

国家示范院校工学结合系列教材

GUOJIA SHIFAN YUANXIAO GONGXUE JIEHE XILIE JIAOCAI

矿山机械 维修与技能训练

KUANGSHAN JIXIE Weixiu Yu Jineng Xunlian

王志甫 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

结合系列教材

矿山机械维修与技能训练

主 编 王志甫

副主编 李宗欣 李冠亚 倪 勇

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

该书采用模块化形式编写,系统讲述了矿用绞车、提升机、水泵、空压机、通风机等的维修与调整方法。适合高职、中职院校机电类专业使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿山机械维修与技能训练 / 王志甫主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1995 - 4

I. ①矿… II. ①王… III. ①矿山机械—机械维修
IV. ①TD407

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)196601 号

书 名 矿山机械维修与技能训练

主 编 王志甫

责任编辑 付继娟 耿东锋

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 《中国平煤神马报》社有限公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 523 千字

版次印次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着我国煤炭工业的迅速发展,煤矿企业对技术工人的知识和技能水平提出了更高、更新的要求。为了适应煤炭职业技术教学改革的需要,更好地满足职业技术学院矿山机电专业的教学要求,我们依据工学结合的教学模式要求,组织一线教师和行业专家开发了矿山机械设备维修与技能训练课程。

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,紧密结合培养目标,坚持够用、实用的原则,同时,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本的技能与核心技能的训练,突出了实用性,更适合于煤炭企业。

这次教材编写工作的重点有以下几个方面:

第一,突出职业教育特色,重视实践能力的培养。根据煤矿技术专业毕业生所从事职业的实际需要,适当调整专业知识的深度和难度,合理确定学生应具备的知识结构和能力结构,同时,进一步加强实践性教学内容,以满足企业对技能型人才的需求。

第二,体现行业发展现状和趋势。在教材中较多地介绍煤炭行业的新知识、新技术、新工艺和新设备,突出教材的先进性,同时,在教材编写过程中,严格执行国家有关技术标准。

第三,创新教材编写模式。按照教学规律和学生的认知规律,合理安排教材内容,并注重利用图表、实物照片及案例辅助讲解知识点和技能点,为学生营造生动、直观的学习环境。

本书采用了模块形式,课题引领,任务驱动,内容由浅入深,不但有理论分析的导入,而且总结了比较丰富的设备维修技能和实践操作技能,实用性强。主要内容包括钳工操作常识及常用器具的使用,通用零件的修理,液压元件的维修,矿井提升设备的维修、装配与调试,通风机的检修、装配与试运转,多级离心式水泵的拆装、维护与调试和空压机的维修、调整与试运转等。

本书由王志甫任主编,李宗欣、李冠亚、倪勇任副主编。其中模块一、三由王志甫编写;模块六由李宗欣编写;模块二、四、五由李冠亚编写;模块七、八由倪勇编写;模块九由马宪超编写。

本次教材编写工作得到了中国平煤神马集团厂矿企业的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

编 者
2013年2月

目 录

项目一 矿山机械维修基本技能训练

模块一 钳工操作常识及常用器具的使用.....	3
课题一 钳工操作常识.....	3
课题二 钳工常用量具测量技能.....	9
课题三 起重器具的使用	14
模块二 通用零件的修理	22
课题一 固定连接的维修	22
课题二 传动机构的维修	32
任务一 带传动机构和链传动机构的修配	32
任务二 齿轮传动机构和蜗杆传动机构的修配	38
课题三 轴承的修理	48
任务一 滑动轴承的装配、调整与修理.....	48
任务二 滚动轴承的拆卸、装配与调整.....	52
课题四 轴组的维修	57
课题五 联轴器的安装、检查与调整.....	61
模块三 机械零件的修理方法	76
课题一 零件的焊接修理	76
课题二 零件的电镀修复	86
课题三 零件的金属电喷涂修复	91
模块四 机械设备的安装	95
课题一 设备安装的准备工作	95
课题二 机器和基础的连接.....	100
课题三 机械设备的安装.....	112
课题四 机械设备的试运转.....	117

