

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO JIXIELEI TONGYONG JIAOCAI

电工学

全国中等职业技术学校机械类通用教材



(第五版)

中国劳动社会保障出版社



全国中等职业技术学校机械类通用教材

电 工 学

(第 五 版)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

简介

本书主要包括：认识电工实训室、直流电路、磁场与电磁感应、单相交流电路、三相交流电路、变压器与交流异步电动机、工作机械的基本电气控制电路、常用电子元件及应用电路等。

本书由邵展图主编，鲁劲柏副主编，吴容、徐敏、何薇、吴厚云、刁红艳、石海霞参加编写。

图书在版编目(CIP)数据

电工学/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —5 版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2011

全国中等职业技术学校机械类通用教材

ISBN 978-7-5045-9025-1

I. ①电… II. ①人… III. ①电工学-中等专业学校-教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 093267 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 360 千字

2011 年 6 月第 5 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

定价：24.00 元

读者服务部电话：010-64929211/64921644/84643933

发行部电话：010-64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

本书封面轧有我社社标和英文缩写的暗纹

否则即为盗版，请读者举报

举报电话：010-64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010-80497374

前 言

为了更好地适应全国中等职业技术学校机械类专业教学要求,全面提升教学质量,人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师 and 行业、企业专家,在充分调研企业生产和学校教学情况、广泛听取教师对教材使用情况的反馈意见的基础上,对全国中等职业技术学校机械类通用教材进行了修订。本次修订后出版的教材包括:《机械制图(第六版)》《工程力学(第五版)》《电工学(第五版)》《机械基础(第五版)》《机械制造工艺基础(第六版)》《金属材料与热处理(第六版)》《极限配合与技术测量基础(第四版)》《数控加工基础(第三版)》。此外,还新开发了《机械基础》(彩色版)和《金属加工基础》(彩色版)两本教材。

本次修订工作使教材内容更加符合当前技能人才培养的需要,更好地反映新知识、新技术、新设备、新材料。同时,结合教学改革要求,在教材中融入先进的教学理念和教学方法,注意将抽象的理论知识形象化、生动化,注重加强实践性教学环节,以及构建“做中学”“学中做”的学习过程,充分体现职业教育特色。

《电工学(第五版)》修订工作的重点主要体现在:

1. 对教材内容进行合理调整

在上版教材基础上,对机械专业学生不必掌握的理论知识做了删减,例如对第二章“磁场与电磁感应”的内容做了压缩,删去了电感线圈储能的计算等理论知识。同时,紧跟生产技术的发展现状,丰富教学内容,例如在第六章中补充了生产中已广泛应用的变频器的相关知识。

2. 理论知识的讲解与实际应用相结合

本次修订强化了理论知识与实际应用的结合。例如,在第六章中,将以往

独立介绍的低压电器知识整合到相关的基本控制电路中，结合具体电路应用和相关实训练习进行讲解。在讲解知识之后，还通过“工程应用”栏目等形式，利用实例说明学生所学知识在生产、生活中的应用。

3. 更加突出实践技能的培养

教材中首先编排“认识电工实训室”环节，使学生能直观形象地了解电工操作的基本知识，提高学习兴趣。同时，在“实验与实训”部分调整、增加了部分操作性较强的实训项目，突出对学生实际操作能力的培养。

4. 进一步做好教学资源开发

本教材配套开发有习题册、教学参考书（含多媒体教学光盘）、专业考试题库组卷系统（软件光盘），同时还提供配套多媒体教学课件的网络下载以及在线网络课程服务（<http://www.class.com.cn>）。

本次教材的修订工作得到了河北、辽宁、江苏、山东、广东、广西、陕西等省、自治区人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2011年5月

