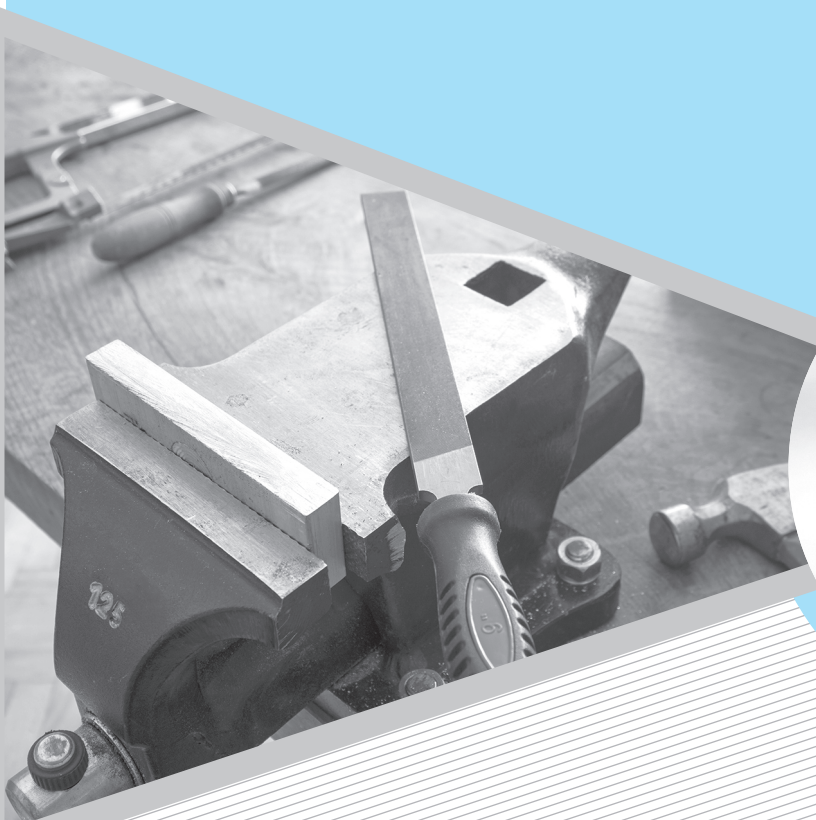


中等职业学校机械系列教材  
中等职业教育新形态一体化教材

# 钳工

## 基本技能训练

主 编 刘铁石  
副主编 于定文 阳美君  
主 审 周少良 张国华



西北工业大学出版社  
西 安

**【内容简介】** 本书主要介绍了常用量具的使用、钳工基本操作训练和综合实训 3 个模块的内容,共包含 19 个训练,训练内容包括游标卡尺的使用,千分尺的使用,游标万能角度尺的使用,百分表及其他专用量具的使用,划线,錾削,锯削,锉削,钻孔与扩孔,铰孔与绞孔,螺纹加工,矫正与弯形,刮削,研磨与抛光,铆接、黏结与锡焊,六方体锉削,封闭配合件锉配,开口配合件锉配以及组合件锉配。

本书可作为中等职业学校和技工学校的教学用书,也可供相关技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

钳工基本技能训练/刘铁石主编. —西安:西北工业大学出版社,2023. 5

ISBN 978 - 7 - 5612 - 8722 - 4

I. ①钳… II. ①刘… III. ①钳工-基本知识 IV.  
①TG9

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 080300 号

QIANGONG JIBEN JINENG XUNLIAN

钳 工 基 本 技 能 训 练

刘铁石 主编

责任编辑:蒋民昌

装帧设计:张瑞阳

责任校对:杨 军

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号

邮编:710072

电 话:(029)88491757, 88493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14

字 数:251 千字

版 次:2023 年 5 月第 1 版

2023 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 5612 - 8722 - 4

定 价:38.80 元

如有印装问题请与出版社联系调换



党的二十大报告指出我国要“建设现代化产业体系,坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。”在校企合作的基础上,根据中华人民共和国人力资源和社会保障部制定的钳工国家职业技能标准和中华人民共和国教育部制定的中等职业学校模具制造技术专业教学标准,通过对典型工作任务进行分析,以提高钳工专业技术和综合能力为根本出发点,助力建设制造强国、质量强国,编者编写了本书。

本书的编写特色如下:

(1)课程结构模块化。课程结构模块化主要体现在三个方面:第一,本书的课程体系、课程内容均以工作分析为基础,是对工作任务模块的转换,这是“重构”意义上的模块化;第二,课程内容以具体化的训练项目(行动化的学习项目)为载体,每个训练项目所包含的实践知识、理论知识、职业素养等内容建立了相对完整的系统,这是“综合”意义上的模块化;第三,在课程设置和课程内容设置上,充分考虑学生的个性发展,保留学生的自主选择空间,兼顾学生的职业生涯发展,这是“自主”意义上的模块化。

(2)课程内容综合化。课程内容综合化主要体现在理论知识与实践知识的综合,职业技能与职业素养的综合。实现“综合”的关键是课程载体的具体化。课程载体来自职业岗位的具体工作内容,如零件、产品、设备、工艺等,从而使课程载体由抽象的概念转变为具体的任务,并且融理论、实践于一体,融技能、素养于一体。这样的载体不仅是课程开发的载体,还是教学实施的载体。

(3)课程实施一体化。课程实施一体化主要体现在实施主体、教学过程和教学场所三方面的变化。就实施主体和教学过程而言,做到教学过程与工作过程的结合,融“教、学、做”于一体,构建以合作为主题的新型教师-学生、学生-学生关系,真正突显学生的中心地位;就教学场所而言,做到传统教室、专业教室、实训

室和生产车间的一体化。

本书由衡阳技师学院教师编写,具体分工为:刘铁石任主编,编写训练一至训练十一,训练十六和训练十七;于定文、阳美君任副主编,于定文编写训练十二、训练十三和训练十八,阳美君编写训练十四、训练十五和训练十九;周少良、张国华任主审。

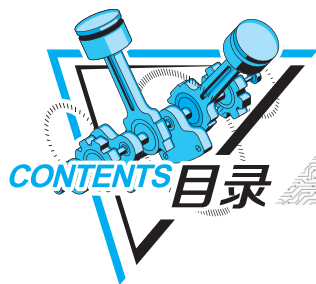
在编写本书的过程中,编者得到了上海润品科技有限公司、惠州市平进模具有限公司、衡阳风顺车桥有限公司、东莞市洁地雅五金模具制品有限公司等企业专家的大力支持,在此表示衷心的感谢!

在编写本书的过程中,编者参阅了相关文献资料,在此谨对其作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2023 年 1 月



|                                                                                     |                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|
|    | <b>绪论</b>               | <b>1</b>   |
|    | <b>模块一 常用量具的使用</b>      | <b>4</b>   |
|                                                                                     | 训练一 游标卡尺的使用 .....       | 4          |
|                                                                                     | 训练二 千分尺的使用 .....        | 12         |
|                                                                                     | 训练三 游标万能角度尺的使用 .....    | 19         |
|                                                                                     | 训练四 百分表及其他专用量具的使用 ..... | 25         |
|    | <b>模块二 钳工基本操作训练</b>     | <b>35</b>  |
|                                                                                     | 训练五 划线 .....            | 35         |
|                                                                                     | 训练六 錾削 .....            | 52         |
|                                                                                     | 训练七 锯削 .....            | 61         |
|                                                                                     | 训练八 锉削 .....            | 72         |
|                                                                                     | 训练九 钻孔与扩孔 .....         | 86         |
|                                                                                     | 训练十 铰孔与铰孔 .....         | 111        |
|                                                                                     | 训练十一 螺纹加工 .....         | 124        |
|                                                                                     | 训练十二 矫正与弯形 .....        | 138        |
|                                                                                     | 训练十三 刮削 .....           | 147        |
|                                                                                     | 训练十四 研磨与抛光 .....        | 159        |
|                                                                                     | 训练十五 铆接、黏结与锡焊 .....     | 178        |
|  | <b>模块三 综合实训</b>         | <b>194</b> |
|                                                                                     | 训练十六 六方体锉削 .....        | 194        |
|                                                                                     | 训练十七 封闭配合件锉配 .....      | 199        |
|                                                                                     | 训练十八 开口配合件锉配 .....      | 206        |
|                                                                                     | 训练十九 组合件锉配 .....        | 210        |
|  | <b>参考文献</b>             | <b>217</b> |



# 模块一

## 常用量具的使用



### 训练一 游标卡尺的使用

#### 一、游标卡尺的类型及结构

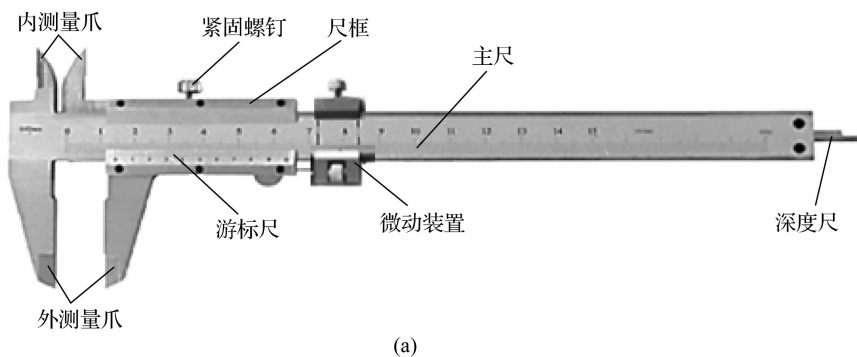
游标卡尺是一种中等精度的量具,主要用来测量工件的外径、孔径、长度、宽度、深度、孔距等尺寸。游标卡尺按结构不同可分为三用游标卡尺、双面量爪游标卡尺和单面量爪游标卡尺三种类型,如图 1-1 所示。其中三用游标卡尺和单面量爪游标卡尺又各自有带台阶测量面和不带台阶测量面两种形式。



