

普通高等教育“十二五”规划教材



互换性与测量 技术基础

第3版

沈阳大学 周兆元 主编
南京工程学院 李翔英



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与测量技术基础

第 3 版

主 编	周兆元	李翔英
副主编	何小龙	
参 编	陈于萍	徐晓希
主 审	王树逵	



机械工业出版社

随着科学技术的发展,我国新修订、颁布了一批国家标准。本教材主要是针对互换性与测量技术所涉及的有关内容作相应的更新。

本教材共分十一章,内容包括绪论,测量技术基础,尺寸的公差、配合与检测,几何公差与检测,表面粗糙度与检测,圆锥和角度公差与检测,尺寸链基础,光滑极限量规设计,常用结合件的公差与检测,渐开线圆柱齿轮传动公差与检测,以及计算机在公差与检测中的应用举例等。

本教材可作为高等工科院校和高职高专院校机械类各专业教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/周兆元,李翔英主编. —3版. —北京:
机械工业出版社, 2011.3 (2011.8重印)

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-32950-3

I. ①互… II. ①周… ②李… III. ①零部件—互换性—教材
②零部件—测量—技术—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第262456号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 周璐婷

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011年8月第3版第2次印刷

184mm×260mm·15.25印张·371千字

标准书号:ISBN 978-7-111-32950-3

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

第3版前言

本教材自1998年5月出版以来,已经使用多年,尽管在2005年进行了修订,但是,随着科学技术的发展,我国又新修订、颁布了一批国家标准,本教材中涉及的有关内容也应作相应的更新。为此,特进行本次教材修订。

这次修订的主要内容是:全部采用最新国家标准。内容涉及多个章、节,重点是几何公差(形位公差)、表面粗糙度等。

本教材可作为高等工科院校和高职高专院校机械类各专业教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

本教材共分十一章,内容包括绪论,测量技术基础,尺寸的公差、配合与检测,几何公差与检测,表面粗糙度与检测,圆锥和角度公差与检测,尺寸链基础,光滑极限量规设计,常用结合件的公差与检测,渐开线圆柱齿轮传动公差与检测,以及计算机在公差与检测中的应用举例等。

参加本教材修订的有:南京工程学院陈于萍(第一章)、沈阳大学周兆元(第二章、第三章、第四章)、南京工程学院李翔英(第五章、第六章、第七章、第九章、第十一章、附录)、哈尔滨理工大学工业技术学院徐晓希(第八章)、南京工程学院何小龙(第十章)。本教材由周兆元、李翔英担任主编,何小龙担任副主编,沈阳大学王树逵任主审。

本教材在修订过程中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

第2版前言

本教材自1998年5月出版以来,已经使用多年。一方面随着科学技术的发展,我国又新修订、颁发了一批国家标准,本教材中涉及的有关内容也应作相应的更新;另一方面,我国的高等教育形势发生了很大变化,对教材提出了更高的要求。为此,特进行本次教材修订。

这次修订的主要内容是:

1) 全部采用最新国家标准。内容涉及多个章、节,重点是尺寸公差、表面粗糙度、渐开线圆柱齿轮等。

2) 根据新的教学要求,并总结6年来使用的经验,在保持教材原有优点的基础上,对各章节的内容和习题进行了充实、调整和完善,使之更加有利于教学。

3) 将第十一章第二节直线度误差处理的程序由原来的 True Basic 语言改为目前应用广泛的 Visual Basic 语言。

4) 为了使广大读者更好地掌握教材的有关内容,加深理解并增强处理实际问题的能力,还编写了《互换性与测量技术基础学习指导及习题集》一书,与主教材相互配套。

修订后的教材可作为高等工科院校和高职高专院校机械类各专业教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

参加此次修订的有南京工程学院的陈于萍、何小龙、李翔英,沈阳大学的周兆元。

编 者
于南京市
2005年11月

第1版前言

“互换性与测量技术基础”是高等工科院校机械类各专业的重要技术基础课。它包含几何量公差与误差检测两大方面的内容,把标准化和计量学两个领域的有关部分有机地结合在一起,与机械设计、机械制造、质量控制等多方面密切相关,是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。

