

几何量公差与测量技术 实验指导

(第二版)

主编 刘玉梅 张雪粉 林士龙



东北大学出版社
Northeastern University Press

几何量公差与测量技术实验指导

(第二版)

主编 刘玉梅 张雪粉 林士龙

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 刘玉梅 张雪粉 林士龙 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

几何量公差与测量技术实验指导 / 刘玉梅, 张雪粉, 林士龙主编. — 2 版. — 沈阳: 东北大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5517-0684-1

I. ① 几… II. ① 刘… ② 张… ③ 林… III. ① 机械元件—尺寸公差—实验—高等学校—教学参考资料 ② 机械元件—测量—实验—高等学校—教学参考资料
IV. ① TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 143240 号

内 容 提 要

本书包括七大部分。其中前五部分为尺寸测量、形位误差测量、表面粗糙度测量、螺纹测量、齿轮测量五大类 22 项几何量的测量; 第六部分为一项复杂零件测量; 第七部分为测量的基本知识, 包括: 附录一, 量块的基本知识; 附录二, 常用量具读值方法; 附录三, 几何量的一般测量程序。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 7

字 数: 180 千字

出版时间: 2014 年 7 月第 2 版

印刷时间: 2014 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 王兆元

封面设计: 唐敏智

责任校对: 王 坤

责任出版: 唯 美

ISBN 978-7-5517-0684-1

定 价: 16.00 元

前 言

《几何量公差与测量技术》(互换性与技术测量)是机械类各专业的重要技术基础课,而几何量公差与测量技术实验课则是本课程重要的教学环节,对培养学生理论联系实际能力、工程实践能力有着重要的作用。

鉴于新技术的发展和教学改革的要求,各大专院校的实验室添置了很多新的实验设备;同时,几何量公差与测量技术理论课教材内容也在不断更新和修订,原有的实验指导书已不能满足新的实验教学要求。在调查了解部分院校本门课的实验内容和实验设备的种类和型号,认真核实所有实验内容涉及的互换性的定义、名词与标注与最新国家标准相一致的基础上,我们编写了这本《几何量公差与测量技术实验指导》。

在本书的编写过程中,针对各种典型被测几何量,结合现实常用的计量器具,详细系统地介绍了测量的基本知识;计量器具的结构、原理和测量方法;测量数据的处理及合格性结论。在表现形式上增加了图表,来保证使用者对内容的理解和掌握。

为了调动学生实验的主动性、积极性,设计了以问题为核心的综合性“复杂零件测量”实验。并结合具体实例,介绍了如何根据复杂零件的图纸确定测量项目、如何选择各测量项目的测量仪器、如何测得所需数据并进行数据处理给出结论。本书可作为高等院校本、专科机械类各专业《几何量公差与测量技术》课程的配套教材,也可供工厂的计量测试人员参考。

本书由沈阳理工大学刘玉梅、张雪粉,沈阳航空航天大学林士龙担任主编。参编人员与分工如下:第1部分,沈阳理工大学刘玉梅、张雪粉;第2部分,沈阳航空航天大学林士龙,沈阳理工大学张雪粉;第3部分,沈阳理工大学张雪粉;第4部分,沈阳理工大学张雪粉、赵丽伟;第5部分,沈阳理工大学刘玉梅、张雪粉;第6部分,沈阳理工大学刘玉梅;附录,沈阳理工大学刘玉梅。

在编写过程中,参阅了一些参考资料,受到了许多专家和老师的指导和帮助,编者在此向相关人员表示衷心的感谢!

因水平有限,本书缺点和错误在所难免,衷心欢迎读者批评指正。

编 者

2014年2月

实验规则

1. 实验前认真预习实验指导书中相关内容，包括了解仪器结构、测量系统及测量原理；掌握实验操作步骤；熟知注意事项；填写好预习报告。
2. 学生必须准时参加实验，不迟到、不早退，有事要请假，无故不参加实验成绩以不及格论。
3. 进入实验室后不准吃东西、抽烟，不准随地吐痰、乱扔杂物，不准喧哗与打闹，保持室内清洁与安静。
4. 做实验时应擦净测量仪器和被测件；细心调整、用力适当，严禁正对仪器镜头呵气咳嗽，严禁擦抹或触摸光学镜头；在接通电源时，要特别注意仪器要求的电压；如仪器发生故障，应立刻报告指导教师进行处理，不得自行拆卸。
5. 不动与本次实验无关的仪器。
6. 实验完毕后，实验数据必须经指导教师认可后填写实验报告，同时整理仪器，并将被测件放回原处。
7. 离开实验室前把凳子放回原处，用过的草纸随身带走。
8. 凡不遵守本实验规则经指出不听者，指导教师有权停止其实验。损坏仪器或设备者应负责赔偿。