训练一  
学习目标



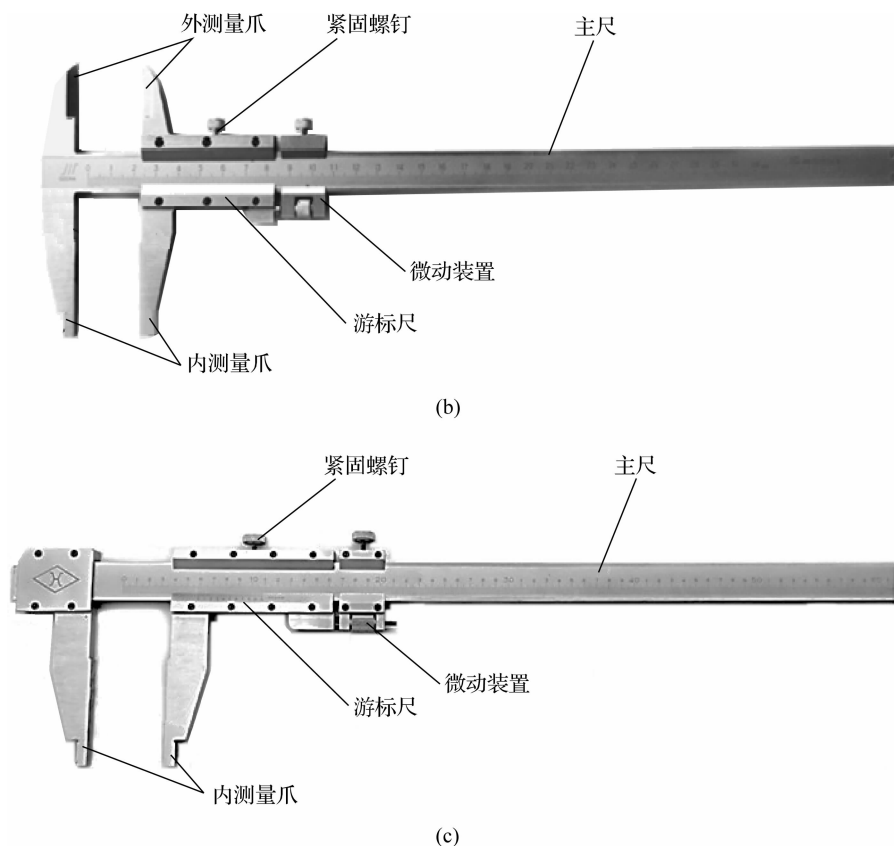
视频 1-1:认识  
游标卡尺



(a)

图 1-1 常用游标卡尺的结构

(a)三用游标卡尺



续图 1-1 常用游标卡尺的结构

(b)双面量爪游标卡尺；(c)单面量爪游标卡尺

## 二、游标卡尺的基本参数

### 1. 标尺间距

标尺间距是指沿着标尺长度的同一条线测得的两相邻标尺标记(即相邻两刻线)之间的距离。游标卡尺主尺上的标尺间距为 1 mm。

### 2. 测量范围

测量范围是指测量器具在规定误差极限内所能测量的一组最小值、最大值覆盖的范围。钳工常用的游标卡尺的测量范围有 0~150 mm、0~200 mm、0~300 mm 等。

### 3. 分度值

分度值是测量器具所能直接读出示值的最小单位量值,它反映了该测量器具的测量精度。一般来说,分度值越小,测量器具的精度越高。



#### 4. 最大允许误差(允许误差极限)

对于测量器具,技术规范、规程等允许的误差极限值称为最大允许误差。它是对测量器具本身的各种误差的综合反映。游标卡尺外测量爪测量的最大允许误差见表 1-1。

表 1-1 游标卡尺外测量爪测量的最大允许误差

单位:mm

| 测量范围    | 最大允许误差 |       |       |
|---------|--------|-------|-------|
|         | 分度值    |       |       |
|         | 0.02   | 0.05  | 0.10  |
| 0~70    | ±0.02  | ±0.05 | ±0.10 |
| 0~150   | ±0.03  |       |       |
| 0~200   |        |       |       |
| 0~300   | ±0.04  | ±0.06 |       |
| 0~500   | ±0.05  | ±0.07 | ±0.15 |
| 0~1 000 | ±0.07  | ±0.10 |       |

### 三、游标卡尺的标记原理与读数方法

#### 1. 游标卡尺的标记原理(刻线原理)

钳工常用游标卡尺的分度值主要有 0.02 mm、0.05 mm 两种。

(1)分度值为 0.02 mm 的游标卡尺的刻线原理。分度值为 0.02 mm 的游标卡尺的主尺上每个小格为 1 mm。当两量爪合并时,主尺上的 49 mm 刚好等于游标尺上的 50 格,如图 1-2 所示,则游标尺上每格为  $49\text{ mm}/50=0.98\text{ mm}$ ,主尺上每格与游标尺上每格相差  $1\text{ mm}-0.98\text{ mm}=0.02\text{ mm}$ 。



视频 1-2:游标卡尺的刻线原理

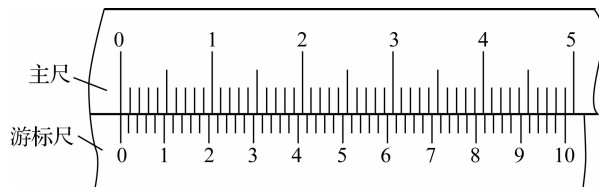


图 1-2 分度值为 0.02 mm 的游标卡尺刻线原理示意图

(2)分度值为 0.05 mm 的游标卡尺的刻线原理。分度值为 0.05 mm 的游标卡尺的主尺上每小格为 1 mm。当两量爪合并时,主尺上的 19 mm 刚好等于游标



尺上的 20 格,如图 1-3 所示,则游标尺上每格为  $19 \text{ mm}/20=0.95 \text{ mm}$ ,主尺上每格与游标尺上每格相差  $1 \text{ mm}-0.95 \text{ mm}=0.05 \text{ mm}$ 。

分度值为  $0.05 \text{ mm}$  的游标卡尺还有一种刻线方法:主尺每格长度为  $1 \text{ mm}$ ,游标尺总长为  $39 \text{ mm}$ ,等分为 20 格,每格长度为  $39 \text{ mm}/20=1.95 \text{ mm}$ ,则主尺 2 格和游标 1 格长度之差为  $2 \text{ mm}-1.95 \text{ mm}=0.05 \text{ mm}$ ,所以它的精度为  $0.05 \text{ mm}$ 。这种放大刻度的游标卡尺刻线清晰,读数时更容易看准。

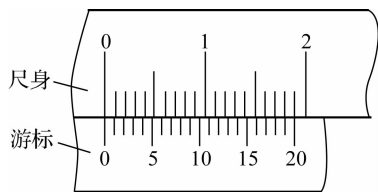


图 1-3 分度值为  $0.05 \text{ mm}$  的游标卡尺刻线原理示意图

## 2. 游标卡尺的读数方法

游标卡尺是以游标尺上的零刻线为基准进行读数的,读数分 3 个步骤。



视频 1-3:游标卡尺的读数方法

(1)读整数。在主尺上读出位于游标尺零刻线左边最接近的整数值。如图 1-4 所示,整数部分为  $7 \text{ mm}$ 。

(2)读小数。用游标尺上与主尺刻线对齐的刻线格数,乘以游标卡尺的分度值,读出小数部分。如图 1-4 所示,小数部分为  $22 \times 0.02 \text{ mm}=0.44 \text{ mm}$ 。

(3)求和。将两项读数值相加,即为被测尺寸数值。如图 1-4 所示,被测尺寸数值为  $7 \text{ mm}+0.44 \text{ mm}=7.44 \text{ mm}$ 。

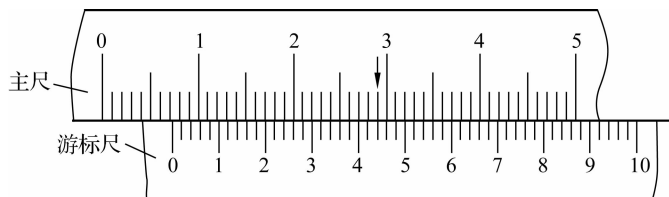


图 1-4 分度值为  $0.02 \text{ mm}$  的游标卡尺读数示例

## 四、游标卡尺使用的注意事项

(1)游标卡尺适用于 IT10~IT16 范围的测量和检验,应按工件的尺寸及精度要求合理选用。

(2)不能用游标卡尺测量铸、锻件毛坯尺寸,也不能用游标卡尺测量精度要求过高的工件。



(3)使用前要检查游标卡尺测量爪和测量刃口是否平直无损、两量爪贴合时有无漏光现象、主尺和游标尺的零线是否对齐。

(4)测量外轮廓尺寸时,外量爪应张开到略大于被测尺寸,以固定量爪贴住工件,用轻微推力把活动量爪推向工件,游标卡尺测量面的连线应垂直于被测量表面,不能偏斜,如图 1-5 所示。



