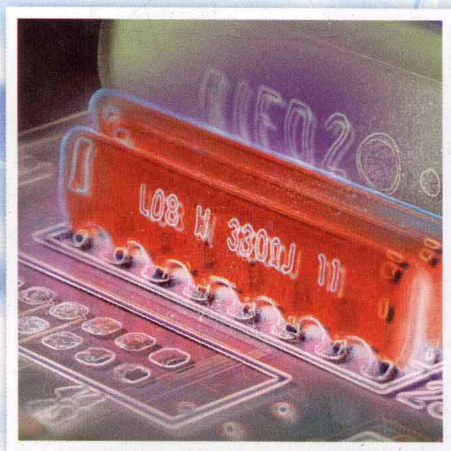




中等职业教育规划教材  
工业和信息化人才教育与培养指导委员会审定

# 电工技术基础 与技能

杜德昌 主编

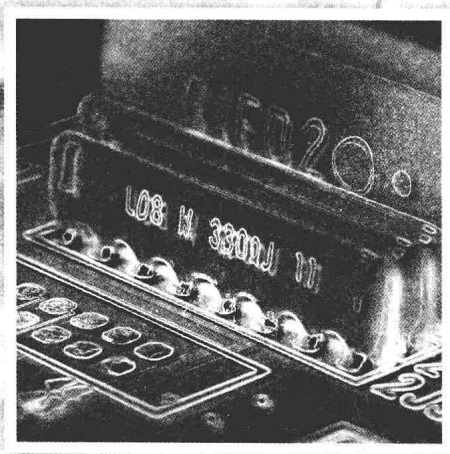


 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业教育规划教材  
工业和信息化人才教育与培养指导委员会审定

# 电工技术基础 与技能

杜德昌 主编



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础与技能 / 杜德昌主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.6(2011.10重印)  
中等职业教育规划教材  
ISBN 978-7-115-21507-9

I. ①电… II. ①杜… III. ①电工技术—专业学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第065285号

## 内 容 提 要

本书以教育部最新颁布的《中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲》为依据编写,其主要任务是使学生掌握电工技术方面的基础理论,以及常用电工仪器、仪表的使用,基本线路的连接、测量等基本技能。本书包括走进电工技术世界、直流电路、电容器和电感器、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路及安全用电等内容。

本书可作为中等职业学校电类专业的基础课教材,也可作为职业上岗培训教材,还可作为相关专业人员的参考用书。

### 中等职业教育规划教材 电工技术基础与技能

- 
- ◆ 主 编 杜德昌  
责任编辑 李海涛
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 11.25 2010年6月第1版  
字数: 275千字 2011年10月北京第3次印刷

---

ISBN 978-7-115-21507-9

定价: 19.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 前 言

随着现代电工技术的飞速发展,以及中等职业教育教学改革不断深入,传统的学科体系式教材已经越来越不能适应中等职业教育的培养目标。本书是编者在多年教学改革与实践的基础上,依据教育部最新颁布的《中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲》编写的。其主要任务是使学生掌握电工技术方面的基础理论,以及常用电工仪器、仪表的使用,基本线路的连接、测量等基本技能。

本书的主要特点如下。

(1) 以任务驱动方式进行编写。每一任务采用“任务目标、任务分析→知识储备→任务实施→想一想”的编排方式,坚持以任务为引领,将理论知识融于操作过程中,实现“做中学、做中教”的职业教育特色,力求做到学做合一、理实一体。

(2) 本书以就业为导向,坚持“够用、实用、会用”的原则,弱化了数理论证,以掌握概念、突出实际应用、培养技能为重点,并适当反映新技术。教学内容及组织体系,凝聚了编者多年来进行教学研究和教学改革的经验与体会,教学的可操作性和适用性强。

