

普通高等院校工程训练系列规划教材

金属工艺学 实习教程

王国华 胡旭兵 主编

普通高等院校工程训练系列规划教材

金属工艺学 实习教程



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共分13章,每章均选取生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,以实际应用为主线,将抽象零散的内容连接起来,形象地阐述每一章节的内容及作用。根据金属工艺学实习教学的需要,本书附有金属工艺学实习报告。

本书的编写体系和内容以培养学生的综合能力为目标,可作为本科院校,特别是应用型本科院校金工实习的实习教材,也可作为高职院校的实习教学参考读物。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学实习教程/王国华,胡旭兵主编.--北京:清华大学出版社,2016

普通高等院校工程训练系列规划教材

ISBN 978-7-302-42929-6

I. ①金… II. ①王… ②胡… III. ①金属加工—工艺—实习—高等学校—教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第030882号

责任编辑:赵 斌

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.25

字 数:369千字

版 次:2016年3月第1版

印 次:2016年3月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.00元

产品编号:068977-01



改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的“普通高等院校工程训练系列规划教材”,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要环节,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划与编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室,其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能更好地掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近 10 年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰厚的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成型、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和工程技术人员的创造性劳动,转化和衍生出我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发挥其应

有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融会实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格遵循国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



金属工艺学实习是工科类学生获得机械制造基本知识的必修课。通过学习和操作技能的训练,学生可获得机械加工的基本知识,并具备相应的动手能力,为后续课程的学习打下良好的基础。学生在金工实习的过程中,通过独立的实践操作,将有关金属工艺学的基本理论、基本知识、基本方法与实践有机地结合起来。因此,金工实习可以有目的地提高学生的创新意识,为培养学生的综合能力打下理论与实践基础。

根据金工实习的教学要求,考虑到学校各专业的特点及教学大纲的变化,本教材在编写过程中注重把握金工实习与工程材料和机械制造基础这两门课程的分工与配合。全书共分 14 章。每个章节均选取了生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,以实际应用为主线,把抽象零散的教材内容连接起来,形象地阐述每一章节的内容及作用。

本教材在材料牌号、技术条件、技术术语等方面均采用最新国家标准和法定计量单位,编写中注重程序化,即教师教课与学生学习按规范化的程序进行,教师讲一点,学生练一点,如此反复进行。这种程序化的教与学的结合,既有助于教师教学,又有助于学生学习。

限于编者的水平,书中欠妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月



1 金工实习基本知识	1
1.1 金工实习简介	1
1.1.1 金工实习的目的和要求	1
1.1.2 实习安全技术	2
1.2 常用量具	3
1.2.1 常用量具及其使用方法	3
1.2.2 量具维护与保养	8
2 金属材料及热处理	10
2.1 金属材料的性能	10
2.1.1 工艺性能与使用性能	10
2.1.2 金属材料的机械性能	10
2.1.3 常用金属材料	11
2.2 钢的热处理	14
2.2.1 钢的热处理工艺	14
2.2.2 钢的退火和正火	14
2.2.3 钢的淬火和回火	15
2.2.4 表面热处理	16
2.2.5 热处理常用设备	18
2.2.6 热处理常见缺陷	19
3 铸造	20
3.1 铸造概述	20
3.2 造型与制芯	21
3.2.1 铸型的组成	21
3.2.2 型(芯)砂的组成	22
3.2.3 型(芯)砂的性能	23
3.2.4 型(芯)砂的制备	23
3.2.5 模样、芯盒与砂箱	23
3.2.6 手工造型	25
3.2.7 制芯	27
3.2.8 浇注系统	29

