

机械测量技术

主 编◎邬建忠

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



机械测量技术

主 编 邬建忠
副主编 陈爱民
参 编 丁丽丽 吕延鹏 程 良
主 审 张 萍

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书包含机械测量技术基础知识部分、机械测量技术技能训练项目部分和精密测量设备应用技术基础部分。机械测量技术基础知识部分主要介绍机械测量技术的相关基础知识。机械测量技术技能训练项目部分包含4个项目：轴类零件的测量、套类零件的测量、螺纹件的测量、圆柱齿轮和蜗杆的测量。精密测量设备应用技术基础部分主要介绍了三种精密测量设备的应用技术基础。同时，每个项目均以量具、量仪的应用和测量方法为主线架设若干个任务，便于教学开展和工作任务的完成。本书图文并茂，形象直观，文字叙述简明扼要，通俗易懂。

本书可作为高等院校机电专业及其他相关专业的教学用书，也可作为相关行业的岗位培训教材及有关人员的自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械测量技术/邬建忠编.—北京：北京理工大学出版社，2015.12

ISBN 978-7-5682-1394-3

I. ①机… II. ①邬… III. ①技术测量—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第244649号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13.75

字 数 / 320千字

版 次 / 2015年12月第1版 2015年12月第1次印刷

定 价 / 48.00元

责任编辑 / 张荣君

文案编辑 / 李玉昌

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

前言

FOREWORD

“机械测量技术”是一门实用性和操作性都较强的理实一体课程。为了适应新形势下国家对技能应用型人才的培养目标，本书在编写过程中力求做到突出职教特色，本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路，以项目为导向设置课程体系。本书在编写过程中突出以下特点：

1. “以能力为本位”出发来整合组织编写教材内容

掌握并具备综合运用机械测量技术的能力，是对从事机械制造类专业人员的最基本要求。本书理论联系实际，引入大量的实际应用和工程实例来组织编排、整合教材具体内容，从而达到培养学生的机械测量操作基本技能。

2. 以项目为引领、任务为驱动，实现理论与实践一体化

本书以项目为引领、以任务为驱动、以技能训练为中心指导思想，配备相关的理论知识构成项目化教学模块来优化教材内容；通过“做中学、学中做、边学边做”来实施任务，实现理论知识与技能训练的统一；突出实践动手能力培养，重视知识、能力、素质的协调发展。

3. 测量任务设置明确，实施环节紧扣有效

各项目测量任务设置了“训练目标”“任务分析”“知识学习”“任务实施”“思考与练习”等环节，相关环节步步紧扣，高效地实施工作任务。

4. 内容贯彻最新国家标准，充分体现“四新”应用

本书贯彻最新的国家标准和行业标准，引入相关精密测量仪器内容的介绍；同时，选题内容尽可能体现新知识、新方法、新工艺、新技术的应用，强调实用性、典型性和工艺规范。

5. 图文并茂，实用性强

本书的相关操作均取自于现场实际操作，以图文并茂的方式呈现，步骤与图形一一

FOREWORD

对应，便于学生的自学与操作练习；同时，在编写结构上，每个项目形成相对独立模块，具有一定的独立性和灵活性，便于在教学过程中有针对性地进行训练。

本书在推广使用中，非常希望得到其教学适用性反馈意见，以便不断改进与完善。由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

第一部分 机械测量技术基础知识

任务一 了解机械测量技术的相关知识	2
任务二 了解机械测量的常用量具和仪器	13
任务三 识读尺寸公差	22
思考与练习	40

第二部分 机械测量技术技能训练项目

项目一 轴类零件的测量	44
任务一 用游标卡尺测量轴的尺寸	47
任务二 用外径千分尺测量轴的外径	58
任务三 用百分表测量轴的位置误差	69
任务四 用万能角度尺测量轴的锥度	89
任务五 用百分表测量轴的偏心距	99
思考与练习	103
项目二 套类零件的测量	105
任务一 用内径百分表测量轴套的孔径	107
任务二 用深度尺测量深度尺寸	120
任务三 用圆度仪测量轴套的圆度、圆柱度	125
任务四 用表面粗糙度样板检测零件表面质量	133
思考与练习	147
项目三 螺纹件的测量	148
任务一 普通螺纹的测量	154
任务二 梯形螺纹的测量	162
思考与练习	164