本教材是在广泛征求意见的基础上,并根据全国高校机械专业教学指导委员会审批的教材编写大纲编写的。书中采用最新国家标准,重点讲清基本概念和标准的应用,列举了较多的选用实例;误差的检测紧跟在相应的公差标准之后,有助于对公差概念的理解;较全面地介绍了几何量各种误差检测方法的原理,而把不便在课堂上讲授的具体仪器的结构、操作步骤留给实验指导书介绍,既使学生对几何量检测的全貌有所了解,又使教材内容精炼、重点突出;书中吸收了各校多年的教学经验和成果,增加了计算机在本课程中的应用等内容。

由于近年来各校对“互换性与测量技术基础”课程教学内容改革的情况不同,本教材为扩大适用面,按45学时编写,在使用中可根据具体情况进行取舍。

本书共分十一章,内容包括绪论、测量技术基础、尺寸公差配合与检测、形位公差与检测、表面粗糙度与检测、圆锥和角度公差与检测、尺寸链基础、光滑极限量规设计、常用结合件的公差与检测、渐开线圆柱齿轮的公差与检测,以及计算机在公差与检测中的应用举例等。参加本书编写的有:南京工程学院陈于萍(第一章、第六章、第七章、第九章第四节、第十一章)、沈阳大学周兆元(第二章、第三章)、哈尔滨理工大学工业技术学院徐晓希(第四章、第五章、第八章)。南京工程学院何小龙(第九章第一节、第二节、第三节以及第十章)。本书由陈于萍担任主编,周兆元担任副主编,东南大学范德梁、南京林业大学章玉麟任主审。

对给予本书编写以热情支持和帮助的长春大学于永芳教授及全国高等工程专科机械工业协会“公差与检测”课程组各兄弟学校表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

1997年6月

目 录

第3版前言

第2版前言

第1版前言

第一章 绪论	1
导读	1
第一节 互换性	1
第二节 公差与检测	2
第三节 标准化	2
小结	4
习题	5
第二章 测量技术基础	6
导读	6
第一节 概述	6
第二节 长度和角度计量单位与 量值传递	6
第三节 计量器具与测量方法	10
第四节 测量误差	13
第五节 直接测量列的数据处理	19
小结	23
习题	23
第三章 尺寸的公差、配合与检测	24
导读	24
第一节 术语和定义	24
第二节 尺寸的公差与配合	29
第三节 尺寸公差与配合的选用	41
第四节 尺寸的检测	54
小结	60
习题	61
第四章 几何公差与检测	63
导读	63
第一节 基本概念	63
第二节 形状公差与误差	68
第三节 方向、位置和跳动公差与误差	71
第四节 几何公差与尺寸公差的关系—— 公差原则	79
第五节 几何公差的选择	87

第六节 几何误差的检测原则	92
小结	96
习题	96

第五章 表面粗糙度与检测	99
导读	99
第一节 概述	99
第二节 表面粗糙度的评定	100
第三节 表面粗糙度的标注	104
第四节 表面粗糙度的选用	109
第五节 表面粗糙度的检测	111
小结	113
习题	113
第六章 圆锥和角度公差与检测	114
导读	114
第一节 圆锥与圆锥配合	114
第二节 圆锥公差及其应用	119
第三节 角度与角度公差	124
第四节 未注公差角度的极限偏差	126
第五节 角度和锥度的检测	127
小结	129
习题	130
第七章 尺寸链基础	131
导读	131
第一节 概述	131
第二节 尺寸链的确立与分析	133
第三节 用完全互换法解尺寸链	135
第四节 用大数互换法解尺寸链	139
第五节 用其他方法解装配尺寸链	141
小结	143
习题	143
第八章 光滑极限量规设计	145
导读	145
第一节 概述	145
第二节 量规设计原则	146
第三节 工作量规设计	148
小结	152
习题	152