项目二 矿山机械设备专业技能

模块五 矿用绞车修理与安装.....	123
课题一 JSDB 系列双速多用绞车	123

课题二	JH 系列回柱绞车	136
课题三	JD 系列调度绞车	146
模块六	矿井大型提升机修理、安装与调试	158
课题一	矿井大型提升机修理与安装	158
课题二	矿井提升机的预防性检修与调试	170
任务一	矿井提升机的预防性检修	170
任务二	JK 型矿井提升机的调试	173
课题三	多绳摩擦式提升机修理与安装	180
任务一	多绳摩擦式提升机的型号意义和工作原理	180
任务二	多绳摩擦式提升机主要结构的安装与调整	183
任务三	多绳摩擦式提升机的使用操作及维护保养方法	209
模块七	多级离心式水泵的拆装、维护与调试	219
课题一	多级离心式水泵的检查与故障处理	219
课题二	多级离心式水泵的修理	228
课题三	多级离心式水泵的装配与试运转	235
模块八	空压机的维修、调整与试运转	240
课题一	空压机的维修和故障处理	240
课题二	空压机的修理与装配	249
任务一	空压机曲轴、连杆的修理与装配	250
任务二	十字头、活塞的修理与装配	257
任务三	气缸的修理与装配	265
任务四	气阀及填料装置的修理与装配	268
课题三	空压机的检修、调整及试运转	275
课题四	螺杆式空压机的操作、维护和故障处理	284
任务一	螺杆式空压机的操作	284
任务二	螺杆式空压机的维护和保养	297
模块九	矿井通风机的故障处理、检修与装配	310
课题一	通风机的日常维护和故障处理	310
课题二	通风机主要部件的检修与装配	315
参考文献		321

项目一

矿山机械维修基本技能训练

模块一 钳工操作常识及常用器具的使用

钳工利用台虎钳和各种手用工具以及一些简单机械设备来完成目前采用其他机械加工方法不适宜或还不能解决的加工任务。

钳工的主要任务是对产品零件进行加工、装配及对机械设备进行维护和修理。

本模块主要介绍钳工操作常识、钳工常用量具的测量技能、钳工常用设备机具的使用和保养及刀具的刃磨等内容。

课题一 钳工操作常识



知识点

- 钳工工作场地的规章制度。
- 钳工的安全文明生产要求。



技能点

- 钳工常用设备的操作、保养。



任务目标

- 了解钳工常用设备的操作、保养。
- 熟悉钳工实习场地的规章制度及安全文明生产要求。



任务分析

钳工工作场地是指钳工的固定工作地点。合理组织和安排钳工工作场地,是保证产品质量和安全生产的一项重要措施。



任务实施

一、钳工工作场地的合理组织

1. 钳工工作台的合理布局

钳工工作台应安放在光线适宜、工作方便的地方。面对面使用钳工工作台,应在两个工作台中间安置安全网。砂轮机、钻床应设置在场地的边缘,尤其是砂轮机,一定要安放在安全、可靠的位置。

2. 工件的正确摆放

毛坯、半成品和工件要分别摆放整齐,并尽量放在工件搁架上,以免磕碰。

3. 工、夹、量具的合理摆放

常用工具、夹具和量具应放在工作位置附近,保证取用方便,不能任意堆放,以免损坏。工具、夹具和量具用后应及时清理、维护和保养,并且妥善放置。

4. 保持清洁

工作场地应保持清洁,工作或训练后应按要求对设备进行清理、润滑,并把工作场地打扫干净。

二、安全文明生产

执行安全操作规程、遵守劳动纪律、严格按工艺要求操作是保证产品质量的重要前提。安全保证生产,生产必须安全。

安全文明生产的一般要求如下:

- (1) 工作前按要求穿戴好防护用品。
- (2) 不准擅自开动或使用不熟悉的机床、工具和量具。
- (3) 右手取用的工具放在右边,左手取用的工具放在左边,严禁乱堆乱放。
- (4) 毛坯、半成品应按规定堆放整齐,并随时清除油污、异物等。
- (5) 清除切屑要用刷子,不准用手清除或用嘴吹。
- (6) 使用电动工具时,要有绝缘防护和安全接地措施。

使用电动工具的安全操作要求如下:

- (1) 长期搁置不用的电动工具,在启用前必须进行电气检查。
- (2) 电源电压波动不得超过额定电压的 10%。
- (3) 各种电动工具的塑料外壳要妥善保护,不得碰裂,不能与汽油及其他溶剂接触,不准使用塑料外壳已经破损的电动工具。
- (4) 使用非双重绝缘结构的电动工具时,必须戴橡皮绝缘手套,穿胶鞋或站在绝缘板上,以防漏电。
- (5) 使用电动工具时,必须握持工具的手柄,不准拉着电气软线拖动工具,以防因软线被擦破或割伤而造成触电事故。

三、钳工工作台

钳工工作台也称钳工台或钳桌,如图 1-1 所示。其主要作用是安装台虎钳和存放钳工常用的工、夹、量具。

使用钳工工作台的注意事项如下:

- (1) 操作者站在钳工工作台没有防护网的一面工作,对面不许有人。必要时,钳工工作台应设置密度适当的安全网。
- (2) 钳工工作台上使用的照明设备电压不得超过 36 V。
- (3) 钳工工作台上的杂物要及时清理,工具、量具和夹具要分开放置,以免混放损坏。
- (4) 摆放工具时,不能让工具伸出钳工工作台边缘,以免被碰落而砸伤人。

四、台虎钳

台虎钳是用来夹持工件的通用夹具,其规格以钳口宽度来表示,常用规格有 100 mm、125 mm、150 mm 等。

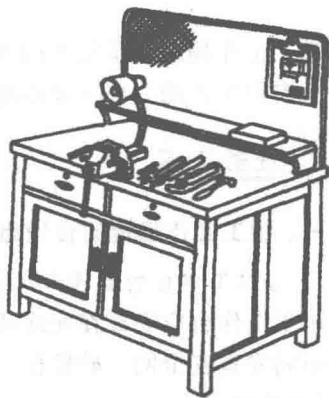


图 1-1 钳工工作台

台虎钳有固定式和回转式两种,如图 1-2 所示。两者的主要结构和工作原理基本相同,不同的是回转式台虎钳比固定式台虎钳多一个底座,工作时钳身可在底座上回转,因此使用方便,应用范围广,可满足不同方位的加工需要。

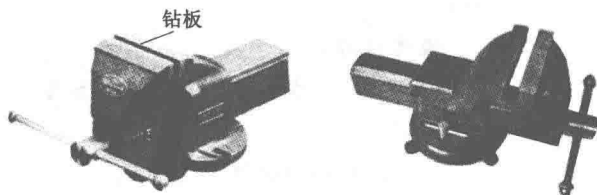


图 1-2 台虎钳

(a) 固定式台虎钳;(b) 回转式台虎钳

操作练习:

- (1) 对台虎钳进行拆装,了解台虎钳的结构,熟悉各个手柄的作用。
- (2) 对工件进行夹紧、松开及回转盘的转动、固定等基本动作练习。
- (3) 进行台虎钳的日常保养练习。

使用台虎钳的注意事项如下:

- (1) 夹紧工件时要松紧适当,只能用手扳紧手柄,不得借助其他工具加力。
- (2) 强力作业时,应尽量使力朝向固定钳身。
- (3) 不许在活动钳身和光滑平面上敲击。
- (4) 对丝杆、螺母等活动表面应经常清洗、润滑,以防生锈。

五、砂轮机

砂轮机是用来刃磨各种刀具、工具的常用设备,由电动机、砂轮机座、托架和防护罩等部分组成,如图 1-3 所示。砂轮较脆,且转速很高。

使用前应该首先了解砂轮机的结构,调整托架,使其与砂轮的距离不大于 3 mm。

操作练习:

- (1) 进行磨削练习。
- (2) 进行更换砂轮和砂轮机日常保养的练习。

使用砂轮机时应严格遵守以下安全操作规程:

- (1) 砂轮机的旋转方向要正确,必须使磨屑向下飞离砂轮。
- (2) 砂轮机启动后,应在砂轮旋转平稳后再进行磨削。若砂轮跳动明显,应及时停机修整。
- (3) 砂轮机托架和砂轮之间的距离应保持在 3 mm 以内,以防工件扎人造成事故。
- (4) 磨削时应站在砂轮机的侧面,且用力不宜过大。

六、台式钻床

台式钻床简称台钻,它结构简单,操作方便,常用于小型工件钻、扩直径小于 12 mm 的孔。常用的 Z4025B 型台式钻床如图 1-4 所示。台式钻床主轴转速较高,常用 V 带传动,由