项目四 圆柱齿轮和蜗杆的测量	165
任务一 圆柱齿轮的测量	169
任务二 蜗杆的测量	178
思考与练习	183

第三部分 精密测量设备应用技术基础

任务一 工具显微镜应用技术基础	186
任务二 气动量仪应用技术基础	190
任务三 三坐标测量机应用技术基础	195
思考与练习	205

附 录

附录一 实训守则	206
附录二 实验实训设备配置建议	207
附录三 轴、孔的基本偏差	208
参考文献	212

第一部分

机械测量技术基础知识

机械测量技术是一门具有自身专业体系、涵盖多种学科、理论性和实践性都非常强的前沿科学。熟悉机械测量技术方面的基础知识，则是掌握机械测量技能、独立完成对机械产品几何参数测量的基础。

本部分主要通过三个任务介绍机械测量技术的相关知识、机械测量的常用量具和仪器及其维护与保养知识、互换性与尺寸公差基础知识、极限配合与国家标准相关知识等有关内容。

任务一 了解机械测量技术的相关知识

学习目标

- 了解机械测量技术的相关知识，掌握机械测量的基本概念及其单位与换算关系。
- 理解测量基准和量值传递的基本知识。
- 了解测量方法的分类，理解测量误差分析与数据处理的基础常识。

知识学习

1: 机械测量技术概述

一、机械测量技术的基本概念

(一)测量的定义

一件制造完成后的产品是否满足设计的几何精度要求，通常有以下几种判断方式。

1. 测量

测量就是为确定量值而进行的实验过程，是以确定被测对象的量值为目的的全部操作。在这一操作过程中，将被测对象与复现测量单位的标准量进行比较，并以被测量与单位量的比值及其准确度表达测量结果。例如，用游标卡尺对一轴径的测量，就是将测量对象(轴的直径)用特定测量方法(游标卡尺)与长度单位(毫米)相比较。若其比值为 30.62，准确度为 ± 0.03 mm，则测量结果可表达为 (30.62 ± 0.03) mm。

显然，对任一被测对象进行测量，首先要建立计量单位，其次要选择与被测对象相适应的测量方法，并且要达到所要求的测量精度。这样，一个完整的几何量测量过程包括测量对象、计量单位、测量方法及测量精度等四个要素。本书只涉及机械制造中最普遍的测量对象，即几何量的测量。

(1)测量对象：这里主要指几何量，包括长度、角度、表面粗糙度以及形位误差等。由于几何量的特点是种类繁多，形状又各式各样，因此对于它们的特性、被测参数的定义，以及标准等都必须加以研究和熟悉，以便进行测量。

(2)计量单位：用以度量同类量值的标准量。我国国务院于 1977 年 5 月 27 日颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》第三条规定中重申：“我国的基本计量制度是米制(即公制)，逐步采用国际单位制。”1984 年 2 月 27 日正式公布中华人民共和国法定计量单

位,确定米制为我国的基本计量制度。在长度计量中单位为米(m)。在机械制造中常用单位为毫米(mm)。在精密测量中,常采用微米(μm)为单位。在角度测量中以度、分、秒为单位。

(3)测量方法:是指在进行测量时所采用的测量原理、测量器具和测量条件的总和。根据被测对象的特点,如精度、大小、轻重、材质、数量等来确定所用的计量器具;分析研究被测参数的特点及其与其他参数的关系,确定最合适的测量方法以及测量的主客观条件(如环境、温度)等。

(4)测量精度(即准确度):是指测量结果与真值的一致程度。由于任何测量过程总不可避免地会出现测量误差,误差大说明测量结果离真值远,精确度低。

因此精确度和误差是两个相对的概念。由于存在测量误差,任何测量结果都是以一近似值来表示,或者说测量结果的可靠性有效值由测量误差确定。

2. 测试

测试是指具有试验性质的测量,也可理解为试验和测量的全过程。

3. 检验

检验是判断被测物理量在规定范围内是否合格的过程,一般来说就是确定产品是否满足设计要求的过 程,即判断产品合格性的过程,通常不一定要测出具体值。几何量检验即是确定零件的实际几何参数是否在规定的极限范围内,以作出合格与否的判断。因此,检验也可理解为不要求知道具体值的测量。

