



中等职业教育“十二五”规划教材



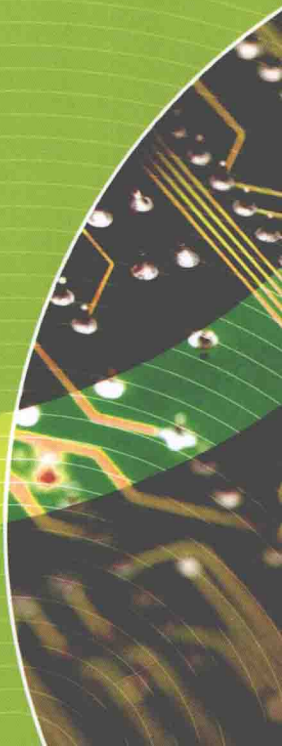
电工技术

基础与技能

主编 吴远勤 黄晓华 黄文皓



航空工业出版社



中等职业教育“十二五”规划教材

电工技术基础与技能

主 编 吴远勤 黄晓华 黄文皓

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书依据教育部 2009 年颁布的“中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲”编写，共分 7 章，内容包括认识实训室与安全用电、电路的基本概念、直流电路、电容和电感、正弦交流电、单相正弦交流电路和三相正弦交流电路。

本书以应用为主线，加强技能训练，图文并茂，生动活泼，突出了“做中学、做中教”的职业教学特色，可以作为中等职业学校电子信息类、电气电力类等专业的教学用书，也可作为相关行业的岗位培训教材或自学参考书。

图书在版编目（C I P）数据

电工技术基础与技能 / 吴远勤，黄晓华，黄文皓主
编. — 北京：航空工业出版社，2014. 2
ISBN 978-7-5165-0363-8

I. ①电… II. ①吴… ②黄… ③黄… III. ①电工技
术—中等专业学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 017726 号

电工技术基础与技能 Diangong Jishu Jichu yu Jineng

航空工业出版社出版发行

（北京市朝阳区北苑路 2 号院 100012）

发行部电话：010-84936555 010-64978486

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2014 年 2 月第 1 版

2014 年 2 月第 1 次印刷

开本：787×1 092

1/16

印张：13

字数：301 千字

印数：1—5000

定价：28.00 元



本书依据教育部 2009 年颁布的“中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲”，同时参考电工职业资格标准编写。教材严格按照“教学大纲”对课程教学目标的要求，紧密结合中等职业学校的教学实际和学生特点，旨在培养学生的实践能力和自主学习能力，提高学生的综合素质和职业能力，增强学生适应职业变化的能力，从而为学生职业生涯的发展奠定基础。

本书将知识与技能进行科学归类，把“电工技术基础与技能”课程的学习过程分为 7 章，即认识实训室与安全用电、电路的基本概念、直流电路、电容和电感、正弦交流电、单相正弦交流电路和三相正弦交流电路。在每一章中穿插与学习内容相关的实训项目，将相关技能与各章知识点同步推进。各章内容的学时分配可以参照下表：

教学内容	必修学时	选修学时	合 计	教学内容	必修学时	选修学时	合计
第 1 章	4		4	第 5 章	6		6
第 2 章	12		12	第 6 章	14	10	24
第 3 章	6	8	14	第 7 章	5	4	9
第 4 章	8	6	14	合 计	55	28	83

在编写过程中，本书努力体现中等职业教育“以服务为宗旨，以就业为导向”的教学方针，力求做到知识够用，技能实用，基本概念和原理叙述准确，引用数据科学可靠，体现电工基本理论在生产生活中的实际应用。

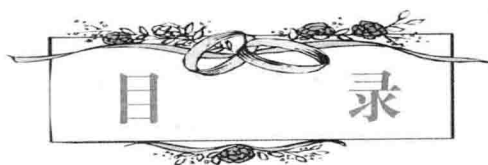
此外，本书讲述形式灵活多样，设有“想一想”、“练一练”、“知识角”、“小提示”、“知识拓展”等板块，密切结合电工技术领域的新知识、新技术、新工艺和新材料，不仅能拓展知识广度，还可以激发学生的学习兴趣，强化学生的独立思考能力和动手能力。

