



职业教育精品实用教材

ZHIYE JIAOYU JINGPIN SHIYONG JIAOCAI

电 工 学

主 编 李 赏 王跃东



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要包括直流电路、磁场与电磁感应、正弦交流电路、三相交流电路、变压器与三相异步电动机、工作机械的基本电气控制电路、常用电子元器件及其应用电路,书中还设置了诸如“小思考”、“小提示”、“资料卡片”等栏目,帮助学生在学的过程中加深印象,达到更有效的学习效果。另外,在重点章节附有实验,以巩固学生对所学知识的掌握和运用。

图书在版编目(CIP)数据

电工学/李赏,王跃东主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6
职业教育精品实用教材
ISBN 978-7-5612-2392-5

I. 电… II. ①李…②王… III. 电工学—职业教育—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008)第 076047 号

出版发行:西北工业大学出版社
通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072
电 话:(029)88493844 88491757
网 址:www.nwpup.com
印 刷 者:陕西丰源印务有限公司
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16
印 张:12.25
字 数:293 千字
版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷
定 价:19.90 元

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,职业教育精品实用教材编写组组织相关力量对实现职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。

职业教育精品实用教材是面向职业教育的规范性教材,严格按照国家最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻素质教育的理念,突出职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题设置和图示说明等方面努力创新,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

我们希望各地、各校在使用本套教材的过程中,及时提出改进意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

职业教育精品实用教材编写组

前 言

随着社会经济的发展,对专业技术人才的需求日趋旺盛,也对技术人才的专业知识和操作技能提出了更高的要求。为了更好地适应社会对电工电子类人才的需求,职业学校电工电子类专业的招生规模也不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

本书根据国家教育部最新颁布的教学指导要求编写,可作为职业技术学校电工电子技术类专业教材,也可作为职工培训教材和职业技能鉴定指导教材。

本书的编写力争体现职业教育的性质、任务和培养目标,相关专家审定后认为本书符合职业教育的课程教学基本要求,符合职业教育的特点和规律,具有职业教育特色。

本书在内容组织上紧扣职业学校学生的实际情况,具有深入浅出、通俗易懂、操作性强的特点。另外,本书尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,力求教材具有较鲜明的时代特征。在教材的编写模式方面尽可能使用图片、实物照片或表格形式将各知识点生动地展示出来,力求给学生营造一个更加直观的认知环境。通过本书的学习,能培养学生理论联系实际、严谨求实、团结协作的精神,能有效地提高学生独立分析、解决问题的能力。

本书主要内容包括直流电路、磁场与电磁感应、正弦交流电路、三相交流电路、变压器与三相异步电动机、工作机械的基本电气控制电路、常用电子元器件及其应用电路,书中还设置了诸如“小思考”、“小提示”、“资料卡片”等栏目,帮助学生在学的过程中加深印象,达到更有效的学习效果。另外,在重点章节附有实验,以巩固学生对所学知识的掌握和运用。

本书教学建议约为 100 课时,课时分配建议如下:

章 次	课 时 数
第 1 章 直流电路	14
第 2 章 磁场与电磁感应	12
第 3 章 正弦交流电路	16
第 4 章 三相交流电路	12
第 5 章 变压器与三相异步电动机	10
第 6 章 工作机械的基本电气控制电路	18
第 7 章 常用电子元器件及其应用电路	18
合 计	100

