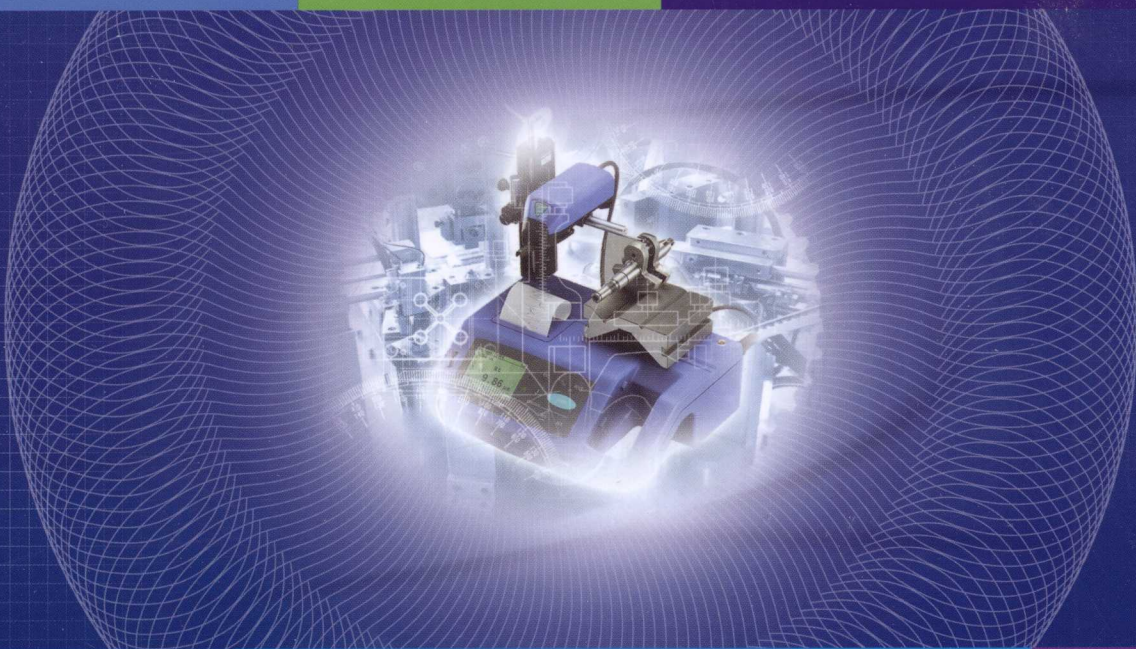




21世纪高职高专规划教材·机电类

互换性与测量技术

主 编 徐秀娟 主 审 高 峥



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从高职院校培养目标的定位出发,采用最新的公差配合国家标准编写而成。

全书共分十章,包括绪论、测量技术基础、尺寸公差配合与检测、形状和位置公差与检测、表面粗糙度与检测、光滑极限量规设计、滚动轴承的互换性、键与花键的互换性及检测、普通螺纹的互换性与检测、圆柱齿轮的互换性与检测等。同时附带习题集与本教材配套使用。

本书可作为高职高专及高等工科院校机械类、近机械类各专业教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术/徐秀娟主编. —北京:北京理工大学出版社,
2009.1(2009.8重印)

ISBN 978-7-5640-1798-9

I. 互… II. 徐… 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. TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第204507号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787毫米×960毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 321千字

版 次 / 2009年1月第1版 2009年8月第2次印刷

印 数 / 4001~7000册

总 定 价 / 29.00元(含配套习题集)

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

《互换性与测量技术》包括几何量公差选用与误差检测两方面的内容，和机械设计与机械制造密切相关，是高等工科院校机械类和机电类各专业的重要技术基础课。

面对高职高专，遵循“实用为主、够用为度”的编写原则。内容上注重针对性及应用性，叙述方法上通俗易懂，深入浅出，采用国家最新公差标准。内容的阐述和编排符合教学规律，利于教学。

