

几何量公差与检测 实验指导书

(第二版)

甘永立 主编

上海科学技术出版社

几何量公差与检测实验指导书

(第 二 版)

甘永立 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

《几何量公差与检测》课程即《互换性与测量技术基础》课程。本书是与《几何量公差与检测》或《互换性与测量技术基础》基本教材配套使用的教材。

本书编写了线性尺寸测量、表面粗糙度测量、形位误差测量、圆锥角测量、圆柱螺纹测量和圆柱齿轮测量等方面的22个实验,还编写了几何量测量基础知识。

本书供高等院校机械类各专业师生在教学中使用,也可作为继续教育院校机械类各专业的教材。

几何量公差与检测实验指导书

(第二版)

甘永立 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海发行所发行 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 6 字数 137 000

1989年3月第1版

1995年2月第2版 1998年3月第11次印刷

印数 64 101—71 100

ISBN 7-5323-3687-5/TG·99(课)

定价: 4.70 元

如有质量问题,请与厂质量科联系。T:56628900×13

第二版前言

《几何量公差与检测》课程即《互换性与测量技术基础》课程，是机械类各专业的一门主干技术基础课。

根据机械工业部教育局高字 1982 年第 17 号文和教学便字 1987 年第 0005 号文的指示，上海科学技术出版社分别于 1985 年和 1987 年出版了《几何量公差与检测》基本教材和《几何量公差与检测习题试集》，辅助教材。前者于 1989 年出版第二版书，1993 年出版第三版书；后者于 1991 年出版第二版书，1995 年出版第三版书。根据国家机械工业委员会教育局教高便字 1987 年第 050 号文的指示，上海科学技术出版社于 1989 年出版了《几何量公差与检测实验指导书》辅助教材，以与上述两本教材配套使用。此外，吉林省教育音像制品出版社于 1992 年出版了《几何量公差与检测实验教学指导》音像教材。

《几何量公差与检测》（第二版）基本教材 1992 年获第二届全国高等学校机电类专业优秀教材二等奖。《几何量公差与检测实验教学指导》音像教材 1993 年获第二届吉林省普通高等学校优秀教学成果二等奖。

实验课是本课程的重要教学环节。通过实验课，可以使使学生熟悉有关几何量测量的基础知识、测量方法和常用计量器具的使用方法，同时可以巩固学生在课堂上所学的内容，培养学生的基本技能和动手能力。经过六年教学的实践和本学科的发展，我协作组决定出版第二版《几何量公差与检测实验指导书》辅助教材，以进一步满足教学的需要。

本书共七章，包括几何量测量基础知识及线性尺寸测量、表面粗糙度测量、形位误差测量、圆锥角测量、圆柱螺纹测量和圆柱齿轮测量等方面的 22 个实验，系统地介绍有关计量器具的测量原理和使用方法。各校根据具体的设备条件和不同专业的教学要求，可选作本书中的一些实验，示范表演另一些实验。

第一版和第二版教材均由吉林工业大学甘永立主编。第二版教材的作者如下：第一章甘永立，第二章实验一和实验二湖南大学刘婉琴，实验三和第四章实验九湖南大学周海萍，第三章实验四、实验五和实验六安微工学院励福娣，第四章实验七、实验八和第七章实验十五和实验十九吉林工业大学杨雪，第四章实验十和实验十一洛阳工学院武充沛，第五章实验十二和第六章实验十三、实验十四西安理工大学骆光贤，第七章实验十六、实验十七和实验二十一哈尔滨科学技术大学丁喜波、韩桂芹，实验十八和实验二十北京机械工业学院丁裕栋、王慧勤，实验二十二哈尔滨电工学院刘芳辉。