图 1-3 砂轮机

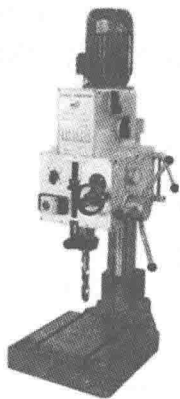


图 1-4 Z4025B 型台式钻床

五级带轮变换转速。台式钻床主轴的进给只有手动进给,而且一般都具有表示或控制钻孔深度的装置,如刻度盘、刻度尺、定程装置等。钻孔后,主轴能在弹簧的作用下自动上升复位。

操作练习:

(1) 了解台式钻床的结构,熟悉各个手柄的作用,并进行润滑练习。

(2) 使主轴由低速到高速逐级进行变速练习。

(3) 练习手动进给,逐步掌握匀速进给。

(4) 单项操作熟练后,可进行钻头装夹及空转练习。

台式钻床使用规则及维护保养措施如下:

(1) 在使用过程中,必须保持工作台面清洁。

(2) 钻通孔时,必须使钻头能通过工作台上的让刀孔,或在工件下面垫上垫铁,以免损坏工作台面。

(3) 下班时必须将台式钻床外露滑动面及工作台面擦净,并对各滑动面及注油孔加注润滑油。

七、立式钻床

立式钻床简称立钻,常用的 Z5040 型立式钻床的结构如图 1-5 所示。立式钻床一般用来钻中、小型工件上的孔,其最大钻孔直径有 $\phi 24$ mm、 $\phi 35$ mm、 $\phi 40$ mm、 $\phi 50$ mm 几种。

主轴变速箱 1 位于机床顶部,主电动机安装在它的后面。主轴变速箱左侧有两个变速手柄,参照机床的变速标牌,调整这两个手柄位置,能使主轴 3 获得 8 种不同的转速。

进给变速箱 2 位于主轴变速箱和工作台 6 之间,安装在立柱 5 的导轨上。进给变速箱的高度可按被加工工件的高度进行调整。调整前须首先松开锁紧螺钉,待调整到所需高度,再将锁紧螺钉锁紧即可。进给变速箱左侧的手柄为主轴正、反转启动或停止的控制手柄,正面有两个较短的进给变速手柄,按变速标牌指示的进给速度扳动手柄,可获得所需的机动进给速度。

在进给变速箱的右侧有三星式进给手柄 4,这个手柄连同箱内的进给装置称为进给机构,工作中可根据需要选择机动进给、手动进给、超越进给或攻螺纹进给等不同的进给方式。

工作台 6 安装在立柱导轨上,可通过安装在工作台下面的升降机构进行操纵,转动升降手柄即可调节工作台的高度。

在立柱左边底座凸台上安装着冷却泵和冷却电动机,开动冷却电动机即可输送切削液对刀具进行冷却润滑。

立式钻床使用规则及维护保养如下:

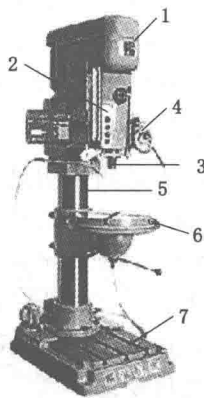


图 1-5 Z5040 型立式钻床

- 1——主轴变速箱;
- 2——进给变速箱;3——主轴;
- 4——进给手柄;5——立柱;
- 6——工作台;7——底座

- (1) 立式钻床使用前必须先空转试车,在机床各机构都能正常工作时才可操作。
- (2) 工作中不采用机动进给时,必须将三星式进给手柄端盖向里推,断开机动进给传动。
- (3) 变换主轴转速或机动进给量,必须在停车后进行。
- (4) 经常检查润滑系统的供油情况。
- (5) 立式钻床一级维护保养内容和要求参见表 1-1。