在编写过程中,编者参阅了大量的相关专业书籍和资料,在此向原著作者表示衷心的感谢。

由于编者的编写经验有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者提出宝贵的意见,以便进一步完善。

编 者

目 录

第1章 直流电路.....	1
第1节 电路中基本的物理量.....	1
实验1 练习使用测电笔和万用表	7
第2节 电阻和欧姆定律	10
第3节 电功与电功率	17
第4节 电阻的串联、并联和混联.....	22
第5节 基尔霍夫定律	26
本章习题	28
第2章 磁场与电磁感应	31
第1节 磁场及其主要物理量	31
第2节 磁场对电流的作用	36
第3节 电磁感应	39
第4节 自感、互感和涡流.....	42
本章习题	48
第3章 正弦交流电路	51
第1节 交流电的基本概念	51
实验2 常用电子仪器的使用	57
第2节 正弦交流电的表示法	60
第3节 单一理想元件的交流电路	61
实验3 电感元件和电容元件频率特性的测定	69
第4节 RLC 串联电路	71
实验4 串联谐振电路	74
实验5 正弦交流电路	75
第5节 提高功率因数的意义和方法	76
第6节 常用照明电路	78
本章习题	80
第4章 三相交流电路	82
第1节 三相交流电的产生和特点	82
第2节 三相负载的连接	85
实验6 三相交流负载的连接	89
第3节 发电、输电和配电常识.....	91
第4节 安全用电常识	95
本章习题.....	103
第5章 变压器与三相异步电动机.....	105

第 1 节	变压器简介及其工作原理	105
第 2 节	三相异步电动机	113
本章习题		119
第 6 章	工作机械的基本电气控制电路	120
第 1 节	常用低压电器	121
第 2 节	电气控制系统图中基本环节的识读	134
第 3 节	三相异步电动机的直接启动控制电路	136
实验 7	三相异步电动机的点动和自锁控制	141
第 4 节	三相异步电动机的正反转控制	143
实验 8	三相异步电动机的正反转控制电路	144
第 5 节	工作台的限位和自动往返控制电路	147
第 6 节	三相异步电动机的制动控制电路	148
第 7 节	电动机的日常维护和检修	151
第 8 节	可编程控制器(PLC)简介	152
本章习题		155
第 7 章	常用电子元器件及其应用电路	157
第 1 节	晶体二极管	157
第 2 节	晶体三极管	162
第 3 节	晶闸管	167
第 4 节	直流稳压电源	171
第 5 节	集成运算放大器	176
第 6 节	数字集成电路	180
第 7 节	555 时基电路	184
实验 9	集成稳压电路的工作原理	185
本章习题		188

第1章 直流电路

1. 理解电压、电流参考方向的意义。
2. 理解电路基本定律并能正确应用。
3. 了解电源的有载工作、开路与短路状态,并能理解电功率和额定值的意义。
4. 掌握分析与计算简单直流电路的方法。

电路是指由一些电气设备或器件组成的,以备电流流过的通路。若工作时电流的大小和方向不随时间变化,称为直流电路。

本章主要涉及电工学的理论基础,包括电路的组成及作用,电路中基本的物理量,电路中元件的电流、电压关系以及电路的基本定律和定理。

第1节 电路中基本的物理量

一、电路的组成和作用

1. 电路的组成

为了完成某种功能,将电气元件或设备按一定方式连接起来而形成的系统,通常用以构成电流的通路。从日常生活中使用的用电设备到工业、农业生产中用到的各种生产机械的电气控制部分及计算机、各种测试仪表等,从广义上说,都是实际的电路。如图 1.1 所示为手电筒电路。

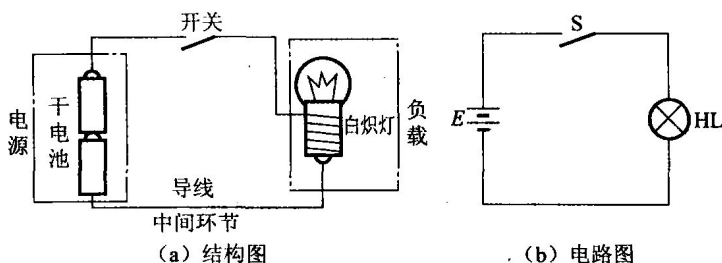


图 1.1 手电筒电路

从图中可以看出,一般电路主要由电源、负载和中间环节三个部分组成,下面分别予以介绍。

(1) 电源。电源是供给电路电能的设备,它将化学能、光能、机械能等非电能转换为电能,

如干电池、蓄电池、太阳能电池、发电机等。

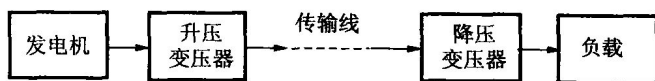
(2)负载。负载是各种用电设备,它将电能转换成其他形式的能量,如电灯、电动机、电视机等。