目 录

第1部分 尺寸测量	1
实验 1-1 用立式光学计测量轴径	1
实验 1-2 用立式光学计检定五、六等量块	6
实验 1-3 用内径指示表测量孔径	10
实验 1-4 在卧式测长仪上用双测钩测内孔	13
实验 1-5 在卧式测长仪上用电眼法测量孔径	18
实验 1-6 光学灵敏杠杆用弦长法测量孔径	21
第2部分 形位误差测量	29
实验 2-1 用合像水平仪测量直线度误差	29
实验 2-2 用自准直仪测量平行度误差	32
实验 2-3 用齿轮径向跳动测量仪测量轴的径向圆跳动	36
实验 2-4 测量半径变化量求圆度误差	39
实验 2-5 在平台上测量零件内孔轴线与底面的垂直度误差	43
第3部分 表面粗糙度测量	48
实验 3-1 用光切显微镜测量表面粗糙度	48
实验 3-2 用袖珍式粗糙度仪 (RT100) 测量表面粗糙度 R 值	52
实验 3-3 用表面粗糙度测试仪测量表面粗糙度	54
第4部分 螺纹测量	58
实验 4-1 在大型工具显微镜下用影像法测量螺纹主要参数	58
实验 4-2 用三针法测量外螺纹的中径	66
第5部分 齿轮测量	69
实验 5-1 用齿距仪测量齿轮齿距偏差与齿距累积偏差	69
实验 5-2 用 3602 型齿轮径向跳动测量仪测量齿轮径向跳动	72
实验 5-3 用老式径向跳动检查仪测量齿轮径向跳动	75

实验 5-4	用单盘渐开线检查仪 (3202G) 测量齿轮齿廓总偏差	77
实验 5-5	公法线长度变动及公法线长度偏差测量	80
实验 5-6	齿轮齿厚偏差的测量	82
实验 5-7	用万能测齿仪测量齿距偏差和齿距累积总偏差	84
实验 5-8	用齿向检查仪测量螺旋线总偏差	88
第 6 部分	复杂零件测量	93
实验 6-1	减速器轴测量	93
附录 1	量块的基本知识	96
附录 2	常用量具读值方法	99
附录 3	几何量的一般测量程序	101
参考文献		104

第 1 部分 尺寸测量

实验 1-1 用立式光学计测量轴径

一、实验目的

- (1) 了解立式光学计的结构及测量原理；
- (2) 熟悉用立式光学计测量轴径的方法；
- (3) 加深理解计量器具与测量方法的常用术语，巩固尺寸及形位公差的概念；
- (4) 掌握由测量结果判断工件合格性的方法。

二、实验装置

立式光学计是一种精度较高而结构简单的常用光学量仪。用量块组合成被测量的基本尺寸作为长度基准，按比较测量法来测量各种工件相对基本尺寸的偏差值，从而计算出实际尺寸。仪器的基本度量指标如下：

分度值：0.001mm；

示值范围： $\pm 0.1\text{mm}$ ；

测量范围：0 ~ 180mm；

仪器不确定度：0.001mm。

1. LG-1 型立式光学计的外观结构(图 1-1-1)

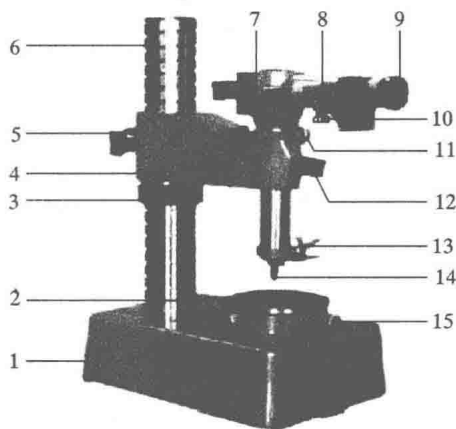


图 1-1-1 LG-1 型立式光学计外观图

1—底座；2—工作台；3—粗调螺母；4—支臂；5—横臂固定螺钉；6—立柱；7—直角光管；8—光源；9—目镜；10—微调旋钮；11—细调旋钮；12—光管紧固螺钉；13—测头提升杠杆；14—测头；15—工作台调整旋钮（共 4 个，调整工作台垂直测杆，实验前已调好，实验时禁止打动）

