



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机械加工检测技术

JIXIE JIAGONG JIANCE JISHU

机械加工检测技术

主 编 郝康平 陈海静

北京出版集团公司
北京出版社

主 编 郝康平 陈海静



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

机械加工检测技术 / 郝康平, 陈海静主编. -- 北京 : 北京出版社, 2015.4 (2023 重印)

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-200-11394-5

I. ①机… II. ①郝… ②陈… III. ①金属切削—检测—职业教育—教材 IV. ①TG80

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 117851 号

机械加工检测技术

JIXIE JIAGONG JIANCE JISHU

主 编: 郝康平 陈海静
出 版: 北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总 发 行: 北京出版集团公司
经 销: 新华书店
印 刷: 定州市新华印刷有限公司
版 次: 2015 年 4 月第 1 版 2023 年 1 月修订 2023 年 4 月第 4 次印刷
开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张: 11
字 数: 182 千字
书 号: ISBN 978-7-200-11394-5
定 价: 27.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

绪 论 走进检测技术	1
活动 1 检测的历史与今天	2
活动 2 认识检测技术	4
单元一 零件线性尺寸的检测	9
任务 1 用游标卡尺检测底板尺寸	10
任务 2 用外径千分尺检测阶梯轴外径	18
任务 3 用内径百分表检测轴套内径	26
任务 4 用万能角度尺检测六角尺角度	33
任务 5 用正弦规检测锥柄锥度	40
单元二 零件形位公差的检测	51
任务 1 直线度误差的检测	52
任务 2 平面度误差的检测	59
任务 3 圆度、圆柱度误差的检测	64
任务 4 平行度、垂直度误差的检测	71
任务 5 同轴度误差的检测	80
任务 6 圆跳动误差的检测	85
任务 7 对称度误差的检测	92
单元三 零件表面粗糙度的检测	101
任务 1 用比较样块检测零件表面粗糙度	102
任务 2 用表面粗糙度测量仪检测零件表面粗糙度	109
单元四 螺纹的检测	119
任务 1 普通三角螺纹的检测	120
任务 2 梯形螺纹的检测	130
单元五 零件的综合检测	141
任务 1 芯轴的综合检测	142
任务 2 安装底板的综合检测	148
参考答案	160
参考文献	165

单元一

零件线性尺寸的检测

在机械加工中，无论机械设备多么先进，操作工人技术水平多么高超，加工出来的零件都存在着几何参数（尺寸、形状、位置）误差，而要满足零件的使用要求，实现互换性，就要对这些几何参数加以控制，制定先进的公差标准是必不可少的。而零件加工过程中的正确测量与加工后相应的检测措施，更是实现互换性不可缺少的一部分。

本单元讲述了零件线性尺寸常用的检测方法，零件加工后的线性尺寸只有在极限尺寸范围内才是合格的。通过本单元的学习，学生要完成零件的长度检测、轴径、孔径的检测以及角度、锥度的检测，学习并掌握常用量具游标卡尺、外径千分尺、内径百分表、万能角度尺、正弦规等量具的规范使用及正确保养。

任务 1

用游标卡尺检测底板尺寸

任务描述 >>

测量底板零件的长度、宽度、高度以及槽的宽度、深度如图 1-1-1 所示，并根据各段尺寸公差要求判断其合格性，底板实体零件如图 1-1-2 所示。

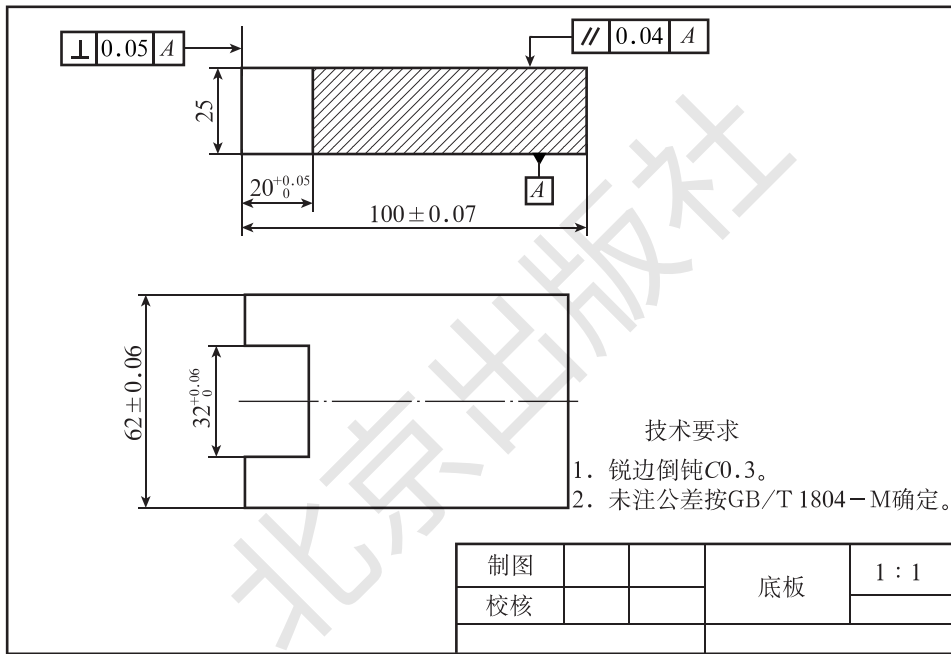


图 1-1-1 底板零件图

任务目标 >>

- 了解游标卡尺的结构。
- 掌握游标卡尺的校对、使用、读数和保养的正确方法。
- 能够正确使用游标卡尺完成底板零件的测量与评价。

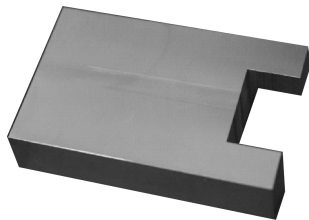


图 1-1-2 底板实物

任务实施 >>

1. 任务分析

根据底板零件图可知，需要检测的尺寸分别为：底板的长度 100 ± 0.07 、宽度 $62 \pm$

0.06、高度 25；槽的宽度 $32^{+0.06}_0$ 、深度 $20^{+0.05}_0$ ，其中高度尺寸 25 为一般未注公差尺寸，公差值可查“线性尺寸的一般公差”，如表 1-1-1 所示，按 m（中等级）公差等级，选择 ± 0.2 ，即 25 ± 0.2 ，对各段尺寸进行解读，如表 1-1-2 所示。

表 1-1-1 线性尺寸的一般公差

公差等级	尺寸分段							
	0.5 ~ 3	>3 ~ 6	>6 ~ 30	>30 ~ 120	>120 ~ 400	>400 ~ 1000	>1000 ~ 2000	>2000 ~ 4000
f（精密级）	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	—
m（中等级）	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2
c（粗糙级）	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4
v（最粗级）	—	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6	± 8

表 1-1-2 被测尺寸解读

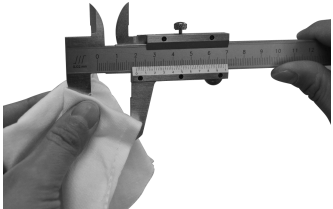
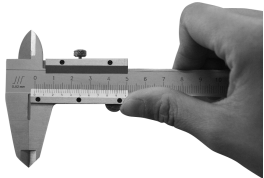
	底板长度	底板宽度	槽宽度	槽深度	底板高度
尺寸数值	100 ± 0.07	62 ± 0.06	$32^{+0.06}_0$	$20^{+0.05}_0$	25 ± 0.2
基本尺寸	100	62	32	20	25
最大极限尺寸	100.07	62.06	32.06	20.05	25.2
最小极限尺寸	99.93	61.94	32	20	24.80
上极限偏差	+0.07	+0.06	+0.06	+0.05	+0.2
下极限偏差	-0.07	-0.06	0	0	-0.2
尺寸公差	0.14	0.12	0.06	0.05	0.4

根据被测零件的结构特征使用游标卡尺易于测量，尺寸公差要求较大，选择分度值为 0.02 mm 的游标卡尺进行测量完全可以满足测量要求。

2. 工、量具准备

所需工、量具见表 1-1-3。

表 1-1-3 底板尺寸测量工、量具

(1) 选择量具规格 根据零件图 1-1-1 中的被测尺寸及公差要求，选择分度值为 0.02 mm，规格为 0 ~ 150 mm 的游标卡尺进行测量 (2) 检查游标卡尺的外观 首先清洁量爪测量面、导向面，检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损，尺框和微动装置是否灵活，紧固螺钉是否能起到紧固作用，如图 1-1-3 所示	 图 1-1-3 清洁游标卡尺
(3) 校对零位 拧松紧固螺钉，使卡尺两量爪紧密贴合，应无明显的光隙，主尺的零线与游标尺零线应对齐，如图 1-1-4 所示，如果对齐就可以进行测量，如果没有对齐则要记取零误差：游标的零刻度线在尺身零刻度线右侧的叫正零误差，在尺身零刻度线左侧的叫负零误差	 图 1-1-4 校对零位

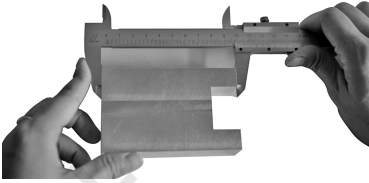
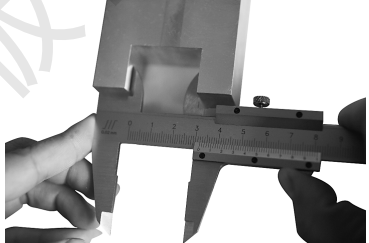
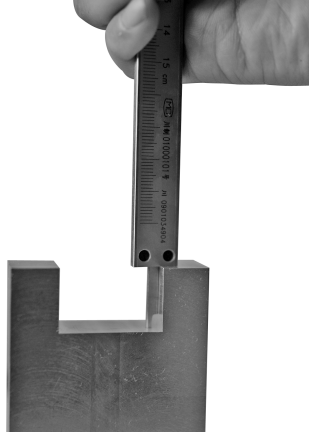
3. 清洁被测零件

检查被测零件是否清洁，是否有毛刺，若有，去除毛刺，并使用洁净棉纱清洁零件。

4. 测量步骤

测量步骤见表 1-1-4。

表 1-1-4 底板尺寸测量步骤

(1) 测量底板尺寸 将零件平放在测量平台上，游标卡尺外量爪张开比被测长度尺寸 100 ± 0.07 稍大，用左手食指抵住尺身的左端，将固定量爪靠在被测面上，右手握住尺身，拇指慢慢推动尺框，使活动量爪与被测面接触，如图 1-1-5 所示，然后轻轻少量滑动，使测量爪与被测面完全贴合，拧紧固定螺钉读取数值。以此重复两次，并记录数值，填入表 1-1-5 中。以同样的方法测量宽度尺寸 $62^{+0.06}_{-0.06}$、高度尺寸 25	 图 1-1-5 测量底板尺寸
(2) 测量槽的宽度 将零件平放在测量平台上，游标卡尺内量爪张开比被测槽的宽度 $32^{+0.06}_0$ 稍小将固定量爪靠在槽的一侧表面上，右手握住尺身，拇指慢慢拉动尺框，使活动量爪与槽的另一侧表面接触，如图 1-1-6 所示，然后轻轻少量滑动，使测量爪与被测面完全贴合，拧紧固定螺钉读取数值。以此重复两次测量，并记录数值，填入表 1-1-5 中	 图 1-1-6 测量槽的宽度
(3) 测量槽的深度 将零件直立放在测量平板上，使游标卡尺的尺身下端面与槽的顶面贴合，如图 1-1-7 所示，向下推动深度尺，使之与被测底面接触，并与底面垂直，拧紧紧固螺钉读取数值。以此重复两次，并记录数据，填入表 1-1-5 中	 图 1-1-7 测量槽的深度
(4) 整理填入表 1-1-5 中的数据，根据其公差要求，判断其尺寸是否合格 (5) 测量完毕，整理工、量具，将游标卡尺测量爪擦拭干净，涂上专用防锈油放入盒内，零件放在指定位置，摆放整齐	

特别提示

- 1. 测量工件时，量爪的测量面必须与被测工件的表面平行或者垂直，不得歪斜。
- 2. 测量工件时，应先拧松紧固螺钉，移动游标不能用力过猛。两量爪与被测工件的表面接触既不要过紧，也不要使被夹紧的工件在量爪内挪动。
- 3. 读数时，视线应与尺面尽量垂直，看准对齐的刻线，正确读数，不能斜视，以减少读数误差。
- 4. 测量结束要把卡尺平放，尤其是大尺寸的卡尺更应注意，否则尺身会弯曲变形。
- 5. 用完带深度尺的游标卡尺后，要把测量爪合拢，否则较细的深度尺露在外边，容易变形甚至折断。
- 6. 严禁在毛坯面、运动工件或温度较高的工件上进行测量，以防降低量具精度而影响测量精度。
- 7. 卡尺不用时应及时清理干净，涂上防锈油置于干燥地方以防锈蚀。