全书共分十章，由陕西国防工业职业技术学院徐秀娟主编，高葛、吴呼玲副主编，西京学院颜长锋、陕西国防工业职业技术学院孟保战参编。具体编写工作为，高葛（第一章、第二章、第五章），徐秀娟（第三章、第四章、第七章、第八章），颜长锋（第六章），吴呼玲（第九章、第十章）。全书由徐秀娟统稿，陕西国防工业职业技术学院高峥主审。配套习题集由徐秀娟、吴呼玲、孟保战编写，高葛主审。

在本书编写过程中，得到了陕西国防工业职业技术学院、西京学院等有关院校的大力支持和帮助，对此我们表示衷心感谢。

对书中存在的疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 《互换性与测量技术》课程的性质和任务	(1)
1.2 互换性概述	(1)
1.3 标准化与优先数系	(3)
1.4 测量技术的发展	(4)
第 2 章 测量技术基础	(6)
2.1 测量的基本知识	(6)
2.2 计量器具与测量方法	(9)
2.3 测量误差和数据处理	(12)
第 3 章 尺寸公差配合与检测	(20)
3.1 极限与配合的基本术语和定义	(20)
3.2 标准公差系列	(26)
3.3 基本偏差系列	(27)
3.4 极限与配合的选用	(36)
3.5 光滑尺寸检测	(47)
第 4 章 形状和位置公差与检测	(52)
4.1 概述	(52)
4.2 形状公差	(60)
4.3 位置公差	(64)
4.4 公差原则	(71)
4.5 形位公差的选用	(78)
4.6 形位误差的检测	(86)
第 5 章 表面粗糙度与检测	(95)
5.1 概述	(95)

5.2	表面粗糙度的评定	(96)
5.3	表面粗糙度的选用	(101)
5.4	表面粗糙度的符号、代号及标注	(104)
5.5	表面粗糙度的检测	(111)
第6章	光滑极限量规	(112)
6.1	概述	(112)
6.2	量规设计	(113)
第7章	滚动轴承的互换性	(119)
7.1	滚动轴承的公差等级	(119)
7.2	滚动轴承内外径及相配合轴径、外壳孔的公差带	(120)
7.3	滚动轴承与轴和外壳孔的配合及选择	(121)
7.4	与滚动轴承配合的轴径和外壳孔的精度确定	(123)
第8章	键与花键的互换性及检测	(128)
8.1	普通平键联结的公差与检测	(128)
8.2	矩形花键联结的公差与检测	(131)
第9章	普通螺纹的互换性与检测	(137)
9.1	概述	(137)
9.2	普通螺纹几何参数误差对互换性的影响	(139)
9.3	保证普通螺纹互换性的条件	(141)
9.4	普通螺纹的公差与配合	(142)
9.5	普通螺纹的检测	(148)
第10章	渐开线圆柱齿轮的互换性与检测	(151)
10.1	齿轮传动的使用要求	(151)
10.2	齿轮加工误差的来源	(152)
10.3	渐开线圆柱齿轮误差项目及检测	(153)
10.4	渐开线圆柱齿轮精度标准	(164)
参考文献		(175)

绪 论

1.1 《互换性与测量技术》课程的性质和任务

1.1.1 课程性质

本课程是工科院校机械类及机电类各专业的一门技术基础课，是联系机械设计课程与机械制造课程的纽带，也是从职业基础课向职业技术课和职业技能课过渡的桥梁。

机械产品的设计包括运动设计、结构设计、强度设计和精度设计四个方面。前三个方面的设计是机械设计过程，主要完成对机器功能、结构、形状、尺寸的设计。精度设计就是将零件的制造误差限制在一定的范围之内，以保证零部件从加工到装配成机器，实现功能上的要求以及保证正常的运转。零件加工后是否符合精度要求必须通过检测才能确定。精度设计及检测是本课程研究的主要内容。

零件精度必须有相应的工艺措施来保证，所以本课程是学习机械制造技术等课程的基础。

1.1.2 课程任务

本课程的学习是为了获得机械工程技术人员应必备的公差配合与检测方法的基础理论和基本技能，掌握尺寸公差与配合、形位公差、粗糙度及机械制造常用零、部件的标准及其选用原则和方法，初步建立测量误差的概念、了解一般技术测量的方法，为以后的工作奠定基础。