2. JD3 型投影立式光学计的外观结构 (图 1-1-2)

三、测量原理

1. LG-1 型立式光学计

直角光管是立式光学比较仪的主要部件, 整个光学系统和测量部件装在直角光管内部。

LG-1 立式光学计的测量原理是光学自准直原理和机械的正切放大原理结合而成。其光路系统如图 1-1-3 所示, 正切放大原理图如图 1-1-5 所示, 图 1-1-4 为图 1-1-3 中分划板的放大图。分划板在物镜的焦平面上, 这一特殊位置使刻度尺受光照后反射的光线经直角棱镜折转 90° 到物镜后, 形成平行光束。当平面镜垂直于物镜主光轴时(通过调节仪器使测头距工作台为基本尺寸时正好平面镜垂直主光轴), 这束平行光束经平面镜反射, 反射光线按照原路返回。在分划板上成的刻度尺像与刻度尺左右对称, 在目镜中读数为零。当平面镜与主光轴的垂直方向成一个角度 α 时(测件与基本尺寸的偏差 S 使平面镜绕支点转动), 这束平行光束经平面镜反射, 反射光束与入射光束成 2α 角, 经物镜和平面镜在分划板上成的刻度尺像相对刻度尺上下移动 t 。

在正切放大原理图 1-1-5 中可以看出:

$$S = b \cdot \tan \alpha \quad t = f \cdot \tan 2\alpha。$$

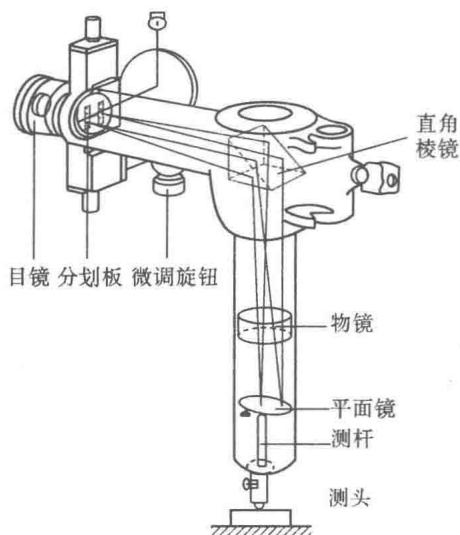


图 1-1-3 光路系统

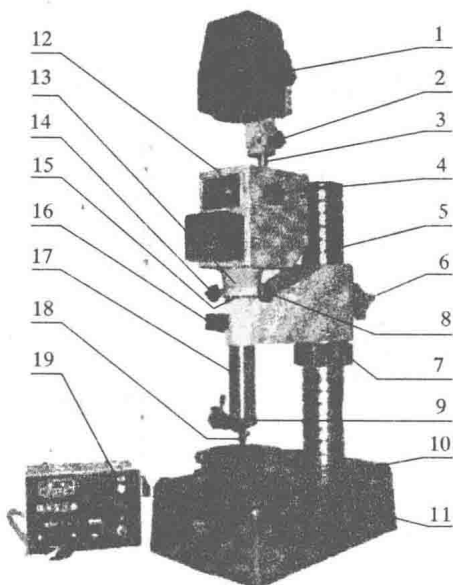


图 1-1-2 JD3 型投影立式光学计外观图

1—投影灯；2—投影灯固定螺钉；3—支柱；4—零位微动螺钉；5—立柱；6—横臂固定螺钉；7—粗调螺母；8—微动偏心手轮；9—测帽提升器；10—工作台调整螺钉；11—工作台底盘；12—壳体；13—微动托圈；14—微动托圈固定螺钉；15—光管定位螺钉；16—测量管固定螺钉；17—测量管；18—测帽；19—6V15W 变压器

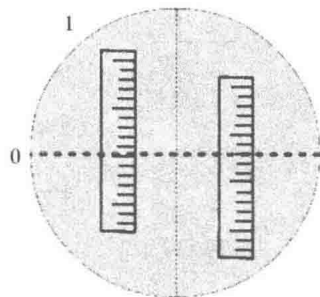


图 1-1-4 分划板放大图

因为 α 很小, 所以 $\tan \alpha \approx \alpha$, $\tan 2\alpha \approx 2\alpha$, 因此放大倍数 $K = t/S = 2f/b$ 。

又 $f=200\text{mm}$, $b=5\text{mm}$, 所以 $K=400/5=80$ 。

又因为目镜的放大倍数为 12, 所以整个光学系统的放大倍数 $K'=12 \times 80=960$, 因此说明, 当偏差 $S=1\mu\text{m}$ 时, 在目镜中可看到 $t=0.96\text{mm}$ 的位移量, 大约 1mm , 看到的刻线间距约为 1mm 。

2. JD3 型投影立式光学计

投影立式光学计的测量原理如图 1-1-6 所示。由白炽灯泡 1 发出的光线经过聚光镜 2 和滤色片 6, 再通过隔热玻璃 7 照明分划板 8 的刻线面, 再通过反射棱镜 9 后射向准直物镜 12。由于分划板 8 的刻线面置于准直物镜 12 的焦平面上, 所以成像光束通过准直物镜 12 后, 成为一束平行光射入平面反光镜 13 上, 根据自准直原理, 分划板刻线的像被平面反光镜 13 反射后, 再经准直物镜 12 被反射棱镜 9 反射成像在投影物镜 4 的物平面上, 然后通过投影物镜 4, 直角棱镜 3 和反光镜 5 成像在投影屏 10 上, 通过读数放大镜 11 观察投影屏 10 上的刻线像。

