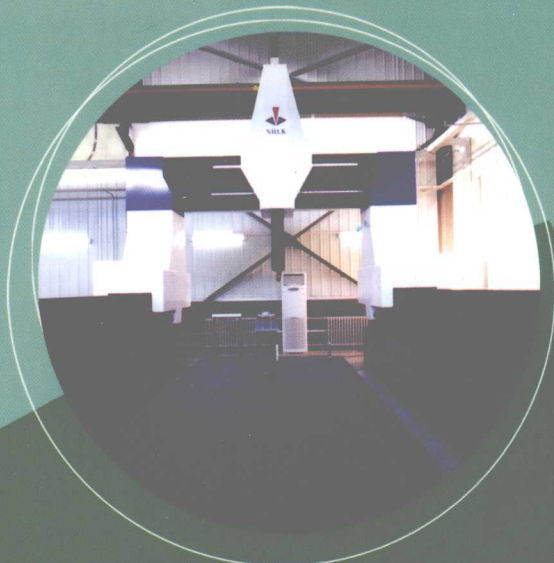




21世纪高等院校机械专业应用型精品规划教材

互换性与测量技术

◎ 主编 涂序斌 伍春兰



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

21 世纪高等院校机械专业应用型精品规划教材

互换性与测量技术

主 编 涂序斌 伍春兰

副主编 李时骏 王文波 赵红梅 徐华建

内容提要

本书系统地介绍了互换性与测量技术的基础知识,包括互换性、标准与标准化;技术测量基础;极限与配合标准;形状和位置公差;表面粗糙度;光滑极限量规;普通螺纹、滚动轴承、键、齿轮简介等七章。

本书采用了最新国家标准技术资料,突出对公差带特点的分析与应用,突出测量技术应用,在各章中附加了学习目标与习题,在各章中均有常用的公差表格,以便教学与参考使用。

本书可作为高等院校机械类、机电类、材料类、仪器仪表类专业“互换性与测量技术”或“公差配合与技术测量”课程的教学用书,也可作为机械制造工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术/涂序斌等主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009. 8

ISBN 978-7-81133-520-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 133724 号

出版发行:哈尔滨工程大学出版社

社 址:哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮 编:150001

发行电话:0451-82519328

传 真:0451-82519699

经 销:新华书店

印 刷:北京市通州京华印刷制版厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14

字 数:377 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

网上书店: www.kejibook.com

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱: jixie_book@sina.com

出版说明

近年来,我国的高等教育事业实现了跨越式发展,为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类人才,对提高劳动者的素质,建设社会主义精神文明,促进社会进步和经济发展发挥了重要的作用。

随着我国科技的发展以及经济的腾飞,高技能人才的缺乏逐渐成为影响社会快速、健康发展的瓶颈。高等院校作为培养各类高素质人才的重要基地,必然要对教育教学制度进行改革,以改革教育思想和教育观念为先导,以促进就业为目标,实行多样、灵活、开放的人才培养模式,把教育教学与生产实践、社会服务、技术推广结合起来,加强实践教学和就业能力的培养,逐步探索建立适应我国社会主义现代化建设需要,能顺利实现高等人才培养目标的高等教育思想和教育理念。

要加快高等教育改革和发展的步伐,就必须对其课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高等教育教材作为知识的载体和教学的基本工具,直接关系到高等教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为推动高等教育教材的建设,加快高等教育改革和发展的步伐,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的教师,针对高等院校机械学科相关专业的教学特点,编写了《21世纪高等院校机械专业应用型精品规划教材》。本系列教材以使学生在具有必备的基础理论知识和专业知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能为宗旨,致力于培养基础理论知识适度、技术应用能力强、知识面宽、素质高的应用型人才。

本系列教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化对学生实际操作能力的培养。在编写过程中,教材力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本位,以学生为中心”的特色,从而使教材更具有实用性和前瞻性,与就业市场结合更为紧密。

本系列教材的编写力求突破陈旧的教育理念,采用了“以案例导入教学”的编写模式。在对某一理论进行讲解的同时,紧密结合实际,援引大量鲜明实用的案例进行分析说明,以达到编写高质量教材的目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本系列教材可供普通高等院校、高等职业院校、成人高校及各类培训学校机械学科机械设计制造、数控技术、模具设计与制造、机电一体化等相关专业使用。在编写过程中,得到了许多高等院校老师的大力支持,在此特向他们致以衷心的感谢,同时也对所有参与本系列教材出版工作的人员表示感谢!