视频 1-4:游标卡尺的使用方法



图 1-5 测量外轮廓尺寸的方法示意图

(a)操作正确;(b)操作错误

(5)测量内轮廓尺寸时,内量爪开度应略小于被测尺寸。测量时,两内量爪测量位置要正确,不得倾斜,如图 1-6 所示。

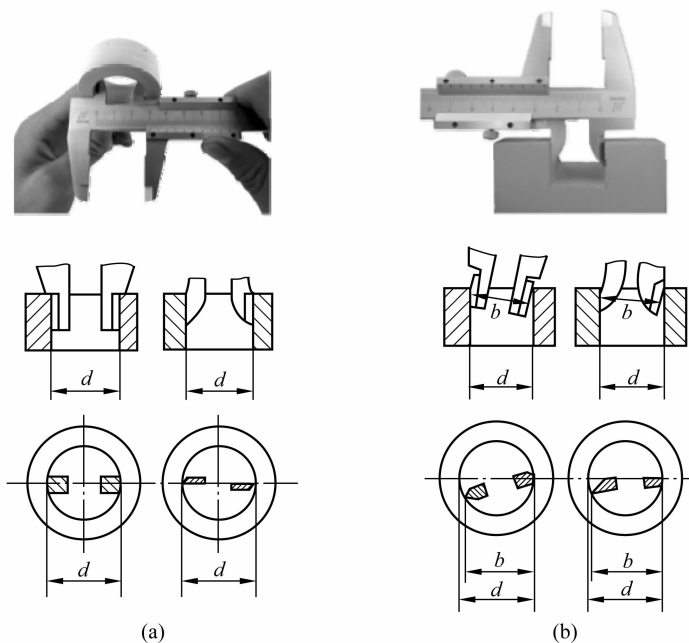


图 1-6 测量内轮廓尺寸的方法示意图

(a)操作正确;(b)操作错误

(6)测量孔深或高度尺寸时,应使深度尺的测量面紧贴孔底,游标卡尺的端与被测件的表面接触,且深度尺要垂直,不可倾斜,如图 1-7 所示。

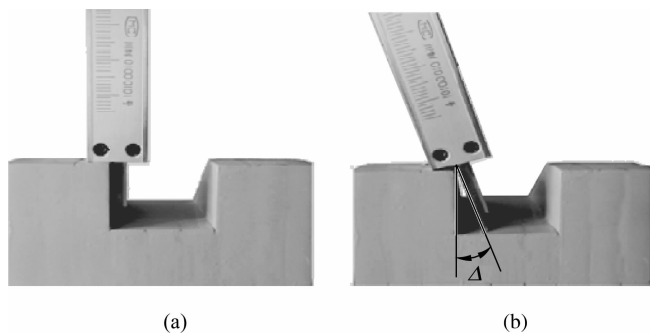


图 1-7 测量深度尺寸的方法示意图

(a)操作正确；(b)操作错误

(7)读数时,应将游标卡尺置于水平位置,视线垂直于刻线表面,避免视线歪斜造成示值读取误差。

## 五、其他常见游标卡尺

### 1. 数显游标卡尺

数显游标卡尺是利用电子测量、数字显示的原理,对两同名测量面相对移动分隔的距离进行读数的测量器具,如图 1-8 所示。其特点是读数直观、准确,使用方便而且功能多样。当数显游标卡尺测得某一尺寸时,数字显示部分就清晰地显示出测量结果。使用米制、英制转换键,可用米制和英制两种长度单位分别进行测量。

### 2. 带表游标卡尺

带表游标卡尺如图 1-9 所示,它是利用机械传动系统,将两同名测量面的相对移动转变为指示表指针的回转运动,并借助尺身标尺和指示表对两同名测量面相对移动分隔的距离进行读数的测量器具。其分度值一般为 0.01 mm,它由指示表标记代替游标读数,读数直观,使用方便。

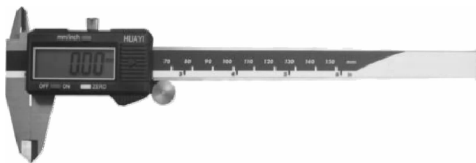


图 1-8 数显游标卡尺

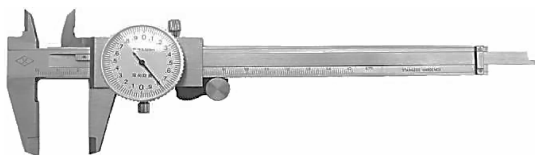


图 1-9 带表游标卡尺

### 3. 深度游标卡尺

深度游标卡尺如图 1-10 所示,它是利用游标原理对尺框测量面和尺身测量



面(或测量爪的深度测量面)相对移动分隔的距离进行读数的测量器具。其主要用来测量孔的深度、台阶的高度和沟槽的深度。

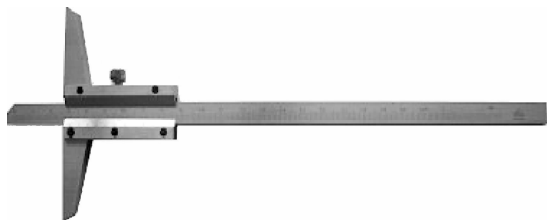


图 1-10 深度游标卡尺

#### 4. 高度游标卡尺

高度游标卡尺如图 1-11 所示,其刻线原理和读数方法与普通游标卡尺相同。高度游标卡尺是利用游标原理对装置在尺框上的划线量爪或测量头工作面与底座工作面相对移动分隔的距离进行读数的测量器具。其主要用来测量零件的高度和进行划线。



视频 1-5: 认识高度游标卡尺

#### 5. 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺如图 1-12 所示,它是用来测量齿轮和蜗杆的弦齿厚和弦齿高的测量器具。这种游标卡尺由两个相互垂直的主尺和两个副尺组成, $A$  尺寸由垂直尺调整测量, $B$  尺寸由水平尺调整测量,其刻线原理和读数方法也与普通游标卡尺相同。



视频 1-6: 高度游标卡尺的使用方法



图 1-11 高度游标卡尺

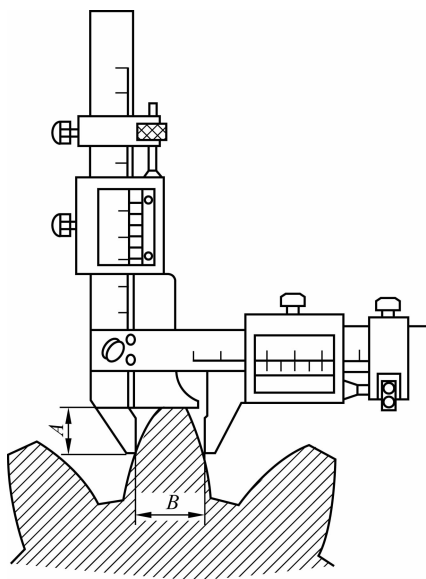


图 1-12 齿厚游标卡尺



## 思政小课堂

## 创新成矿理论 开辟找铜新天地

当前,铜被广泛地应用于机械制造、建筑业、国防工业等领域,是维持经济稳健发展的关键大宗金属之一。然而,我国铜资源却极其短缺,急需通过成矿理论创新,获得铜矿勘查突破。

目前,铜主要来自一种被称为“斑岩型”的铜矿床。国际矿床学界历经数十年研究建立的经典成矿理论认为,斑岩铜矿主要产于岩浆弧环境,其形成与大洋俯冲有关。但是,该项目前期研究发现,大型斑岩铜矿也大量产出于碰撞带环境,这对经典成矿理论提出了挑战。

中国地质科学院地质研究所研究员、中国科学院院士侯增谦研究团队充分利用我国地域优势,在青藏高原这一最年轻、最典型的大陆碰撞造山带潜心研究十余年,取得了一系列重大突破。研究证明了斑岩铜矿可形成于大陆碰撞全过程;证实了碰撞型成矿斑岩起源于加厚新生下地壳而非楔形地幔;发现成矿物质主体来自新生下地壳而非俯冲洋壳;查明成矿流体来自新生下地壳角闪石分解与幔源岩浆水注入。“我们通过全球对比研究,最终建立了一套完整、系统的碰撞斑岩铜矿成矿理论。”侯增谦说。

碰撞型斑岩铜矿成矿理论回答了在缺少活动大洋俯冲的碰撞环境下斑岩铜矿特征及形成机制问题,大幅度发展和完善了经典斑岩铜矿理论,极大拓宽了全球斑岩铜矿的勘探区域,并被西藏等地系列找铜新突破所证实。



## 课后练习

- (1)游标卡尺按其结构可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
- (2)游标卡尺主要由\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和紧固螺钉等组成。
- (3)游标卡尺可直接测量工件的\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和孔距等。
- (4)常用游标卡尺的测量精度可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
- (5)钳工常用的游标卡尺的测量范围有\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm 和\_\_\_\_\_ mm 等几种。



(6) 游标卡尺只适合于\_\_\_\_\_等尺寸精度的工件测量与检测, 而不适合于精度要求较\_\_\_\_\_的工件测量与检测。

(7) 高度游标卡尺主要用来测量零件的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(8) 齿厚游标卡尺用来测量齿轮和蜗杆的\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。

(9) 深度游标卡尺主要用来测量\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。



## 训练二 千分尺的使用

千分尺是测量中常用的精密量具之一, 是利用螺旋读数原理制造的, 又称螺旋测微器、螺旋测微仪、分厘卡, 是比游标卡尺更精密的测量工具。此外还有百分尺。百分尺的最小读数值为  $0.01\text{ mm}$ , 千分尺的最小读数值为  $0.001\text{ mm}$ 。千分尺在工厂应用较少, 工厂中通常把百分尺称为千分尺。



训练二  
学习目标

千分尺的种类较多, 如外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺、螺纹千分尺、杠杆千分尺等, 其中外径千分尺(见图 1-13)应用较为广泛。

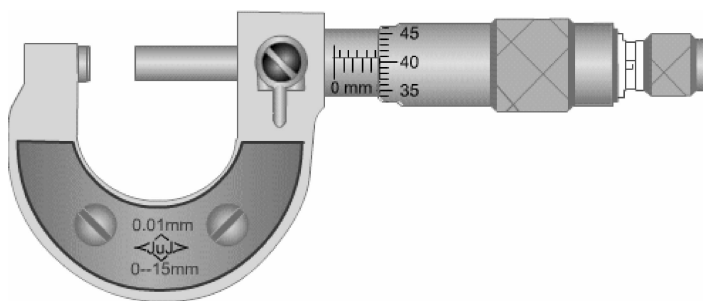


图 1-13 外径千分尺外观示意图

### 一、外径千分尺

#### 1. 外径千分尺的用途与规格

外径千分尺主要用来测量工件的外径、长度、厚度等。其使用比较灵活且精度比一般游标卡尺高, 测量精度可达  $0.01\text{ mm}$ , 并能准确地读出尺寸, 因此测量对加工精度要求较高的工件时多应用千分尺。

外径千分尺的测量范围从零开始, 每增加  $25\text{ mm}$  为一种规格, 常用的规格有



0~25 mm、25~50 mm、50~75 mm、75~100 mm、100~125 mm 等。测量范围大于 300 mm 时,把固定测砧制成可调式的,调节范围为 0~100 mm。使用时按被测工件的尺寸选用适当规格的外径千分尺。