表 1-1 立式钻床一级保养内容和要求

保养部分	保养内容及要求
机床外表	(1) 清洗机床外表面及死角,拆洗各罩盖,要求罩盖内无锈蚀、无污迹,做到“漆见本色,铁见亮” (2) 清除导轨面及工作台面上的磕碰、毛刺 (3) 检查并补齐螺钉、手柄和手球 (4) 清洗工作台、丝杠、齿条和圆锥齿轮,要求无油垢
主轴和进给箱	(1) 检查油质、油量是否符合要求 (2) 清除主轴锥孔的毛刺 (3) 检查、调整电动机的传动带,使其松紧适当 (4) 检查各手柄是否灵活,各工作位置是否可靠
润滑	要求油杯齐全、油路畅通、油窗明亮、油毡洁净
冷却	(1) 清洗冷却泵、过滤器及冷却油槽 (2) 检查切削液管路,保证无渗漏现象
电器	清洁电动机及电器箱(必要时配合电工进行)

八、摇臂钻床

摇臂钻床主要用于中型或较大工件的孔加工。其特点是操纵灵活、方便,摇臂不仅能升降,而且还可以绕立柱 360°旋转。Z3050×16 型摇臂钻床如图 1-6 所示。工件安装在底座上面的工作台 5 上。主轴箱 3 装在可绕垂直立柱 2 回转的摇臂 4 上,并可沿着摇臂上的水平导轨往复移动,这两种运动可将主轴 1 调整到机床加工范围内的任何位置上。因此,在摇臂钻床上加工多孔的工件时,工件可以不动,只要调整摇臂和主轴箱在摇臂上的位置,即可方便地对准孔中心进行加工。此外,摇臂还可沿立柱升降,使主轴箱的高度适合工件加工部位的高度。

操作练习:

- (1) 了解钻床的结构,熟悉各个手柄的作用。
- (2) 进行主轴变速及进给练习。
- (3) 进行主轴箱水平移动练习。
- (4) 进行摇臂升、降及固定练习。
- (5) 进行钻头装夹练习。

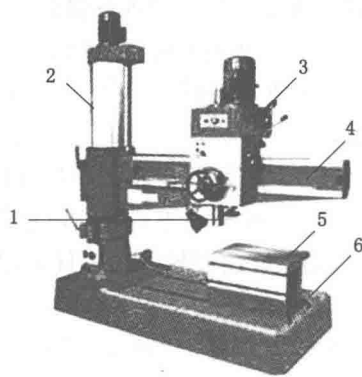


图 1-6 Z3050×16 型摇臂钻床
1——主轴;2——立柱;3——主轴箱;
4——摇臂;5——工作台;6——底座



知识拓展

其他常用电动工具的使用

1. 手电钻

手电钻是一种常用电动工具,有手提式和手枪式两种,如图 1-7 所示。在大型夹具和模具装配时,当受工件形状或加工部位限制不能用钻床钻孔时,可用手电钻加工。手电钻的电源电压分单相(220 V、36 V)和三相(380 V)两种。

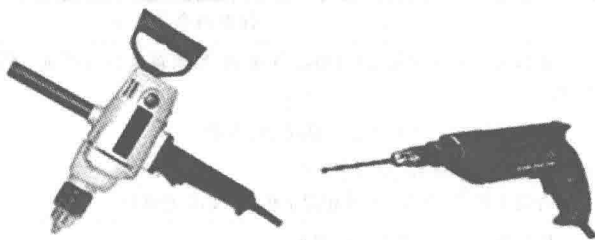


图 1-7 手电钻
(a) 手提式;(b) 手枪式

使用手电钻时必须注意以下两点:

- (1) 手电钻使用前,须开机空转 1 min,检查传动部分是否正常,如有异常,应排除故障后再使用。
- (2) 钻头必须锋利,钻孔时不宜用力过猛。当孔将要被钻穿时,应相应减小压力,以防发生事故。

2. 电磨头

电磨头属于高速磨削工具,如图 1-8 所示,适用于在工具、夹具、模具的装配调整中,对各种形状复杂的工件进行修磨或抛光。

使用电磨头时应注意以下几点:

- (1) 使用前须空转 2~3 min,检查旋转声音是否正常,若有异常,则应排除故障后再使用。
- (2) 新安装的砂轮必须进行修整。
- (3) 砂轮外径不得超过电磨头铭牌上所规定的尺寸。工作时砂轮和工件的接触力不宜过大,更不能用砂轮冲击工件,以防发生事故。

