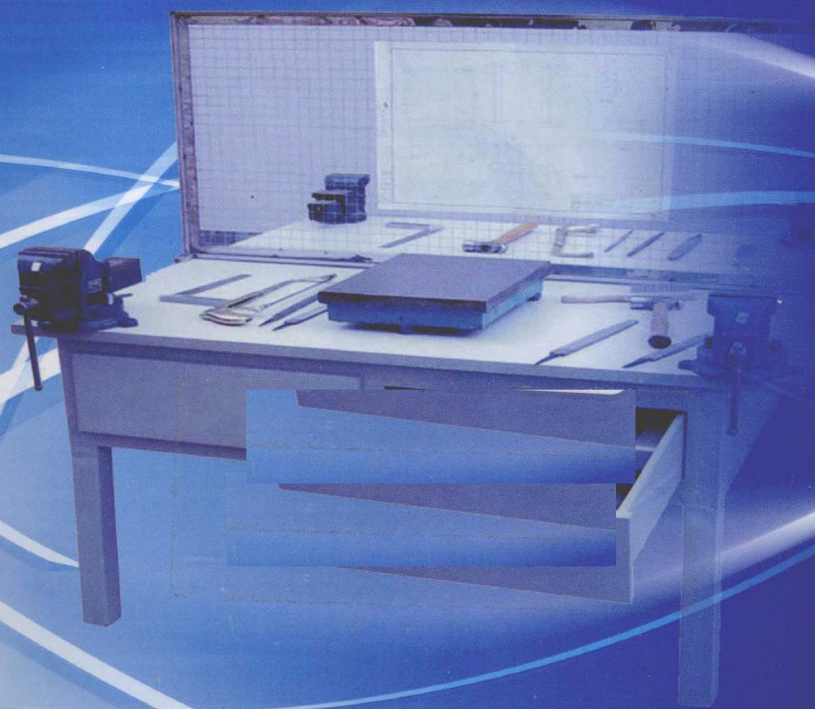




“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材
数控技术应用专业教学用书

钳工实训与考级

朱仁盛 陆东明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是中等职业学校“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材之一。本书以学生的行动能力为出发点,结合机电类专业特点,以“够用、适用、兼顾学生的后续发展”为原则,从企业用工需求的实际出发组织课题内容,并参照了相关国家职业标准及有关行业的职业技能鉴定规范。

本书从理实一体化的角度出发,结合项目教学法,安排了钳工技术基础知识,划线,锯削,锉削,钻孔、扩孔、铰孔和铰孔,攻螺纹和套螺纹,以及钳工(初级)技能综合实训与考级,钳工(中级)技能综合实训与考级八个课题。本书可作为中等职业学校机电类专业及工程技术类专业基础技术训练课程的教材,也可作为相关行业的岗位培训教材及有关人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

钳工实训与考级/朱仁盛,陆东明主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 1

“工学结合,校企合作”课程改革成果系列教材. 数控技术应用专业教学用书

ISBN 978-7-111-32791-2

I. ①钳… II. ①朱…②陆… III. ①钳工-专业学校-教材 IV. ①TG9

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第250420号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:路恩中 责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm · 12印张 · 293千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32791-2

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

“工学结合、校企合作”是遵循职业教育发展规律，体现职业教育特色的技能型人才培养模式。实行“工学结合、校企合作”是职业教育坚持以就业为导向，有效促进学生就业的需要；是减轻学生负担，优化职业教育资源，扩大职业教育规模的需要。

为了贯彻落实《教育部关于全面提高职业教育教学质量的若干意见》的精神，由机械工业出版社牵头，组织来自全国中、高等职业学校教学工作一线的骨干教师和学科带头人，通过社会调研，对劳动力市场进行人才需求分析和课题研究；在企业有关人员的积极参与下，结合中等职业学校机电类专业及工程技术类专业学生的基础情况，参考国家劳动和社会保障部颁布实施的《国家职业标准》的要求，开发了中等职业教育机电类专业的“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材，力争为全面提升职业教育的教学质量，为社会培养更多技能型应用人才提供基本保障。

本书从理实一体化的角度出发，结合项目教学法，安排了钳工技术基础知识，划线，锯削，锉削，钻孔、扩孔、铰孔和铰孔，攻螺纹和套螺纹，以及钳工（初级）技能综合实训与考级，钳工（中级）技能综合实训与考级八个课题。其主要任务是：使学生掌握钳工加工的工艺知识和操作技能；培养学生分析问题和解决问题的能力；在训练项目中加强对新知识、新技术、新工艺、新方法的掌握；培养学生良好的职业道德和职业意识，形成严谨、敬业的工作作风，为今后解决实际生产问题和职业生涯的发展奠定基础。

1. 教材特色

1) 以就业为导向，根据中等职业学校机电类专业及工程技术类专业学生将来面向的就业岗位群对技能人才的要求来组织课程的结构与内容。降低钳工理论知识的难度，突出钳工技能的培养与训练。

2) 按“够用、适用、兼顾学生后续的发展”的原则组织课程内容。每个课题分别介绍了各工种工具的选择与应用、操作要领、技能训练等知识，通过讲一讲、练一练再做一做的方法，让学生巩固所学理论和技能。最后的技能综合实训与考级提供了多个训练项目，为不同地区、不同学校、不同层次学生灵活选择留有一定的空间。