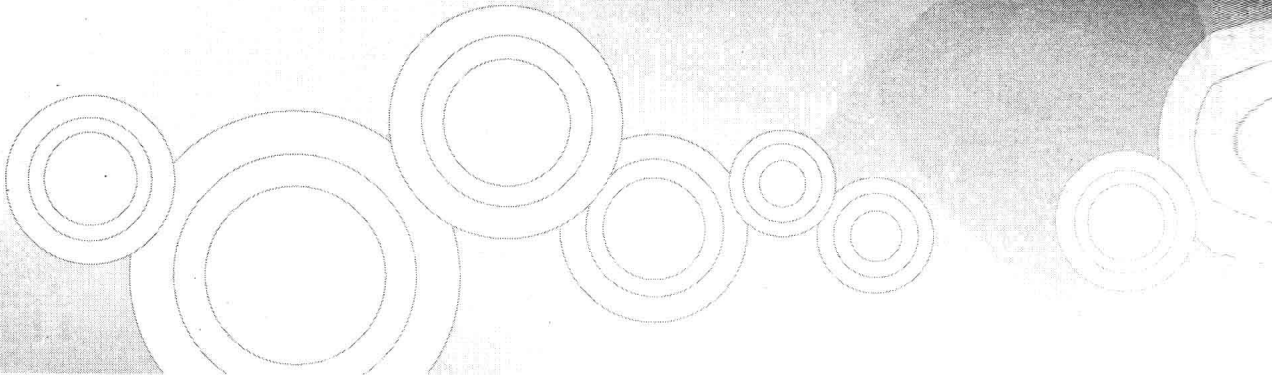
(3) 本书的每一单元前都有“知识目标”和“能力目标”,并在每个任务中首先明确“任务目标”,以便于探究性学习的开展和实施。在每一单元增加了实训项目,每一个实训项目的方案设计,充分考虑了目前中等职业学校的承受能力。实训项目后配有“项目评价”,便于实施以能力考核为主的过程化考核方式。

(4) 本书的编写符合中等职业学校学生的认知规律,书中尽可能使用实物图片和表格展示各个知识点与任务,从而提高教材的可读性和可操作性。

本书教学时数为 88 学时,其中必修学时为 54 学时,选修学时为 34 学时,选修内容在书中用“\*”注明。各部分的建议教学课时分配如下。

| 序 号 | 教 学 单 元       | 建议学时数 |      |
|-----|---------------|-------|------|
|     |               | 必修学时  | 选修学时 |
| 1   | 直流电路          | 18    | 7    |
| 2   | 电容器和电感器       | 8     | 6    |
| 3   | 单相正弦交流电路      | 20    | 13   |
| 4   | 三相正弦交流电路及安全用电 | 8     | 8    |
|     | 合计            | 54    | 34   |

本书可作为中等职业学校电类专业的基础课教材,也可作为职业上岗培训教材,还可作为相



关专业人员的参考用书。

本书由杜德昌任主编，李涛任副主编，参加编写工作的还有刘美玉、鹿学俊等。  
由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者  
2010年2月

# 目 录

## 课程导入

|                 |   |
|-----------------|---|
| 走进电工技术世界        | 1 |
| 一、实训室整体认知       | 1 |
| 二、认识常用电工仪器仪表及工具 | 2 |
| 三、安全用电常识        | 7 |