第九章 常用结合件的公差与检测	153	第五节 齿轮坯的精度与齿面粗糙度	198
导读	153	第六节 渐开线圆柱齿轮副的精度	200
第一节 单键的公差与检测	153	第七节 齿轮精度设计示例	205
第二节 花键的公差与检测	156	第八节 新旧国标对照	206
第三节 普通螺纹联接的公差与检测	160	小结	208
第四节 滚动轴承的公差与配合	173	习题	210
小结	180	第十一章 计算机在本课程中的	
习题	180	应用举例	211
第十章 渐开线圆柱齿轮传动		导读	211
公差与检测	182	第一节 概述	211
导读	182	第二节 直线度误差的计算机处理	211
第一节 对齿轮传动的基本要求	182	第三节 光滑极限量规的计算机	
第二节 影响渐开线圆柱齿轮精度		辅助设计	220
的因素	183	小结	228
第三节 渐开线圆柱齿轮精度的评定		习题	229
参数与检测	185	附录 新旧国家标准对照表	230
第四节 渐开线圆柱齿轮精度等级		参考文献	232
及其应用	190	读者信息反馈表	

第一章 绪 论

【导读】

本章主要介绍了互换性的含义、重要性、分类及其与公差、测量技术和标准化之间的关系，并介绍了保证互换性的条件。通过本章学习，读者应了解标准、标准化、公差的标准化和优先数系，掌握互换性的含义，充分认识互换性的重要意义，明确互换性的分类，掌握互换性、公差、测量技术和标准化之间的关系，提高对标准和标准化重要性的认识，了解GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的有关规定。

本章内容涉及的相关国家标准主要是GB/T 321—2005《优先数和优先数系》。

第一节 互 换 性

一、互换性及其意义

在日常生活和生产中，经常使用可以相互替换的零部件。例如汽车、缝纫机、手表等机器或仪表的零件坏了，只要换一个相同规格的新零件即可。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，并且符合使用性能要求，这种特性就叫互换性。

互换性给产品的设计、制造和使用维修都带来了很大的方便。

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，并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计。

从制造方面看，互换性有利于组织大规模专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，以至用计算机辅助制造，有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化，从而减轻工人的劳动强度，提高生产率，保证产品质量，降低生产成本。

从使用方面看，零部件具有互换性，可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件，减少机器的维修时间和费用，保证机器能连续而持久地运转，提高设备的利用率。

综上所述，互换性对保证产品质量、提高生产效率和增加经济效益具有重大的意义。它不仅适用于大批量生产，即便是单件小批生产，也常常采用已标准化了的具有互换性的零部件。显然，互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。

二、互换性的分类

按互换的范围，可分为几何参数互换和功能互换。几何参数互换是指零部件的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性。零部件的几何参数、物理性能、化学性能以及力学性能等参数都具有互换性，称为功能互换。本课程主要研究几何参数的互换性。

按互换程度，可分为完全互换与不完全互换。若一批零件或部件在装配时不需分组、挑选、调整 and 修配，装配后即能满足预定的要求，这些零部件就属于完全互换。当装配精度要求较高时，采用完全互换将使零件制造精度要求很高，加工困难，成本增高。这时可适当降低零件的制造精度，使之便于加工，而在零件完工后，通过测量将零件按实际尺寸的大小分

为若干组,按对应组进行装配,这样既可保证装配的精度,又能解决加工难的问题。此时,仅组内零件具有互换性,组与组之间不能互换的零部件,属于不完全互换。装配时需要进行挑选或调整的零部件也属于不完全互换。

一般地说,使用要求与制造水平、经济效益没有矛盾时,可采用完全互换;反之采用不完全互换。不完全互换通常用于部件或机构的制造厂内部的装配,而厂外协作往往要求完全互换。

凡装配时要进行附加修配或辅助加工的,则该零件不具有互换性。

第二节 公差与检测

零件在加工过程中,不可避免地会产生各种误差。要想把同一规格的一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的。实际上也没有必要。只要把几何参数的误差控制在一定的范围内,就能满足互换性的要求。

零件几何参数误差的允许范围叫做公差。它包括尺寸公差、几何公差和角度公差等。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并做出合格性判断,而不必得出被测量的具体数值;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”。无数事实证明,产品质量的提高,除设计和加工精度的提高外,往往更有赖于检测精度的提高。