## 2. 外径千分尺的结构

常用外径千分尺的结构如图 1-14 所示,其中固定套筒的表面有刻度,衬套内有内螺纹,螺距为 0.5 mm,测微螺杆右侧的螺纹可沿此内螺纹回转。



视频 2-1:外径千分尺的结构

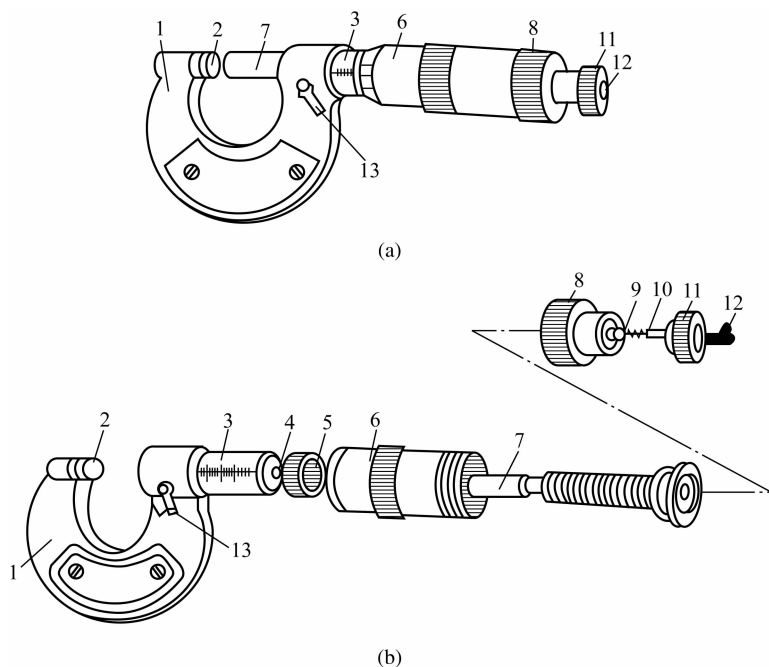


图 1-14 常用外径千分尺的结构

(a) 外径千分尺的整体图; (b) 外径千分尺的分解图

1—尺架; 2—测砧; 3—固定套筒; 4—衬套; 5—螺母; 6—微分筒; 7—测微螺杆;

8—罩壳; 9—弹簧; 10—棘爪; 11—棘轮; 12—螺钉; 13—手柄(锁紧装置)

在固定套筒的外面有一个微分筒,上面有刻线,它用锥孔与测微螺杆右端锥体相连。测微螺杆在转动时的松紧程度可用螺母调整。当要测微螺杆不动时,可转动手柄通过偏心机构锁紧。松开罩壳时,可使测微螺杆与微分筒分离,以便调整零线位置。转动棘轮,测微螺杆就会前进。当测微螺杆左端面接触工件时,棘轮在棘爪的斜面上打滑,由于弹簧的作用,棘轮在棘爪上滑过而发出“咔咔”声。如果棘轮以相反方向转动,则拨动棘爪和微分筒以及测微螺杆转动,使测微



螺杆向右移动。棘轮用螺钉与罩壳连接。

固定套筒上的轴向刻有一条中线,这条线是微分筒的读数基准线。在中线上下各刻有一排间距为 1 mm 并与此中线垂直的刻线,上下两排刻线相互错开 0.5 mm。其中,上一排刻线刻有 0、5、10、15、25,表示毫米整数值,相对下一排刻线表示错开 0.5 mm 的数值。

### 3. 外径千分尺的刻线原理

测微螺杆的螺距为 0.5 mm,固定套筒上每相邻两刻线轴向每格长为 0.5 mm。当微分筒转 1 圈时,测微螺杆就移动 1 个螺距,即 0.5 mm。微分筒圆锥面上共等分 50 格,微分筒每转 1 格,测微螺杆就移动  $0.5 \text{ mm} / 50 = 0.01 \text{ mm}$ ,所以千分尺的测量精度为 0.01 mm,如图 1-15 所示。



视频 2-2: 外径千分尺的刻线原理

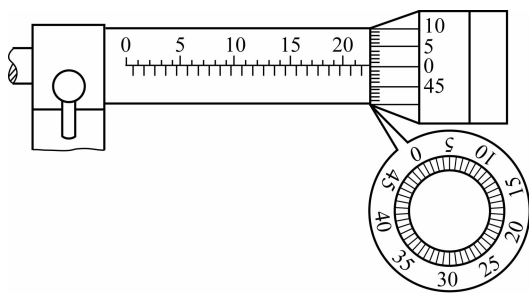


图 1-15 外径千分尺的刻线原理示意图

### 4. 外径千分尺的读数方法

- (1) 以微分筒的端面为基准线,读出固定套筒上固定刻度的值。
- (2) 以固定套筒上的水平中线作为读数基准线,读出可动刻度的值。读数时应估读到最小刻度的  $1/10$ ,即 0.001 mm。
- (3) 如微分筒的端面与固定套筒的下刻线之间无上刻线,测量数值即为下刻线的数值加可动刻度的值。

(4) 如微分筒的端面与固定套筒下刻线之间有一条上刻线,测量结果应为下刻线的数值加上 0.5 mm,再加上可动刻度的值。如图 1-16 所示,读数为  $2 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm} + 46 \times 0.01 \text{ mm} = 2.96 \text{ mm}$ 。



视频 2-3: 外径千分尺的读数方法

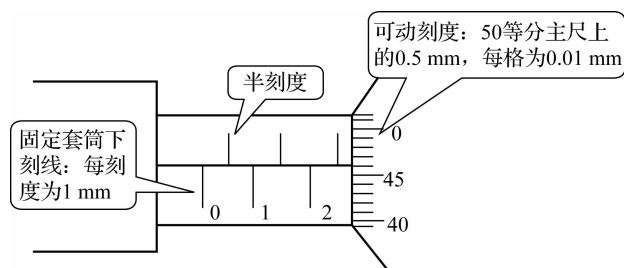


图 1-16 外径千分尺读数方法示意图

## 二、其他千分尺

### 1. 内径千分尺

内径千分尺用于测量内孔直径、槽宽等尺寸。其有普通式和杠杆式两种，如图 1-17 和图 1-18 所示。

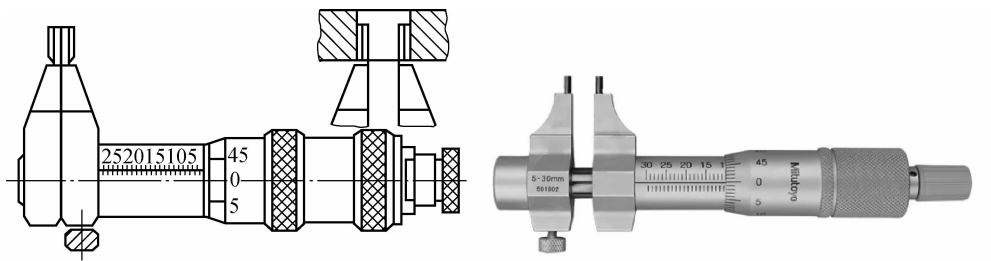


图 1-17 普通内径千分尺

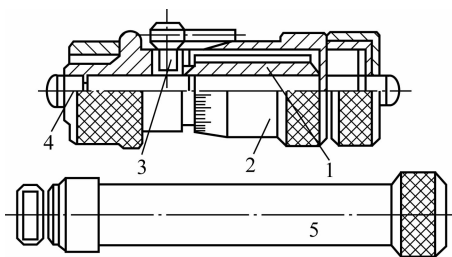


图 1-18 杠杆内径千分尺

1—固定套筒；2—微分筒；3—锁紧装置；4—测量面；5—接长杆

当测量孔径不大(如小于 40 mm)时,可用普通内径千分尺。这种千分尺的刻线方向与外径千分尺相反,当微分筒顺时针转动时,测微螺杆带动卡脚移动,测距越来越大。

当测量孔径较大时,可用杠杆内径千分尺。杠杆内径千分尺由尺头(千分

尺)和接长杆两部分组成,它有多种长度规格,可根据被测工件孔的尺寸大小选择不同规格的接长杆,并装在尺头上。

## 2. 深度千分尺

深度千分尺如图 1-19 所示,它用于测量阶梯孔、凹槽、不通孔的深度。其结构与千分尺相同,但它的测微螺杆可根据工件尺寸不同进行调整。

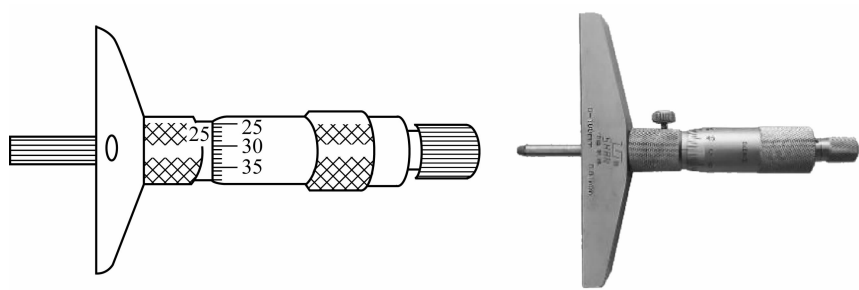


图 1-19 深度千分尺

## 3. 螺纹千分尺

螺纹千分尺如图 1-20 所示,它用于测量普通螺纹的螺纹中径。可测量的中径范围为 0~25 mm、25~50 mm、50~75 mm,可测量螺纹的螺距为 0.4~6 mm。它有两个特殊的可互换的测量头,测量头的角度与螺纹牙型角相同。

