



教育部高职高专规划教材

金属加工实训

(化工工艺类专业适用)

● 李文贵 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

金属加工实训

(化工工艺类专业适用)

李文贵 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

金属加工实训/李文贵主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.5
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3648-5

I. 金… II. 李… III. 金属加工-工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 025982 号

教育部高职高专规划教材

金属加工实训

(化工工艺类专业适用)

李文贵 主编

责任编辑: 高 钰

责任校对: 顾淑云

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 9¼ 字数 230 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3648-5/G·989

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据高等职业教育化工工艺类教材编审委员会审定的化工生产技术、制药技术和高分子材料与加工等专业的指导性教学计划及金属加工实训课程基本要求而编写,由教材编审委员会组织编审并推荐的教材。

本书内容分为:金属加工的基本知识、钳工基本操作技术、电焊工基本操作技术、管工基本操作技术和机械加工基本操作技术。书中内容是以社会需求为目标,为石油化工业培养素质高、技术精,能直接上岗熟练操作,并能综合运用理论知识和技能,分析解决现场实际问题的高等技术应用型专门人才。同时,参照《中华人民共和国职业技能鉴定规范》,为学生参加职业技能等级考试奠定了基础。

本书可作为化工工艺类专业实训时间为2~4周(高中起点三年制,初中起点五年制)的综合性金属加工实训教材。也可以供化工机械、机电一体化、自动化控制、工业企业电气化和制冷与空调等专业学生使用。

根据高等职业教育的特点,本书充分体现了实际、实践、实用的原则,密切结合生产实际,以操作技能训练为主,注重基本功的培养。强调基本操作技能训练的适用性、规范性和实用性。文字叙述简明扼要、通俗易懂,并配有大量的插图,形象直观。严格贯彻最新国家标准和法定计量单位。在内容组织上,符合金属加工实训课程基本要求,吸取模块式教学的特点,分设不同的培训课题,并设置了综合训练内容,既方便实训教师讲课,又便于学生自学。

本书由辽宁石化职业技术学院李文贵主编。李文贵编写第一章、第二章,邹茜茜编写第三章,朱桂华编写第四章、第五章。全书由李文贵负责统稿。

全书由淮南工学院职业技术学院于宗保主审。

在编写过程中,从教材的整体结构安排到许多技术性问题的处理,都得到了胡建生老师的帮助,同时得到辽宁石化职业技术学院、南京化工职业技术学院、常州化工学校的大力支持,保证了编写工作顺利完成,在此一并表示感谢。

由于水平有限,编写时间紧迫,本书难免有不少欠妥之处,恳求读者批评指正。

编 者

2002年3月

目 录

第一章 金属加工的基本知识	1
第一节 金属材料与热处理的一般知识	1
第二节 量具	4
第三节 加工工件的质量	12
第四节 安全文明生产	14
复习思考题	15
第二章 钳工基本操作技术	16
第一节 常用设备	16
第二节 划线	19
第三节 錾削	22
第四节 锯削	26
第五节 锉削	30
第六节 钻孔、铰孔和铰孔	36
第七节 攻螺纹和套螺纹	44
第八节 刮削	48
第九节 研磨	51
第十节 装配和修理	53
复习思考题	55
综合训练	56
第三章 电焊工基本操作技术	60
第一节 概述	60
第二节 手工电弧焊机与焊条	63
第三节 手工电弧焊的操作技术	66
第四节 切割	80
第五节 氩弧焊	84
第六节 自动埋弧焊	85
第七节 焊接质量及检验	86
复习思考题	89
综合训练	89
第四章 管工基本操作技术	92
第一节 化工管路的标准化	92
第二节 常用的管材、管件和辅助材料	93
第三节 管道及其附件的加工	100
第四节 管道安装	111
第五节 化工管道的保温和涂色	120

复习思考题.....	123
第五章 机械加工基本操作技术	124
第一节 车削加工.....	124
第二节 刨削、铣削和磨削.....	136
复习思考题.....	142
参考书目	144

第一章

金属加工的基本知识

实训要求 了解常用金属材料的种类、牌号及性能；如何改善钢的组织结构和性能；了解常用量具的结构，熟悉其工作原理；了解加工工件的质量要求，熟悉精度等级、形位公差等符号标记、代号的读法；了解金属加工安全、文明生产的相关要求。

第一节 金属材料与热处理的一般知识

金属材料是应用最广泛的工程材料，它包括纯金属及其合金。金属材料的结合主要为金属键，内部的原子呈规则排列，成为金属晶体。改变金属材料的内部组织结构与性能，需要对金属材料进行热处理。

一、金属材料的种类、牌号及性能

(一) 种类

工业上把金属材料分为两类：一类是黑色金属，它是指铁、锰、铬及其合金，其中以铁为基的合金（钢和铸铁）材料应用最广，占整个结构和工具材料的80%以上；第二类是有色金属，这是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。有色金属种类很多，按照它们的特性不同，又可分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属和放射性金属等多种，如铜、铝等。常用金属材料种类见表1-1。