3) 以学生的“行动能力”为出发点组织内容。合理选取训练项目，由浅入深、循序渐进，符合学生的认知规律，各训练项目包括图样分析、加工步骤、质量评价、注意事项等。通过训练项目的训练，可及时检验学生对前面所学基本理论和技能的掌握情况。

4) 注重实训教学中的学生评价，遵循形成性评价和终结性评价相结合的原则，既关注结果，又关注过程。不仅要重视学生平时技能实训的考评结果，也要重视对学生学习过程的评价，包括学生的学习态度、学习方法、学习习惯、劳动纪律、文明生产等。

2. 学时分配建议

课 题	学时数
课题一 钳工技术基础知识	4
课题二 划线	8
课题三 锯削	8

(续)

课 题	学时数
课题四 锉削	14
课题五 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	14
课题六 攻螺纹与套螺纹	14
课题七 钳工(初级)技能综合实训与考级	90
课题八 钳工(中级)技能综合实训与考级	120
机动	4
合计	276

注：不参加考级的专业视各学校的具体情况选择实训学时。

本书由泰州机电高等职业技术学校朱仁盛、苏州高等职业技术学校陆东明任主编，由张家港中等专业学校朱劲松、泰州机电高等职业技术学校刘云龙任副主编，张家港中等专业学校陈冠迪、泰州机电高等职业技术学校封琥、泰州技师学院戚学武、苏州市吴中中等专业学校沈建国、兴化市职业教育中心校陆友玉参加编写，全书由泰州机电高等职业技术学校申倚洪主审。

作为“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材之一，在本书推广使用过程中，希望能得到关于其教学适用性的反馈意见，以便不断改进与完善。由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

课题一 钳工技术基础知识	1
1.1 钳工常用设备、工具及其功用	1
1.2 钳工常用量具及其应用	5
1.3 钳工安全生产操作规程	16
课题二 划线	18
2.1 划线工具及其选用	18
2.2 划线操作要领	20
2.3 划线操作	22
2.4 划线注意事项	24
2.5 划线技能训练	25
课题三 锯削	30
3.1 锯削工具及其选用	30
3.2 锯削操作要领	31
3.3 不同材料的锯削方法	33
3.4 锯削废品分析和安全知识	35
3.5 锯削操作	36
3.6 锯削技能训练	37
课题四 锉削	41
4.1 锉削刀具及其选用	41
4.2 锉削操作要领	44
4.3 锉削表面质量检测	47
4.4 锉削操作	48
4.5 锉削技能训练	50
课题五 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	55
5.1 钻头及其刃磨	55
5.2 钻床及钻孔辅件	58
5.3 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔的操作要领	60
5.4 孔加工操作	68
5.5 孔加工技能训练	73
课题六 攻螺纹与套螺纹	77
6.1 螺纹的形成及其相关知识	77
6.2 攻螺纹、套螺纹的工具及辅具	79
6.3 攻螺纹、套螺纹工艺	83
6.4 螺纹加工操作	88

6.5 螺纹加工技能训练	89
课题七 钳工（初级）技能综合实训与考级	92
7.1 应知	92
7.2 应会	118
课题八 钳工（中级）技能综合实训与考级	131
8.1 应知	131
8.2 应会	145
附录 答案	181
参考文献	184

课题一

钳工技术基础知识

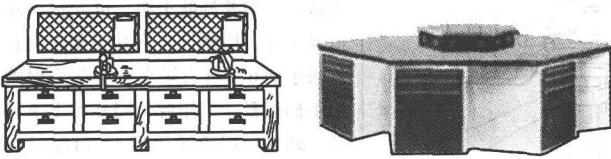
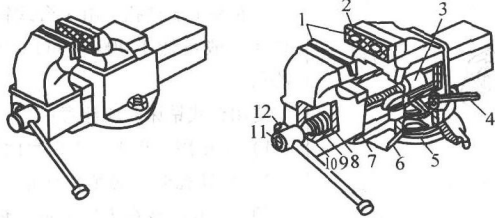
1.1 钳工常用设备、工具及其功用

钳工大多是用手工工具并经常在台虎钳上进行手工操作的一个工种。一些不适宜或不能用机械方法解决的加工，都可由钳工来完成。

随着机械工业的发展，钳工的工作范围越来越广泛，需要掌握的理论知识和操作技能也越来越复杂，于是产生了专业性的分工，以适应不同工作的需要。钳工一般分为：普通钳工（模具钳工）、机修钳工和工具钳工等。本书主要介绍普通钳工技术训练的相关内容，以及初级、中级技能考级的要求及实训项目。