3.2.9	冒口	29
3.3	熔炼与浇注	30
3.3.1	铸铁	30
3.3.2	铸铁熔炼	31
3.3.3	浇注工艺	33
3.4	特种铸造	34
3.4.1	熔模铸造	34
3.4.2	压力铸造	35
3.4.3	金属型铸造	35
3.4.4	离心铸造	36
3.4.5	低压铸造	36
3.5	铸件的落砂、清理及缺陷分析	37
4	焊接	39
4.1	焊接概述	39
4.1.1	焊接定义	39
4.1.2	焊接方法分类及发展现状	39
4.2	电弧焊	40
4.2.1	焊接电弧	41
4.2.2	焊条电弧焊	41
4.2.3	其他常用电弧焊方法	45
4.2.4	焊接设备	48
4.3	其他焊接方法	51
4.3.1	气焊	51
4.3.2	电阻焊	52
4.3.3	电渣焊	53
4.3.4	螺柱焊	54
4.3.5	摩擦焊	54
4.3.6	激光焊	55
4.3.7	高频焊	56
4.3.8	扩散焊	56
4.3.9	钎焊	57
4.4	焊接检验	57
4.4.1	常见焊接缺陷	57
4.4.2	焊接质量检验	59
5	锻压	61
5.1	锻压概述	61
5.2	金属的加热与锻件的冷却	62
5.2.1	下料	62

5.2.2	坯料加热	62
5.2.3	锻件冷却	65
5.2.4	锻后热处理	65
5.3	自由锻造	66
5.3.1	自由锻的主要设备	66
5.3.2	自由锻的基本工序及其操作	67
5.3.3	自由锻件常见缺陷及产生原因	70
5.4	模锻	70
5.5	板料冲压	71
5.5.1	冲压设备	72
5.5.2	板料冲压的基本工序	73
5.5.3	冲模	76
6	切削加工的基础知识	77
6.1	切削加工概述	77
6.1.1	切削运动	77
6.1.2	零件加工的 3 个表面	78
6.2	切削要素	79
6.2.1	切削用量三要素	79
6.2.2	切削层几何参数	80
6.3	刀具材料及其几何角度	80
6.3.1	刀具材料	80
6.3.2	车刀组成及车刀角度	81
6.4	零件切削加工步骤安排	84
7	车削加工	87
7.1	车削概述	87
7.2	车床	89
7.2.1	机床的型号	89
7.2.2	卧式车床的组成	90
7.2.3	其他车床	92
7.2.4	车床传动	93
7.3	车刀	94
7.3.1	车刀的结构	94
7.3.2	车刀的刃磨	95
7.3.3	车刀的安装	96
7.4	零件的安装及车床附件	97
7.4.1	三爪自定心卡盘	97
7.4.2	四爪单动卡盘	98
7.4.3	顶尖、跟刀架及中心架	99



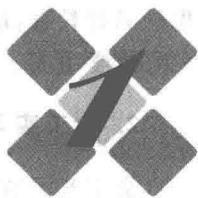
7.4.4	心轴	100
7.4.5	花盘及弯板	101
7.5	车床操作要点	102
7.5.1	刻度盘及其手柄的使用	102
7.5.2	车削步骤	103
7.6	车削工艺	104
7.6.1	车端面	104
7.6.2	车圆柱面	105
7.6.3	车圆锥面及成型面	107
7.6.4	车台阶面	109
7.6.5	车槽及切断	110
7.6.6	车螺纹	111
7.6.7	滚花	112
7.7	车削综合工艺分析	113
7.7.1	轴类、套类零件的车削	113
7.7.2	车削综合工艺	114
8	铣削加工	115
8.1	铣工概述	115
8.2	铣床	119
8.2.1	万能卧式铣床	119
8.2.2	升降台铣床及龙门铣床	120
8.3	铣刀及其安装	121
8.3.1	铣刀	121
8.3.2	铣刀的安装	122
8.4	铣床附件及工件安装	123
8.4.1	铣床附件及其应用	123
8.4.2	工件的安装	126
8.5	铣削基本操作	128
8.5.1	铣平面	128
8.5.2	铣斜面	130
8.5.3	铣键槽	130
8.5.4	铣成型面	131
8.5.5	铣齿形	132
9	刨削加工	134
9.1	刨工概述	134
9.2	刨床	135
9.2.1	牛头刨床	135
9.2.2	龙门刨床	138