本书结构合理、知识实用、重点突出、通俗易懂、教学适用性强，配有课后习题答案和精美教学课件，读者可登录北京金企鹅文化发展中心网站（<http://www.bjjqe.com>）下载。

本书由吴远勤、黄晓华、黄文皓担任主编，黄平、段平平、华爱琴、孙晓平担任副主编，参加编写的还有朱运晓、姚非非等。在编写过程中，作者参考了大量的文献资料，同时得到了一线维修电工技师的支持和帮助，在此致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥与疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正，提出宝贵意见，以便进一步修订和完善。

编 者
2014 年 1 月



第1章 认识实训室与安全用电	1
1.1 认识实训室	1
1.1.1 熟悉电工实训环境	1
1.1.2 认识交、直流电源	2
1.1.3 认识常用电工工具	3
1.1.4 认识电工仪器仪表	7
1.1.5 了解实训室操作规程	10
1.2 安全用电常识	11
1.2.1 安全电压与人体触电的类型	11
1.2.2 引发人体触电的常见原因	14
1.2.3 防止人体触电的保护措施	15
1.2.4 人体触电的现场处理方法	16
1.2.5 电气火灾的防范与扑救	18
本章小结	20
思考与练习	21
第2章 电路的基本概念	22
2.1 电路的组成与电路模型	22
2.1.1 电路的定义与组成	22
2.1.2 电路的三种工作状态	24
2.1.3 电路模型与元器件符号	24
2.2 电路的基本物理量	25
2.2.1 电流、电位、电压和电动势	25
2.2.2 电能、电功和电功率	28
2.3 电阻与电阻器	31
2.3.1 电阻及电阻定律	31
2.3.2 电阻器的识别方法	32
2.3.3 电阻与温度的关系	35
2.4 部分电路欧姆定律与伏安特性曲线	36



2.4.1 部分电路欧姆定律	36
2.4.2 伏安特性曲线	37
实训项目一 用万用表测量直流电压和直流电流	38
实训项目二 用万用表测量电阻	46
本章小结	49
思考与练习	51
第3章 直流电路	52
3.1 全电路欧姆定律	52
3.1.1 全电路欧姆定律	52
3.1.2 负载获得最大功率的条件	53
3.2 电阻的连接方式	54
3.2.1 电阻的串联	54
3.2.2 电阻的并联	55
3.2.3 电阻的混联	57
3.3 电源的两种模型	58
3.3.1 电压源	59
3.3.2 电流源	60
3.3.3 两种电源的等效变换	61
3.4 基尔霍夫定律	61
3.4.1 支路、节点、回路和网孔	62
3.4.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	62
3.4.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	64
3.5 支路电流法	66
3.6 叠加定理	68
3.7 戴维宁定理	69
3.7.1 二端网络	69
3.7.2 戴维宁定理	70
实训项目一 导线的剖削与连接	71
实训项目二 验证基尔霍夫电流、电压定律	78
本章小结	80
思考与练习	81
第4章 电容和电感	83
4.1 电容与电容器	83
4.1.1 电容器的基本概念	83

4.1.2 电容器的种类和参数	85
4.1.3 电容器的连接	88
4.1.4 电容器的充电和放电	90
4.2 磁场与电磁感应	92
4.2.1 磁场的基本概念	92
4.2.2 磁场的基本物理量	95
4.2.3 磁场对通电直导体的作用	97
4.2.4 铁磁性材料	97
4.2.5 磁路的基本概念	101
4.2.6 电磁感应定律	102
4.3 电感与电感器	104
4.3.1 自感现象与电感	104
4.3.2 电感器	105
4.3.3 互感现象	106
实训项目 电容器的识别与检测	109
本章小结	112
思考与练习	114
第5章 正弦交流电	116
5.1 正弦交流电的产生	116
5.2 正弦交流电的基本物理量	116
5.2.1 周期、频率和角频率	117
5.2.2 最大值(振幅)和有效值	118
5.2.3 相位、初相和相位差	120
5.3 正弦交流电的表示方法	121
5.3.1 解析式法	121
5.3.2 波形图法	122
5.3.3 旋转矢量法	122
5.4 非正弦周期波	123
实训项目 用示波器观测交流电波形	124
本章小结	134
思考与练习	135
第6章 单相正弦交流电路	136
6.1 单一元件的正弦交流电路	136
6.1.1 纯电阻电路	136



