



高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 机械制造技术

## ——测量技术基础与训练

葛金印 组编  
邬建忠 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 机械制造技术

## ——测量技术基础与训练

葛金印 组编

邬建忠 主编

高等教育出版社

## 内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一，是根据教育部新一轮职业教育教学改革成果——最新研发的机电技术专业、数控技术专业人才培养方案中“机械制造技术——测量技术基础与训练核心课程标准”，并参照相关国家职业标准及有关行业的职业技能鉴定规范编写的。

本书包含基础部分和训练项目部分。基础部分介绍机械测量技术的相关基础知识。项目部分包含7个项目：轴类零件的测量；套类零件的测量；螺纹与蜗杆的测量；圆柱齿轮的测量；平面类零件的测量；箱体类零件的测量；复杂零件的测量。每个项目又分为若干个任务，便于开展教学和学生理解。同时，每个项目包括知识目标和技能目标，操作内容和操作注意事项等内容。

本书可作为高等职业院校机电技术专业和数控技术专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材及有关人员自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术——测量技术基础与训练/邬建忠主编.

—北京：高等教育出版社，2007.8

ISBN 978 - 7 - 04 - 022333 - 0

I. 机… II. 邬… III. ①机械制造工艺 - 高等学校：技术学校 - 教材②机械 - 测量 - 高等学校：技术学校 - 教材 IV. TH16 TG8

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第115622号

策划编辑 张春英 责任编辑 张大力 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉  
版式设计 余杨 责任校对 张颖 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 10.5  
字 数 250 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007年8月第1版  
印 次 2007年8月第1次印刷  
定 价 14.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22333-00

# 出版说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量，教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列，以打造优质教学资源，研发精品教学资源，增强服务意识，提高服务本领，支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，高等教育出版社深切地了解到从事高等职业技术教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中，他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨，以就业为导向，以能力为本位”的职教理念，符合中国国情，能够适合高素质技能型人才培养模式，适应实施理论实践一体化和项目教学法，且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展，服务于职业院校教师的教学，服务于职业院校学生的学习的指导思想，推出了本套满足高职院校机电专业、数控专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本套系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研，对劳动力市场人才需求分析，进行课题研究，研发专业人才培养方案，制定核心课程标准等技术程序，并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的，其主要特点为：

1. 本套系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系，以劳动与社会保障部颁发的相关国家职业标准为编写的依据之一，课程设置和教学内容与企业技术发展同步，贯彻了以就业为导向，突出职业岗位能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系；专业基础理论削枝强干，够用为度，兼顾发展；技能训练课程内容实行“项目化”，项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要，避免了教学内容的重复与交叉，给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 系列教材以最新的相关国家技术标准编写，融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实，通俗易懂，便于学生自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革不断深化，本套教材在推广使用中，将根据反馈信息和教学需求的变化，进行修订与完善。

高等教育出版社

# 前 言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，来自高等职业院校教学工作一线骨干教师和学科带头人，通过社会调研，对劳动力市场人才需求分析和进行课题研究，在企业有关人员积极参与下，研发了机电技术专业、数控技术专业人才培养方案，并制定了相关核心课程标准。本书是根据最新制定的“机械制造技术——测量技术基础与训练核心课程标准”编写的。

机械测量技术是现代制造业发展的重要基础之一，掌握并具备综合运用测量技术的能力，是对从事机械制造类专业人员的最基本要求。“机械测量技术基础与训练”旨在培养这方面能力而设置的重要的理论实践一体化的教学环节。为此，教材在编写时力求突出以下特点：

1. 以学生为本。着重培养学生的动手操作能力，以理论与实践相结合的方式，使学生在实践中逐步加深对理论的认识。对于不同专业、不同水平的学生，要求也不同，力求能够满足因材施教、分层教学的要求。

2. 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，使学生在真实的情境中去感受、体验，从而提高学习兴趣，掌握操作技能。

3: 以项目为引导、任务为驱动，打破常规的章节内容编写格式，以机械测量各项技能模块为主线，量具量仪的应用贯穿整个教学内容，让学生在用什么、学什么、会什么的过程中掌握专业技能和相关专业知识。