1.2 互换性概述

1.2.1 互换性的含义

所谓互换性，是指机械产品中同一规格的一批零件或部件，任取其中一件，不需作任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修配）就能进行装配，并能保证满足机械产品使用性能要

求的一种特性。

例如在日常生活中，灯泡坏了，买一个装上。自行车的某一个零件坏了或旧了，换一个新的继续使用。在工厂中，装配车间的工人从一批同一规格的零件中任取一个装在机器或部件上，就能满足机器的使用功能。这都是互换性的体现。

1.2.2 互换性的作用

互换性给产品的设计、制造和使用维修都带来很大的便利。

在设计方面，由于采用具有互换性的标准件、通用件，可使设计工作简化、设计周期缩短，并便于使用计算机辅助设计。

在制造方面，由于零件具有互换性，所以可以采用分散加工，集中装配。有利于使用现代化的工艺装备，实现自动化生产。装配时，不需辅助加工和修配，提高了生产效率，减轻了工作强度。

在使用维修方面，当机器的零件需要更换时，可在最短时间内用备件加以替换，从而提高了机器的利用率和使用寿命。

1.2.3 互换性的分类

互换性按其互换程度可分为完全互换和不完全互换。

若零件在装配或更换时，不需选择、调整或辅助加工（修配），则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时，完全互换性将使零件制造公差很小，加工困难，成本很高，甚至无法加工。这时，将零件的制造公差适当放大，使之便于加工，而在零件完工后再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组，使每组零件间实际尺寸的差别减小，装配时按相应组进行（例如，大孔组零件与大轴组零件装配，小孔组零件与小轴组零件装配）。这样，既可保证装配精度和使用要求，又能解决加工困难，降低成本。此种仅组内零件可以互换，组与组之间不能互换的特性，称为不完全互换性。

一般来说，不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配，至于厂外协作，即使产量很大，往往也要求完全互换。

1.2.4 实现互换性的条件

在加工中零件的几何参数不可避免地会产生误差，不可能、也没有必要制造出完全一样的零件。要实现零件的互换性，必须将零件的几何参数误差限制在一定的范围内。零件几何参数误差允许的变动范围称为公差，它包括尺寸公差、形状公差、位置公差、表面粗糙度等。

零件的实际几何参数误差是否在规定的范围内，需要通过技术测量加以判断。因此要实现互换性生产必须合理确定公差并正确进行检测。

1.3 标准化与优先数系

1.3.1 标准和标准化

标准是对一定范围内的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,以获得最佳秩序、促进最佳社会效益为目的,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。

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全过程。标准化的重要意义是改进产品、过程和服务的适用性,防止贸易壁垒,促进技术合作。贯彻标准是标准化的核心环节。标准化是组织生产的重要手段,是国家现代化水平的重要标志之一。

通常按标准的专业性质,将标准划分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。对标准化领域中需要统一的技术事项所制定的标准称技术标准。

我国的技术标准有国家标准(GB)、行业标准(如原机械工业部的标准JB)、地方标准和企业标准等四个级别。

为了在世界范围内促进标准化工作的开展,以利于国际物质交流和互助,并扩大在知识、科学、技术和经济方面的合作。国际标准化组织(ISO)于1947年成立。该组织的主要活动是制订国际标准,协调世界范围内的标准化工作,组织各成员国和技术委员会进行情报交流,以及与其他国际性组织进行合作,共同研究有关标准化问题。各国都尽可能参照国际标准并结合本国实际情况来制定和修订本国的国家标准。

本课程涉及的几何量公差与检测属于标准化和计量学的范畴,标准化是实现互换性的前提。标准在执行过程中不断发展、修订、提高,循环往复。所以在执行标准时,应以最新颁布的标准为准。

1.3.2 优先数和优先数系

在机械设计与制造中,产品的性能、尺寸规格等参数都要通过数值来表达,而这些数值又会向与它相关的一系列参数传递。如某一螺栓的尺寸会影响与之相配合的螺母的尺寸、制造螺栓的刀具尺寸、检验螺栓的量具尺寸等。由此可见,工程技术中的参数数值经过传播,可造成尺寸规格的繁杂,给生产的组织和管理带来困难。

