互换。

标准的范围极广,种类繁多。本书主要介绍公差与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度等标准。

2. 标准化

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程,包括调查标准化对象,经试验、分析和综合归纳,进而制定和贯彻标准,修订标准等。标准化是以标准的形式体现的,也是一个不断循环、不断提高的过程。

1.2.3 优先数与优先数系

在制定公差标准及设计零件的结构参数时,都需要通过数值来表示。这些数值往往不是孤立的,一旦选定,就会按照一定规律,向一切有关的参数传播。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响螺母的尺寸,丝锥、板牙的尺寸,螺栓孔的尺寸以及加工螺栓孔的钻头的尺寸等。这种技术参数的传播扩散在实际生产中是极为普遍的现象。

由于数值的相互关联、不断传播,机械产品的各种技术参数不能随意确定,否则会给生产组织、协作配套以及使用维护带来极大的困难。必须把实际应用的数值限制在较小范围内,并进行优选、协调、简化和统一。凡在科学数值分级制度中被确定的数值,均称为



优先数。按一定公比由优先数所形成的十进制几何级数系列,称为优先数系。

为使产品的参数选择能遵守统一的规律,国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中规定以十进制等比数列为优先数系,并规定了五个系列,分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,其中前四个系列作为基本系列,R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比为

$$\text{R5 系列的公比}(q_5)=\sqrt[5]{10}\approx 1.60$$

$$\text{R10 系列的公比}(q_{10})=\sqrt[10]{10}\approx 1.25$$

$$\text{R20 系列的公比}(q_{20})=\sqrt[20]{10}\approx 1.12$$

$$\text{R40 系列的公比}(q_{40})=\sqrt[40]{10}\approx 1.06$$

$$\text{R80 系列的公比}(q_{80})=\sqrt[80]{10}\approx 1.03$$

优先数系的五个系列中任一个项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,工程技术上不能直接应用。实际应用的都是经过圆整后的近似值,根据圆整的精确程度,可分为以下两种。

(1) 计算值。取五位有效数字,供精确计算用。

(2) 常用值。即经常使用的通常所称的优先数,取三位有效数字。

表 1.1 中列出了 1~10 基本系列的常用值,如将表中所列优先数乘以 10、100 等或乘以 0.1、0.01 等即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

标准还允许从基本系列和补充系列中隔项取值组成派生系列,如在 R10 系列中每隔两项取值得到 R(10/3)系列,即 1.00,2.00,4.00,8.00, …就是常用的倍数系列。

优先数系在各种公差标准中广泛采用,公差标准表格中的数值,都是按照优先数系选定的。例如,《公差与配合》国家标准中的标准公差值主要是按 R5 系列确定的。

表 1.1 优先数基本系列

基本系列(常用值)				计 算 值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
		1.12	1.12	1.1220
			1.18	1.1885
	1.25	1.25	1.25	1.2589
			1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
		1.80	1.80	1.7783
			1.90	1.8836

续表

基本系列(常用值)				计 算 值
R5	R10	R20	R40	
	2.00	2.00	2.00	1.9953
			2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
			3.00	2.9854
	3.15	3.15	3.15	3.1623
			3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
			3.75	3.7581
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
	5.00	5.00	5.00	5.0119
			5.30	5.3088
		5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
			7.50	7.4980
	8.00	8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4405
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

1.2.4 几何量的测量

先进的公差标准,对零件的几何参数分别给定了合理的公差,设计出图样,加工成零件之后,还需对零件的合格性采用相应的技术测量,通过检测,将几何参数的误差控制在规定的范围内,零件就合格,能够满足互换性要求。反之,零件就不合格,就不能达到互



换的目的。

实验与实训

1. 实验内容

准备一批规格不同的螺母与螺栓,用螺纹牙型样板检验螺纹规格;把相同规格的螺母与螺栓自由旋合在一起;从国标中查出螺栓与螺母的尺寸规格,并确定其优先数系列。

2. 实验目的

理解互换性、公差、误差、标准化、优先数、技术测量的概念。

3. 实验过程

分析螺母螺纹的加工误差与公差、标准化的国家标准、优先数列、测量方法。

4. 实验总结

通过对螺栓与螺母的自由旋合的分析,懂得零件的互换性是由公差来保证的,公差值的选择通过国标来实现,国标的数值由优先数系来确定,零件加工产生的误差是否在公差范围内,要由检测结果决定。