|         |   |
|---------|---|
| 知识回顾与思考 | 8 |
|---------|---|

## 单元一

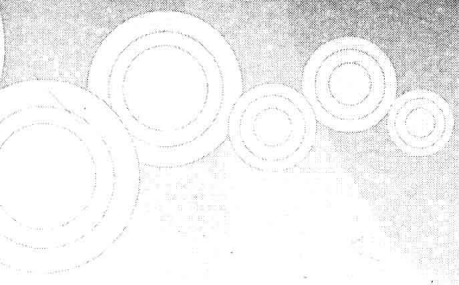
|                 |    |
|-----------------|----|
| 直流电路            | 11 |
| 任务一 电路及电路图      | 11 |
| 一、认识电路          | 12 |
| 二、电路图           | 12 |
| 三、电路的状态         | 13 |
| 任务二 电路的基本物理量    | 14 |
| 一、电流            | 14 |
| 二、电压            | 15 |
| 三、电位            | 16 |
| 四、电动势           | 16 |
| 五、电能与电功率        | 16 |
| 任务三 电阻器         | 18 |
| 一、电阻            | 18 |
| 二、电阻器的参数        | 19 |
| 三、导体的电阻         | 19 |
| 四、电阻与温度的关系      | 19 |
| 实训项目一 电阻器的识别与测量 | 21 |
| 任务四 欧姆定律        | 26 |
| 一、部分电路的欧姆定律     | 26 |
| 二、全电路的欧姆定律      | 28 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>任务五 电阻器的连接</b> .....         | 28 |
| 一、电阻器的串联 .....                  | 29 |
| 二、电阻器的并联 .....                  | 31 |
| 三、电阻器混联电路 .....                 | 32 |
| <b>实训项目二 常用电工材料与导线的连接</b> ..... | 34 |
| <b>任务六 基尔霍夫定律的应用</b> .....      | 41 |
| 一、基本概念 .....                    | 41 |
| 二、基尔霍夫第一定律 .....                | 42 |
| 三、基尔霍夫第二定律 .....                | 43 |
| <b>实训项目三 电阻性电路故障的检查</b> .....   | 46 |
| <b>* 任务七 电源模型</b> .....         | 47 |
| 一、电压源 .....                     | 48 |
| 二、电流源 .....                     | 48 |
| 三、电压源和电流源的等效变换 .....            | 49 |
| <b>任务八 戴维宁定理</b> .....          | 49 |
| 一、戴维宁定理 .....                   | 50 |
| 二、电源向负载输出的功率 .....              | 52 |
| <b>* 任务九 叠加定理</b> .....         | 53 |
| 一、叠加定理的内容及定义 .....              | 54 |
| 二、叠加定理的解题步骤以及在电路中的应用 .....      | 54 |
| <b>知识回顾与思考</b> .....            | 55 |
| <b>知识与能力考核</b> .....            | 57 |
| <b>单元二 电容器和电感器</b> .....        | 60 |
| <b>任务一 电容器</b> .....            | 60 |

## 单元二

### 电容器和电感器

#### 任务一 电容器



|                        |    |
|------------------------|----|
| 一、电容器基本知识              | 61 |
| 二、电容器的选用及连接            | 64 |
| 三、电容器的充电和放电            | 66 |
| <b>任务二 电磁感应</b>        | 68 |
| 一、磁场                   | 69 |
| 二、磁场的主要物理量             | 71 |
| 三、磁场对电流的作用             | 72 |
| 四、电磁感应现象               | 74 |
| <b>任务三 电感器</b>         | 76 |
| 一、自感现象与电感              | 76 |
| 二、电感器的参数               | 78 |
| <b>* 任务四 磁路</b>        | 80 |
| 一、铁磁物质                 | 80 |
| 二、磁路的主要物理量             | 82 |
| <b>* 任务五 互感</b>        | 83 |
| 一、互感现象                 | 84 |
| 二、互感线圈的同名端             | 84 |
| 三、单相变压器                | 86 |
| <b>知识回顾与思考</b>         | 88 |
| <b>知识与能力考核</b>         | 90 |
| <b>单元三 单相正弦交流电路</b>    | 95 |
| <b>任务一 正弦交流电的基本物理量</b> | 95 |
| 一、认识正弦交流电              | 96 |
| 二、周期、频率和角频率            | 97 |
| 三、瞬时值、最大值和有效值          | 98 |