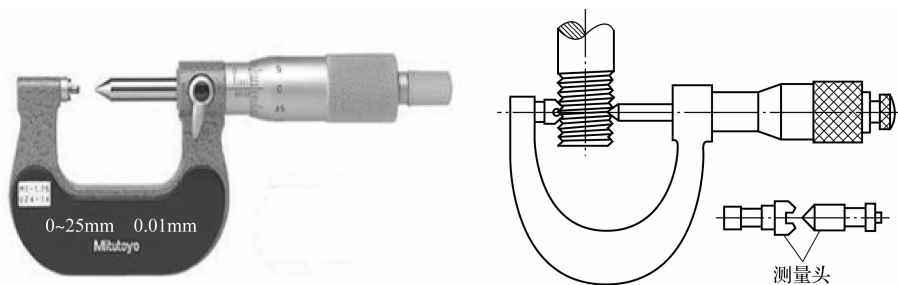


图 1-20 螺纹千分尺

## 4. 壁厚千分尺

壁厚千分尺如图 1-21 所示,它用于测量精密管形零件的壁厚。

## 5. 尖头千分尺

尖头千分尺如图 1-22 所示,它用于测量小沟槽,如钻头和偶数槽丝锥的沟槽处的直径等,测量范围为 0~25 mm。

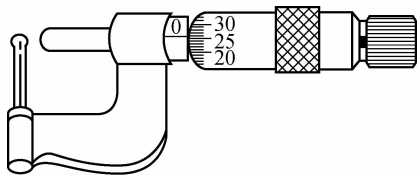


图 1-21 壁厚千分尺

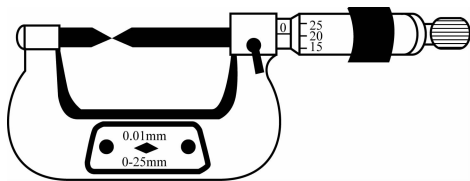


图 1-22 尖头千分尺

### 6. 公法线千分尺

公法线千分尺如图 1-23 所示,它用于测量齿轮的公法线长度。测量头是两个精确平面的量钳,以便伸进齿槽中进行测量。

### 7. 数显千分尺

数显千分尺如图 1-24 所示。当测量零件尺寸时,被测尺寸将直接以数字的形式在微分筒下显示屏中显示出来,使用比较方便。

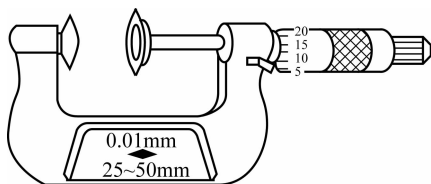


图 1-23 公法线千分尺



图 1-24 数显千分尺

## 三、千分尺的使用注意事项

千分尺在使用前,应先将测砧和测微螺杆的测量面擦干净,将检验棒置于测砧与测微螺杆端之间。然后校准千分尺的零位,检查固定套筒千分尺中线和微分筒的零线是否重合、微分筒的轴向位置是否正确。若固定套筒中线和微分筒的零线不重合,则必须调整。

用千分尺进行测量时,可用单手或双手操作,具体方法如图 1-25 所示。调整外径千分尺时,首先松开罩壳,用锁紧装置固定测微螺杆,扭动微分筒即可调整。测量时需要注意的是,两个测量面即将接触工件时,不可扭动微分筒进行测量,只能旋转棘轮。旋转时用力要适当,以控制一定的测量力,直到出现空转并发出“咔咔”声,即可读出尺寸。



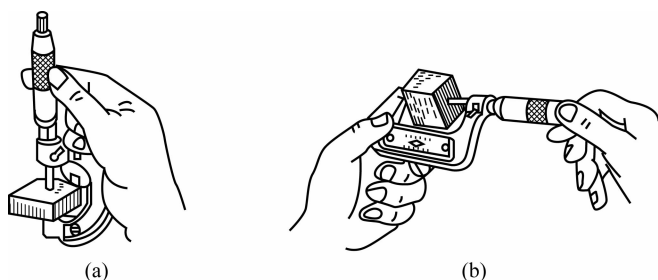


图 1-25 千分尺的使用方法

(a)单手测量；(b)双手测量

如果由于条件限制不便查看尺寸,可旋紧锁紧装置,取下千分尺进行读数。不能用千分尺测量毛坯或正在转动的工件。



### 思政小课堂

#### 国产卫星准实时厘米级精密定轨彰显中国精度

中国北斗卫星导航系统(Beidou Navigation Satellite System, BDS)是中国自行研制的全球卫星导航系统。

北斗导航和对地观测卫星系统是国家重要的空间基础设施,同时,卫星精密轨道是其高水平应用的基础。由于国外星载全球卫星导航系统接收机及精密定轨系统对我国长期封锁,制约了我国对地观测与导航领域的发展,研制北斗导航和对地观测等国产卫星准实时厘米级精密定轨系统,对于构建我国独立自主的卫星应用生态意义重大。

“国产卫星准实时厘米级精密定轨系统及其重大工程应用”项目的研发工作,由武汉大学赵齐乐教授主持、武汉大学及航天恒星科技有限公司共同合作完成。据介绍,该项目构建了国产卫星精密定轨理论方法和技术体系,研制了相关定轨载荷设备;建立了国产卫星准实时厘米级精密定轨系统,并在中国第二代卫星导航系统重大专项、中国高分辨率对地观测系统重大专项、嫦娥工程等国家重大工程中获得成功应用;实现了国产卫星准实时厘米级精密定轨技术、定轨载荷设备和软件系统的自主可控,为我国北斗系统高精度应用、对地观测卫星高精度与高分辨率测绘遥感做出了突出贡献。



卫星定位专家刘智星表示,中国北斗卫星导航系统正在开启全球建设,同时也在进行增强系统的建设,未来,我们可以共同期待中国精度。



### 课后练习

- (1) 千分尺是一种精密测量仪器,其测量精度比游标卡尺\_\_\_\_\_。
- (2) 百分尺的最小读数值为\_\_\_\_\_ mm,千分尺的最小读数值为\_\_\_\_\_ mm。
- (3) 千分尺按其用途可分为\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_、螺旋千分尺等,其中\_\_\_\_\_应用较为广泛。
- (4) 外径千分尺主要用来测量工件的\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和厚度等。
- (5) 外径千分尺的测量范围从零开始,每增加\_\_\_\_\_ mm 为一种规格,常用的有\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm 和 100~125 mm 等。
- (6) 螺纹千分尺是用来测量普通螺纹的螺纹\_\_\_\_\_的,测量范围为\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm、\_\_\_\_\_ mm,可测量螺纹的螺距为\_\_\_\_\_ mm。
- (7) 公法线千分尺主要用来测量齿轮的\_\_\_\_\_长度。



### 训练三 游标万能角度尺的使用

游标万能角度尺是利用游标读数原理,对活动直尺测量面与基尺测量面之间旋转分隔的角度进行读数的角度测量器具。游标万能角度尺用于测量工件和样板的内、外角度和进行角度划线。它有 I 型、II 型两种类型,其测量范围分别为  $0^{\circ}\sim 320^{\circ}$  和  $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。其中, $0^{\circ}\sim 320^{\circ}$  游标万能角度尺应用较为普遍。



训练三  
学习目标



## 一、游标万能角度尺的结构

游标万能角度尺的结构如图 1-26 所示。其游标尺固定在扇形板上,基尺和主尺连成一体,游标尺与主尺可做相对回转运动,直角尺和直尺可根据需要通过卡块安装到扇形板上。



视频 3-1:游标万能角度尺的结构

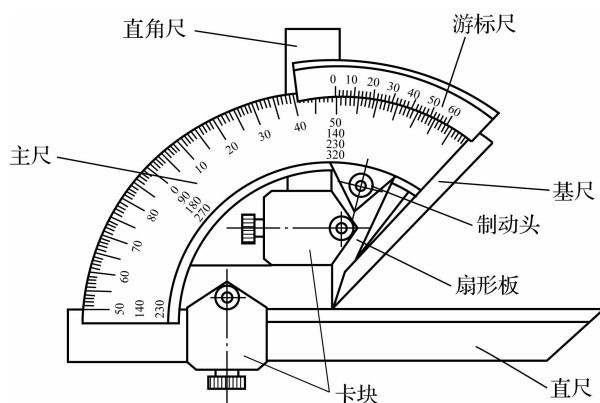


图 1-26 游标万能角度尺的结构

## 二、游标万能角度尺的标记原理

游标万能角度尺的分度值有  $5'$  和  $2'$  两种。分度值为  $2'$  的游标万能角度尺的标记原理:主尺每格标记的弧长对应的角度为  $1^\circ$ ,游标尺上的标记是将主尺上  $29^\circ$  所占的弧长等分为 30 格,每格所对应的角度为  $29^\circ/30$ ,因此游标尺 1 格与主尺 1 格相差为

$$1^\circ - 29^\circ/30 = 1^\circ/30 = 2'$$

即游标万能角度尺的分度值为  $2'$ ,如图 1-27 所示,游标尺“0”标记与主尺“0”标记对齐,游标尺“尾”标记与主尺“ $29^\circ$ ”对齐。



视频 3-2:游标万能角度尺的标记原理

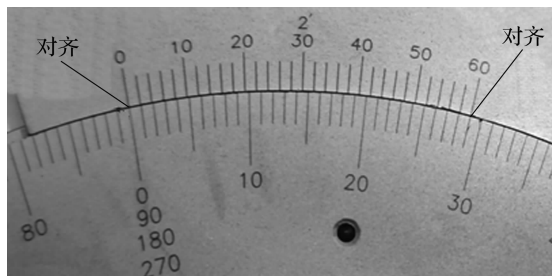


图 1-27 游标万能角度尺的标记原理示意图



### 三、游标万能角度尺的读数方法

游标万能角度尺的读数方法与游标卡尺相似,即先从主尺上读出游标尺零刻线前的整度的数值,然后在游标尺上读出整分的数值(格数 $\times 2'$ ),两者相加就是被测工件的角度数值。如图 1-28 所示,读数值为  $2^\circ + 8 \times 2' = 2^\circ 16'$ 。



视频 3-3:游标万能角度尺的读数方法

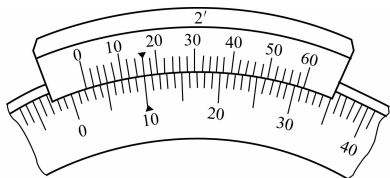


图 1-28 游标万能角度尺的读数方法示意图

### 四、游标万能角度尺的使用方法

以测量范围为  $0^\circ \sim 320^\circ$  的游标万能角度尺为例。测量时,根据产品被测部位的情况,先调整好直角尺或直尺的位置,用卡块上的螺钉把它们紧固住,再调整基尺测量面与其他有关测量面之间的夹角。这时,要先松开制动头上的螺母,移动主尺做粗调整,然后转动扇形板背面的微动装置做细调整,直到两个测量面与被测表面密切贴合为止。最后拧紧制动器上的螺母,把游标万能角度尺取下来进行读数。