第二版教材的审稿人如下：于春泾、王士立、方亚彬、李梅山、金嘉琦、孔晓玲、忻忠英、吴树梅、苏和、柴畅、胡鹏浩、黄美发、傅景顺、裴玲。

本书在编写过程中得到机械工业部教育司的指导和支持，得到部属各高等院校的帮助和支持，谨在此表示衷心的感谢。

由于我们水平的限制,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

机械工业部部属高等院校
《几何量公差与检测》课程协作组

1995年元月

实验规则

1. 实验前按实验指导书有关内容进行预习,了解本次实验的目的、要求和测量原理。
2. 按规定的时间到实验室。入室前,穿上工作服和拖鞋。除与本次实验有关的书籍和文具外,其他物品不得携入室内。
3. 实验室内保持整洁、安静,严禁吸烟,不准乱扔纸屑和废棉花,不准随地吐痰。
4. 开始作实验之前,应在教师指导下,对照量具量仪,了解它们的结构和调整、使用方法。
5. 作实验时,须经教师同意后方可使用量具量仪。在接通电源时,要特别注意量仪所要求的电压。实验中要严肃认真,按规定的操作步骤进行测量,记录数据。操作要仔细,切勿用手触摸量具量仪的工作表面和光学镜片。
6. 要爱护实验设备,节约使用消耗性用品。若量具量仪发生故障,应立即报告教师进行处理,不得自行拆修。
7. 凡与本次实验无关的量具量仪,均不得动用或触摸。
8. 对量具量仪的精密金属表面(如量块、量仪工作台、顶尖等)和被测工件,要先用优质汽油洗净,再用棉花擦干后使用。测量结束后要再次清洁这些表面,并均匀涂上防锈油。
9. 实验完毕,要切断量仪的电源,清理实验场地,将所用的实验设备整理好,放还原处,认真书写实验报告。经教师同意后,方能离开实验室。
10. 凡不遵守实验规则经指出而不改正者,教师有权停止其实验。如情节严重,对实验设备造成损坏者,应负赔偿责任,并给予处分。

实验报告的内容和要求

学生对所作的实验应该做到测量原理清楚,测量方法和操作步骤正确,测量数据比较可靠,而且会处理测量数据,会查阅公差表格。

实验报告应由每个学生个人独立完成,用钢笔或圆珠笔工整书写。报告内容要层次清楚,文字简明通顺,图、表清晰。

实验报告的一般内容如下:

1. 实验名称;
2. 所用量具量仪的名称、分度值、测量范围和示值范围;
3. 调整量仪示值零位所选用的量块的尺寸;
4. 被测工件的名称、基本尺寸、极限偏差或公差以及测量草图(注明被测部位);
5. 测量数据(列表,并注明数据的计量单位和有关符号)和数据处理结果;
6. 测量结论。

必要时,可要求画出工件尺寸公差带图,确定安全裕度和计量器具不确定度的允许值,以及书写误差分析和实验心得。

目 录

实验规则	1
实验报告的内容和要求	2
第一章 几何量测量基础知识	1
第二章 线性尺寸测量	8
实验一 用比较仪测量光滑极限量规	8
实验二 用测长仪测量光滑极限量规	15
实验三 用内径指示表测量孔径	19
第三章 表面粗糙度测量	21
实验四 用光切显微镜测量表面粗糙度	21
实验五 用干涉显微镜测量表面粗糙度	25
实验六 用电动轮廓仪测量表面粗糙度	28
第四章 形状和位置误差测量	32
实验七 直线度误差测量	32
实验八 平面度误差测量	41
实验九 圆度误差测量	44
实验十 径向和端面圆跳动测量	51
实验十一 箱体零件上位置尺寸和位置误差的测量	52
第五章 圆锥角测量	58
实验十二 用正弦尺测量圆锥角	58
第六章 圆柱螺纹测量	60
实验十三 在大型工具显微镜上用影象法测量外螺纹	60
实验十四 用三针法测量外螺纹的单一中径	64
第七章 圆柱齿轮测量	67
实验十五 齿轮齿距偏差和齿距累积误差测量	67
实验十六 齿轮齿圈径向跳动测量	71
实验十七 齿轮双面啮合综合测量	73
实验十八 齿轮齿形误差测量	76
实验十九 齿轮基节偏差测量	80
实验二十 齿轮齿向误差测量	81
实验二十一 齿轮齿厚偏差测量	83
实验二十二 齿轮公法线长度变动和平均长度偏差测量	85

第一章 几何量测量基础知识

一、几何量测量的基本概念

零件加工后,其几何量需要加以测量或检验,以确定它们是否符合零件图样上给定的技术要求。几何量测量是指为了确定被测几何量的量值,将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较,从而得出两者比值的过程。这可用下式表示:

$$x = qE$$

式中 x ——被测几何量;
 E ——所采用的计量单位;
 q ——比值。

由上式可知,任何一个几何量测量过程必须有被测对象和所采用的计量单位。此外,还包含:两者应怎么进行比较(即应采用适当的测量方法),并应保证测量结果准确可靠(即应保证测量精度)。

二、测量方法的分类

在几何量测量中,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、形状、尺寸大小、材质和数量等。

测量方法主要有以下几种。

1. 按所测的几何量是否欲测的几何量,可分为直接测量和间接测量。

直接测量是指所测的几何量就是欲测的几何量。例如,用游标卡尺、千分尺和测长仪测量轴径或孔径,用公法线千分尺测量齿轮公法线长度。

间接测量是指测量与被测几何量有一定函数关系的几何量,然后通过函数关系,求出被测几何量的量值。例如,用正弦尺测量圆锥角,用三针法测量螺纹的单一中径。

间接测量的测量误差通常比直接测量的大。

2. 按计量器具上的示值是否被测几何量的整个量值,可分为绝对测量和相对测量。

绝对测量是指计量器具显示或指示的示值是被测几何量的整个量值。例如,用游标卡尺或千分尺测量轴径或孔径。

相对测量(比较测量)是指计量器具显示或指示的示值是被测几何量相对于已知标准量(通常用量块体现)的偏差,被测几何量的量值为已知标准量与该偏差值的代数和。例如,用比较仪测量轴径或孔径,用公法线指示规测量齿轮公法线长度。