哈尔滨工程大学出版社

前 言

“互换性与测量技术”是工科院校机械、机电、材料、仪器仪表类各专业的一门综合性、实用性都很强的技术基础课。它将互换性原理、标准化、几何量计量测试等相关知识结合在一起，涉及机械产品及其零件的设计、制造、维修、质量控制与生产管理等多方面技术问题。

本书根据国家最新标准编写，参考了许多已出版的同类教材，并融入了编者多年来在企业工作与教学实践中积累的经验。与其他教材相比，本书具有以下特点：

1. 紧扣教学大纲要求，注重基础内容，尽量做到少而精，以便于自学。
2. 适用面广，40~60学时均可使用，使用者可以根据需要进行取舍。
3. 理论联系实际，结合实例对公差原则等方面的难点问题进行了阐述，思路清晰，分析透彻，并将包容要求、最大实体要求和最小实体要求通过列表进行比较。
4. 为了给学生进行课程设计、毕业设计提供必要的参考资料，本书收录了大量的公差表格。
5. 为了适应学生掌握技能的要求，本书增加了大量检测方法图示，为学生提高操作技能与实际生产中的应用能力提供方便。
6. 本书编写以“必需”、“够用”为原则，删简了实际生产中应用较少的螺纹、键、齿轮、轴承等标准件公差标准知识，如有必要可参阅其他教材。
7. 本书每章都注明了学习目标并附加了习题，以锻炼学生动手的能力。

本书由涂序斌、伍春兰担任主编，李时骏、王文波、赵红梅、徐华建担任副主编。全书由涂序斌统稿和定稿。

因编者水平有限，书中难免存在错误和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

课程简介	1
第 1 章 互换性、标准与标准化	2
1.1 互换性的基本概念	2
1.2 标准与标准化	3
1.3 优先数和优先数系	3
1.4 零件的误差、公差及检测	5
第 2 章 技术测量基础	7
2.1 技术测量概述	7
2.2 计量器具与测量方法	10
2.3 测量误差及数据处理	16
第 3 章 极限与配合标准	23
3.1 极限与配合基本术语及定义	23
3.2 标准公差系列	29
3.3 基本偏差系列	32
3.4 配合种类的标准化	38
3.5 一般公差	42
3.6 极限与配合标准的选择应用	43
第 4 章 几何公差	53
4.1 几何公差概述	53
4.2 形状公差	56
4.3 位置公差	61
4.4 公差原则	79
4.5 几何公差的选择方法	88
4.6 几何公差的标注	96
4.7 几何公差选择举例	100
4.8 几何误差的检测	101



第 5 章 表面粗糙度	151
5.1 表面粗糙度概述	151
5.2 表面粗糙度基本知识	152
5.3 表面粗糙度的选择及其标注	157
5.4 表面粗糙度的测量	168
第 6 章 光滑极限量规	172
6.1 光滑极限量规概述	172
6.2 光滑工件尺寸的检测	173
6.3 光滑极限量规设计	179
第 7 章 普通螺纹、滚动轴承、键、齿轮简介	185
7.1 普通螺纹简介	185
7.2 滚动轴承简介	196
7.3 单键连接的公差与配合	207
7.4 渐开线圆柱齿轮简介	215
参考文献	218

课程简介

本课程是机械类、机电类、材料类、仪器仪表类各专业学生必修的主干专业基础课，是联系设计课程与制造工艺课程的纽带，是从基础课学习阶段过渡到专业课学习阶段的桥梁。

本课程围绕误差与公差这两个基本概念，研究制造水平与使用要求的矛盾，研究技术测量和数据处理的方法，是一门实践性很强的专业基础课程。

本课程的任务是，通过讲课、作业、实验等教学环节，了解互换性与标准化的重要意义，熟悉极限与配合的基本概念，掌握若干极限配合标准的主要内容，掌握确定零件公差的基本原则与方法，了解技术检测的基本理论和操作，为合理表达设计思想和正确绘制设计图纸打下坚实的基础。