任务评价 >>

零件检测完成后填写零件检测评价表，并对测量结果及在测量过程中操作的规范性进行评价，零件检测评价表见表 1-1-5。

表 1-1-5 零件检测评价表

零件名称		底板		图号					姓名			
项目		序号	内容	实测数据				结论	配分标准	配分	得分	
				N_1	N_2	N_3	平均值					
底板尺寸测量	底板尺寸	1	长度 100 ± 0.07						不正确 不得分	15		
		2	宽度 62 ± 0.06						不正确 不得分	15		
		3	高度 25 ± 0.2						不正确 不得分	15		
	槽的尺寸	4	宽度 $32^{+0.06}_0$						不正确 不得分	15		
		5	深度 $20^{+0.05}_0$						不正确 不得分	15		
	操作过程	6	正确、规范使用游标卡尺							酌情扣分	5	
		7	准确读数							酌情扣分	5	
		8	及时完成测量步骤							酌情扣分	5	

续表

零件名称		底板		图号				姓名		
项目	序号	内容	实测数据				结论	配分标准	配分	得分
			N_1	N_2	N_3	平均值				
底板尺寸测量	9	工量具、工件摆放整齐规范						酌情扣分	5	
	10	工作现场卫生整洁						酌情扣分	5	
日期		教师			综合得分			组长		

知识链接 > >

1. 尺寸、偏差基本术语

(1) 尺寸 (图 1-1-8)

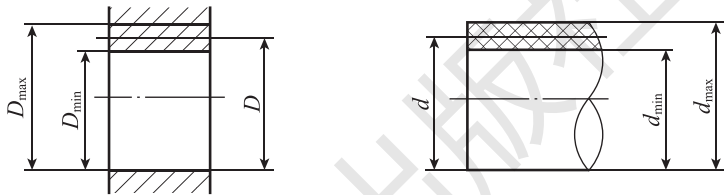


图 1-1-8 基本尺寸、极限尺寸

①基本尺寸：设计人员根据工件的功能而确定的尺寸称为基本尺寸。孔的基本尺寸用“ D ”表示，轴的基本尺寸用“ d ”表示。

②实际尺寸：通过实际测量所得的尺寸称为实际尺寸。孔的实际尺寸用“ D_a ”表示，轴的实际尺寸用“ d_a ”表示。

※由于测量误差，实际尺寸不一定是尺寸的真值。

※由于形状误差，同一表面不同部位的实际尺寸往往不相等。

③极限尺寸：允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸，它以基本尺寸为基数来确定。

孔允许的最大尺寸称为孔的最大极限尺寸，用“ $D_{\max}$ ”表示，孔允许的最小尺寸称为孔的最小极限尺寸，用“ $D_{\min}$ ”表示。

轴允许的最大尺寸称为轴的最大极限尺寸，用“ $d_{\max}$ ”表示，轴允许的最小尺寸称为轴的最小极限尺寸，用“ $d_{\min}$ ”表示。

零件尺寸合格的条件：实际尺寸应位于两极限尺寸之间。

轴： $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$

孔： $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$

(2) 尺寸偏差

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。其值可以为正

值、负值或零。

①实际偏差是指实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。孔的实际偏差用“ E_a ”表示，轴的实际偏差用“ e_a ”表示。

$$\text{孔: } E_a = D_a - D$$

$$\text{轴: } e_a = d_a - d$$

②极限偏差是指极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

a. 上极限偏差：最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，孔用“ES”表示，轴用“es”表示。

$$ES = D_{\max} - D$$

$$es = d_{\max} - d$$

b. 下极限偏差：最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，孔用“EI”表示，轴用“ei”表示。

$$EI = D_{\min} - D$$

$$ei = d_{\min} - d$$

注意：对于合格的零件，实际偏差应限制在极限偏差范围内，也可以达到极限偏差。

零件偏差合格的条件：

$$\text{轴: } ei \leq e_a \leq es$$

$$\text{孔: } EI \leq E_a \leq ES$$

2. 游标卡尺

(1) 游标卡尺的结构

游标卡尺主要由主尺（尺身）、内测量爪、外测量爪、紧固螺钉、游标尺、深度尺等组成，如图 1-1-9 所示。游标卡尺的分度值是利用尺身和游标刻线间的距离之差确定的，常用的分度值有 0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm，尺寸规格有 0 ~ 150 mm、0 ~ 200 mm、0 ~ 300 mm 等。

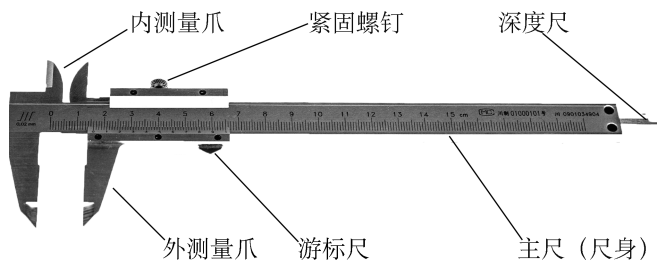


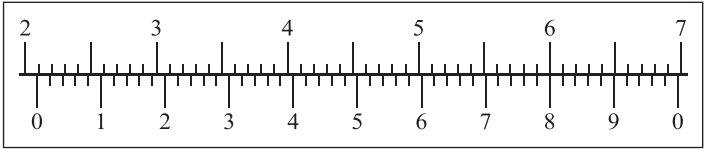
图 1-1-9 游标卡尺的结构

(2) 游标卡尺的读数方法

①整数部：在尺身上读出与游标零线最接近的刻线数值。

②小数部分：在游标上读出与尺身刻线对齐的刻线数，并乘分度值。

③读数：读数值 = 整数部分 + 小数部分，如图 1-1-10 所示（分度值为 0.02 的游标卡尺）。



读数值为：20 mm + 40 × 0.02 mm = 20.8 mm

图 1-1-10 游标卡尺的读数

(3) 游标卡尺的结构形式（图 1-1-11 ~ 图 1-1-13）

三用卡尺

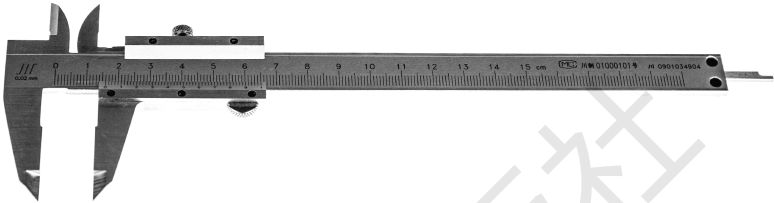


图 1-1-11 带有刀口形的上、下测量爪和深度尺的三用卡尺

双面卡尺



图 1-1-12 带有内、外测量面的下量爪和刀口形的上量爪的双面卡尺

单面卡尺

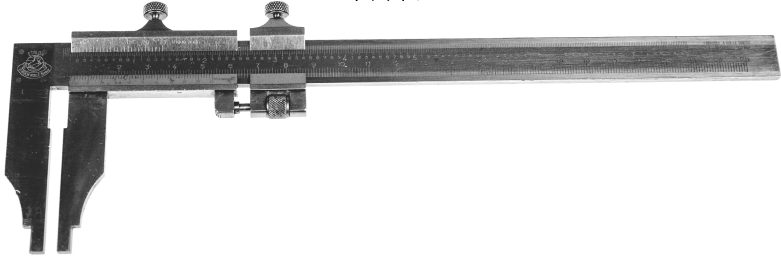
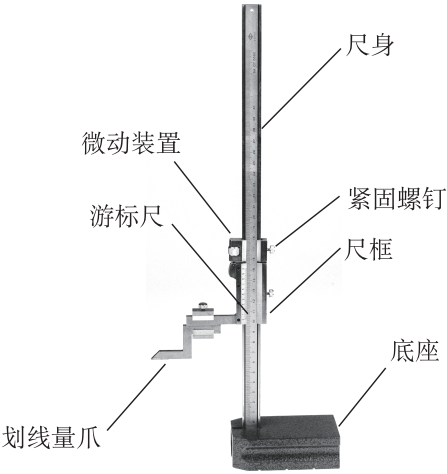
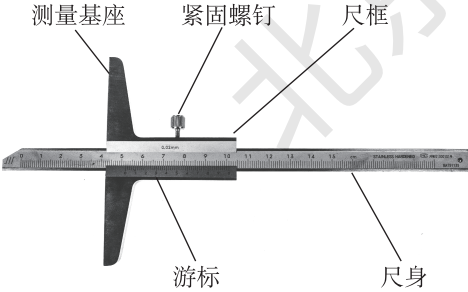


图 1-1-13 只有内、外测量面的下量爪的单面卡尺

任务拓展 >>

常用游标卡尺类量具介绍见表 1-1-6。

表 1-1-6 常用游标卡尺类量具

量具介绍	使用方法及注意事项
1. 高度游标卡尺  高度游标卡尺广泛应用于机械加工中的高度测量和精密划线。根据读数形式的不同，高度游标卡尺可分为普通游标式和电子数显式两大类	(1) 测量前用棉布擦净高度游标卡尺的主尺、游标、测量爪；检查测量爪是否磨损，并调整量爪的测量面与基座底平面位于同一平面；检查主尺、游标零线是否对齐。 (2) 测量工件高度时，应将量爪轻微摆动，在最大部位读取数值。 (3) 读数时，视线应垂直于刻线；用力要均匀，以保证测量的准确性。 (4) 不能用高度游标卡尺测量锻件、铸件表面以及运动工件的表面，以免损坏卡尺。 (5) 使用时，轻拿轻放，避免测量爪被碰撞，不可掉到地上。 (6) 长期不使用的高度游标卡尺应擦拭干净，上防锈油，放入盒中保存
2. 深度游标卡尺  深度游标卡尺用于测量凹槽或孔的深度、梯形工件的梯层高度、长度等尺寸，平常被简称为“深度尺”，是一种用游标读数的深度量尺	(1) 测量前，用棉布擦净被测量表面以及深度游标卡尺的尺身、测量基座。 (2) 卡尺的测量基座和尺身端面应垂直于被测表面并贴合紧密，不得歪斜，否则会造成测量结果不准确。 (3) 读数时视线要与卡尺的刻线表面垂直，以减小读数误差。 (4) 测量沟槽深度或当其他基准面是曲线时，测量基座的端面必须放在曲线的最高点上，测量出的深度尺寸才是工件的实际尺寸，否则会出现测量误差。 (5) 用深度游标卡尺测量工件时，所用压力应使测量基座刚好接触零件基准表面，尺身刚好接触测量平面，测量力不能过大。 (6) 测量温度要适宜，刚加工完的工件不能马上测量，须等工件冷却至室温后方可测量，否则测量误差太大

任务 2

用外径千分尺检测阶梯轴外径

任务描述 >>

阶梯轴各段轴径尺寸，如图 1-2-1 所示，并根据其公差要求判断尺寸合格。阶梯轴实体零件如图 1-2-2 所示。

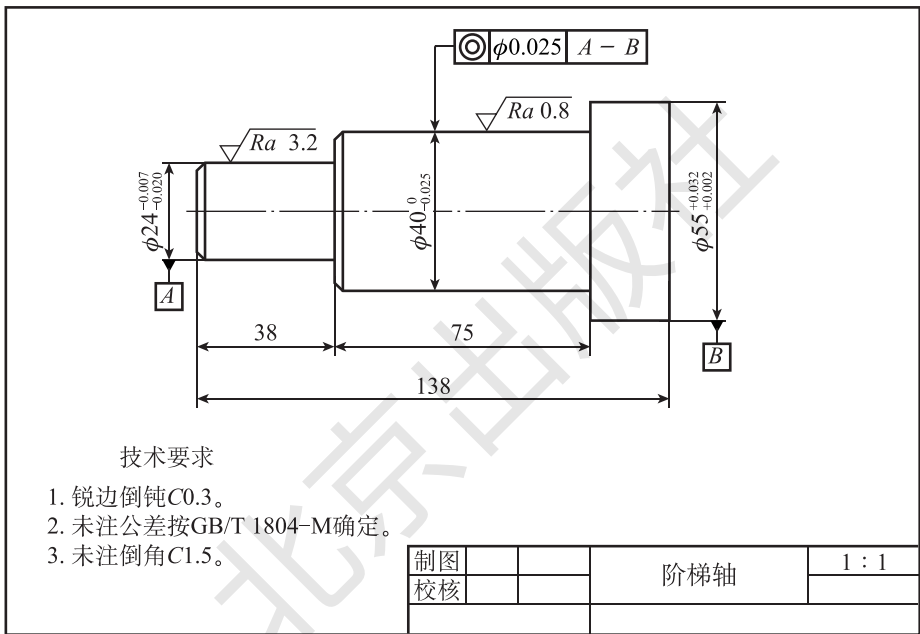


图 1-2-1 阶梯轴零件图

任务目标 >>

- 了解外径千分尺的结构。
- 掌握外径千分尺的校对、使用、读数和保养的正确方法。
- 能够正确使用外径千分尺完成阶梯轴零件的测量与评价。



图 1-2-2 阶梯轴实物

任务实施 >>

1. 任务分析

阶梯轴是机械设备中常用的零件，本次任务是对阶梯轴的各段轴径尺寸进行检测，由图 1-2-1 阶梯轴零件图可知，被测阶梯轴各段轴径的尺寸公差分别为 0.013、

0.025、0.03，选用游标卡尺已经不能满足测量要求，故选用分度值为 0.01 mm 的外径千分尺进行测量，根据轴径尺寸选择不同量程的外径千分尺，见表 1-2-1。