4. 本书的技能训练通过操作分析、技能训练、训练与评价、项目小结和思考与练习等环节的安排，使技能训练可操作性强。

5. 在教材结构上，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。

本教材的参考教学时数为60学时，使用时可根据具体情况删减部分内容。

课程教学时数建议(供参考)，其中带“\*”号为选学内容：

序号	主要内容	课时		
		理论	实践	总课时
第一部分	机械测量入门技术基础	6		6
第二部分	机械测量技术训练项目			
项目一	轴类零件的测量	2	8	10
项目二	套类零件的测量	2	6	8
项目三	螺纹与蜗杆的测量	3	7	10
项目四	圆柱齿轮的测量	2	4	6
项目五	平面类零件的测量	1	3	4
项目六	箱体类零件的测量	2	4	6
项目七	复杂零件的测量	2	4	6
机动				4
	合计	20	36	60

本书由江苏省惠山职业教育中心校邬建忠任主编。具体编写分工如下：邬建忠编写了第一部分的<sub>任务一、二、三</sub>，第二部分的<sub>项目一、项目二和附录</sub>；无锡机电高等职业技术学校陈爱民编写了第二部分的<sub>项目三和项目四</sub>；常州刘国钧高等职业技术学校梅荣娣编写了第一部分的<sub>任务四</sub>和第二部分的<sub>项目五、项目六、项目七</sub>。

本书由张国军审稿并由本套系列教材组编葛金印终审，他们对书稿提出了许多宝贵修改意见和建议，提高了书稿质量，在此一并表示衷心的感谢！

本书作为课程改革成果系列教材，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  
2007年6月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118

# 目 录

## 第一部分 机械测量入门技术基础

任务一 了解机械测量技术的相关知识	1	任务四 测量与计算方法实例	18
任务二 机械测量的常用量具和仪器	4	小结	22
任务三 常用量具和仪器的选用及维护	15	思考与练习	22

## 第二部分 机械测量技术训练项目

项目一 轴类零件的测量	23	任务一 圆柱齿轮测量技术基础	96
任务一 轴类零件测量技术基础	23	任务二 圆柱齿轮参数的测量	98
任务二 轴类零件直径的测量	26	小结	106
任务三 轴类零件长度的测量	37	思考与练习	107
任务四 轴类零件锥度的测量	43	项目五 平面类零件的测量	108
任务五 轴类零件位置公差的测量	48	任务一 平面测量技术基础	108
任务六 偏心距的测量	54	任务二 用平面度检查仪测量平台的直 度误差	110
小结	56	任务三 用千分表测量平面度误差	120
思考与练习	56	小结	124
项目二 套类零件的测量	57	思考与练习	124
任务一 套类零件测量技术基础	57	项目六 箱体类零件的测量	126
任务二 套类零件孔径的测量	59	任务一 箱体类零件测量技术基础	126
任务三 套类零件深度的测量	65	任务二 箱体类零件位置误差的测量	128
任务四 套类零件形位公差的测量	67	小结	136
任务五 套类零件表面粗糙度的测量	72	思考与练习	136
小结	77	*项目七 复杂零件的测量	139
思考与练习	77	任务一 复杂零件测量技术基础	139
项目三 螺纹与蜗杆的测量	79	任务二 样板的测量	140
任务一 螺纹与蜗杆测量技术基础	79	任务三 曲面零件的测量	145
任务二 三角形螺纹的测量	82	任务四 非整圆弧的测量	148
任务三 梯形螺纹的测量	92	任务五 三坐标测量机应用 技术常识	152
任务四 蜗杆的测量	94	小结	155
小结	95	思考与练习	155
思考与练习	95		
项目四 圆柱齿轮的测量	96		
附录	157		
附录一 实训守则	157		
附录二 实验实训设备配置建议	158		
参考文献	159		



# 第一部分 机械测量入门技术基础

## 【知识目标】

- 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。
- 了解测量器具与测量方法的分类，理解测量器具主要技术性能指标。
- 了解现代测量技术发展状况，理解测量误差分析与数据处理的基础常识。
- 了解量具量仪选用的要求及方法，熟悉量具量仪的日常使用与维护技术。

## 任务一 了解机械测量技术的相关知识

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科学。而熟知测量技术方面的基础知识，则是掌握测量技能，独立完成对机械产品几何参数测量的基础。

## 【基础知识】

### ➤ 知识链接 1 机械测量技术的基本概念

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。在测量中假设  $L$  为被测量值， $E$  为所采用的计量单位，那么它们的比值为

$$q = \frac{L}{E}$$

这个公式的物理意义说明，在被测量值  $L$  一定的情况下，比值  $q$  的大小完全决定于所采用的计量单位  $E$ ，而且是成反比关系。同时它也说明计量单位的选择决定于被测量值所要求的精确程度，这样经比较而得的被测量值为

$$L = qE$$

因此，测量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，就是将被测量对象(轴的直径)用特定测量方法(使用游标卡尺测量)与长度单位(mm)相比较。若其比值为 30.52，准确度为  $\pm 0.03$  mm，则测量结果可表达为  $(30.52 \pm 0.03)$  mm。