表 1-1 常用金属材料

铁 金 属 材 料	铸铁	普通灰铸铁、孕育铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁 蠕墨铸铁 特殊性能铸铁等	
	钢	按化学成分分	碳素钢、合金钢
		按制造方法分	铸钢、锻钢、热轧钢、冷轧钢、冷拔钢等
		按品质分	普通钢、优质钢、高级优质钢
		按用途分	结构钢、工具钢、特殊钢、专业用钢等
非铁 材料	按使用方法和用途分	①有色加工产品（即变形合金）包括管、线、板、型、条等纯金属及合金加工产品两部分；②铸造非铁合金；③轴承合金；④硬质合金；⑤印刷合金；⑥特殊合金等	

(二) 牌号

工程上常见的金属材料牌号，用1~2个汉语拼音字母表示名称、用途、特性、工艺等，用阿拉伯数字表示材料性能或成分含量，用化学元素符号表示合金主要成分。现举例说明

如下。

Q235-A·F Q表示屈服的“屈”字，235表示屈服点为235 MPa，A表示质量等级为A级，F表示沸腾钢的碳素结构钢。

45 表示平均含碳量为万分之四十五，即0.45%的优质碳素结构钢。

1Cr18Ni9Ti 表示含碳量小于等于0.12%，平均铬（Cr）含量为18%，平均镍（Ni）含量为9%，钛（Ti）含量小于1%的合金结构钢。

H96 H表示黄铜的“黄”字，96表示平均铜含量为96%。

ZAlSi7MgA Z表示铸造的“铸”，Al表示基体铝，硅（Si）平均含量为7%，含微量元素（Mg），A为优质的铸造铝合金。

GCr15 G表示滚动轴承，Cr表示含铬，15表示含铬量的15‰，即为含铬量是1.5%的滚动轴承钢。

（三）性能

金属材料的性能主要有物理性能、化学性能和工艺性能。根据工程上对金属材料的性能要求不同，可将性能分为使用性能和工艺性能。

使用性能包括力学性能（如强度、硬度、弹性、塑性、韧性等）、物理性能（如密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等）和化学性能（如抗氧化性、抗腐蚀性等）。

工艺性能包括铸造性能、锻造性能、切削性能、焊接性能及热处理性能等。其中对机械加工影响最大的是力学性能、切削性能及热膨胀性能。

1. 力学性能

（1）强度 金属在外力作用下抵抗变形和破坏的能力称为金属的强度，材料强度越高越难切削加工，它是主要力学指标，常用符号 σ 表示，单位为MPa。常用表达式为

$$\text{屈服强度 } \sigma_s = P_s / F_0 \text{ (MPa)}$$

$$\text{抗拉强度 } \sigma_b = P_b / F_0 \text{ (MPa)}$$

式中 P_s ——材料受拉时，在该载荷下能发生明显塑性变形时的力，N；

P_b ——材料在该载荷下，不至于破坏时的最大力，N；

F_0 ——拉伸前试样的横截面积， mm^2 。

（2）硬度 金属表面抵抗硬物压入的能力称为硬度。硬度值愈大，表明材料的硬度愈高。常用淬火钢球、硬质合金、金刚石锥等压入金属材料表面，然后测定其压痕大小来衡量硬度值大小。常用的硬度有布氏硬度（HB）和洛氏硬度（HRC）。

（3）弹性 金属在受到外力作用时发生变形，外力取消后其变形逐渐消失的性质称为弹性。

（4）塑性 金属材料在受外力作用时产生显著变形但不断裂的性能，即所谓柔软程度。一般纯金属的塑性比其合金材料塑性好。塑性的数值用伸长率及断面收缩率表示，其表达式为

$$\text{断后伸长率 } \delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

$$\text{断面收缩率 } \psi = (F_0 - F_1) / F_0 \times 100\%$$

式中 L_0 ——拉伸前试样的标距长度，mm；

F_0 ——拉伸前试样的原始横截面积， mm^2 ；

L_1 ——试样断裂后的标距长度，mm；

F_1 ——试样断裂后的缩颈处最小横截面面积, mm^2 。

塑性差的材料脆性高。各种金属的强度、硬度、塑性值都可以在材料性能表中查到, 选用时可直接查表, 不必计算。

2. 热膨胀性

金属材料在受热时体积膨胀、冷却时体积收缩的性能称为热膨胀性。它是金属材料的主要物理性能, 这一性能对切削加工精度影响较大。常用线膨胀系数 α_L 或体积膨胀系数 α_v 表示, 其表达式为

$$\alpha_L = (L_t - L_0) / L_0 T (\text{K}^{-1})$$

式中 L_0 ——试样膨胀前的原始长度, mm ;

L_t ——试样膨胀后的长度, mm ;