4. 计量

计量是为实现测量单位的统一和量值的准确可靠而进行的测量。

(二)机械产品的质量检验

机械产品是工业产品的基础,其产品的用途极为广泛,涉及钢铁、机电、交通、运输、电工、电子、轻工、食品、石化、能源、采矿、冶炼、建筑、环保、医药、卫生、航空、航天、海洋、军工和农业等各领域。

1. 机械产品质量检验的基本概念

机械产品无论其尺寸形状、结构如何变化,都是由若干分散的、不具有独立使用功能的制造单元(零件)组成,或具有某种或某项局部功能的组件(部件),或具有综合性能的组装整体(整机)。由于机械产品用途千差万别,其结构性能就各不相同。因此,不但要对机械产品整机的综合性能进行评定,还必须对组成整机的每个零件的金属材料的化学成分(金属元素含量及非金属夹杂物含量)、金属材料的显微组织、材料(金属和非金属)的力学性能、尺寸几何参数、形状与位置公差、表面粗糙度等进行质量检验与测量。本书学习的是对尺寸几何参数、形状与位置误差及表面粗糙度的检验与测量。

2. 机械产品质量检验的主要内容

质量检验是生产过程中的特殊职能,它的任务是不但要挑出不良品,还应该对不良品产生的原因进行分析,寻找改进方案,采取预防措施,从根本上解决质量保证问题。根据

质量要领的定义，质量检验包括：

- (1)宣传产品的质量标准。
- (2)产品制造质量的度量。
- (3)比较度量结果与质量标准的符合程度。
- (4)作出符合性的判断。
- (5)合格品的安排(转工序、入库)。
- (6)不良品的处理(返修、报废)。
- (7)数据记录(为做好产品质量的统计分析提供依据)。
- (8)数据整理和分析。
- (9)提出预防不良品的方案，供决策者参考。

3. 机械产品质量检验的分类

产品的质量检验从原材料进厂制造过程中的各工序到出厂，整个过程都贯穿着质量检验工作。每个企业都根据本企业的具体情况设置检验机构，形成一个工作系统。采取各种方式和方法进行质量检验，不同的方法适用于不同的生产条件和检验目的，根据不同的方式分为以下各类。

- (1)按检验工作性质分类：尺寸精度检验、外观质量检验、几何形状位置精度检验、性能检验、可靠性检验、重复性检验、分析性检验。
- (2)按工艺过程分类：进厂检验、工序检验、入库检验。
- (3)按检验地点分类：定点检验和流动检验。
- (4)按产品检验后的性能分析分类：破坏性检验和非破坏性检验。
- (5)按检验数量分类：全数检验和抽样检验。
- (6)按预防性检验分类：首件检验、统计检验、频数检验。
- (7)按人员分类：自检、互检、专检。

4. 机械产品质量检验的基本步骤

机械产品质量检验的基本步骤如图 1-0-1 所示。

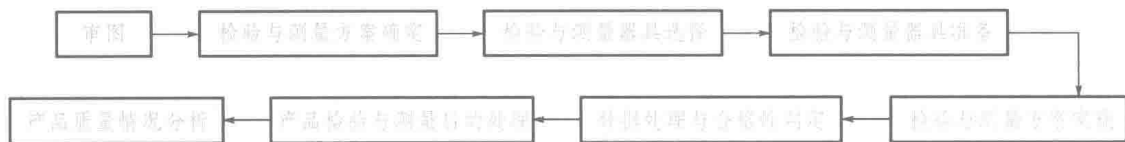


图 1-0-1 机械产品质量检验的基本步骤

5. 相关的制度

生产过程中的三检制度如下：

自检：由操作者自己对加工的产品按工艺文件要求进行检验并记录。

互检：由工序组长或班长、工段长等，对自己管辖的生产工人加工的产品，是否符合工艺文件要求进行的检验；也可由班组长，组织同工序人员检验对方加工的产品。

专检：由企业质检部门的检验员完成，凡自检或互检不合格的产品不得交验，经检验

不合格的产品应标识或隔离。未经检验不合格的产品不得转工序或入库，凡转工序或入库的产品须有检验人员签章的合格证明，凡没有检验合格的产品下道工序或库房保管应拒绝接收。

二、常用测量单位及其换算

对几何量进行测量时，必须有统一的长度计量单位。测量单位是测量工作中的原始标准，各国都作了具体规定。例如，我国传统习惯沿用的长度单位为丈、尺、寸、分、厘，叫做“市制”。英联邦国家采用的长度单位为码、英尺、英寸、英分，叫做“英制”。目前，大多数国家(包括我国)使用“米制”，以米为基本长度单位，“米制”被国际公认，定为国际标准。