由于测帽 15 接触工件后, 其测量杆 14 使平面反光镜 13 倾斜了一个角度 Φ , 在投影屏上就可以看到刻线的像也随着移动了一定的距离, 其关系计算如图 1-1-7 所示。

设测量杆移动的距离为 S , 其平面反光镜则以 O 为轴线, 摆动 Φ 角, 因此 $\tan\Phi = \frac{S}{a}$ (其中 a 为测量杆轴线至平面反光镜 13 的摆动轴线 O 之距离), 所以 $S = a \cdot \tan\Phi$ 。

又设入射在平面反光镜 13 上的主光线为 MN_1 , 根据反射定律, 当平面反光镜转动了 Φ 角时, 其反射光线与入射光线夹角应为 2Φ 角, 因此 M 点转动到 M_1 点, 令 $MN_1 = f$ (即准直物镜焦距)。因此, $\tan 2\Phi = \frac{t}{f}$, 所以, $t = f \cdot \tan 2\Phi$ 。因此, 光学杠杆的

$$\text{传动比 } K = \frac{t}{S} = \frac{f \cdot \tan 2\Phi}{a \cdot \tan \Phi}.$$

由于 Φ 角很小, 可视为 $\tan 2\Phi = 2\Phi$, $\tan \Phi = \Phi$, 故得: $K = \frac{2f}{a}$ 。

假设投影物镜放大率为 V_1 , 读数放大镜的放大率为 V_2 , 则投影光学计的总放大率

$$n = K \cdot V_1 \cdot V_2 = \frac{2f}{a} \cdot V_1 \cdot V_2$$

令光学计的准直物镜焦距 $f=200\text{mm}$, $a=5\text{mm}$, $V_1=18.75$, $V_2=1.1$, 故

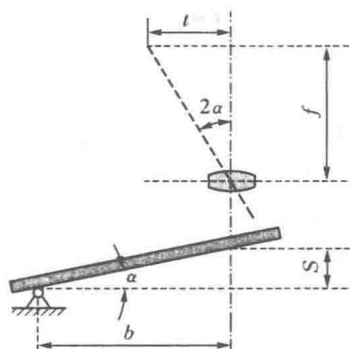


图 1-1-5 正切放大原理图

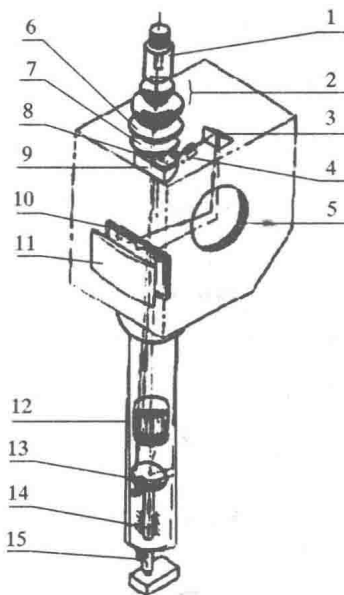


图 1-1-6 投影光学计的测量原理图

1—15 瓦灯泡; 2—聚光镜; 3—直角棱镜; 4—投影物镜; 5—反光镜; 6—滤色片; 7—隔热玻璃; 8—分划板; 9—反射棱镜; 10—投影屏; 11—读数放大镜; 12—准直物镜; 13—平面反光镜; 14—测量杆; 15—测帽

$$n = \frac{2 \times 200}{5} \times 18.75 \times 1.1 = 1650$$

由上式可知,当测量杆移动一个微小的距离(0.001mm),经过1650倍放大后,相当于在投影屏上看到1.65mm的距离。

四、实验步骤

1. 测头的选择

测头有球形、平面形和刀口形三种。使用时,根据被测零件表面的几何形状来选择,使测头与被测表面尽量满足点接触。所以,测量平面或圆柱面工件时,选用球形测头;测量球面工件时,选用平面形测头;测量小于10mm的圆柱面工件时,选用刀口形测头,且刀口与轴线相垂直。

2. 按被测工件的基本尺寸组合量块

量块的工作面明亮如镜,很容易和非工作面相区分。工作面又有上下之分:当量块尺寸小于5.5mm的时候,有数字的一面即为上工作面。当尺寸不小于6mm时,有数字表面的右侧面为上工作面。将量块的上下工作面叠置一部分,并以手指加少许压力后逐渐推入,使两工作面完全重叠相研合。

3. 接通电源调整工作台,使其与测杆方向垂直。(一般已调好,禁止拧动4个工作台调整旋钮)