相对测量的测量精度一般比绝对测量的高。

3. 按测量时计量器具的测头与被测表面是否接触,可分为接触测量和非接触测量。

接触测量是指测量时计量器具的测头与被测表面接触,并有机作用力的测量力。例如,用比较仪和测长仪测量轴径或孔径。

用接触测量法测量不同形状的被测表面时,应选用相应形状的测头。例如,测量球面、平面和圆柱面应分别采用平面测头、球面测头和刀口测头。

非接触测量是指测量时计量器具的测头不与被测表面接触。例如,用光切显微镜(双管显微镜)测量表面粗糙度,在工具显微镜上用影象法测量螺纹。

4. 按工件上同时测量被测几何量的多少,可分为单项测量和综合测量。

单项测量是指对工件上的一个几何量进行单独测量。例如,用工具显微镜测量螺纹牙型半角,用公法线千分尺或公法线指示规测量齿轮公法线长度。

综合测量是指同时对影响工件精度的几个几何量进行测量。例如,用齿轮单啮仪测量齿轮误差。

三、计量器具的主要计量参数

计量器具的计量参数是表征计量器具技术性能和功用的指标,也是选择和使用计量器具的依据。参看图 0-1, 计量器具的主要计量参数如下。

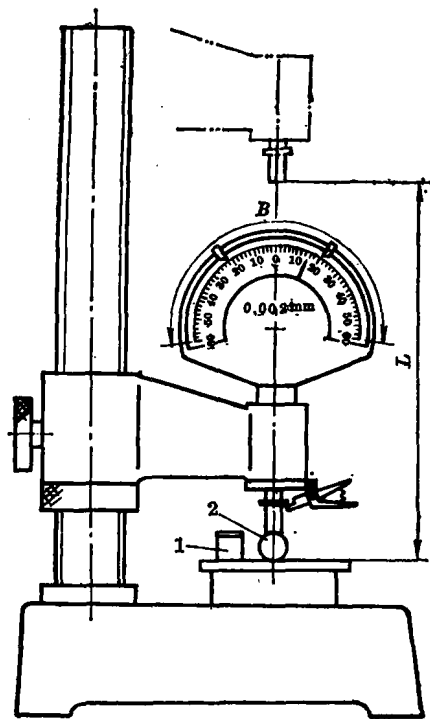


图 0-1 机械比较仪

1—量块; 2—被测工件

1. 刻度间距

刻度间距是指计量器具的标尺或刻度盘上任意两相邻刻线中心之间的距离,一般取为 $1 \sim 2.5\text{mm}$ 。

2. 分度值

分度值也称刻度值,是指标尺或刻度盘上每一个刻度间距所代表的量值。例如,光学比较仪的分度值为 0.001mm ,公法线千分尺的分度值为 0.01mm 。

对于没有标尺或刻度盘的计量器具就不称分度值,而称分辨率。分辨率是指计量器具显示的最末一位数所代表的量值。例如,蔡司(ZEISS)光栅测长仪的分辨率为 $0.2\mu\text{m}$ 。

3. 示值范围

示值范围是指计量器具所能显示或指示的最低值(起始值)到最高值(终止值)的范围。例如,图 0-1 所示机械比较仪刻度盘所能指示的最低值为 $-60\mu\text{m}$, 最高值为 $+60\mu\text{m}$, 因此示值范围 B 为 $-60\mu\text{m}$ 到 $+60\mu\text{m}$ 。再如, $25\sim 50\text{mm}$ 公法线千分尺的示值范围为 25mm 到 50mm 。

4. 测量范围

测量范围是指在允许的测量误差范围内, 计量器具所能测出被测几何量量值的下限值到上限值的范围。测量范围上限值与下限值之差称为量程。例如, 图 0-1 所示机械比较仪的测量范围 L 为 $0\sim 180\text{mm}$, 量程为 180mm 。再如, $25\sim 50\text{mm}$ 公法线千分尺的测量范围为 $25\text{mm}\sim 50\text{mm}$, 量程为 25mm 。