目 录

准备知识 认识电工实训室	(1)
第一章 直流电路	(6)
§ 1—1 电路及基本物理量	(6)
§ 1—2 电阻	(15)
实验与实训 1 练习使用万用表	(20)
§ 1—3 全电路欧姆定律	(23)
实验与实训 2 电源外特性的测试	(26)
§ 1—4 电功和电功率	(27)
§ 1—5 电阻的连接	(33)
§ 1—6 基尔霍夫定律	(38)
本章小结	(42)
第二章 磁场与电磁感应	(44)
§ 2—1 磁场	(44)
§ 2—2 电磁感应	(52)
§ 2—3 自感和互感	(57)
本章小结	(62)
第三章 单相交流电路	(64)
§ 3—1 交流电的基本概念	(64)
实验与实训 3 常用电子仪器的使用	(72)
§ 3—2 纯电阻交流电路	(74)
§ 3—3 纯电感交流电路	(76)
§ 3—4 纯电容交流电路	(81)
§ 3—5 RLC 串联电路	(87)
实验与实训 4 单相交流电路的测量	(89)
§ 3—6 提高功率因数的意义和方法	(90)

§ 3—7 常用照明电路·····	(93)
实验与实训 5 配电板和双控白炽灯的安装 ·····	(96)
实验与实训 6 荧光灯电路的安装和测量 ·····	(101)
本章小结·····	(102)
第四章 三相交流电路 ·····	(104)
§ 4—1 三相交流电·····	(104)
§ 4—2 三相负载的连接方式·····	(108)
实验与实训 7 三相负载的连接 ·····	(114)
§ 4—3 发电、输电和配电常识·····	(116)
§ 4—4 安全用电常识·····	(121)
本章小结·····	(129)
第五章 变压器与交流异步电动机 ·····	(130)
§ 5—1 变压器·····	(130)
§ 5—2 三相异步电动机·····	(138)
§ 5—3 单相异步电动机·····	(146)
本章小结·····	(148)
第六章 工作机械的基本电气控制电路 ·····	(150)
§ 6—1 三相异步电动机的直接启动控制电路·····	(151)
§ 6—2 继电器接触器点动正转控制电路·····	(155)
§ 6—3 继电器接触器连续正转控制电路·····	(161)
实验与实训 8 三相异步电动机直接启动控制电路的安装 ·····	(164)
§ 6—4 三相异步电动机正反转控制电路·····	(166)
实验与实训 9 三相异步电动机正反转控制电路的安装 ·····	(169)
§ 6—5 工作台的限位和自动往返控制电路·····	(171)
§ 6—6 三相异步电动机的制动控制·····	(173)
§ 6—7 普通机床典型控制电路分析·····	(178)
§ 6—8 控制电路常见故障及简易处理方法·····	(181)
§ 6—9 可编程控制器·····	(185)
实验与实训 10 用 PLC 实现三相异步电动机的正反转控制 ·····	(189)
§ 6—10 变频器 ·····	(191)
本章小结·····	(195)
第七章 常用电子元器件及应用电路 ·····	(198)
§ 7—1 二极管·····	(198)

§ 7—2 三极管·····	(203)
§ 7—3 集成运算放大器·····	(210)
实验与实训 11 汽车蓄电池过压、欠压报警电路的安装与调试 ·····	(213)
§ 7—4 直流稳压电源·····	(215)
实验与实训 12 用三端集成稳压器 LM317 组成稳压电路 ·····	(218)
§ 7—5 晶闸管·····	(220)
实验与实训 13 晶闸管调光电路的安装 ·····	(223)
§ 7—6 数字集成电路·····	(225)
§ 7—7 555 时基电路 ·····	(232)
本章小结·····	(235)