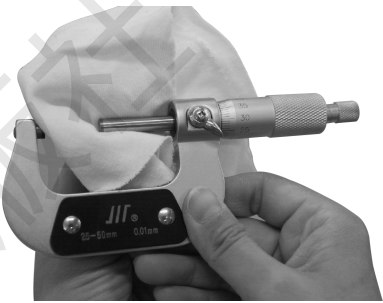
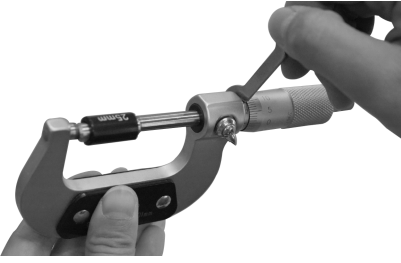
表 1-2-1 选择外径千分尺

序号	被测尺寸	外径千分尺
1	$\phi 24 \begin{smallmatrix} -0.007 \\ -0.020 \end{smallmatrix}$	0 ~ 25 mm
2	$\phi 40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$	25 ~ 50 mm
3	$\phi 55 \begin{smallmatrix} +0.032 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$	50 ~ 75 mm

2. 工、量具准备

所需工、量具见表 1-2-2。

表 1-2-2 外径测量工、量具

(1) 选择量具 根据被测尺寸不同，选择不同测量范围的外径千分尺，见表 1-2-1。 (2) 检查外径千分尺的外观 先松开锁紧装置，用棉丝擦净千分尺各部位表面，如图 1-2-3 所示，特别是测砧与测微螺杆，接触面要清晰干净，旋转棘轮（测力装置）要求其能轻快灵活带动微分套筒旋转，测微螺杆移动要平稳，无卡住现象，微分套筒与固定套筒之间能够光滑移动，锁紧测微螺杆旋转棘轮，其能够发出“咔咔”声	
(3) 校对零位 测量范围是 0 ~ 25 mm 的千分尺直接校对；测量范围大于 25 mm 的千分尺使用标准样块或量块进行校对，如图 1-2-4 所示，旋转微分筒，当测砧与标准样块轻轻接触后，轻转棘轮，发出“咔咔”声后，观察微分套筒的零线与固定套筒的基线是否对齐，若没有对齐，则需要校正	
(4) 调整零位 当零位不准确需要校正时，可用专用小扳勾插入固定套筒的调整孔内（固定套筒零线的背面），如图 1-2-5 所示，轻轻扳动固定套筒转过一定角度，使千分尺的零位与固定套筒的基线对齐	

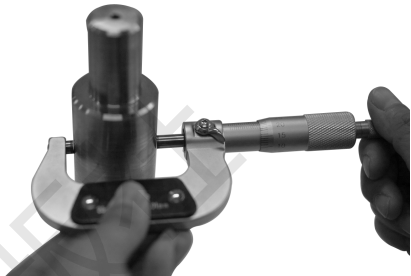
3. 清洁被测零件

检查被测零件是否清洁，是否有毛刺，若有，去除毛刺，并使用洁净棉纱清洁零件。

4. 测量步骤

测量步骤见表 1-2-3。

表 1-2-3 阶梯轴外径测量步骤

(1) 选用 0 ~ 25 mm 的千分尺测量 $\phi 24_{-0.020}^{-0.007}$ 的轴径，将被测零件放置在测量平台上，左手握住尺架，右手旋转微分筒，使测微螺杆测量面与被测表面接触，然后改为转动棘轮（测力装置），如图 1-2-6 所示，直到发出“咔咔”声，此时读出测量值。 (2) 转动被测零件，选取三个不同截面进行测量，并记录数据，填入表 1-2-4 中	 图 1-2-6 测量轴径（一）
(3) 按上述方法，选取 25 ~ 50 mm 的千分尺测量 $\phi 40_{-0.025}^0$ 轴径。对三个不同截面进行测量，并记录数据。如图 1-2-7 所示	 图 1-2-7 测量轴径（二）
(4) 按上述方法，选取 50 ~ 75 mm 的千分尺测量 $\phi 55_{+0.002}^{+0.032}$ 轴径。对三个不同截面进行测量，并记录数据。如图 1-2-8 所示	 图 1-2-8 测量轴径（三）
(5) 整理零件检测评价表，并根据其公差要求，判断尺寸合格性 (6) 测量完毕，整理工、量具，将千分尺测量面擦拭干净，涂上专用防锈油放入盒内，零件放在指定位置，摆放整齐	

特别提示

1. 测量时，手要握住隔热装置，测力大小要一致，不要用力过猛，不要锁紧螺杆后测量，为使测量面与被测表面接触良好，可在转动棘轮的同时轻轻晃动尺架。
2. 读数时，视线要与刻度线垂直，如果取下千分尺，要先将锁紧装置锁紧再拿下进行读数；读数后，应反向转动微分筒，使测微螺杆断面离开被测零件表面再将千分尺退出，这样可以减少对千分尺测量面的磨损。

3. 用外径千分尺测量轴类零件长度尺寸时，千分尺测量轴的中心线应与被测尺寸长度方向一致，不能歪斜。
4. 测量结束后要将千分尺擦净放回盒内，千分尺回位时不要摇动活动套筒。

任务评价 >>

零件检测完成后填写零件检测评价表，并对测量结果及在测量过程中操作的规范性进行评价，零件检测评价表见表 1-2-4。

表 1-2-4 零件检测评价表

零件名称		阶梯轴		图号					姓名		
项目		序号	内容	实测数据				结论	配分标准	配分	得分
				N_1	N_2	N_3	平均值				
阶梯轴 外径测量	外径尺寸	1	$\phi 24_{-0.020}^{-0.007}$						不准确 不得分	15	
		2	$\phi 40_{-0.025}^0$						不准确 不得分	15	
		3	$\phi 55_{+0.020}^{+0.032}$						不准确 不得分	15	
	操作过程	4	正确选择千分尺						酌情 扣分	10	
		5	正确校对千分尺 零位						酌情 扣分	10	
		6	正确、规范使用 千分尺						酌情 扣分	10	
		7	准确读数						酌情 扣分	10	
		8	及时完成测量 步骤						酌情 扣分	5	
		9	工量具、工件摆 放整齐规范						酌情 扣分	5	
		10	工作现场卫生 整洁						酌情 扣分	5	
日期	教师				综合得分				组长		

知识链接 >>

1. 标注公差系列

(1) 尺寸公差

允许的尺寸变动量称为尺寸公差。公差是不为零的绝对值，是机械零件实现互换性的保证。孔和轴的公差分别用“ T_D ”和“ T_d ”表示。

$T_D = | D_{\max} - D_{\min} | = | ES - EI |$

$T_d = | d_{\max} - d_{\min} | = | es - ei |$

(2) 尺寸公差带

表示零件的尺寸相对其基本尺寸所允许变动的范围，叫公差带。公差带由标准公差和基本偏差组成，如图 1-2-9 所示。

(3) 标准公差 (IT)

它确定公差带的大小。标准公差由公差等级和基本尺寸查表确定，国家标准规定公差等级分为 20 级，依次为 IT01、IT0、IT1 ~ IT18。IT01 为最高级，IT18 为最低级。规定和划分公差等级的目的是为了简化和统一对公差的要求，使规定的公差等级能满足广泛的、不同的使用要求，大致代表了各种加工方法的精度，这样既有利于设计，也有利于制造。

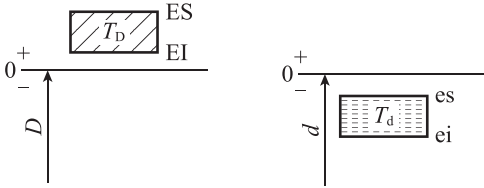


图 1-2-9 孔、轴公差带图

标准公差数值见表 1-2-5 所示。

表 1-2-5 标准公差数值

基本尺寸 /mm		公 差 等 级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm														mm					
	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.52	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.0	9.7

2. 基本偏差系列

(1) 基本偏差及其代号

基本偏差确定了公差带的位置。它可以是上极限偏差，也可以是下极限偏差。国标规定了基本偏差有 28 个符号，孔为大写字母，轴为小写字母，如图 1-2-10 所示。

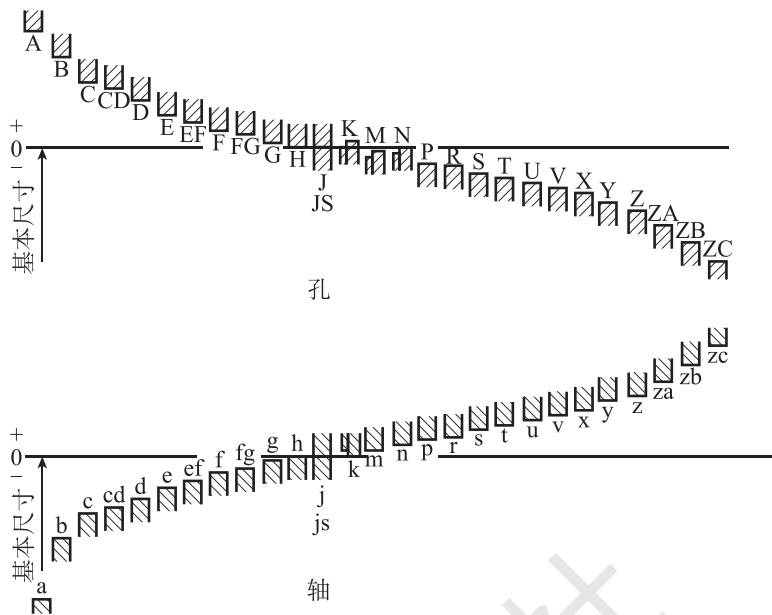


图 1-2-10 基本偏差系列

(2) 基本偏差的布置特点

由图 1-2-10 可知，基本偏差系列具有如下特点：

①孔与轴同字母的基本偏差相对于零线对称分布。对于轴， $a \sim h$ 基本偏差为上偏差 es ， $j \sim zc$ 基本偏差为下偏差 ei (js 除外)；对于孔， $A \sim H$ 基本偏差为下偏差 EI ， $J \sim ZC$ 基本偏差为上偏差 ES (JS 除外)。从 a 到 h 或 A 到 H ，基本偏差的绝对值逐渐减小；而从 j 到 zc 或 J 到 ZC ，则绝对值逐渐增大。

②H 的基本偏差为下偏差， h 的基本偏差为上偏差，数值均为零，故 H 代表基准孔， h 代表基准轴。

JS 和 js 为对称偏差，即上偏差为 $+$ ；下偏差为 $-$ 。

3. 千分尺

(1) 千分尺的结构

外径千分尺主要由尺架、微分筒、固定套筒、测微螺杆、锁紧装置等组成，如图 1-2-11 所示。

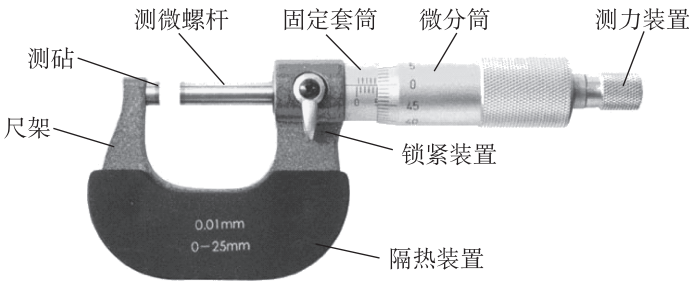


图 1-2-11 外径千分尺的结构

(2) 千分尺的读数原理和读数方法

①读数原理：活动套管（微分筒）与测微螺杆组成一体，活动套管（微分筒）上刻有 50 条等分线，当活动套管（微分筒）旋转一周时，测微螺杆的螺距为 0.5 mm，它就轴向移动 0.5 mm；当活动套管（微分筒）转过一格时，测微螺杆轴向移动距离为 $0.5\text{ mm} \div 50 = 0.01\text{ mm}$ ，故 0.01 mm 就是千分尺的分度值，这就是千分尺读数装置能读出 0.01 mm 的原理。