9.3	刨刀及其安装	139
9.4	刨削基本操作	140
9.4.1	刨平面	140
9.4.2	刨沟槽	142
9.4.3	刨成型面	143
10	磨削加工	144
10.1	磨工概述	144
10.2	磨床	145
10.3	砂轮的安装、平衡及修整	147
10.3.1	砂轮的特性	147
10.3.2	砂轮的安装、平衡及修整	148
10.4	零件的安装及磨床附件	149
10.5	磨削工艺	150
11	钳工	153
11.1	钳工概述	153
11.1.1	钳工的工作范围	153
11.1.2	钳工的加工特点	153
11.1.3	钳工常用的设备和工具	153
11.2	划线	155
11.2.1	划线的分类和作用	155
11.2.2	划线工具及其用途	156
11.3	划线方法与步骤	159
11.3.1	平面划线方法与步骤	159
11.3.2	立体划线方法与步骤	159
11.4	锯削	160
11.4.1	手锯	160
11.4.2	锯切操作	161
11.5	锉削	162
11.5.1	锉刀	162
11.5.2	锉削操作要领	163
11.6	钻孔、扩孔和铰孔	165
11.6.1	钻孔	165
11.6.2	扩孔与铰孔	167
11.7	攻螺纹和套螺纹	168
11.7.1	攻螺纹	168
11.7.2	套螺纹	170
11.8	装配	171
11.8.1	装配工艺过程	171



11.8.2	装配方法	172
11.8.3	典型联接件装配方法	172
11.8.4	部件装配和总装配	174
11.8.5	拆卸工作	175
11.8.6	装配新工艺	176
12	特种加工技术	177
12.1	数控电火花线切割加工	177
12.1.1	数控电火花线切割加工机床的分类与组成	177
12.1.2	数控电火花线切割的加工工艺与工装	178
12.1.3	数控电火花线切割机床的操作	181
12.1.4	数控快走丝电火花线切割加工实例	190
12.2	电火花成型加工	193
12.2.1	电火花成型加工的原理	193
12.2.2	电火花成型加工的特点及应用范围	194
12.2.3	电火花加工的局限性	195
12.2.4	电火花成型加工在模具制造业中的应用	196
13	综合与创新训练	197
13.1	综合与创新训练概述	197
13.1.1	综合与创新训练简介	197
13.1.2	综合与创新训练的意义	198
13.2	毛坯的选择	198
13.2.1	毛坯的种类	198
13.2.2	毛坯的选择	199
13.3	加工方法选择及经济性分析	200
13.3.1	零件加工方法的选择	200
13.3.2	加工经济性分析	202
13.4	典型零件的综合工艺过程分析	203
13.4.1	轴类零件	203
13.4.2	盘套类零件	205
13.5	创新	207
附录	金属工艺学实验报告汇总	209
	金工实习总结	230

金工实习基本知识



基本要求

- (1) 了解金工实习的目的和要求；
- (2) 了解金工实习的安全知识；
- (3) 熟悉各种量具的使用方法。

1.1 金工实习简介

1.1.1 金工实习的目的和要求

1. 金工实习的目的

金工实习是学生进行工程训练、培养工程意识、学习工艺知识、提高工程实践能力的重要的实践性教学环节；是学生学习机械制造系列课程必不可少的先修课程；也是建立机械制造生产过程的概念，获得机械制造基础知识的奠基课程和必修课程。其目的是：

(1) 了解基础知识

建立起对机械制造生产基本过程的感性认识，学习机械制造的基础工艺知识，了解机械制造生产的主要设备。

在实习中，学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法，并正确使用各类工具、夹具、量具，熟悉各种加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术，了解加工工艺过程和工程术语，使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