T ——升高的热力学温度。

一般 $\alpha_v \approx \alpha_L$ 。

3. 切削加工性能

切削加工性能是指金属材料切削加工时的难易程度。它与材料种类、成分、硬度、韧性、导热性及内部组织状态等许多因素有关。有利切削的硬度为 HB160~HB230。切削加工性能好的材料切削容易, 刀具磨损小, 加工表面光洁。

二、热处理知识

1. 热处理一般概念

金属材料是由许多杂乱无章的小晶体组成。小晶体的晶胞有体心立方、面心立方、密排六方三种晶格。控制温度的变化能使三种晶格互相转变, 这种转变称为同素异构转变并能对金属的性能有较大的影响。

钢铁材料主要是由铁 (Fe) 元素与碳 (C) 元素组成的铁碳合金, 在合金中, Fe、C 原子以机械混合物 (如沙子和米)、化合物 (即按严格比例化合成另一种性能的物质如 FeC)、固溶体三种状态存在。固溶体是固态下 C 原子溶进了铁原子晶格或把 Fe 原子置换出来。控制温度就能控制 C 原子的溶进数量和位置, 从而改变金属材料的组织与性能。

控制金属材料的加热温度和冷却速度还能改变金属的晶粒和碳 (石墨) 元素的形态、大小与分布, 从而改变金属的组织结构与性能。一般晶粒愈细、分布愈均匀, 材料性能愈好, 反之性能差。一般材料中碳元素呈球状比片状强度高。

基于以上三种原因, 工程上常用控制金属加热温度或冷却速度的方法改变金属材料的组织和性能, 以达到所需要的使用目的, 这就是金属热处理的原理和目的。

2. 钢的常用热处理方法

钢的热处理方法很多, 但常见的有以下几种。

退火 把钢件加热到一定温度, 保温一段时间, 然后随炉缓慢冷却, 从而得到接近平衡组织的一种热处理方法。退火的目的是消除锻件、铸件、焊接件的内应力, 降低硬度, 提高塑性, 改善切削性能, 防止变形等。根据材质、目的及要求不同, 常用的退火方法有扩散退火、球化退火、完全退火、等温退火、去应力退火、再结晶退火等。

正火 把钢件加热到 A_{c3} 或 A_{cm} 以上 $40 \sim 60^\circ\text{C}$ 或更高温度, 达到全奥氏体化后, 从炉中取出置于空气中冷却, 冷却速度比退火快。主要目的使金属晶粒细化, 改善材料的力学

性能。

淬火 把钢件加热到奥氏体状态，保温一段时间，然后置于水、油等介质中快速冷却以获得更硬的马氏体组织，提高钢的强度、硬度、耐磨性等。

回火 分为低温回火（150～250℃）、中温回火（300～500℃）、高温回火（500～600℃），一般均在空气中冷却，个别采用油冷。工件淬火后必须回火，以消除应力，稳定组织，调整性能，便于磨削加工。

A_{c3} 、 A_{cm} 分别是亚共析钢和过共析钢上临界点温度。

钢、铸铁和非铁合金均能通过热处理方法来改变组织和性能，只不过各种工艺方法、条件、要求、目的和效果不同而已。

第二节 量 具

量具是用来检验零件的尺寸和形状是否符合图样技术要求的一种工具。因此，在金属加工实训教学中，学生应首先学会正确使用各种量具，并且还要重视它的维护保养。

一、使用量具前的必要准备工作

① 合理地选用量具，应根据零件的备测尺寸大小、精度，选择相应规格和精度等级的量具。

② 所选用的量具，应具有计量单位检验合格并签发合格证，在规定期限内有效使用，不准使用无合格证或超规定期限的量具。

③ 量具使用前必须用干净的纱布揩干净，检查测量面有无损伤。根据被测尺寸的要求和需要，对量具可用量棒进行复验，校对零位；对量具的测量面或测量基面应符合规定。所选用的量具符合上述要求后，才能对工件进行测量。

二、常用量具的使用和读数方法

（一）钢直尺

钢直尺（图 1-1）的规格有 150 mm、300 mm、500 mm、1 000 mm 四种，它的读数为 1 mm，用来测量零件的长度、间距和直径等尺寸。在划线时，可用来截取尺寸，也可代替直尺作划直线的导向工具。钢直尺的使用及读数方法如图 1-2 所示。

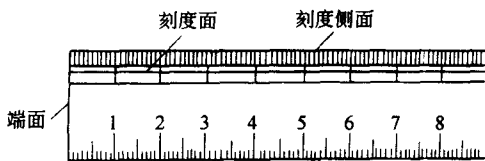


图 1-1 钢直尺

1. 使用方法

测量长度时，将尺面平放在工件表面上，并与两被测量面垂直（最短距离）；测高度时，将尺垂直置于平板或平面上；测圆柱体长度时，要与工件的轴心线平行；测圆柱体内外直径时，应通过圆心（最长距离）。

