

★ 服务热线: 400-615-1233  
★ 配套精品教学资料包  
★ www.huatengedu.com.cn

# 数控铣床 编程与操作

SHUKONG XICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

高等职业教育数控技术系列精品教材

高等职业教育数控技术系列精品教材  
▶ “互联网+”创新型教材

AR (增强现实)

# 数控铣床 编程与操作

数控铣床编程与操作

SHUKONG XICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

张国强 主编 郭建平 主审

将“互联网+”思维融入教材中

纸质教材与数字资源有机整合

通过扫描书中标识图片呈现

采用AR技术打造最强立体化教材

策划编辑: 马子涵  
责任编辑: 滕 耘  
封面设计: 刘文东



定价: 43.00元

北京邮电大学出版社



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

高等职业教育数控技术系列精品教材

 “互联网+” 创新型教材

# 数控铣床编程与操作



张国峰 主 编

李 娜 赵 龙 边兵兵 副主编

郭建平 主 审

SHUKONG XICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

## 内 容 简 介

本书以培养学生的数控铣削零件加工技能为核心,以国家职业标准数控铣工考核要求为基本依据,以工作过程为导向,以项目为载体,详细介绍了数控铣削加工工艺设计、程序编制,数控铣床、加工中心操作加工等内容。

本书可作为高职高专院校数控技术、模具设计与制造、机械制造与自动化专业的教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与操作/张国峰主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2013.1(2023.7重印)

ISBN 978-7-5635-3417-3

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床—铣床—程序设计—高等职业教育—教材 ②数控机床—铣床—操作—高等职业教育—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 026310 号

策划编辑:马子涵 责任编辑:滕 耘 封面设计:刘文东

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷: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:347 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版

印 次:2023 年 7 月第 7 次印刷

ISBN 978-7-5635-3417-3

定 价:43.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

# 前言

随着我国社会主义市场经济和现代加工技术的迅速发展,社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求。所以,在高职高专教育的专业技术人才的培养上,不仅要求有一定的理论知识,还要注重实践操作的培养。本书是参照目前高职高专院校专业教学基本要求和专业培养目标,适应新世纪对高职院校人才专业知识的要求,在总结近几年的教学实践基础上编写而成的。本书的主要特点如下。

1. 在现代数控加工技术的大背景下阐述数控铣床编程与操作技术。各项目内容渗透了新知识、新技术及在数控铣床加工方面出现的新方法。

2. 本课程是传授数控铣工技术理论与技能训练的一体化专业课程,是以国家职业标准为依据,为满足企业的需要而培养中、高等技术型人才的课程。

3. 本书以“学生就业”为导向,以“企业用人标准”为依据。在专业知识的安排上,紧密联系培养目标,坚持够用、实用的原则。每个项目含有实训内容,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本技能与核心技能的训练。在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进。

4. 采用最新国家标准和法定计量单位。

5. 各项目后附有思考题及每个项目完成情况的评分标准,有利于对评价理论知识和实践操作的掌握情况。

现推荐各项目完成教学周数及课时数如下表,仅供参考。

周数	项目	完成课时
第一周	绪论	1 课时理论
	项目一 工件的测量	2(1 课时理论,1 课时实践)
	项目二 数控加工工艺原理	1 课时理论
	项目三 数控编程坐标系的建立	1 课时理论
	项目四 熟悉操作面板	1 课时实践
第二周	项目五 数控铣床对刀	2 课时实践
	项目六 直线插补功能编程与操作	4(2 课时理论,2 课时实践)
第三周	项目七 圆弧插补功能编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)

续表

周 数	项 目	完成课时
第四周	项目八 刀具补偿功能编程与操作	3(1 课时理论,2 课时实践)
	项目九 圆弧连接编程与操作	3(1 课时理论,2 课时实践)
第五周	项目十 子程序调用指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第六周	项目十一 比例缩放指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第七周	项目十二 镜像指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第八周	项目十三 坐标系旋转指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第九周	项目十四 极坐标指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十周	项目十五 固定循环指令编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十一周	项目十六 椭圆的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十二周	项目十七 孔系零件的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十三周	项目十八 箱体类零件的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十四周	项目十九 薄板类零件的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十五周	项目二十 支架类零件的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)
第十六周	项目二十一 型腔类零件的编程与操作	6(2 课时理论,4 课时实践)

本书由中国一重技师学院张国峰副教授任主编,李娜副教授、赵龙副教授,平顶山工业职业技术学院边兵兵任副主编,北京农业职业学院郭建平副高级实验师任主审。全书共二十一个项目,项目一、三、五、七、十九、二十、二十一由张国峰编写,项目二、四、六、八由李娜编写,项目九、十、十一、十二、十四、十五、十七由赵龙编写,项目十三、十六、十八由边兵兵编写。

本书的编写得到了哈尔滨理工大学教授曲毅民,中国第一重型机械集团公司高级技师王海军、杨树学,中国一重技师学院高级工程师崔彦佳的热情支持和指导,同时也受到了有关院校教授的大力支持和帮助,谨此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请同行和读者不吝指正。

编 者

<b>绪论</b> .....	1	思考题 .....	35
一、安全操作规程 .....	1	<b>项目四 熟悉操作面板</b> .....	36
二、文明实习要求 .....	2	项目分析 .....	36
三、数控铣床的日常维护与保养 .....	2	相关知识 .....	36
<b>项目一 工件的测量</b> .....	4	一、面板按键说明 .....	36
项目分析 .....	4	二、激活机床 .....	38
相关知识 .....	4	三、机床回参考点 .....	38
一、游标类量具的使用 .....	4	项目考核 .....	39
二、螺旋测微量具的使用 .....	13	知识拓展 .....	40
三、指示量具的使用 .....	15	思考题 .....	49
四、其他量具的使用 .....	19	<b>项目五 数控铣床对刀</b> .....	50
思考题 .....	22	项目分析 .....	50
<b>项目二 数控加工工艺原理</b> .....	23	相关知识 .....	50
项目分析 .....	23	一、铣刀 .....	50
相关知识 .....	24	二、铣刀的安装 .....	51
一、合理选择加工基准 .....	24	三、工件的装夹 .....	53
二、确定合理的加工工艺路线 .....	26	四、对刀 .....	53
思考题 .....	28	项目考核 .....	57
<b>项目三 数控编程坐标系的建立</b> .....	29	思考题 .....	57
项目分析 .....	29	<b>项目六 直线插补功能编程与操作</b> .....	58
相关知识 .....	29	项目分析 .....	58
一、机床坐标系 .....	29	相关知识 .....	59
二、机床参考点 .....	31	一、绝对坐标指令 G90 .....	59
三、工件坐标系 .....	32	二、增量坐标指令 G91 .....	60
		三、快速点定位指令 G00 .....	60

四、直线插补指令 G01 .....	61	二、编写加工程序 .....	80
具体操作 .....	61	项目考核 .....	82
一、加工工艺分析 .....	61	思考题 .....	84
二、编写加工程序 .....	62	<b>项目十 子程序调用指令编程与</b>	
项目考核 .....	62	<b>    操作 .....</b>	<b>85</b>
思考题 .....	64	项目分析 .....	85
<b>项目七 圆弧插补功能编程与操作 ...</b>	<b>65</b>	相关知识 .....	86
项目分析 .....	65	一、程序分类 .....	86
相关知识 .....	66	二、子程序的调用 .....	86
一、圆弧插补指令的格式 .....	66	三、子程序的执行过程 .....	87
二、圆弧插补指令的注意事项 .....	66	四、子程序的嵌套 .....	87
具体操作 .....	67	五、子程序调用的特殊用法 .....	87
一、加工工艺分析 .....	67	具体操作 .....	88
二、编写加工程序 .....	67	一、加工工艺分析 .....	88
项目考核 .....	67	二、编写加工程序 .....	88
知识拓展 .....	68	项目考核 .....	89
思考题 .....	69	知识拓展 .....	90
<b>项目八 刀具补偿功能编程与操作 ...</b>	<b>71</b>	思考题 .....	91
项目分析 .....	71	<b>项目十一 比例缩放指令编程与</b>	
相关知识 .....	72	<b>    操作 .....</b>	<b>92</b>
一、刀具半径补偿的类型 .....	72	项目分析 .....	92
二、刀具半径补偿的指令格式 .....	72	相关知识 .....	93
三、G41 与 G42 指令的判断方法 .....	72	一、比例缩放指令格式 .....	93
四、刀具半径补偿的注意事项 .....	73	二、比例缩放指令说明 .....	93
五、刀具半径补偿的应用 .....	74	三、比例缩放指令注意事项 .....	94
具体操作 .....	74	具体操作 .....	94
一、加工工艺分析 .....	74	一、加工工艺分析 .....	94
二、编写加工程序 .....	74	二、编写加工程序 .....	95
项目考核 .....	75	项目考核 .....	96
知识拓展 .....	76	知识拓展 .....	96
思考题 .....	78	思考题 .....	97
<b>项目九 圆弧连接编程与操作 .....</b>	<b>79</b>	<b>项目十二 镜像指令编程与操作 ...</b>	<b>98</b>
项目分析 .....	79	项目分析 .....	98
相关知识 .....	80	相关知识 .....	98
具体操作 .....	80	一、镜像指令格式 .....	98
一、加工工艺分析 .....	80	二、镜像指令使用注意事项 .....	100