6.1.2 纯电感电路	139
6.1.3 纯电容电路	143
6.2 电阻、电容、电感的串联电路	146
6.2.1 RLC 串联电路	146
6.2.2 RL 串联电路	151
6.2.3 RC 串联电路	152
6.3 谐振电路	154
6.3.1 串联谐振电路	154
6.3.2 并联谐振电路	158
6.3.3 谐振电路的选频性与通频带	160
6.4 交流电路的功率因数	161
6.4.1 功率因数的定义和意义	161
6.4.2 提高功率因数的方法	163
6.5 瞬态过程与换路定律	164
实训项目一 常用电光源的认识与荧光灯的安装	165
实训项目二 低压配电板的安装	173
本章小结	179
思考与练习	181
第7章 三相正弦交流电路	183
7.1 三相交流电源	183
7.1.1 三相正弦交流电	183
7.1.2 三相电源的星形联结	185
7.2 三相负载的连接	187
7.2.1 负载的星形联结	187
7.2.2 负载的三角形联结	189
7.3 三相交流电路的功率	191
7.4 用电保护	193
7.4.1 保护接地	193
7.4.2 保护接零	194
实训项目 三相负载的星形联结	195
本章小结	196
思考与练习	198
参考文献	199

第 1 章 认识实训室与安全用电

【学习目标】

- ◆ 熟悉电工实训室的环境布局和基本设施。
- ◆ 认识交、直流电源，了解常用电工工具和仪器仪表。
- ◆ 了解电工实训室的操作规程及安全电压的规定。
- ◆ 了解人体触电的类型及常见原因，掌握防止人体触电的措施。
- ◆ 了解人体触电的现场处理方法以及电气火灾的防范与扑救常识。

1.1 认识实训室

“电工技术基础与技能”是一门实践性较强的专业技术基础课程，其任务是使学生掌握电工技术方面的基础知识和基本技能，从而为学习后续课程以及今后工作奠定基础。电工操作实践（即电工实训）是本课程的重要环节，因此要了解电工实训室。

1.1.1 熟悉电工实训环境

进入电工实训室，可以看到其环境布局和基本设施大致如图 1-1 所示。

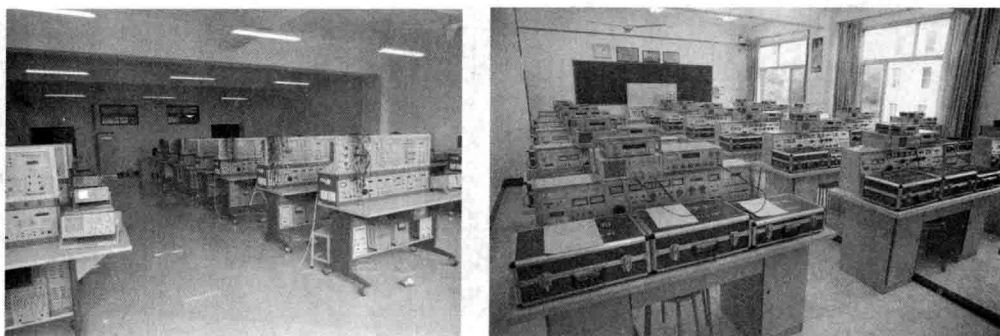


图 1-1 电工实训室的环境布局和基本设施

电工实训室的主要设备是安装好的实训操作台，如图 1-2 所示。实训操作台上配有电源、控制开关、电压及电流指示仪表、信号发生器、各种单元控制电路等，一般的电工实验实训都可以在操作台上完成。