本课程的特点是：术语定义多、代号符号多、标准规定多、牵涉内容多、经验总结多，而逻辑推理和数学计算相对较少，容易使学生在初学时感到枯燥、繁杂、难记、不会用，对这一特点应当有充分的思想准备。为了学好本课程，要求学生上课认真听讲，课后及时复习，尽量以自己的生活背景和工程背景知识为基础展开广泛联想，重在钻研理解教材，很好地适应由基础课阶段向专业课阶段转变的学习过渡过程。

在本课程的学习过程中，学生应当了解每个术语、定义的实质，及时归纳总结，进行区别和联系，在此基础上掌握牢记，才能灵活运用。学生应当独立完成作业，独立完成实验，巩固加深对所学内容的理解与记忆；应当掌握正确的图样标注方法，熟悉公差与配合的选择原则和方法，重视计算机技术在本课程中的应用，培养熟练的操作技能和严肃认真的科学态度。实际上，本课程是从理论课教学到工程技术实践的转折性课程，也是工程技术人员形成工程思维方式的开端，随着后续课程的学习深入和实践知识的逐渐丰富，将会加深对本课程内容的理解。而要达到正确运用本课程所学的知识，熟练正确地进行零件的精度设计，还需要经过长期实际工作的锻炼。希望同学们坚持不懈努力，反复练习，反复记忆，尽快达到熟练掌握、灵活应用的水平。

第 1 章

互换性、标准与标准化

学习目标

- ◆ 掌握互换性的概念与意义
- ◆ 掌握标准与标准化的重要性
- ◆ 掌握优先数与优先数系应用

1.1 互换性的基本概念

互换性是指同一规格的零部件能够彼此互相替换的性能。由不同工厂和车间按同一图纸制成的零部件,进行装配时任取其一,不需要任何选择和修配,就可装上机器,并可达到图纸规定的性能要求,这样的零部件就具有完全互换性。互换性的概念在日常生活中也随处可见,例如:家里的灯泡坏了,可以换个新灯泡;汽车上的螺钉、螺母、圆柱销、滚动轴承等零部件坏了,也可以购买换新。之所以这样方便,是因为合格的产品和零件在尺寸、功能、外观等方面具有可以互相替换的性能。互换性在机械制造业中具有重大意义,按互换性要求进行生产既能提高劳动生产率,又可保证产品质量和降低成本,所以互换性原则是机械制造业中一项重要的生产原则。

按照互换程度的不同,互换性可以分为完全互换和不完全互换两种。

完全互换指零部件在装配时不需要选择、修配和任何辅助加工,就可以达到预定的装配精度要求,如常见的螺栓、螺母、滚动轴承等标准件的互换性。在大批量生产方式中,往往采用完全互换。

不完全互换又称为有限互换,它是指在装配前需要将零部件预先分组或在装配时需要进行少量修配调整才能达到装配精度的要求,例如内燃机活塞销与活塞销孔装配时的分组法装配、减速器轴承盖装配时的垫片厚度调整法装配等。在装配精度要求特别高的场合或者在单件小批量生产方式中,往往采用不完全互换。

在机械制造业中,零部件的互换性应当包括几何参数、机械性能、理化性能等诸多方面,本课程仅讨论几何参数的互换性。所谓几何参数,是指尺寸大小、几何形状(包括微观几何形状与宏观几何形状)、各要素间的位置关系等。

为了满足互换性要求,理想状况下似乎需要同一规格零部件的几何参数完全一致,但这在实践中是不可能、同时也是不必要的。由于受机械制造工艺系统和环境因素波动的影响,加工所得一批零部件的实际几何参数与图纸规定的理想要素不可能完全相符,两者之间的差值称为加工“误差”。如果加工误差足够小,加工所得的零部件装到机器上就可达到预定的使用性能要求,这样的零部件就具有互换性。

可见在实际生产中,只需将同一规格零部件的几何参数控制在其特定的范围内,这个零部件几何参数允许变动的特定范围,就称为公差。公差值的大小是反映零部件精度高低的重要标志。至于零部件的实际几何参数误差是否在规定的公差范围之内,则需要通过技术测量来判断。