具体操作 .....	100	二、固定循环指令 .....	120
一、加工工艺分析 .....	100	三、固定循环指令注意事项 .....	121
二、编写加工程序 .....	100	具体操作 .....	122
项目考核 .....	102	一、加工工艺分析 .....	122
知识拓展 .....	102	二、编写加工程序 .....	122
思考题 .....	103	项目考核 .....	123
<b>项目十三 坐标系旋转指令编程与操作 .....</b>	<b>104</b>	知识拓展 .....	124
项目分析 .....	104	思考题 .....	132
相关知识 .....	105	<b>项目十六 椭圆的编程与操作 .....</b>	<b>133</b>
一、坐标系旋转指令 .....	105	项目分析 .....	133
二、坐标系旋转指令使用注意		相关知识 .....	134
事项 .....	105	一、椭圆 .....	134
具体操作 .....	106	二、宏程序 .....	134
一、加工工艺分析 .....	106	具体操作 .....	137
二、编写加工程序 .....	106	一、加工工艺分析 .....	137
项目考核 .....	107	二、编写加工程序 .....	138
知识拓展 .....	108	项目考核 .....	138
思考题 .....	111	知识拓展 .....	139
<b>项目十四 极坐标指令编程与操作 .....</b>	<b>112</b>	思考题 .....	141
项目分析 .....	112	<b>项目十七 孔系零件的编程与操作 .....</b>	<b>142</b>
相关知识 .....	113	项目分析 .....	142
一、极坐标指令格式及说明 .....	113	具体操作 .....	143
二、极坐标系原点 .....	113	一、加工工艺分析 .....	143
具体操作 .....	114	二、编写加工程序 .....	143
一、加工工艺分析 .....	114	项目考核 .....	144
二、编写加工程序 .....	114	知识拓展 .....	145
项目考核 .....	115	思考题 .....	146
知识拓展 .....	116	<b>项目十八 箱体类零件的编程与操作 .....</b>	<b>147</b>
思考题 .....	118	项目分析 .....	147
<b>项目十五 固定循环指令编程与操作 .....</b>	<b>119</b>	具体操作 .....	147
项目分析 .....	119	一、加工工艺分析 .....	147
相关知识 .....	120	二、编写加工程序 .....	148
一、固定循环动作 .....	120	项目考核 .....	149
		知识拓展 .....	150



思考题 .....	152	项目考核 .....	160
<b>项目十九 薄板类零件的编程与操作 .....</b>	<b>153</b>	知识拓展 .....	161
项目分析 .....	153	思考题 .....	162
具体操作 .....	153	<b>项目二十一 型腔类零件的编程与操作 .....</b>	<b>163</b>
一、加工工艺分析 .....	153	项目分析 .....	163
二、编写加工程序 .....	154	具体操作 .....	164
项目考核 .....	155	一、加工工艺分析 .....	164
知识拓展 .....	156	二、编写加工程序 .....	164
思考题 .....	157	项目考核 .....	165
<b>项目二十 支架类零件的编程与操作 .....</b>	<b>158</b>	知识拓展 .....	166
项目分析 .....	158	思考题 .....	167
具体操作 .....	158	<b>附录 .....</b>	<b>168</b>
一、加工工艺分析 .....	158	<b>参考文献 .....</b>	<b>218</b>
二、编写加工程序 .....	160		

# 绪论

## 一、安全操作规程

### 1. 安全操作基本注意事项

- (1) 在进行机床操作时必须穿好工作服,戴好工作帽,不允许戴着手套操作机床。
- (2) 清理机床周围妨碍工作的物件,使工作空间足够大。
- (3) 当需要两人或多人共同完成某一项工作时,应注意相互间的协调。
- (4) 不允许采用压缩空气清洗机床、电气柜及 NC 单元。
- (5) 操作者未经允许不要打开机床的电器防护门,也不要对系统文件进行任何操作。

### 2. 加工零件前的准备工作

- (1) 机床开启前应检查润滑系统工作是否正常。如机床长时间未开动,可先采用手动方式向各部分供油润滑。
- (2) 检查使用的刀具是否与机床允许的规格相符,有严重破损的刀具要及时更换。
- (3) 安装调整好刀具,不要将所用工具遗忘在机床内,调整后应进行 1~2 次试切削。
- (4) 确定夹具是否夹紧工件,空运行核对程序并检查刀具设定是否正确。

### 3. 加工过程中的安全注意事项

- (1) 禁止用手接触旋转中的主轴、刀具或工件。
- (2) 禁止在加工过程中测量、擦拭工件,需使机床停转后用铁钩或毛刷清除切屑。
- (3) 禁止操作者在机床运转时离开岗位,若发现机床出现异常,可按“紧急停止”按钮停止机床。
- (4) 加工过程中要关好机床防护门。

### 4. 加工完成后的注意事项

- (1) 清除切屑,擦拭机床,使机床与环境保持清洁状态。

- (2)检查润滑油、冷却液的状态,注意及时添加或更换。
- (3)依次关闭机床操作面板上的电源和总电源。

## 二、文明实习要求

### 1. 文明实习的基本要求

- (1)严格执行规章制度,遵守劳动纪律。
- (2)严肃工艺纪律,贯彻操作规程。
- (3)优化实习环境,创造优良实习条件。
- (4)按规定完成设备的维护保养。
- (5)严格要求遵守实习纪律。

### 2. 实习日常行为规范“八禁止”

- (1)禁止在实习场地做与实习无关的事情。
- (2)禁止损坏公共财物。
- (3)禁止顶撞实习单位教职工。
- (4)禁止私带工具、材料、零件离开实习企业(车间)。
- (5)禁止在实习场地用数控机床给手机充电。
- (6)禁止干私活、做凶器等。
- (7)禁止私自拆装电器。
- (8)禁止乱动未批准使用的设备。

### 3. 学生实习管理制度

(1)学生在进入车间实习之前必须由实习工厂领导和设备管理人员进行安全和设备使用、设备保养方面的教育。

- (2)学生必须在实习指导教师的指导下开启和操作设备。
- (3)实习期间必须按安全要求穿戴好劳动保障用品,否则不得实习。
- (4)学生在实习期间不得离开岗位随意走动,不能在车间内聚集、打闹和大声喧哗。
- (5)实习车间内无论是教师还是学生,严禁吸烟。
- (6)每班实习结束时必须按设备保养规定对设备进行保养。
- (7)学生必须按操作规程进行操作。
- (8)严格遵守实习单位的安全规定。
- (9)实习期间要严格遵守考勤制度。
- (10)厉行节约,防止浪费。

指导教师和设备管理员对违反上述规定者有权终止其实习,对造成经济损失者有权作出处罚建议。

## 三、数控铣床的日常维护与保养

### 1. 每日维护与保养

- (1)确保操作面板上所有指示灯为正常显示。
- (2)检查主轴端面、刀夹及其他配件是否有毛刺、破裂或损坏现象,并将主轴周围清理干

净。擦净丝杠的暴露部位。

- (3)清除机床表面上的灰尘、机油、冷却液和切屑等污物。
- (4)清除没有罩盖的滑动表面上的一切物品。
- (5)清理、检查所有限位开关。
- (6)检查机床液压系统是否漏油,各润滑油箱的油面要高于规定最低刻度线。
- (7)确保气压泵的压力达到 0.4 MPa 以上。
- (8)确保冷却液软管、冷却渣槽内无切屑等污物。

## 2. 每月维护与保养

- (1)清理导轨滑动面上的刮垢板。
- (2)校准工作台和床身基准的水平状态,必要时调整垫铁,拧紧螺母。
- (3)清理电气控制箱内部、空气滤网,使其保持干净。
- (4)清洗设备零部件,必要时予以更换。
- (5)检查液压装置、管路及接头,确保无松动、磨损现象。检查液压箱内的滤油器,必要时予以清洗。
- (6)检查各电磁阀、行程开关、接近开关、各电缆接线端子,确保它们能正常工作。
- (7)确保各连锁装置、时间继电器等能正常工作。
- (8)确保数控装置能正常工作。

## 3. 每半年维护与保养

- (1)清理电气控制箱内部,使其保持干净。
- (2)更换液压装置内的液压油和润滑装置内的润滑油,清洗滤油器及油箱内部。
- (3)检查各电动机轴承是否有噪声,必要时予以更换。
- (4)检查机床的各有关精度。
- (5)直观检查所有电气部件及继电器是否可靠工作。
- (6)测量各进给坐标轴的反向间隙,必要时予以调整,以完成间隙补偿。
- (7)检查各伺服电动机的电刷及换向器的表面,必要时予以修整或更换。
- (8)检查一个试验程序的完整运转情况。



### 知识目标

熟悉各种量具的结构和各组成部分名称；  
正确读取量具上的测量数值。



### 技能目标

掌握各种量具的应用；  
掌握正确的测量方法。



### 项目分析

图 1-1 所示零件按图样要求测量其是否合格,面与面间的尺寸测量应选用游标卡尺,孔内螺纹测量应选用螺纹塞规。对于零件不同的部位要选用不同的量具进行测量,下面具体介绍几种常用测量工具的使用方法。



### 相关知识

#### 一、游标类量具的使用

##### 1. 游标卡尺

游标卡尺是一种常用量具,具有结构简单、使用方便、精度中等和测量尺寸范围大等特点,可以用来测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、深度和孔距等,应用十分广泛。

