



# 航空机械基础

HANGKONG JIXIE JICHU

虞浩清 庄华 编著

中国民航出版社



# 航空机械基础

虞浩清 庄华 编著

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

航空机械基础/虞浩清, 庄华编著. —北京: 中国民航出版社, 2007. 2

ISBN 978-7-80110-771-8

I. 航…

II. ①虞… ②庄…

III. 航空 - 机械设备 - 基本知识

IV. V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 164567 号

责任编辑: 邢璐 唐明

航空机械基础

虞浩清 庄华 编著

---

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 出版 | 中国民航出版社 (010) 64290477            |
| 社址 | 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)       |
| 排版 | 中国民航出版社照排室                        |
| 印刷 | 北京华正印刷有限公司                        |
| 发行 | 中国民航出版社 新华书店                      |
| 开本 | 787 × 1092 1/16                   |
| 印张 | 15.5                              |
| 字数 | 350 千字                            |
| 印数 | 3500 册                            |
| 版本 | 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷 |

---

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 书号 | ISBN 978-7-80110-771-8/V · 270 |
| 定价 | 28.00 元                        |

(如有印装错误, 本社负责调换)

# 前 言

本书是根据广州民航职业技术学院飞机、发动机维修专业和飞机结构专业的培养目标、教学计划和航空机械基础课程教学大纲编写的。它也符合中国民用航空总局颁发的CCAR-147 部民用航空器维修基础培训大纲的要求。

本教材编写的指导思想是一切从实际需要出发,围绕民航飞机、发动机维修以及飞机结构修理高级技术人员工作所需的基本知识和技能而编写教材内容。为此本书对常用机构和机械传动主要介绍其构成、工作原理、特点、应用、失效形式和维护知识,而很少涉及其设计计算。

另外,本书还包括了民用航空器维修人员执照基础部分中的量具、手工工具及美国航空标准件的内容。为了满足联合办学的需要,本书给出了常用工具、量具及航空标准件的英文名称,以使学生更好地适应国外的学习和实训。

本教材第一、二章及各章的习题由庄华编写,第三、四、五章由虞浩清编写,并由虞浩清担任主编。

本教材初版和最新版均由华南理工大学吴浩珪教授和黎桂英副教授主审。广州民航职业技术学院裴成昌高级讲师阅读了全书初稿。他们提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中还得到了原广州飞机维修工程有限公司培训部韩振山和孔海霞等同志的大力支持和帮助,在此表示感谢。

本教材自1996年5月印刷以来,经过了11届飞机、发动机维修专业班以及7届飞机结构修理专业班的教学使用,反映良好。编者也曾于1998年5月和2005年12月对原教材中个别不妥处进行了修订更正,并且根据飞机维修实际需要增加了“百分表”和“飞机管路与接头”的内容。

编写一本适合民航飞机、发动机维修专业和飞机结构修理专业使用的机械基础教材是我们多年来的心愿,但由于编者水平有限,错误和欠妥之处在所难免,恳请同行和广大读者给予批评指正,以便今后修订。

编者

2006年6月

# 绪 论

## 一、本课程的性质和内容

本课程是飞机、发动机维修专业和飞机结构修理专业的技术基础课程。

本课程包括常用量具和手工工具、常用机构、常用机械传动、常用航空机械零件和润滑与密封五个基本部分。

常用量具和手工工具包括：游标卡尺、千分尺、组合量具、卡规、塞尺、手锤、螺丝刀、钳子、扳手、钢锯、锉刀、麻花钻、铰刀、丝锥和板牙等。

常用机构包括：平面连杆机构、凸轮机构和间歇运动机构。

常用机械传动包括：带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动、钢索传动和传动杆传动。

常用航空机械零件包括：美国航空螺纹紧固件、铆钉、弹簧、键和花键、联轴器、离合器、轴、滑动轴承和滚动轴承等。

润滑与密封包括：常用润滑方式、航空润滑油、润滑脂、密封方式和常用密封件等。

上述内容是从事飞机、发动机维修工作所必须具备的基本知识，也是今后学习专业课程的基础，因此学习本课程的必要性和重要性也就不言而喻了。

## 二、本课程的学习目的和学习方法

### 1. 学习目的

通过本课程的学习应使学生达到下列几点要求：

- (1)掌握常用量具和工具的正确使用；
- (2)熟悉和掌握常用机构与机械传动的构造、工作原理、特点、失效形式和维护知识；
- (3)熟悉和掌握常用航空零件的工作原理、特点、规格标准的识别及使用注意事项；
- (4)熟悉常用润滑油、润滑脂和密封件的种类、特点及应用；
- (5)初步具备综合运用所学知识分析和解决生产实际问题的能力。