拓展知识

米的定义

- 1791年法国国民议会决定通过巴黎的地球子午线的四千万分之一定义为1 m，并用铂铱合金做成实物基准——米原器。

- 1889年第一届国际计量大会批准米原器作为国际基准米尺。规定米的定义为：1米是在标准大气压和0℃时，国际基准米尺两端两刻线间的距离。为了保证国际间的互换性，并将复制品副尺分发签字国作为国家基准(主基准)，并定期与国际基准米尺校对。

- 由于米原器内部金属的不稳定性以及环境的影响，不能保证其不受损坏或长期不变，且复现的不确定度只能达 1.1×10^{-7} ，因此，在1960年，第11届国际计量大会上修改了米的定义。“1米为氪原子的2P₁₀和5d₅能级之间跃迁所对应的辐射在真空的1650763.73个波长的长度”，其复现不确定度为 4×10^{-9} 。从实物基准转换为自然基准是测量技术的一大飞跃。

- 由于激光技术的发展，激光的稳定性和复现性比氪基准高100倍以上，1983年第十七届国际计量大会根据国际计量委员会的报告，批准了米的新定义：“一米是光在真空中在 $1/299\,792\,458$ 秒(s)的时间间隔内所行进的路程的长度。”我国采用碘吸收稳定的 $0.633\ \mu\text{m}$ 氦氖激光辐射作为波长标准来复现“米”定义。

我国国务院于1984年发布了《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基础上，规定我国计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》，其中规定“米”(m)为长度的基本单位，同时使用米的十进制倍数和分数的单位。千米(km)、米(m)、毫米(mm)、微米(μm)间的换算关系如下： $1\ \text{mm} = 10^{-3}\ \text{m}$ ； $1\ \mu\text{m} = 10^{-3}\ \text{mm}$ 。在超精密测量中，长度计量单位采用纳米(nm)， $1\ \text{nm} = 10^{-3}\ \mu\text{m}$ 。

机械制造中常用的角度单位是度(°)、分(')、秒('')和弧度(rad)、微弧度(μrad)。用度做单位来测量角的制度叫做角度制。若将整个圆周分为360等分，则每一等分弧所对的圆心角的角度即为1度(°)；圆周一周所对的圆心角=360°(度)。度、分、秒的关系采用60进位制，即 $1^\circ = 60'$ (分)， $1' = 60''$ (秒)。用弧度做单位来测量角的制度叫做弧度制。与半径等长的弧所对的圆心角的弧度即为1弧度。圆周所对的圆心角=2π弧度=6.2832弧度(rad)。1μrad(微

弧度) = 10^{-6} rad(弧度)。角度和弧度的换算关系为: $1^\circ = 0.017\ 453\text{rad}$, 或 $1\text{rad} = 57.295\ 764^\circ$ 。

在生产实际工作中,我们常会遇到英制长度单位的零件,例如管子直径以英寸作为基本单位,它与法定长度的换算关系是 1 英寸(in)=0.0 254 米(m)=25.4 毫米(mm)。

我国的市制长度单位是(市)里、丈、尺、分,如 1 里=150 丈,1 丈=10 尺,1 尺=10 寸,1 寸=10 分。我国现行法定计量单位是国际制单位,市制单位已不使用。

※趣味实践:

1. 你的头发直径是多少?
2. 你正常情况下一步能跨多远?
3. 你的鞋子有多长?
4. 教室黑板有多长?

三、测量基准和量值的传递

1. 测量基准

测量基准是复现和保存计量单位并具有规定计量单位特性的计量器具。

在几何量计量领域内,测量基准可分为长度基准和角度基准两类。

(1)长度基准。要保证测量的统一性、权威性、准确性,必须建立国际长度基准。

复现及保存长度计量单位并通过它传递给其他计量器具的物质称为长度计量基准。长度计量基准分国家基准(主基准)、副基准和工作基准。

①国家基准(主基准)。国家基准是用来复现和保存计量单位,具有现代科学技术所能达到的最高准确度的计量器具,经国家鉴定并批准,作为统一全国计量单位量值的最高依据。如上述“米”的定义,推荐用激光辐射来复现它。