常用游标卡尺见表 1-1。



图 1-1 零件

表 1-1 常用游标卡尺

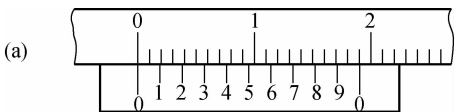
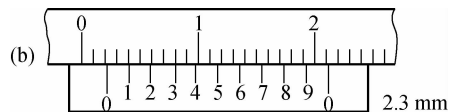
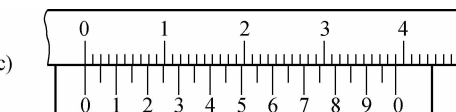
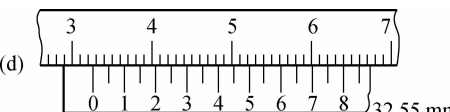
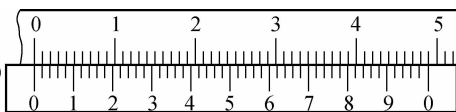
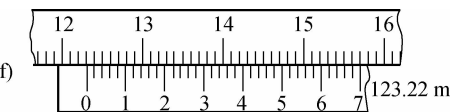
种类	结构图	测量范围 /mm	游标读数 /mm	类型分析
三用游标卡尺	<p>尺身 上量爪 尺框 紧定螺钉 深度尺 游标 下量爪</p>	0~125	0.02 0.05	制成带有刀口形的上、下量爪和深度尺的形式
双面游标卡尺	<p>尺身 上量爪 尺框 紧定螺钉 微动装置 主尺 游标 微动螺母 下量爪</p>	0~200 0~300	0.02 0.05	制成带有内、外测量面的下量爪和刀口形的上量爪的形式
单面游标卡尺	<p>尺身 尺框 紧定螺钉 游标 微动装置 内、外测量爪</p>	0~200 0~300 0~500 0~1 000	0.02 0.05 0.1 0.05 0.1	可制成只带有内、外测量面的下量爪的形式。而测量范围大于300 mm的游标卡尺只制成仅带有下量爪的形式

注:游标读数是指使用这种游标卡尺测量零件尺寸时,游标卡尺上能够读出的最小数值。

### 1) 游标卡尺的读数

游标卡尺的读数机构由主尺和游标两部分组成。读数时,毫米整数值由游标零刻度线左侧主尺读出;观察游标会发现有一条刻度线与主尺上的某一条刻度线正好对齐,则游标上的这条刻度线值为读数的小数值。整数值和小数值相加所得的和就是测量出的尺寸数值,游标零位和读数举例见表 1-2。

表 1-2 游标零位和读数举例

游标零位	读数举例
(a) 	(b)  2.3 mm
(c) 	(d)  32.55 mm
(e) 	(f)  123.22 mm

### 2) 游标卡尺的应用

(1) 测量 T 形槽。用游标卡尺测量 T 形槽的宽度,如图 1-2 所示。测量时将量爪外缘端面的小平面贴在零件凹槽的平面上,用紧定螺钉把微动装置固定,转动调节螺母,使量爪的外测量面与 T 形槽表面轻轻接触,并放正两量爪的位置(可以轻轻地摆动一个量爪,找到槽宽的垂直位置),读出游标卡尺的读数(如图 1-2 所示的 A)。但由于它是用量爪的外测量面测量内尺寸的,卡尺上所读出的读数 A 是量爪内测量面之间的距离,因此,必须加上两个量爪的厚度  $b$ ,所以 T 形槽的宽度为  $L=A+b$ 。

(2) 测量孔中心线与侧平面之间的距离。用游标卡尺测量孔中心线与侧平面之间的距离  $L$  时,先要用游标卡尺测量出孔的直径  $D$ ,再用刀口形量爪测量孔的壁面与零件侧面之间的最短距离,如图 1-3 所示。

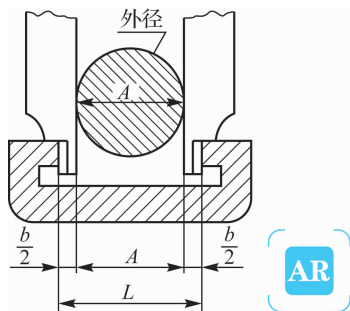


图 1-2 测量 T 形槽的宽度

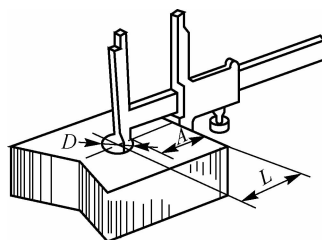


图 1-3 测量孔与侧面的距离

此时,卡尺应垂直于侧平面,且要找到它的最小尺寸,读出卡尺的读数  $A$ ,则孔中心线与侧平面之间的距离为  $L=A+D/2$ 。

(3)测量两孔的中心距。用游标卡尺测量两孔的中心距有如下两种方法。

①先用游标卡尺分别量出两孔的内径  $D_1$  和  $D_2$ ,再量出两孔内表面之间的最大距离  $A$ ,如图 1-4 所示,则两孔的中心距为  $L=A-1/2(D_1+D_2)$ 。

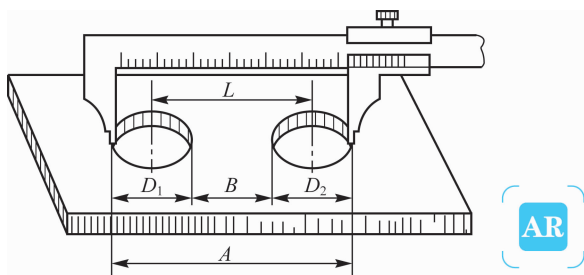


图 1-4 测量两孔的中心距

②先分别量出两孔的内径  $D_1$  和  $D_2$ ,然后用刀口形量爪量出两孔内表面之间的最小距离  $B$ ,见图 1-4,则两孔的中心距为  $L=B+1/2(D_1+D_2)$ 。

3)正确使用游标卡尺

(1)测量前检查游标卡尺。首先应把卡尺擦拭干净,其次检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损,将两个量爪紧密贴合应无明显的间隙。另外,游标和主尺的零位刻度线要相互对准,这个过程称为校对游标卡尺的零位。移动尺框时,活动要自如,不能过松或过紧,更不能出现晃动现象。用紧定螺钉固定尺框时,卡尺的读数不应有所改变。在移动尺框时,不要忘记松开紧定螺钉并适当调整,避免螺钉脱落。

(2)各种零件的测量位置如图 1-5、图 1-6、图 1-7 和图 1-8 所示。

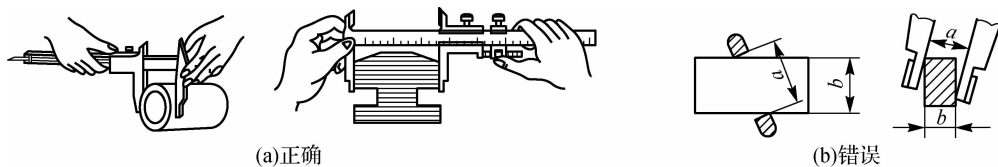


图 1-5 测量外尺寸时的位置

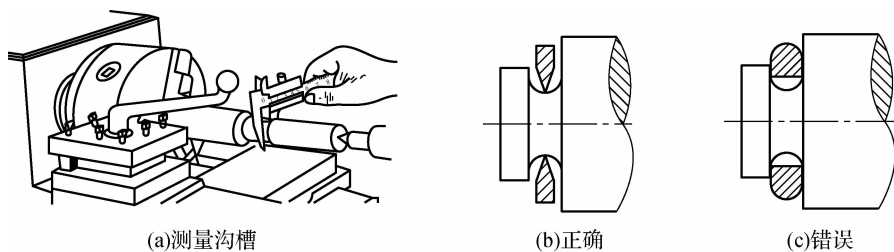


图 1-6 测量沟槽时的位置



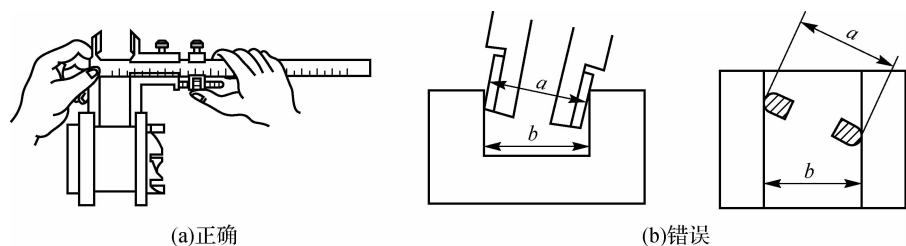


图 1-7 测量沟槽宽度时的位置

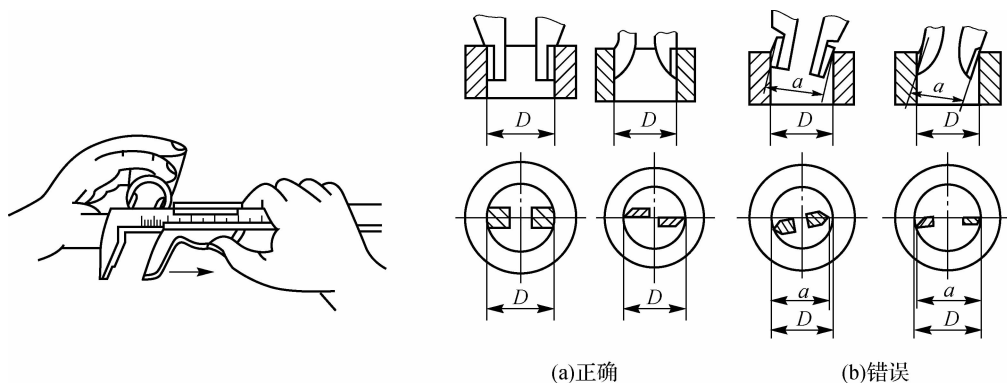


图 1-8 测量内孔时的位置

在对游标卡尺进行读数时应水平握住卡尺,使卡尺朝着亮光的方向,视线尽可能和卡尺的刻度线表面垂直,以免由于视线歪斜造成读数误差。为了得到准确的测量结果,可以多测量几次。对于较长零件,则应当在全长的各个部位进行测量。