综上所述,合理确定公差与正确进行检测,是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

第三节 标 准 化

现代化生产的特点是品种多、规模大、分工细和协作多。为使社会生产有序地进行,须通过标准化使产品规格品种简化,使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。

几何量的公差与检测也应纳入标准化的轨道。标准化是实现互换性的前提。

一、标准

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定,它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

标准的范围极广,种类繁多,涉及人类生活的各个方面。本课程研究的公差标准、检测器具和方法标准,大多属于国家基础标准。

标准按不同的级别颁发。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准,代号为 GB;对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可制定行业标准,如机械标准(代号为 JB)等;对没有国家标准和行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求,可制定地方标准(代号为 DB)或企业标准(代号为 Q)。

我国于 1988 年发布的《中华人民共和国标准化法》中规定,国家标准和行业标准又分

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。国家将用法律、行政和经济等各种手段来维护强制性标准的实施。大量的标准(80%以上)属于推荐性标准。推荐性标准也应积极采用。因为标准是科学技术的结晶,是多年实践经验的总结,它代表了先进的生产力,对生产具有普遍的指导意义。推荐性国家标准的代号为 GB/T。自 1998 年起还启用了 GB/Z 这一代号,它表示“国家标准化指导性技术文件”,是国家标准的补充。

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(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 IEC),由这两个组织负责制定和颁发国际标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了自己的标准。修订的原则是,在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以利于加强我国在国际上的技术交流和产品互换。

二、标准化

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。

标准化是组织现代化生产的重要手段,是实现互换性的必要前提,是国家现代化水平的重要标志之一。它对人类进步和科学技术发展起着巨大的推动作用。

三、优先数和优先数系标准

工程上各种技术参数的简化、协调和统一,是标准化的重要内容。

在机械设计中,常常需要确定很多参数,而这些参数往往不是孤立的,一旦选定,这个数值就会按照一定规律,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、丝锥和板牙的尺寸、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生产实际中是极为普遍的现象。

由于数值如此不断关联、不断传播,所以机械产品中的各种技术参数不能随意确定,否则会出现规格品种恶性膨胀的混乱局面,给生产组织、协调配套以及使用维护带来极大的困难。

为使产品的参数选择能遵守统一的规律,使参数选择一开始就纳入标准化轨道,必须对各种技术参数的数值做出统一规定。国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》就是其中最重要的一个标准,要求工业产品技术参数尽可能采用它。

GB/T 321—2005 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

$$R5 \text{ 的公比: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60;$$

$$R10 \text{ 的公比: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25;$$

$$R20 \text{ 的公比: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12;$$

$$R40 \text{ 的公比: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06;$$

$$R80 \text{ 的公比: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03。$$

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,可分为计算值和常用值:

(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 范围内基本系列的常用值和计算值。如将表中所列优先数乘以 10、100、…，或乘以 0.1、0.01、…，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 R10/3 系列，即 1.00、2.00、4.00、8.00、…，它即是常用的倍数系列。

国家标准规定的优先数系分档合理，疏密均匀，有广泛的适用性，简单易记，便于使用。常见的量值，如长度、直径、转速及功率等分级，基本上都是按一定的优先数系进行的。本课程所涉及的有关标准里，诸如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等，基本上采用优先数系。

【小结】

本章主要讲述互换性原理，围绕标准、标准化和技术测量来学习误差与公差的关系。完全互换性是现代化大工业生产的基础，而国家标准是现代化大工业生产的依据，技术测量则是现代化大工业生产的保证。互换性作为一根主线贯穿本书的所有章节。本章的重点是互换性的含义和意义，以及互换性、公差、测量技术和标准化之间的关系。读者应了解 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的有关规定。

表 1-1 优先数系的基本系列（摘自 GB/T 321—2005）

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
	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

(续)

基 本 系 列 (常用值)				计 算 值
R5	R10	R20	R40	
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	10.0000

习 题

- 1-1 什么叫互换性？它在机械制造中有何重要意义？是否只适用于大批量生产？
- 1-2 完全互换与不完全互换有何区别？各用于何种场合？
- 1-3 公差、检测、标准化与互换性有什么关系？
- 1-4 按标准颁发的级别分，我国标准有哪几种？
- 1-5 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) 摇臂钻床的主参数 (最大钻孔直径，单位为 mm)：25, 40, 63, 80, 100, 125 等。