准备知识

认识电工实训室

一、熟悉电工实训环境

在老师带领下,走进电工实训室,了解实训设施的分布,电源配置情况,安全通道、消防设备、各级配电箱(板)的位置,认识安全警示标志等(图0—1、0—2、0—3)。



图0—1 电工实训室布置图

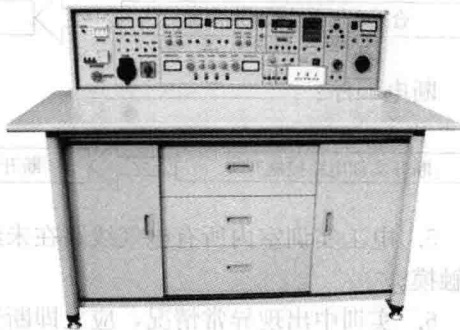


图0—2 电工实训台



禁止合闸



禁止启动



禁止用水灭火



当心触电

图0—3 常用安全警示标志示例

二、了解电工实训操作规程

1. 实训前,应认真阅读实训指导书,了解实训内容和安全操作注意事项,明确操作要求和操作顺序,检查待用工具、仪表的安全性和可靠性。
2. 实训中,应服从老师的指导和安排,认真听取老师讲解,仔细观察示范动作。
3. 按原理图准确接线,连接电路时,先接设备,后接电源;解拆电路时,先断电源,

后拆设备。

4. 接好电路后，先认真自查，再由老师复查，确认无误后，方可送电（图0—4）。未经老师检查和允许，切不可擅自合闸送电。

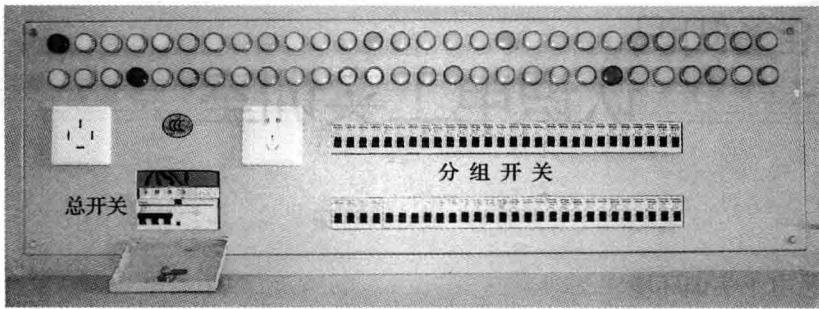
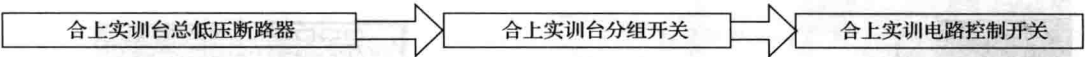
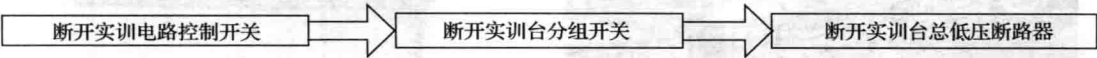


图 0—4 电工实训室配电控制台

送电顺序：



断电顺序：



5. 电工实训室内所有电气线路在未经验电器确定无电前，应一律视为“有电”，不可用手触摸。

6. 实训中出现异常情况，应立即断开本组电源，检查线路。排除故障后，经老师同意，方可重新送电。

7. 导线剥削、元件焊接、设备装拆时要特别注意刀具的正确使用，谨防伤及自己或他人。

8. 实训结束后，要断开电源，由老师恢复好设备原有功能状态后，整理工具和器材，清扫工位和场地，及时完成实训报告。

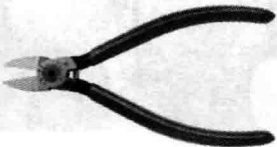
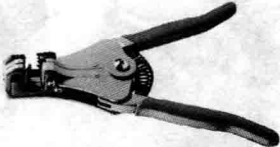
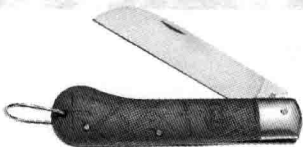
三、认识常用电工工具