视频 3-4:游标万能角度尺的测量范围和  
使用方法

#### 1. 测量 $0^\circ \sim 50^\circ$ 外角

将直角尺和直尺全都装上,将产品的被测部位放在基尺和直尺的测量面之间进行测量,此时按主尺上第一排刻线示值读数,如图 1-29 所示。

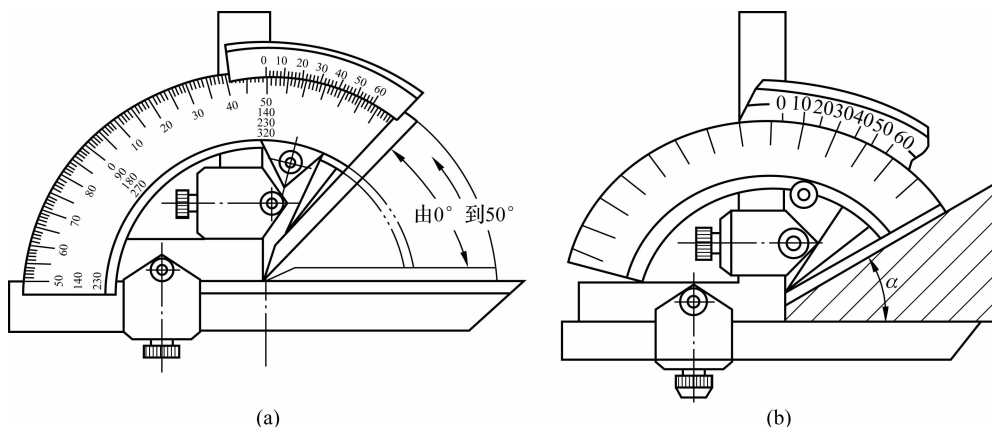


图 1-29 测量  $0^\circ \sim 50^\circ$  外角



## 2. 测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 外角

将直角尺卸掉,只装直尺,使它与扇形板连在一起。将工件的被测部位放在基尺和直尺的测量面之间进行测量。也可以不拆下直角尺,只把直尺和卡块卸掉,再把直角尺拉到下边,直到直角尺短边与长边的交线和基尺的尖棱对齐为止。把工件的被测部位放在基尺和直角尺短边的测量面之间进行测量,此时按尺身上第二排刻线示值读数,如图 1-30 所示。

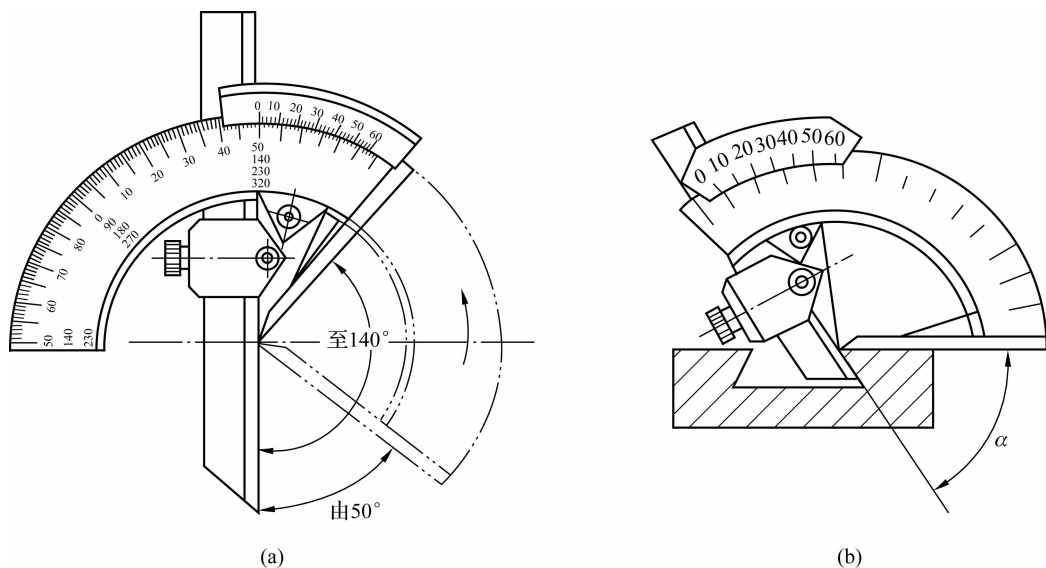


图 1-30 测量  $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$  外角

## 3. 测量 $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$ 外角或 $130^{\circ} \sim 220^{\circ}$ 内角

将直尺和卡块卸掉,只装直角尺,但要把直角尺推上去,直到直角尺短边与长边的交线和基尺的尖棱对齐为止。把工件的被测部位放在基尺和直角尺短边之间的测量面进行测量,此时按尺身上第三排刻线示值读数,如图 1-31 所示。

## 4. 测量 $230^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 外角或 $40^{\circ} \sim 130^{\circ}$ 内角

把直角尺、直尺和卡块全部卸掉,只留下扇形板和主尺(带基尺)。把产品的被测部位放在基尺和扇形板测量面之间进行测量,此时按尺身上第四排刻线示值读数,如图 1-32 所示。

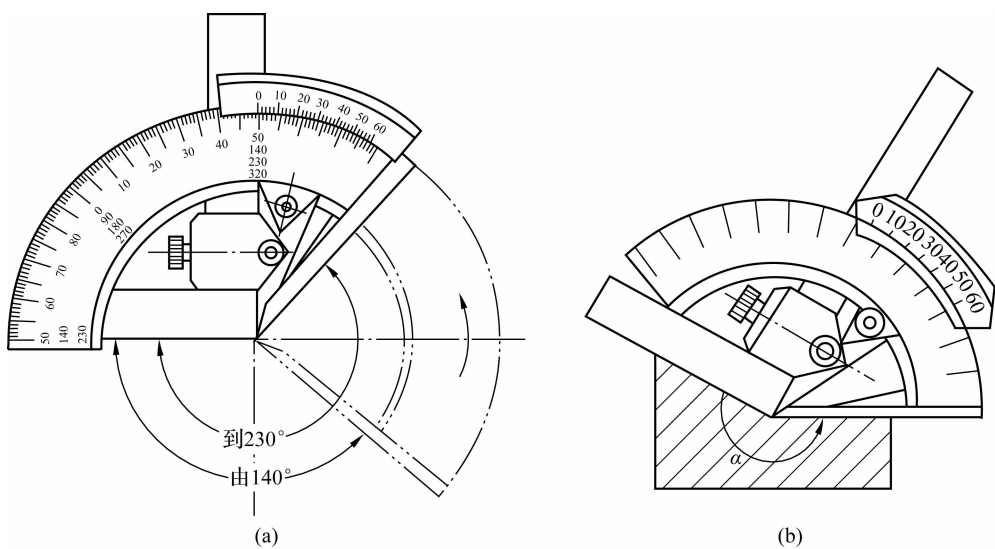


图 1-31 测量  $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$  外角或  $130^{\circ} \sim 220^{\circ}$  内角

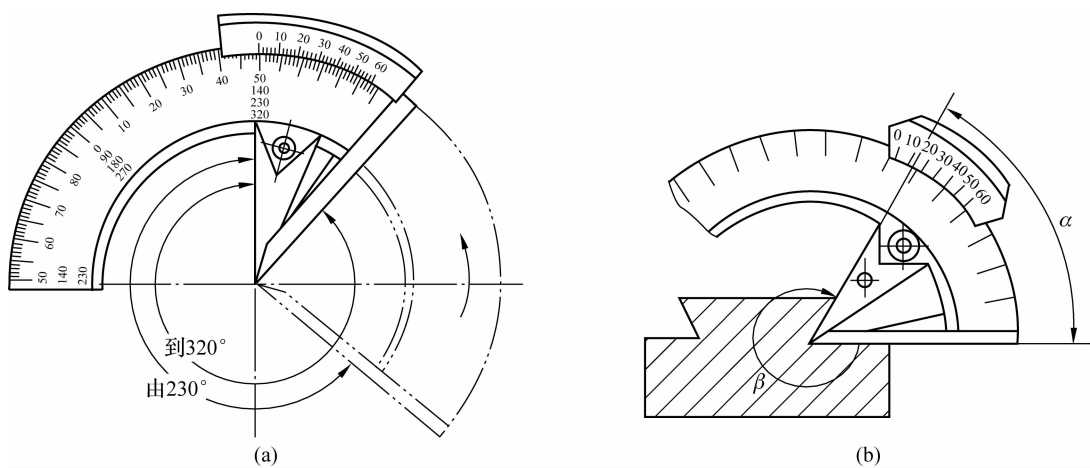


图 1-32 测量  $230^{\circ} \sim 320^{\circ}$  外角或  $40^{\circ} \sim 130^{\circ}$  内角



### 思政小课堂

#### 国产 ARJ21 喷气支线客机承载“一带一路”倡议

ARJ21 喷气支线客机是我国第一款自主研发、具有完全自主知识产权的新型涡扇支线飞机。ARJ21 喷气支线客机工程曾荣获 2019 年度“国家科学



技术进步奖”一等奖,该项目工程由中国商用飞机有限责任公司、中国航空工业集团有限公司联合完成。

据了解,ARJ21 喷气支线客机的设计初衷,是以未来西部交通枢纽昆明机场作为设计的临界条件,并用西部地区航线来检验其航线适应性,以保证在实现经济效益的条件下,满足西部的高原高温环境要求。

ARJ21 喷气支线客机是世界上第一款完全按照中国自己的自然环境来建立设计标准的飞机,具有良好的适应高原性能和抗侧风能力,特别适应我国西南地区机场起降条件和复杂航路越障要求。

长城证券国防军工行业分析师蔡维认为,国产客机的研发与制造将推动我国整体工业能力和水平的升级,带动上下游产业链的整体提升。以大飞机、航空发动机为代表的高端制造产业具备极大的发展潜力,将促使国家产业结构升级,促进我国航空产业向全球价值链中高端发展。同时,在我国经济由高速增长转为高质量发展,制造业向高端转型的过程中,充分利用国内广阔的市场需求,大力发展自主航空装备产业的重要性、迫切性越发突出,我国将更加重视对航空装备产业发展的支持和投入力度。

大力发展支线航空,这对于促进需求释放和扩大要素流动范围、加快综合交通运输体系建设、提升中小城市通达性都具有重要的战略意义。

### 课后练习

- (1)游标万能角度尺是用来测量工件内、外\_\_\_\_\_的量具。其测量精度有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种,测量范围为\_\_\_\_\_。
- (2)说出图 1-33 所示游标万能角度尺各数字所代表的名称:1 \_\_\_\_\_、2 \_\_\_\_\_、3 \_\_\_\_\_、4 \_\_\_\_\_、5 \_\_\_\_\_、6 \_\_\_\_\_。
- (3)图 1-34 所示的游标万能角度尺的读数是\_\_\_\_\_。