1.2 标准与标准化

标准与标准化是伴随现代工业而发展起来的一门新兴学科。在现代化工业生产中,标准化是实现互换性的基础和前提。

为了发展互换性生产,必须将产品、零部件、原材料、刀具、工具、量具以及机床的类型、规格、质量指标、产品检测方法等进行统一和简化,制定相互协调的标准,并按照统一的术语、符号、计量单位,将它们的几何参数和公差数值标注在图样上,在生产过程中加以贯彻,以扩大互换范围和取得最佳的经济效果,这就是标准化目的。

标准是指对重复性事物和概念所做的统一规定,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。标准在一定范围内具有约束力。

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、实施和修订标准,达到协调统一,以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。

根据标准化法规定,我国的标准级别分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级,下一级标准不得与上级标准的有关内容相抵触。

国家标准的代号为 GB 或 GB/T、GB/Z。

行业标准的代号有多种,如:JB 为原机械工业部标准,YB 为原冶金工业部标准,HB 为原航空航天工业部标准;企业标准的代号为 QB 等。

从世界范围看,更高级别的标准还有国际标准和区域标准;国际标准是指由国际标准化组织(ISO)或国际电工委员会(IEC)制定的标准;区域标准(或国家集团标准)是指由某个国家或某个国家集团制定的标准,例如分别由欧共体(EN)、美国(ANSI)和德国(DIN)制定的标准等。

按照标准化对象的分布领域,标准分为技术标准和非技术性标准。技术标准是对标准化领域中需要协调统一的技术事项所制定的标准。技术标准的种类繁多,主要有:

(1) 基础标准:指在一定范围内可作为其他标准的基础并普遍使用、具有广泛指导意义的标准,如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、极限与配合等标准。

(2) 产品标准:指为保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准,如品种、规格、技术性能、试验方法、检验规则等。

(3) 方法标准:指以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定和作业等各种方法为对象制定的标准,如设计计算方法、工艺规程和测试方法等标准。

(4) 安全标准和环境保护标准:指有关人们生命财产安全和保护环境可持续发展的标准。

1.3 优先数和优先数系

在制定技术标准和从事机械设计、制造时,经常要涉及很多技术参数。当选定某个数值作为产品的基本技术参数后,该数值将按照一定的规律向一切有关参数进行传播与扩散。技术参

数的这种传播扩散特性,称为“数值的传播性”。

例如,某个螺栓的直径尺寸一旦确定,与之相配合的螺母尺寸、加工用的丝锥和板牙尺寸、检验用的塞规和环规尺寸等也就随之而定,继而又传向垫圈、扳手等专用件的尺寸,再进一步传向攻丝前的钻孔直径和钻头的尺寸等。所以在设计和生产过程中,确定技术参数的数值就不能随随便便,即便是微小差异经过反复传播扩散之后,也会造成尺寸、规格、品种的恶性膨胀混乱局面。显然,这种数值的传播性牵涉许多部门和领域,如果没有一定的规则或标准来加以协调引导,单靠一般的协商办法,即使是花费大量的人力、物力和时间,也很难做到及时而有效的解决。

为了解决这一类问题,在生产实践的基础上,人们总结了一套科学统一的数值标准——优先数和优先数系。

优先数和优先数系是一整套国际通用的科学、统一、经济、合理的数值分级制度,我国国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定了该数值分级制度的主要内容。国家标准指明:在确定产品的技术参数或参数系列时,必须最大限度地采用优先数和优先数系,以便使产品的参数选择及其后续工作一开始就纳入标准化的轨道。

GB/T 321—2005 规定:以十进等比数列作为优先数系,共有五个系列,分别采用系列符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示。其中,前四个系列为基本系列,公比为

$$R5: q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$$

$$R10: q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20: q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40: q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合,公比为

$$R80: q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

国家标准规定:优先数系中的各项项值均为优先数。

根据优先数系的公比计算,可以得到优先数各项的理论值。这些理论值除 10 的整数幂外均为无理数,在工程技术上无法直接应用,需要圆整为近似值。根据圆整的精确程度,优先数的各项项值可以分为计算值、常用值和化整值。