(3)中间环节。它把电源和负载连接起来,起传输和分配电能或对电信号进行传递和处理的作用,如导线、开关等。

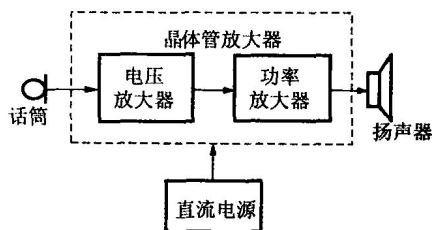
2. 电路的作用

实际电路的种类繁多,但就其作用来说,可以概括为两个方面:

(1)电能的传输、分配与转换。典型例子是电力系统中的输配电线路及用户负载构成的系统。在这一系统中,由发电机将其他形式的能量转换成电能,再通过变压器、输电线送到负载,负载再将电能转换成光能、机械能、热能等(如电灯、电动机、电炉等),如图 1.2(a)所示。对于这类电路,一般要求在传输和转换过程中,尽可能地减少能量损耗以提高效率。



(a) 电力电路



(b) 扩音机电路

图 1.2 电路的功能

(2)信息的传递与处理。典型的例子有电话机、收音机、电视机、扩音机等,它们是将声音或图像等转换为电信号处理,放大后送到负载,负载再将电信号转换成声音或图像等,如图 1.2(b)所示。这类电路,虽然也有能量的传输和转换,但其数值很小,一般人们关心的是信号传递的质量,如要求不失真、准确、灵敏、快速等。

3. 电路图

在实际工作中,为了便于分析、研究电路,通常将电路的实际元件用国家标准规定的符号来表示,这种图称为原理电路图,简称电路图。图 1.1(b)就是图 1.1(a)的电路图。

常用电路元件的电路符号如表 1.1 所示。

表 1.1 常用电路元件的电路符号

直流电源 E		电容 C		开关 S	
固定电阻 R		电压源 U_s		熔断器 FU	
可变电阻 R_p		电流源 I_s		电压表	
电感 L		电灯 HL		电流表	

4. 电路的状态

(1)通路。通路是指处处连通的电路。通路也称闭合电路,简称闭路,此时电路中有工作电流。

(2)开路。开路又称断路,指电路中某一部分断开,如开关断开,或出现熔断器熔丝烧断、导线断线的故障。开路时,电路中没有电流通过,但电源电压仍存在。

(3)短路。短路指电路中某一通路的电阻很小,可以忽略的情况。例如,连接灯泡的两根导线如果触碰在一起,形成实际上是零电阻的电路。当电路短路时,通过导线的电流非常大,并出现导线过热、电源烧毁等现象,因此,通常不允许短路。

现在我们知道了电路的基本组成,那如何分析电路的性能呢?通常利用电流、电压、电阻和功率这几个基本物理量,下面予以详细介绍。

二、电流(I)

1. 电流的形成

电荷的定向运动形成电流。在金属导体中,电流是自由电子在电场的作用下做定向运动形成的。在某些液体或气体中,电流则是带正、负电荷的离子在电场力的作用下有规则的运动形成的。

2. 电流的大小

电流的大小等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量,用 I 来表示。电流这一名词既表示一种物理现象,也表示一个物理量。若在 t 秒内通过导体横截面的电荷量为 Q 库仑,则电流 I 就可以用下式表示

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

例如,在 1 秒内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑,则导体的电流就是 1 安培,简称 1 安,电流的单位安培用字母 A 表示。除安培外,常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μ A)等。电流各单位之间的转换关系为

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

3. 电流的方向

电流既有大小,也有方向。习惯上规定以正电荷的运动方向为电流的方向(实际方向)。在金属导体中,虽然电流实际上是自由电子定向移动形成的,但其效果与等量的正电荷反向流动完全相同,因此电流方向和电子的移动方向相反。

在一段无分支的电路中,电流处处相等,因为在电荷移动过程中,不可能在某一点聚集或消失,这一规律称为电流的连续性原理。

在分析较为复杂的直流电路时,往往难以事先判断某支路中电流的实际方向;对交流电来讲,其方向随时间而变,在电路图上也无法用一个箭头来表示它的实际方向。为此,在分析和计算电路时,常引入电流参考方向的概念,参考方向又叫假定正方向,简称正方向。电流的正方向可以任意选定,所选定的方向可能与电流的实际方向一致,也可能相反,如图 1.3 所示。