2. 读数方法

读数应从刻线的正面正视读得。

（二）游标卡尺

游标卡尺分为Ⅰ型（三用）游标卡尺 [图 1-3 (a)]、Ⅱ型（两用）游标卡尺 [图 1-3 (b)] 和Ⅲ型（双面、单面）游标卡尺 [图 1-3 (c)]，其读数值有 0.1 mm、0.05 mm、

0.02 mm 三种。它用来较精确测量工件的内、外表面尺寸。I 型游标卡尺还可测量工件的深度、台肩以及高度尺寸。

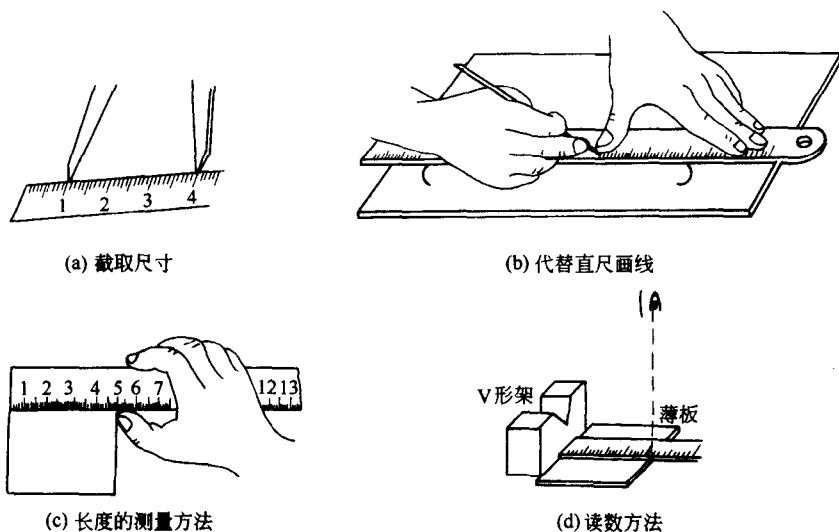


图 1-2 钢直尺的使用及读数方法

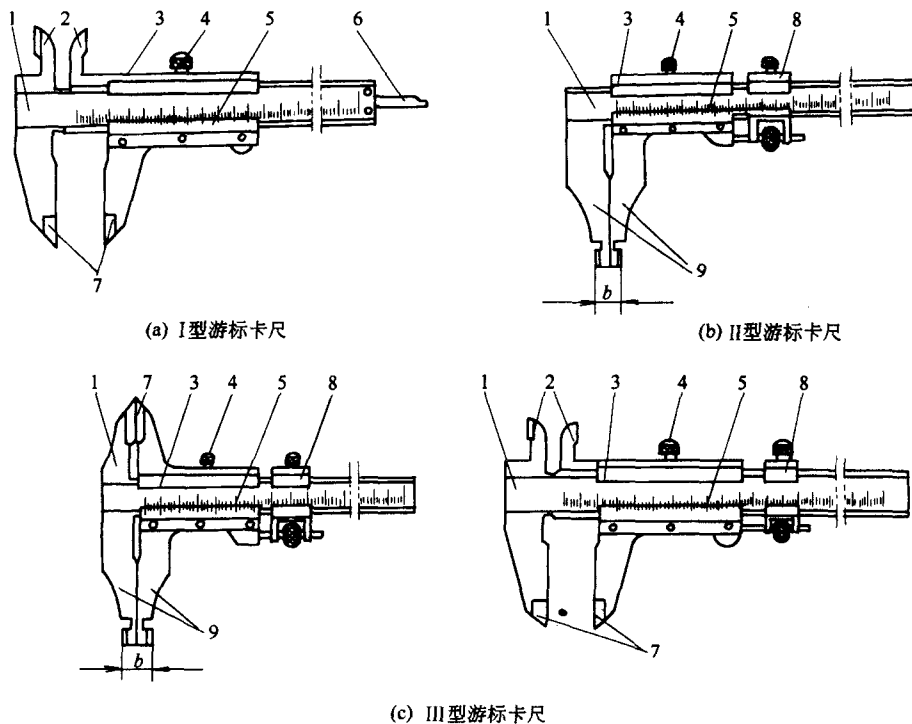


图 1-3 游标卡尺

1—尺身；2—刀口内外测量爪；3—尺框；4—紧固螺钉；
5—游标；6—深度尺；7—外测量爪；8—微动装置；9—内外测量爪

1. 使用方法 (图 1-4)