优先数系和优先数就是对各种技术参数的数值进行协调和科学统一的数值标准,使产品参数的选择一开始就纳入标准化轨道。

优先数系是一种无量纲的分级数值,它是十进制等比数列,适用于各种量值的分级。数系中的每一个数都为优先数。国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定了5个等比数列,它们的公比分别为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$,分别用R5、R10、R20、

R40、R80 表示，其中前 4 个为基本系列，R80 为补充系列，仅用于分级很细的特殊场合。

按公比计算的优先数系的理论值大多为无理数，工程技术上应用时采用圆整后的近似值。

为了满足生产需要，优先数系还有派生系列。派生系列是指从某系列中按一定项差取值可构成的系列，如 R10 系列中，每 3 项取一值得到 R10/3 系列，其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$ ，即 1, 2, 4, 8, …; 1.25, 2.5, 5, 10, …等。

优先数系分档科学合理，不仅对数值的协调、简化起着重要的作用，而且是制定其他标准的依据，在设计中也广泛使用。本课程所涉及的有关标准中的数值，都是按照优先数系选定的。如标准公差值是按照 R5 系列确定的，表面粗糙度标准中规定的取样长度分段是采用 R10 系列的派生数系 R10/5 确定。

标准规定的五种优先数系的公比及常用数值见表 1-1。

表 1-1 优先数系基本系列的公比及常用数值 (R80 略)

基本系列	公比	1 ~ 10 的优先数值											
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1.60$	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	10.00						
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1.25$	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00	
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1.12$	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	
		3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00		
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1.06$	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	
		1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35	
		3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30	
		6.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00				

1.4 检测技术的发展

1.4.1 几何量检测的重要意义

按照先进的公差标准进行正确的精度设计，对零件的几何量分别给定了合理的公差，还要采取相应的测量和检验措施才能保证零件的功能和互换性。也就是说要按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测，淘汰不符合公差要求的不合格品，使精度设计要求发挥它的作用。可见，检测工作是不可缺少和非常重要的。没有检测，互换性生产就得不到保证，公差要求也就变成了空想。实际上，任何一项公差要求都要有相应的检测手段相配合。这就是说，合理确定公差和正确进行检测是保证机械产品质量和实现互换性生产的两个

必不可少的条件。

当然，检测的目的不仅可以判断产品是否合格，更重要的是可以分析不合格产品产生的原因，以便及时调整加工工艺，减少和预防废品的产生。

1.4.2 测量技术的发展概况

在我国的历史上，很早就有关于几何量检测的记载。例如，早在商朝，我国就有了象牙制成的尺，秦朝统一了度量衡制度，西汉已有了铜制卡尺等。但长期的封建统治使得科学技术未能进一步发展，旧中国的检测技术和计量器具一直处于落后状态。

新中国成立以来，我国十分重视检测技术的发展，大力建设和加强计量制度。1959年6月国务院发布了《关于统一我国计量制度的命令》，确定以“米制”为我国的基本计量制度，1977年颁布了《中华人民共和国计量管理条例》、1985年颁布了《中华人民共和国计量法》等。

经过多年的努力，我国的测量仪器和检测手段目前已达到了世界先进水平。测量仪器不断朝着精度高、速度快、智能化等方向发展。测量技术的发展不仅促进了机械制造业的发展，而且加速了我国现代化建设的进程。

测量技术基础

2.1 测量的基本知识

2.1.1 测量的概念

所谓测量，就是把被测量与具有计量单位的标准量进行比较，从而确定被测量量值的实验过程。可用公式表示为

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

式中 L ——被测值；

q ——比值；

E ——计量单位。

上式表明，任何几何量的量值 L ，都可由表征几何量的数值 q 和该几何量的计量单位 E 的乘积来表示。例如，用游标卡尺测得某轴直径为 60.3 mm，这里 mm 为长度计量单位，数值 60.3 是以 mm 为计量单位时，该几何量的数值。