常用电工工具见表 0—1。

表 0—1 常用电工工具

名称	外形	用 途
钢丝钳		钢丝钳，钳口用来钳夹或弯绞导线线头，齿口用来紧固或起松螺母，刃口用来剪断导线或剥剥导线绝缘层，侧口用来侧切导线线芯等。钳柄上应套有耐压为 500 V 以上的绝缘套

续表

名称	外形	用 途
螺钉旋具		螺钉旋具，俗称改锥、螺丝刀或起子，它是一种紧固、拆卸螺钉的工具，按头部形状不同分一字形和十字形两种。电工用螺丝刀应有绝缘柄，必要时还可在金属杆上加装绝缘套
尖嘴钳		尖嘴钳，用于钳断小直径导线、钳夹一些小部件和弯曲线头
偏口钳		偏口钳，又称斜口钳，用于钳断导线或剥除导线绝缘层
剥线钳		主要用于剥削 6 mm^2 以下导线的绝缘层，切口有多种规格的刃口，将导线放入相应刃口，紧握钳柄，导线绝缘层即可被割破而自动弹出
电工刀		主要用于剖削导线绝缘层和切割导线线头。使用时应将刀口向外剖削，用毕应及时将刀身折进刀柄。由于刀柄无绝缘保护，故不可带电作业