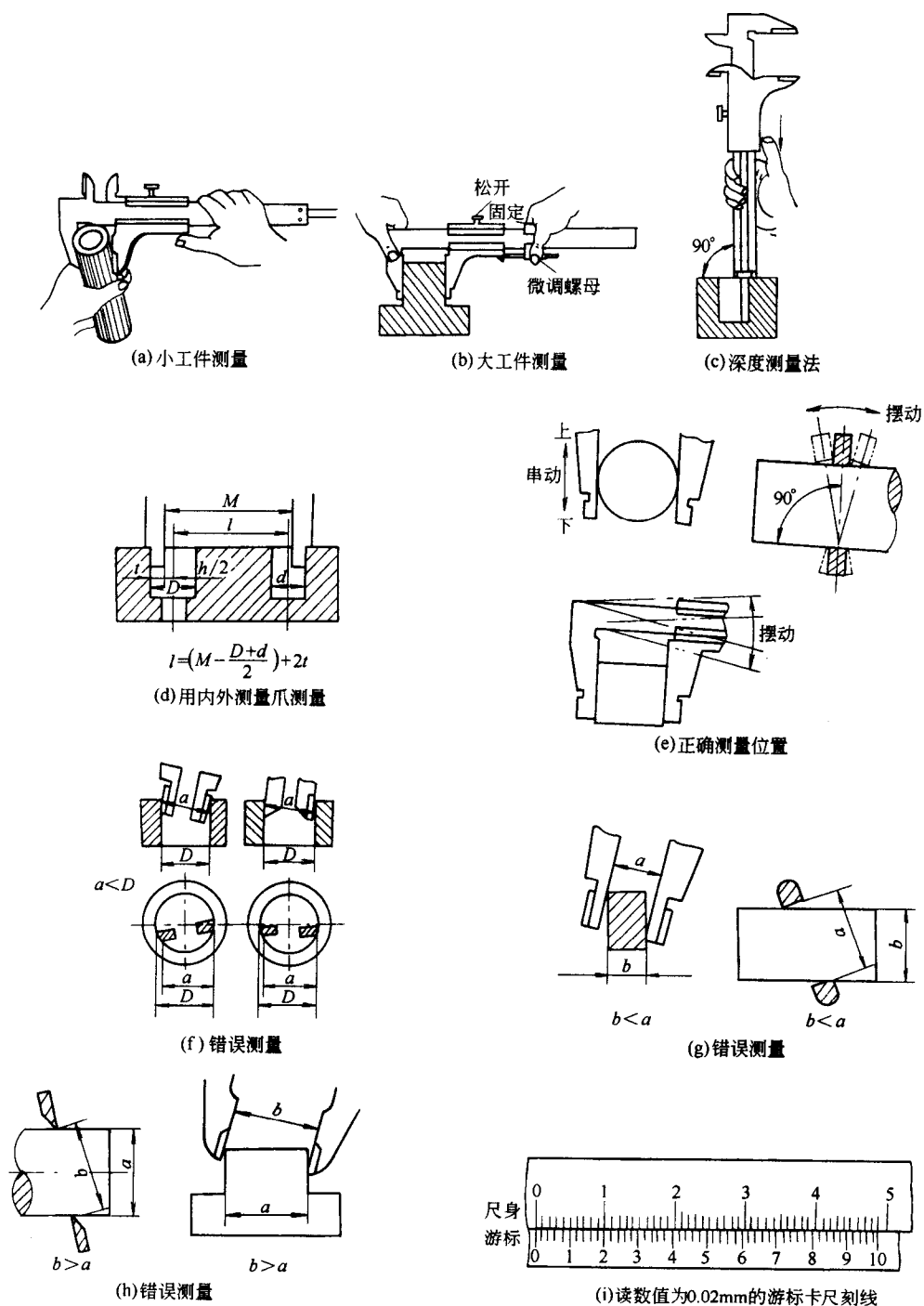


图 1-4 游标卡尺的使用

使用游标卡尺前，检验将两卡尺量爪靠紧，贴合面应无光隙，尺身与游标应对准零位线。测量小工件时，用左手拿工件，右手拿卡尺；测大工件时，用左手拿尺身量爪，使其与被测面紧靠，右手拿微调装置，并使游标量爪靠近另一被测面，拧紧微动装置上的紧固螺

钉，调节微调螺母使两量爪与两被测面接触，接触的松紧程度要适中。

测量孔、槽深度时，用右手大拇指揪住游标操作点，其余四指捏住尺身，将尺身尾端面靠紧被测件的起始面，用大拇指按下游标，使深度尺端头垂直于工件深底接触。

用Ⅲ型卡尺测内尺寸时，从卡尺中所得读数应加上两量爪的厚度，即为其实际测量尺寸。

量爪与工件的正确测量位置和确定方法是关键。测外尺寸时，需将两量爪上下串动，通过摆动尺身，以确定量爪的最小开度，测内尺寸时，固定量爪靠紧被测面不动，用上下左右摆动尺身，并微调游标量爪以确定两量爪的最大开度。

2. 读数方法 (图 1-5)