- (1) 计算值:取 5 位有效数字,可代替理论值供精确计算用。
- (2) 常用值:取 3 位有效数字,此即经常使用的、通常所称的“优先数”。
- (3) 化整值:取 2 位有效数字,只在某些特殊情况下才允许采用。

表 1-1 列出了范围为 1~10 的优先数系的基本系列常用值,由表 1-1 可以看出该项值具有如下特点:

- (1) 在公比为 q 的某优先数系的优先数中,每隔 r 项取值,其项值增大 10 倍(十进等比数列)。
- (2) 对于 R10 系列来说,每隔三项取值,其项值增大 2 倍(倍数关系);对于 R20 系列来说,每隔 6 项取值,其项值也增大 2 倍(倍数关系)。
- (3) 在同一系列中,任意两项优先数的积、商、整数乘方、整数开方的值,仍为优先数(继承关系)。
- (4) 在 R40 系列中包含有 R20 系列的值,在 R20 系列中包含有 R10 系列中包含有 R5 系列的值(包含关系)。

- (5) 如将表中所列的项值乘以 10, 100, 1000, ... 或乘以 0.1, 0.01, 0.001, ... 即可得到所有 >10 或 <1 的同系列的值,在 R10 系列中的优先数(延展关系)。

表 1-1 优先数系的基本系数 (GB/T 321—2005)

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

(6) 若从基本系列(或补充系列)中隔项取值,则导出派生系列,例如在 R10 系列中每隔两项取一项值,可得到 R10/3 系列,当首项选为 1 时,它的项值为 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00, …; 当首项选为 1.25 时,它的项值为 1.25, 2.50, 5.00, 10.00, 20.00, …; 当首项选为 1.60 时,它的项值为 1.60, 3.15, 6.30, 12.50, 25.00, …, 这就是前述常用的倍数系列(派生关系)。

优先数和优先数系的主要优点是:相邻两项项值的相对误差均匀,项值排列疏密适中,运算方便,简单易记,具有广泛的实用性。在设计各类产品时,如果产品的主要参数(或主要尺寸)按优先数选用形成系列,可以减轻设计计算的工作总量,便于分析各参数之间的内在关系,可以用有限的产品(或零件)规格系列最大限度地满足用户的多种需求。因此优先数和优先数系被用来作为数值统一的标准,在各工业发达国家得到了极其广泛的应用。

1.4 零件的误差、公差及检测

零件在加工过程中不可能做到绝对准确,不可避免地总会产生种种误差,这样的误差称为几何量误差。实际上,只要零部件的几何量误差在图纸规定的范围内变动,加工所得的产品就能满足互换性要求。

图纸规定的零件几何参数的允许变动量称为公差。实际工件的误差在图纸规定的公差范围之内,工件为合格件;超出了图纸规定的公差范围,工件为不合格件。

误差是在工件加工过程中产生的,它是随机变量;公差是设计人员给定的,它是限制误差的某一合理范围。设计者的任务在于正确地确定公差,并在图样上把它明确地表示出来。这就是说,生产中采用规定公差限制误差的方法来保证产品的互换性。显然,在满足产品功能要求的前提下,公差值应尽可能规定得大一些,以获得最佳技术经济效益。

加工所得零件是否满足图纸规定的公差要求,需要通过检测加以判断。检测的方法包括检验与测量两种。

几何量检验是指采取适当的方法和手段,判断工件的几何参数是否在图纸规定的合格范围内。这种方法仅作出工件合格与否的结论,不给出具体的数值。

几何量测量是指将被测量与标准量进行比较,从而准确得到被测要素具体数值的过程。这种方法可以给出具体的测量数据报告,并参照图纸要求作出合格性结论。

几何量检测不但可以用来评定产品的质量,而且可以用来分析不合格品的产生原因,监督制造工艺过程,及时指导调整生产,杜绝废品的产生,所以检测是机械制造不可缺少的“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。

由此可见,合理确定零件的公差并正确地进行检测,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。本课程讨论的主要内容,就是机械零件几何参数的互换性及其技术检测问题。

《 思考与练习 》

1. 什么是互换性,互换性有哪些优点,零部件达到互换性要符合哪两个条件?
2. 试分析零件的加工误差与公差的关系。
3. 规定产品的技术参数时,采用优先数和优先数系具有什么优点,为什么?
4. 试说明标准化和互换性之间的关系。
5. 根据两种零件的公差值大小,能否比较确定实际零件的加工精度的高低,为什么?
6. 某优先数系的第一项为 10,试按优先数系 R5 系列确定后五项优先数的项值。
7. 试写出优先数系 R10/3 和 R10/5 两种派生系列的优先数(首项选为 1)。
8. 在生产中,采用完全互换与不完全互换有何区别?