### 2. 学习方法

课程的学习方法与课程的特点有关。根据本课程的特点，在学习方法上应当注意以下几点：

(1)结合学习本课程及时复习和巩固有关选修课程的知识

不少选修课，如：物理、机械制图、工程力学等课程是学习本课程的基础。因此，结合学习本课程及时复习有关选修课程的知识对学好本课程起着重要的作用。

(2)要注重基本原理的学习和掌握

无论一台机器或一架飞机的机械部分构造多复杂、结构形式如何不同，均可分解为若干个基本机构。因此，熟练掌握各机构的基本构造、基本工作原理，有助于分析和解决今后生产实际中遇到的问题。

(3)学习本课程要坚持理论联系实际

本课程与生产实践有着紧密的联系。在相应的实训或者生产实践中，要注意运用本课程所述的理论、方法和注意事项指导实践。同时，我们应根据具体的问题进行具体的分析，切不可不顾实际条件生搬硬套书本上的公式和数据等。

(4)注意培养综合运用所学知识分析问题、解决问题的能力

本课程是一门综合性课程，学习本课程的过程也是综合运用所学知识的过程。此外，在生产实践中所遇的问题往往比较复杂，影响因素也较多，所以要注意培养综合运用所学知识全面地研究分析问题的能力，防止孤立地、片面地进行分析研究。

## 内 容 提 要

本书涵盖了中国民航总局颁发的 CCAR-147 部民用航空器维修基础培训大纲维护技术基础模块中的有关内容。全书共分五章：第一章介绍常用量具和工具的种类和使用方法，第二、三章介绍常用机构和机械传动的类型、构成、工作原理、失效形式和维护，第四章介绍常用航空机械零件的类型、构造、识别和应用，第五章介绍润滑和密封。各章后均有习题。

本书作为广州民航职业技术学院飞机、发动机维修专业和飞机结构修理专业的基础教材，授课时数为 70 学时左右。本书也可供同专业的高等职业教育班或中专班使用。还可供 CCAR-147 部民用航空器维修基础培训用。

# 目 录

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 绪论                   | (V)   |
| 第一章 常用量具和手工工具        | (1)   |
| 第一节 游标卡尺             | (1)   |
| 第二节 千分尺              | (4)   |
| 第三节 百分表              | (10)  |
| 第四节 组合量具和卡规          | (12)  |
| 第五节 塞尺和螺距规           | (14)  |
| 第六节 通用工具             | (15)  |
| 第七节 金属切割工具           | (23)  |
| 第二章 常用机构             | (35)  |
| 第一节 概述               | (35)  |
| 第二节 运动副、平面机构运动简图及自由度 | (37)  |
| 第三节 平面连杆机构           | (43)  |
| 第四节 凸轮机构             | (51)  |
| 第五节 间歇运动机构           | (54)  |
| 第三章 常用机械传动           | (59)  |
| 第一节 带传动              | (59)  |
| 第二节 链传动              | (66)  |
| 第三节 齿轮传动             | (73)  |
| 第四节 蜗杆传动             | (99)  |
| 第五节 轮系               | (106) |
| 第六节 螺旋传动             | (114) |
| 第七节 钢索传动和传动杆传动       | (117) |
| 第四章 常用航空机械零件         | (134) |
| 第一节 螺纹基本知识           | (134) |



|      |                   |       |
|------|-------------------|-------|
| 第二节  | 美国航空螺纹紧固件 .....   | (140) |
| 第三节  | 螺纹紧固件的安装和防松 ..... | (153) |
| 第四节  | 转角拧紧式紧固件 .....    | (159) |
| 第五节  | 铆钉 .....          | (162) |
| 第六节  | 弹簧 .....          | (171) |
| 第七节  | 平键和花键 .....       | (174) |
| 第八节  | 联轴器 .....         | (177) |
| 第九节  | 离合器 .....         | (181) |
| 第十节  | 轴 .....           | (183) |
| 第十一节 | 滑动轴承 .....        | (187) |
| 第十二节 | 滚动轴承 .....        | (193) |
| 第十三节 | 管路和接头 .....       | (201) |
|      |                   |       |
| 第五章  | 润滑与密封 .....       | (223) |
| 第一节  | 润滑 .....          | (223) |
| 第二节  | 密封 .....          | (230) |