钳工常用的设备可分为：主要设备（钳工工作台、台虎钳、砂轮机）、钻床、钳工常用工具等。其图例、功用与相关知识分别见表1-1、表1-2、表1-3。

表1-1 钳工主要设备

名称	图 例	功用与相关知识
钳工工作台	 a) 长方形钳工工作台 b) 六边形钳工工作台	钳工工作台主要用来安装台虎钳。台面一般为长方形、六边形等，其长、宽尺寸由工作需要确定，高度一般以800~900mm为宜
台虎钳	 a) 固定式台虎钳 b) 回转式台虎钳 1—钳口 2—螺钉 3—螺母 4、12—手柄 5—夹紧盘 6—转盘座 7—固定钳身 8—挡圈 9—弹簧 10—活动钳身 11—丝杠	台虎钳是用来夹持工件的通用夹具。在钳工工作台上安装台虎钳时，必须使固定钳身的钳口工作面处于钳工工作台边缘之外，台虎钳必须牢固地固定在钳工工作台上，两个锁紧螺钉必须扳紧

(续)

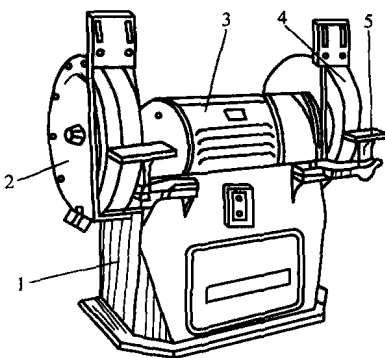
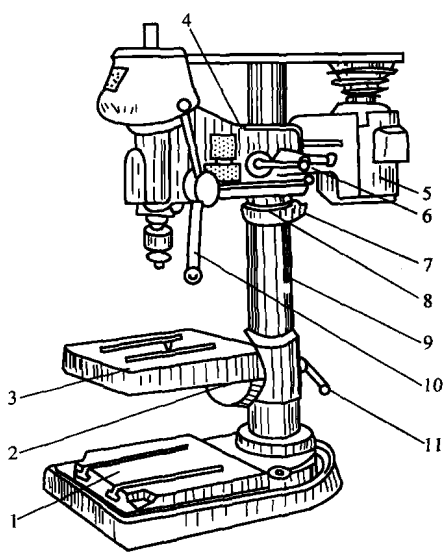
名称	图 例	功用与相关知识
砂轮机	 1—砂轮机座 2—砂轮罩 3—电动机 4—砂轮 5—托架	砂轮机主要用来磨削各种刀具或工具,如锉子、钻头、刮刀、样冲、划针等,也可刃磨其他刀具

表 1-2 钳工常用钻床

名称	图 例	功用与相关知识
台式钻床	 1—底座面 2—锁紧螺钉 3—工作台 4—头架 5—电动机 6—手柄 7—螺钉 8—保险环 9—立柱 10—进给手柄 11—锁紧手柄	台式钻床是一种小型钻床,一般用来钻直径在13mm以下的孔。常用的是6mm和12mm等几种规格 常见台式钻床的主轴有五种转速。头架4连同电动机和五级带轮可在立柱9上作上下移动,同时可绕立柱轴线转动,待调整到适当位置后用手柄锁紧。如要调低头架,可先把保险环8调节到适当位置,用螺钉7将其锁紧在立柱上,然后略放松手柄6,当头架靠自重落到保险环上后,再把手柄扳紧。工作台3同样可上下移动,又可转动,调整后用锁紧手柄11固定,当松开锁紧螺钉2时,工作台可在垂直平面内左右倾斜45°。当工件较小时,可将工件放在工作台上钻孔;当工件较大时,可把工作台转开,将工件直接放在钻床底座1上钻孔。由于台式钻床的最低转速较高(一般不低于400r/min),因此不适于铰孔、铰孔 使用台式钻床时应注意: 1) 在使用过程中,工作台面必须保持清洁 2) 钻通孔时,必须保证钻头能通过工作台面上的让刀孔,或在工件下垫上垫铁,以免钻坏工作台面 3) 使用完毕后,必须将机床的外露滑动面及工作台面擦净,并对各滑动面及各注油孔加注润滑油

(续)