②读数方法：

- a. 读出活动套管边缘在固定套管主尺的中线之上的毫米数和中线之下的半毫米数。
- b. 找出微分套筒与固定套筒中线对齐的那条第 n 条线，并以 n 乘刻度精度值 0.01 mm，即为读数的小数部分。
- c. 把两个读数相加即为测得的实际尺寸，如图 1-2-12 所示。

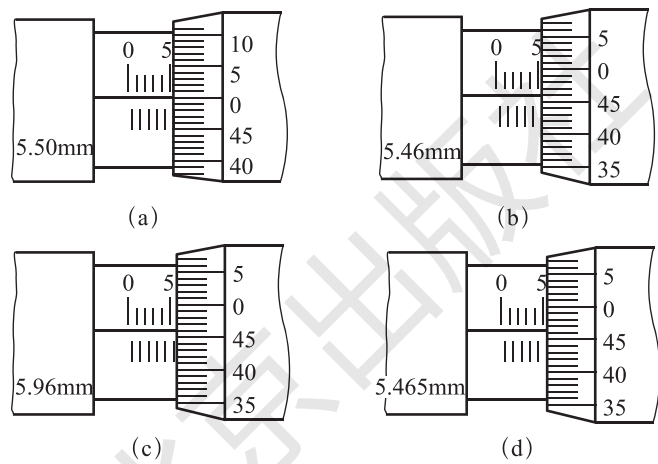


图 1-2-12 外径千分尺的读数

任务拓展 >>

常用千分尺类量具介绍见表 1-2-6。

表 1-2-6 常用千分尺类量具

1. 壁厚千分尺

(1) 壁厚千分尺结构，如图 1-2-13 所示

图 1-2-13

续表

壁厚千分尺一般用来测量精密管形零件的壁厚尺寸或测量带孔零件的壁厚，前端做成杆状球头测砧，以便伸入孔内并使测砧与孔的内壁贴合，其测量精度为 0.01 mm。

(2) 壁厚千分尺的使用方法，如图 1-2-14 所示

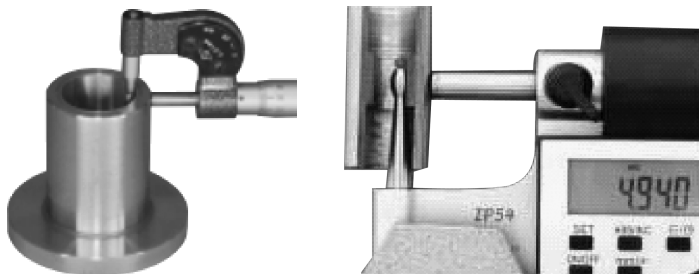


图 1-2-14

2. 尖头千分尺

(1) 尖头千分尺结构，如图 1-2-15 所示

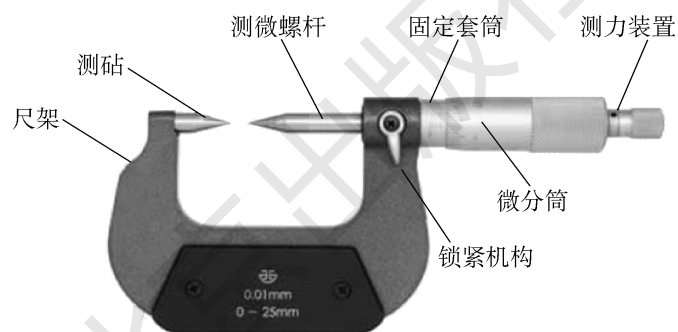


图 1-2-15

尖头千分尺用于测量钻头、偶数槽丝锥的沟槽直径及钟表齿轮根圆直径等。

(2) 尖头千分尺的使用方法，如图 1-2-16 所示

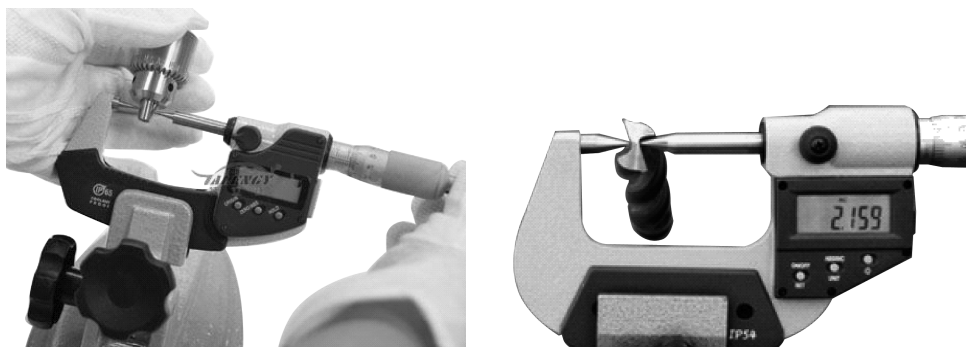


图 1-2-16

任务 3

用内径百分表检测轴套内径

任务描述 >>

测量轴套各段内径尺寸，如图 1-3-1 所示，并根据各段尺寸公差要求，判断其合格性。轴套实体零件如图 1-3-2 所示。

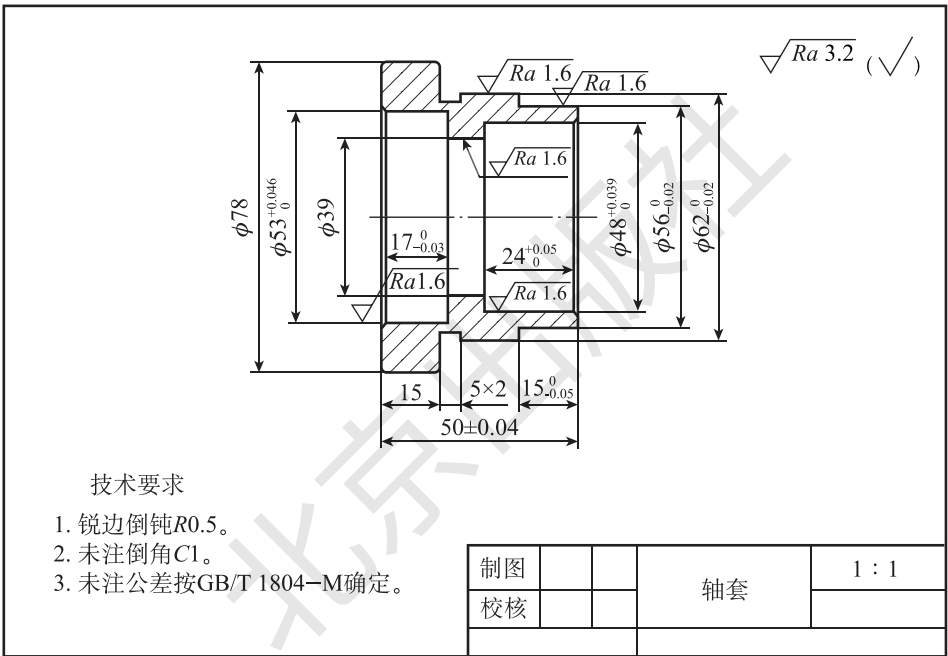


图 1-3-1 轴套零件图

任务目标 >>

- 了解内径百分表的结构。
- 掌握内径百分表的组装、校正、使用、读数、保养的正确方法。
- 能够正确使用内径百分表完成轴套零件的测量与评价。



图 1-3-2 轴套实物

任务实施 >>

1. 任务分析

读图 1-3-1 轴套零件图得知，本次测量尺寸主要是轴套的内径尺寸，分别是： $\phi 48^{+0.039}_0$ 、 $\phi 39$ 、 $\phi 53^{+0.046}_0$ ，其中 $\phi 39$ 未注公差，经过查表 1-1-1 线性尺寸的一般公

差，按 m（中等级）公差等级，选择 ± 0.3 ，即 $\phi 39 \pm 0.3$ 。根据被测零件的结构特点：阶梯孔、中间段孔径选用一般内径量具测量困难，且孔较深、公差要求不是很高，选用分度值为 0.01 mm 的内径百分表进行测量能够满足测量要求。

2. 工、量具准备

所需工、量具见表 1-3-1。

表 1-3-1 孔径测量表、量表

(1) 选择量具规格 根据轴套零件图中被测孔径尺寸及公差要求，分别选择分度值为 0.01 mm，测量范围为 35 ~ 50 mm 和 50 ~ 100 mm 的内径百分表进行测量，如图 1-3-3 所示	 图 1-3-3 选择内径百分表
(2) 组装内径百分表 ①根据被测孔径的基本尺寸，选择合适的可换测头装在量脚上，使其尺寸比基本尺寸大 0.5 mm 左右（可用游标卡尺测量测头间的大致间距），并用螺母锁紧。 ②将百分表插入量杆中，将其预压 0.3 ~ 1 mm，同时旋紧旋钮，如图 1-3-4 所示	 图 1-3-4 组装内径百分表
(3) 校对零位 将外径千分尺调节到被测孔径的基本尺寸 $\phi 48$，并锁紧，然后将内径百分表的固定测头和活动测头置于外径千分尺两个测量面之间，轻轻滑动外径千分尺，找到最小值，把百分表的指针调到零位	 图 1-3-5 内径百分表校对零位

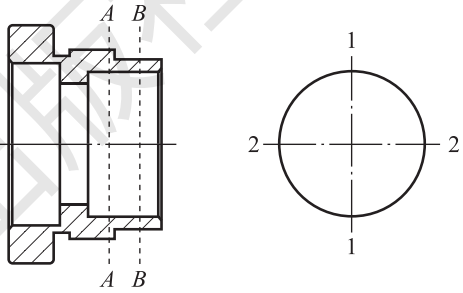
3. 清洁被测零件

检查被测零件是否清洁，是否有毛刺，若有，去除毛刺，并使用洁净棉纱清洁零件。

4. 测量步骤

测量步骤见表 1-3-2。

表 1-3-2 轴套孔径测量步骤

(1) 测量 $\phi 48^{+0.039}_0$ 孔径 被测零件放在测量平台上，将调整好的内径百分表插入被测孔内，轻微摆动几次连杆，如图 1-3-6 所示，读出摆动过程中的最小读数，即为孔径的实际偏差。沿孔的轴线方向测量 2 个截面，每个截面选择相互垂直的两个方向进行测量，如图 1-3-7 所示，并记录，将数值填入表 1-3-3 中 (2) 更换测头、校对零位 根据被测孔径选择合适测头，并安装。将外径千分尺调节到被测孔径的基本尺寸 $\phi 39$，按上述校对零位的方法重新校对零位 (3) 测量 $\phi 39 \pm 0.3$ 孔径 按上述测量方法，测量 $\phi 39 \pm 0.3$ 的孔径，并将测量结果填入表 1-3-3 中	 图 1-3-6 测量孔径
(4) 测量 $\phi 53^{+0.046}_0$ 孔径 选择测量范围为 50 ~ 100mm 的内径百分表进行测量，按上述方法重新校对零位，然后按上述测量方法对 $\phi 53^{+0.046}_0$ 孔径进行测量，将测量结果填入表 1-3-3 中	 图 1-3-7 测量孔径示意图
(5) 整理填入表 1-3-3 中的数据，根据其公差要求，判断合格性 (6) 测量完毕，整理工、量具，将内径百分表擦拭干净，涂上专用防锈油，放入盒内，零件放在指定位置，摆放整齐	

特别提示

1. 测量时，连杆中心线应与被测零件中心线平行，不得歪斜。
2. 远离液体，不得让冷却液、切削液、水或油与内径百分表接触，禁止在零件上有溶液的时候进行测量。
3. 使用时要轻拿轻放，不能过分用力让其受到打击和碰撞，并经常校对零位，防止尺寸变动。
4. 在不使用时，要摘下百分表，使表解除其所有负荷，让测量杆处于自由状态。
5. 使用完毕要成套保存于盒内，避免丢失或混用。

任务评价 >>

零件检测完成后填写零件检测评价表，并对测量结果及在测量过程中操作的规范性进行评价，零件检测评价表见表 1-3-3。

表 1-3-3 零件检测评价表

零件名称		轴套		图号				姓名			
项目		序号	内容		实测数据			结论	配分标准	配分	得分
					N_1	N_2	平均值				
轴套内径测量	孔径尺寸	1	$\phi 48^{+0.039}_0$	I - I				不正确 不得分	15		
			II - II								
		2	$\phi 39 \pm 0.3$	I - I				不正确 不得分	15		
			II - II								
		3	$\phi 53^{+0.046}_0$	I - I				不正确 不得分	15		
			II - II								
	操作过程	4	正确组装内径百分表						酌情 扣分	10	
		5	正确校对内径百分表零位						酌情 扣分	10	
		6	正确、规范使用内径百分表						酌情 扣分	10	
		7	准确读数						酌情 扣分	10	
		8	及时完成测量步骤						酌情 扣分	5	
		9	工量具、工件摆放整齐规范						酌情 扣分	5	
		10	工作现场卫生整洁						酌情 扣分	5	
日期			教师			综合得分			组长		