第 2 章

技术测量基础

学习目标

- ◆ 掌握测量、长度、基准、量值、量块的概念
- ◆ 掌握量具的种类与使用
- ◆ 掌握测量误差与数据处理

2.1 技术测量概述

2.1.1 测量的概念

所谓测量,就是把被测量与标准量进行比较,从而确定两者比值的过程。零件的几何量需要通过测量或检验,才能判断其合格与否。设被测量为 L ,所采用的计量单位为 E ,则它们的比值为 $q=L/E$ 。因此被测量的量值为

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

式(2-1)表明,任何几何量的量值都由两部分组成:表征几何量的数值和几何量的计量单位。例如某一被测长度为 L ,与标准量 E (mm) 进行比较后,得到比值为 $q=50$,则被测长度 $L=qE=50\text{mm}$ 。

显然,对任一被测对象进行测量,首先要确立计量单位,其次要有与被测对象相适应的测量方法,并且测量结果还需要达到所要求的测量精度,因此一个完整的几何量测量过程应包括:被测对象、计量单位、测量方法和测量精度等四个要素。

被测对象——本课程研究的被测对象是几何量,包括长度、角度、表面粗糙度、形位误差以及螺纹、齿轮等的几何参数。

计量单位——指用于度量被测量量值的标准量,如米(m)、毫米(mm)、微米(μm)等。

测量方法——指测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。

测量精度——指测量结果与真值相一致的程度。

2.1.2 长度单位、基准和量值传递系统

1. 长度单位和基准

我国的法定长度计量单位是米(m),在机械制造中的常用单位是毫米(mm),在技术测量中的常用单位是微米(μm)。它们之间的关系是: $1\text{m}=1000\text{mm}$; $1\text{mm}=1000\mu\text{m}$ 。

在1983年第十七届国际计量大会上通过的米的新定义为:“1米是光在真空中于 $1/299792458$ 秒的时间间隔内所经过的距离”。米的新定义有如下几个特点:

(1) 将反映物理量单位概念的定义本身与单位的复现方法分开。这样,随着科学技术的发展,复现单位的方法可不断改进。复现精度可不断提高,从而不受定义的局限。

(2) 定义的理论基础及复现方法均以真空中的光速作为给定的常数基础。

(3) 米的定义主要采用稳频激光来复现（在我国，采用碘吸收稳定的 $0.633\mu\text{m}$ 氦氖激光的波长作为长度标准），具有极好的稳定性和复现性，稳定可靠和统一，提高了测量精度。

2. 量值传递系统

使用激光来复现长度基准，虽然可以达到极高的测量精度，但不方便在生产中直接使用。为了保证量值的统一和方便操作，必须建立从国家长度计量基准到各生产场所中使用的工作计量器具之间的量值传递系统，以便将基准量值逐级传递到工作计量器具上。

如图 2-1 所示，长度量值从国家基准波长开始，分两个平行系统向下传递：一个是端面量具（量块）系统，另一个是线纹量具（线纹尺）系统。因此量块和线纹尺都是量值传递的媒介，其中尤以量块的应用更为广泛。