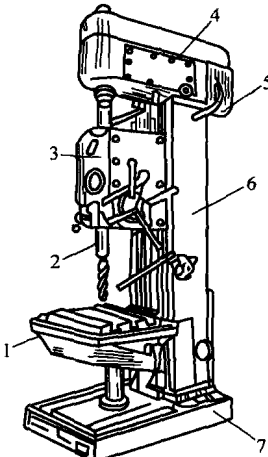
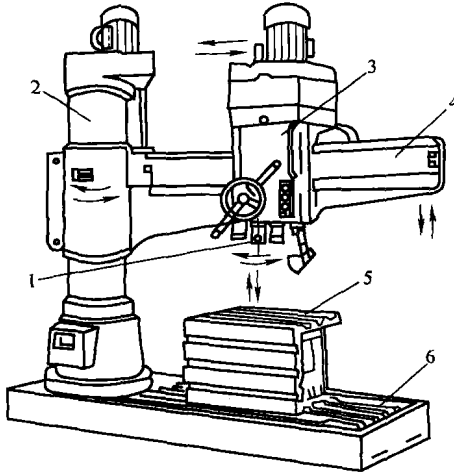
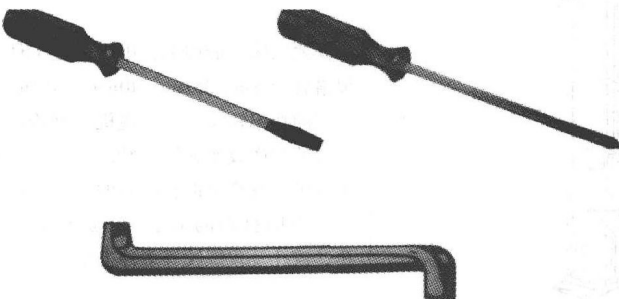
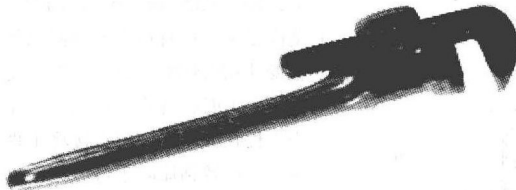
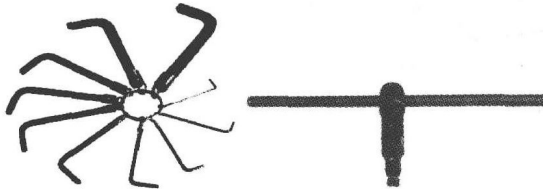
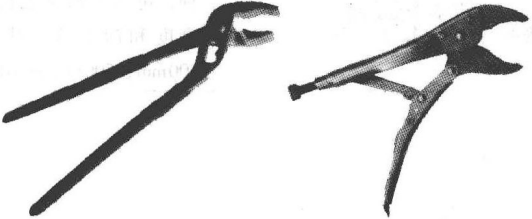
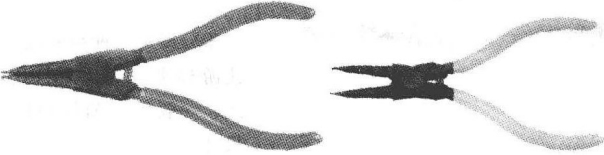
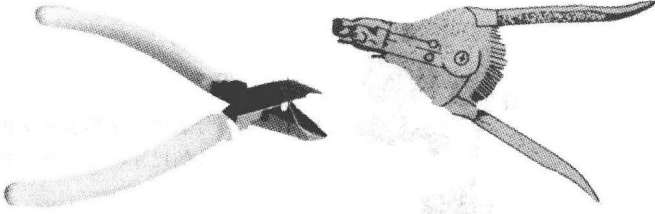
名称	图 例	功用与相关知识
立式 钻床	 1—工作台 2—主轴 3—进给变速箱 4—主轴变速箱 5—电动机 6—床身 7—底座	立式钻床一般用来钻中、小型工件上的孔，其规格有 25mm、35mm、40mm、50mm 等几种 它的功率较大，可实现机动进给，因此可获得较高的生产效率和加工精度。另外，它的主轴转速和机动进给量都有较大的变动范围，因此可适用于不同材料的加工，可进行钻孔、扩孔、铰孔、铰孔及攻螺纹等多种工作
摇臂 钻床	 1—主轴 2—立柱 3—主轴变速箱 4—摇臂 5—工作台 6—底座	摇臂钻床多用于大型工件及多孔工件的钻孔加工。它需通过移（转）动钻轴，使其对准工件上孔的中心来钻孔。主轴变速箱能沿摇臂左右移动，摇臂又能回转 360°，因此，摇臂钻床的工作范围很大。摇臂可由电动涨闸锁紧在立柱上，主轴变速箱可用电动锁紧装置固定在摇臂上。当工件不太大时，可将工件放在工作台上进行加工；当工件很大时，则可直接将工件放在底座上进行加工。摇臂钻床除了可以用于钻孔外，还能用于扩孔、铰平面、铰孔、铰孔、铰孔和攻螺纹等加工

表 1-3 钳工常用工具

名称	图 例	功用与相关知识
锤子		锤子是用来敲击的工具,有金属锤和非金属锤两种。常用金属锤有钢锤和铜锤两种;常用非金属锤有塑料锤、橡胶锤、木锤等。锤子的规格是用锤头的重量来表示的,如 0.5lb (1lb=0.45kg)、1lb
螺钉旋具		其主要作用是旋紧或松退螺钉。常见的螺钉旋具有一字槽螺钉旋具、十字槽螺钉旋具和内六角花形螺钉旋具三种
呆扳手		呆扳手主要用于旋紧或松退固定尺寸的螺栓或螺母。常见的呆扳手有单口扳手、梅花扳手、梅花开口扳手及开口扳手等。呆扳手的规格是以钳口开口的宽度标识的
活扳手		钳口的尺寸在一定的范围内可自由调整,用来旋紧或松退螺栓、螺母。活扳手的规格是以扳手全长尺寸标识的
管子钳		钳口有条状齿,常用于旋紧或松退圆管、磨损的螺母或螺栓。管子钳的规格是以扳手全长尺寸标识的
特殊扳手		为了某种目的而设计的扳手称为特殊扳手。常见的特殊扳手有六角扳手、T形夹头扳手、面板手及扭力扳手等

(续)

名称	图 例	功用与相关知识
夹持用手钳		夹持用手钳的主要作用为夹持材料或工件
夹持剪断用手钳		常用的夹持剪断用手钳有侧剪钳和尖嘴钳两种。夹持剪断用手钳除了可用来夹持材料或工件外,还可用来剪断小型物件,如钢丝、电线等
拆装扣环用卡环手钳		常用的有直轴用卡环手钳和套筒用卡环手钳两种。拆装扣环用卡环手钳的主要作用是装拆扣环,即可将扣环张开套入或移出环状凹槽
特殊手钳		常用的特殊手钳有剪切薄板、钢丝、电线的斜口钳,剥除电线外皮的剥皮钳,夹持扁物的扁嘴钳,夹持大型筒件的链管子钳等