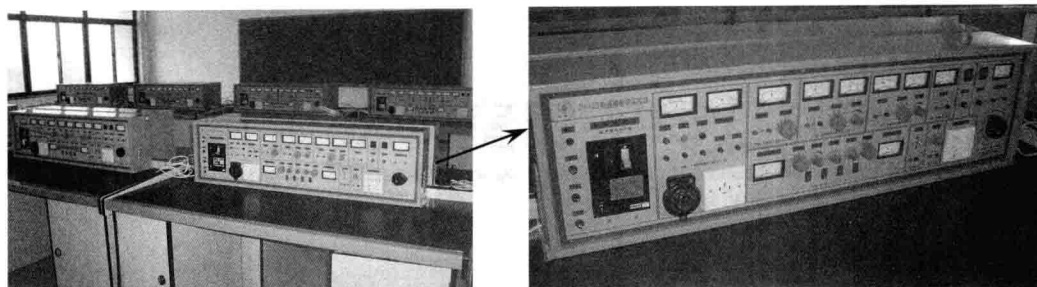


图 1-2 电工实训操作台



小提示

尽管不同学校采用的电工实训操作台型号有所不同，但其基本配置和功能类似。

1.1.2 认识交、直流电源

电源是为电路提供电能的装置，分为直流和交流两种，直流用符号“—”或字母“DC”表示；交流用符号“~”或字母“AC”表示。为满足不同电工实验实训的工作电压要求，电工实训室通常配有多组电源，如图 1-3 所示。