知识链接 >>

1. 内径百分表

内径百分表是内量杠杆式测量架和百分表的组合，用以测量或检验零件的内孔、

深孔直径及其形状精度。

(1) 内径百分表的结构

如图 1-3-8 所示, 内径百分表主要由活动测头、可换测头、连杆、百分表、定心护桥等组成。国产内径百分表的分度值为 0.01 mm, 测量范围有 10 ~ 18 mm、18 ~ 35 mm、35 ~ 50 mm、50 ~ 100 mm、100 ~ 160 mm、160 ~ 250 mm、250 ~ 450 mm。

(2) 内径百分表校对零位的方法

内径百分表是相对法测量的器具, 故在使用前必须用其他量具根据被测零件的基本尺寸校对内径百分表的零位。校对零位常用的方法见表 1-3-4。

(3) 内径百分表的读数

被测尺寸的读数值, 应等于千分尺上与百分表示值的代数和。测量时主指针与转数指示盘的指针都回到零位时的位置, 读数值正好是千分尺上的那个尺寸, 如果没有回到零位的位置上, 那就以零位这点为分界线, 指针位于顺时针方向时为“负”, 指针位于逆时针方向时为“正”。

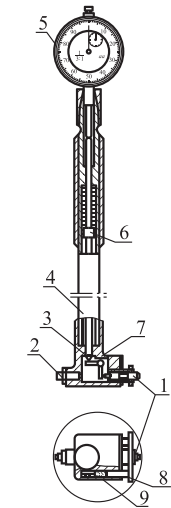


图 1-3-8

内径百分表

- 1—活动测头; 2—可换测头; 3—三通管; 4—连杆; 5—百分表; 6—活动杆; 7—杠杆; 8—定心护桥; 9—弹簧

表 1-3-4 内径百分表校对零位的方法

①用标准环规校对零位 按被测件的基本尺寸选择基本尺寸相同的标准环规, 按标准环规的实际尺寸校对内径百分表的零位, 如图 1-3-9 所示。此方法操作简便, 并能保证校对零位的准确度。因校对零位需制造专用的标准环规, 此方法只适合检测生产批量较大的零件	
②用外径千分尺校对零位 按被测零件的基本尺寸选择适当测量范围的外径千分尺, 把外径千分尺调到被测尺寸并锁紧, 将内径百分表的两测头放在外径千分尺两测砧之间校对零位, 如图 1-3-10 所示, 因受外径千分尺精度的影响, 用其校对零位的准确度和稳定性均不高, 从而降低了内径百分表的测量精确度。但此方法易于操作和实现, 在生产现场对精度要求不高的单件或小批量零件的检测, 仍得到较广泛的应用	

图 1-3-9 标准环规校对零位

图 1-3-10 外径千分尺校对零位

2. 百分表简介

(1) 百分表的结构

百分表的分度值为 0.01 mm，常用百分表的测量范围为 0 ~ 3 mm、0 ~ 5 mm、0 ~ 10 mm。百分表只能测出相对数值，不能测出绝对数值，它主要用于测量工件的几何形状误差和位置误差，也可用于检验机床几何精度或调整加工工件装夹位置误差。百分表的结构如图 1-3-11 所示。

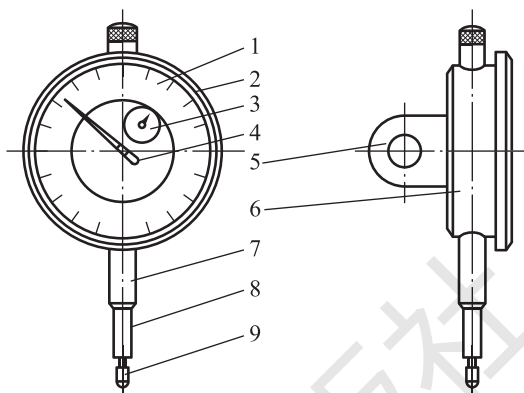


图 1-3-11 百分表

1—表盘；2—表圈；3—转数指示盘；4—主指针；
5—耳环；6—表体；7—轴套；8—量杆；9—测量头

(2) 百分表的使用和注意事项

①使用前，应检查测量杆活动的灵活性。轻轻推动测量杆，测量杆在套筒内的移动要灵活，没有任何卡顿现象，且每次放松后，指针仍能回到原来的刻度位置。

②百分表应牢固地装夹在表架夹具上，但夹紧力不宜过大，以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活；表架要安放平稳，以免影响测量结果的准确性或摔坏百分表，注意夹紧后再转动百分表。

③测量时，应轻轻提起测杆，把工件移至测头下面，缓慢下降测头，使之与工件接触，不准把工件强行推到测头下，也不准将测头急剧下降，以免产生冲击力给测量带来误差。在测头与工件接触时，测杆应有 0.3 ~ 1 mm 的压缩量，以保持一定的起始测量力。

④测量过程中，测杆与被测工件表面必须垂直，否则将产生较大的测量误差，测量圆柱形工件时，测杆轴线应与圆柱形工件直径方向一致。

⑤百分表和千分表不使用时，应使测量杆处于自然状态，以免使表内的弹簧失效。如内径百分表，在不使用时，应拆下来保存。

(3) 百分表的读数方法

先读小指针转过的刻度线（即毫米整数），再读大指针转过的刻度线（即小数部分），并乘 0.01，然后两者相加，即得到所测量的数值。

任务拓展 >>

常用内孔检测量具介绍见表 1-3-5。

表 1-3-5 常用内孔检测量具

量具介绍	使用方法及注意事项
1. 内径千分尺 内径千分尺适用于机械加工中 IT10 或低于 IT10 级工件的孔径、槽宽及两端面距离等尺寸的测量。 (1) 卡脚式内径千分尺  图 1-3-12 卡脚式内径千分尺用于测量小孔径，其刻线方向与外径千分尺正好相反，但读数方法相同	(1) 使用之前首先观察外观有无影响测量的缺陷，用棉布擦拭干净。转动微分筒检查其是否转动灵活，接杆式内径千分尺接长杆中的芯杆活动情况，锁紧装置是否可以锁紧。 (2) 用专用小扳勾校对微分筒零位，用力要均匀。 (3) 接长杆正确拼接方法（接杆式内径千分尺、三点内径千分尺）：需要连接接长杆时，尽可能选用最少量的接长杆来组成所需要的尺寸，减少累计误差。同时使尺寸最大的接杆与微分头连接。依次顺接到测量触头，以减少连接后的轴线弯曲。连接完后反复检查连接杆是否完全拧紧。 (4) 用内径千分尺测量孔径的方法： ①卡脚式内径千分尺和接杆式内径千分尺：将其测量触头测量面与被测表面接触，调整微分筒，使微分筒一侧的测量面在孔的径向截面上轻微摆动，找出最大读数。 ②三点内径千分尺：测量时将测量爪轻置于孔内，旋转微分筒使测量爪逐步接近孔壁，接触后改为旋转测力装置，同时在孔的径向截面轻微摆动，使测量爪贴紧孔壁，找出最大读数
(2) 接杆式内径千分尺  图 1-3-13 接杆式内径千分尺备有一套接长杆，用于测量大孔径。其测量范围很大，最小 50 mm，最大可达 5 000 mm	
(3) 三点内径千分尺  图 1-3-14 三点内径千分尺常用于通孔、盲孔的尺寸测量	
2. 光滑极限孔用量规  图 1-3-15	(1) 使用前先检查孔用量规测量面，不能有锈斑、划痕和毛刺等缺陷。 (2) 检验孔时，量规的通端塞规能通过被检验的孔，量规的止端塞规不能通过被检验的孔，说明被检验的孔是合格的，反之则为不合格

续表

量具介绍	使用方法及注意事项
光滑极限孔用量规是一种无刻度的专用检验工具，用它来检验工件时，只能判断工件是否合格，而不能测量出工件的实际尺寸。光滑极限孔用量规做成最大极限尺寸和最小极限尺寸两种。它的最小极限尺寸一端叫作通端，最大极限尺寸一端叫作止端，在测量中通端塞规应通过小径，且止端塞不应通过小径	(3) 测量时，量规应顺着孔的轴线插入或拔出，不能倾斜，量规插入孔内，不许转动或摇晃量规。 (4) 量规通端要在孔的整个长度上检验，量规止端要尽可能在孔的两端进行检验

任务 4

用万能角度尺检测六角尺角度

任务描述 >>

测量六角尺各部分角度尺寸，如图 1-4-1 所示，并根据各角度尺寸公差要求，判断其合格性。六角尺实体零件如图 1-4-2 所示。

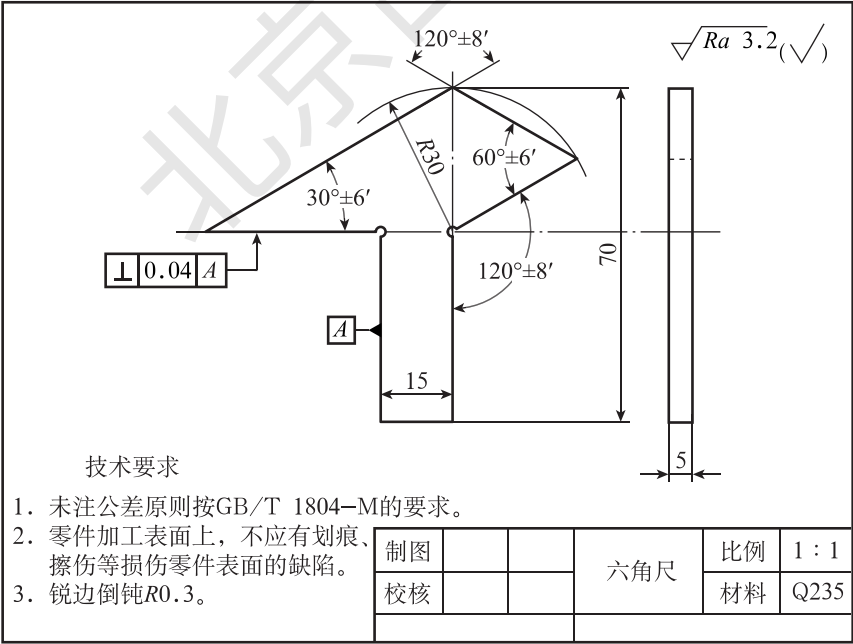


图 1-4-1 六角尺零件图

任务目标 > >

- 了解万能角度尺的结构。
- 掌握万能角度尺的组装、校对、使用、读数、保养的正确方法。
- 能够正确使用万能角度尺完成六角尺零件的测量与评价。



图 1-4-2 六角尺实物

任务实施 > >

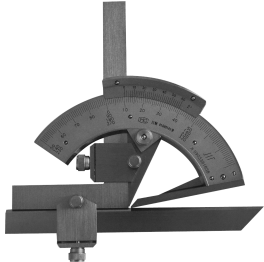
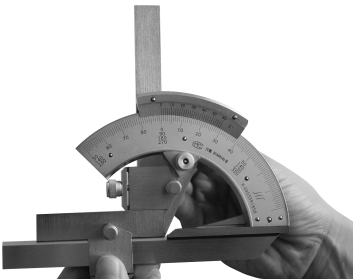
1. 任务分析

由六角尺零件图可知，本次任务主要是对六角尺各部分角度进行检测，需要检测的角度分别是： $30^{\circ} \pm 6'$ 、 $60^{\circ} \pm 6'$ 、 $120^{\circ} \pm 8'$ ，测量范围较大，且公差要求不是很高，万能角度尺可测量 $0^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 外角，可以满足测量要求，故选用万能角度尺进行测量。

2. 工、量具准备

所需工、量具见表 1-4-1。

表 1-4-1 角度测量工、量具

(1) 检查、清洁万能角度尺 本次测量选用的是 I 型万能角度尺，首先将万能角度尺各部件用棉丝擦拭干净，然后检查各部件的相互作用是否移动平稳可靠、锁紧螺母是否能够锁紧，如图 1-4-3 所示	 图 1-4-3 检查万能角度尺
(2) 组装万能角度尺 根据被测角度 $30^{\circ} \pm 6'$ 组装万能角度尺，将两个卡块上的螺母松开，把角尺与扇形板连接在一起并固定，直尺和角尺连接在一起并固定，形成了如图 1-4-4 所示的组合形式，此组合可测量 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 之间的角度	 图 1-4-4 组装万能角度尺
(3) 校对零位 万能角度尺校对零位，是把角尺与直尺组装在一起，松开制动器上的螺母，移动主尺，让基尺与直尺边以及角尺的底边与直尺边均无间隙接触，检查此时主尺上的零刻线是否与游标的零线对准，如图 1-4-5 所示	 图 1-4-5 万能角度尺校对零位