(2) 培养实践动手能力

通过直接参加生产实践，操作各种设备，使用各类工具、夹具、量具，独立完成简单零件的加工制造全过程，以培养学生具有对简单零件初步选择加工方法和分析工艺过程的能力，并具有操作主要设备和加工作业的技能，初步奠定技能型、应用型人才应具备的基础知识和基本技能。

(3) 提高综合素质

全面开展素质教育，树立实践观点、劳动观点和团队协作观点，培养高质量人才。

金工实习场地是校内的工业环境，学生在实习时置身于工业环境中，接受实习指导人员

思想品德教育,培养工程技术人员的全面素质。因此,金工实习是强化学生工程意识教育的良好教学手段。

2. 金工实习的要求

金工实习的基本内容分为铸造、焊接、锻压、车、铣、刨、磨、钻、钳工等工种。本课程通过实际操作、现场教学、专题讲座、综合训练、实验、演示、实习报告或作业以及考核等方式,丰富教学内容,完成实践教学任务。

本课程的主要要求是:

(1) 使学生掌握现代制造的一般过程和基本知识,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具,了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。

(2) 使学生具有对简单零件初步选择加工方法和进行工艺分析的能力,在主要工种方面应能独立完成简单零件的加工制造,并掌握一定的工艺实验和工程实践能力。

(3) 培养学生具有生产质量和经济观念,理论联系实际、一丝不苟的科学作风,热爱劳动、热爱公物的基本素质。

1.1.2 实习安全技术

在实习劳动中要进行各种操作,制作各种不同规格的零件,因此,常要开动各种生产设备,接触到焊机、机床、砂轮机等。为了避免触电、机械伤害、爆炸、烫伤等工伤事故,实习人员必须严格遵守工艺操作规程。只有施行文明生产实习,才能确保实习人员的安全和保障。

为了保证师生人身及设备安全,使教学实习顺利进行,在实习期间学生必须严格遵守《安全守则》,做到安全实习、文明实习。具体有以下几点:

(1) 学生下车间前都必须进行安全教育。分组进入工段时,由工段指导老师结合该工段的具体情况进行现场教育。

(2) 学生进入车间,必须穿戴好规定的劳保服饰。不准穿短裤、汗背心、凉鞋,女生不准穿裙子、高跟鞋。不该戴手套的岗位绝对禁止戴手套。

(3) 学生应在认真听取指导老师对本机床结构、性能及安全保养规程的全面介绍后,再进行一定时间的练习,方可开始操作。

(4) 两人以上操作一台机床者,应分先后,轮换操作。暂不操作者,应在旁观察,不能乱动手柄或离开岗位。

(5) 在车间实习期间,不能由于好奇而乱开动机床或扳动机床各操作手柄。不能随便串岗,影响其他同学的实习。

(6) 电器发生故障,应及时报告指导老师,任何人不准自行处理。

(7) 使用砂轮磨刀时,应严格按砂轮机的安全操作规程进行。

(8) 带状或粉末状的铁屑,应用铁铲和刷子清除,绝不能直接用手清除或用嘴吹。

(9) 如发生事故,应首先切断电源,保护好现场,并及时向指导老师报告。

(10) 各机床若指导老师不在场,则不准开机操作。

另外,学生到实验室实习期间,必须遵守学校和金工实验室的各项规章制度。

- (1) 讲文明,讲礼貌,尊敬师傅,虚心学习,集中精力,努力完成教学实习任务。
- (2) 遵守实验室劳动纪律。不迟到、不早退、病事假者必须事先向实习指导老师办理请假手续,未经允许,不准擅离岗位,如有发生以旷课论处。
- (3) 爱护公物,注意节约,人为造成损坏或遗失工具、量具和设备者,必须主动赔偿。
- (4) 加工零件,要严格按照图纸技术要求和指导老师规定的加工工艺进行。
- (5) 安排在指定的机床设备上实习,未经许可不得任意动用其他设备。
- (6) 下班前,必须擦净机床设备和工作台,保持室内整齐清洁。
- (7) 实习结束,应按教学要求进行考核。