3. 电剪刀

电剪刀如图 1-9 所示,它使用灵活,携带方便,能用来剪切各种几何形状的金属板材。用电剪刀剪切后的板材,具有板面平整、变形小、质量好的优点,因此它也是对各种复杂的大型板材进行落料加工的主要工具之一。

使用电剪刀时应注意以下几点:

- (1) 开机前应检查整机各螺钉是否紧固,然后开机空转,运转正常后,才可使用。
- (2) 剪切时,两刀刃的间距须根据材料厚度进行调试。
- (3) 小半径剪切时,须将两刃口间距调至 0.3~0.4 mm。

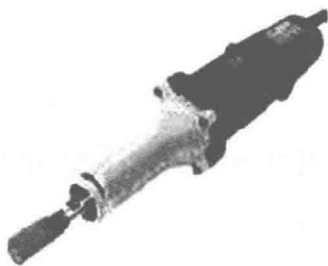


图 1-8 电磨头

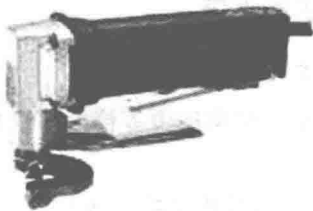


图 1-9 电剪刀



思考练习题

一、填空题

1. 台虎钳是用来_____的通用夹具,有_____和_____两种,其规格以_____来表示。
2. 台式钻床简称台钻,常用于_____工件孔的加工。台式钻床主轴转速较高,常用_____传动,由_____变换转速。台式钻床主轴的进给只有_____进给。
3. 立式钻床一般用来钻_____工件上的孔,摇臂钻床主要用于_____工件的孔加工。其特点是_____,摇臂不仅能升降,而且还可以绕立柱_____旋转。

二、简答题

1. 使用钳工工作台的注意事项有哪些?
2. 使用台虎钳的注意事项有哪些?
3. 简述使用电动工具的安全操作要求。

课题二 钳工常用量具测量技能



知识点

- 游标卡尺、千分尺、万能角度尺的读数方法。



技能点

- 应用各种量具进行工件测量。



任务目标

熟练掌握应用常用量具测量工件的操作技能。



任务分析

钳工在生产中离不开各种量具与量仪。熟悉不同量具和量仪的性能及结构特点,正确选用与被测工件精度相适应的量具、量仪,掌握正确的使用方法,可以减小测量误差,保证产品质量。



任务实施

一、卡尺的使用

卡尺是一种常用中等精度的量具,可以直接测量零件的外径、内径、长度、深度、宽度和孔距。

1. 游标卡尺的读数方法

用游标卡尺测量工件时,读数分三个步骤:

第一步,读出尺身上的整数尺寸,即游标上零线左侧尺身上的毫米整数值。

第二步,读出游标上的小数尺寸,即用与尺身上某刻线对齐的游标上的刻线格数乘以该游标卡尺的游标分度值,即得毫米内的小数值。

第三步,把尺身上和游标上的两个数值相加即为所测工件的尺寸读数。

图 1-10 所示为几种不同精度游标卡尺的读数方法。

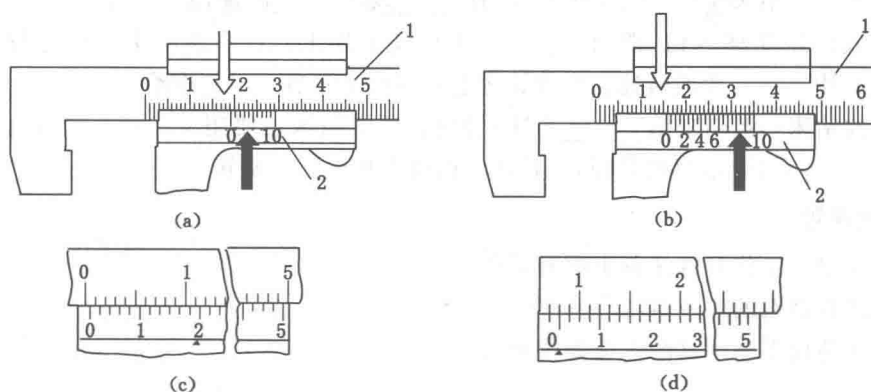


图 1-10 游标卡尺的读数方法

(a) 测量精度为 0.1 mm, 读数为 18.4 mm; (b) 测量精度为 0.05 mm, 读数为 15.85 mm;