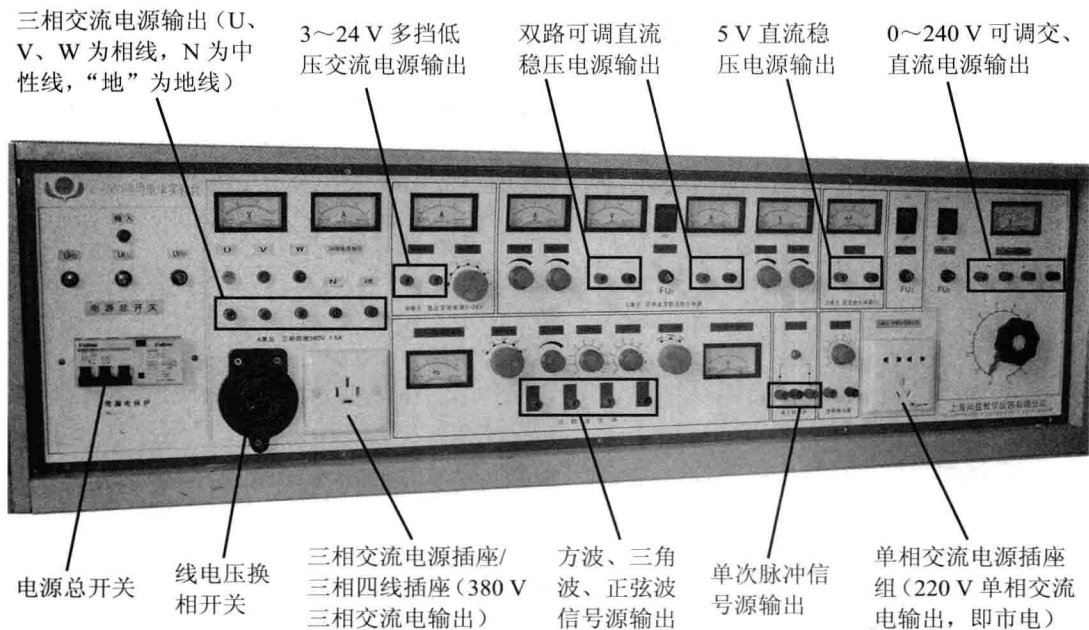


图 1-3 电工实训室的电源配置

- 三相交流电源输出: U, V, W 为相线 (即火线), N 为中性线, “地” (或 E) 为地线。任意两根相线之间的电压称为线电压 (380 V); 任意一根相线与中性线之间的电压称为相电压 (220 V)。因此, 该电源除提供三相交流电外, 还提供 380 V/220 V 两种电压。
- 3~24 V 多挡低压交流电源输出: 通过调节挡位开关, 可以输出 3 V, 6 V, 9 V, 12 V, 15 V, 18 V, 24 V 共 7 挡的交流电压。
- 双路可调直流稳压电源输出: 通过调节左、右两路的电压旋钮和电流旋钮, 均可输出 0~30 V 的直流电压, 最大电流为 2 A。
- 5 V 直流稳压电源输出: 可输出 5 V 的固定直流电压, 最大电流为 0.5 A。
- 0~240 V 可调交、直流电源输出: 通过调节电压旋钮, 可以输出 0~240 V 的交、直流电压。
- 单次脉冲信号源输出: 按一次脉冲按钮, 可以输出一对正、负脉冲。
- 方波、三角波、正弦波信号源输出: 即函数信号发生器, 可输出频率范围为 5 Hz~550 kHz 的方波、三角波、正弦波信号, 分五挡粗调并有细调。

1.1.3 认识常用电工工具

实训室常用的电工工具主要有螺丝刀、钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、试电笔、电烙铁、电工刀、镊子等。

1. 螺丝刀

螺丝刀又称改锥、起子或螺丝批, 是一种用于紧固或拆卸带槽螺钉的旋具。螺丝刀的样式和尺寸规格较多, 按头部形状不同主要分为一字形和十字形两种, 如图 1-4 所示。



图 1-4 螺丝刀

2. 钢丝钳

钢丝钳又称老虎钳、克丝钳或花腮钳, 由钳头和钳柄两部分组成, 其外形结构如图 1-5 (a) 所示。

钢丝钳的钳头包括钳口、齿口、刀口和侧口四部分，如图 1-5 (b) 所示。其中，钳口可用来夹持和弯绞导线；齿口可用来紧固或旋松螺母；刀口可用来剪切导线、剖削导线绝缘层或掀拔铁钉；侧口可用来侧切钢丝等硬度较大的金属丝。

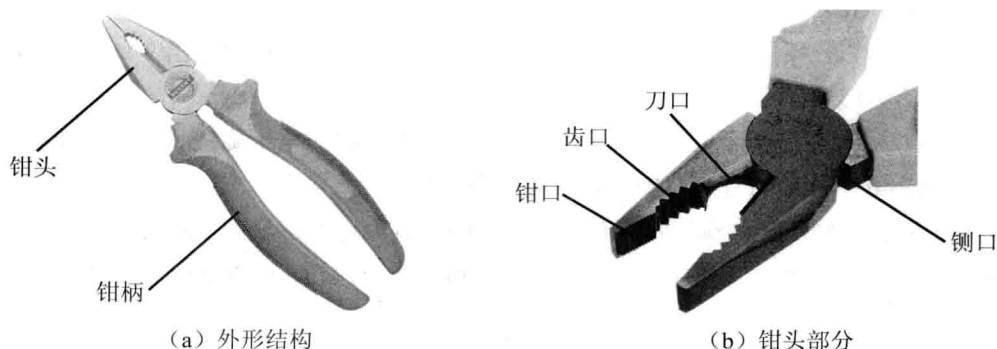


图 1-5 钢丝钳

钢丝钳的钳柄上套有绝缘胶套，可以防止人体触电。胶套外表面带有凹凸不平的花纹是为了增大摩擦。

3. 尖嘴钳

尖嘴钳又称尖头钳，由尖头、刀口和钳柄组成，如图 1-6 所示。它主要用于在狭小空间夹持螺钉、垫圈、导线等小零件，或将导线弯曲成指定形状，其刀口可用于剪断细小的导线、金属丝。