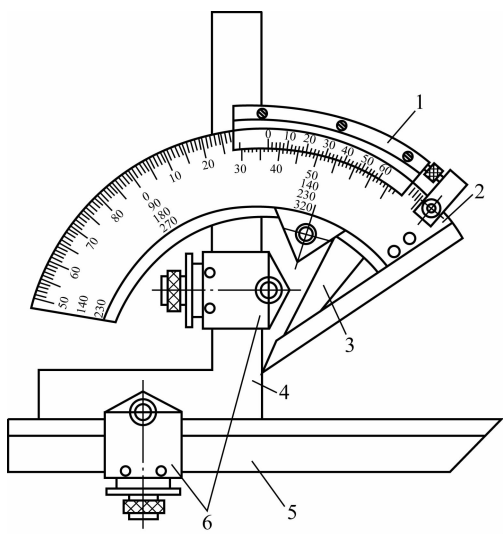


图 1-33 游标万能角度尺结构考查

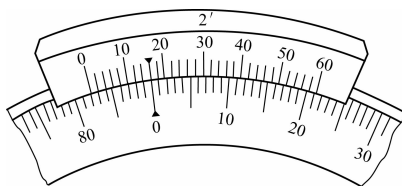


图 1-34 游标万能角度尺读数示例



## 训练四 百分表及其他专用量具的使用

### 一、百分表

百分表是一种精度较高的比较量具,它只能测出相对数值,不能测出绝对数值。百分表主要用来测量工件的尺寸和几何误差,也可用来检验机床的几何精度或调整工件的装夹位置偏差。



训练四  
学习目标

#### 1. 百分表的结构

百分表的结构和传动原理如图 1-35 所示。测量杆向上或向下移动 1 mm,通过齿轮传动系统带动大指针转一圈,小指针转一格。大指针刻度盘在圆周上有 100 个等分格,各格的读数值为 0.01 mm;小指针刻度盘上每格读数为 1 mm。测量时指针读数的变动量即为尺寸变化量。刻度盘可以转动,以便测量时大指针对准零刻线。



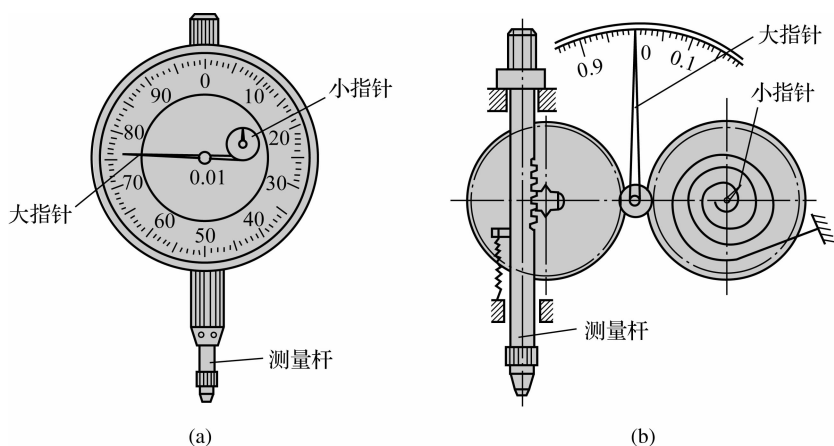


图 1-35 百分表的结构和传动原理

(a)结构；(b)传动原理

## 2. 百分表的读数

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并乘以 0.01(即小数部分),然后两者相加,即得到所测量的数值。

## 3. 百分表的测量范围与精度

百分表的测量范围一般有 0~3 mm、0~5 mm、0~10 mm 三种。按制造精度不同,百分表可分为 0 级、1 级和 2 级,其适用范围见表 1-2。

表 1-2 百分表适用范围

| 级 别 | 适用范围     |
|-----|----------|
| 0 级 | IT6~IT14 |
| 1 级 | IT6~IT16 |
| 2 级 | IT7~IT16 |

## 4. 百分表的使用与注意事项

(1)百分表的使用。百分表常装在表架上使用,如图 1-36 所示。

百分表可用来精确测量零件的圆度、圆跳动、平面度、平行度和直线度等几何误差,也可用来找正工件。

(2)百分表使用时的注意事项:

1)使用前,应检查测量杆活动的灵活性。轻轻推动测量杆时,测量杆在套筒内的移动要灵活,没有任何轧卡现象,每次手松开后,指针能回到原来的刻度位置。



2)使用时,必须把百分表可靠地固定在表架上。如果将百分表随便夹在不稳固的地方,容易造成测量结果不准确,或损坏百分表。

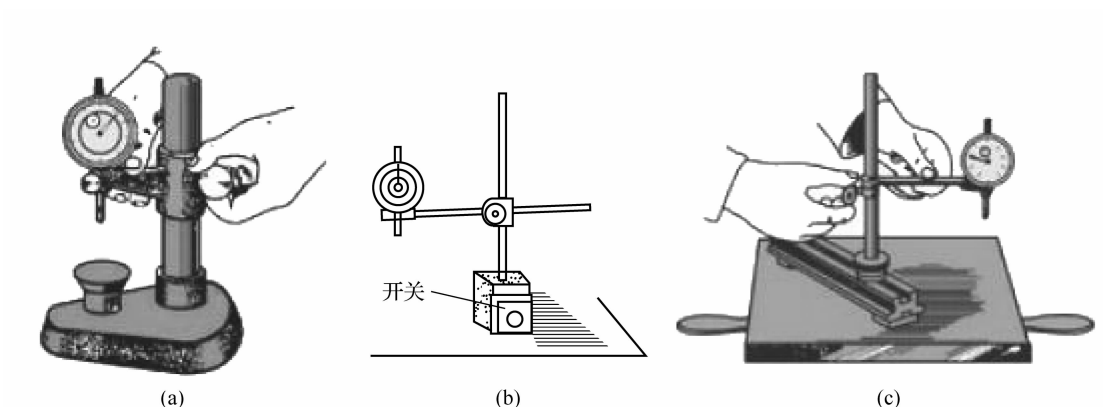


图 1-36 百分表表架

(a)万能表架; (b)磁性表架; (c)普通表架

3)测量时,不要使测量杆的行程超过它的测量范围,不要使表头突然撞到工件上,也不要使百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的工件。

4)测量平面时,百分表的测量杆要与平面垂直;测量圆柱形工件时,测量杆要与工件的中心线垂直。否则,将使测量杆活动不灵活而导致测量结果不准确。

5)为方便读数,在测量前一般调整大指针指到刻度盘的零位。

6)百分表不用时,应使测量杆处于自由状态,以免使表内弹簧失效。

## 二、其他专用量具

### 1. 刀口形直尺

刀口形直尺如图 1-37 所示。通过透光法,利用刀口形直尺可以检查较小加工表面的直线度和平面度误差。



图 1-37 刀口形直尺



测量时,面对光源(最好选用自然光源),将刀口形直尺垂直放置于工件被测表面上,如图 1-38 所示,保持视线与工件被测表面平行。应在被测表面的纵向、横向和对角方向多处逐一进行测量,以确定各方向的直线度误差。若刀口形直尺与工件被测表面之间透光微弱、均匀,说明该方向直线度精度较高;若透光强弱不一,则说明该方向存在一定的直线度误差。此时,可在刀口形直尺与工件紧靠处用塞尺插入,根据塞尺的厚度即可确定直线度的误差,如图 1-39 所示。

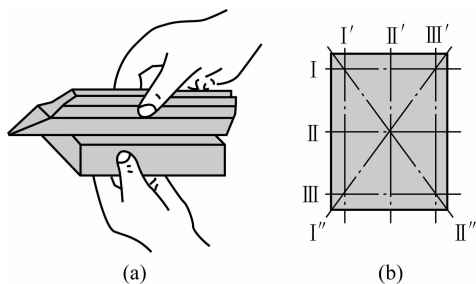


图 1-38 刀口形直尺检验直线度

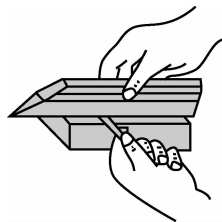


图 1-39 直线度误差值检测

## 2. 刀口形角尺

刀口形角尺如图 1-40 所示,其主要用于测量零件上的垂直度误差。

测量前应注意将量具表面和工件被测表面擦拭干净,确保刀口形角尺的基准面与工件基准面紧密贴合,以避免产生附加误差。刀口形角尺在被测表面上改变测量位置时,不允许在平面上拖动,应提起后轻轻放到另一测量位置,否则刀口形角尺的测量棱边将产生局部磨损从而测量精度降低。