# 第一章 常用量具和手工工具

量具和手工工具是飞机维护工作中不可缺少的。它们的种类很多，式样千差万别，以适应不同的需要。本章着重介绍几种常用的量具和手工工具的构造、原理和使用方法。

## 第一节 游标卡尺

游标卡尺（Vernier Caliper）是一种精度比较高的量具。它的应用十分广泛，可以直接测量出工件的内外直径、长度、孔距和沟槽深度等尺寸。

### 一、游标卡尺的结构

游标卡尺有多种式样，如普通游标卡尺、深度游标卡尺和高度游标卡尺等，但它们的刻线原理及读法是相同的。现以常用的游标卡尺为例说明，如图 1.1 所示。

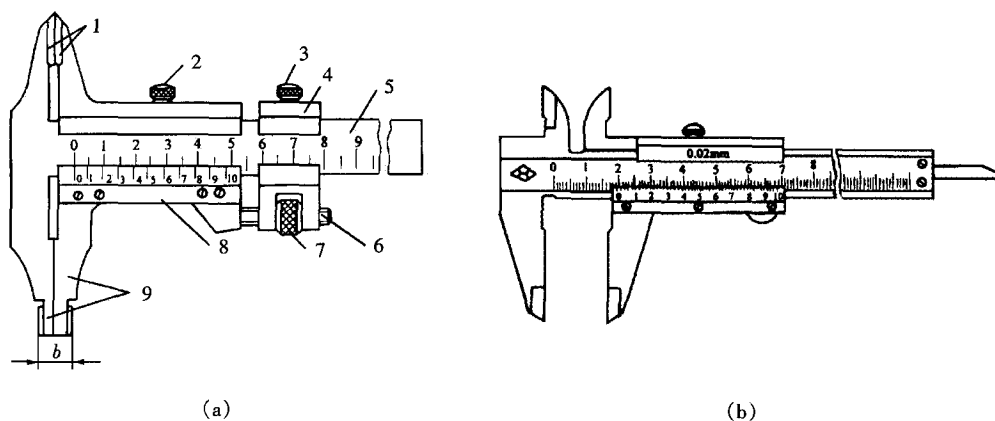


图 1.1 游标卡尺

图 1.1 (a) 所示的游标卡尺是由主尺 5、游标 8 和辅助游标 4 组成。在主尺上刻有每格 1mm 的刻度线。游标又称副尺，其上也刻有刻度线。当游标需要移动较大距离时，松开螺钉 2 和 3，推动游标就可以了。如果要使游标作微动调节时，可将螺钉 3 紧固，松开螺钉 2，用手指转动螺母 7，通过小螺杆 6 移动游标，使其得到需要的尺寸。取得尺寸后，拧紧螺钉 2 固定游标。

游标卡尺下端的两测量卡爪 9 是主要测量卡爪，其内侧面是测量外圆或厚度用的；而具有圆弧的外侧面是测量内孔或沟槽用的。特别要注意的是，当用下端外侧面测量内孔或沟槽时，所得到的刻度读数要加上 10mm。这是因为当下端两个卡爪合拢时，即游标尺上零线与主尺上的零线对齐时，两个外侧面的距离  $b$  是 10mm。游标尺上端的两个尖卡爪 1，可用来测量内孔中的凸台或者孔距尺寸，也可测量齿轮的公法线长度。

图 1.1 (b) 所示的游标卡尺为三用游标卡尺。它比较轻巧灵活，测量范围一般在 300mm 以下。它下端的卡爪用于测量外径，上端的卡爪用于测量孔径、孔距和槽宽等尺寸。它还具有一根测深杆，可用来测量内孔或沟槽的深度。

除了上述两种常用类型的游标卡尺外，有时我们还会用到具有数字显示装置或带有指示表的游标卡尺，如图 1.2 所示。用这两种类型的游标卡尺测量时，测得的尺寸可直接以数值的形式显示出来。