## 单元三

### 单相正弦交流电路

#### 任务一 正弦交流电的基本物理量

- 一、认识正弦交流电
- 二、周期、频率和角频率
- 三、瞬时值、最大值和有效值



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 四、相位、初相位和相位差 .....               | 99  |
| 五、正弦交流电的三要素 .....                | 101 |
| 六、正弦交流电的相量表示法 .....              | 102 |
| * 七、非正弦交流电 .....                 | 102 |
| <b>实训项目四 交流电的简单测试</b> .....      | 103 |
| <b>任务二 基本正弦交流电路</b> .....        | 106 |
| 一、纯电阻电路 .....                    | 107 |
| 二、纯电感电路 .....                    | 109 |
| 三、纯电容电路 .....                    | 111 |
| <b>实训项目五 认识单相正弦交流电路</b> .....    | 113 |
| <b>任务三 串联正弦交流电路</b> .....        | 118 |
| 一、RL 串联电路 .....                  | 118 |
| 二、RC 串联电路 .....                  | 121 |
| * 三、瞬态过程 .....                   | 122 |
| * <b>任务四 交流电路的谐振</b> .....       | 125 |
| 一、串联谐振 .....                     | 125 |
| 二、并联谐振 .....                     | 127 |
| <b>实训项目六 认识交流串联电路</b> .....      | 129 |
| <b>实训项目七 常用电光源认识与荧光灯安装</b> ..... | 131 |
| <b>实训项目八 照明电路配电板的安装</b> .....    | 135 |
| <b>知识回顾与思考</b> .....             | 140 |
| <b>知识与能力考核</b> .....             | 141 |
| <b>单元四 三相正弦交流电路及安全用电</b> .....   | 144 |
| <b>任务一 三相电源及联结</b> .....         | 145 |
| 一、认识三相交流电源 .....                 | 145 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 二、三相电源的星形联结·····               | 146        |
| <b>* 任务二 三相负载的联结·····</b>      | <b>148</b> |
| 一、认识三相负载·····                  | 148        |
| 二、三相负载的星形联结·····               | 149        |
| 三、对称三相电路的功率·····               | 151        |
| <b>* 实训项目九 三相负载的星形联结·····</b>  | <b>152</b> |
| <b>任务三 安全用电·····</b>           | <b>154</b> |
| 一、人体常见的触电形式·····               | 155        |
| 二、安全措施·····                    | 156        |
| 三、电气安全操作规程·····                | 157        |
| 四、触电急救·····                    | 157        |
| <b>知识回顾与思考·····</b>            | <b>158</b> |
| <b>知识与能力考核·····</b>            | <b>159</b> |
| <b>* 综合实训项目 万用表的组装与调试·····</b> | <b>161</b> |

# 课程导入

## 走进电工技术世界

电工实训室是学生技能训练基地,是教师体现“做中学,做中教”教学特色的场所,本部分主要介绍电工实训室的操作规程,实训室的电源配置及其使用注意事项,常用仪表及电工工具的认识以及实训室的安全用电常识等。本部分内容是学生学习本课程基础知识,形成职业技能的基础。

### 任务目标

- 熟悉电工实训室的操作规程。
- 了解实训室的电源配置及其使用注意事项。
- 认识常用的仪表和电工工具。
- 掌握实训室触电的防护措施及电气火灾的防范和扑救常识。

### 任务分析

本任务主要使学生熟悉实训室工作环境,为学生将来能够安全而准确地完成各种训练任务打下良好的基础。

### 知识储备

#### 一、实训室整体认知

电工实训室如图 0.1 所示,学生在教师的带领下进入实训室参观学习。



图 0.1 电工实训室

## 1. 电工实训室操作规程

- (1) 实训前学生应仔细阅读实训任务书，熟悉实训项目所需的元器件及电路情况。
- (2) 操作前，应明确操作要求、操作顺序和所用设备的性能指标。
- (3) 连接线路前，检查本组实训设备，若有缺损，及时报告教师。
- (4) 按照原理图准确接线。连接电路时，先接设备，后接电源；拆电路时，先拆电源，后拆设备。
- (5) 电路连接好后，先认真自查，然后由教师复查线路，确认无误后，给实训台送电。决不允许学生擅自合闸送电。
- (6) 实训台送电、停电操作流程。  
送电流程：合上实训台总低压断路器→合上实训台各分路开关→合上实训电路控制开关。  
停电流程：断开实训电路控制开关→断开实训台各分路开关→断开实训台总低压断路器。
- (7) 读取并记录分析相关电路动作现象，操作中应确保人身及设备安全。
- (8) 实训中有异常情况，马上断开本组电源，检查线路。排除故障后，经指导教师同意，方可重新送电。
- (9) 实训结束后，要断开电源，恢复好设备原有的功能状态，清点器材并归还原处。若器材有丢失或损坏应及时向教师说明，经教师允许后方可离开。

## 2. 实训室电源配置及使用注意事项

配电是指电力的分配，通常由配电网来实现，配电网一般由 10kV 以下的配电线路组成，现有的配电电压等级为 10kV、6kV、3kV、380V/220V 等多种，而实训室采用的是 380V/220V 配电线路，如图 0.2 所示。