第二章 测量技术基础

【导读】

本章主要介绍了量值传递系统、量块基本知识、测量用仪器和量具的基本计量参数、测量误差的特点及分类、测量误差的处理方法、测量结果的数据处理步骤等。通过本章学习,读者应掌握有关测量的概念及其四要素,了解“米”的定义及长度量值传递系统的概况,掌握量块的特点、精度和使用,了解角度量值传递系统概况、计量器具的分类,掌握计量器具的基本度量指标、测量方法的分类及其特点,理解测量误差的含义及来源,掌握测量误差的种类及处理原则、随机误差的特点及处理方法、系统误差的处理方法、粗大误差的处理方法和直接测量列数据处理方法。

本章内容涉及的相关标准主要有:GB/T 6093—2001《几何量技术规范(GPS) 长度标准 量块》,JJG 146—2003《量块检定规程》等。

第一节 概 述

在机械制造中,加工后的零件,其几何参数(尺寸、几何公差及表面粗糙度等)需要测量,以确定它们是否符合技术要求和实现其互换性。

测量是指为确定被测量的量值而进行的实验过程,其实质是将被测几何量 L 与复现计量单位 E 的标准量进行比较,从而确定比值 q 的过程,即

$$q = \frac{L}{E} \quad \text{或} \quad L = qE \quad (2-1)$$

一个完整的测量过程应包括以下四个要素:

(1) 测量对象 本课程涉及的测量对象是几何量,包括长度、角度、表面粗糙度、几何误差等。

(2) 计量单位 在机械制造中常用的单位为毫米(mm)。在机械图样上以毫米(mm)为单位的量可省略不写。

(3) 测量方法 它是指测量时所采用的测量原理、计量器具以及测量条件的总和。

(4) 测量精确度 它是指测量结果与真值的一致程度。

测量是互换性生产过程中的重要组成部分,是保证各种公差与配合标准贯彻实施的重要手段,也是实现互换性生产的重要前提之一。为了实现测量的目的,必须使用统一的标准量,采用一定的测量方法和运用适当的测量工具,而且要达到必要的测量精确度,以确保零件的互换性。

第二节 长度和角度计量单位与量值传递

一、长度单位与量值传递系统

为了进行长度计量,必须规定一个统一的标准,即长度计量单位。1984年国务院发布了《关

于在我国统一实行法定计量单位的命令》，决定在采用先进的国际单位制的基础上，进一步统一我国的计量单位，并发布了《中华人民共和国法定计量单位》，其中规定长度的基本单位为米(m)。机械制造中常用的长度单位为毫米(mm)， $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$ 。精密测量时，多采用微米(μm)为单位， $1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$ 。超精密测量时，则用纳米(nm)为单位， $1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$ 。

米的最初定义始于1791年的法国，以通过巴黎的地球子午线的四千万分之一为长度单位米，并制成一米的基准尺。1889年在第一届国际计量大会上规定，用热胀系数小的铂铱合金制成了具有刻度线的基准尺作为国际米原器。随着科学技术的发展，对米的定义不断进行完善。1983年，第十七届国际计量大会正式通过米的新定义：“米是光在真空中1/299 792 458s时间间隔内所经路径的长度。”

1985年，我国用自己研制的碘吸收稳定的 $0.633\mu\text{m}$ 氦氖激光辐射来复现我国的国家长度基准。

在实际生产和科研中，不便于用光波作为长度基准进行测量，而是采用各种计量器具进行测量。为了保证量值统一，必须把长度基准的量值准确地传递到生产中应用的计量器具和工件上去。因此，必须建立一套从长度的最高基准到被测工件的严密而完整的长度量值传递系统。我国从组织上，自国务院到地方，已建立起各级计量管理机构，负责其管辖范围内的计量工作和量值传递工作。在技术上，从国家波长基准开始，长度量值分两个平行的系统向下传递(见图2-1)：一个是端面量具(量块)系统；另一个是刻线量具(线纹尺)系统。其中以量块为媒介的传递系统应用较广。