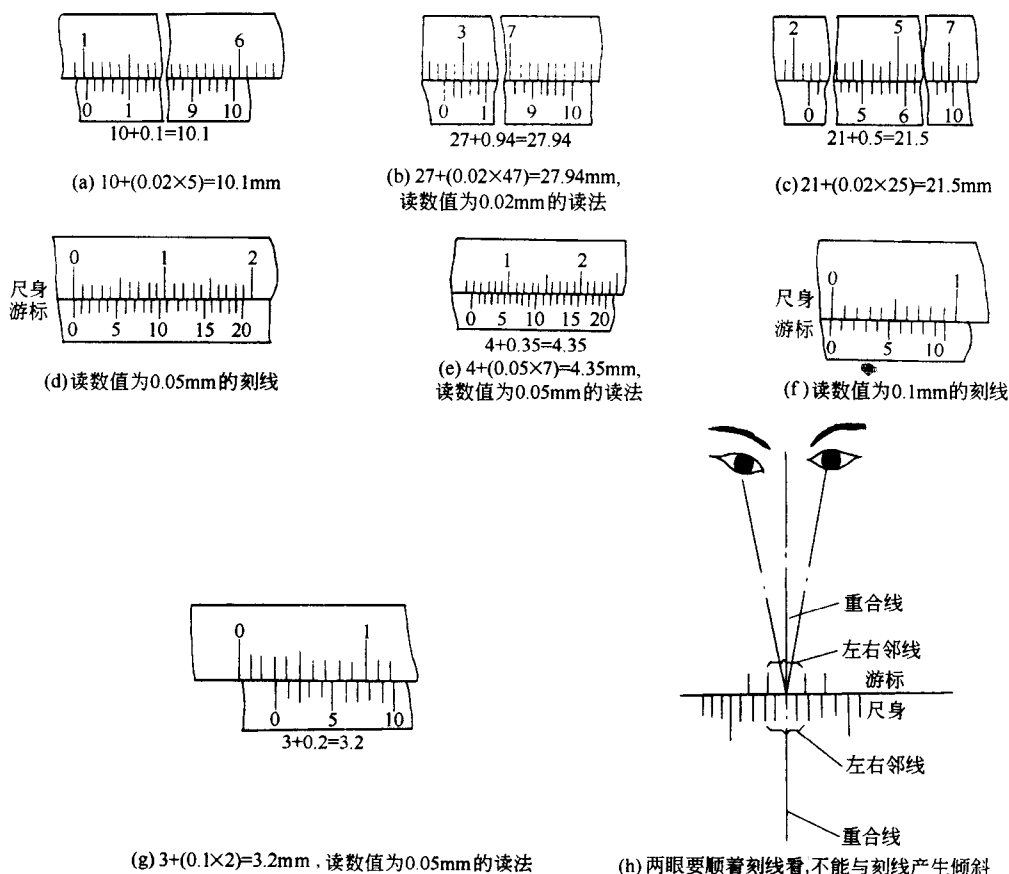


图 1-5 游标卡尺的读数方法

以读数值为 0.02 mm 游标卡尺为例，说明游标卡尺的读数方法。尺身上刻度值每格为 1 mm，游标上刻有读数值 0.02 mm，即游标上每格读数为 0.02 mm（游标上直接用数字刻出）。

先读尺身上靠近右边游标零线的整数，然后找出尺身刻线与游标刻线相对准（或者靠近）的游标线至零线的格数乘以 0.02 即为小数值（从游标上的刻数值直接读出），将整数与小数值相加即为实测尺寸。

读数时，可直接在测量时读出，也可将游标用紧固螺钉固定，从工件中取出卡尺后读数。看读数时，两眼要顺着刻线看，不能与刻线产生倾斜。

(三) 千分尺

千分尺主要用来精确测量圆柱体外径和工件外表面长度。其分度值为 0.01 mm，大规

格千分尺配有一组不同长度的可换测砧，如图 1-6 所示。

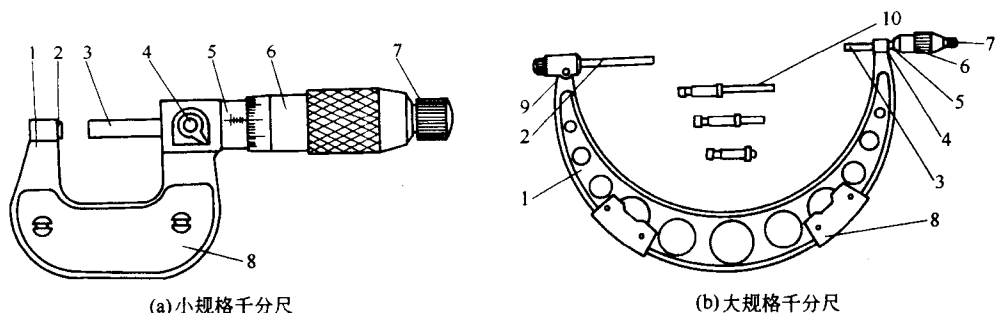


图 1-6 千分尺

1—尺身；2—测砧；3—测微丝杆；4—锁紧装置；5—固定套管；
6—微分筒；7—测力装置；8—隔热装置；9—测砧固定螺钉；10—可换测砧

1. 使用方法 (图 1-7)