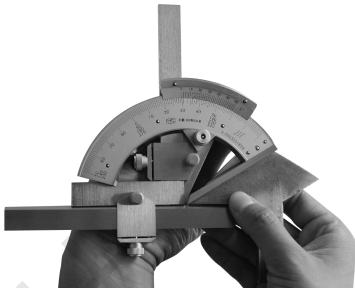
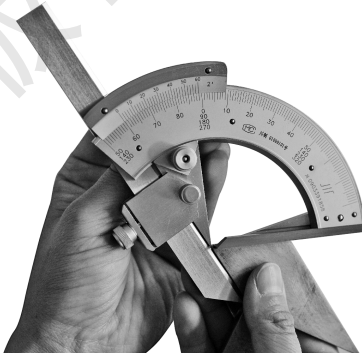
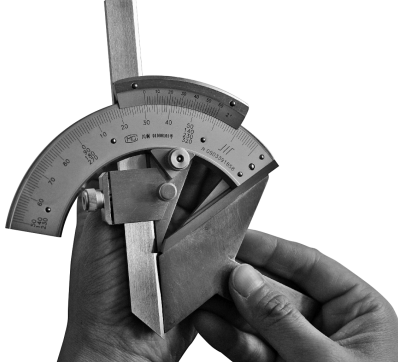
3. 清洁被测零件

检查被测零件是否清洁，是否有毛刺，若有，去除毛刺，并使用洁净棉纱清洁零件。

4. 测量步骤

测量步骤见表 1-4-2。

表 1-4-2 六角尺角度测量步骤

(1) 测量 $30^{\circ} \pm 6'$ 先松开制动器上的螺母，将零件的一个被测表面与直尺贴合，移动主尺向另一个被测表面缓缓移动，做粗调整，然后再转动扇形板背面的微动装置做微调，直到两个测量面（直尺和基尺）与被测表面密切贴合为止，如图 1-4-6 所示，拧紧制动器上的螺母，把角度尺取下来进行读数，同样的方法测量 3 次，并记录数值，填入表 1-4-3 中	 图 1-4-6 测量 30° 角度
(2) 测量 $60^{\circ} \pm 6'$ 重新组装万能角度尺，将角尺卸下，把直尺装上，用卡块把它与扇形板连接在一起。 用上述 (1) 的测量方法，测量 $60^{\circ} \pm 6'$ 角度 3 次，如图 1-4-7 所示，并记录数值，填入表 1-4-3 中	 图 1-4-7 测量 60° 角度
(3) 测量 $120^{\circ} \pm 8'$ 万能角度尺仅装上直尺时，可测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 的角度，所以测量 $120^{\circ} \pm 8'$ 时，万能角度尺不用重新组装。 用同样的测量方法分别对六角尺的两个 $120^{\circ} \pm 8'$ 角度进行测量，如图 1-4-8 所示，并记录每次测量数值，填入表 1-4-3 中	 图 1-4-8 测量 120° 角度
(4) 整理填入表 1-4-3 中的数据，根据其公差要求，判断其合格性 (5) 测量完毕，整理工、量具，将万能角度尺各部分擦拭干净，涂上专用防锈油放入盒内，零件放在指定位置，摆放整齐	

特别提示

1. 用万能角度尺测量零件角度时，应使基尺与零件角度的母线方向一致，且零件应与量角尺的两个测量面的全长有良好的接触，以免产生测量误差。
2. 测量完毕，应用汽油或酒精把万能角度尺擦拭干净，涂上防锈油，然后装入匣内保存。

任务评价 > >

零件检测完成后填写零件检测评价表，并对测量结果及在测量过程中操作的规范性进行评价，零件检测评价表见表 1-4-3。

表 1-4-3 零件检测评价表

零件名称		六角尺		图号				姓名			
项目	序号	内容	实测数据				结论	配分标准	配分	得分	
			N_1	N_2	N_3	平均值					
六角尺角度测量	角度尺寸	1	$30^{\circ} \pm 6'$					不准确 不得分	15		
		2	$60^{\circ} \pm 6'$					不准确 不得分	15		
		3	$120^{\circ} \pm 8'$					不准确 不得分	15		
		4	$120^{\circ} \pm 8'$					不准确 不得分	15		
	操作过程	5	正确组装万能角度尺					酌情扣分	10		
		6	正确校对零位并规范使用					酌情扣分	10		
		7	准确读数					酌情扣分	5		
		8	及时完成测量步骤					酌情扣分	5		
		9	工量具、工件摆放整齐规范					酌情扣分	5		
		10	工作现场卫生整洁					酌情扣分	5		
日期			教师			综合得分			组长		

知识链接 >>

万能角度尺

万能角度尺又被称为角度规、游标角度尺和万能量角器，有Ⅰ型和Ⅱ型两种结构形式，它是利用游标读数原理来直接测量工件角度或进行画线的一种角度量具。适用于机械加工中的内、外角度测量，可测 0°~320° 外角及 40°~130° 内角。

1. Ⅰ型万能角度尺的结构

Ⅰ型万能角度尺主要由尺座、游标、直尺、角尺、基尺、扇形板、卡块等组成，如图 1-4-9 所示。

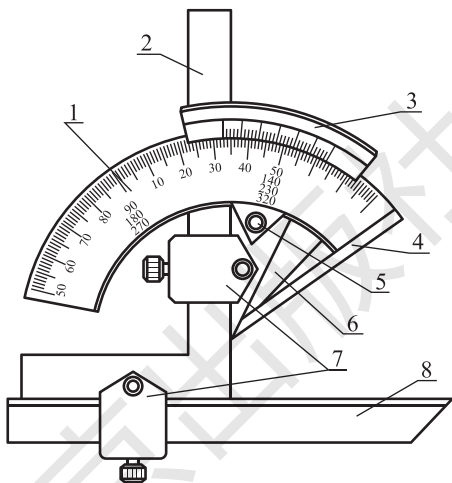


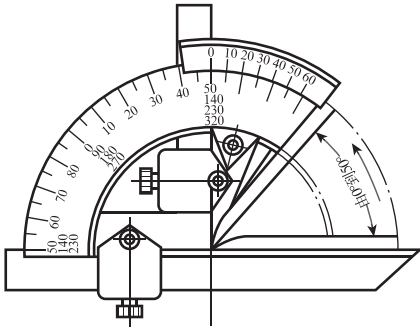
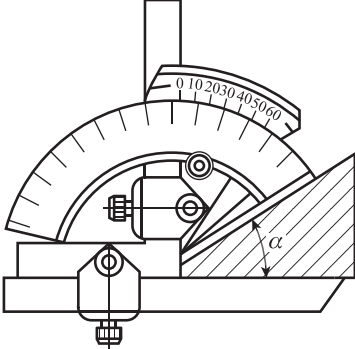
图 1-4-9 万能角度尺

1—尺座；2—角尺；3—游标；4—基尺；5—制动器；6—扇形板；7—卡块；8—直尺

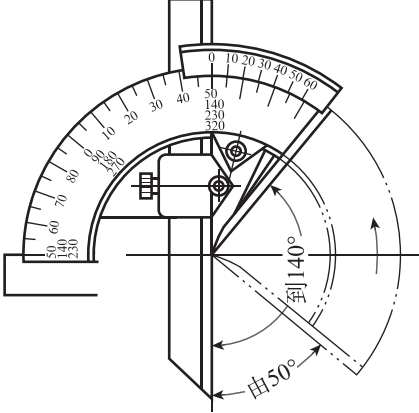
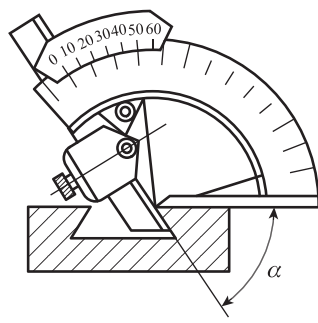
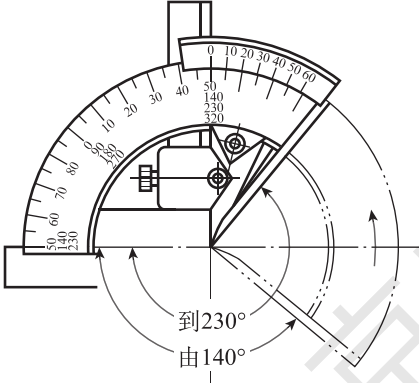
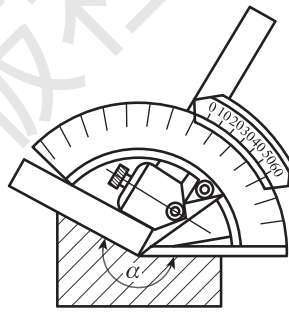
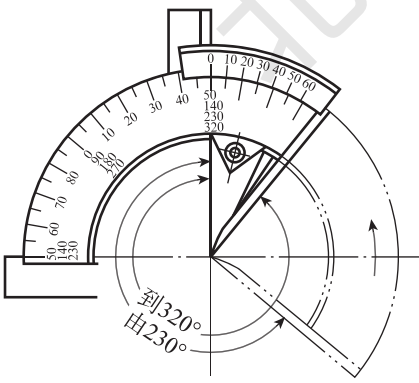
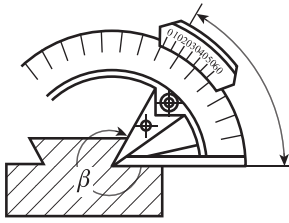
2. 万能角度尺的应用

万能角度尺的应用方法见表 1-4-4。

表 1-4-4 万能角度尺的应用方法

组合形式	使用方法
 直尺和角尺组合在一起，可测量 0°~50° 的角度	 测量 0°~50° 的角度

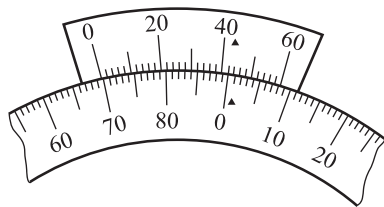
续表

组合形式	使用方法
 只安装直尺, 可测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 的角度	 测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 的角度
 只安装角尺, 可测量 $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$ 的角度	 测量 $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$ 的角度
 把角尺和直尺全拆下时, 可测量 $230^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 的角度 (即可测量 $40^{\circ} \sim 130^{\circ}$ 的内角度)	 测量 $40^{\circ} \sim 130^{\circ}$ 的内角度

3. 万能角度尺的读数原理

以分度值为 $2'$ 的万能角度尺为例, 主尺刻线每格为 1° , 游标的刻线是取主尺的 29°

等分为 30 格, 因此游标刻线每格的角度为 $29^\circ/30$ ($58'$), 即主尺与游标一格的差值为 $1^\circ - 58' = 2'$, 也就是说万能角度尺的读数精度为 $2'$, 其读数方法与游标卡尺完全相同, 先读出游标零线前的度数, 再从游标上读出角度“分”的数值, 两者相加就是被测零件角度数值, 如图 1-4-10 所示。