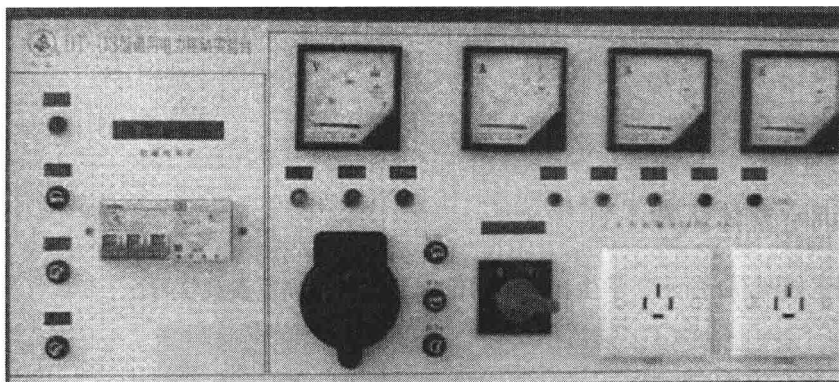


图 0.2 实训室电源配置

## 二、认识常用电工仪器仪表及工具

### 1. 认识万用表

万用表是最基本的电工仪表，主要用来测量交/直流电压、电流、直流电阻及晶体管电流放大倍数等。常见的万用表主要有数字式万用表和指针式万用表两种，如图 0.3 和图 0.4 所示。



图 0.3 数字式万用表

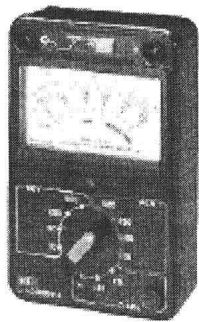


图 0.4 指针式万用笔

### (1) 数字式万用表

数字式万用表如图 0.3 所示，通过转换开关可选择不同的测量挡位。

ACV：测交流电压的挡位。

DCV：测直流电压的挡位。

DCA：测直流电流的挡位。

ACA：测交流电流的挡位。

$\Omega$ ：测电阻阻值的挡位。

$h_{FE}$ ：测量晶体管电流放大倍数的挡位。

$C_x$ ：测量电容量的挡位。

万用表的红表笔表示接外电路正极，黑表笔表示接外电路负极。数字式万用表的最大优点是：防磁，读数方便准确。

使用数字式万用表时应注意以下几点。

① 检查电路通断时，应将功能开关拨到“蜂鸣器”挡，而不要像指针式万用表那样用电阻挡。测量时只要没有听到蜂鸣声，即可判断电路不通。

② 测量小阻值电阻时，应先将两支表笔短路，读出表笔连线的自身电阻阻值（一般为  $0.2 \sim 0.3 \Omega$ ），以对被测阻值作出修正。

③ 电阻挡有过电压保护功能，瞬间误测规定范围内的电压不会造成元器件损坏。注意不可带电测量电阻器。

④ 测量电容器时，一定要先将被测电容器两引线短路以充分放电，否则电容器内储存的电荷会击穿表内 CMOS 双时基集成电路。此外，每改变一次电容测量量程，都要用“零位调整钮”重新调零，但较好的数字式万用表则会自动调零。

⑤ 若使用的数字式万用表无测量电容量的挡位或该挡位损坏，可用测量电阻阻值的挡位粗略检测电容器的好坏。检测时用红表笔接电容器的正极，黑表笔接电容器的负极，万用表的基准电源将通过基准电阻对电容器充电，正常时万用表显示的充电电压将从一低值开始逐渐升高，直至显示溢出。如果充电开始即显示溢出“1”，说明电容器开路；如果始终显示为固定阻值或“000”，说明电容器漏电或短路。

⑥ 使用“二极管、蜂鸣”挡测量二极管时，数字式万用表显示的是所测二极管的压降（单位为 mV）。正常情况下，正向测量时压降显示为“400~700”，反向测量时为溢出“1”。若正、反向测量均显示“000”，说明二极管短路；正向测量显示溢出“1”，说明二极管开路。