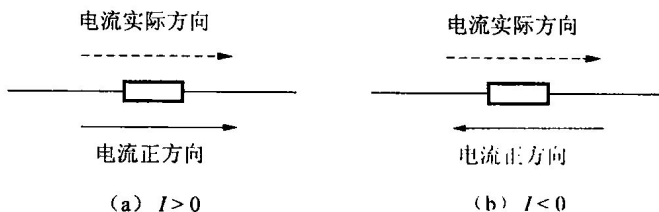


图 1.3 电流的方向

我们规定,若电流的实际方向与选定的电流正方向一致,则电流为正值,即 $I > 0$;若电流的实际方向与选定的正方向相反,则电流为负值,即 $I < 0$ 。这样我们就可以在选定的电流正方向下,根据电流的正、负值确定某一时刻电流的实际方向。

4. 电流的测量

测量电流大小的仪器叫做电流表。用电流表测量直流电流的电路图,如图 1.4 所示。

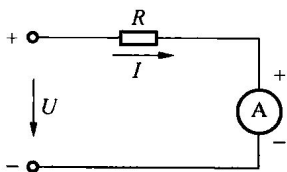


图 1.4 直流电流的测量

在使用电流表时应注意以下几点:

- (1) 测量直流电流、交流电流要分别使用直流电流表、交流电流表。
- (2) 电流表必须串联在要测量电流的电路中。
- (3) 测量直流电流时,电流应从直流电流表的“+”接线柱流入,从“-”接线柱流出。千万不能接错,否则既影响正常测量,又容易损坏电流表。
- (4) 合理选择电流表的量程。

5. 电流的分类

在不同的电压作用下,电流可分为以下 3 种:

- (1) 直流电流(DC):指电子在导体中沿着同一个方向运动的电流,如图 1.5(a)所示。
- (2) 脉动直流电流:指电流方向不变,电流大小随时间而变化的电流,如图 1.5(b)所示。
- (3) 交流电流(AC):指电流的大小、方向都随时间而变化的电流,如图 1.5(c)所示。

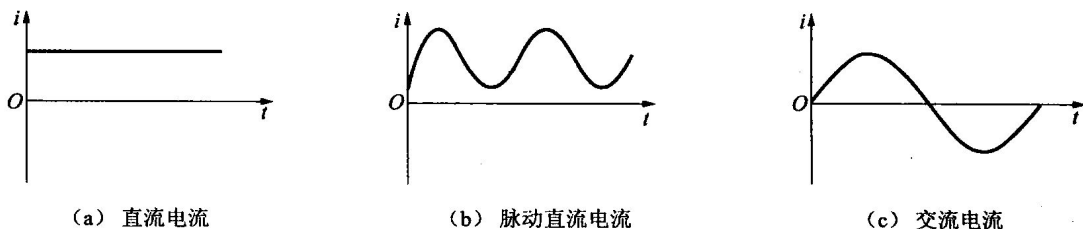


图 1.5 电流的分类

三、电压、电位和电动势

在图 1.1 所示的手电筒电路中,白炽灯发光是因为白炽灯中有电流通过,其两端存在电压,即白炽灯两端的电位不同,而这正是由电源(干电池)所引起的。

1. 电压(U)

(1) 电压的大小。由电场知识可知, 电场力能够移动电荷做功。在图 1.6 所示电路中, 极板 a 带正电, 极板 b 带负电, a、b 间存在电场。极板 a 上的正电荷在电场力的作用下从 a 经过白炽灯移到极板 b, 从而形成了电流, 使白炽灯发光, 这说明电场力做功产生了电流。

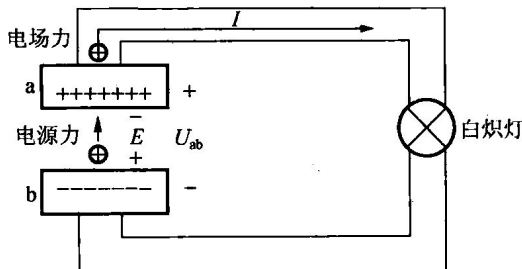


图 1.6 电压的定义

用物理量电压来衡量电场力做功的能力, 其定义为: 单位正电荷 q 从 a 点移动到 b 点电场力所做的功为 W_{ab} , 则电压 U_{ab} 为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