为了使读者便于记忆,更好地掌握游标卡尺的使用方法,将上述提到的几个主要问题整理成顺口溜,供读者参考。

- 量爪贴合无间隙,主尺游标两对零。
- 尺框活动能自如,不松不紧不摇晃。
- 测力松紧细调整,不当卡规用力卡。
- 量轴防歪斜,量孔防偏歪。
- 测量内尺寸,爪厚勿忘加。
- 面对光亮处,读数垂直看。

## 2. 高度游标卡尺

高度游标卡尺用于测量零件的高度和精密划线,其结构如图 1-9 所示。高度游标卡尺的结构特点是用质量较大的基座代替固定量爪,而尺框则通过横臂装有测量高度和划线用的量爪,量爪的测量面上镶有硬质合金,以提高量爪的使用寿命。高度游标卡尺的测量工作应在平台上进行。当量爪的测量面与基座的底平面位于同一平面,如在同一平台平面时,主尺与游标的零线相互对准。因此,在测量高度时,量爪测量面的高度就是被测量零件的高度,具体数值与游标卡尺一样可在主尺(整数部分)和游标(小数部分)上读出。应用高度游标卡尺划线时调好划线高度,用紧定螺钉把尺框锁紧后,也应在平台上先进行调整再划线。图 1-10 为高度游标卡尺的应用。

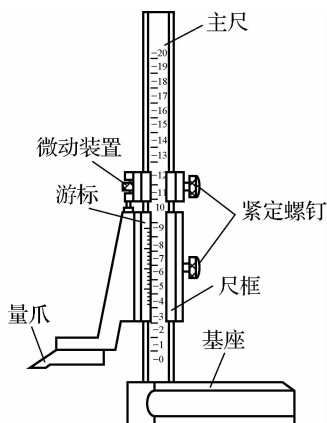


图 1-9 高度游标卡尺的结构

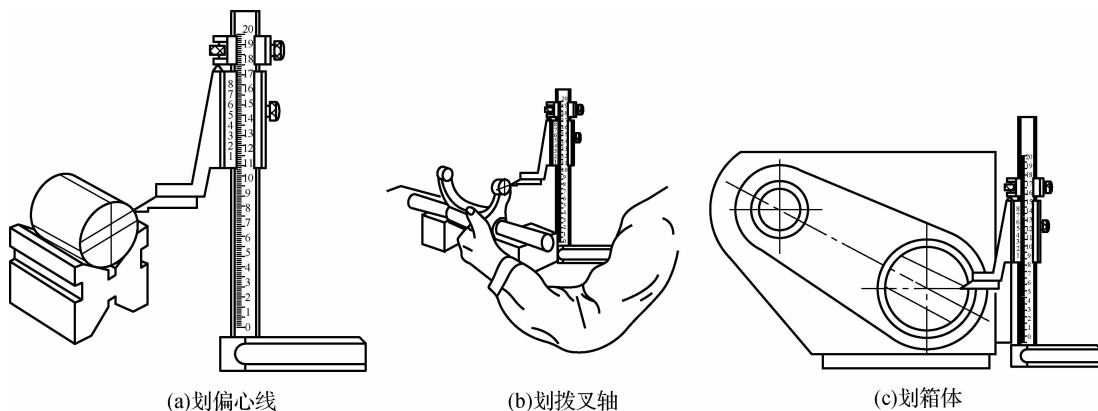


图 1-10 高度游标卡尺的应用

### 3. 深度游标卡尺

深度游标卡尺用于测量零件的深度尺寸、台阶高度和槽的深度，其结构如图 1-11 所示。深度游标卡尺的结构特点是尺框的两个量爪连在一起成为一个带游标的测量基座，基座的端面和主尺的端面就是它的两个测量面。如测量内孔深度时应把基座的端面紧靠在被测孔的端面上，使主尺与被测孔的中心线平行，伸入主尺，则主尺端面至基座端面之间的距离就是被测零件的深度尺寸。深度游标卡尺的读数方法和普通游标卡尺完全一样。深度游标卡尺的使用方法如图 1-12 所示。

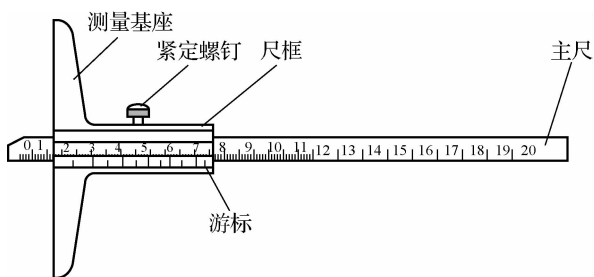


图 1-11 深度游标卡尺

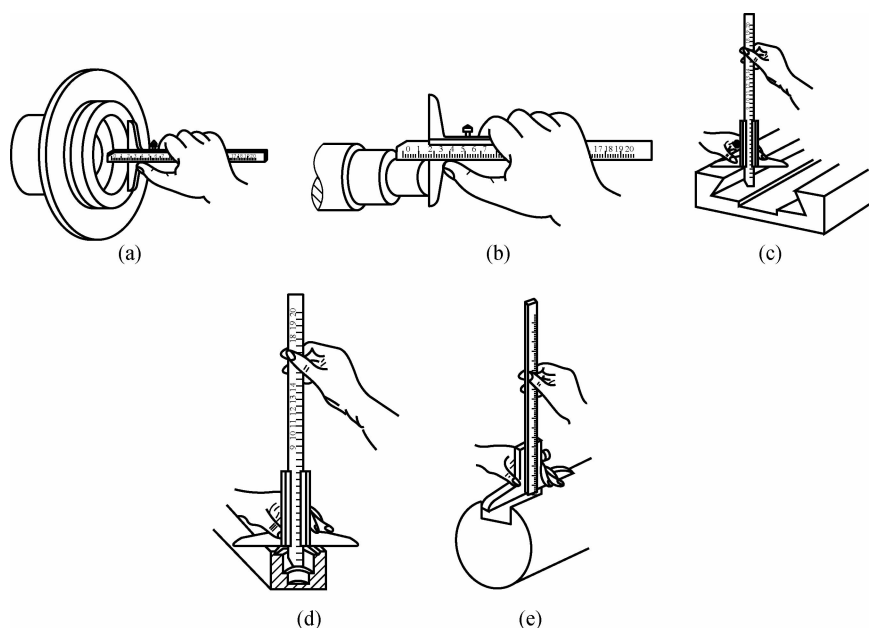


图 1-12 深度游标卡尺的使用方法

#### 4. 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺用于测量齿轮(或蜗杆)的弦齿厚和弦齿顶,如图 1-13 所示。齿厚游标卡尺由两个互相垂直的尺身组成,因而它有两个游标。其中,尺寸  $A$  由垂直尺身上的游标调整,尺寸  $B$  由水平尺身上的游标调整。齿厚游标卡尺的刻度线原理和读法与一般游标卡尺相同。

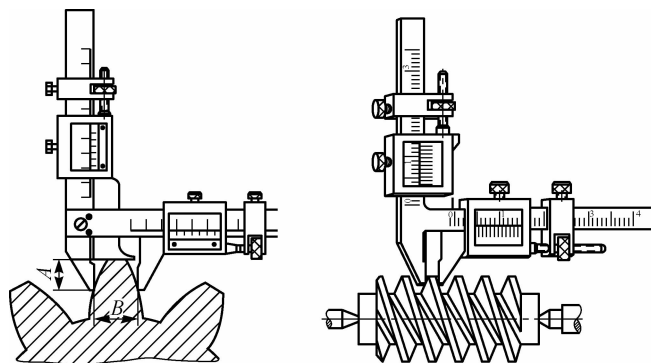


图 1-13 齿厚游标卡尺测量齿轮与蜗杆

测量蜗杆时,调整齿厚游标卡尺的读数使其等于齿顶高(蜗杆齿顶高等于模数  $m_s$ ),法向卡入齿廓,测得的读数是蜗杆中径  $d_2$  的法向齿厚  $S_n$ 。但图样上一般注明的是轴向齿厚,所以必须进行换算。法向齿厚  $S_n$  的换算公式为

$$S_n = \frac{\pi m_s}{2} \cos \tau$$

式中,  $\tau$  为导程角( $^\circ$ )。

上述各种游标卡尺存在的共性问题为读数不够清晰,容易读错,有时不得不借助放大镜将读数部分放大。现有游标卡尺有的采用无视差结构,使游标刻度线与尺身刻度线处在同一平面上,消除了在读数时因视线倾斜而产生的视差;有的装有测微表(带表卡尺),如图 1-14 所示,可以保证读数准确,提高了测量精度;还有的带有数字显示装置,如图 1-15 所示,这种游标卡尺在零件表面上量得尺寸时就直接用数字显示测量数值,使用极为方便。