四、量块

量块是指一对相互平行的测量面间具有精确尺寸且截面形状为矩形的长度计量器具, 如图 0-2 所示。它是长度量值传递系统中的实物标准, 是实现从光波波长(自然长度基准)到测量实践之间长度量值传递的媒介, 是机械制造中实际使用的长度基准。它可以用来检定和调整计量器具、机床、工具和其他设备, 也可直接用于测量工件。

量块的两个测量面极为光滑、平整, 具有研合性。

1. 量块长度

量块一个测量面上的一点至与此量块另一测量面相研合的辅助体表面之间的垂直距离, 称为量块长度。这时, 量块应不受使其长度和形状发生变化的外加机械力作用。

量块长度分为量块任意点长度和量块中心长度, 如图 0-3 所示。量块任意点长度 L_i 是指量块一个测量面上任意一点(不包括距测量面边缘为 0.5mm 的区域)的量块长度。量块中心长度 L 是指量块一个测量面上中心点的量块长度。

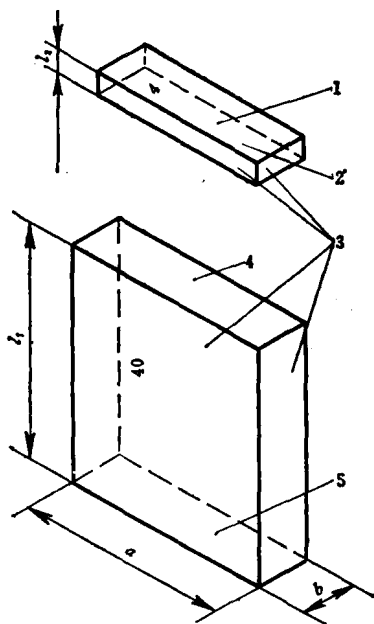


图 0-2 量块

1—上测量面; 2—下测量面; 3—侧面; 4—上测量面; 5—下测量面;
a—测量面长度; b—测量面宽度; L_1 、 L_2 —量块长度

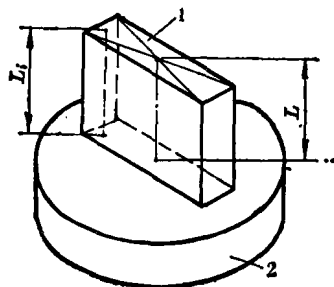


图 0-3 量块任意点长度和量块中心长度

1—量块; 2—辅助体

量块测量面上最大与最小量块长度之差称为量块长度变动量。

每块量块只反映一个尺寸。量块上标出的尺寸称为标称长度。当标称尺寸为6mm及小于6mm时,长度数字刻在上测量面上;当标称尺寸大于6mm时,长度数字刻在侧面上,如图0-2所示。

2. 量块的精度

根据量块长度的极限偏差和长度变动量允许值等精度指标,量块的制造精度分为00、0、1、2、(3)级五个级别,其中00级的精度最高,精度依次降低,(3)级的精度最低。此外,还有一个校准级——K级。K级的量块长度极限偏差和量块长度变动量允许值分别与1级和00级相同。

根据量块中心长度的极限偏差和测量面的平面度公差等精度指标,量块的检定精度分为1、2、3、4、5、6等六个等别,其中1等的精度最高,精度依次降低,6等的精度最低。

量块按“级”使用时,应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,应以检定后所给出的量块中心长度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,仅包含检定时较小的测量误差。量规按“等”使用的测量精度比按“级”使用的高。

3. 量块的使用

由于量块的一个测量面与另一量块的测量面间具有能够研合的性能,因此可从成套的各种不同尺寸的量块中选取几块适当的量块组成所需要的尺寸。为了减少量块组的长度累积误差,选取的量块块数要尽量少,通常以不超过四块为宜。选取量块时,从消去所需要的尺寸的最小尾数开始,逐一选取。例如,从83块一套的量块中选取尺寸为36.375mm的量规组,则可分别选用1.005mm、1.37mm、4mm和30mm等四块量块。

研合量块组时,首先用优质汽油将选用的各块量块清洗干净,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。研合方法如下:将量块沿着其测量面长边方向,先将两块量块测量面的端缘部分接触并研合,然后稍加压力,将一块量块沿着另一块量块推进,如图0-4所示,使两块量块的测量面全部接触,并研合在一起。

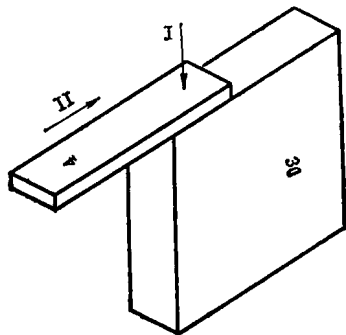


图0-4 量块的研合

I—加力方向; II—推进方向

使用量块时要小心,避免碰撞或跌落,切勿划伤测量面。对于量块组和大尺寸量块,最好用竹镊子夹持,减少手拿接触量块的时间,以减少手温的影响。量块使用后要立即用优质汽油洗净,用洁布擦去手迹,并涂上防锈油。