习 题

1. 填空题

- (1) 实行专业化协作生产必须遵守_____原则。
- (2) 互换性表现为对产品零部件在装配过程中的要求是:装配前_____,装配中_____,装配后_____。
- (3) 从零件的功能看,不必要求同一规格的零件的几何参数加工的_____,只要求其在某一规定范围内变动,该允许变动的范围叫作_____。

2. 选择题

- (1) 本课程研究的是零件()方面的互换性。
A. 物理性能 B. 几何参数 C. 化学性能 D. 尺寸
- (2) 不完全互换一般用于()的零部件,适合于部分场合。
A. 生产批量大、装配精度高 B. 生产批量大、装配精度低
C. 生产批量小、装配精度高 D. 生产批量小、装配精度低
- (3) 标准有不同的级别。“JB”为我国()的代号。
A. 国家标准 B. 行业标准 C. 地方标准 D. 企业标准

3. 判断题

- (1) 互换性要求零件按一个指定的尺寸制造。 ()
- (2) 完全互换的装配效率必高于不完全互换。 ()
- (3) 当零部件的装配精度要求很高时,宜采用不完全互换生产。 ()
- (4) 有了公差标准,就能保证零件具有互换性。 ()

4. 简答题

- (1) 什么叫互换性? 互换性的分类有哪些?
- (2) 何谓标准化? 标准化有何重要意义?
- (3) 检测的目的与作用是什么? 为什么要规定公差? 公差的大小与技术经济效益有何联系?



第2章 测量技术基础

学习目标

通过本章的学习，掌握测量的概念与测量要素、量块及其使用方法；了解测量器具与测量方法的分类和有关常用术语；掌握各种误差的特性和测量误差的方法；掌握计量器具的选择方法。

内容导入

实际生活中测量长度的工具有钢直尺、钢卷尺、皮尺、三角尺、游标卡尺和螺旋测微器等，这些测量工具的测量精度不同，如果要测量某轴的长度，选用哪一种测量工具比较适合？如果选定了测量工具后，测量了五次，测得值又不相同，那么如何确定测量误差？对测量数据如何处理才能得到最接近该长度真实值的测量结果？

2.1 测量技术基本概念

在机械制造中，为了保证机械零件的互换性，除了应对其几何参数(尺寸、形位误差及表面粗糙度等)规定合理的公差以外，还应在加工过程中进行测量和检验，才能判断它们是否符合设计要求。

2.1.1 测量的基本要素

1. 测量的概念

测量是指为了确定被测几何量的量值而进行的实验过程，其实质是将被测几何量 L 与作为计量单位的标准量 E 进行比较，从而获得两者比值 q 的过程， $q=L/E$ ，即

$$L=Eq \quad (2-1)$$

2. 测量的基本要素

由式(2-1)可知，任何一个测量过程都必须有明确的被测对象和确定的计量单位，此外还要明确二者是如何比较的和比较结果的精确度如何，即测量方法和测量精度的问题。所以，一个完整的测量过程应包括测量对象、计量单位、测量方法和测量精度四个要素。

1) 测量对象

本课程研究的测量对象是几何量，即长度、角度、形状、相对位置、表面粗糙度以及螺纹、齿轮等零件的几何参数。

2) 计量单位

测量中采用我国法定计量单位。长度的计量单位为米(m)，角度单位为弧度(rad)和度($^{\circ}$)、分(')、秒(")。

在机械制造的一般测量中,常用的长度计量单位是毫米(mm);在精密测量中,常用的长度单位是微米(μm);在超精密测量中,常用的长度单位是纳米(nm)。 $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$, $1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$, $1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$ 。常用的角度计量单位是弧度、微弧度(μrad)和度、分、秒。 $1\mu\text{rad}=10^{-6}\text{rad}$, $1^\circ=60'$, $1'=60''$ 。

3) 测量方法

测量方法是指测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。在测量过程中,采用合适的测量方法,对测量结果有很大的影响。