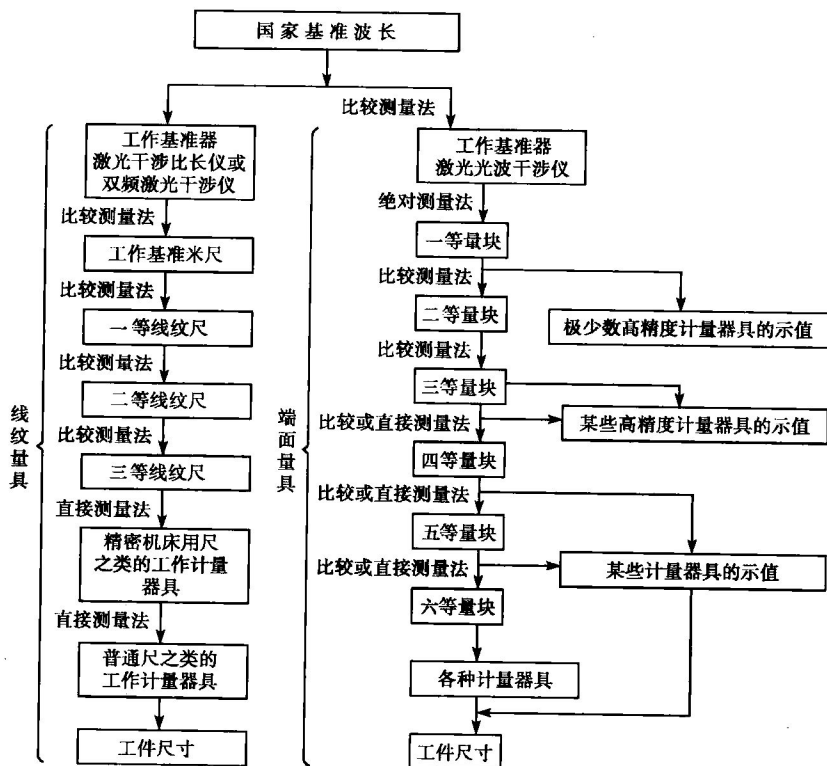


图 2-1 两个平行的长度量值传递系统

2.1.3 量块基本知识

量块是没有刻度的平行端面量具，除了作为长度基准的传递媒介以外，也可用于检定和调整、校对计量器具，还可用于测量工件、精密画线和调整设备等。

1. 量块的材料、形状和尺寸

量块采用特殊合金钢制成，具有线膨胀系数小、耐磨损不易变形、研合性好等特点。如图 2-2 (a) 所示，量块呈长方体六面形，它有两个平整光洁的平行工作面（两个测量平面）和四个非工作面。标称长度 $L \leq 5.5\text{mm}$ 的量块，其尺寸值标记在工作面上；标称长度 $L > 5.5\text{mm}$ 的量块，其尺寸值标记在非工作面上。如图 2-2 (b) 所示，量块的中心长度 L_0 ，是指量块的

上测量面中心点至相研合的辅助体（平面平晶）表面之间的垂直距离；量块的长度 L_i ，是指量块的上测量平面任意一点到另一测量平面之间的垂直距离。量块两测量平面之间的最大垂直距离和最小垂直距离之差，称为量块的长度变动量。

2. 量块的精度等级

根据 GB 6093—2001《几何量技术规范（GPS）长度标准 量块》的规定，量块按制造精度（量块长度的极限偏差和长度变动量允许值）分为六级：00，0，1，2，3 和 k 级，其中 00 级量块的精度等级最高；量块按检定精度（中心长度测量极限误差和平面平行度允许偏差）分为六等：1，2，3，4，5，6 等，其中 1 等量块的精度最高，6 等量块的精度最低。

值得注意的是，量块的“级”与量块的“等”是既有关联又有区别的概念。从内在关系上说，由于量块平面的平行性和研合性的要求，量块从一定的“级”中只能检定出一定的“等”。从测量精度上说，量块按级使用时，是以量块的标称长度作为工作尺寸，该尺寸包含了量块的制造误差；量块按“等”使用时，是以检定后测得的实际尺寸作为工作尺寸，该尺寸排除了量块制造误差的影响，仅包含检定时的较小的测量误差，因此量块按“等”使用比按“级”使用时的测量精度高。

3. 量块的使用

量块除了具有上述稳定性、耐磨性和准确性等基本特性外，还有一个重要特性——研合性。所谓研合性，是指两个量块的测量面相互接触，在不太大的压力作用下沿切向稍许滑动，就能贴附结合为一个整体的性质。利用这一特性把量块正确研合在一起，便可组成所需要的各种尺寸。