由测量的概念可知，一个完整的几何量测量过程应包括四个要素：被测对象、计量单位、测量方法、测量精度。

被测对象——这里指几何量，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——用以度量同类量值的标准量。我国颁布的法定计量单位中，对几何量来说，长度的基本单位为米 (m)、毫米 (mm)、微米 (μm)，角度的单位为弧度 (rad) 以及度 ($^\circ$)、分 ($'$)、秒 ($''$)。

测量方法——指根据给定的测量原理，在实际测量中运用该测量原理和实际操作，以获得测量数据和测量结果。

测量精度——是指被测量几何量的测量结果与其真值相一致的程度。

2.1.2 长度单位、基准和量值传递系统

1. 长度单位和基准

我国的法定计量单位中,长度计量单位为米(m),与国际单位一致。机械制造中常用的长度计量单位为毫米(mm), $1\text{ mm}=10^{-3}\text{ m}$ 。在精密测量中,长度计量单位采用微米(μm), $1\text{ }\mu\text{m}=10^{-3}\text{ mm}$ 。在超精密测量中,长度计量单位采用纳米(nm), $1\text{ nm}=10^{-3}\text{ }\mu\text{m}$ 。

按照1983年第十七届国际计量大会通过的决议,米的定义为:米是光在真空中在 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 的时间间隔内所传播的距离。用光波的波长作为长度基准,不便于在生产中直接应用。为了保证量值的准确和统一,必须把长度基准的量值准确地传递到生产中所应用的计量器具和工件上。

2. 量值传递系统

长度量值由国家基准波长开始,通过两个平行系统(线纹量具、端面量具)向下传递,如图2-1所示。因此,量块和线纹尺都是量值传递媒介,其中尤以量块的应用更为广泛。

3. 量块的基本知识

(1) 量块的材料、形状和尺寸。量块(又称块规)是没有刻度的平面平行的端面量具,用铬锰钢等特殊合金钢制成,具有线膨胀系数小、性质稳定、耐磨性好等特点,是长度量值传递系统中重要的媒介。它除了作传递长度量值的基准之外,还可以用来调整仪器、调整机床或直接检测工件。

量块的形状是长方体,有两个平行的测量面,其余为非测量面。测量面极为光滑、平整,其表面粗糙度 Ra 值达 $0.012\text{ }\mu\text{m}$ 以上,两测量面之间的距离即为量块的工作长度(标称长度)。标称长度 $l_n \leq 5.5\text{ mm}$ 的量块,其公称值刻印在工作面上;标称长度 $l_n > 5.5\text{ mm}$ 的量块,其公称长度值刻印在上测量面左侧较宽的一个非测量面上,如图2-2(a)所示。

量块的长度 l ,是指量块的一个测量面上的任意点到与其相对的另一测量面相研合的辅助体表面之间的垂直距离,辅体的材料和表面质量应与量块相同,如图2-2(b)所示。

量块中心长度 l_c ,对应于量块未研合测量面中心点的量块长度,如图2-2(b)所示。

量块长度变动量 V ,量块相对的两个测量面上任意点中的最大长度 $l_{\max}$ 与最小长度 $l_{\min}$ 之差。

(2) 量块的精度等级。根据GB/T 6093—2001的规定,量块按其制造精度分为5级,即0, 1, 2, 3和K级,其中0级精度最高,3级最低,K级为校准级,主要根据量块长度极限偏差、长度变动量允许值来划分的;量块按其检定精度分为六等,即1, 2, 3, 4, 5, 6等,其中1等精度最高,6等精度最低,主要依据量块中心长度测量极限误差和平面平行度允许偏差来划分的。

(3) 量块的“级”与“等”。量块的“级”和“等”是从成批制造和单个检定两种不同的角度出发,对其精度进行划分的两种形式。按“级”使用时,以标记在量块上的标称尺寸作为工作尺寸,该尺寸包含其制造误差。按“等”使用时,是以鉴定测得的实际尺寸