由上可知，任何一个测量过程必须有被测的对象和所采用的计量单位。此外还有二者是怎样进行比较和比较以后它的精确程度如何的问题，即测量的方法和测量的精确度问题。这样，

任何测量过程都包含测量对象、计量单位、测量方法及测量精确度等4个要素。本章只涉及机械制造中最普遍的测量对象，即几何量的测量。

**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。由于几何量的种类繁多，形状各式各样，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。

**计量单位：**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)，其他常用单位有毫米(mm)和微米( $\mu\text{m}$ )。在角度测量中以度、分、秒为单位。

**测量方法：**是指在进行测量时所采用的计量器具和测量条件的综合。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和它与其他参数的关系，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。

**测量的精确度(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，任何测量结果都以一近似值来表示，或者说测量结果的可靠性、有效值是由测量误差确定的。

## 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

为实现测量单位的统一和量值准确可靠的测量。

### ► 知识链接2 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”。英国及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。

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的基础上，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( $\mu\text{m}$ )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( $^{\circ}$ )、分(')、秒(")和弧度(rad)、微弧度( $\mu\text{rad}$ )。用度作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 $1^{\circ}$ (度);圆周一周所对之圆心角 $=360^{\circ}$ (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 $=2\pi$ 弧度 $=6.2832$  rad(弧度)。 $1\ \mu\text{rad}$ (微弧度) $=10^{-6}$  rad(弧度)。角度和弧度的换算关系为: $1^{\circ}=0.017453$  rad,或 $1\ \text{rad}=57.295764^{\circ}$ 。

在生产实际工作中,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 $1\ \text{in}$ (英寸) $=0.0254\ \text{m}$ (米) $=25.4\ \text{mm}$ (毫米)。

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

### ► 知识链接3 测量基准和量值的传递

#### 一、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

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:即“一米是光在真空中在 $1/299\,792\,458\ \text{s}$ (秒)的时间间隔内所行进的路程的长度”。

##### (1) 定义

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。

##### (2) 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。

##### (3) 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,地位仅次于国家基准。

##### (4) 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 $360^{\circ}$ ,

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。

## 二、量值的传递

在机械制造中，自然基准不便于普遍直接应用。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。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。

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；另一系统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。

## 任务二 机械测量的常用量具和仪器

### 【基础知识】

#### ➤ 知识链接 1 测量方法与测量器具的分类

##### 一、量具与量仪的分类

量具是指用来测量或检验零件尺寸的器具，结构比较简单。这种器具能直接指示出长度的单位、界限。例如量块、角尺、卡尺、千分尺等。

量仪是指用来测量零件或检定量具的仪器，结构比较复杂。它是利用机械、光学、气动、电动等原理，将长度单位放大或细分的测具，例如气动量仪、电感式测微仪、立式接触干涉仪、测长仪和万能工具显微镜等。

量器量仪可以按计量学的观点进行分类，也可以按器具本身的结构、用途和特点进行分类。

按用途、特点，量具、量仪一般可分为：

##### 1. 标准量具与量仪

量具——这种量具只有某一个固定尺寸，通常是用来校对和调整其他计量器具或作为标准用来与被测工件进行比较。如量块、直角尺、各种曲线样板及标准量规等。

量仪——激光光波比较仪、光波干涉比较仪、立式光学计等。

##### 2. 极限量规

是一种没有刻度的专用检验工具，用这种工具不能得出被检验工件的具体尺寸，但能确定被检验工件是否合格。

##### 3. 检验夹具

也是一种专用的检验工具，当配合各种比较仪时，能用来检查更多和更复杂的参数。

##### 4. 通用量具与量仪

量具——卡规、塞规、环规、塞尺、钢直尺、游标卡尺、千分尺、杠杆千分尺、半径样

板、深度尺、高度尺等。

量仪——百分表、杠杆百分表、测微仪、测长仪、大型工具显微镜、万能工具显微镜、投影仪、光学比较仪等。

量仪按其工作原理还可以分为如下五类：

#### (1) 机械量仪

机械量仪是利用杠杆、齿轮、弹簧等作为传动放大结构，通过读数装置表现出来的一种测量仪器，例如百分表、千分表、扭簧测微仪、杠杆齿轮式测微仪等。

#### (2) 光学量仪

光学量仪是利用光的反射原理所构成的光学杠杆放大作用制成的测量仪器，例如光学比较仪、测长仪、工具显微镜、投影仪等。

#### (3) 气动量仪

气动量仪是利用压缩空气流过零件表面时压力或空气流量变化的原理构成的测量仪器，例如水柱式气动量仪、水银式气动量仪、浮标式气动量仪、膜片式气动量仪和波纹管式气动量仪等。