4. 检查细、微调旋钮是否在调节范围中间

调节零位微动螺钉4(或微调旋钮10),使其在可调节范围的中间位置(或其上的红点与光管上的红点对齐)。松开测量管固定螺钉16(或光管紧固螺钉12),调节微动偏心手轮8(细调旋钮11),使其在可调节范围的中间位置,然后锁紧光管定位螺钉16(或光管紧固螺钉12)。

5. 用基本尺寸将仪器调零

① 粗调:松开横臂固定螺钉6(或5),转动调节螺母7(或3)升起支臂,将研合好的量块放在工作台中央,并使测头对准上测量面的中心点(对角线交点)。转动调节螺母7(或3),使支臂缓慢下降,直到与测量面轻微接触,并能在现场中看到刻度尺像时,将横臂固定螺钉6(或5)锁紧。

② 细调:松开测量管固定螺钉16(或光管紧固螺钉12),调节微动偏心手轮8(细调旋钮11),直至在目镜中观察到刻度尺像与 μ 指标线接近为止,然后锁紧测量管固定螺钉16(或光管紧固螺钉12)。

③ 微调:调节零位微动螺钉4(或测头微调旋钮10),使刻度尺的零线影像与 μ 指示线重合,然后按测帽提升器9(或测头提升杠杆13)数次,看零位是否稳定,如稳定可以测量,否则,检查该锁紧的部位是否未锁紧,找到原因重新调零。

6. 测量被测件

按测帽提升器9(或测头提升杠杆13),将测头抬起,取下量块,放上被测轴件,在轴的左、中、右选三个截面Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,在每个截面上测相互垂直的两个直径的4个端点

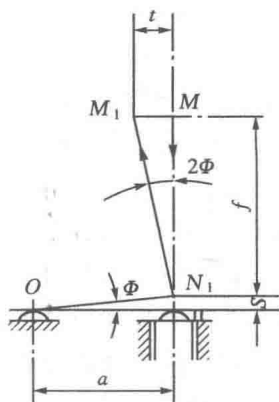


图 1-1-7 光学杠杆传动比示意图

A, B, A', B' , 见图 1-1-8。共测 12 个点, 测每一点时在轴线的垂直方向上前后移动, 读拐点的最大值。

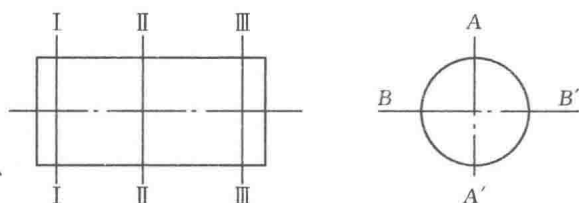


图 1-1-8 测点分布图

7. 复检零位

测完后将量块重新放回原位, 复检零位偏移量不得超过 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 。否则, 找出原因重测。

8. 断电整理仪器

五、数据处理及合格性评定方法

数据处理及合格性的评定应按照独立原则进行。

1. 评定轴径的合格性

根据轴的尺寸标注, 查附表 1-1 得到基本偏差 es , 查附表 1-3 得公差 T_d , 安全裕度 A 与计量器具的不确定度允许值 u_1 , 按图 1-1-9(a) 计算上下验收极限偏差, 所测 12 点的直径的实际偏差 ea 均在上下验收极限偏差内, 则该轴直径合格。即

$$es - A \geq ea \geq ei + A$$

2. 评定形状、位置误差的合格性

如在被测轴上标注了素线直线度公差 t_- 和素线平行度公差 $t_{//}$, 则应根据测量的 12 个数据求出四素线的直线度误差值 f_- 和素线平行度误差值 $f_{//}$, 见图 1-1-9(b), 并找出其中最大的 $f_{-\max}$ 和 $f_{//\max}$ 与公差相比, 当 $f_{-\max} \leq t_-$, $f_{//\max} \leq t_{//}$ 时, 即为合格。