1.2 钳工常用量具及其应用

1. 钳工常用量具的类型与功用

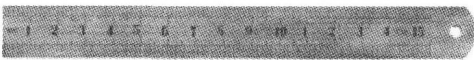
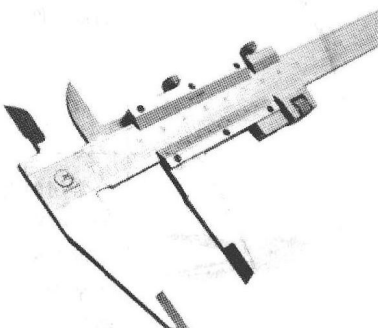
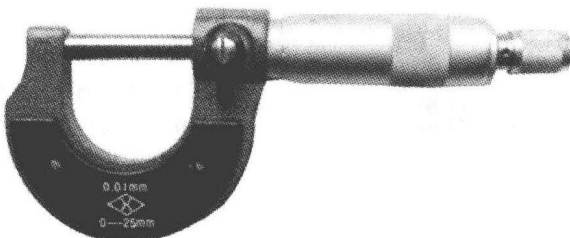
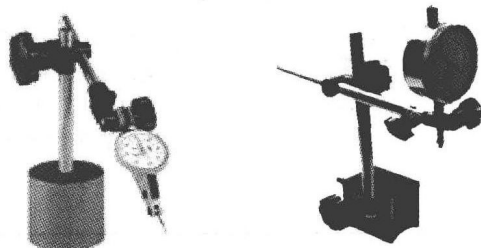
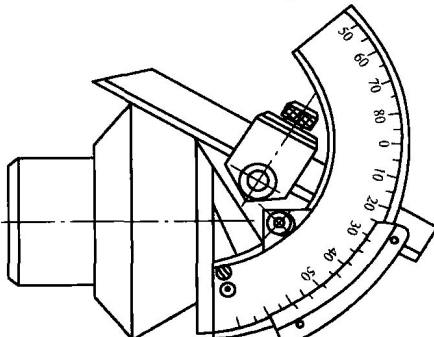
钳工基本操作中常用的量具有金属尺、刀口形直尺、内外卡钳、游标卡尺、千分尺、直角尺、量角器、塞尺、量块、百分表等。

钳工常用量具的名称、图例与功用见表 1-4。

2. 常用量具使用方法简介

(1) 游标卡尺的刻线原理和读数方法 游标卡尺属于游标类测量器具,它是一种常用的量具,具有结构简单、使用方便和测量尺寸范围大等特点,应用范围很广。

表 1-4 钳工常用量具

名称	图 例	功 用
金属直尺		金属直尺是常用量具中最简单的一种, 可用来测量工件的长度、宽度、高度和深度等。其规格有 150mm、300mm、500mm 和 1000mm 四种
游标卡尺		游标卡尺是一种中等精度的量具, 可以直接测量出工件的外径、孔径、长度、宽度、深度和孔距等尺寸
千分尺		千分尺是一种精密量具, 它的精度比游标卡尺高, 而且比较灵敏。因此, 一般用来测量精度要求较高的尺寸
百分表		百分表可用来检验机床的精度和测量工件的尺寸、形状及位置误差等
游标万能角度尺		游标万能角度尺是用来测量工件内外角度的量具。按游标尺的分度值可分为 2' 和 5' 两种, 其示值误差分别为 $\pm 2'$ 和 $\pm 5'$, 测量范围是 $0^\circ \sim 320^\circ$

(续)

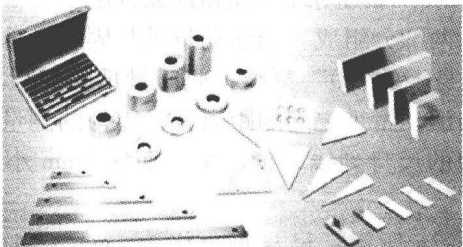
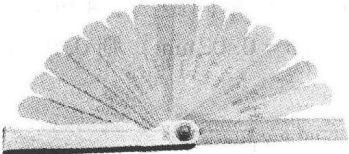
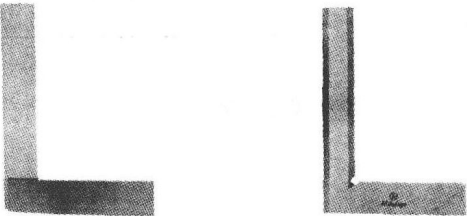
名称	图 例	功 用
量块		量块是机械制造业中长度尺寸的标准。量块可对量具和量仪进行校正检验,也可以用于精密划线和精密机床的调整,量块与有关附件并用时,可以用于测量某些精度要求高的尺寸
塞尺		塞尺是用来检验两个结合面之间间隙大小的片状量规
直角尺		常用的有刀口形角尺和宽座角尺等,可用来检验零部件的垂直度及用作划线的辅助工具
刀口形直尺		刀口形直尺主要用于检验工件的直线度和平面度误差