在国际单位制中, 电压的单位是伏特(V)。当电场力把 1 库仑(C)的电荷量从一点移到另一点所做的功为 1 焦耳(J)时, 则这两点间的电压为 1 伏特(V)。常用电压单位有千伏(kV), 毫伏(mV)和微伏(μ V), 它们的关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}, 1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$$

(2) 电压的方向。与前面讨论的电流方向一样, 电压方向也有实际方向与正方向(参考方向)之分。通常规定电路中两点之间电压的实际方向是由高电位点指向低电位点的, 也就是说, 沿着电压的实际方向, 电位是逐渐降低的。电压的正方向可以任意选定, 如图 1.7 所示。

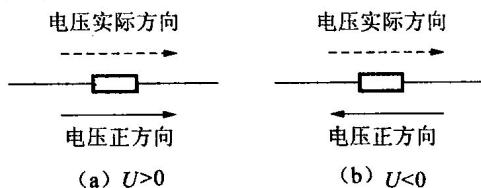


图 1.7 电压的方向

当电压的实际方向与它的正方向一致时, 电压为正值, 即 $U > 0$; 反之, 当电压的实际方向与正方向相反时, 电压为负值, 即 $U < 0$ 。这样, 在分析电路时, 借助电压的正方向及电压的正、负值, 就很容易确定电压的实际方向。

(3) 电压的测量。电压和电流一样, 不仅有大小, 而且有方向。负载两端的电压方向与流过它的电流方向相同。

测量电压大小的仪器称为电压表。如图 1.8 所示为直流电压测量电路。

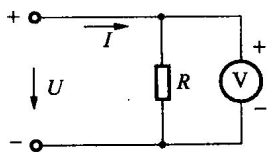
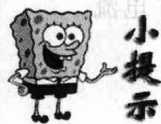


图 1.8 直流电压测量电路



正方向在电路分析中起着十分重要的作用。关于电流和电压的正方向,需要注意以下三点:

(1) 电流和电压的正方向可以任意选定。但一经指定,在电路分析和计算过程中,不应改变。

(2) 一般来说,同一段电路的电流和电压的参考方向可以各自指定,不必强求一致。但在分析电路时,为方便起见,常将电流和电压二者的正方向指定为相关联的正方向,即电流正方向与电压正方向选为一致。

(3) 电压的方向。电压和电流一样,不仅有大小,而且有方向。负载两端的电压方向与流过它的电流方向相同。

在使用电压表测量电压时,应注意以下几点:

1) 测量直流电压、交流电压要分别使用直流电压表、交流电压表。

2) 电压表必须并联在要测量电压的电路两端:

3) 测量直流电压时,直流电压表上的“+”、“-”接线柱,必须与要测量电路的极性一致。千万不能接错,否则既影响正常测量,又容易损坏电压表。

4) 合理选择电压表的量程。

2. 电位(V)

在图 1.6 中,当电场力移动正电荷从 a 经过白炽灯到 b 时,就将电能转换为光能,所以正电荷在 a 点具有比 b 点更大的能量。我们把单位正电荷在电路中某点所具有的能量称为该点的电位,用 V 表示,如 a 点的电位为 V_a , b 点的电位为 V_b 。由此可知,电路中两点之间的电压就是这两点的电位之差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

为便于分析,在电路中常任选一点为参考点,其参考电位为零,则电路中某点与参考点之间的电压就是该点的电位。电压方向规定为由高电位指向低电位,即电位降方向。在电路分析中,也常选取电压的参考方向,当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正,即 $U_{ab} > 0$; 反之,电压为负,即 $U_{ab} < 0$,如图 1.9(a)、(b)所示。为方便应用与计算,常将某一元件上的电流参考方向和电压参考方向选取一致,即选取成关联参考方向,如图 1.9(c)所示。