1.2 常用量具

在工艺过程中,必须应用一定精度的量具来测量和检验各种零件的尺寸、形状和位置精度。

1.2.1 常用量具及其使用方法

1. 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具,用不锈钢片制成,可直接用来测量工件尺寸,如图 1-1 所示。它的测量长度规格有 150mm、200mm、300mm、500mm 几种。测量工件的外径和内径尺寸时,常与卡钳配合使用。其测量精度一般只能达到 0.2~0.5mm。

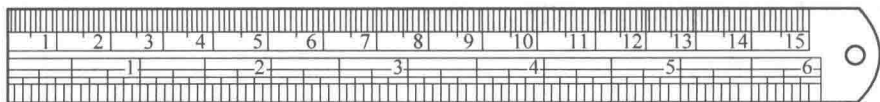


图 1-1 钢直尺

2. 卡钳

卡钳是一种间接度量工具,常与钢直尺配合使用,用来测量工件的外径和内径。卡钳分内卡钳和外卡钳两种,如图 1-2 所示,其使用方法如图 1-3 所示。

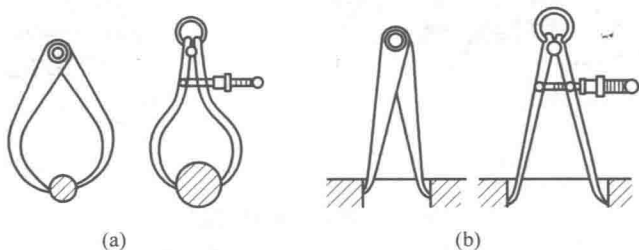


图 1-2 卡钳

(a) 外卡钳; (b) 内卡钳

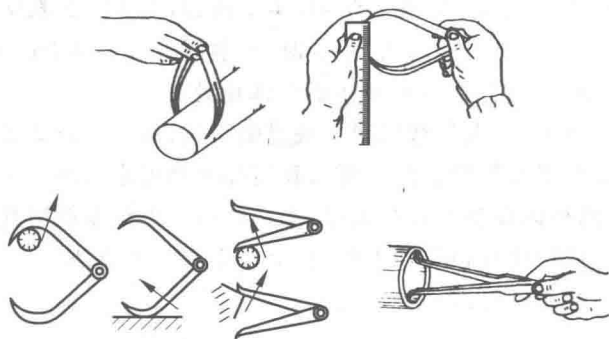


图 1-3 卡钳使用方法

3. 游标卡尺

游标卡尺是一种中等精度的量具,可直接测量工件的外径、内径、长度、宽度和深度等尺寸。按用途不同,游标卡尺可分为普通游标卡尺、游标深度尺、游标高度尺等几种。游标卡尺的测量精度有 0.1mm、0.05mm、0.02mm 三种,测量范围有 0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm 等。普通游标卡尺,主要由尺身和游标组成,尺身上刻有以 1mm 为一格间距的刻度,并刻有尺寸数字,其刻度全长即为游标卡尺的规格。

游标上的刻度间距,随测量精度而定。现以精度值为 0.02mm 的游标卡尺的刻线原理和读数方法为例简介如下:

尺身一格为 1mm,游标一格为 0.98mm,共 50 格。尺身和游标每格之差为 $1 - 0.98 = 0.02\text{mm}$,如图 1-4 所示。读数方法是游标零位指示的尺身整数,加上游标刻线与尺身线重合处的游标刻线乘以精度值之和,如图 1-5 所示。