读数值: $69^\circ + 21 \times 2' = 69^\circ 42'$

图 1-4-10 万能角度尺的读数

任务拓展 >>

1. II 型游标万能角度尺

II 型游标万能角度尺分度值为 $5'$, 可测量 $0^\circ \sim 360^\circ$ 的任何角度。如图 1-4-11 所示。

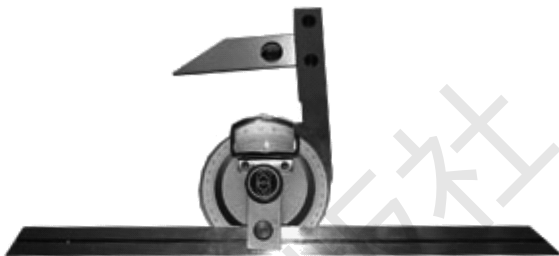


图 1-4-11 II 型游标万能角度尺

II 型游标万能角度尺的使用方法, 如图 1-4-12 所示。

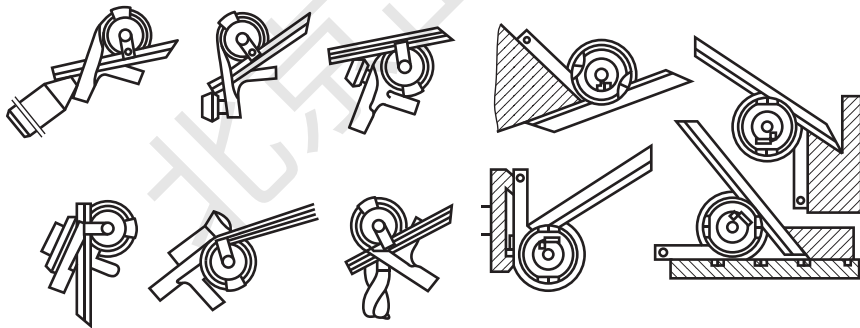


图 1-4-12 II 型游标万能角度尺使用方法

2. 角度样板

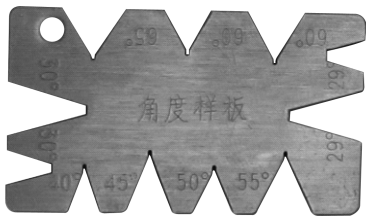


图 1-4-13 角度样板

任务 5

用正弦规检测锥柄锥度

任务描述 >>

测量莫氏锥度镗刀刀杆外锥柄锥度，如图 1-5-1 所示，并根据公差要求判断合格性。镗刀刀杆实体零件如图 1-5-2 所示。

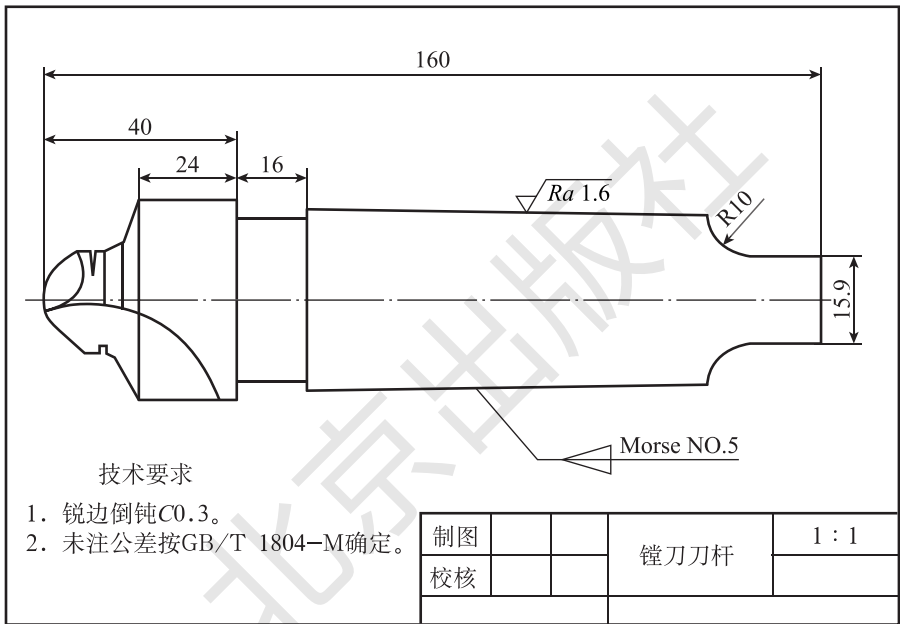


图 1-5-1 镗刀刀杆零件图



图 1-5-2 镗刀刀杆实物

任务目标 >>

- 了解正弦规的结构。
- 掌握莫氏圆锥公差表的查法。
- 掌握量块的组合方法。
- 掌握正弦规使用、保养的正确方法。
- 能够正确使用正弦规完成镗刀刀杆零件的测量与评价。

任务实施 >>

1. 任务分析

圆锥配合是机械设备常用的典型结构，本次要检测的镗刀刀柄就是数控镗床所用，其外锥度刀柄要与锥孔配合，由于是工具圆锥，角度精度要求较高，它的外锥度为莫氏5号，通过查表1-5-1莫氏工具圆锥的圆锥角公差，得其圆锥角公称尺寸为 $3^{\circ}00'52''$ ，角度较小，正弦规能够满足测量要求，且镗刀刀柄在正弦规上更容易测量，故本例选用正弦规进行测量。

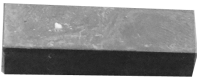
表 1-5-1 莫氏工具圆锥的圆锥角公差

莫氏圆锥号		0	1	2	3	4	5	6
锥度 C		1: 19.212	1: 20.047	1: 20.020	1: 19.922	1: 19.254	1: 19.002	1: 19.180
圆锥角 α	公称尺寸	$2^{\circ}58'54''$	$2^{\circ}51'27''$	$2^{\circ}51'41''$	$2^{\circ}52'31''$	$2^{\circ}58'30''$	$3^{\circ}00'52''$	$2^{\circ}59'12''$
	极限偏差	外圆锥	+1'05''	+52''			+41''	+33''
圆锥角 α	极限偏差		0	0			0	0
	极限偏差	内圆锥	0	0			0	0
	极限偏差		-1'05''	-52''			-41''	-33''

2. 工、量具准备

所需工、量具见表1-5-2。

表 1-5-2 锥度测量工、量具

组合形式	使用方法
(1) 检查、清洁正弦规 本次选用 $L=100\text{ mm}$、$B=80\text{ mm}$ 的宽型正弦规进行测量。首先将正弦规各部分用棉丝擦拭干净，然后检查各测量面是否完好无损，如图1-5-3所示	 图 1-5-3 清洁正弦规
(2) 计算并组合量块 查表1-5-1莫氏工具圆锥的圆锥角公差，得出莫氏5号圆锥角的公称尺寸以及极限偏差，然后根据公式：$h=L\sin\alpha$，计算出量块的高度，（L为正弦规两圆柱的中心距）并组合好量块，如图1-5-4所示	 图 1-5-4 量块组

续表

组合形式	使用方法
(3) 安装千分表 将准备好的千分表安装在磁力表架上,并调整各连杆之间的距离,做好测量前准备,如图 1-5-5 所示	 图 1-5-5 安装千分表

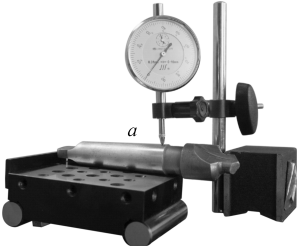
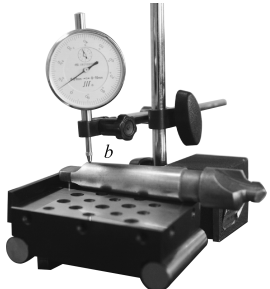
3. 清洁被测零件

检查被测零件是否清洁,是否有毛刺,若有,去除毛刺,并使用洁净棉纱清洁零件。

4. 测量步骤

测量步骤见表 1-5-3。

表 1-5-3 锥柄锥度测量步骤

组合形式	使用方法
(1) 组装检测工具 将正弦规放在测量平板上,在正弦规的一根圆柱下面垫上组合好的量块,然后将被测件轻轻放在正弦规的工作面上,如图 1-5-6 所示	 图 1-5-6 组装检测工具
(2) 测量被测零件 用千分表测量被测零件素线上距离为 L 的 a、b 两点的数值 h_1 和 h_2,如图 1-5-7、1-5-8 所示,并记录数值,填入表 1-5-4 中。 将零件绕轴线旋转约 60°,重复上述测量,同样测量被测零件素线上距离为 L 的两点的数值,共测量三次,三次测量所得最大差值为该零件的锥度偏差	 图 1-5-7 测量 a 点  图 1-5-8 测量 b 点

续表

零件名称		锥柄		图号					姓名		
项目	序号	内容	实测数据						配分标准	配分	得分
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	Δh	ΔC	$\Delta \alpha$			
锥柄锥度测量	操作过程	8	正确使用正弦规						酌情扣分	10	
		9	及时完成测量步骤						酌情扣分	5	
		10	工量具、工件摆放整齐规范						酌情扣分	5	
		11	工作现场卫生整洁						酌情扣分	5	
日期		教师		综合得分					组长		

知识链接 >>

1. 圆锥的基本参数（图 1-5-9）

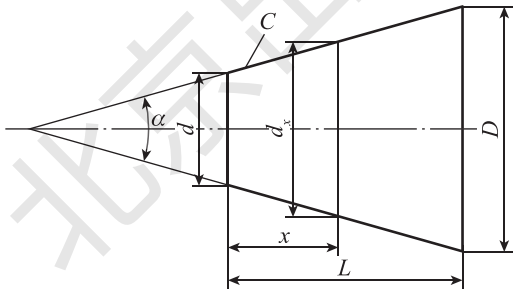


图 1-5-9 单个圆锥几何参数

- (1) 圆锥角 α 指在通过圆锥轴线的截面内，两条素线间的夹角。
- (2) 圆锥直径指圆锥在垂直于其轴线上的截面上的直径。常用的圆锥直径有最大圆锥直径 D 、最小圆锥直径 d 和给定截面圆锥直径 d_x 。
- (3) 圆锥长度 L 指最大圆锥直径截面与最小圆锥直径截面之间的轴向距离。
- (4) 锥度 C 指最大圆锥直径和最小圆锥直径的差与圆锥长度之比。其计算公式为：

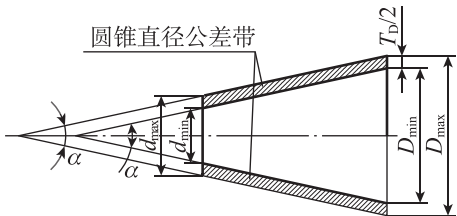
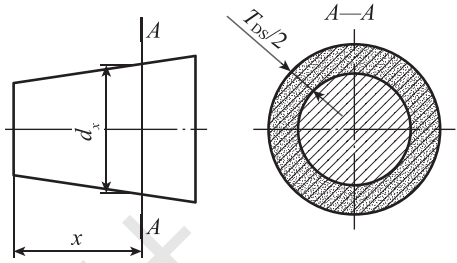
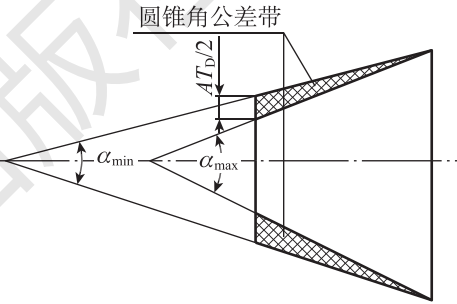
$$C = (D - d)/L = 2\tan (\alpha/2)$$

锥度一般用比例或分式表示，例如 $C = 1:20$ 或 $1/20$ 。

2. 圆锥的公差项目

圆锥的公差项目见表 1-5-5。

表 1-5-5 圆锥的公差项目

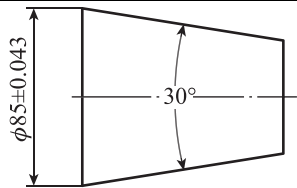
(1) 圆锥直径公差 圆锥直径公差是指在圆锥任何一个径向截面上允许的最大直径和最小直径之差，用 T_D 表示，如图 1-5-10 所示。 为了简化标准，国标 GB/T 1800.1—2009 中规定了圆锥直径公差带的标准公差和基本偏差，查表时以最大圆锥直径 D 为基本参数	 圆锥直径公差 图 1-5-10 圆锥直径公差
(2) 给定截面圆锥直径公差 给定截面圆锥直径公差是指在垂直于圆锥轴线的给定截面内，圆锥直径的允许变动量，用符号 T_{Ds} 表示，如图 1-5-11 所示，它仅适用于该给定截面	 图 1-5-11 给定截面圆锥直径公差
(3) 圆锥角公差 圆锥角公差是指圆锥角的允许变动量。用符号 AT 表示，如图 1-5-12 所示。 GB/T 11334—2005 规定了圆锥角公差 AT 共分为 12 个公差等级，从 $AT1$ 到 $AT12$，其中 $AT1$ 精度最高，$AT12$ 精度最低	 圆锥角公差 图 1-5-12 圆锥角公差
(4) 圆锥的形状公差 圆锥的形状公差包括素线直线度公差和截面圆度公差等，用符号 T_F 表示，它们的数值可以从 GB/T1184—1996 《形状和位置公差未注公差值》中选取。要求不高时，圆锥的形状误差由圆锥的直径公差带限制	