图 1-14 带表卡尺



图 1-15 数字显示游标卡尺

## 5. 游标万能角度尺

### 1) 游标万能角度尺的结构

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,分为扇形和圆形两种形式,如图 1-16 所示。

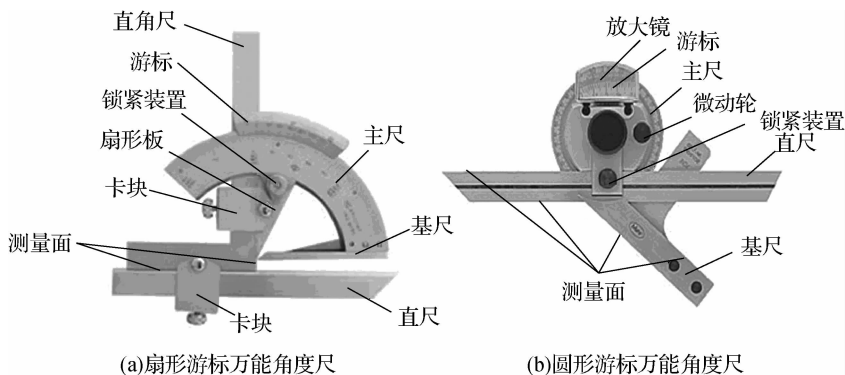


图 1-16 游标万能角度尺

游标万能角度尺主尺上的刻度线每格  $1^\circ$ 。由于游标上刻有 30 格,总角度为  $29^\circ$ ,所以游标和主尺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精度为  $2'$ 。游标万能角度尺的读数方法和游标卡尺相同。

### 2) 游标万能角度尺的测量范围

使用游标万能角度尺测量时应先校准零位,根据直角尺和直尺的相互位置可测量  $0^\circ \sim 20^\circ$  的任意角度。如图 1-17 所示,使用扇形游标万能角度尺进行测量时,若直角尺和直尺全都装上,可测量  $0^\circ \sim 50^\circ$  的外角度;若只装直尺,可测量  $50^\circ \sim 140^\circ$  的任意角度;若只装直角尺,可测量  $140^\circ \sim 230^\circ$  的角度;把直角尺和直尺全拆下,可测量  $230^\circ \sim 320^\circ$  的任意角度,即  $40^\circ \sim 130^\circ$  的内角度。

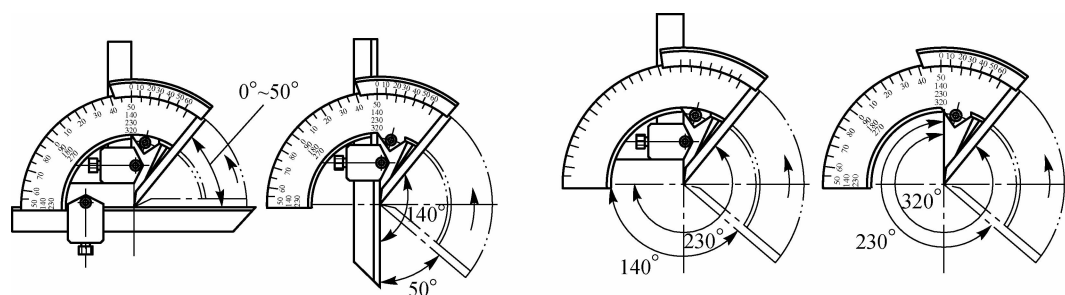


图 1-17 游标万能角度尺的测量范围

### 3) 游标万能角度尺的使用

应用游标万能角度尺测量工件时要根据所测角度适当组合量尺,其应用举例如图 1-18 所示。

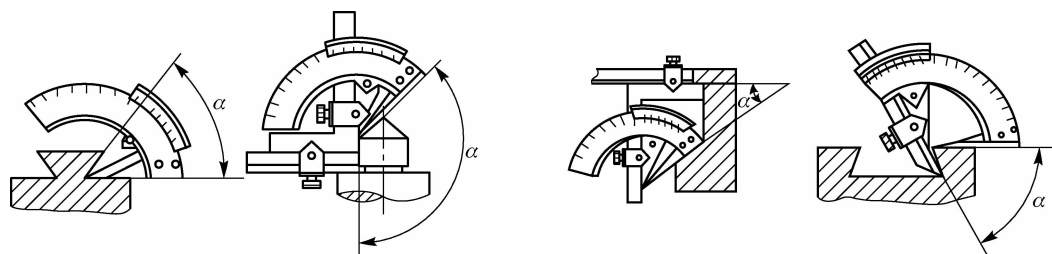


图 1-18 游标万能角度尺的应用实例

## 6. 游标量角器

游标量角器由尺身、转盘、固定角尺、主尺和游标组成,其结构如图 1-19 所示。尺身可沿其长度方向在适当的位置固定,转盘上有游标刻度线,精度为  $5'$ ,主尺上每格角度线度数为  $1^\circ$ ,转盘上自零度线起,左右各刻有 12 条等分角度线,其总角度为  $23^\circ$ ,所以游标上每格角度线度数为

$$\frac{23^\circ}{12} = 115' = 1^\circ 55'$$

主尺上 2 格与转盘上 1 格相差度数为

$$2^\circ - 1^\circ 55' = 5'$$

即游标量角器的精度为  $5'$ 。

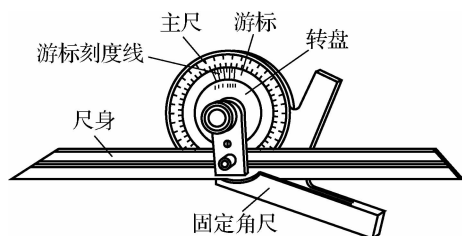


图 1-19 游标量角器的结构

游标量角器的使用方法示例如图 1-20 所示。

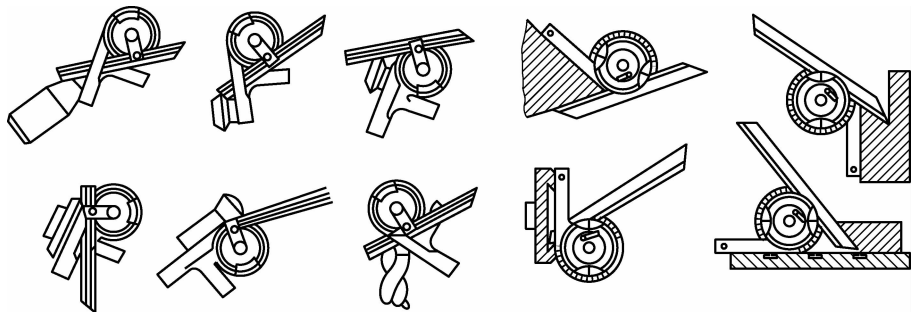


图 1-20 游标量角器的使用方法

## 二、螺旋测微量具的使用

应用螺旋测微原理制成的量具称为螺旋测微量具。它们的测量精度比游标卡尺高,并且测量比较灵活,因此,当加工精度要求较高时多使用螺旋测微量具。常用的螺旋测微量具有百分尺和千分尺。百分尺的精度为 0.01 mm,千分尺的精度为 0.001 mm。习惯上把百分尺和千分尺统称为百分尺或分厘卡。目前应用广泛的是精度为 0.01 mm 的百分尺。

### 1. 外径千分尺

外径千分尺由测砧、测微螺杆、固定套筒、微分筒、测力装置和锁紧装置组成,其结构如图 1-21 所示。

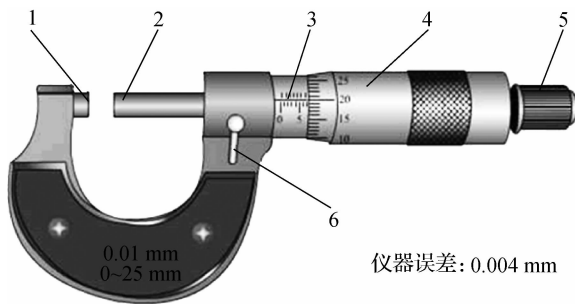


图 1-21 外径千分尺的结构

1—测砧; 2—测微螺杆; 3—固定套筒; 4—微分筒; 5—测力装置; 6—锁紧装置

用外径千分尺测量尺寸时,读数方法如图 1-22 所示。图中所用外径千分尺的精度为 0.01 mm,图 1-22(a)所示度数为  $12\text{ mm} + 0.04\text{ mm} = 12.04\text{ mm}$ ,图 1-22(b)所示度数为  $32.5\text{ mm} + 0.35\text{ mm} = 32.85\text{ mm}$ 。

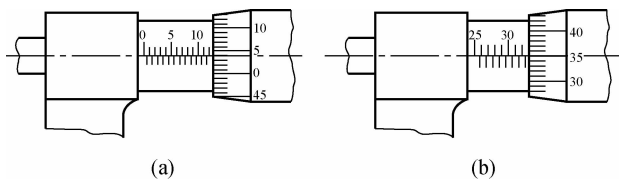


图 1-22 外径千分尺的读数方法

- (1) 读出固定套筒上露出刻度线的毫米数和半毫米数。
- (2) 读出微分筒上小于 0.5 mm 的小数部分。
- (3) 将步骤(1)、(2)中两部分读数相加即为总尺寸。