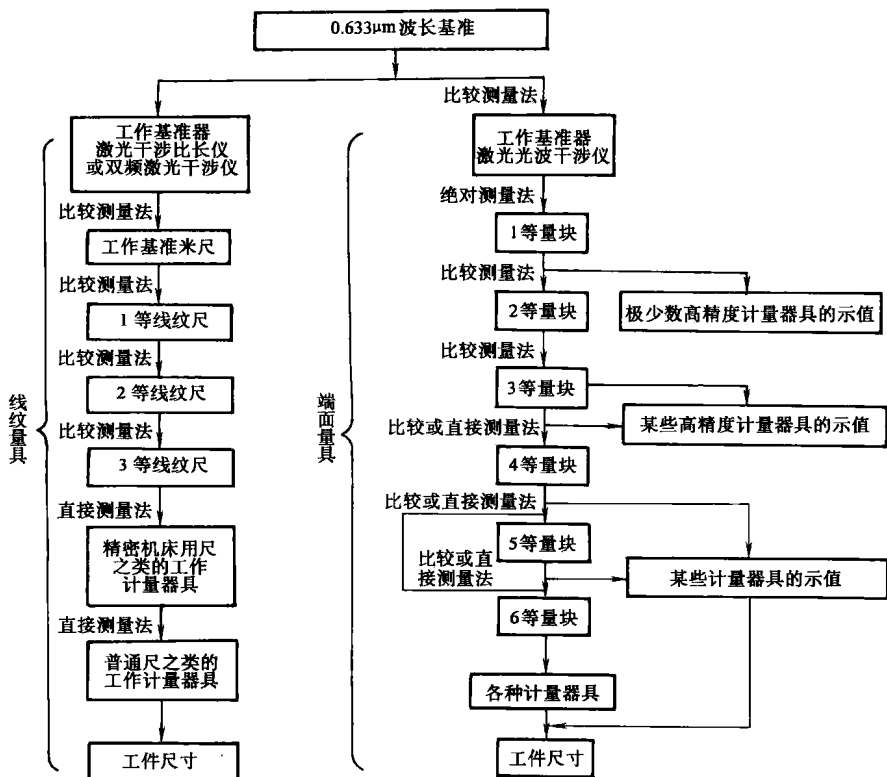


图 2-1 长度量值传递系统

二、量块

量块是没有刻度的、截面为矩形的平面平行的端面量具。量块用特殊合金钢制成，具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好、工作面表面粗糙度值小以及研合性好等特点。

如图 2-2a 所示，量块上有两个平行的测量面，其表面光滑平整。两个测量面间具有精确的尺寸。另外还有四个非测量面。从量块一个测量面上任意一点（距边缘 0.5mm 区域除外）到与此量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块长度 L_i ，从量块一个测量面上中心点到与此量块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。

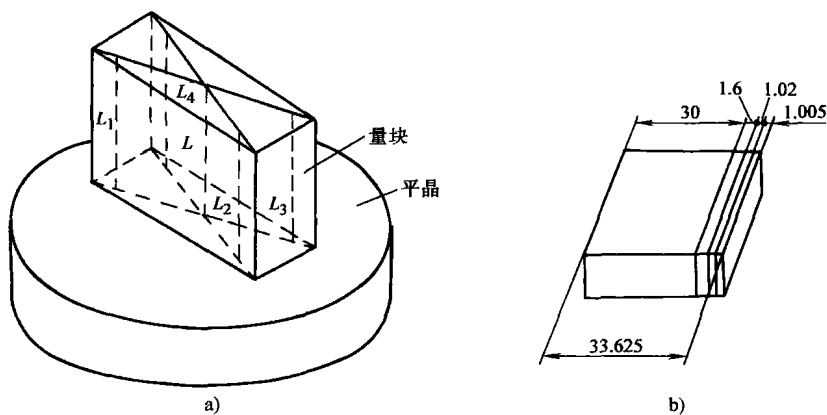


图 2-2 量块

为了能用较少的块数组合成所需要的尺寸，量块应按一定的尺寸系列成套生产供应。国家标准共规定了 17 种系列的成套量块。表 2-1 列出了其中两种成套量块的尺寸系列。