4. 斜口钳

斜口钳又称断线钳，其头部扁斜，主要用于剪断较粗的金属丝、线材、电线电缆等，如图 1-7 所示。

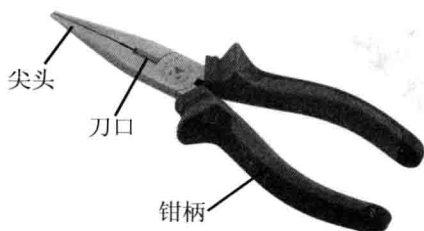


图 1-6 尖嘴钳



图 1-7 斜口钳

5. 剥线钳

剥线钳是一种用于剥削小直径导线绝缘层的专用工具，其外形结构如图 1-8 (a) 所示。使用剥线钳剥线时，先将要剥削的绝缘层长度用压线口定好，然后将导线放入相应的

刃口中（比导线直径稍大），用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被割断，且自动弹出，如图 1-8（b）所示。

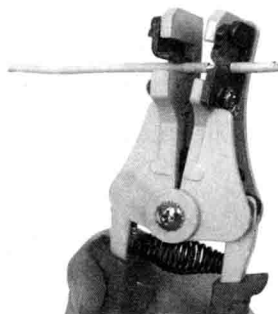
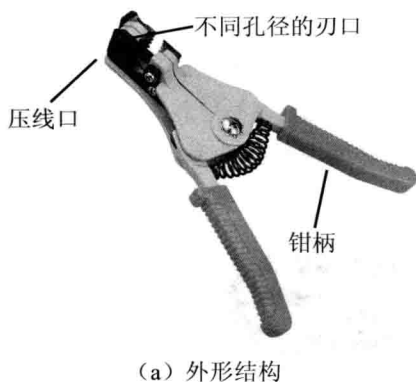


图 1-8 剥线钳

6. 试电笔

试电笔又称验电笔、测电笔，简称电笔，是一种用于检验导线和电气设备是否带电的辅助安全工具。常见的试电笔有螺丝刀式、数字显示式等，如图 1-9 所示。

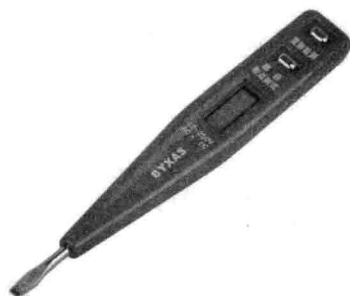


图 1-9 试电笔

- 螺丝刀式：此类试电笔常为钢笔形（或螺丝刀形）结构，一般由笔尖、笔管、电阻、氖泡、弹簧和笔尾等组成。其中，笔尖和笔尾由金属材料制成，笔管由绝缘材料制成。使用时，必须正确握持，拇指和中指捏住笔管（绝缘处），食指压住笔尾的金属部分，用笔尖接触被测物体，如果氖泡发光，则说明带电。
- 数字显示式：此类试电笔主要由笔尖和工程塑料壳体组成，其中壳体上包含了液晶显示屏、直接测量按钮、感应测量按钮、测量电压类型及范围标注等。使用时，拇指轻触直接测量按钮，用笔尖接触被测物体，液晶显示屏上会显示测得的电压数值；拇指轻触感应测量按钮，将笔尖靠近被测物体，若液晶显示屏上出现高压符号，则表明物体带交流电。

7. 电烙铁

电烙铁是手工焊接的重要工具，主要用来焊接元器件和导线。根据结构不同，电烙铁可分为外热式和内热式两种。

外热式电烙铁由烙铁头、发热元件（烙铁芯）、手柄、电源线、插头等部分组成，如图 1-10 所示。这种电烙铁的发热元件安装在烙铁头的外部，容易导致大部分的热量散发到空气中，因此加热速度慢，加热效率低，但其使用时间较长、功率较大。