五、最常用的计量器具

1. 游标尺

游标尺用于测量线性尺寸,有游标卡尺、游标深度尺、游标高度尺和齿轮卡尺等几种。它们都是利用游标读数原理制成的计量器具。现以游标卡尺为例说明它们的读数原理和读数方法。

参看图0-5,游标卡尺的读数装置由主尺和游标两部分组成。装有游标的尺框3可以沿主尺1移动。测量工件时,尺框在主尺上移动到适当的位置后,将锁紧螺钉6拧紧,再旋转微动螺母2还可以使尺框(游标)移动一段不大的距离。两副测量爪4和5的内测量面都

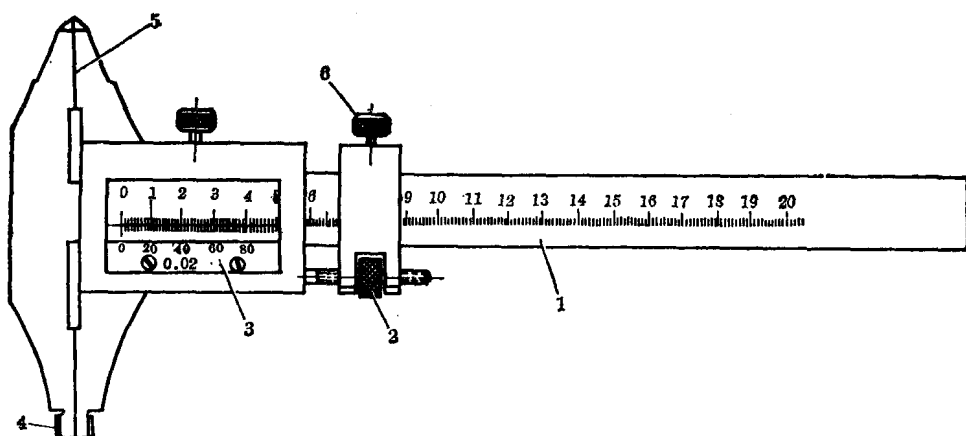


图 0-5 游标卡尺

1—主尺；2—微动螺母；3—尺框(游标)；4—内、外尺寸测量爪；
5—外尺寸测量爪；6—锁紧螺钉

用于测量外尺寸，测量爪 4 的外测量面用于测量内尺寸。

被测工件尺寸的整数毫米部分在游标零刻线左边的主尺上读出，比 1mm 小的部分则利用游标读出。游标分度值有 0.1、0.05、0.02mm 等几种，是指主尺一个或两个刻度间距与游标一个刻度间距的微小差值。参看图 0-6a，主尺的刻度间距 a 为 1mm，游标刻度格数 n 为 10，游标刻度间距 a' 为 $(2n-1)a/n = 1.9\text{mm}$ 。因此，分度值 $i = 2a - a' = 0.1\text{mm}$ 。每副测量爪的两个内测量面接触时，主尺和游标的零刻线对齐，游标的最后一条刻线与主尺的 19mm 刻线对齐。测量工件时，游标在主尺上移动后的位置如图 0-6b 所示，游标的零刻线在主尺的 60mm 刻线与 61mm 刻线之间。这就是说，游标相对于主尺移动的距离等于 60mm 加上从主尺的 60mm 刻线至游标的零刻线之间的距离。游标的第 4 条刻线与主尺的 68mm 刻线对齐，因此被测工件的外尺寸等于 $60 + [(68 - 60) - 4 \times 1.9] = 60.4\text{mm}$ 。实际读数时，因为游标分度值为 0.1mm，所以该被测尺寸等于 $60 + 4 \times 0.1 = 60.4\text{mm}$ 。若被测尺寸为内尺寸，则尚需加上测量爪 4 (图 0-5) 两个内测量面接触时其两个外测量面之间的距离尺寸。

综上，用游标尺测量工件尺寸时的读数方法如下：首先确定和读出主尺零刻线与游标零刻线之间有多少毫米整数部分，其次看游标上那一条刻线与主尺的某一条刻线对齐，然后用游标分度值乘以游标上对准主尺某刻线的那一条刻线的序号，就得到读数的小数部分。两