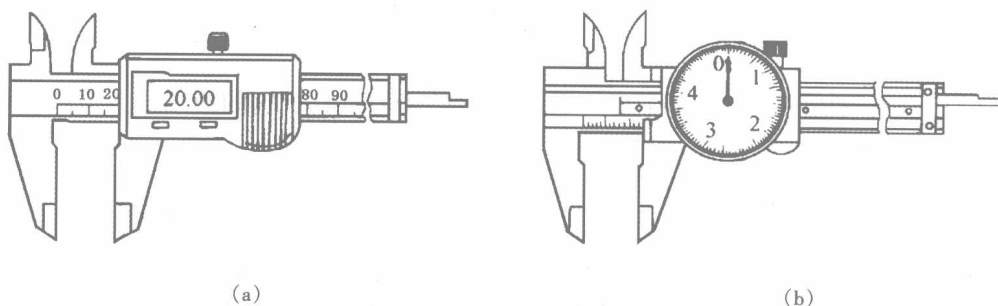


图 1.2 具有数字显示和指示表显示装置的游标卡尺

## 二、游标卡尺的刻线原理及读法

### 1. 游标卡尺的刻线原理

游标卡尺按其所能测量的精度分类，常用的有  $1/50\text{mm}$  (0.02mm) 和  $1/20\text{mm}$  (0.05mm) 两种。这两种精度的游标卡尺，其主尺的刻度是相同的，即每格 1mm；所不同的是游标尺上的刻线格数与主尺刻线相对的格数。

现以 0.02mm 精度的游标卡尺为例作以说明。

主尺上刻有刻线，其每小格为 1mm。在游标尺上也刻有刻线，它将 49mm 等分为 50 格。当两测量爪合并时，游标尺的 0 刻线（第一根刻线）与主尺上的 0 刻线（第一根刻线）对齐，主尺上的 49mm 刚好等于游标上 50 格，如图 1.3 所示。

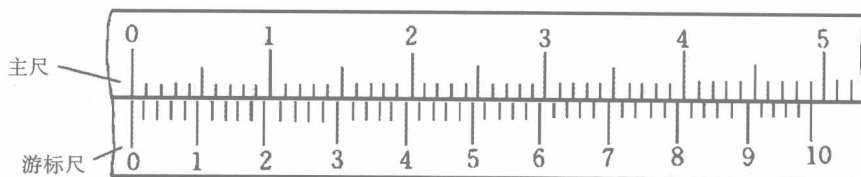


图 1.3 0.02mm 精度游标卡尺的刻线原理

即：游标尺上每一格 =  $49\text{mm} \div 50 = 0.98\text{mm}$

主尺刻线与游标刻线每格相差 =  $1 - 0.98 = 0.02\text{mm}$ 。

这样，游标在主尺上每移动  $0.02\text{mm}$ ，游标上就有一条刻线与主尺上的某一条刻线对齐。

## 2. 游标卡尺的读法

识读游标卡尺，可以按以下三个步骤进行：

第一步，读出游标尺零线所对应主尺的 mm 数值；

第二步，读出游标尺上与主尺刻线对齐的那根刻线所示的数值；

第三步，将上述两个读数相加即为游标卡尺测量的尺寸。

例：图 1.4 是  $0.02\text{mm}$  精度的游标卡尺所表示的尺寸。

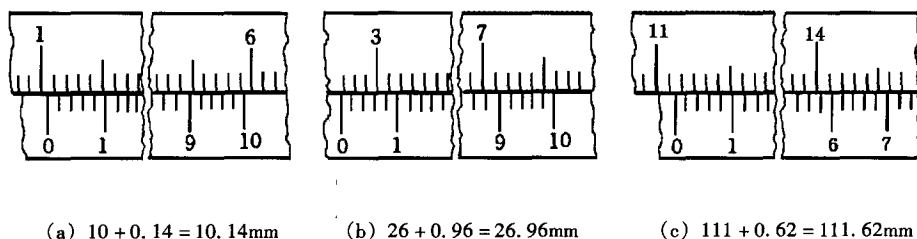


图 1.4 识读  $0.02\text{mm}$  精度游标卡尺

## 三、游标卡尺的使用方法注意事项

### 1. 游标卡尺的使用方法

使用游标卡尺前，首先应根据被测项目、被测工件的尺寸精度和尺寸大小选择相应类型、尺寸精度和大小的游标卡尺；其次应对所用游标卡尺进行检查，并拢量爪后，游标的零线应与主尺的零线对齐。