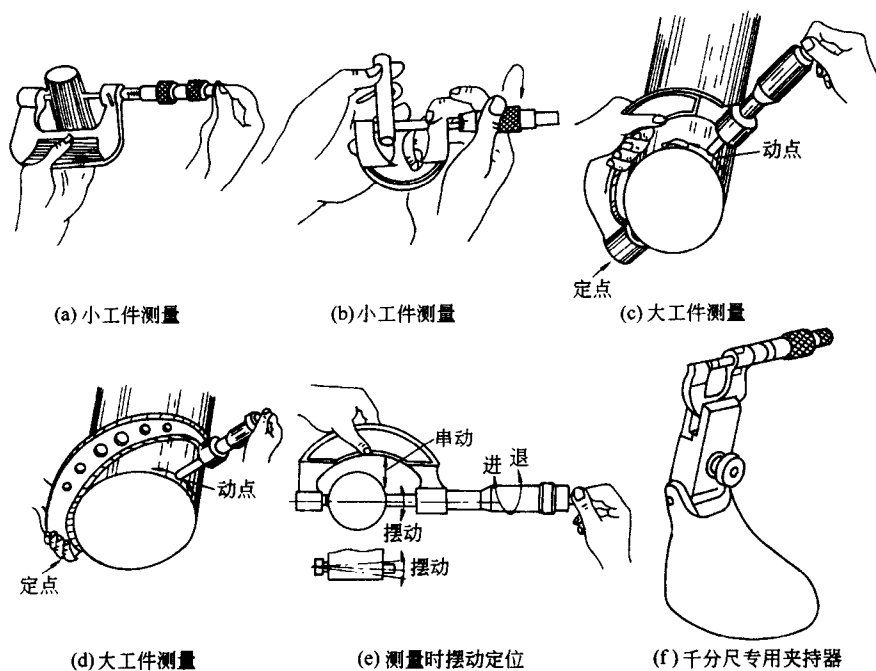


图 1-7 千分尺的使用方法

使用前按需复验零位。测量时，左手握住千分尺的隔热装置，将测砧贴住被测工件一面，用右手大拇指和食指轻轻旋转棘轮手柄，当测微螺杆接触另一被测面时，会发生咔咔声，此时应将测微螺杆前后、左右移动，以确定测砧的正确位置。即表示已经到位，停止棘轮旋转，用大拇指扳紧锁紧手柄，然后读数。

对小工件可直接捏在手上操作，大批量的可将千分尺夹在专用夹持器上进行，对大工件可直接将工件放在垫板上进行。

2. 读数方法 (图 1-8)

固定套管纵线上、下面刻线值每格 1 mm，但相互错开 0.5 mm，因此可读得毫米整数和半毫米数。微分筒圆周上分 50 格，刻度值每格为 0.01 mm。与套管纵线所对准的刻线即

为小数部分值，如纵线对准在两格之间，可近似估计到 μm （微米）值。将套管读数与微分筒读数相加就是工件的测量尺寸。

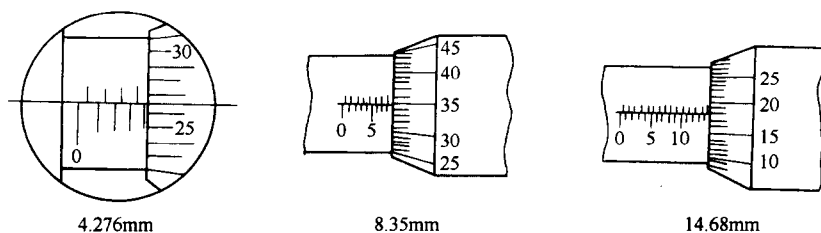


图 1-8 千分尺的读数

（四）百分表和千分表

百分表和千分表（图 1-9）用来精确测量零件圆度、圆跳动、平面度和直线度等形位误差。其分度值百分表为 0.01 mm ；千分表为 0.001 mm ，测量时均需配有专用表夹和表座。百分表、千分表的使用和读数方法如图 1-10 所示。

1. 使用方法

使用前将量表装夹在合适的表夹和表座上，用手指向上轻抬测头，然后让它自由落下，重复几次，长指针不应产生位移。测平面时，测杆要和被测量面垂直；测圆柱体时，测杆中心必须通过零件的中心。测量时先将测杆轻提起，把表架或零件移到测量位置后，缓慢放下测杆，使与被测量面接触，不可强制将测量头推上被测量面，然后转动刻度盘使其零件对正长指针，此时要多次重复提起和放下测杆，观察长指针是否都在零位上，在不产生位移情况下，才能进行读数。

2. 读数方法

百分表 长指针每转一格为 0.01 mm ，转数指针每转动一格为 1 mm 。

千分表 长指针每转一格为 0.001 mm ，转数指针每转动一格为 1 mm 。

（五）角度尺

角度尺（图 1-11）用来测量工件的内外角度，分为普通角度尺和万能角度尺两种。普通角度尺分度值为 $5'$ ；万能角度尺分度值为 $2'$ 和 $5'$ 。测量范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。普通角度尺使用法较简单，其使用和读法与万能角度尺相似。