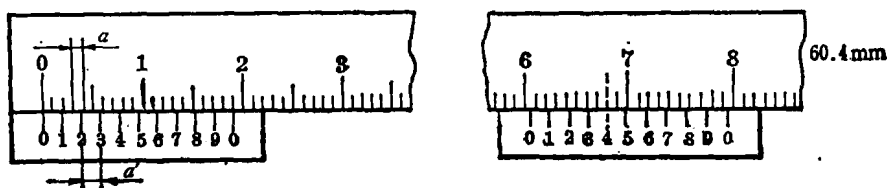


图 0-6 游标读数方法示例

(a) 示值零位 (b) 测量工件时读数

者相加,就是被测工件尺寸的数值。

2. 千分尺

千分尺用于测量线性尺寸,有外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺和专用千分尺(如公法线千分尺)等几种。它们都是利用螺旋副运动原理制成的计量器具。现以外径千分尺为例,说明它们的读数原理和读数方法。

参看图 0-7, 外径千分尺的读数装置由固定套管 4 和微分筒 5 两部分组成。固定套管的外面有刻度间距为 0.5mm 的纵向刻度标尺, 里面有螺距为 0.5mm 的调节螺母。微分筒上有等分 50 格的圆周刻度, 并且与螺距为 0.5mm 的测微螺杆 2 固定成一体。测量时, 利用测微螺杆与调节螺母构成的螺旋副, 将微分筒的角位移转变为测微螺杆的直线位移。当微分筒旋转一周时, 测微螺杆的轴向位移为 0.5mm; 当微分筒旋转一格时, 测微螺杆的轴向位移为 $0.5/50 = 0.01\text{mm}$, 此即千分尺的分度值。

当旋转微分筒而测微螺杆和测量砧 1 快要接触工件时, 应缓慢旋转棘轮 6, 直到发出喀喀的响声, 则表示工件已与它们接触。然后, 可以直接读数, 或者用锁紧柄 3 固定测微螺杆的位置, 再把千分尺从工件上取下来读数。读数时, 先从固定套管上读出整数毫米部分和 0.5mm 部分, 再从微分筒上读出小于 0.5mm 的部分。三者相加, 就是被测工件尺寸的数值。例如图 0-8 所示, 左图中的读数为 $8 + 0.35 = 8.35\text{mm}$, 右图中的读数为 $14 + 0.5 + 0.18 = 14.68\text{mm}$ 。

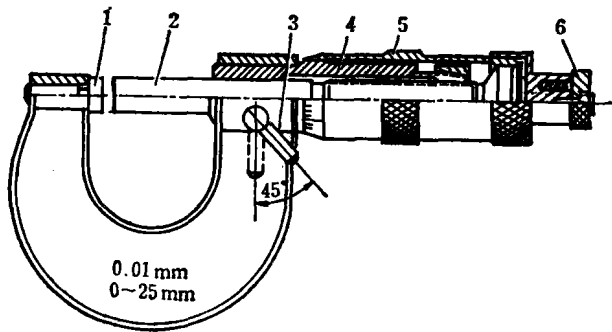


图 0-7 外径千分尺

1—测量砧; 2—测微螺杆; 3—锁紧柄; 4—固定套管; 5—微分筒; 6—棘轮

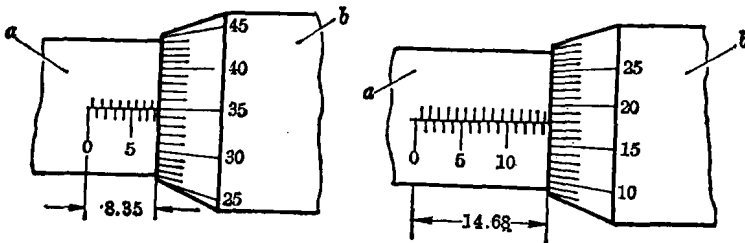
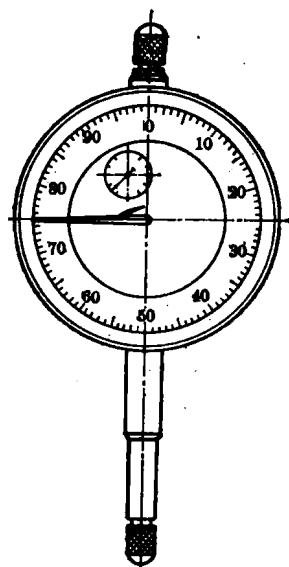