#### (4) 电动量仪

电动量仪是将长度尺寸的变化转变为电感、电容等电学量变化的测量仪器，例如电感式比较仪等。

#### (5) 光栅式量仪

如光栅测量仪、光栅式分度头等。

### 5. 测角量具与量仪

量具——角尺、正弦规、万能角度尺、圆锥量规、正切尺、角度量块和锥度样板等。

量仪——水平仪、光学分度头(盘)、光学测角仪、光学倾斜仪和光学合像水平仪等。

### 6. 检测集合形状与相互位置的量具与量仪

量具——平晶、平台、样板平尺等。

量仪——偏摆检查仪、圆度仪和平直度测量仪等。

### 7. 检测表面粗糙度的量具与量仪

量具——表面粗糙度样板。

量仪——干涉显微镜、轮廓仪(电感式、压电式)和光切显微镜等。

### 8. 检测螺纹的量具与量仪

量具——螺纹千分尺和螺纹量规(螺纹规、螺纹环规)等。

量仪——螺距测量仪、丝杠测量仪等。

### 9. 检测齿轮的量具与量仪

量具——公法线千分尺、齿厚游标卡尺等。

量仪——渐开线齿形检查仪、周节检查仪、基节仪、单面啮合检查仪、双面啮合检查仪、滚刀检查仪、导程检查仪和齿向检查仪等。

各种形式的量具量仪都具有一个共同点，即它们必须具有检测、比较、显示标准值和被测值之间的差别等三个基本功能。它们其他的一些功能可以满足多样化的需要。

## 二、测量方法

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。测量方法主要有以下几种：

### 1. 直接测量

无需对被测量值与其他实测量值进行一定函数关系的辅助计算，直接得到被测量值的测量。

直接测量又可分为绝对测量与相对(比较)测量。

若由仪器刻度尺上读出被测参数的整个量值，这种测量方法称为绝对测量，例如用游标尺、千分尺测量零件的直径。

若由仪器刻度尺指示的值只是被测参数对标准量的偏差，这种测量方法称为相对(比较)测量。由于标准量是已知的，因此被测参数的整个量值等于仪器所指偏差与标准量的代数和。例如用量块调整比较仪测量直径。

### 2. 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。例如，在测量大的圆柱形零件的直径  $D$  时，可以先测量出其圆周长  $L$ ，然后通过  $D = L/\pi$  公式计算零件的直径  $D$ 。

间接测量的精确度将取决于有关参数的测量精确度，并与所依据的计算公式有关。

### 3. 综合测量

指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。这种方法能全面地评定零件各个参数的综合误差。综合误差并不等于各个参数单项误差的总和，因为单项误差可以产生相互补偿。例如，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。

### 4. 单项测量

指对被测零件的某个参数进行单独测量，如测量齿轮公法线长度，又如个别测量螺纹中径、螺距和半角。这种测量方法不能直接肯定零件各部分的综合误差是否超过了总的公差带。分析加工过程中造成次品的原因时，多采用单项测量。

### 5. 接触测量

指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。在接触测量中，按接触形式可分为如下三类：

#### (1) 点接触

量具测头与被测表面呈点状接触，如用内径表测量孔径。

#### (2) 线接触

量具测头与被测表面呈线状接触，如用外径千分尺测量圆柱体。

#### (3) 面接触

量具测头与被测表面呈面状接触，如用平尺测量导轨表面。

### 6. 非接触测量

指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。例如，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，即属此类。

### 7. 绝对测量

指被测零件的数值大小可在量具或量仪上直接读出, 如用卡尺、千分尺、测长仪等测量零件尺寸。

#### 8. 相对测量

指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大小。相对测量不能直接读出被测数值的大小, 它在实际测量工作中也称比较法或微差法。