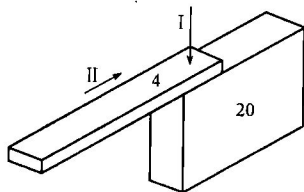


图 2-3 量块的研合方法

I—加力方向；II—推进方向

研合量块组的正确方法如图 2-3 所示：首先用优质汽油将选用的各量块清洗干净，用洁布擦干；然后以大尺寸量块为基础，顺次将小尺寸量块研合上去。研合量块时要小心，避免碰撞或跌落，切勿划伤测量面。

我国生产的成套量块有每套 91 块、83 块、46 块、38 块等几种规格，表 2-1 列出了国产 83 块一套的量块尺寸构成系列。

由于任意两量块都具有可研合的性能，故可从不同尺寸的成套量块中选取适当的几块量块，组合成所需要的尺寸。为了减小量块组合时的长度累积误差，所选取的量块数要尽量少，通常以不超过 4~5 块为宜。选取组合量块时，应从消去所需尺寸的最小尾数开始，逐一选取。例如若从 83 块一套的量块组中选取量块组成 36.375mm 尺寸，可按如下步骤进行选择操作：

$$\begin{array}{rcl}
 36.375 & \cdots \cdots \cdots & \text{量块组合尺寸} \\
 -1.005 & \cdots \cdots \cdots & \text{第一块量块尺寸} \\
 \hline
 35.37 & & \\
 -1.37 & \cdots \cdots \cdots & \text{第二块量块尺寸} \\
 \hline
 34.0 & & \\
 -4.0 & \cdots \cdots \cdots & \text{第三块量块尺寸} \\
 \hline
 30 & \cdots \cdots \cdots & \text{第四块量块尺寸} \\
 \hline
 36.375 = 1.005 + 1.37 + 4 + 30 & &
 \end{array}$$

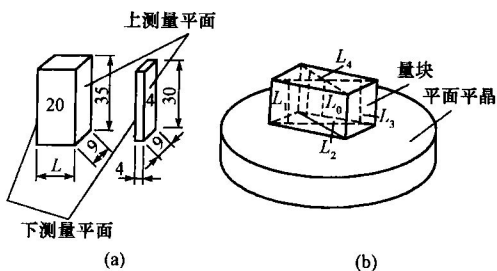


图 2-2 量块的形状及尺寸

(a) 量块的工作面与非工作面；
(b) 量块的长度 L_i 与量块的中心长度 L_0 。

表 2-1 83 块一套的量块尺寸构成系列

尺寸范围/mm	间隔/mm	小计/块
1.01~1.49	0.01	49
1.5~1.9	0.1	5
2.0~9.5	0.5	16
10~100	10	10
1	—	1
0.5	—	1
1.005	—	1

2.2 计量器具与测量方法

2.2.1 计量器具的分类

计量器具又称为测量器具,可分为用于几何量测量的量具、量规、量仪(计量仪器)和计量装置等四类。

1. 量具

量具通常是指结构比较简单的测量工具,包括单值量具、多值量具和标准量具等。单值量具是用来复现单一量值的量具,例如量块、角度块等,它们通常都是成套使用。多值量具是能够复现一定范围的一系列不同量值的量具,如线纹尺等。标准量具是用作计量标准,供量值传递用的量具,如量块、基准米尺等。

2. 量规

量规是一种没有刻度的,用以检验零件尺寸、形状、相互位置的专用检验工具,它只能判断零件是否合格,而不能得出具体尺寸,如光滑极限量规、螺纹量规等。

3. 量仪

量仪即计量仪器,是指能将被测量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。按工作原理和结构特征,量仪可分为机械式、电动式、光学式、气动式,以及它们的组合形式——光机电一体的现代量仪。

4. 计量装置

计量装置是一种专用检验工具,可以迅速地检验更多或更复杂的参数,从而有助于实现自动测量和自动控制。如自动分选机、检验夹具、主动测量装置等。

2.2.2 几种常用的计量器具

1. 游标量具

游标量具是利用游标读数原理制成的一种常用量具,它具有结构简单、使用方便、测量范围大等特点。常用的游标量具有游标卡尺、深度游标尺、高度游标尺等,它们的测量面位置不同,但读数原理相同。

如图 2-4 所示,游标量具的主尺上刻有以毫米(mm)为单位的均匀等分的连续刻线,主