图 0-8 千分尺读数示例

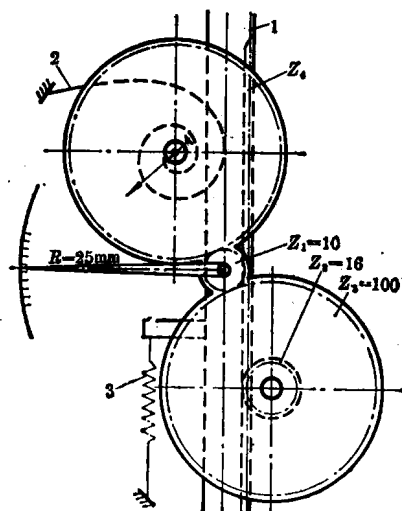
a—固定套管; b—微分筒

3. 百分表

百分表是一种指示表,如图 0-9a 所示,用于测量线性尺寸、形位误差和齿轮误差等。它利用齿轮传动将测杆的微量直线位移放大变成指针的角位移,在刻度盘上显示出来。



(a) 外形图



(b) 传动系统图

图 0-9 百分表

1—测杆; 2—游丝; 3—弹簧

参看图 0-9b, 测量时, 具有齿条的测杆 1 作直线运动, 带动与该齿条啮合的小齿轮 z_1 转动, 从而使与小齿轮 z_1 固定在同一根轴上的大齿轮 z_2 及短指针转动。大齿轮 z_2 又带动小齿轮 z_3 及与它固定在同一根轴上的长指针转动。这样, 测杆的微量直线位移经齿轮副放大为长指针的角位移由刻度盘指示出来。为了消除齿轮传动中齿侧间隙引起的空程误差, 在百分表内装有游丝 2。由游丝产生的扭力矩作用在与小齿轮 z_1 啮合的齿轮 z_2 上, 以保证齿轮无论正转或反转都在同向的齿面啮合。在百分表内还装有弹簧 3, 它用来控制测量力。

百分表的放大倍数 K 按下式计算:

$$K = \frac{2R}{mz_1} \cdot \frac{z_3}{z_2}$$

式中 z_1, z_2, z_3 ——齿轮齿数;

m ——齿轮模数;

R ——长指针的长度。

百分表的结构中, $R = 25\text{mm}$, $m = 0.199\text{mm}$, $z_1 = 10$, $z_2 = 16$, $z_3 = 100$, 因此 $K \approx 150$ 。沿刻度盘圆周刻有 100 格等分的刻度, 而刻度间距 $a = 1.5\text{mm}$, 于是百分表的分度值 $i = a + K = 1.5\text{mm} + 150 = 0.01\text{mm}$ 。

进行测量时, 先将测杆向表内压缩 1~2mm (长指针按顺时针方向旋转 1~2 周), 然后转动刻度盘, 使刻度盘上的零刻线对准长指针, 以调整示值零位。长指针旋转一周, 则短指针旋转一格。根据短指针所在的位置, 可以知道长指针相对于刻度盘零刻线的旋转方向和旋转了几周。

第二章 线性尺寸测量

实验一 用比较仪测量光滑极限量规

线性尺寸可以用相对测量法(比较测量法)进行测量。相对测量常用的量仪有机械、光学、电气和气动比较仪等几种。本实验用立式光学比较仪和立式机械比较仪测量外尺寸,用卧式光学比较仪测量内尺寸。用比较仪测量时,先用量块(或标准器)调整量仪示值零位,测量工件所得的示值为被测尺寸相对于量块尺寸的偏差。

一、实验目的

1. 了解光学比较仪和机械比较仪的结构并熟悉它们的示值零位调整方法和使用方法;

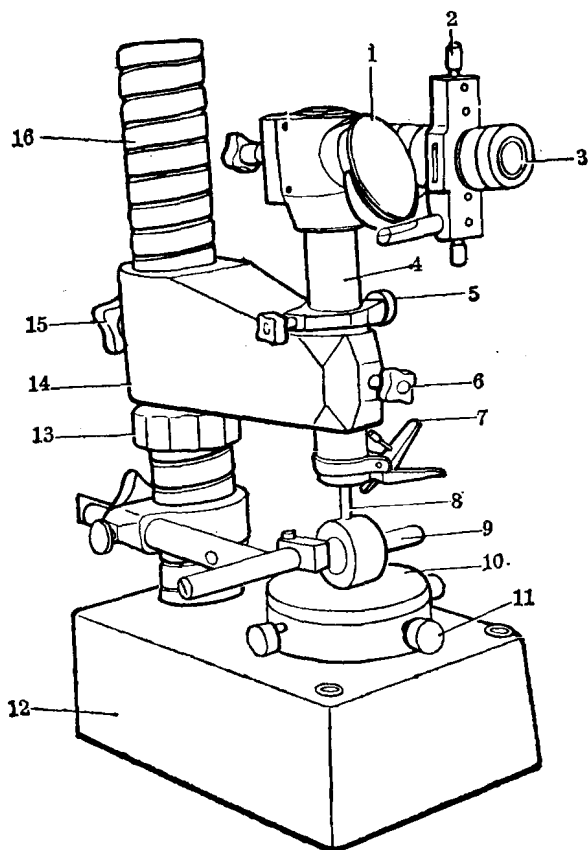


图 1-1 立式光学比较仪

1—反射镜; 2—偏差指示界限调节手轮; 3—目镜; 4—光管; 5—光管细调手柄; 6—光管紧固螺钉; 7—测头提升器; 8—测杆及测头; 9—被测工件; 10—工作台; 11—工作台调整螺钉; 12—底座; 13—升降螺母; 14—横臂; 15—横臂紧固螺钉; 16—立柱