使用时，轻轻推动游标使两量爪接触被测量面，然后读出尺寸。当不便直接读出尺寸时，可紧固螺钉后轻轻移出，然后读出尺寸。

图 1.5 (a) 和 (b) 为使用游标卡尺测量工件外径和宽度尺寸的方法。

图 1.5 (c) 和 (d) 为测量零件孔径的方法。

图 1.5 (e) 为测量孔距的方法。

注意：读图 1.5 (d) 和 (e) 测量的尺寸时，读出的尺寸应加上  $10\text{mm}$ 。

### 2. 游标卡尺的使用注意事项

(1) 检查量具有无检验合格证和产品合格证。注意：量具一般都有检验合格有效期。超过检验合格有效期的量具，应视为不合格量具，因而不能使用。此注意事项对本书所述量具均有效。

(2) 检查量具的精度值和测量范围能否满足所测零件尺寸精度和尺寸大小的需

要。

- (3) 保持测量表面和被测量表面清洁。
- (4) 测量过程中要防止卡爪偏斜。
- (5) 测量卡爪靠抵工件的测量力不可太大或太小。
- (6) 不能把游标卡尺当作其他工具使用,如用来勾切屑等。

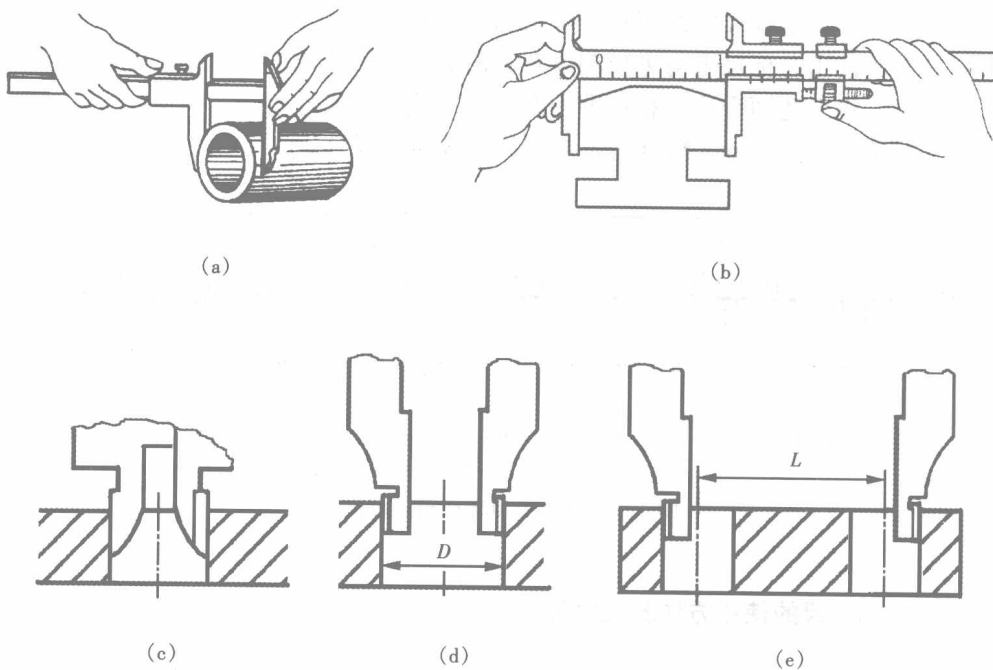


图 1.5 游标卡尺的使用方法

## 第二节 千分尺

千分尺又称为分厘卡 (Micrometer)。它是一种精度比游标卡尺高的精密量, 常用来测量尺寸精度高的零件。

### 一、千分尺的构造

千分尺有外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺、螺纹千分尺等多种用途、构造和式样不同的千分尺, 但它们的刻线原理和读法是相同的。