使用外径千分尺的注意事项与使用游标卡尺基本相同,但是有一点区别是,当测微螺杆快要接触工件时必须使用其端部棘轮(此时严禁使用微分筒,以防测量不准),当棘轮发出“嘎嘎”的打滑声时,表示压力合适,停止拧动,即可读数。图 1-23 所示为外径千分尺的用法。

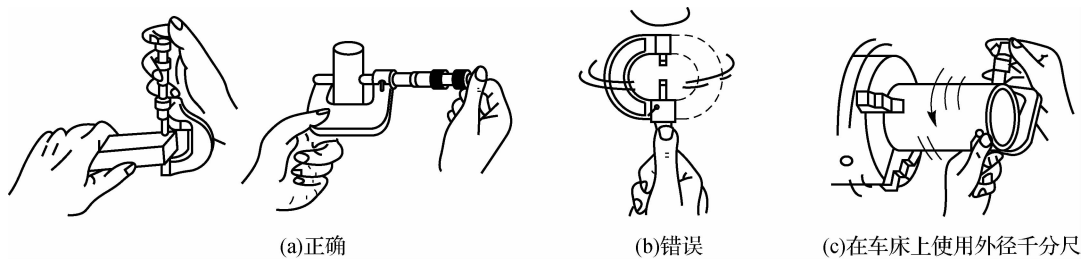


图 1-23 外径千分尺的使用方法

## 2. 内径百分尺

内径百分尺的结构如图 1-24(a)所示,其读数方法与外径千分尺相同。内径百分尺主要用于测量大孔径,可以接上接长杆,以适应不同孔径尺寸的测量,如图 1-24(b)所示。连接接长杆时,只需将保护螺帽旋去,将接长杆的右端(具有内螺纹)旋在百分尺的左端即可,测量范围最大可达到 5 000 mm。内径百分尺与接长杆是成套供应的。

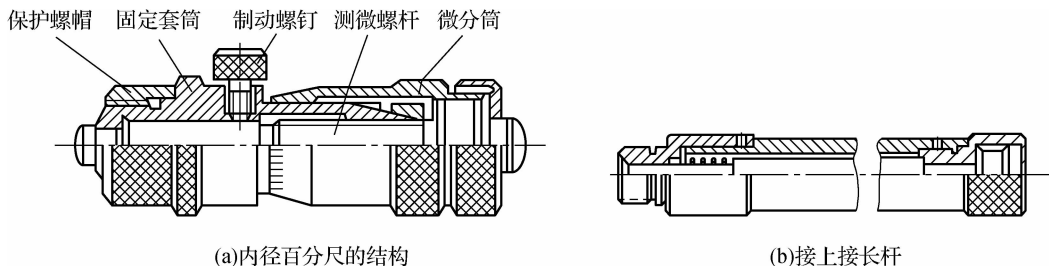


图 1-24 内径百分尺

内径百分尺上没有测力装置,测量压力的大小完全靠手的感觉。测量时,先把内径百分尺大致调整到所测量的尺寸,如图 1-25 所示,然后轻轻放入孔内试测其接触的松紧程度是否合适。一端不动,另一端向左、右、前、后摆动。左右摆动时必须将内径百分尺细心地放在被测孔的直径方向,另一端以点接触,即测量孔径的最大尺寸(最大读数)处,要防止放在图 1-26 所示的错误位置。前后摆动时内径百分尺应放在测量孔径的最小尺寸(最小读数)处。按照这两个要求内径百分尺与孔壁轻轻接触才能读出直径的正确数值。测量时用力把内径百分尺压过孔径的做法是错误的,这样不但导致测量面过早磨损,而且造成细长的测量杆弯曲变形,既损伤量具精度,又使测量结果不准确。

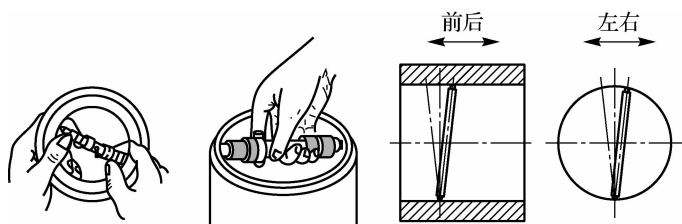


图 1-25 内径百分尺的使用方法

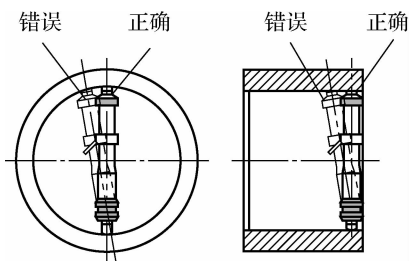


图 1-26 内径百分尺测量时的位置

内径百分尺除可用来测量内径外,也可用来测量槽宽和机体两个内端面之间的距离等内尺寸。但 50 mm 以下的尺寸不能用内径百分尺测量,需用内测百分尺测量。

### 3. 内测百分尺

内测百分尺用于测量小尺寸内径和内侧面槽的宽度,其结构如图 1-27 所示。内测百分尺的特点是容易找正内孔直径,测量方便。国产内测百分尺的精度为 0.01 mm,测量范围有 5~30 mm 和 25~50 mm 两种。内测百分尺的读数方法与外径百分尺相同,只是套筒上的刻线尺寸与外径百分尺相反,另外,它的测量方向和读数方向也都与外径百分尺相反。

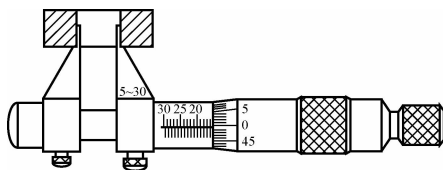


图 1-27 内测百分尺的结构

## 三、指示量具的使用

指示量具是以指针指示出测量结果的量具。车间常用的指示量具有百分表、杠杆百分表和内径百分表等,主要用于校正零件的安装位置,检验零件的形状精度和相互位置精度,以及测量零件的内径等。

### 1. 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。百分表主要用于检测工件的几何公差(如圆度、平面度、垂直度、圆跳动等),也可用于机床上工件的安装找正。百分表的测量精度为 0.01 mm。

百分表的结构如图 1-28 所示。当测量杆向上或向下移动 1 mm 时,通过齿轮传动系统带动大指针转一圈,同时小指针转一格。大指针每转一格的读数值为 0.01 mm,小指针每转一格的读数值为 1 mm。小指针处的刻度范围为百分表的测量范围。测量的大、小指针读数之和即为测量尺寸的变动量。刻度盘可以转动,供测量时大指针对零用。



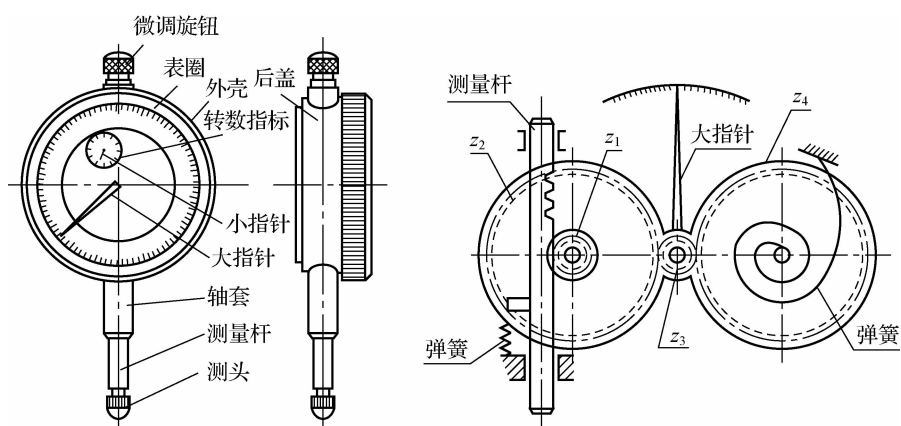


图 1-28 百分表的结构

## 2. 杠杆百分表

杠杆百分表的精度为 0.002 mm,其结构如图 1-29 所示,当测量杆 5 向左摆动时,拨杆 4 推动扇形齿轮 3 上的圆柱销 C 使扇形齿轮 3 绕轴 B 逆时针转动,此时圆柱销 D 与拨杆 4 脱离。当测量杆 5 向右摆动时,拨杆 4 推动扇形齿轮 3 上的圆柱销 D 也使扇形齿轮 3 绕轴 B 逆时针转动,此时圆柱销 C 与拨杆 4 脱离。这样无论测量杆 5 向左还是向右摆动,扇形齿轮 3 总是沿逆时针方向转动。扇形齿轮 3 再带动小齿轮 6 和同轴的端面齿轮 7 经小齿轮 2 由指针 1 在刻度盘上显示数值。