图 1-40 刀口形角尺



视频 4-1:刀口形角尺的使用方法

## 3. 量块

量块是机械制造业中长度尺寸的标准,它可用于量具和量仪的检验和校验、精密划线和精密调整。当附件与量块并用时,还可以测量某些精度要求较高的工件尺寸。

(1)量块的外形。如图 1-41(a)所示,量块有两个工作面,其余为非工作面。工作面即测量面,是一对相互平行且平面度误差及表面粗糙度极小的平面。

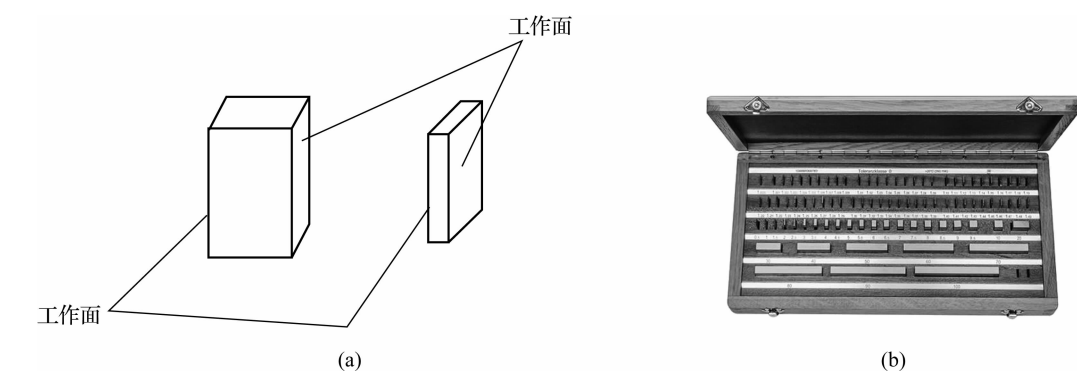


图 1-41 量块

(2)量块的应用。量块一般成套使用,装在特制的木盒中,如图 1-41(b)所示。常用成套量块的基本尺寸和块数见表 1-3。

表 1-3 常用成套量块的基本尺寸和块数

| 套 别 | 总 块 数 | 基本尺寸系列/mm           | 间隔/mm | 块 数 |
|-----|-------|---------------------|-------|-----|
| 1   | 91    | 0.5,1               |       | 2   |
|     |       | 1.001,1.002,⋯,1.009 | 0.001 | 9   |
|     |       | 1.01,1.02,⋯,1.49    | 0.01  | 49  |
|     |       | 1.5,1.6,⋯1.9        | 0.1   | 5   |
|     |       | 2.0,2.5,⋯,9.5       | 0.5   | 16  |
|     |       | 10,20,⋯,100         | 10    | 10  |
| 2   | 83    | 0.5,1,1.005         |       | 3   |
|     |       | 1.01,1.02,⋯1.49     | 0.01  | 49  |
|     |       | 1.5,1.6,⋯1.9        | 0.1   | 5   |
|     |       | 2.0,2.5,⋯9.5        | 0.5   | 16  |
|     |       | 10,20,⋯,100         | 10    | 10  |
| 3   | 46    | 1                   |       | 1   |
|     |       | 1.001,1.002,⋯,1.009 | 0.001 | 9   |
|     |       | 1.01,1.02,⋯,1.49    | 0.01  | 9   |
|     |       | 1.1,1.2,⋯,1.9       | 0.1   | 9   |
|     |       | 2,3,⋯,9             | 1     | 8   |
|     |       | 10,20,⋯,100         | 10    | 10  |

续表

| 套 别 | 总 块 数 | 基本尺寸系列/mm             | 间隔/mm | 块 数 |
|-----|-------|-----------------------|-------|-----|
| 4   | 38    | 1, 1.005              |       | 2   |
|     |       | 1.01, 1.02, ..., 1.09 | 0.01  | 9   |
|     |       | 1.1, 1.2, ..., 1.9    | 0.1   | 9   |
|     |       | 2, 3, ..., 9          | 1     | 8   |
|     |       | 10, 20, ..., 100      | 10    | 10  |

把不同基本尺寸的量块进行组合可得到所需要的尺寸。为了工作方便,减少累积误差,选用量块时应尽可能选用最少的块数,一般情况下块数不超过 5 块。计算时应根据所需组合的尺寸,从最后一位数字开始选择,每选一块,应使尺寸数字的位数减少一位,以此类推,直至组合成完整的尺寸。例如,所需尺寸为 38.935 mm,从 83 块一套的盒中选取:

|               |         |
|---------------|---------|
| 38.935        | 组合尺寸    |
| <u>-1.005</u> | 第一块量块尺寸 |
| 37.93         |         |
| <u>-1.43</u>  | 第二块量块尺寸 |
| 36.5          |         |
| <u>-6.5</u>   | 第三块量块尺寸 |
| 30            | 第四块量块尺寸 |

即选用 1.005 mm、1.43 mm、6.5 mm、30 mm 共四块量块。

#### 4. 塞规

塞规又称通止规。按被测孔的最大实体尺寸(即孔的下极限尺寸)制造的塞规,称为通规;按被测孔的最小实体尺寸(即孔的上极限尺寸)制造的塞规,称为止规。

光滑塞规如图 1-42 所示,它是检验工件内孔尺寸正确性的工具。光滑塞规做成上极限尺寸和下极限尺寸两种。它的下极限尺寸一端称为通端,上极限尺寸一端称为止端。在测量中通端塞规应通过小径,且止端塞规不应通过小径。

螺纹塞规如图 1-43 所示,被广泛用于航空航天、机械机电、电子电气、石油管道等不同的工业。



图 1-42 光滑塞规



图 1-43 螺纹塞规

## 5. 塞尺

塞尺又称测微片或厚薄规,是用于检验两个贴合面之间间隙大小的片状定值量具。塞尺有两个平行的测量平面,每套塞尺由若干片组成,如图 1-44 所示。在用塞尺检验被测尺寸是否合格时,可以用通止法判断,也可由检验者根据塞尺与被测表面配合的松紧程度来判断。塞尺一般用不锈钢制造,最薄的为 0.02 mm,最厚的为 3 mm。自 0.02~0.1 mm,各钢片的厚度级差为 0.01 mm;自 0.1~1 mm,各钢片的厚度级差一般为 0.05 mm;1 mm 以上的,各钢片的厚度级差为 1 mm。



图 1-44 塞尺

测量时,可用一片或数片塞尺重叠直接塞入间隙,以稍感拖滞为宜,此时的间隙即为一片或数片塞尺的厚度。

## 6. 半径规

半径规又称 R 规(俗称半径样板),是利用光隙法测量圆弧半径的工具,如图 1-45 所示。测量时必须使半径规的测量面与工件的圆弧完全紧密接触,当测量面与工件的圆弧之间没有间隙时,工件的圆弧度数则为此时对应的半径规上所表示的数字。由于半径规是目测,故准确度不是很高,只能做定性测量。

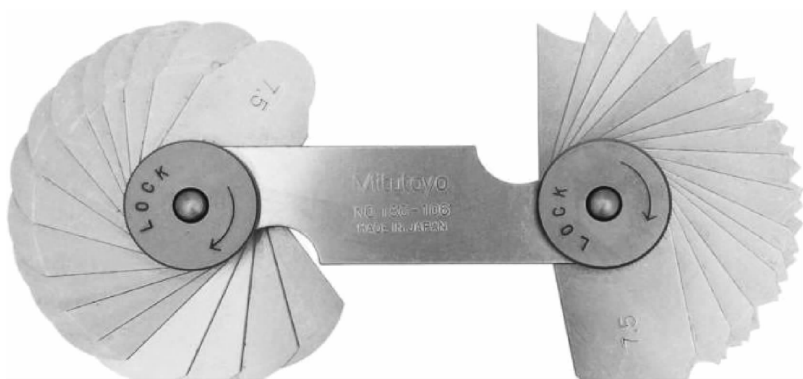


图 1-45 半径规(R 规)

(1)半径规的使用方法。检验轴类零件的圆弧曲率半径时,半径规要放在径向界面内;检验平面形圆弧曲率半径时,半径规应平行于被检截面,不得前后倾倒。

使用半径规检验工件圆弧半径有两种方法:一是当已知被检工件的圆弧半径时,可选用相应尺寸的半径规去检验;二是当未知被检工件的圆弧半径时,则要用试测法进行检验。

首先目测估计被检工件的圆弧半径,依次选择半径规去试测。当光隙位于圆弧的中间部分时,说明工件的圆弧半径  $r$  大于半径规的圆弧半径  $R$ ,应换一片半径大一些的半径规去检验。若光隙位于圆弧的两边,说明工件的圆弧半径  $r$  小于半径规的圆弧半径  $R$ ,则换一片半径小一些的半径规去检验,直到两者吻合,即  $r=R$ ,则此半径规的半径就是被测工件的圆弧半径。

如果根据工件圆弧半径的公差选两片极限半径规,那么对于凸面圆弧,用上极限半径规去检验时允许其两边漏光,用下极限半径规检验时允许其中间漏光,均可确定该工件的圆弧半径在公差范围内。对于凹面圆弧,漏光情况则相反。

(2)半径规的维护保养。半径规使用后应擦净,擦时要从铰链端向工作端擦,切勿逆擦,以防止样板折断或者弯曲。半径规要定期检定,如果半径规上标明的半径数值不清那么千万不要使用,以防错用。



## 思政小课堂

## 另辟勘探思路,渤海湾找到千亿方气田

渤海湾盆地石油储量和产量占全国约 40%,是保障国家能源安全的“压舱石”。渤海湾盆地的石油资源探明程度已高达 50%,虽然海底石油和天然气是一对“孪生兄弟”,但我国在渤海湾盆地未发现大气田,世界类似盆地也没有发现大气田。

渤海湾盆地能不能找到大气田?这既是一个科学难题,也是一个技术难题。历经 8 年协同攻关,中国海洋石油集团有限公司的研究人员取得重要理论创新与技术突破。“在项目研究中,项目团队创立了深层变质岩潜山大型凝析气田成藏理论,首次揭示了渤海湾盆地晚期快速沉降控制大面积爆发式生气机理,首次揭示了应力主导的深层变质岩潜山‘优势矿物—多期应力—双向流体’三元共控成储机理,首创了晚期构造强烈活动区超压动力封闭的天然气富集成藏模式。”中国海洋石油集团有限公司总地质师谢玉洪说。

与此同时,该项目还开发了深层潜山勘探关键技术,创新了海上小缆距高密度潜山地震勘探一体化技术,潜山内幕地震成像品质显著改善,储层预测吻合度由 65%提高至 95%;突破了深层潜山高效钻井关键技术,将 5 000 m 当量井深平均钻井周期由 119 天降至最短 45 天,创造了我国海上最短钻井周期纪录。在该项目形成的勘探理论技术指导下,项目团队发现了气柱高度 1 569 m 的深层大型整装凝析气田。在渤海湾盆地发现千亿方大型凝析气田,这是渤海深层天然气勘探首获领域性突破,实现了超级油型盆地找大气田的历史性跨越,有望成为渤海湾盆地新的油气增长极,对保障国家油气安全、缓解天然气供给压力有重大的意义。



## 课后练习

- (1)百分表可以检测机床的精度,测量工件的尺寸和\_\_\_\_\_误差。
- (2)百分表的测量范围一般有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和 0~10 mm 三种。
- (3)百分表的测量精度为\_\_\_\_\_ mm。
- (4)百分表可用来精确测量零件的\_\_\_\_\_、圆跳动、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和



直线度等几何误差,也可用来找正工件。

(5)刀口形直尺可以通过\_\_\_\_\_法来检查较小加工表面的直线度和平面度误差。

(6)刀口形角尺主要用来测量零件上的\_\_\_\_\_误差。

(7)选用量块时,应尽可能选用最少的块数,一般情况下块数不超过\_\_\_\_\_块。

(8)塞尺又称测微片或\_\_\_\_\_,是用于检验两个贴合面之间\_\_\_\_\_大小的片状定值量具。