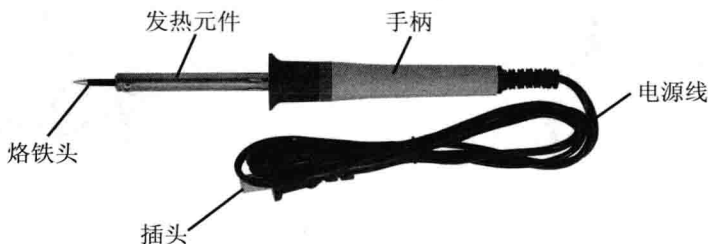


图 1-10 外热式电烙铁

内热式电烙铁由烙铁头、发热元件（烙铁芯）、连接杆、手柄、电源线、插头等部分组成，如图 1-11 所示。这种电烙铁的发热元件安装在烙铁头（空心筒状）的内部，即热量从内部发出，具有加热速度快、加热效率高、体积小、重量轻、耗电少、烙铁头更换方便、价格便宜等优点，比较适合于焊接小型元器件。

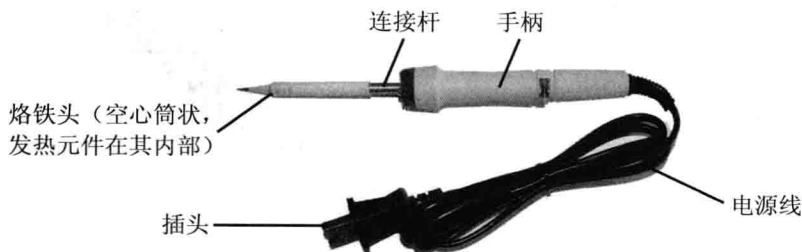


图 1-11 内热式电烙铁

8. 电工刀

电工刀是常用的一种切削工具，主要用于剖削导线的绝缘层，以及切割木桩、绳索、软性金属等，如图 1-12 所示。用电工刀剖削导线绝缘层时，应使刀面与导线呈小于 45° 的锐角，以免伤及线芯。电工刀的刀柄是无绝缘保护的，不能直接在带电体上操作。

9. 镊子

镊子主要用于夹持导线、小零件、元器件引脚等。不同的场合需要不同的镊子，一般要准备直头、平头、弯头镊子各一把，如图 1-13 所示。



图 1-12 电工刀



图 1-13 镊子

1.1.4 认识电工仪器仪表

实训室常用的电工仪器仪表主要有电流表、电压表、万用表、兆欧表、示波器、函数信号发生器、频率计、单相调压器等。

1. 电流表

电流表又称安培表，是用来测量电路中电流大小的仪表，如图 1-14 所示。

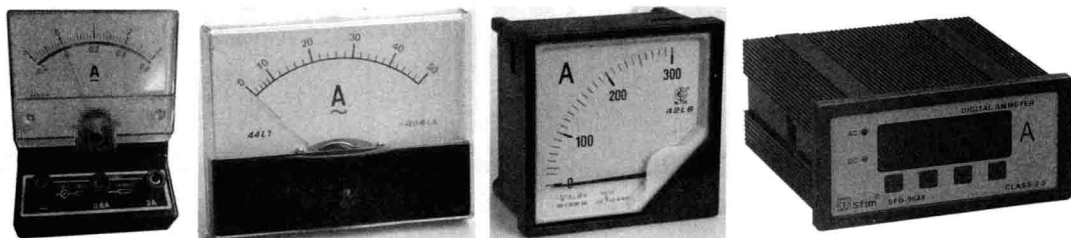


图 1-14 电流表



知识角

电流表根据测量电流的不同分为直流电流表和交流电流表；根据测量结果显示形式的不同又分为指针式和数字式两种。例如，在图 1-14 中，前三种是指针式电流表，最后一种是数字式电流表。

毫安表是电流表的一种，其工作原理与普通电流表相同，只是用毫安（mA）表示电流大小，因此量程一般比普通电流表小，如图 1-15 所示。与毫安表类似，还有用于测量微安（ μA ）级小电流的微安表，如图 1-16 所示。