#### 9. 被动测量

零件加工后进行的测量。此时测量结果仅限于发现并剔出废品。

#### 10. 主动测量

零件在加工过程中进行的测量。此时测量结果直接用来控制零件的加工过程, 决定是否继续加工或需调整机床或采取其他措施, 因此能及时防止与消灭废品。

由于主动测量具有一系列优点, 因此是技术测量的主要发展方向。主动测量的推广应用将使技术测量和加工工艺最紧密地结合起来, 从根本上改变技术测量的被动局面。

#### 11. 静态测量

测量时, 被测表面与测量头是相对静止的。例如用千分尺测量零件直径。

#### 12. 动态测量

测量时, 被测表面与测量头有相对运动, 能反映被测参数的变化过程, 如用激光比长仪测量精密线纹尺, 用激光丝杠动态检查仪测量丝杠等。

动态测量也是技术测量的发展方向之一。它能较大地提高测量效率和保证测量精度。

### ► 知识链接 2 测量器具的主要技术性能指标

#### 1. 刻度间距 $C$

刻度间距是测量器具标尺或圆刻度盘上两相邻刻线中心之间的距离或圆弧长度(图 1-0-1)。刻度间距太小, 会影响估读精度, 太大则会加大读数装置的轮廓尺寸。为适于人眼观察, 刻度间距一般为 0.75 ~ 2.5 mm。

#### 2. 分度值 $i$ (亦称刻度值、分辨力)

分度值是每个刻度间距所代表的量值或指量仪显示的最末一位数字所代表的量值。在长度测量中, 常用的分度值有 0.01 mm、0.005 mm、0.002 mm 以及 0.001 mm 等几种(图 1-0-1 所示仪器中分度值为 0.001 mm)。对于有些量仪(如数字式量仪), 由于是非刻度盘指针显示, 就不称为分度值, 而称分辨力。

#### 3. 灵敏度 $S$

灵敏度是指针对标尺的移动量  $dL$  与引起此移动量的被测几何量的变动量  $dX$  之比, 即  $S = dL/dX$ 。灵敏度亦称传动比或放大比, 它表示测量器具放大微量的能力。

#### 4. 示值范围

示值范围是指测量器具所能显示或指示的被测量起始值到终止值的范围。例如图 1-0-1 所示比较仪的示值范围为  $\pm 100 \mu\text{m}$ 。

#### 5. 测量范围

测量范围是指测量器具的误差处于规定极限内, 所能测量的被测量最小值到最大值的范

围,如图 1-0-1 所示比较仪,悬臂的升降可使测量范围达到 0~180 mm。

#### 6. 示值误差

示值误差是指测量器具显示的数值与被测几何量的真值之差。示值误差是代数值,有正、负之分。一般可用量块作为真值来检定出测量器具的示值误差。示值误差愈小,测量器具的精度就愈高。

#### 7. 示值变动性

示值变动性是指在测量条件不作任何改变的情况下,同一被测测量进行多次重复测量读数,其结果的最大差异。

#### 8. 回程误差

回程误差是指在相同情况下,测量器具正反行程在同一点示值上被测量值之差的绝对值。引起回程误差的主要原因是量仪传动元件之间存在间隙。

#### 9. 测量力

测量力是指接触测量过程中测头与被测物体之间的接触压力。过大的测量力会引起测头和被测物体的变形,从而引起较大的测量误差,较好的测量器具一般均设置有测量力控制装置。

#### 10. 不确定度

不确定度是指由于测量误差的存在而对被测量值的不肯定程度。不确定度从估计方法上可归纳成两类:一类为多次重复测量,并用统计法计算而得的标准偏差;另一类为用其他方法估计而得的近似标准偏差(包括系统误差随机化的标准偏差)。两类标准偏差可按方和根法合成,得到综合不确定度。此范围内也可以根据需要,乘以其他置信因子求得总的

#### 11. 允许误差

允许误差是指技术规范、规程等对给定测量器具所允许的误差极限值。

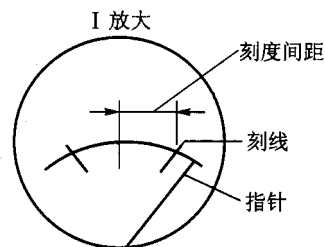
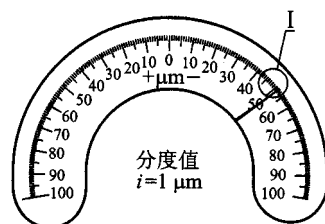
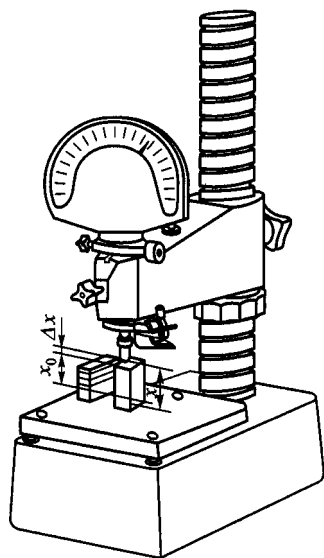