⑦ 当万用表出现显示不准或显示值跳变异常情况时，可先检查表内 9V 电池是否失效，若电

池良好，则说明表内电路有故障。

### (2) 指针式万用表

指针式万用表的外观和数字式万用表有所区别，但是它们的换挡开关差不多，挡位也基本相同。如图 0.4 所示，指针式万用表的表盘上有 3 条刻度尺。

标有“ $\Omega$ ”标记的表示测量电阻时用的刻度尺，这是一条非均匀的标度尺，而且是反向刻度的，“0”点在右端。

标有“ $\cong$ ”标记的表示测量交直流电压、电流时用的刻度尺，刻度是均匀的，上面标有数字，以便选择不同量程时进行换算。

标有“ $h_{FE}$ ”标记的表示测量晶体管时用的刻度尺。

使用指针式万用表时应注意以下几点。

① 万用表应水平放置。

② 万用表在使用之前应检查表针是否在零位上，如不在零位上，可用小螺丝刀调节表盖上的调零器，进行“机械调零”，使表针指在零位。

③ 万用表面板上的插孔都有极性标记，测量直流时，注意正负极性。用欧姆挡判别二极管极性时，注意“+”插孔是接表内电池的负极，而“-”插孔（也有标为“\*”插孔）是接表内电池的正极，测量时，应把红色表笔插入“+”插孔，黑色表笔插入“-”插孔。

④ 根据被测量的种类和量程调准转换开关的位置。

⑤ 测量电流时，应把万用表串联接入被测电路；测量电压时，则应并联接入被测电路。测量直流时，要注意接线端钮的正、负极，使被测电流从红表笔流入、黑表笔流出。

⑥ 选择合适的量程。一般说来，万用表的指针偏转到满刻度的二分之一到三分之二的位时，表明量程合适，测量结果比较准确。测量电压和电流时，如事先不知道被测量的大小，应把转换开关拨到最大量程试测，然后根据指针偏转情况逐步变换为合适的量程，以减小测量误差。注意，不能带电拨动转换开关。

⑦ 测量电阻时，首先要选择适当的倍率挡，然后将表笔短路，调节“调零”旋钮，使表针指零，以确保测量的准确性。如“调零”电位器不能将表针调到零位，说明电池电压不足，需更换新电池，否则为万用表内部接触不良需要修理。注意：不能带电测量电阻，以免损坏万用表；在测大阻值电阻器时，不要用双手分别接触电阻器两端，防止人体电阻并联造成测量误差；每换一次量程，万用表都要重新调零；不能用欧姆挡直接测量微安表表头、检流计、标准电池等仪器、仪表的内阻。

⑧ 每次测量完毕，将转换开关拨到交流电压最高挡，以防止他人误用而损坏万用表，也可防止转换开关误拨在欧姆挡时，表笔短接而使表内电池长期耗电。

⑨ 万用表长期不用时，应取出电池，防止电池漏液腐蚀和损坏万用表内零件。

除了万用表之外，还有专门用于测电流、测电压和测电阻的电流表、电压表和电阻表。其使用方法与万用表测电流、测电压和测电阻的方法相同。

### 任务实施

(1) 在实验线路板上，按图 0.5 所示连接线路，调节稳压电源的输出电压为 20V，用万用表分别测量电压  $U_{ab}$ 、 $U_{bc}$ 、 $U_{ac}$  和电流  $I$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 。

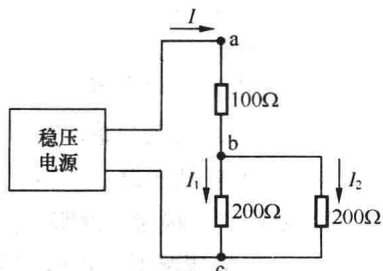


图 0.5 直流电压、直流电流的测量



- (2) 练习测量老师给定的电阻器。  
 (3) 利用万用表判别电容器、二极管的极性和好坏。



想一想

- (1) 在带电测试过程中,为什么不能拨动万用表的转换开关?  
 (2) 在测量电阻阻值时,为什么不允许用手同时触及被测电阻器的两端?

## 2. 认识常用电工工具

电工工具是电气操作的基本工具,电工工具不合格、质量差或使用不当,都会影响操作质量,降低工作效率,甚至会造成事故,因此,电气操作人员必须掌握常用电工工具的结构、性能和正确的使用方法。

### (1) 试电笔

试电笔(又称低压验电器)是电工常用工具之一,主要用来测试导线、开关、插座等电器设备是否带电。试电笔有钢笔式和螺丝刀式两种,由氖管(俗称氖泡)、电阻、弹簧和笔身组成。使用时注意手指必须接触金属挂(钢笔式)或试电笔顶部的金属螺钉(螺丝刀式),使电流由被测带电体经试电笔和人体与大地构成回路。只要被测带电体与大地之间的电压超过60V,氖管就会发光,观察时应将氖管窗口背光朝向操作者。图0.6所示为试电笔的外形、结构及使用方法。