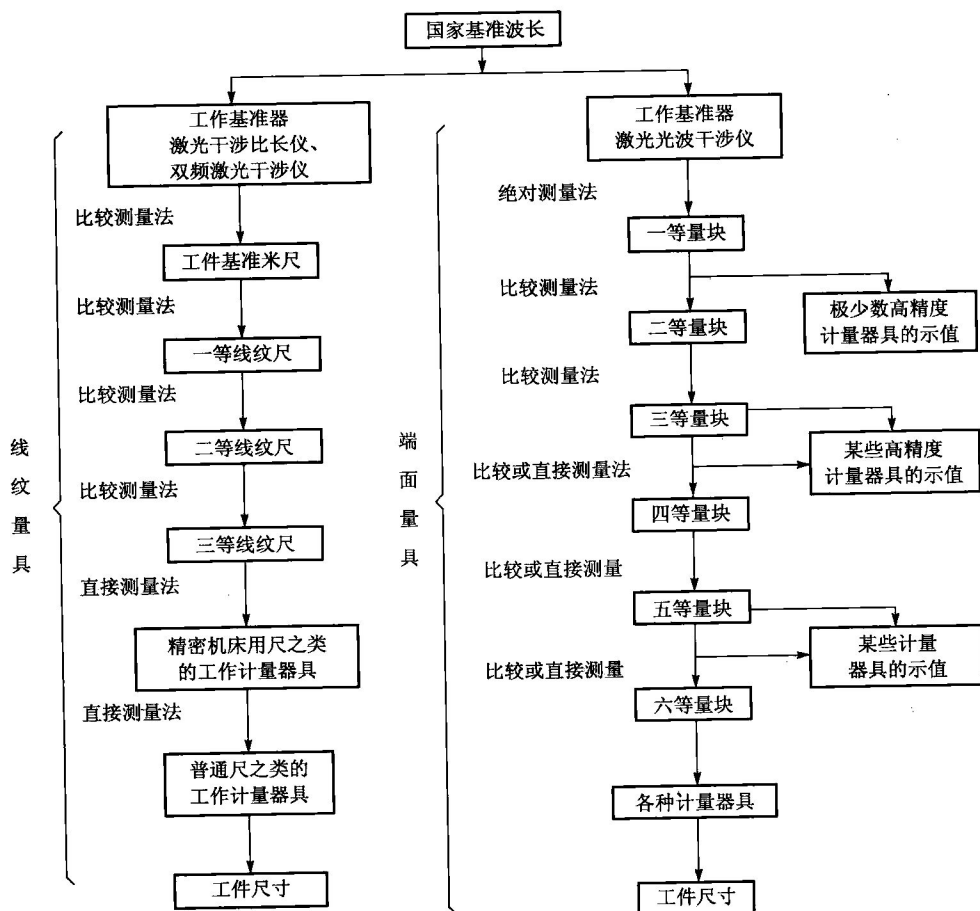


图 2-1 两个平行的长度量值传递系统

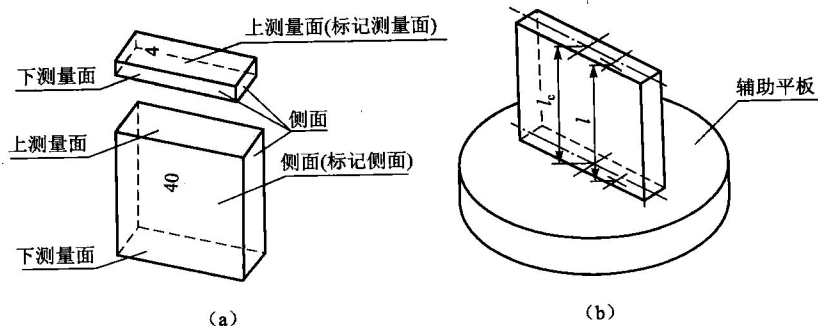


图 2-2 量块

作为工作尺寸,该尺寸排除了量块制造误差的影响,仅包含了鉴定时较小的测量误差。

就同一量块而言,检定时的测量误差要比制造误差小得多。所以,量块按“等”使用时其精度比按“级”使用时的测量精度高。

(4) 量块的特性和应用。量块除了上述的稳定性、耐磨性和准确性外,还有一个重要的特性,即研合性。所谓研合性是指量块的一个测量面与另一量块测量面或与另一经精加工的类似量块测量面的表面,通过分子力的作用而相互黏合的性能。