表 2-1 两种成套量块的尺寸（摘自 GB/T 6093—2001）

序	总块数	组别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	83	0, 1, 2	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, ..., 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, ..., 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, ..., 9.5	0.5	16
			10, 20, ..., 100	10	10
2	46	0, 1, 2	1, 2, ..., 9	1	9
			1.001, 1.002, ..., 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, ..., 1.09	0.01	9
			1.1, 1.2, ..., 1.9	0.1	9
			10, 20, ..., 100	10	10

根据不同的使用要求，量块做成不同的精度等级。划分量块精度有两种规定：按“级”划分和按“等”划分。

GB/T 6093—2001 按制造精度将量块分为 00、0、1、2、3 和 K 级共六级，其中 00 级

精度最高, 3 级精度最低, K 级为校准级。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, 它们将被引入到测量结果中。但因不需要加修正值, 故使用较方便。

国家计量局标准 JJG 146—2003《量块检定规程》按检定精度将量块分为 1~6 等, 精度依次降低。量块按“等”使用时, 不再以标称长度作为工作尺寸, 而是用量块经检定后所给出的实测中心长度作为工作尺寸, 该尺寸排除了量块的制造误差, 仅包含检定时较小的测量误差。

量块在使用时, 常常用几个量块组合成所需要的尺寸, 如图 2-2b 所示。组合量块时, 为减小量块组合的累积误差, 应力求使用最少的块数获得所需要的尺寸, 一般不超过 4 块。可以从消去尺寸的最末位数开始, 逐一选取。例如, 使用 83 块一套的量块组, 从中选取量块组成 33.625mm。查表 2-1, 可按如下步骤选择量块尺寸:

33.625	量块要组合的尺寸
— 1.005	第一块量块尺寸
32.62	
— 1.02	第二块量块尺寸
31.6	
— 1.6	第三块量块尺寸
30	第四块量块尺寸

量块除了作为长度基准的传递媒介以外, 也可以用来检定、校对和调整计量器具, 还可以用于测量工件、精密划线和精密调整机床。

三、角度单位与量值传递系统

角度也是机械制造中重要的几何参数之一。

我国法定计量单位规定平面角的角度单位为弧度 (rad) 及度 ($^{\circ}$)、分 ($'$)、秒 ($''$)。

1rad 是指在一个圆的圆周上截取弧长与该圆的半径相等时所对应的中心平面角。1 $^{\circ}$ =($\pi/180$)rad。度、分、秒的关系采用六十进位制, 即 1 $^{\circ}$ =60', 1'=60''。

由于任何一个圆周均可形成封闭的 360 $^{\circ}$ (2 π rad) 中心平面角, 因此, 角度不需要和长度一样再建立一个自然基准。但在计量部门, 为了工作方便, 在高精度的分度中, 仍常以多面棱体 (见图 2-3) 作为角度基准来建立角度传递系统。

多面棱体是用特殊合金钢或石英玻璃精细加工而成。常见的有 4、6、8、12、24、36、72 等正多面棱体。图 2-3 所示为正八面棱体, 在任意轴切面上, 相邻两面法线间的夹角为 45 $^{\circ}$ 。它可作为 $n \times 45^{\circ}$ 角度的测量基准, 其中 $n=1, 2, 3, \dots$ 。

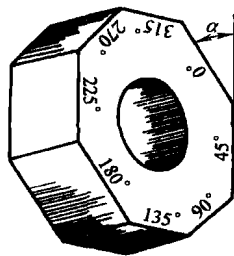


图 2-3 正八面棱体

以多面棱体为基准的角度量值传递系统如图 2-4 所示。

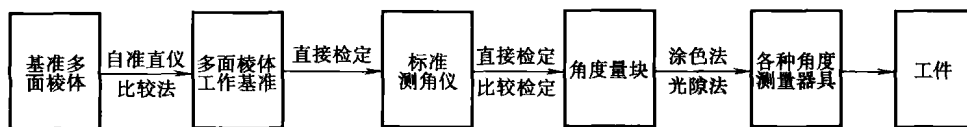


图 2-4 角度量值传递系统