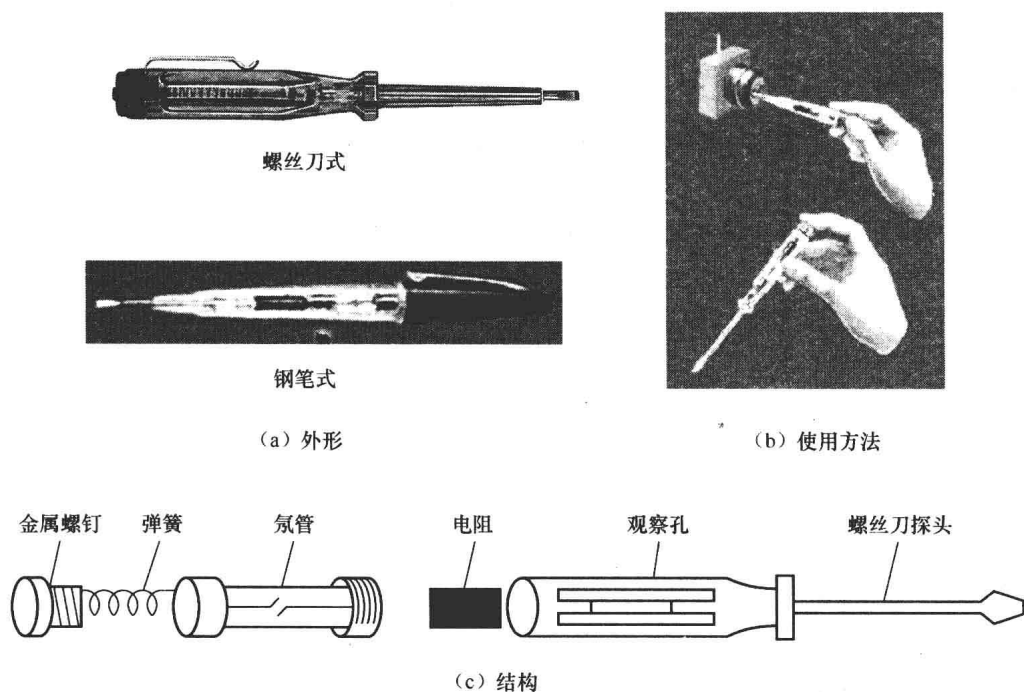


图0.6 试电笔的外形、结构及使用方法



### 任务实施

用试电笔检测实训台上交流电源插座是否带电?若带电,请区别相线与零线。



想一想

“某市7岁的小孩欢欢，在家中玩耍时看见一只试电笔，好奇的她便学着大人的样子用右手握着试电笔往电源插座上插。由于她的手握着金属部分，一下子被电击中。家长立即将欢欢送到市第五医院烧伤科进行抢救，据该院医生介绍，欢欢的右手被电击伤，烧伤深度为3级，需手术治疗。”读了这则消息，请你分析一下，为何会发生如此严重的事故？

## (2) 螺丝刀

螺丝刀按其功能和头部形状可分为一字型螺丝刀（见图 0.7）和十字形螺丝刀（见图 0.8）两种，按握柄材料的不同可分为木柄和塑料两类。使用时，应按螺钉的规格选择适当的刀口。用螺丝刀紧固或拆卸带电螺钉时，手不能触及螺丝刀的金属杆。为了避免金属杆触及皮肤或邻近的带电体，应在金属杆上穿套绝缘管。

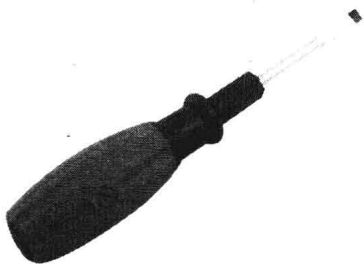


图 0.7 一字形螺丝刀

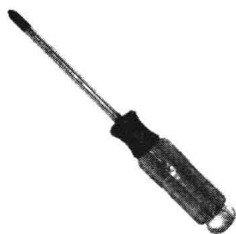


图 0.8 十字形螺丝刀



## 任务实施

用螺丝刀在木板上做旋紧木螺钉的练习，要求旋紧的木螺钉平整、紧固。

### (3) 钢丝钳和尖嘴钳

钢丝钳（见图 0.9）是一种夹持和剪切工具，可供低压带电作业的场所使用，其工作电压为 500V。使用钢丝钳前应检查手柄绝缘套是否完好，在切断导线时，不得将相线（火线）和中性线（零线）同时在一个钳口处切断，使用时应把刀口的一侧面向操作者。钢丝钳的构造和使用方法如图 0.11 所示。