四、测电笔的使用

测电笔又称试电笔，简称电笔（图 0—5），常用于检查低压导体和电气设备是否带电。测电笔的正确握法如图 0—6 所示，常见的错误握法如图 0—7 所示。

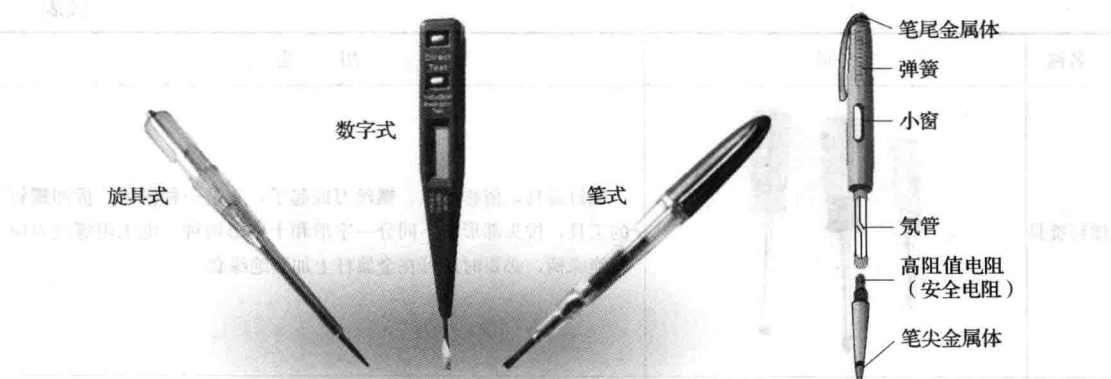


图 0—5 测电笔的结构和样式

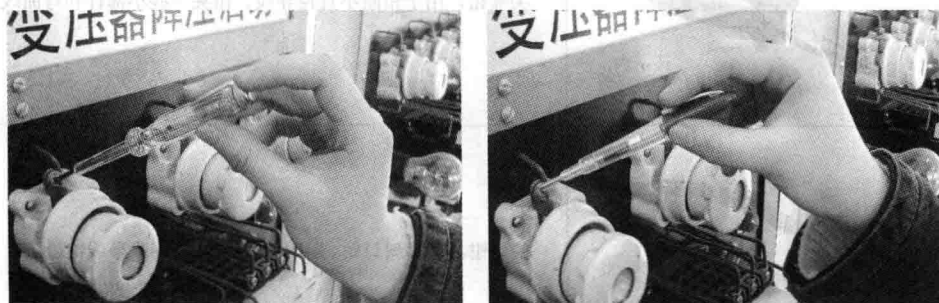


图 0—6 测电笔的正确握法

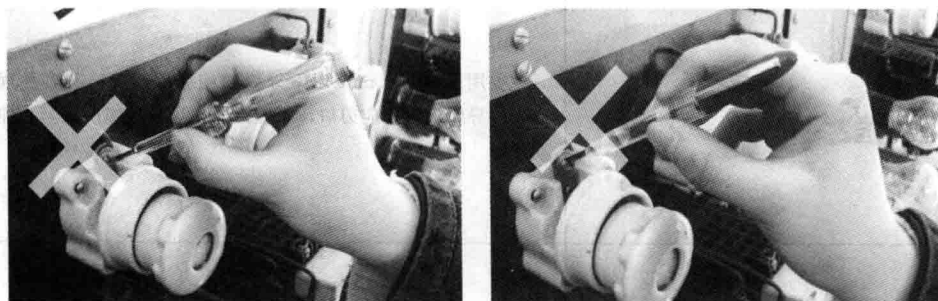


图 0—7 测电笔的错误握法

使用测电笔时注意以下几点：

1. 被测电压不得高于测电笔的标称电压值。
2. 使用测电笔前，首先要检查测电笔内有无安全电阻，然后试测某已知带电物体，看氖管能否正常发光，检查无误后方可使用。
3. 在光线明亮的场所使用测电笔时，应注意遮光，防止因光线太强看不清氖管是否发光而造成误判。
4. 多数测电笔前端金属体都制成一字旋具状，注意在它拧螺钉时用力不可过猛，以防损坏。



提示

当测电笔的金属笔尖已接触带电导体时，切不可用手或身体的其他部位再去接触笔尖。

五、电气火灾扑救常识

电气火灾是指电能通过电气设备或线路转化成热能并成为火源所引发的火灾。由于电气火灾往往带电燃烧，所以蔓延迅速。如果扑救不当，可能会引起触电事故，扩大火灾范围，加重损失。电气火灾的扑救方法主要分断电灭火和带电灭火两类。

1. 断电灭火

(1) 有配电室的单位，可以先断开主断路器；无配电室的单位应先断开负载断路器，然后拉开隔离开关。由于开关设备受烟熏水淋后绝缘强度降低，在拉闸时应使用适当的绝缘工具操作。

(2) 当线路带有负载时，应穿好绝缘靴，戴好绝缘手套，使用绝缘胶柄钳等绝缘工具将电线剪断。不同相电线应分别在不同部位剪断，以防止造成线路短路。

2. 带电灭火

发生电气火灾后，有时因特殊原因，无法立即断电，只能带电灭火。带电灭火时应注意以下几点：

(1) 使用适当的灭火器和导电的灭火剂，如二氧化碳、四氯化碳、1211、1301 或干粉灭火器等。不允许使用泡沫灭火器带电灭火，因为其灭火剂具有一定的导电性，对电气设备的绝缘强度有影响。