图 1-1 所示为一种常用的轻巧型游标卡尺,其测量范围为 $0 \sim 125\text{mm}$,制成了带有内、外测量爪和深度测量杆的形式。刀口内测量爪可测量孔径、孔距和槽宽等;外测量爪可测量外圆、外径和外形长度等;深度测量杆可用来测量孔和沟槽的深度。

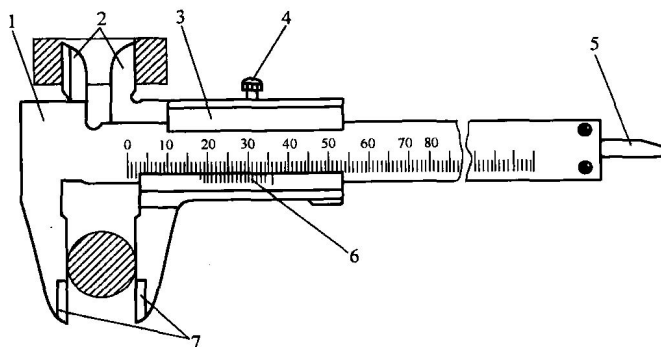


图 1-1 游标卡尺的结构形式

1—尺身 2—刀口内测量爪 3—尺框 4—紧固螺钉 5—深度测量杆 6—游标尺 7—外测量爪

游标卡尺的分度值（测量精度）是指尺身与游标每格宽度之差。按其分度值的不同，游标卡尺有 0.10mm、0.05mm、0.02mm 三种，目前机械加工中常用的是分度值为 0.02mm 的游标卡尺。下面就以此为例，简述游标卡尺的刻线原理和读数方法。

游标卡尺的读数机构由尺身和游标两部分组成。当活动量爪与固定量爪贴合时，游标上的“0”刻线（简称游标零线）对准尺身上的“0”刻线，此时量爪间的距离为“0”。当尺框向右移动到某一位置时，固定量爪与活动量爪之间的距离就是零件的测量尺寸。此时，零件尺寸的整数部分，可从游标零线左边的尺身刻线上读出来，而比 1mm 小的小数部分，则可借助游标读数机构来读出。

1) 游标卡尺的刻线原理。如图 1-2a 所示，尺身每小格为 1mm，当两爪合并时，游标上的 50 格刚好等于尺身上的 49mm，则游标每格间距为： $49\text{mm} \div 50 = 0.98\text{mm}$ 。尺身每格间距与游标每格间距相差： $1\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$ ，则 0.02mm 即为此游标卡尺分度值。

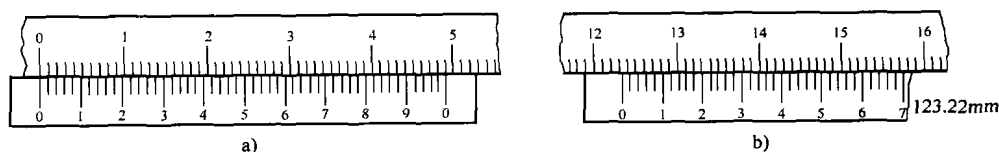


图 1-2 游标零位和读数举例

2) 游标卡尺的读数方法：

- ① 读出游标零线左侧尺身上的毫米数。
- ② 读出游标上与尺身对齐的刻线数。
- ③ 把尺身和游标上的两尺寸加起来，即为测量尺寸。

在图 1-2b 中，游标零线在 123mm 与 124mm 之间，游标上的第 11 格刻线与尺身刻线对准。所以，被测尺寸的整数部分为 123mm，小数部分为 $11 \times 0.02\text{mm} = 0.22\text{mm}$ ，则被测尺寸为 $123\text{mm} + 0.22\text{mm} = 123.22\text{mm}$ 。

3) 游标卡尺的测量范围和分度值。按所能测量的零件尺寸范围，游标卡尺可分为不同的规格。同一规格的游标卡尺只适用于测量一定的尺寸范围。游标卡尺的测量范围和分度值见表 1-5。

表 1-5 游标卡尺的测量范围和分度值

(单位: mm)

测量范围	分度值	测量范围	分度值
0 ~ 50	0.05, 0.10	300 ~ 800	0.05, 0.10
0 ~ 125	0.05, 0.10	400 ~ 1000	0.05, 0.10
0 ~ 200	0.05, 0.10	600 ~ 1500	0.10
0 ~ 300	0.02, 0.05, 0.10	800 ~ 2000	0.10

测量或检验零件尺寸时，应按照零件尺寸的精度要求，选用合适的量具。游标卡尺是一种中等精度的量具，不能用来测量和检验对精度要求高的零件，只能用于测量和检验中等精度的尺寸。游标卡尺不能用来测量毛坯件，否则容易受到损坏。游标卡尺的示值误差和适于测量的标准公差等级见表 1-6。

表 1-6 游标卡尺的示值误差和适于测量的标准公差等级 (单位: mm)

分度值	示值误差	适于测量的标准公差等级
0.02	± 0.02	IT12 ~ 16
0.05	± 0.05	IT13 ~ 16
0.10	± 0.10	IT14 ~ 16