②副基准。副基准是通过直接或间接与国家基准对比来确定其量值并经国家鉴定批准的计量器具。它在全国作为复现计量单位的地位仅次于国家基准。

③工作基准。工作基准是经与国家基准或副基准校准或比对,并经国家鉴定,实际用以检定计量标准的计量器具。它在全国作为复现计量单位的地位仅在国家基准及副基准之下。设立工作基准的目的是不使国家基准和副基准由于使用频繁而丧失其应有的准确度或遭受损坏。

根据米的定义建立的国家基准、副基准和工作基准,一般都不能在生产中直接用于对零件进行测量。为了确保量值的合理和统一,必须按《国家计量检定系统》的规定,将具有最高计量特性的国家基准逐级进行传递,直至用于对产品进行测量的各种测量器具。

(2)角度基准。角度量与长度量不同。由于常用角度单位(度)是由圆周角定义的,即圆周角等于 360° ,而弧度与度、分、秒又有确定的换算关系,因此无需建立角度的自然基准。

2. 量值的传递

在机械制造中,自然基准普遍不便于直接应用。为了保证测量值的统一,必须把国家

基准所复现的长度计量单位量值经计量标准逐级传递到生产中的计量器具和工件上去,以保证对被测对象所测得的量值的准确和一致,这就是量值的传递,如图 1-0-2 所示。为此,需要在全国范围内从技术上和组织上建立起严密的长度量值传递系统。目前,线纹尺和量块是实际工作中常用的两种实体基准。

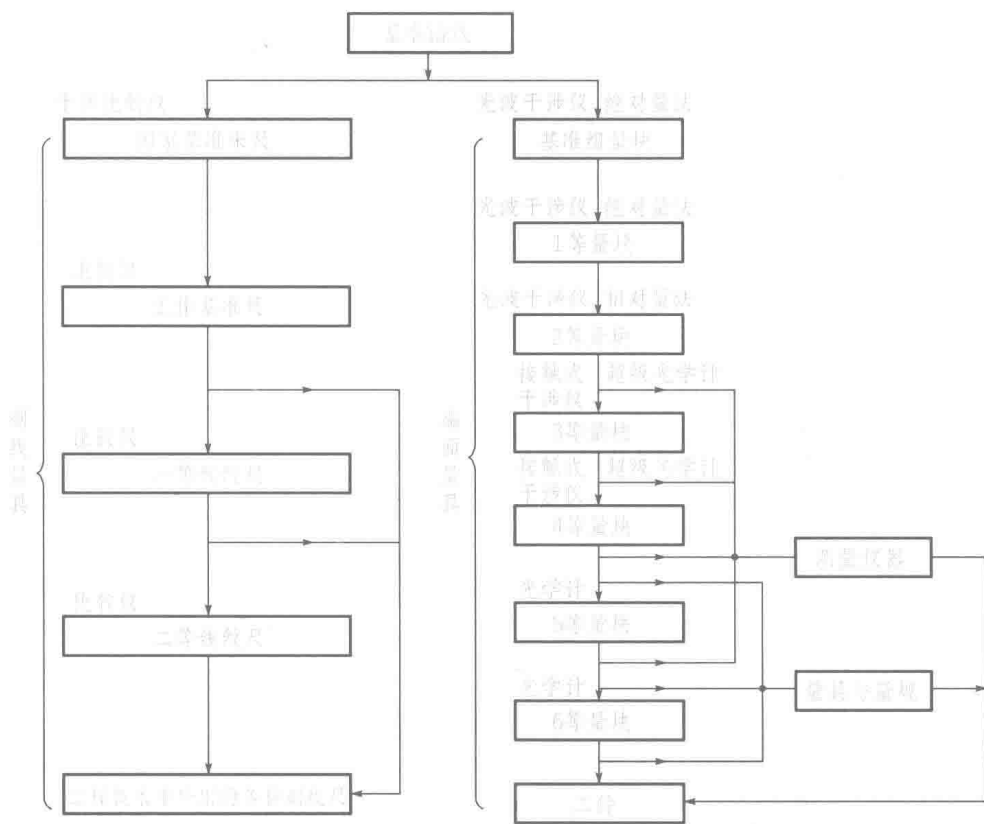


图 1-0-2 量值的传递

(1)在技术上,长度量值传递系统:一是由自然基准过渡到国家基准米尺、工作基准米尺再传递到工程技术中应用的各种刻线线纹尺至工件尺寸;二是由自然基准过渡到基准组量块,再传递到工作量块及各种计量器具至工件尺寸。