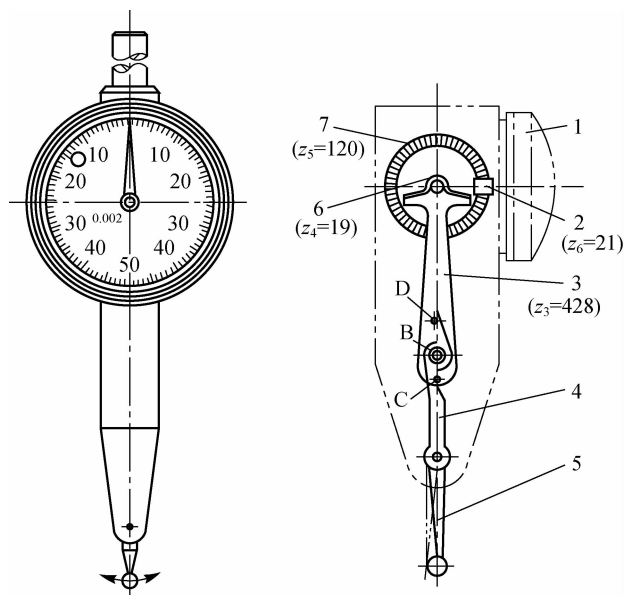


图 1-29 杠杆百分表的结构

1—指针; 2、6—小齿轮; 3—扇形齿轮; 4—拨杆; 5—测量杆; 7—端面齿轮;  
B—轴; C、D—圆柱销

### 3. 内径百分表

内径百分表是内量杠杆式测量架和百分表的组合,如图 1-30 所示。内径百分表用于测量或检验零件的内孔、深孔直径及其形状精度。

内径百分表测量架的内部结构是在三通管 4 的一端装有活动测头 6,另一端装有可换测头 9,垂直于管口一端,通过连杆 3 装有百分表 1。活动测头 6 的移动使传动杠杆 5 回转,通过活动杆 2 推动百分表 1 的测量杆,使百分表 1 的指针产生回转。由于传动杠杆 5 的两侧触点是等距离的,当活动测头 6 移动 1 mm 时,活动杆 2 也移动 1 mm,推动百分表指针回转一圈,所以活动测头 6 的移动量可以在百分表上显示出来。

两触点量具在测量内径时不容易找正孔的直径方向,定心护桥 8 和弹簧 7 就起到了帮助找正直径位置的作用,使内径百分表的两个测头正好在内孔直径的两端。活动测头 6 的测量压力由活动杆 2 上的弹簧控制,以保证测量压力一致。

内径百分表活动测头的移动量小尺寸的只有 0~1 mm,大尺寸的可有 0~3 mm,它的测量范围是由更换或调整可换测头的长度来达到的。因此,每个内径百分表都附有成套的可换测头。国产内径百分表的精度为 0.01 mm,测量范围有 10~18 mm、18~35 mm、35~50 mm、50~100 mm、100~160 mm、160~250 mm、250~450 mm。

指示量具可用磁性表架安装,磁性表架可以吸附在机床主轴或某个部位上,用来找正工件,如图 1-31(a)所示;指示量具也可用万能表架或专用表架安装,用来测量工件高度等,如图 1-31(b)、(c)所示。

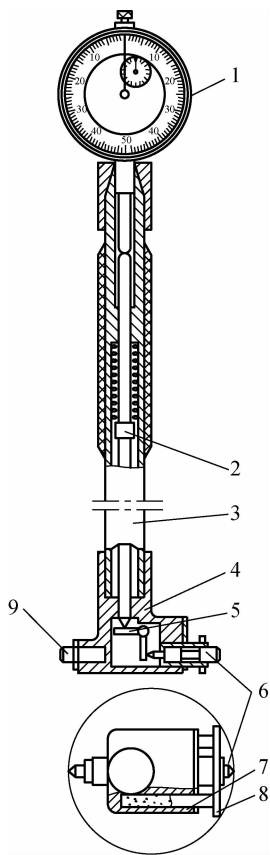


图 1-30 内径百分表

- 1—百分表; 2—活动杆; 3—连杆; 4—三通管;  
5—传动杠杆; 6—活动测头; 7—弹簧;  
8—定心护桥; 9—可换测头

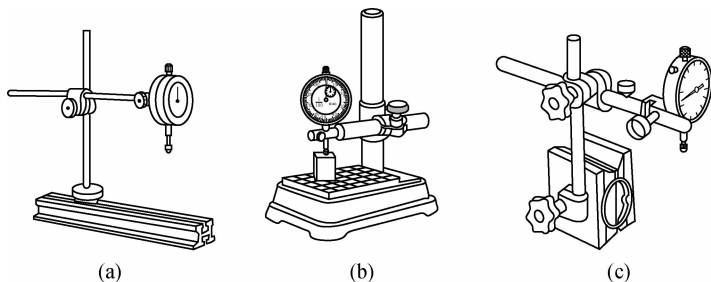


图 1-31 指示量具的安装

各类指示量具的应用如图 1-32 所示。

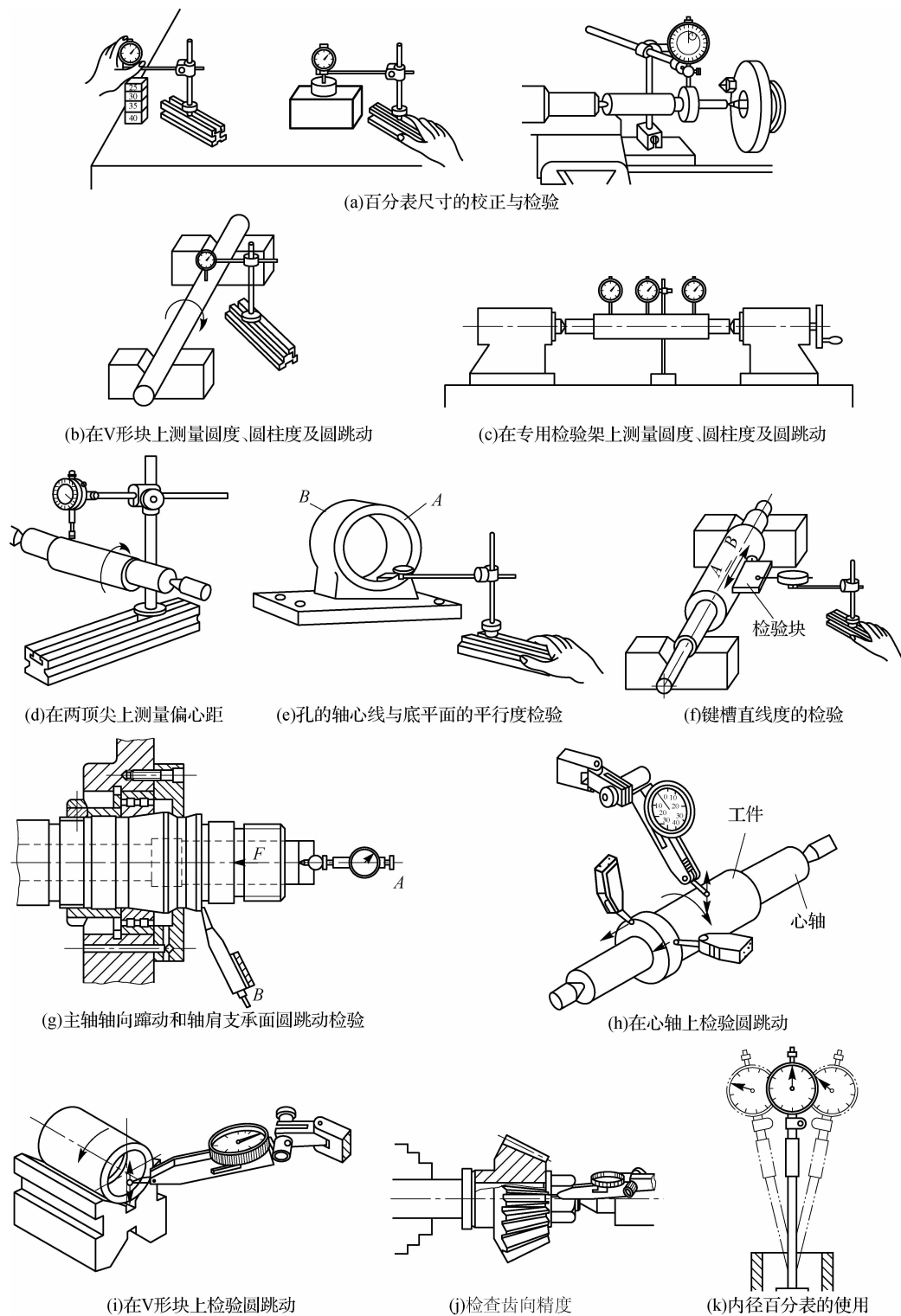


图 1-32 各类指示量具的应用

## 四、其他量具的使用

### 1. 量规

量规是在大批量生产中用来进行检测的一种专用量具,它又分为塞规和卡规两种。

#### 1) 塞规

塞规用于测量孔径和宽槽,如图 1-33 所示,其长度较短的一端称为止端,用于控制工件的最大极限尺寸;其长度较长的一端称为通端,用于控制工件的最小极限尺寸。用塞规测量时,只有当通端能进去止端不能进去时,才能说明工件的实际尺寸在公差范围之内,工件是合格品,否则为不合格。