轴所标注的各项指标全合格, 则此轴合格。

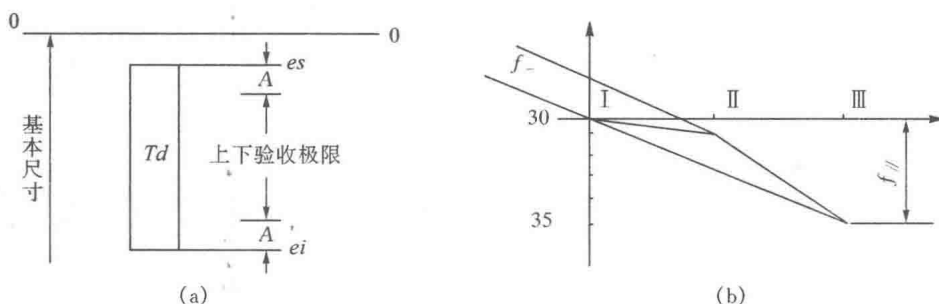


图 1-1-9 验收极限示意图

实验 1-2 用立式光学计检定五、六等量块

一、实验目的

1. 了解立式光学计的结构及测量原理。
2. 学会用立式光学计检定量块。
3. 正确处理检测数据并进行误差分析。

二、实验内容

1. 量块中心长度极限误差的检测。
2. 量块平面平行性偏差的检测。

三、仪器装置

见实验 1-1。

四、测量原理

见实验 1-1。

五、实验步骤

1. 测头的选择

测头有球形、平面形和刀口形三种, 根据被测零件表面的几何形状来选择, 使测头与被测表面尽量满足点接触。所以, 测量平面或圆柱面工件时选用球形测头。测量球面工件时, 选用平面形测头。测量小于 10mm 的圆柱面工件时, 选用刀口形测头且刀口与轴线相垂直。

2. 按被检量块的基本尺寸选择高一级的同基本尺寸的量块作为基准量块

量块的工作面明亮如镜, 很容易和非工作相区分。工作面又有上下之分: 当量块尺寸小于 5.5mm 的时候, 有数字的一面即为上工作。当尺寸 $\geq 6\text{mm}$ 时, 数字表面的右侧面为上工作面。

3. 接通电源调整工作台

接通电源后, 首先要调整工作台, 使其与测杆方向垂直。(一般已调好, 禁止拧动四个工作台调整旋钮)

4. 检查细、微调旋钮是否在调节范围中间

调节微调旋钮 10 使其上的红点与光管上的红点对齐。松开光管紧固螺钉 12, 调节光管凸轮旋钮 11 (细调旋钮) 使其上的红点向下, 然后再紧固光管紧固螺钉。如仪器上无红点, 先调微调 10 或细调旋钮 11 确定其调整范围, 然后把微调旋钮 10 和细调旋钮 11 调到调整范围中间, 需紧固 (12) 的要紧固。

5. 用基准量块将仪器调零

(1) 粗调: 松开支臂紧固螺钉 5, 转动调节螺母 3 升起支臂, 将基准量块放在工作台

中央并使测头对准上测量面的中心点（对角线交点）。转动调节螺母 3，使支臂缓慢下降，直到与测量面轻微接触，并能在现场中看到刻度尺像时，将螺钉 5 锁紧。

（2）细调：松开紧固螺钉 12，转动调节凸轮——细调旋钮 11，直至在目镜中观察到刻度尺像与 μ 指标线接近为止，然后将螺钉 12 锁紧。

（3）微调：转刻度尺微调螺钉 10，使刻度尺的零线影像与 μ 指示线重合，然后按测头提升杠杆 13 数次，看零位是否稳定，如稳定可以测量。否则，检查该锁紧的位置是否锁紧，找到原因重新调零。

6. 检五等量块

（1）按测头提升杠杆取下基准量块，放入被检量块，测量图 1-2-1 所示的测量点，测量顺序： $o_1 o_2 abcd$ 和 $d'c'b'a'o'_2 o'_1$ ，记下各点读数，读数估读到 0.1 微米。复合 o_1 点观察零位变化，变化不超过 0.2 格，超过时重测。

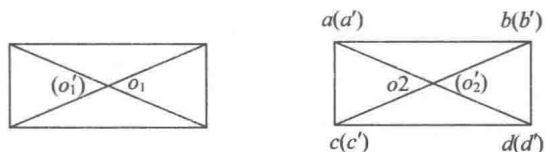


图 1-2-1 测量点分布图

六、数据处理、误差分析及检定结论

1. 数据处理

$$L = L_0 + \Delta L$$

式中： L ——被检量块的中心长度值；

L_0 ——标准量块在 20°C 时的中心长度值。

ΔL ——被测量块对标准量块中心长度差值， $\Delta L = \frac{o_2 + o_2'}{2} - \frac{o_1 + o_1'}{2}$

$$\left. \begin{aligned} h_a &= \frac{a + a'}{2} - \frac{o_2 + o_2'}{2} \\ h_b &= \frac{b + b'}{2} - \frac{o_2 + o_2'}{2} \\ h_c &= \frac{c + c'}{2} - \frac{o_2 + o_2'}{2} \\ h_d &= \frac{d + d'}{2} - \frac{o_2 + o_2'}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{找出绝对值最大值为 } h \text{ 值}$$

平面平行性偏差 h :

2. 误差分析

测量极限误差计算如下：

$$\delta_{\text{总}} = \pm \sqrt{\delta_{\text{标}}^2 + \delta_{\text{量仪}}^2 + \delta_{\text{温度}}^2 + \delta_{\text{对中(被测)}}^2}$$

式中： $\delta_{\text{标}}$ ——按基准量块的名义尺寸及等级，查表 1-2-1 中平面平行性允许偏差得出；

$$\delta_{\text{量仪}} = \pm 0.20 \mu\text{m};$$

$$\delta_{\text{温度}} = \pm \sqrt{2} \Delta \alpha \cdot \Delta t \cdot L, \text{ 其中:}$$