量块是定尺寸量具,一个量块只有一个尺寸。为了满足一定范围的不同要求,量块可以利用其研合性,将多个量块研合在一起,组合使用。我国生产的成套量块有 91 块、83 块、46 块、38 块等几种规格。表 2-1 所列为 83 块组成一套的量块尺寸系列。

表 2-1 83 块一套的量块尺寸系列

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

为了减少量块的组合误差,应尽量减少量块的组合块数,一般不超过 4 块。选用量块时,应从所需组合尺寸的最后一位数开始,每选一块至少应减去所需尺寸的一位尾数。例如,从 83 块一套的量块中选取尺寸为 36.375 mm 的量块组,选取方法为

$$\begin{array}{rcl}
 36.375 & \cdots \cdots \cdots & \text{所需尺寸} \\
 & & \underline{- 1.005} \quad \cdots \cdots \cdots \text{第一块量块尺寸} \\
 & & \underline{- 1.37} \quad \cdots \cdots \cdots \text{第二块量块尺寸} \\
 & & \underline{- 4.0} \quad \cdots \cdots \cdots \text{第三块量块尺寸} \\
 & & 30.0 \quad \cdots \cdots \cdots \text{第四块量块尺寸}
 \end{array}$$

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(又称测量器具)是指用于测量的工具和仪器。可分为量具、量规、量仪(测量仪器)和计量装置等四类。

1. 量具

量具通常是指结构比较简单、没有放大系统的测量工具,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。标准量具用作计量标准，提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，而不能测得被测零件的具体尺寸，如光滑极限量规、螺纹量规等。

3. 量仪

量仪即计量仪器，通常是指具有传动放大系统的、能将测量的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 计量器具的度量指标

1. 刻线间距

刻线间距是指计量器具标尺或分度盘上相邻两刻线之间的距离。如图 2-3 所示，为了适合人眼观察，一般刻线间距为 1~2.5 mm。

2. 分度值

分度值是指计量器具标尺或分度盘上每一刻线间距所代表的量值。标尺分度值越小，表示计量器具的测量精度越高。一般长度计量器具的分度值有 0.1 mm, 0.01 mm, 0.001 mm,