现以常用的外径千分尺 (Outside Micrometer) 为例说明, 如图 1.6 所示。

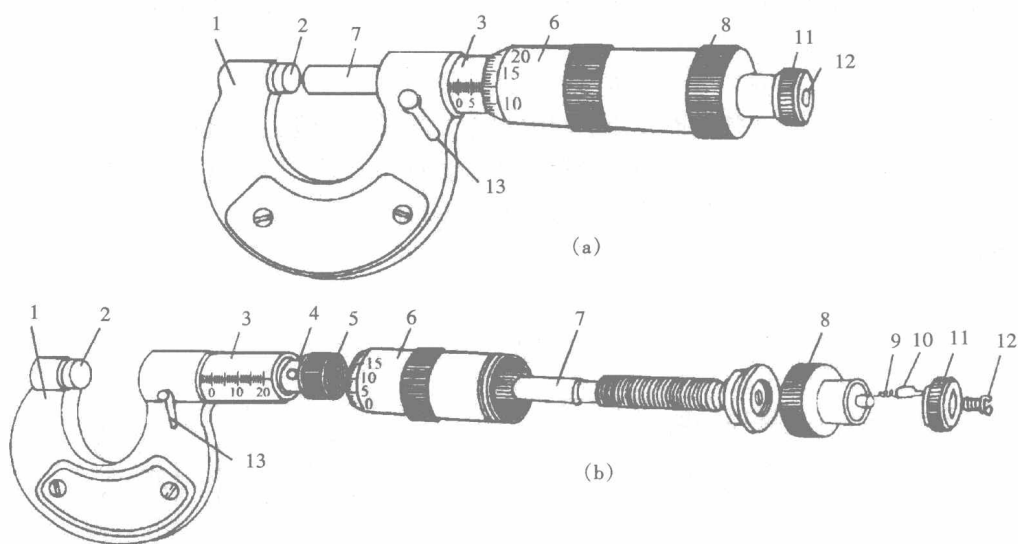


图 1.6 外径千分尺的构造

图 1.6 中, 1 是尺架, 尺架的左面有测量砧座 2, 右端有固定套管 3。固定套管 3 的表面有刻度, 里面装有轴套 4, 其内壁制有内螺纹, 螺距为 0.5mm。轴杆 7 的左端面是测量面, 其右端的一段螺纹可沿轴套 4 的内螺纹回转。在固定套管 3 的外面有一活动套管 6, 其左端外圆锥表面等分刻有刻度线, 它用锥孔与轴杆 7 右端锥体相连。轴杆 7 在转动时的松紧程度可用螺母 5 调节。欲使轴杆 7 固定不动时, 可转动锁定手柄 13 通过偏心将轴杆 7 锁紧。松开罩壳 8 时, 可使轴杆 7 与活动套管 6 分离, 以便调整零线位置。转动棘轮盘 11, 轴杆 7 就会移动。当轴杆 7 左端测量面接触工件被测量面时, 由于弹簧 9 的作用, 使棘轮盘 11 在棘爪 10 上滑过而发出吱吱声响, 此时轴杆 7 不再移动。这套棘轮机构保证测量砧面与工件被测量面的抵紧力始终限定在某一定值上, 因此可以获得稳定的测量精度。如果棘轮盘 11 反方向转动, 则拨动棘爪 10 和活动套 6 以及轴杆 7 转动, 使轴杆 7 向右移动, 测量面与被测量面脱开。棘轮盘 11 用螺钉 12 与罩壳 8 连接。

## 二、千分尺的刻线原理及读法

### 1. 公制千分尺

公制千分尺的主尺固定套管上刻有一条纵向基准线。在纵向基准线的上下分别错开刻有每格为 1mm 等分的刻度线, 上下错开等分的刻度线所形成的每小格为 0.5mm。活动套管圆周上等分刻有 50 格刻线, 如图 1.7 (a) 所示。

测量杆 7 右端螺纹的螺距为 0.5mm, 当活动套管转一整圈时, 轴杆 7 就轴向移动 0.5mm。因此当活动套管转过一格时, 轴杆 7 就轴向移动

$$0.5 \div 50 = 0.01\text{mm}$$

与游标卡尺相似,测量杆6轴向每移动0.01mm时,活动套管上就有一条刻线与主尺上的基准线对齐。

读千分尺的方法可分为以下三步:

第一步,读出活动套管端面左边的固定套管上所露出刻线的数值;

第二步,读出活动套管上与固定套管上基准线对齐的那根刻线所示的数值;