Δt ——对标准温度 20°C 的允许偏差为 $\Delta t = t - 20^\circ\text{C}$ ($\Delta t = \pm 5^\circ\text{C}$);

$\Delta\alpha$ ——量块的线膨胀系数，根据我国量块标准规定，在温度 10 ~ 30℃ 范围内，钢质量块的线胀系数为 $\pm 1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；

L ——被检量块基本尺寸；

$$\delta_{\text{对中(被测)}} = \sigma_{\text{平均}} = \pm \frac{h}{3.7}, \text{ 其中:}$$

h ——标准量块平面平行性偏差。

(3) 量块定等级：由表 1-2-1 和表 1-2-2 可见，受平面平行性允许偏差影响，一定等的量块只能由一定级的量块中检出，对应关系如表 1-2-3 所示。量块定等需将检定结果与受检项目有关的技术要求作比较，还需将检定所采用测量方法的测量极限误差 ($\delta_{\text{总}}$) 和测得的量块中心长度误差 ΔL 、平面平行性偏差 h 与表 1-2-1 和表 1-2-2 对照，分别定等定级。最后检查等级是否对应，要从最不利情况分析。如果查得符合 3 级 6 等则应改为 4 级 6 等；如果查得符合 4 级 5 等则应改为 4 级 6 等。如果在测量或运算过程中出现多余位数，应按四舍五入进行取舍，若取舍位为“5”按奇进偶舍原则，检五等量块应取有效位数 0.1 μm 。

测量结果应写成：

$$L = (L_0 + \Delta L) \pm \delta_{\text{总}}$$

表 1-2-1

名义尺寸 (mm)		级的要求									
		0		1		2		3		4	
		中心长度允许偏差近似公式(±μm)									
		(0.10+2 <i>l</i>)		(0.20+3.5 <i>l</i>)		(0.50+5 <i>l</i>)		(1.0+10 <i>l</i>)		(2.0+20 <i>l</i>)	
		中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差
大于	至	偏差(μm)									
	10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.50	0.20	1.00	0.40	2.00	0.40
10	18	0.15	0.10	0.25	0.20	0.60	0.20	1.00	0.40	2.00	0.40
18	30	0.15	0.10	0.30	0.20	0.60	0.20	1.00	0.40	2.00	0.40
30	50	0.20	0.12	0.35	0.25	0.70	0.25	1.50	0.50	3.00	0.50
50	80	0.25	0.12	0.45	0.25	0.80	0.25	1.50	0.50	3.00	0.50
80	120	0.30	0.15	0.60	0.30	1.00	0.30	2.00	0.60	4.00	0.60
120	180	0.40	0.15	0.75	0.30	1.20	0.30	2.50	0.60	5.00	0.60
180	250	0.50	0.20	1.00	0.40	1.60	0.40	3.50	0.80	7.00	0.80
250	300	0.70	0.20	1.20	0.40	2.00	0.40	4.00	0.80	8.00	0.80
300	400	0.80	0.25	1.50	0.50	2.40	0.50	4.50	1.00	10.00	1.00
400	500	1.00	0.25	1.80	0.50	2.80	0.50	6.00	1.00	12.00	1.00
500	600	1.20	0.30	2.20	0.60	3.50	0.60	7.00	1.20	14.00	1.20
600	700	1.40	0.30	2.50	0.60	4.00	0.60	8.00	1.20	16.00	1.20
700	800	1.60	0.30	3.00	0.60	4.50	0.60	9.00	1.20	18.00	1.20
800	900	1.80	0.30	3.50	0.60	5.00	0.60	10.00	1.20	20.00	1.20
900	1000	2.00	0.30	4.00	0.60	6.00	0.60	11.00	1.20	22.00	1.20