图 1-0-1 比较仪及其刻度盘

### ► 知识链接 3 常用长度测量器具及其发展

#### 一、常用长度计量仪器

长度计量仪器的种类较多,采用的原理也各式各样,这里就生产中常用的仪器作简单介绍。

#### 1. 机械式量仪

生产中常用的有游标尺、千分尺、千分表、扭簧比较仪、内径测量仪和齿厚卡尺等计量器具。在后面各部分内容中我们将分别作介绍。



## 2. 电动式量仪

电动式量仪种类很多,一般可分为电接触式、电感式、电容式、电涡流式和感应同步器等。

电感式量仪的传感器一般分为电感式和互感式两种。电感式又可分为气隙式、截面式和螺管式三种。互感式也可分为气隙式和螺管式两种。

## 3. 气动量仪

气动量仪是利用气体在流动过程中某些物理量(流量、压力、流速等)的变化来实现长度测量的一种装置。一般由4个部分组成:过滤器、稳压器、指示器和测量头等。过滤器是将气源来的压缩空气进行过滤,清除其中的灰尘、水和油分,使空气干燥和清洁;稳压器是使空气的压力保持恒定;指示器是将工件尺寸变化转变为压力(或流量)变化,并指出尺寸变化大小;测量头是用来感受被测尺寸的变化。

气动量仪一般可分为气压计式和流量计式两类。前者是用气压计指示工件尺寸的变化,后者是用气体流量计指示工件尺寸的变化。

流量计式气动量仪是将工件尺寸变化转换成气体流量的变化,然后通过浮标在锥形玻璃管中浮动的位置进行读数。

## 4. 光学机械式量仪

光学机械式计量仪器在机械制造和仪器制造中应用比较广泛,其种类和型号也各式各样。但在长度测量中,光学计、测长仪、测长机、接触式干涉仪是具有代表性的仪器。

### 二、现代测量技术发展

在老式的坐标测量机中,常用光学刻度尺作为检测元件。随着生产的发展,光学刻度尺的使用愈来愈少。数字显示越来越多。如数显式游标卡尺(图1-0-2)、数显式外径千分尺(图1-0-3)、数显式公法线千分尺(图1-0-4)、数显式螺纹中径千分尺(图1-0-5)、数显式千分表(图1-0-6)、数显式角度仪(图1-0-7)。

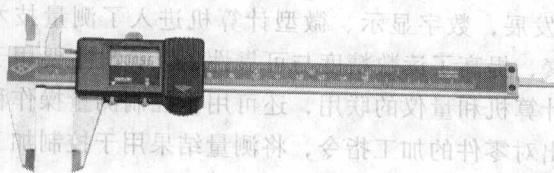


图 1-0-2 数显式游标卡尺

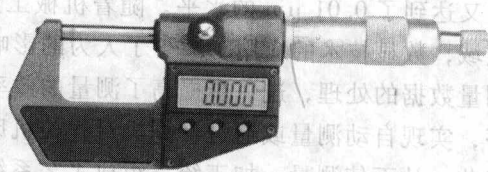


图 1-0-3 数显式外径千分尺

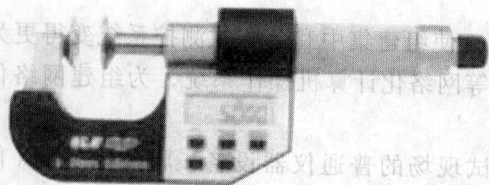


图 1-0-4 数显式公法线千分尺

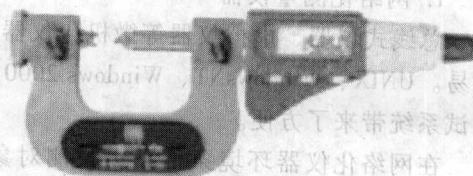


图 1-0-5 数显式螺纹中径千分尺