4) 测量精度

测量精度是指测量结果与测量对象真实值的一致程度。

3. 测量技术的基本要求

测量技术的基本要求是:在测量过程中,保证计量单位的统一和量值准确;将测量误差控制在允许范围内,以保证测量结果的精度;正确、经济合理地选择计量器具和测量方法,保证一定的测量条件。

2.1.2 量块

在机械制造和仪器制造中,量块是应用很广的量值传递媒介。量块是没有刻度的截面为矩形的平行端面量具。作为长度尺寸传递的实物基准,量块广泛应用于计量器具的校准和鉴定,以及精密设备的调整、精密画线和精密工件的测量等。

1. 量块的特点、形状和尺寸

量块也称为块规,是特殊合金钢经过复杂的热处理工艺制成的。它具有线膨胀系数小、尺寸稳定、硬度高、耐磨性好、工作面粗糙度小以及研合性好等特点。

量块没有刻度,通常制成正六面体,它具有两个相互平行的测量面和四个非测量面,如图 2.1 所示。两个测量面之间具有精确的尺寸,从量块一个测量面上任意一点(距边缘 0.5mm 区域除外)到与此测量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块的任意点中心长度 L_i 。量块上一个测量面的中心点到另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块的中心长度 L 。量块上标出的尺寸称为量块的标称长度。

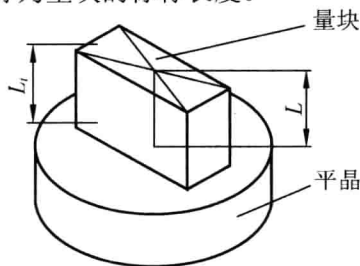


图 2.1 量块及其中心长度

2. 量块的精度

为了满足不同的使用场合，量块可做成不同的精度等级，国家标准对量块的精度规定了若干级和若干等。

(1) 块分“级”。国家标准 GB/T 6093—2001《几何量技术规范(GPS) 长度标准 量块》中将量块制造精度分为六级：00、0、1、2、3 和 K 级，精度依次降低。量块按“级”使用时，是以量块的标称长度为工作尺寸的，该尺寸包含了量块的制造误差，它们将被引入测量结果中。

(2) 量块分“等”。国家计量局标准 JJG146—2011《量块检定规程》，量块按检定精度分为 5 等，即 1、2、3、4 和 5 等，其中 1 等精度最高，5 等精度最低。量块按“等”使用时，是以量块经检定后所给出的实测中心长度作为工作尺寸的，该尺寸排除了量块的制造误差的影响，只包含检定时较小的测量误差。

3. 量块的应用

量块具有很好的黏合性。黏合性是指两个量块的测量面互相接触，并在不大的压力下做一些切向相对滑动，就能够贴附在一起的性质。利用这一性质可以在一定范围内，将多个尺寸不同的量块组合使用。根据 GB 6093—2001 的规定，我国生产的成套量块共有 17 种套别，每套的块数为 91、83、46、38 等。表 2.1 列出了部分套别量块的尺寸系列。

表 2.1 成套量块的尺寸表(摘自 GB 6093—2001)

套 别	总块数	级 别	尺寸系列(mm)	间隔(mm)	块 数
1	91	00, 0, 1	0.5	0.001 0.01 0.1 0.5 10	1
			1		1
			1.001,1.002,∞,1.009		9
			1.01,1.02,∞,1.49		49
			1.5,1.6, ∞,1.9		5
			2.0,2.5, ∞,9.5		16
			10,20, ∞,100		10
2	83	00, 0, 1, 2, (3)	0.5	0.01 0.1 0.5 10	1
			1		1
			1.005		9
			1.01,1.02,∞,1.49		49
			1.5,1.6,∞,1.9		5
			2.0,2.5,∞,9.5		16
			10,20,∞,100		10
3	46	0, 1, 2	1	0.001 0.01 0.1 1 10	1
			1.001,1.002,∞,1.009		9
			1.01,1.02,∞,1.09		9
			1.1,1.2,∞,1.9		9
			2,3,∞,9		8
			10,20,∞,100		10