尖嘴钳（见图 0.10）主要用来夹捏较小的零部件，剪切线径较细的单股与多股线，给单股导线接头弯圈、剥塑料绝缘层等。

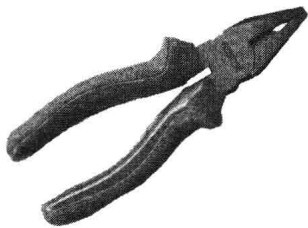


图 0.9 钢丝钳



图 0.10 尖嘴钳

### (4) 剥线钳

剥线钳（见图 0.12）可用来剥削直径小于  $6\text{mm}^2$  的小直径导线线头绝缘层。使用剥线钳时，注意根据不同的线径选择不同的刀口，否则容易造成线芯被剪断。



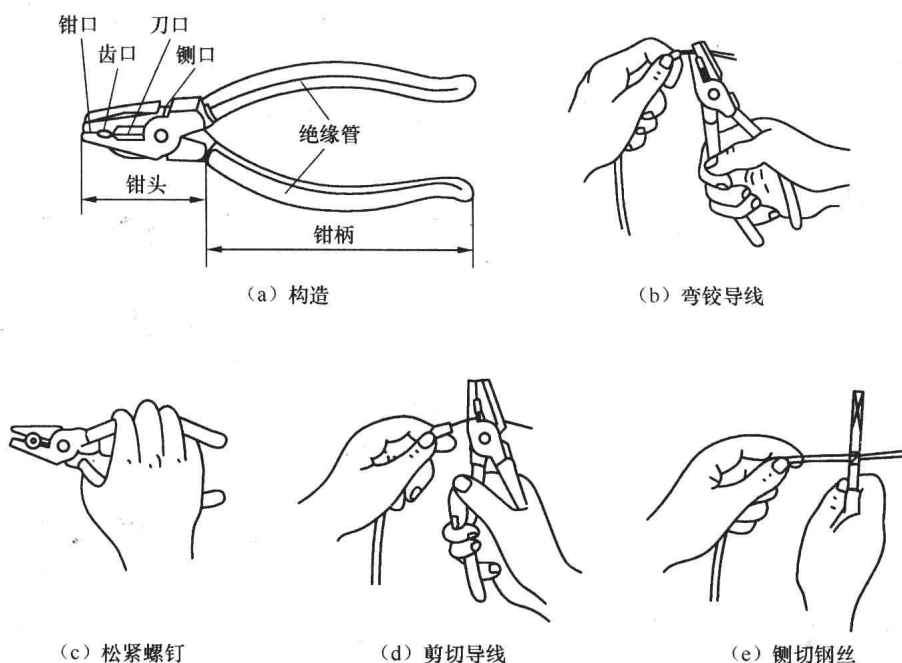


图 0.11 钢丝钳的构造和使用

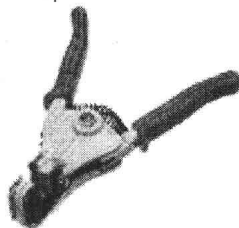


图 0.12 剥线钳



## 任务实施

- (1) 用钢丝钳作弯绞导线、剪切导线、侧切钢丝的练习。
- (2) 用尖嘴钳将单股导线弯成一定圆弧的接线鼻子（羊眼圈）。
- (3) 用剥线钳做剥削导线绝缘层的练习。

## 三、安全用电常识

### 1. 安全电压的规定

所谓安全电压，是指为了防止触电事故而采用的电压。我国规定 36V 以下为安全电压，安全电压等级有 36V、24V、12V 和 6V。当电气设备采用的电压超过安全电压时，必须按规定采取保护措施。

### 2. 实训室电气火灾扑救常识

电气火灾是指电能通过电气设备及线路转化成热能，并成为火源所引发的火灾。电力线路或电气设备发生火灾，由于是带电燃烧，所以蔓延迅速。如果扑救不当，可能会引起触电事故，扩