注：(1) 表中*l*为量块的名义尺寸，以 mm 为单位；

(2) 表中所列偏差为保证值；

(3) 新制；量块最低只能 3 级。

表 1-2-2

名义尺寸 (mm)		级的要求											
		1		2		3		4		5		6	
		中心长度允许偏差近似公式(±μm)											
		(0.05+0.5l)		(0.07+1l)		(0.10+2l)		(0.20+3.5l)		(0.5+5l)		(1.0+10l)	
		中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差	中心长度允许偏差(±)	平面平行性允许偏差
大于	至	偏差(μm)											
	10	0.05	0.10	0.07	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.50	0.40	1.00	0.40
10	18	0.06	0.10	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.20	0.60	0.40	1.00	0.40
18	30	0.06	0.10	0.09	0.10	0.15	0.20	0.30	0.20	0.60	0.40	1.00	0.40
30	50	0.07	0.12	0.10	0.12	0.20	0.25	0.35	0.25	0.70	0.50	1.50	0.50
50	80	0.08	0.12	0.12	0.12	0.25	0.25	0.45	0.25	0.80	0.50	1.50	0.50
80	120	0.10	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.60	0.30	1.00	0.60	2.00	0.60
120	180	0.12	0.15	0.20	0.15	0.40	0.30	0.75	0.30	1.20	0.60	2.50	0.60
180	250	0.15	0.15	0.30	0.20	0.50	0.40	1.00	0.40	1.60	0.80	3.50	0.80
250	300	0.20	0.15	0.35	0.20	0.70	0.40	1.20	0.40	2.00	0.80	4.00	0.80
300	400	0.25	0.15	0.45	0.25	0.80	0.50	1.50	0.50	2.40	1.00	4.50	1.00
400	500	0.30	0.15	0.50	0.25	1.00	0.50	1.80	0.50	2.80	1.00	5.00	1.00
500	600	0.35	0.15	0.60	0.30	1.20	0.60	2.20	0.60	3.50	1.20	7.00	1.20
600	700	0.40	0.15	0.70	0.30	1.40	0.60	2.50	0.60	4.00	1.20	8.00	1.20
700	800	0.45	0.15	0.80	0.30	1.60	0.60	3.00	0.60	4.50	1.20	9.00	1.20
800	900	0.50	0.15	0.90	0.30	1.80	0.60	3.50	0.60	5.00	1.20	10.00	1.20
900	1000	0.60	0.15	1.00	0.30	2.00	0.60	4.00	0.60	6.00	1.20	11.00	1.20

注：表中*l*为量块的名义尺寸，以 mm 为单位。

表 1-2-3

级	0	1	2	3	4
等	1, 2	3	4	5	6

思考题

1. 立式光学计检量块过程中测力是否对测量结果带来影响？如果用它测零件的外尺寸，测力是否对测量结果带来影响？
2. 如何减少温度对测量结果的影响？

实验 1-3 用内径指示表测量孔径

一、实验目的

- (1) 了解内径指示表的结构及测量原理;
- (2) 熟悉用内径指示表测量孔径的方法;
- (3) 加深理解计量器具与测量方法的常用术语, 巩固尺寸及形位公差的概念。

二、实验装置

内径指示表是一种用比较法来测量中等精度孔径的量仪, 尤其适合于测量深孔的直径, 国产的内径指示表可以测量 10 ~ 450mm 的内径。根据被测尺寸的大小可以选用相应测量范围的内径指示表, 如:

- (10 ~ 18)mm 内径指示表;
- (18 ~ 35)mm 内径指示表;
- (35 ~ 50)mm 内径指示表;
- (50 ~ 100)mm 内径指示表;
- (100 ~ 160)mm 内径指示表;
- (160 ~ 250)mm 内径指示表;
- (250 ~ 450)mm 内径指示表。

例如: 要测 $\Phi 30$ 的内径, 就应选择 (18 ~ 35)mm 内径指示表。在指示表盒里从 18mm 至 35mm 每隔一毫米有一个可换固定测头, 从中找出对应 30mm 的测头安装后可进行测量。根据被测内孔的精度, 指示表可以选择百分表 (分度值: 0.01; 示值范围: 0 ~ 10mm) 或千分表 (分度值: 0.001; 示值范围: 0 ~ 1mm)。内径指示表由指标表和装有杠杆系统的测量装置所组成。其外观如图 1-3-1 所示。

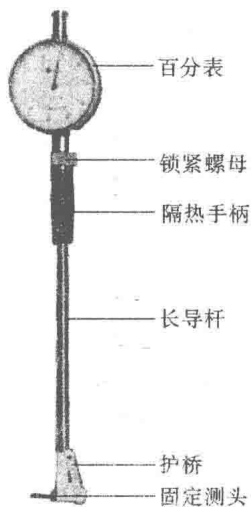


图 1-3-1 内径指示表外观图

三、测量原理

如图 1-3-2(a) 所示。活动量柱受到一定的压力, 向内推动等臂直角杠杆绕支点回转, 通过长臂推杆推动百分表的测杆而进行读数。

在活动量柱的两侧有对称的定位弦片, 定位弦片在弹簧的作用下, 对称地压靠在被测孔壁上, 以保证两测头的轴线处于被测孔的直径截面内, 参见图 1-3-2(b)。

两测头轴线在孔的纵截面上也可能倾斜, 如图 1-3-3 所示。所以在测量时应将测量杆摆动, 以指示表指针的最小值为实际读数 (即指针转折点的位置)。

用内径指示表测量孔径是属于比较测量法。因此, 在测量零件之前, 应该用标准环或用量块组成一标准尺寸置于量块夹中, 调整仪器的零点、转动指示表盘把零点对准最小值点。如图 1-3-4 所示。