第三步,把上述两个读数加起来即为千分尺测得的尺寸。

例:图1.7所示公制千分尺的读数。

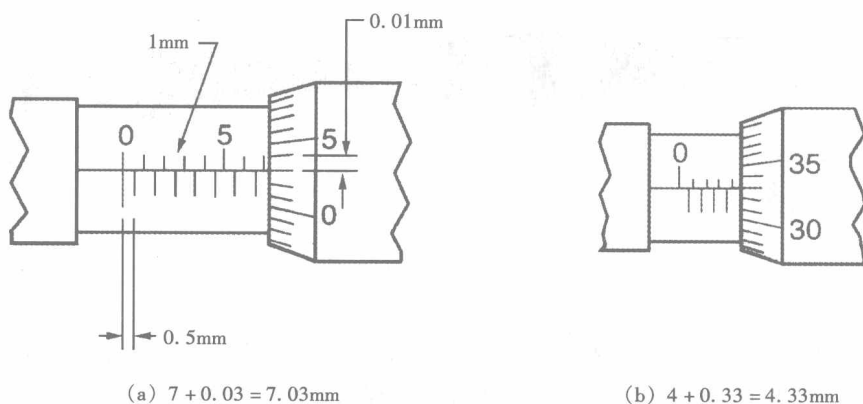


图 1.7 外径千分尺的读数举例

## 2. 英制千分尺

目前,我国民航的飞机绝大多数是进口的,国外生产制造的飞机常采用英制单位来标注尺寸,其中最常用的计量单位是英寸。同时,飞机维修单位所使用的维修工具大多数也是英制的,因此有必要介绍一下英制千分尺。

英制千分尺的形状和结构与公制千分尺是一样的,只是测量杆右端螺纹的螺距不同。英制千分尺测量轴右端螺纹的螺距为每英寸40牙,即当活动套管转一整圈时测量轴就轴向移动0.025in。固定套管上刻有刻线,每小格为0.025in。在起始刻线上方刻有0字,以后每4格刻线上刻上1,2,3……数字。这些数字分别表示0.1in,0.2in,0.3in……。在活动套管的圆锥面上,等分刻有25格刻线。因此当活动套管转过一格时,测量轴就轴向移动

$$0.025 \div 25 = 0.001 \text{in}$$

读英制千分尺的方法与读公制千分尺的方法一样,只是要区别单位。读千分尺,首先读出活动套管锥体端面左边固定套管上所露出刻线的数值;然后加上活动套筒左端面与前面读出的数之间的长度数值;再加上活动套筒左端圆锥面上与固定套筒上基准线对齐的那根刻线的刻度值。