(2)在组织上,长度量值传递系统是由国家计量局、各地区计量中心,省、市计量机构一直到各企业的计量机构所组成的计量网,负责其管辖范围内的计量工作和量值传递工作。

3. 量块

量块是一种平行平面端面量具,又称块规。它是保证长度量值统一的重要常用实物量具。除了作为工作基准之外,量块还可以用来调整仪器、机床或直接测量零件。

(1)一般特性。量块是以前两端面之间的距离作为长度的实物基准(标准),是一种单值量具,其材料与热处理工艺应满足量块的尺寸稳定、硬度高、耐磨性好的要求。通常都用铬锰钢、铬钢和轴承钢制成。

(2)结构。绝大多数量块制成直角平行六面体,如图 1-0-3 所示;也有制成 $\phi 20$ 的圆柱

体。每块量块都有两个表面非常光洁、平面度精度很高的平行平面，称为量块的测量面(或称工作面)。量块长度(尺寸)是指量块的一个测量面上的一点至与量块相研合的辅助体(材质与量块相同)表面(亦称辅助表面)之间的距离。为了消除量块测量面的平面度误差和两测量面间的平行度误差对量块长度的影响，将量块的工作尺寸定义为量块的中心长度，即两个测量面的中心点的长度。

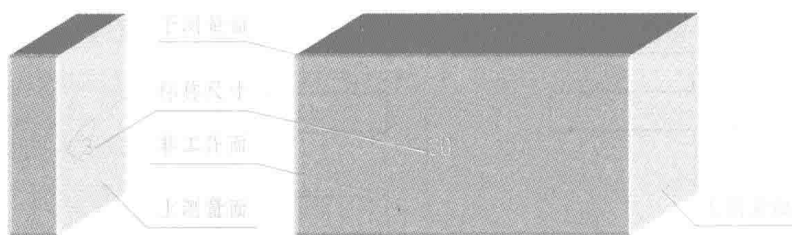


图 1-0-3 量块结构示意图

(3)精度。量块按其制造精度分为五个“级”：00、0、1、2 和 3 级。00 级精度最高，3 级最低。分级的依据是量块长度的极限偏差和长度变动量允许值。量块生产企业大都按“级”向市场销售量块，此时用户只能按量块的标称尺寸使用量块，这样必然受到量块中心长度实际偏差的影响，将其制造误差带入测量结果。

在量值传递工作中，为了消除量块制造误差对测量的影响，可按检定后量块的实际尺寸使用。各种不同精度的检定方法可以得到具有不同测量不确定度的量块，并依此划分量块的等别，如图 1-0-2 所示。量块检定后可得到每块量块的中心长度的实际偏差，显然同一套量块若按“等”使用可以得到更高的测量精度(较小的测量不确定度)。

(4)使用。单个量块使用很不方便，故一般都按序列将许多不同标称尺寸的量块成套配置，使用时根据需要选择多个适当的量块研合起来使用。通常，组成所需尺寸的量块总数不应超过五块。例如，为组成 89.765 mm 的尺寸，可由成套的量块中选出 1.005 mm、1.26 mm、7.5 mm、80 mm 四块组成，即

$$\begin{array}{rcl}
 & 89.765 & \cdots\cdots\cdots\text{所需尺寸} \\
 \text{—)} & 1.005 & \cdots\cdots\cdots\text{第一块} \\
 \hline
 & 88.76 & \\
 \text{—)} & 1.26 & \cdots\cdots\cdots\text{第二块} \\
 \hline
 & 87.5 & \\
 \text{—)} & 7.5 & \cdots\cdots\cdots\text{第三块} \\
 \hline
 & 80 & \cdots\cdots\cdots\text{第四块}
 \end{array}$$

(5)注意事项。量块在使用过程中应注意以下几点：

①量块必须在使用有效期内，超出期限应及时送专业部门检定。

②所选量块应先放入航空汽油中清洗，并用洁净绸布将其擦干，待量块温度与环境湿度相同后方可使用。

③使用环境良好，防止各种腐蚀性物质对量块的损伤及因工作面上的灰尘而划伤工作面，影响其研合性。

④轻拿、轻放量块，杜绝磕碰、跌落等情况的发生。

⑤不得用手直接接触量块,以免造成汗液对量块的腐蚀及手温对测量精确度的影响。

⑥使用完毕,应先用航空汽油清洗所用量块,并擦干后涂上防锈脂放入专用盒内妥善保管。

知识学习

2: 测量方法的分类

在长度测量中,测量方法是根据被测对象的特点来选择和确定的。被测对象的特点主要是指它的精度要求、几何形状、尺寸大小、材料性质以及数量等,其常用的测量方法见表 1-0-1。