干粉灭火器的使用方法是：拔出保险栓，按下压把，将喷口对准火源根部扫射，如图 0—8 所示。

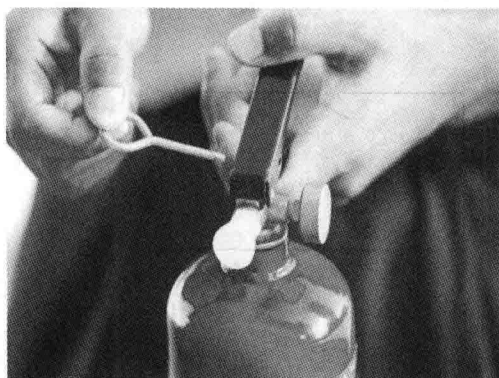


图 0—8 干粉灭火器的使用

(2) 如遇带电导线断落地面，应划出警戒线，防止误入。扑救人员需要进入灭火时，必须穿好绝缘靴。

(3) 在带电灭火过程中，以及在火灾扑灭后设备仍然带电时，任何人不得接近带电设备。

第一章

直流电路

电流流通的路径称为电路。由直流电源供电的电路称为直流电路。在物理学中，已经介绍过直流电路的部分知识，本章将作进一步的阐述，重点是与实际应用结合起来。

§1—1 电路及基本物理量

一、电路的组成及作用

如图 1—1a 所示，通过开关用导线将干电池和小灯泡连接起来，就组成了一个最简单的电路。图 1—1b 是用电气符号描述该电路的电路原理图。对电路的描述有时也可采用方框图，如图 1—2 所示。方框图主要用于说明一个复杂电路系统中各部分电路的功能及相互之间的关系，不描述细节。

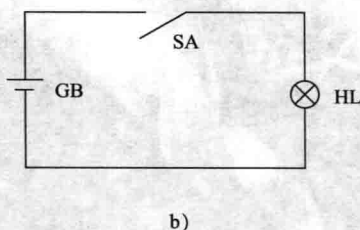
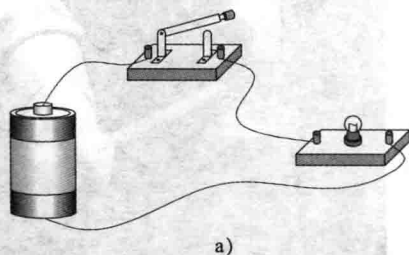


图 1—1 最简单的电路

a) 实物接线图 b) 电路原理图

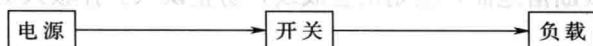


图 1—2 电路方框图

电路一般由以下四部分组成：

电源 为电路提供电能的设备，如干电池、蓄电池、发电机等。

负载 又称为用电器，其作用是将电能转变为其他形式的能，如电灯、扬声器、电动机等。

导线 起连接电路和输送电能的作用。

控制装置 主要作用是控制电路的通断，如开关、继电器等。

有些电路中还装有保护装置，以保证电路的安全运行，如熔断器、热继电器等。

电路最基本的作用包括两方面：一是进行电能的传输和转换（图 1—3），如照明电路、动力电路等；二是进行信息的传输和处理（图 1—4），如测量电路、扩音机电路、计算机电路等。

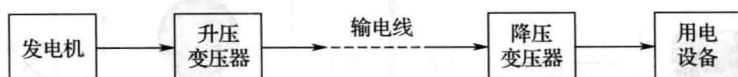


图 1—3 电能传输示意图



图 1—4 信息传输示意图

电路通常有三种状态：

通路 电路构成闭合回路，有电流流过。

开路 电路断开，电路中无电流通过。开路也称**断路**。

短路 电源未经负载而直接由导体构成闭合回路。这时电源输出电流将比允许的通路工作电流大很多倍，电源会因短路而损耗大量的能量。一般不允许短路。



小资料

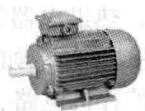
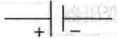
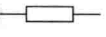
绘制电路图必须采用国家颁布的电气图用图形符号，可查阅相关标准，如 GB/T 4728、GB/T 20939 等。部分常用图形符号见表 1—1。

表 1—1

电气图用图形符号及文字符号

名称	外形	图形符号	文字符号	名称	外形	图形符号	文字符号
二极管			V	电流表			A
电容器			C	滑动变阻器			RP

续表

名称	外形	图形符号	文字符号	名称	外形	图形符号	文字符号
电感器			L	熔断器			FU
三相异步电动机			M	电压表			V
电池			GB	灯泡			EL
开关			SA	电阻			R