图 1-15 毫安表



图 1-16 微安表

用普通电流表测量电流时,需要先将电路切断后才能将电流表接入进行测量,但有些情况下不允许切断电路,例如高压电路、电动机正常运行时的电路等。此时,使用钳形电流表(简称钳形表,如图 1-17 所示)就显得方便多了,它可以在不切断电路的情况下测量电流。

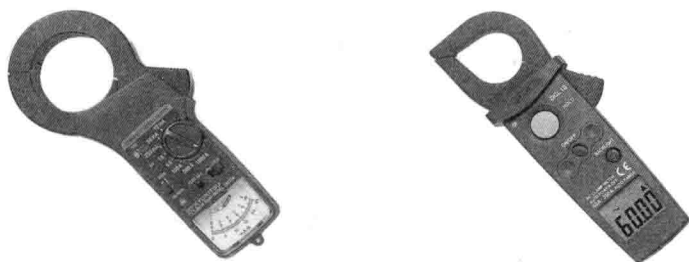


图 1-17 钳形电流表

当握紧钳形电流表的扳手时,前端的钳口就会张开,此时将被测导线放入钳口中央,然后松开扳手并使钳口闭合紧密,这样就能直接读出被测电流的数值来。这种仪表在电气检修中使用非常方便,应用也相当广泛。

2. 电压表

电压表又称伏特表,是用来测量电路中电压大小的仪表,如图 1-18 所示。电压表分为直流电压表和交流电压表;根据测量结果显示形式的不同又分为指针式和数字式两种。

毫伏表是电压表的一种,主要用来测量毫伏(mV)级以下的电压,如图 1-19 所示。

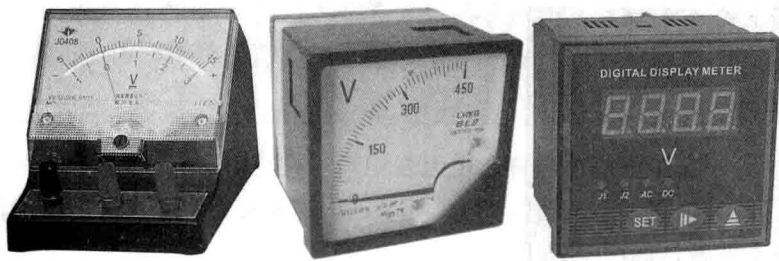


图 1-18 电压表



图 1-19 毫伏表

3. 万用表

万用表又称多用表,是一种可以测量多种电量的多量程便携式仪表。一般的万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和音频电平,有的还可以测量电容、电感以及晶体管的 β 值等。

万用表按显示方式不同可分为指针式万用表和数字式万用表,如图1-20所示。指针式万用表以磁电式测量机构作为核心,用指针来显示被测量的数值;数字式万用表则以数字电压表作为核心,配以不同的转换器,用液晶显示屏来显示被测量的数值。

钳形万用表是一种特殊的万用表,可以视为钳形电流表与普通万用表的组合,如图1-21所示。



图 1-20 万用表



图 1-21 钳形万用表

4. 兆欧表

兆欧表又称绝缘电阻表、摇表,主要用来测量电路或电气设备的绝缘电阻,以判断其绝缘情况和漏电情况。它的刻度以兆欧($M\Omega$)为单位,大多采用手摇发电机供电,如图1-22所示。

5. 示波器

示波器主要用于观察信号的波形,测量信号的电压值(峰值)、周期(频率)和相位差等,是一种用途十分广泛的电子测量仪器,如图1-23所示。

6. 函数信号发生器

函数信号发生器又称信号源,主要用于产生满足特定参数的正弦波、方波、三角波等信号,它在电路实验和设备检测中应用十分广泛,如图1-24所示。

7. 频率计

频率计又称频率计数器,是一种专门对被测信号频率进行测量的电子测量仪器,如图1-25所示。