1. 使用方法（图 1-12）

使用前，将各附件按外形图装好，用卡块固定直尺或角尺（根据测量需要），转动扇形板后面的手把，使主尺游标对准零位，拧紧制动器上的螺母使两者固定，然后稍松角尺上的卡块固定螺钉，向上轻推角尺，使直尺测量面与基尺测量面紧贴，应无缝隙。

使用万能角度尺时，首先把制动器上的螺母拧松，转动扇形板后面的手把，使主尺和游标相对移动，直到角度尺两个测量面与工作的被测角度面接触、贴合，即可从尺座和游标的

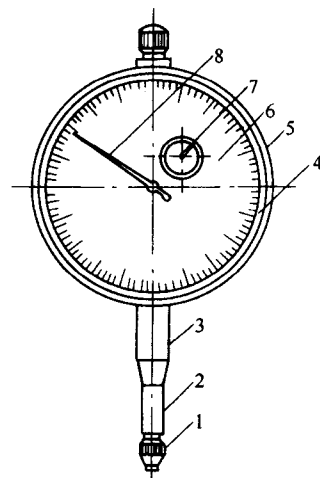
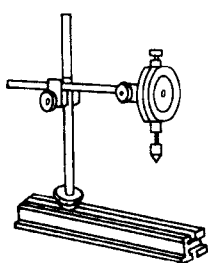


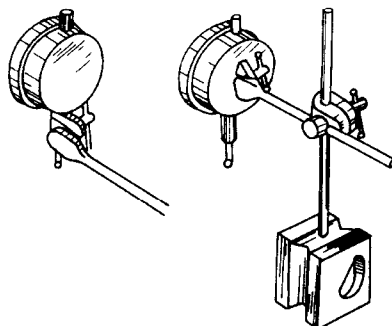
图 1-9 百分表和千分表

1—测头；2—测杆；3—装夹套；
4—表座；5—表体；6—刻度盘；
7—转数指针；8—长指针

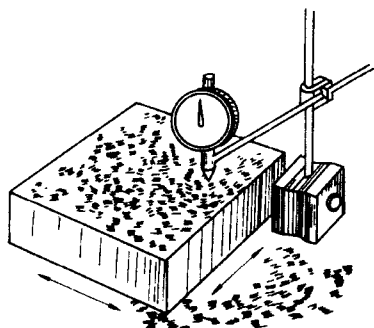
刻度线位置读出被测角度。若被测角度大于 90° ，则可借用直尺和角尺附件，用变换不同安放位置来进行测量。



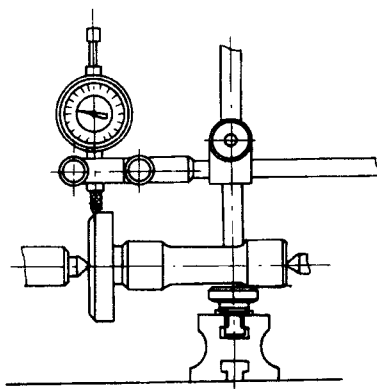
(a) 轨道式表座



(b) 磁性表座量表的装夹

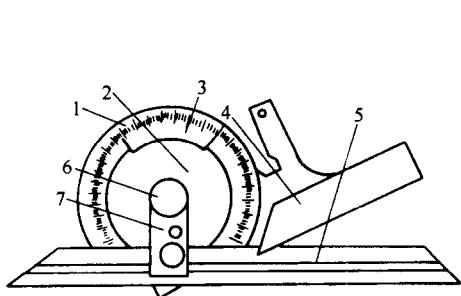


(c) 测平面度



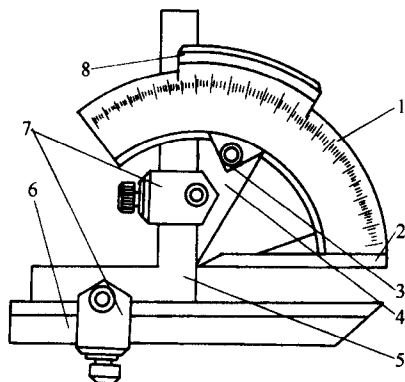
(d) 测圆度和圆跳动

图 1-10 百分表、千分表的使用方法



(a) 普通角度尺

1—刻角盘；2—转盘；3—游标；4—底座；
5—直尺；6—挡板；7—调整螺钉



(b) 万能角度尺

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

图 1-11 角度尺

2. 读数方法 (图 1-13)

与游标卡尺读数方法相似，游标分 30 格，每格分度值为 $2'$ 。主尺每格为 1° ，先读主尺上靠近右边游标零线的整度值，然后找出主尺刻线与游标刻线相对准（或最靠近）的游标刻