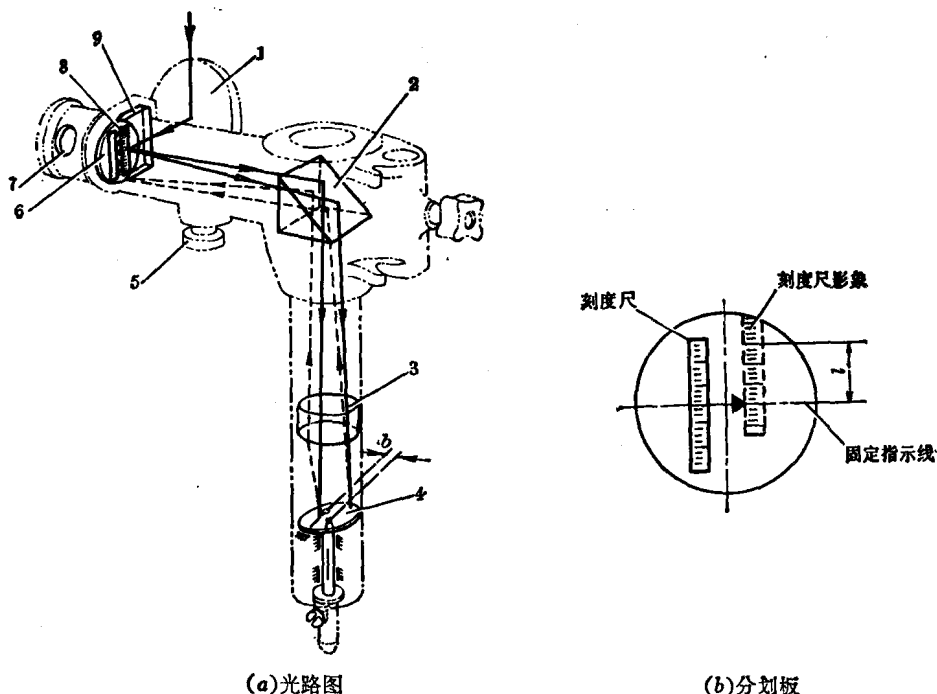


图 1-2 光学比较仪的光学系统图

1—反射镜；2—直角转向棱镜；3—物镜；4—平面反射镜；5—小手轮；
6—分划板；7—目镜；8—刻度尺；9—棱镜

2. 掌握用相对测量法测量外尺寸和内尺寸的原理；
3. 熟悉量块的使用与维护方法。

二、用立式光学比较仪测量光滑极限塞规

1. 量仪说明和测量原理

立式光学比较仪也称立式光学计，是一种精度较高且结构不复杂的光学仪器，用于测量外尺寸。

图 1-1 为量仪外形图，量仪主要由底座 12、立柱 16、横臂 14、直角形光管 4 和工作台 10 等几部分组成。

量仪的光学系统安装在光管内，光学系统如图 1-2 所示。光管工作时的测量原理是光学杠杆放大原理。参看图 1-2a 所示的光路图，光线经反射镜 1、棱镜 9 投射到分划板 6 上的刻度尺 8（它在分划板左半面）。分划板位于物镜 3 的焦平面上。当刻度尺 8 被照亮后，从刻度尺发出的光束经直角转向棱镜 2、物镜 3 形成平行光束，投射到平面反射镜 4 上。光束从反射镜 4 反射回来，在分划板 6 右半面形成刻度尺 8 的影象，如图 1-2b 所示。从目镜 7 可以观察到该影象和一条固定指示线。刻度尺上有一条零刻线。它的两侧各有 100 条均布的刻线，这些刻线与零刻线构成 200 格刻度间距。零刻线位于固定指示线上。

测量时，若反射镜 4 垂直于物镜 3 的主光轴，则分划板右半面的刻度尺影象与其左半面的刻度尺的上下位置是对称的，即零刻线影象位于固定指示线上。如果反射镜 4 与物镜 3 的主光轴不垂直，则分划板右半面的刻度尺影象就相对于其左半面的刻度尺上下移动。

参看图 1-3 所示的光学比较仪测量原理图（图中没有画出图 1-2a 中的直角转向棱镜），