3. 圆锥公差的标准

圆锥公差的给定及标注方法有两种：

- (1) 按包容法（基本锥度法），见表 1-5-6。
- (2) 按独立法（公差锥度法），见表 1-5-7。

表 1-5-6 基本锥度标注方法

给定条件	图样标准
给定圆锥直径公差 T_D	

续表

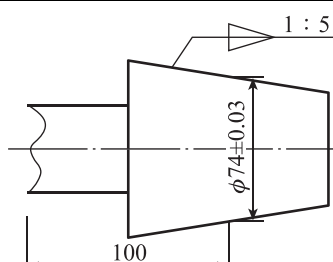
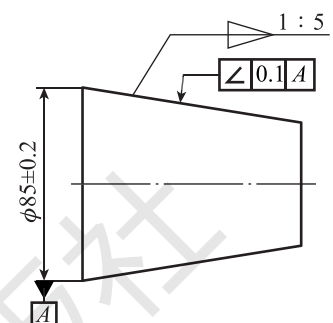
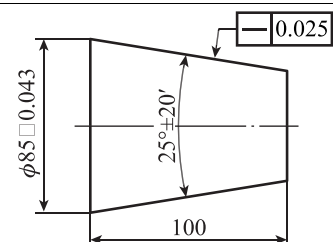
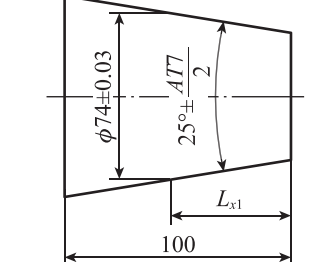
给定条件	图样标准
给定截面圆锥直径公差 T_{DS}	 Technical drawing of a truncated cone. The top view shows a circular cross-section with a diameter dimension of $\phi 74 \pm 0.03$. The side view shows a truncated cone with a length dimension of 100. A surface texture symbol is present on the top surface, indicating a texture of 1:5.
给定圆锥的形状公差 T_F	 Technical drawing of a truncated cone. The top view shows a circular cross-section with a diameter dimension of $\phi 85 \pm 0.2$. The side view shows a truncated cone with a length dimension of 100. A surface texture symbol is present on the top surface, indicating a texture of 1:5. A feature control frame points to the top surface, containing the symbol for circular runout (∇) and the tolerance value $0.1 A$. A datum feature control frame points to the bottom surface, containing the datum letter A. 注：倾斜度公差（包括素线的直线度）在 1/2 直径公差带内浮动

表 1-5-7 公差锥度标注方法

给定条件	图样标准
给定最大圆锥直径公差 T_D 、圆锥角公差 AT	 Technical drawing of a truncated cone. The top view shows a circular cross-section with a diameter dimension of $\phi 85 \pm 0.043$. The side view shows a truncated cone with a length dimension of 100. A feature control frame points to the top surface, containing the symbol for maximum diameter tolerance ($\square$) and the tolerance value 0.025. The cone angle is dimensioned as $25^\circ \pm 20'$.
给定截面圆锥直径公差 T_{DS} 、圆锥角公差 AT_D	 Technical drawing of a truncated cone. The top view shows a circular cross-section with a diameter dimension of $\phi 74 \pm 0.03$. The side view shows a truncated cone with a length dimension of 100. A feature control frame points to the top surface, containing the symbol for section diameter tolerance (∇) and the tolerance value $AT_D/2$. The cone angle is dimensioned as $25^\circ \pm 20'$. A datum feature control frame points to the bottom surface, containing the datum letter A.

4. 正弦规的结构

正弦规是利用正弦定义测量角度和锥度等的量规，也称正弦尺。它主要由一钢制长方体和固定在其两端的两个相同直径的钢圆柱体组成。两圆柱的轴心线距离 L 一般

为 100 mm 或 200 mm。按照两个圆柱中心之间的距离和主体工作平面的宽带,正弦规可分为宽型 ($L=100\text{ mm}$ 、 $B=80\text{ mm}$) 和窄型 ($L=100\text{ mm}$ 、 $B=25\text{ mm}$) 两种。正弦规是根据正弦函数原理,利用量块垫其一端,使之倾斜一定角度的检验定位工具。具体结构如图 1-5-13 所示。

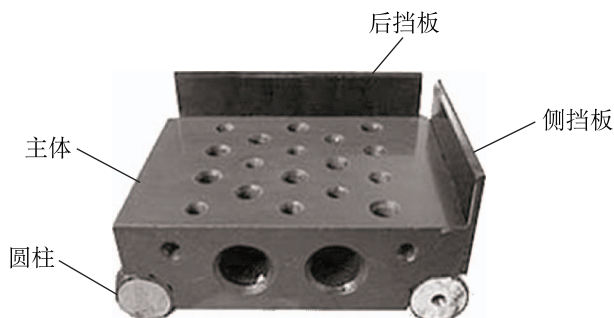


图 1-5-13 正弦规

任务拓展 >>

1. 圆锥量规综合检测圆锥

(1) 定义

圆锥量规是机械加工过程中测量以及长度计量中常用的量具。它是以内、外圆锥相配合的实体,用于检验相应圆锥配合工件的锥角和圆锥直径及圆锥表面的形状是否合格的量具,如图 1-5-14 所示。

(2) 分类

圆锥量规有圆锥塞规和圆锥套规两种。圆锥塞规是用于检验内圆锥体的圆锥量规;圆锥套规是用于检验外圆锥体的圆锥量规。

(3) 检测方法

用圆锥量规检验圆锥角时有两种方法,一是涂色法,二是晃动法。前者是定量检验,后者是定性检验。

①涂色法。当检验外圆锥的锥角时,将颜色涂在被检验圆锥的测量面上;当检验内圆锥的锥角时,将颜色涂在圆锥塞规的测量面上,根据颜色保存量判别接触与否。

②晃动法。检验圆锥孔时,将塞规缓缓伸入锥孔内,使两者紧密结合后,左手拿住被检验圆锥工件,或将它轻轻地夹在虎钳上,右手握住塞规的柄部,然后上下、左右晃动柄部。如果手感到塞规不晃动,说明锥孔与塞规紧密接触,锥孔的锥角无误差;如果手感到塞规的大端晃动,说明锥孔的锥角大;如果塞规的小端晃动,说明锥孔的锥角小。检验圆锥轴时,可用类似的方法检验,如图 1-5-15 所示。



图 1-5-14 圆锥量规

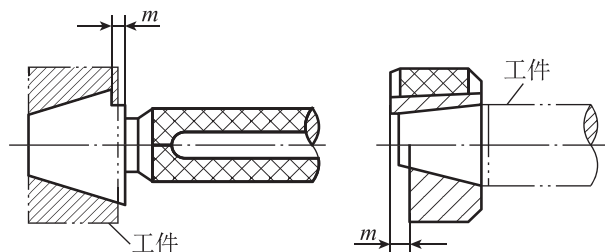


图 1-5-15 用圆锥量规检测锥度

2. 钢球和滚柱测量圆锥角

用精密钢球和精密量柱（滚柱）可以间接测量圆锥角。

(1) 钢球测量内锥角

如图 1-5-16 所示，用两球测量内锥角，已知大、小钢球的直径分别为 D_0 和 d_0 ，测量时，先将小球放入，测出 H 值，再将大球放入，测出 h 值，则内锥角 α 值为：

$$\sin \alpha = (D_0/2 - d_0/2) / (H - h + d_0/2 - D_0/2)$$

(2) 滚柱测量外圆锥角

如图 1-5-17 所示，用滚柱和量块组测量外圆锥角，先将两尺寸相同的滚柱夹在圆锥的小端处，测得 m 值，再将这两个滚柱放在尺寸组合相同的量块上，测量 M 值，则外锥角 α 值为：

$$\tan \alpha/2 = (M - m) / (2h)$$

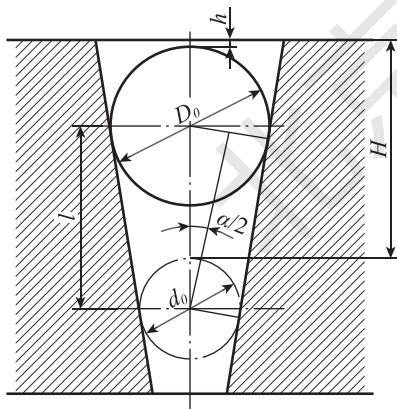


图 1-5-16 钢球测量外圆锥角

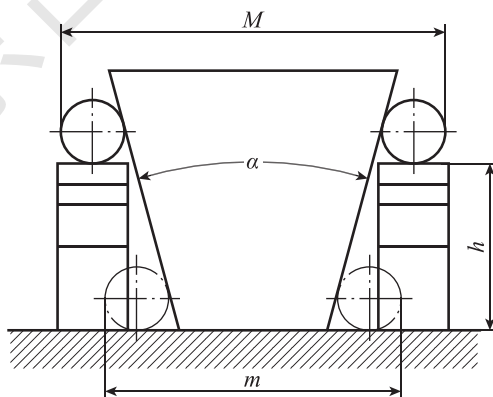


图 1-5-17 滚柱测量外圆锥角

单元小结

本单元通过对底板、阶梯轴等 5 个零件的检测，阐明了孔径、轴径、角度、锥度等线性尺寸的检测方法，有助于学生掌握游标卡尺、外径千分尺等常用量具的结构、使用方法、保养方法以及操作时的注意事项。

综合测试

1. 填空题

(1) 游标卡尺可以测量工件的____、____、____和____, 有的还可以测量槽的深度。

(2) 外径千分尺一般由____、____、____、____、尺架、测砧、锁紧装置、隔热装置等组成。

(3) 人们在设计零件时规定一个允许零件几何参数的变动量称为_____。

(4) 允许尺寸变化的两个界限值分别是_____和_____； $\phi 30_{-0.04}^{-0.02}$ 两个界限值分别是_____和_____。

(5) 当零件的上极限尺寸等于公称尺寸时, 其_____偏差为零; 当零件的下极限尺寸等于其公称尺寸时, 其_____偏差为零。

2. 选择题

(1) 具有互换性的零件应是 ()。

- A. 相同规格的零件
- B. 不同规格的零件
- C. 相互配合的零件
- D. 形状和尺寸完全相同的零件

(2) 关于偏差与公差之间的关系, 下列说法中正确的是 ()。

- A. 实际偏差越大, 公差越大
- B. 上偏差越大, 公差越大
- C. 下偏差越大, 公差越大
- D. 上、下偏差之差的绝对值越大, 公差越大

(3) 极限偏差是 ()。

- A. 加工后测量得到的
- B. 极限尺寸减基本尺寸的代数差
- C. 设计时确定的
- D. 上极限尺寸与下极限尺寸之差

(4) 尺寸公差带图的零线表示 ()。

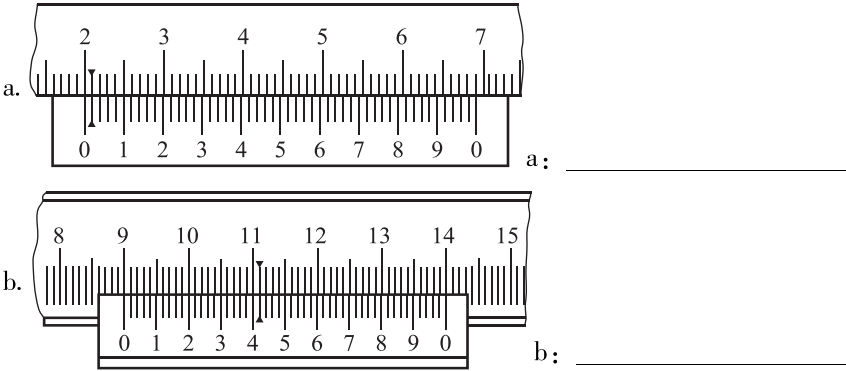
- A. 上极限尺寸
- B. 下极限尺寸
- C. 公称尺寸
- D. 实际要素

(5) 关于尺寸公差, 下列说法中正确的是 ()。

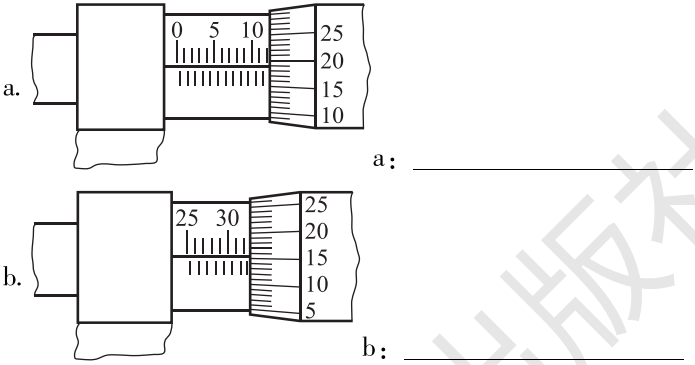
- A. 尺寸公差只能大于零, 故公差值前应标“+”号
- B. 尺寸公差是用绝对值定义的, 没有正、负的含义
- C. 尺寸公差不能为负值, 但要为零值
- D. 尺寸公差为允许尺寸变动范围的界限值

3. 综合题

(1) 正确识读游标卡尺示值, 填写在对应的横线上。



(2) 正确识读外径千分尺示值，填写在对应的横线上。



(3) 根据已知数据计算下表空格处的数值，并填写在相应空格中。

公称尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上极限偏差	下极限偏差	公差
孔 $\phi 30$		$\phi 29.958$			0.025
轴 $\phi 15$			+0.093		0.043
轴 $\phi 40$	$\phi 40.105$	$\phi 40.080$			
孔 $\phi 50$			-0.041	-0.087	
孔 $\phi 60$				-0.021	0.030
轴 $\phi 55$	$\phi 55$				0.054