表 1-0-1 常用的测量方法

分类方法	测量方法	含 义	说 明
按实测量是否 为被测量	直接测量	无需对被测量与其他实测量进行一定函数关系的辅助计算,直接得到被测量值的测量	测量精度只与测量过程有关,如用游标卡尺测量轴的直径、长度尺寸
	间接测量	通过直接测量与被测参数有已知关系的其他量而得到该被测参数量值的测量	测量的精度不仅取决于有关参数的测量精度,且与所依据的计算公式有关
按示值是否 为被测几何量 的整个量值	绝对测量	被测零件的数值大小可在量具或量仪上直接读出	如用游标卡尺、千分尺、测长仪等测量轴径
	相对测量 (又称比较测量)	先用标准量将量具调好零位,然后从量具上读出被测零件对标准量的偏差值,此偏差值与标准量的代数和即为被测零件的尺寸	不能直接读出被测数值的大小,在实际测量工作中也称比较法或微差法,如用量块调整比较仪测量直径
按零件上同 时被测参数的 多少	单项测量	对被测零件的某个参数进行单独测量	分析加工过程中造成疵品的原因时采用,如单独测量螺纹中径、螺距和牙型半角
	综合测量	被测零件的实际外形轮廓与标准外形轮廓之间相比较时,同时对影响被测零件质量的几个参数进行测量	能全面地评定零件各个参数的综合误差。如用投影仪检验零件轮廓;用螺纹极限量规检验螺纹;用双啮仪来评定齿轮质量等
按被测工件 表面与量仪之 间是否有机械 作用的测量力	接触测量	量具或量仪的触端直接与被测零件表面相接触得到测量结果	如用内径表测量孔径、外径千分尺测量圆柱体
	非接触测量	量具或量仪测头与被测零件表面不直接接触(表面无测力存在),而是通过其他介质(光、气流等)与零件接触得到测量结果	如光切显微镜测量表面粗糙度、在投影仪上将放大的零件轮廓图像与标准的图形相比较的测量方法

续表

分类方法	测量方法	含 义	说 明
按被测量是否在加工过程中	在线测量	零件在加工过程中进行的测量	测量结果直接用来控制零件的加工过程,能及时防止和消灭废品。主要应用在自动生产线上
	离线测量	零件加工完后在检验站进行的测量	测量结果仅限于发现并剔出废品
按被测量或零件在测量过程中所处的状态	静态测量	测量时被测表面与测量头是相对静止的,没有相对运动	如用千分尺测量零件的直径
	动态测量	测量时被测表面与测量器具的测量头之间有相对运动,它能反映被测参数的变化过程	如用激光丝杠动态检查仪测量丝杠等、用激光比长仪测量精密线纹尺
按决定测量结果的全部因素或条件是否改变	等精度测量	指决定测量精度的全部因素或条件都不变的测量,如同测量者、同一计量器具、同一测量方法、同一被测几何量所进行的测量	一般情况下都采用等精度测量
	不等精度测量	指在测量过程中,有一部分或全部因素或条件发生改变	测量的数据处理比较麻烦,只运用于重要的科研实验中的高精度测量

知识学习

3: 测量误差分析与数据处理

一、测量误差分析

由于测量过程的不完善而产生的测量误差,将导致测得值的分散度不确定。因此,在测量过程中,正确分析测量误差的性质及其产生的原因,对测得值进行必要的数据处理,获得满足一定要求的置信水平的测量结果,是十分重要的。

1. 测量误差

测量误差是被测量的测得值 x 与其真值 x_0 之差,即 $\Delta = x - x_0$ 。

由于真值是不可能确切获得的,因而上述用于测量误差的定义也是理想概念。在实际工作中往往将比被测量值的可信度(精度)更高的值,作为其当前测量值的“真值”。

2. 误差来源

测量误差主要由测量器具、测量方法、测量环境和测量人员等方面因素产生。