(2) 千分尺的刻线原理和读数方法

1) 千分尺的种类与结构。千分尺是常用的精密量具之一, 按用途不同可分为外径千分尺 (图 1-3)、内径千分尺、深度千分尺、螺纹千分尺、尖头千分尺和公法线千分尺等, 如图 1-4 所示。千分尺的分度值为 0.01mm, 其规格按测量范围的不同有 0 ~ 25mm、25 ~ 50mm、50 ~ 75mm、75 ~ 100mm、100 ~ 125mm 等, 使用时根据被测工件的尺寸进行选用。

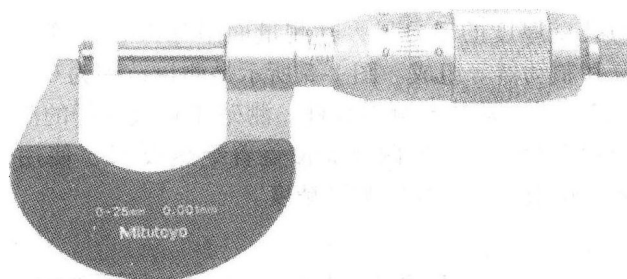


图 1-3 外径千分尺

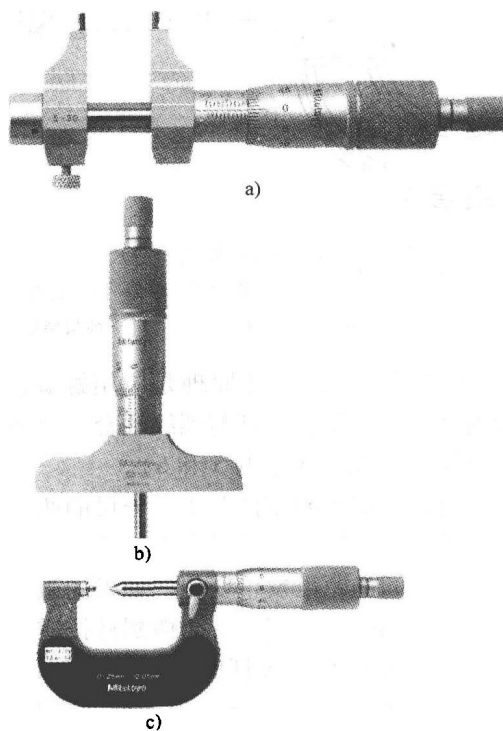


图 1-4 常见千分尺

a) 内径千分尺 b) 深度千分尺 c) 螺纹千分尺

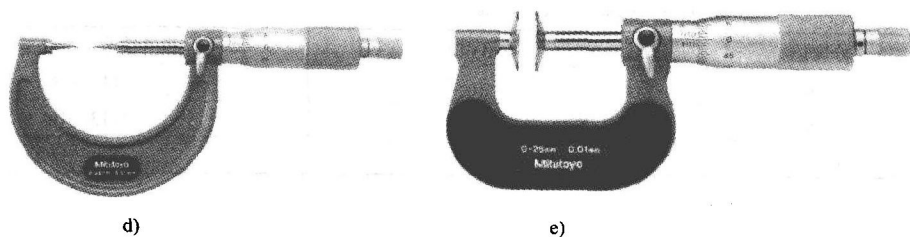
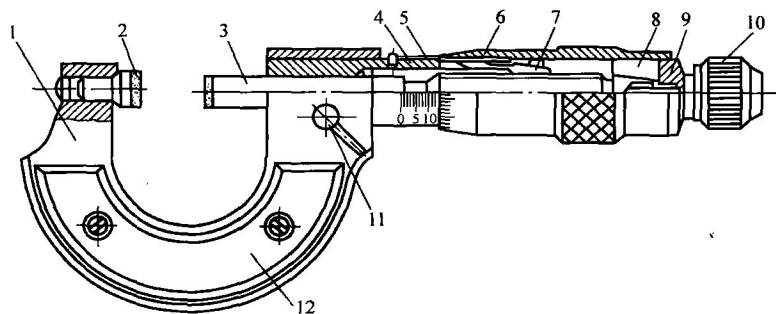


图 1-4 常见千分尺 (续)

d) 尖头千分尺 e) 公法线千分尺

各种千分尺的结构大同小异，常用的外径千分尺用于测量或检验零件的外径、凸肩厚度以及板厚或壁厚（测量孔壁厚度的千分尺，其测量面呈球弧形）等。千分尺由尺架、测微螺杆和测砧、测力装置和制动器等组成。图 1-5 所示是测量范围为 $0 \sim 25\text{mm}$ 的外径千分尺，尺架 1 的一端装着测砧 2，另一端装着测微螺杆。测砧和测微螺杆的测量面上都镶有硬质合金，以提高测量面的使用寿命。尺架的两侧面覆盖着绝热板 12，使用千分尺时，手应与绝热板接触，防止人体的热量影响千分尺的测量精度。

图 1-5 $0 \sim 25\text{mm}$ 外径千分尺

1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆 4—螺纹轴套 5—固定套管 6—微分筒
7—调节螺母 8—接头 9—垫片 10—测力装置 11—锁紧螺钉 12—绝热板