二、电流

1. 电流的形成

电荷的定向移动形成电流。在金属导体中，实质上能定向移动的电荷是带负电的自由电子；在导电液体（如蓄电池电解液）中，能定向移动的电荷是正负离子（图 1—5）。

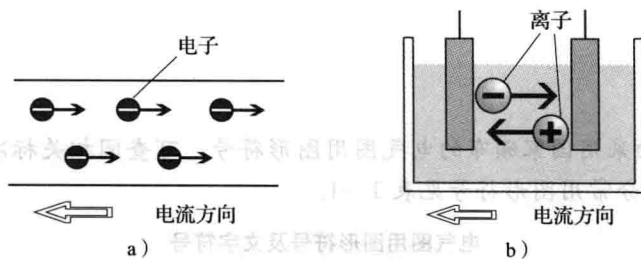


图 1—5 电流的形成

a) 金属中的电流 b) 电解液中的电流

2. 电流的大小

电流的大小是指单位时间内通过导体横截面的电荷，即

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的单位是安培，简称安，用 A 表示。如果在 1 s 内通过导体横截面的电量为 1 C，则导体中的电流就是 1 A。常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA) 等。

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

电路中的电流大小可用电流表进行测量（图 1—6）。测量时应注意以下几点：

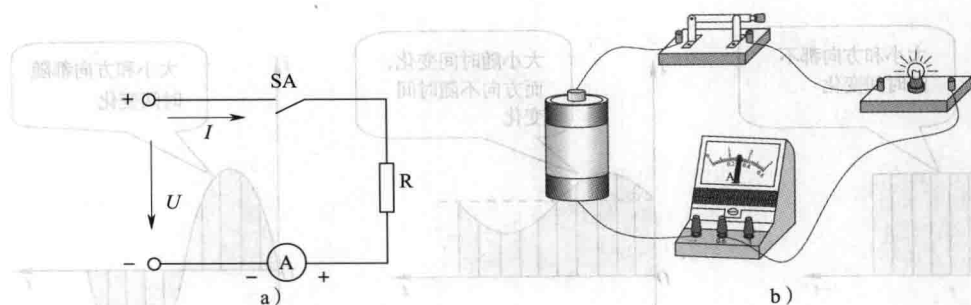
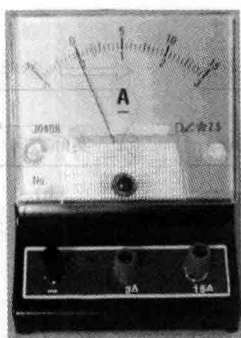


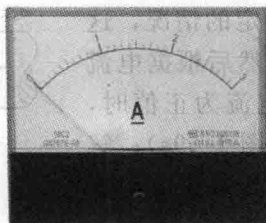
图 1—6 直流电流的测量

a) 原理图 b) 实物图

(1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表测量。图 1—7 所示为几种常用的直流电流表。



a)



b)

图 1—7 直流电流表

a) 指针式 b) 数字式

(2) 电流表应串接到被测量的电路中。

(3) 直流电流表表壳接线柱上标明的“+”“-”记号，应和电路的极性相一致，不能接错，否则指针要反转，既影响正常测量，也容易损坏电流表。

(4) 每个电流表都有一定的测量范围，称为电流表的量程。一般被测电流的数值在电流表量程的一半以上，读数较为准确。因此在测量之前应先估计被测电流大小，以便选择适当量程的电流表。若无法估计，可先用电流表的最大量程挡测量，当指针偏转不到 1/3 刻度时，再改用较小挡去测量，直到测得正确数值为止。

为了在接入电流表后对电路的原有工作状况影响较小，电流表的内阻应尽量小。

3. 电流的方向

习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的方向，因此，电流的方向实际上与自由电子和负离子移动的方向相反。若电流的方向不随时间的变化而变化，则称其为**直流电**，用符号 DC 表示。其中，电流大小和方向都不随时间变化的称为**稳恒直流电**（图 1—8a）。电流大小随时间作周期性变化，但方向不变的称为**脉动直流电**（图 1—8b）。大小和方向都随时间作相应变化的，称为**交流电**（图 1—8c），用符号 AC 表示。干电池、蓄电池提供的是直流电，动力、照明电路一般用交流电。