图 1-4 0.02mm 游标卡尺的刻线原理

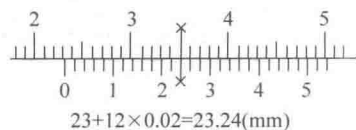


图 1-5 0.02mm 游标卡尺的读数方法

用游标卡尺测量工件的方法如图 1-6 所示,使用时应注意下列事项。

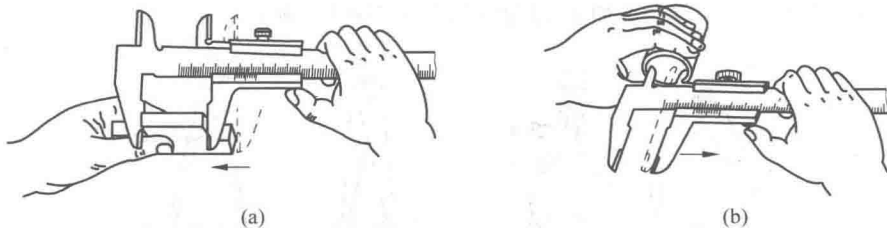


图 1-6 游标卡尺的使用

(a) 测外表面尺寸; (b) 测内表面尺寸

(1) 检查零线 使用前应首先检查量具是否在检定周期内,然后擦净卡尺,使量爪闭合,检查尺身与游标的零线是否对齐。若未对齐,则在测量后应根据原始误差修正读数数值。

(2) 放正卡尺 测量内外圆直径时,尺身应垂直于轴线;测量内外孔直径时,应使两量爪处于直径处。

(3) 用力适当 测量时应使量爪逐渐与工件被测量表面靠近,最后达到轻微接触,不能把量爪用力抵紧工件,以免变形和磨损,影响测量精度。读数时为防止游标移动,可锁紧游标,视线应垂直于尺身。

(4) 勿测毛坯面 游标卡尺仅用于测量已加工的表面,表面粗糙的毛坯件不能用游标卡尺测量。

图 1-7 所示为游标深度尺和游标高度尺,分别用于测量深度和高度。游标高度尺还可以用作精密划线。

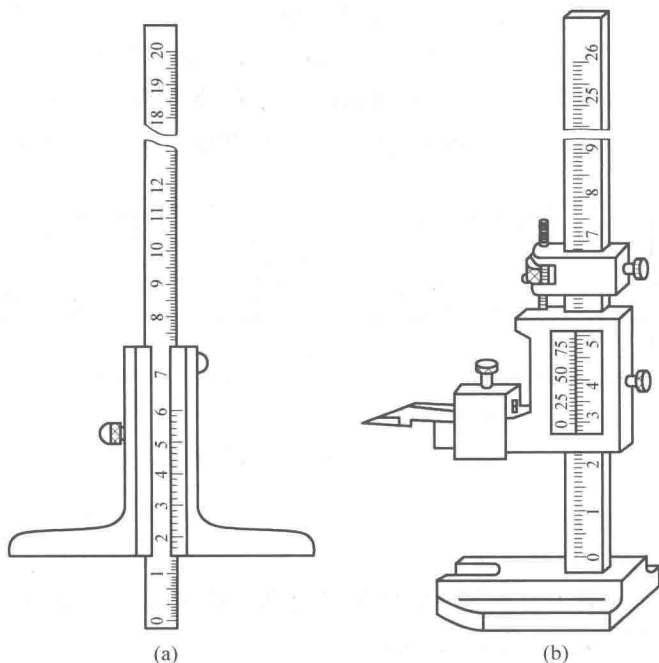


图 1-7 游标深度尺和游标高度尺

(a) 游标深度尺; (b) 游标高度尺

4. 千分尺

千分尺(又称分厘卡)是一种比游标卡尺更精密的量具,测量精度为 0.01mm ,测量范围有 $0\sim 25\text{mm}$ 、 $25\sim 50\text{mm}$ 、 $50\sim 75\text{mm}$ 等规格。常用的千分尺分为外径千分尺和内径千分尺。外径千分尺的构造如图 1-8 所示。

千分尺的测微螺杆 3 和微分筒 7 连在一起,当转动微分筒时,测微螺杆和微分筒一起沿轴向移动。内部的测力装置是使测微螺杆与被测工件接触时保持恒定的测量力,以便测出正确尺寸。当转动测力装置时,千分尺两测量面接触工件。超过一定的压力时,棘轮 10 沿