2) 千分尺的刻线原理。外径千分尺的工作原理是应用螺旋读数机构测量零件的尺寸。螺旋读数机构包括一对精密的螺纹——测微螺杆与螺纹轴套（见图 1-5 中的 3 和 4）和一对读数套管——固定套管与微分筒（见图 1-5 中的 5 和 6）。

用千分尺测量零件的尺寸时，应把被测零件置于千分尺的两个测量面之间，两测量面间的距离就是零件的测量尺寸。当测微螺杆在螺纹轴套中旋转时，由于螺旋线的作用，测微螺杆会有轴向移动，从而使两测量面间的距离发生变化。如果测微螺杆按顺时针的方向旋转一周，两测量面间的距离就缩小一个螺距；同理，若测微螺杆按逆时针方向旋转一周，两测量面的距离就增大一个螺距。常用千分尺测微螺杆的螺距为 0.5mm ，因此，当测微螺杆顺时针旋转一周时，两测量面间的距离就缩小 0.5mm 。当测微螺杆顺时针旋转不到一周时，缩小的距离就小于一个螺距，其具体数值可从与测微螺杆结成一体的微分筒的圆周刻度上读出。微分筒的圆周上刻有 50 个等分线，当微分筒转一周时，测微螺杆就推进或后退 0.5mm ，微分筒转过它本身圆周刻度的一小格时，两测量面距离的变化值为

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

由此可知：千分尺上的螺旋读数机构可以正确地读出 0.01mm 的精度，即千分尺的分度值为 0.01mm 。

3) 千分尺的读数方法：

① 读出微分筒边缘在固定套管上所显示的最大尺寸，这一尺寸即被测尺寸的毫米数和半毫米数。

② 读出活动套管上与固定套管上基准线对齐的圆周刻度数，即半毫米以下的数值。

③ 把两个读数相加即得到千分尺的实测尺寸，读法示例如图 1-6 所示。如图 1-6a 所示，在固定套管上读出的尺寸为 6mm ，在微分筒上读出的尺寸为 5 （格） $\times 0.01\text{mm} = 0.05\text{mm}$ ，将两数相加，即得被测零件的尺寸为 6.05mm ；如图 1-6b 所示，在固定套管上读出的尺寸为 35.5mm ，在微分筒上读出的尺寸为 12 （格） $\times 0.01\text{mm} = 0.12\text{mm}$ ，将两数相加，即得被测零件的尺寸为 35.62mm 。

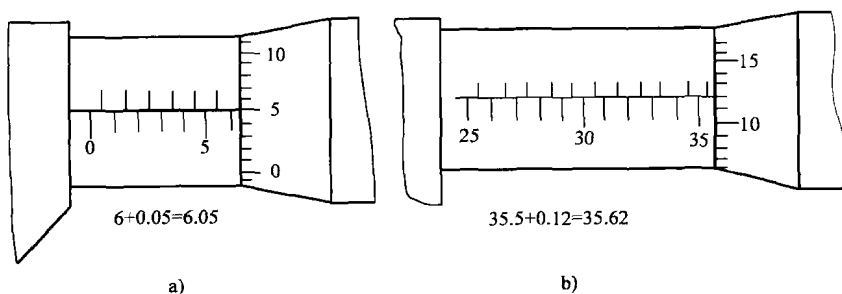


图 1-6 千分尺读数实例

(3) 游标万能角度尺的刻线原理和读数方法 游标万能角度尺是用来测量精密零件内外角度或进行角度划线的角度量具，包括游标量角器、游标万能角度尺等。

1) 游标万能角度尺的读数机构。如图 1-7 所示，游标万能角度尺的读数机构由刻有基本角度刻线的主尺 2，和固定在扇形板 3 上的游标尺 1 组成。扇形板可在主尺上回转移动，形成了和游标卡尺相似的游标读数机构。

2) 游标万能角度尺的分度值。游标万能角度尺主尺上的刻度线每格为 1° 。由于游标尺上刻有 30 格，所占的总角度为 29° ，因此，两者每格刻线的度数差为

$$1^\circ - \frac{29^\circ}{30} = \frac{1^\circ}{30} = 2'$$

即游标万能角度尺的分度值为 $2'$ 。

游标万能角度尺有四种组合方式，可以测量不同范围的角度。测量范围分别是 $0^\circ \sim 50^\circ$ 、 $50^\circ \sim 140^\circ$ 、 $140^\circ \sim 230^\circ$ 和 $230^\circ \sim 320^\circ$ ，如图 1-8 所示。

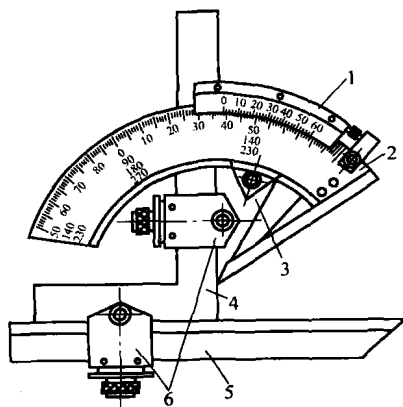


图 1-7 游标万能角度尺

1—游标尺 2—主尺 3—扇形板
4—直角尺 5—直尺 6—卡块