英制千分尺的读数举例,如图1.8所示。

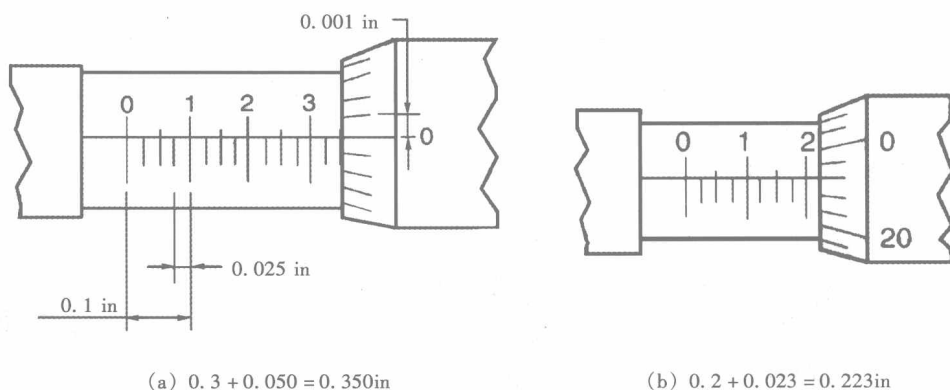


图 1.8 英制千分尺的读数举例

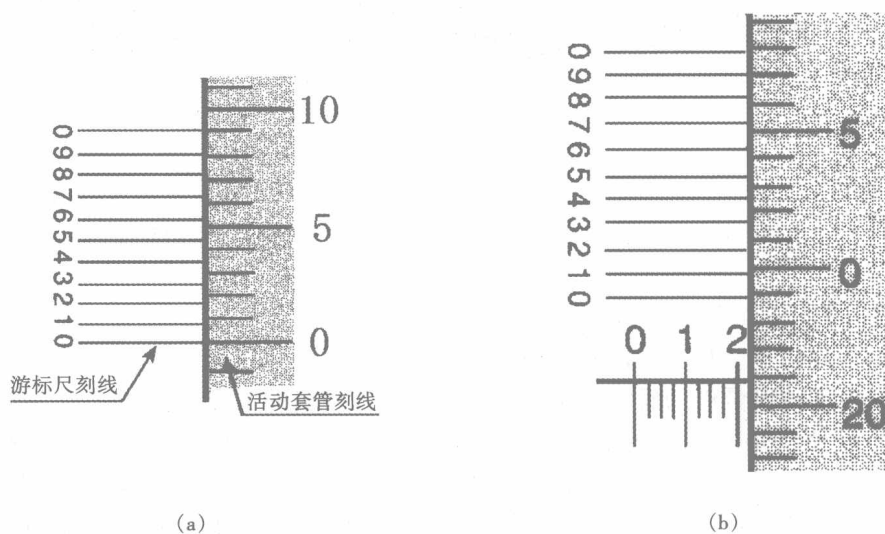


图 1.9 带游标的英制千分尺

一些英制千分尺在固定套管上还刻有游标尺刻线,使千分尺的精度值达到万分之一英寸,这种千分尺称为游标千分尺 (Vernier Micrometer)。这个游标尺共刻有 10 格刻线与活动套管上 9 格刻线相对,如图 1.9 (a) 所示。这样相当于把活动套管上的每小格 (0.001in) 再等分成 10 等分,即每一等分为 0.0001in。

识读时先按上例读出,再加上游标尺读数即为测量值。

例如:图 1.9 (b) 所示,其读数为  $0.2 + 0.020 + 0.0009 = 0.2209\text{in}$ 。

注意:实际上,在千分尺上的三个刻度是不能同时看见的,读游标尺时需转动整个千分尺。图 1.9 上的例子是有意将千分尺的固定套筒和活动套筒展成平面,以使所有三个刻度值能同时看到。



### 三、千分尺的使用方法和注意事项

#### 1. 千分尺的使用方法

用单手使用外径千分尺时,可用大拇指和食指捏住活动套管,小指勾住尺架并压向手心就可测量,如图 1.10 所示。

用双手测量时,可按图 1.11 所示的方法进行。

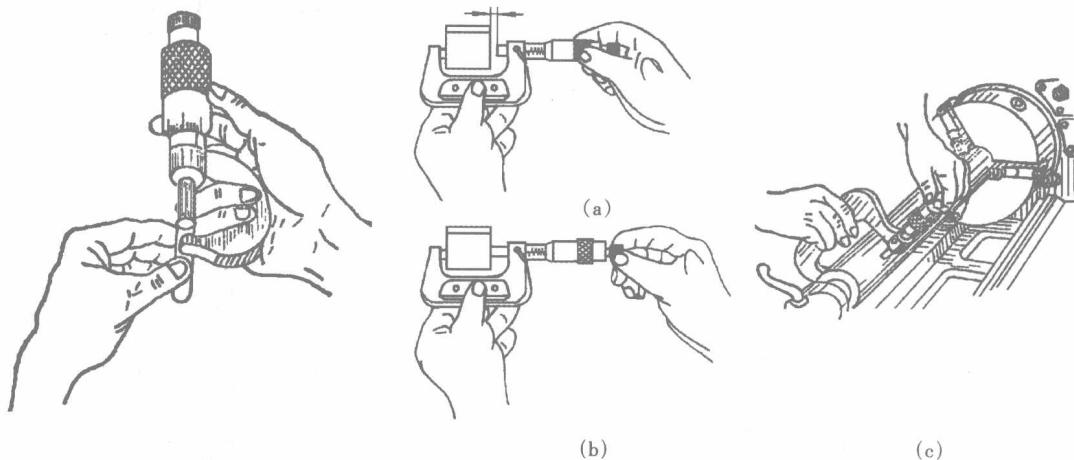


图 1.10 用单手使用外径千分尺

图 1.11 用双手使用外径千分尺

#### 2. 使用千分尺的注意事项

(1) 首先检查量具有无检验合格证和产品合格证。

(2) 根据被测量件的尺寸大小,选择合适尺寸规格的千分尺。

(3) 使用前应校准尺寸,对 0~25mm 或 0~1in 规格的千分尺应将两测量面接触,看一下活动套管上零线是否与固定套管上基准线对齐。如果没有对齐,应进行调整使之对齐。对 25~50mm 或 1~2in 规格或者以上的千分尺,则需用量具盒内的标准样棒来校准。

(4) 千分尺的测量面和工件被测量面都应保持清洁,不能用千分尺去测量毛坯面。

(5) 测量时,先转动活动套管。当测量面将接近工件时,改用转动棘轮,使测量面与被测工件接触,直到棘轮发出几声吱吱声为止,如图 1.11 (a)、(b) 所示。

(6) 测量时,千分尺要放正,并要注意温度的影响。

### 四、其他千分尺

#### 1. 内径千分尺 (Inside Micrometers)

内径千分尺用来测量内孔直径及槽宽等尺寸。常用的内径千分尺有普通内径千分尺和杆式内径千分尺两种,如图 1.12 (a)、(b) 所示。