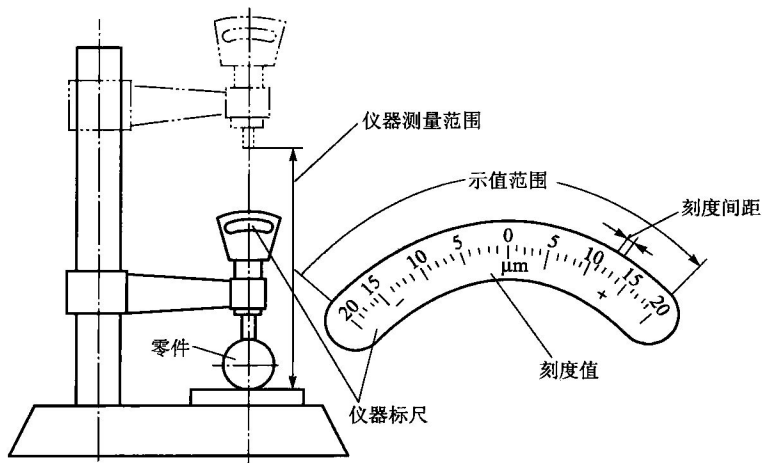


图 2-3 测量器具参数示意图

0.000 5 mm 等几种。如图 2-3 所示, 表盘上的分度值为 $1\ \mu\text{m}$ 。

3. 测量范围

测量范围是指计量器具所能测量的最小值到最大值的范围。如图 2-3 所示, 测量范围为 $0 \sim 180\ \text{mm}$ 。

4. 示值范围

示值范围是指计量器具所能显示或指示的最小值到最大值的范围。如图 2-3 所示, 示值范围为 $\pm 20\ \mu\text{m}$ 。

5. 灵敏度

灵敏度是指对于给定的被测量, 被观测变量的增量 ΔL 与相应的被测量的增量 Δx 之比, 即

$$S = \Delta L / \Delta x \quad (2-2)$$

当分子、分母为同类量的情况下, 灵敏度也称为“放大比”或“放大倍数”。

6. 示值误差

示值误差是指计量器具上的示值与被测量真值之差。一般来说, 示值误差越小, 计量器具精度越高。

7. 测量重复性误差

测量重复性误差是指在相同的测量条件下, 对同一被测量进行连续多次等精度测量时, 所有测得值的分散程度即为重复性误差。它是计量器具本身各种误差的综合反映。

8. 不确定度

不确定度是指由于测量误差的存在而对被测几何量的量值不能肯定的程度。

2.2.3 测量方法的分类

测量方法可以从多个不同的角度进行分类。

1. 按实测的几何量是否为被测几何量分类

(1) 直接测量: 直接测量是指实测的几何量值就是被测量的几何量值。例如用游标卡尺、千分尺测轴径或孔径的大小。

(2) 间接测量: 间接测量是指被测几何量的量值由实测的几何量值按一定的函数关系式运算后获得。如图 2-4 所示, 通过测量孔边距 l_1 和 l_2 , 然后用公式 $a = (l_1 + l_2) / 2$ 计算求得孔心距 a 的大小。间接测量的精度通常比直接测量的精度低。

2. 按测量值是否为被测几何量的整个量值分类

(1) 绝对测量法: 绝对测量法是指计量器具显示的示值就是被测几何量的整个量值。

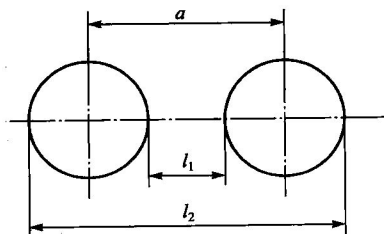


图 2-4 间接测量法测量孔心距

例如用游标卡尺、千分尺测轴径或孔径的大小。

(2) 相对测量法（或比较测量法）：相对测量法是指计量器具显示的示值为被测几何量相对于标准量的差值，被测几何量值为标准量与该示值之代数和。相对测量法的测量精度比绝对测量法的测量精度高。

3. 按被测表面是否与测量头接触分类

(1) 接触测量法：接触测量法是指测量时计量器具的测量头与被测零件表面直接接触，并有测量力存在的测量。例如，用机械比较仪测量轴径。

(2) 非接触测量法：非接触测量法是指测量时计量器具的测量头不与被测零件表面接触。例如，用光切显微镜测量零件的表面粗糙度。

4. 按同时被测的几何量的多少分类

(1) 单项测量法：单项测量法是指对零件上的某些参数分别进行测量。例如，用不同的专用仪器分别测量齿轮的齿形误差和齿距偏差。

(2) 综合测量法：综合测量法是指同时测量零件上几个相关参数的综合结果。例如，用齿轮双面啮合综合测量仪测量齿形误差和基节偏差的综合结果。

5. 按测量技术在机械制造工艺过程中所起的作用分类

(1) 主动测量法：主动测量法是指零件在加工过程中对被测几何量进行的测量。它主要应用在自动化生产线上，其测量结果可直接控制零件的加工过程，主动及时地防止废品的产生。

(2) 被动测量法：被动测量法是指在零件加工完毕后所进行的测量。其测量结果仅限于判断工件是否合格，可用于发现和剔除废品。

2.3 测量误差和数据处理

人类为了认识自然与改造自然，需要不断地对自然界的各种现象进行测量和研究，由于实验方法和实验设备的不完善、周围环境的影响，以及受人们认识能力所限等，测量和实验所得数据和被测量的真值之间，不可避免地存在着差异，这在数值上即表现为误差。随着科学技术的日益发展和人们认识水平的不断提高，虽可将误差控制得愈来愈小，但终究不能完全消除它。

2.3.1 测量误差及其产生的原因

所谓测量误差，就是被测量的测得值与被测量的真值之间的差异。用公式表示为

$$\delta = x - x_0 \quad (2-3)$$

式中 δ ——测量误差；

x ——测得值；