(c) 测量精度为 0.02 mm, 读数为 0.22 mm; (d) 测量精度为 0.02 mm, 读数为 7.02 mm

1——尺身; 2——游标

2. 电子数显卡尺

电子数显卡尺具有读数直观、使用方便、功能多样的特点。如图 1-11 所示,它主要由尺身、传感器、控制运算部分和数字显示部分组成。使用时,传感器将尺框位移量转换成电信

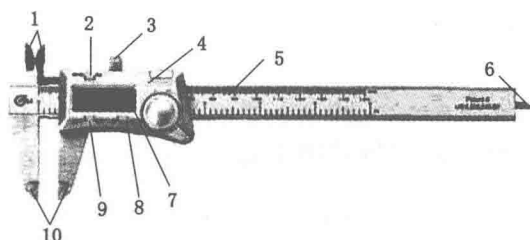


图 1-11 电子数显卡尺

1——内径卡爪; 2——公制/英制转换按钮; 3——紧固螺钉; 4——移动尺框; 5——尺身;

6——深度探针; 7——数字显示屏; 8——清零按钮; 9——数显开关; 10——外径卡爪

号输入控制运算部分进行运算,再由数字显示部分将测量结果显示出来,直接读数即可。

3. 带表卡尺

带表卡尺如图 1-12 所示,也叫附表卡尺、表盘式卡尺。它是运用齿轮齿条传动原理将两测量面的相对移动转变为指示表指针的回转运动,并借助尺身标尺和指示表进行读数的测量器具。与游标卡尺比较,它只有尺身没有游标,其游标所示数字通过指示表盘表示,比游标卡尺读数更快捷、准确、方便。



图 1-12 带表卡尺

用带表卡尺测量工件时,读数步骤与游标卡尺类似:

第一步,读出尺身上的毫米整数尺寸。

第二步,读出指示表上指针所指的小数尺寸。

第三步,把尺身上和指示表上的两个数值相加即为尺寸读数。

带表卡尺使用时应注意:需要防振和防尘。振动轻则会导致指针偏移零位,强则会导致内部机芯和齿轮脱离,影响示值。灰尘会影响精度,如有较大的铁屑进入齿条,不小心拉动可能会导致传动齿崩裂,卡尺报废。

4. 测量操作

测量前应将测量面擦干净,同时检查各部件是否完好及零位是否对齐。测量时,内、外量爪应张开到略大于被测尺寸,先将卡尺测量面贴靠在工件测量基准面上,并使卡尺测量面与工件正确接触,然后把紧固螺钉拧紧,读出读数,如图 1-13 所示。不可使卡尺处于歪斜位置时测量,如图 1-14 所示。

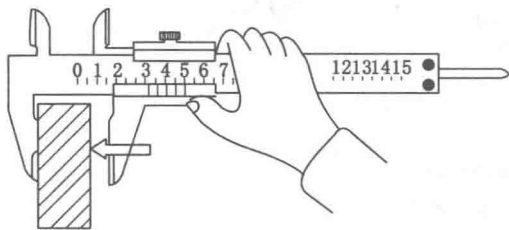


图 1-13 卡尺的正确使用方法

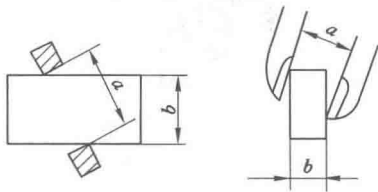


图 1-14 卡尺的测量面与工件错误接触

二、千分尺的使用

千分尺是一种精密的量具,其精度比游标卡尺高,而且比较灵敏。因此,对于一些加工精度要求较高的零件尺寸,要用千分尺来测量。千分尺按用途和结构可分为外径千分尺、内径千分尺和深度千分尺等。外径千分尺是最常用的一种。

1. 读数方法

千分尺的读数方法可分三步,如图 1-15 所示:

第一步,读整毫米数和半毫米数。读出微分筒左边固定套筒上露出刻线的整毫米数和半毫米数。

第二步,读出小于 0.5 mm 的小数部分。读出与固定套筒基准线对准的微分筒上的格数,乘以千分尺的分度值 0.01 mm,即得小于 0.5 mm 的小数读数。