#### 2) 卡规

卡规是用来测量外径和厚度的,如图 1-34 所示。与塞规类似,卡规的一端为通端,另一端为止端,使用方法和塞规相同。

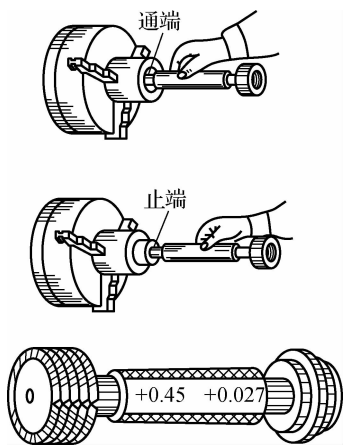


图 1-33 塞规

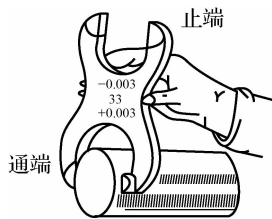


图 1-34 卡规

### 2. 塞尺

塞尺用于检查两贴合面之间的间隙大小,其结构如图 1-35 所示。塞尺由一组薄钢片组成,其厚度为 0.03~0.3 mm。测量时用塞尺直接塞进间隙,当一片或数片(叠合)薄钢片能塞进两贴合面之间时,则一片或数片的厚度(可由每片上的标记读出)即为两贴合面之间的间隙值。使用塞尺时必须先擦拭干净工件和尺面,测量时不能用力太大,以免尺片弯曲和折断。塞尺的应用如图 1-36 所示。

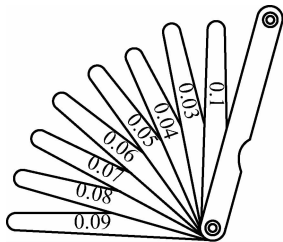


图 1-35 塞尺

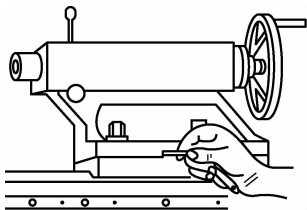


图 1-36 用塞尺检验车床尾座紧固面间隙

### 3. 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具,它的长度有 150 mm、300 mm、500 mm 和 1 000 mm 四种规格。图 1-37 所示为常用的 150 mm 钢直尺。

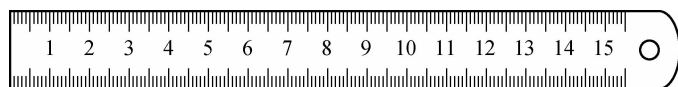


图 1-37 150 mm 钢直尺

钢直尺用于测量零件的长度尺寸,其使用方法如图 1-38 所示。钢直尺的测量结果不太准确。这是由于钢直尺的刻线间距为 1 mm,而刻线本身的宽度就有 0.1~0.2 mm,所以测量时读数误差较大,只能读出毫米数,即它的最小读数值为 1 mm,比 1 mm 小的数值只能靠估计得出。

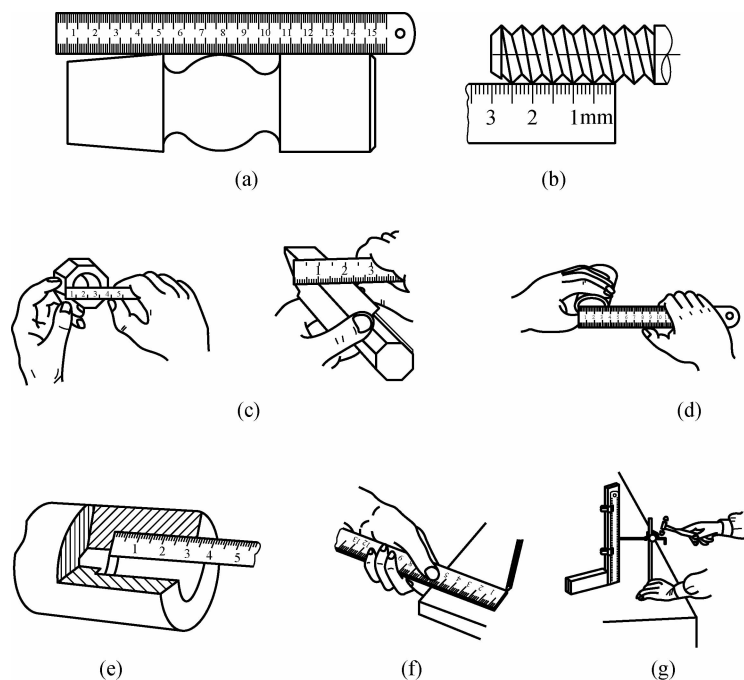


图 1-38 钢直尺的使用方法

如果用钢直尺直接测量零件的直径尺寸(轴径或孔径),则测量精度更差。不仅因为钢直尺本身的读数误差比较大,还因为钢直尺无法保证正好放在零件直径的正确位置。所以零件直径尺寸的测量可以利用钢直尺和内外卡钳配合进行。

### 4. 量块

量块又称为块规,是机器制造业中控制尺寸的最基本的量具,是从标准长度到零件之间尺寸传递的媒介,是技术测量上长度计量的基准。

量块是用耐磨性好、硬度高而不易变形的轴承钢制成矩形截面的长方体,如图 1-39 所示。量块由上、下两个经过精密研磨和抛光加工的很平、很光的平行平面测量面和四个非测量面组成。基本尺寸为 0.5~10 mm 的量块其截面尺寸为 30 mm×9 mm,基本尺寸为 10~

1 000 mm 的量块其截面尺寸为 35 mm×9 mm。

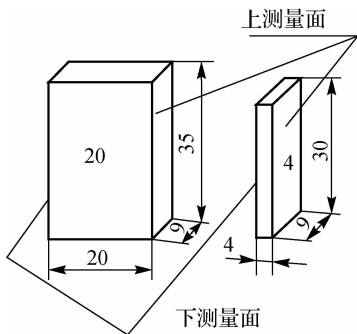


图 1-39 量块

量块的工作尺寸是指量块的中心长度,如图 1-40 所示,即量块的一个测量面的中心至另一个测量面(其表面质量与量块一致)的垂直距离。在每块量块上都标记着它的工作尺寸,当量块尺寸 $\geq 6$  mm 时,工作尺寸标记在非测量面上;当量块尺寸 $< 6$  mm 时,工作尺寸直接标记在测量面上。

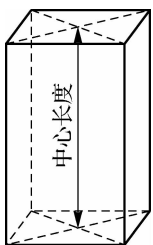


图 1-40 量块的中心长度

量块的精度根据其工作尺寸的精度和两个测量面的平面平行度的准确程度可分为五个等级,即 00 级、0 级、1 级、2 级和 3 级。0 级量块的精度最高,一般仅用于省市计量单位检定或校准精密仪器使用。1 级量块的精度次之,2 级量块更差,3 级量块的精度最低。3 级量块一般为工厂或车间计量站使用,用来检定或校准车间常用的精密量具。

量块是很精密的量具,使用时必须注意如下几方面。

(1)使用前先在汽油中洗去防锈油,再用清洁的麂皮或软绸擦拭干净。不要用棉纱布擦拭量块的测量面,以免损伤量块的测量面。

(2)清洗后的量块不要直接用手去拿,应当用软绸衬起来拿。若必须用手拿量块,应先把手洗净,并且要拿在量块的非工作面上。

(3)把量块放在工作台上时,应使量块的非工作面与台面接触。不要把量块放在蓝图上,因为蓝图表面有残留化学物,会使量块生锈。

(4)不要使量块的测量面与非测量面进行推合,以免擦伤测量面。

(5)量块使用后应及时在汽油中清洗干净,用软绸揩干后涂上防锈油,放在专用的盒子里。若需要经常使用,可在洗净后不涂防锈油,放在干燥的缸内保存。绝对不允许将量块长时间黏合在一起,以免由于金属黏结而引起不必要的损伤。

为了扩大量块的应用范围、使量块便于进行各种测量工作,可采用成套的量块附件。量

块附件中主要的是不同长度的夹持器和各种测量用的量爪,如图 1-41(a)所示。量块组与量块附件装置好后可用于校准量具尺寸,如内径百分尺的校准,以及测量轴径、孔径、高度和进行划线等工作,如图 1-41(b)所示。

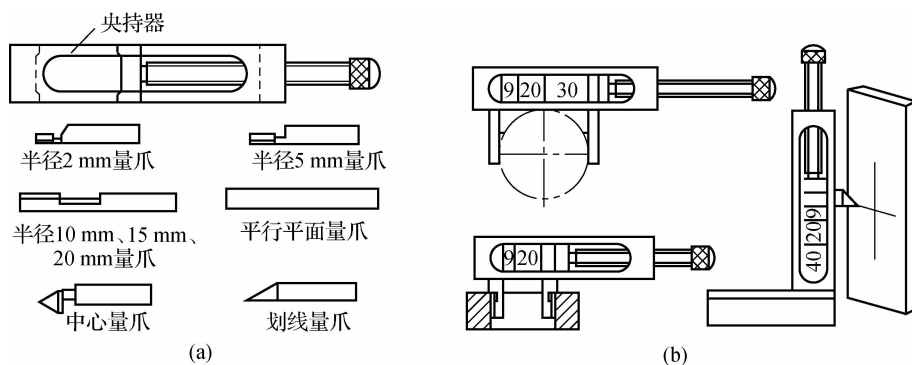


图 1-41 量块的附件及其使用

### 试一试

找一些加工完成的零件,使用相应的量具测量各部位尺寸,练习量具的使用和读数。

### 思考题

- (1) 在数控铣床加工中常用哪些量具?
- (2) 游标卡尺主要用来测量零件的哪些部位?
- (3) 螺旋测微量具主要用于测量零件的哪些部位?
- (4) 如何使用百分表?
- (5) 使用量块时必须注意哪些问题?
- (6) 使用量规时如何判断产品是否合格?
- (7) 使用塞尺时需要注意什么问题?