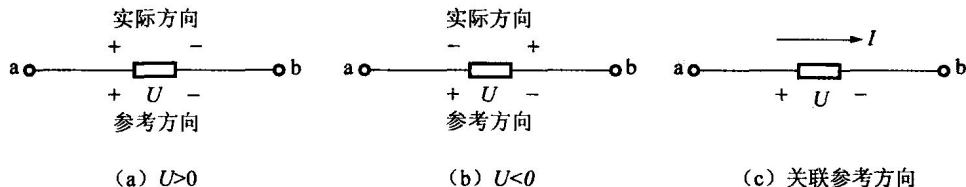


图 1.9 电压的参考方向

3. 电动势(E)

在图 1.6 中,为维持电路中的电流流通,使白炽灯不断发光,必须保持电路 a、b 两端间的电压 U_{ab} 恒定不变,这就需要电源(非电场力)源源不断地把正电荷由负极 b 移向正极 a,以维持 U_{ab} 不变,这一装置称为电源。电源力克服电场力移动正电荷从负极到正极所做的功,用物理量电动势来衡量。电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从负极 b 经电源内部移到正

极 a 所做的功,用 E 表示,即

$$E = \frac{W_{ba}}{q}$$

电动势的方向由负极指向正极,即电位升高的方向,其单位也是伏特(V)。

实验1

练习使用测电笔和万用表

一、测电笔的使用

测电笔简称电笔,是检验导线、电器和电气设备是否带电的一种常用工具。测电笔分为钢笔式(见图 1.10(a))、旋具式(见图 1.10(b))和数字式(见图 1.10(c))等,其结构如图 1.11 所示。



(a) 钢笔式



(b) 旋具式



(c) 数字式

图 1.10 测电笔

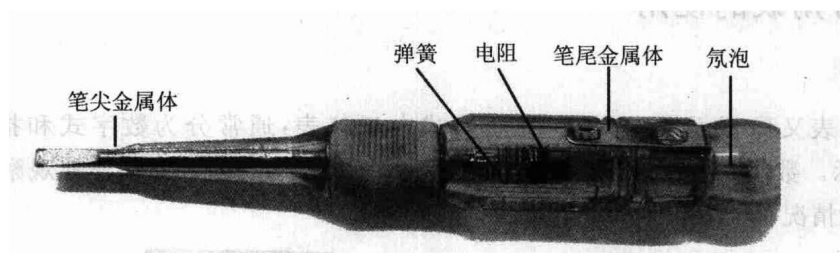
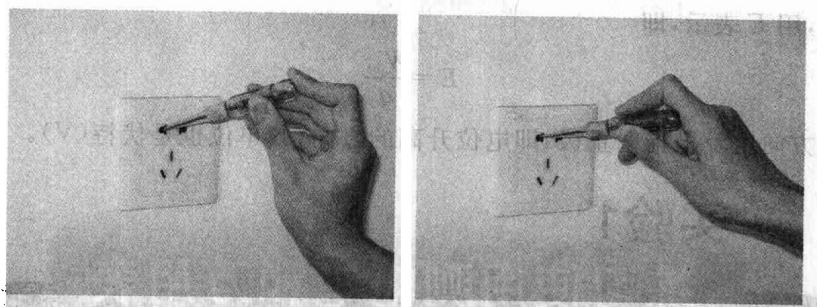


图 1.11 测电笔结构

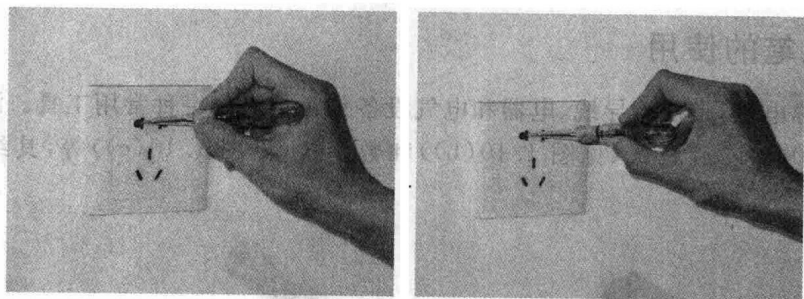
测电笔的使用方法如图 1.12 所示。

测电笔使用方法和注意事项如下:

- (1) 使用前,先要在有电的电源上检测电笔能否正常发光。
- (2) 在明亮的光线下测试时,往往不容易看清氖泡的辉光,应当避光检测。
- (3) 旋具式电笔的金属探头只能承受很小的扭矩,使用时应注意,以防损坏。
- (4) 测电笔用来区分相线和零线,氖泡发亮的是相线,不亮的是零线。
- (5) 测电笔可以用来判断电压的高低,如氖泡发暗红色、轻微亮则电压低;如氖泡发黄红色、很亮则电压高。



(a)正确用法



(b)错误用法

图 1.12 测电笔的使用方法



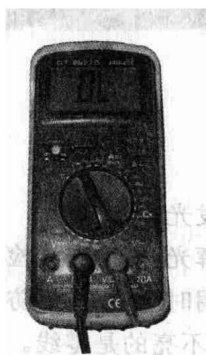
小提示

当测电笔的金属笔尖已经接触带电体时,切不可用手或身体的其他部位再去接触笔尖!

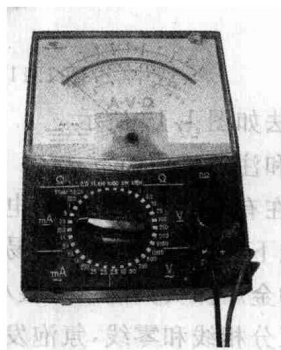
二、万用表的使用

1. 概述

万用电表又称万用表,它是一种便携式电工仪表,通常分为数字式和指针式两种,如图 1.13所示。数字式万用表读数直观方便,而指针式万用表能方便快速地观察近似值或被测数值的变化情况。



(a)数字式



(b)指针式

图 1.13 万用表

2. 万用表的使用

(1) 万用表使用前的准备工作。万用表在使用前,应首先检查其测试棒(表笔)是否完好,接线有无损坏;其次,指针式万用表应观察指针是否指在标度盘的零位上,如果没有指在零位上,可以使用机械零位调整器(调零器)进行调整;最后,将测试棒的红黑插头分别插入标有“+”、“-”的插孔中。

(2) 万用表的使用方法。

1) 直流电流的测量。将转换开关旋至直流电流的适当量程挡,再把红、黑表笔串接到被测电路中,使被测电流从红表笔流入,黑表笔流出。测量时,切记不要将表笔直接跨接在直流电源的两端,以防仪表因超负荷而损坏。

2) 直流电压的测量。测量直流电压前,应弄清被测电压的正负极。如果事先无法预知,则应先选用最大量程挡,将红黑表笔很快地碰一下测量点,根据表针的旋转方向判断出被测电压的正负极。

测量时,一般先将转换开关旋至直流电压的最大量程挡,用两根表笔接触被测电压的测量点,再根据指示值的大约数值选择适当的量程。

3) 电阻的测量。将转换开关旋至欧姆的适当量程挡,先将两根表笔短接,再调整零位调整器,使指针指示在欧姆标度尺 $0\ \Omega$ 的位置上,如果无法使指针指在零位,则要及时更换表内电池。测量时将两根表笔分别接触被测电阻的两端,读出读数并乘以该量程挡的倍率,就是被测电阻的阻值。如在 $R \times 1\ \text{k}$ 挡,其倍率数是 1 000。

为了提高测试精度,指针所指示的被测电阻的值应尽可能地指在刻度中间段,即全刻度起始 $20\% \sim 80\%$ 的弧度范围内。

(3) 使用万用表的注意事项。具体如下:

1) 在测量电压及电流尤其是高电压大电流时,不要旋转转换开关。

2) 读取被测量数值时,操作者的视线应与仪表的刻度盘平面及指针垂直。

3) 使用万用表的欧姆挡时要把表内电池的极性与“一”插口相连,电池的负极与“+”插口相连。即黑表笔接表内电池的负极,红表笔接表内电池的负极。

4) 万用表使用完毕后,为防止损坏,应将转换开关转到交流电压的最高挡或空挡上。

【实验】

1. 测量直流电压

(1) 调节直流电源输出电压。

(2) 将万用表转换开关置直流电压挡,根据被测电压大小选择适当量程。

(3) 将万用表红、黑表笔与被测电压正、负端并联,读出电压值。

2. 测量交流电压

(1) 将万用表转换开关置 500 V 交流挡。

(2) 如图 1.14 所示,分别测量交流电压 U_{AO} 、 U_{AB} 、 U_{AC} 。



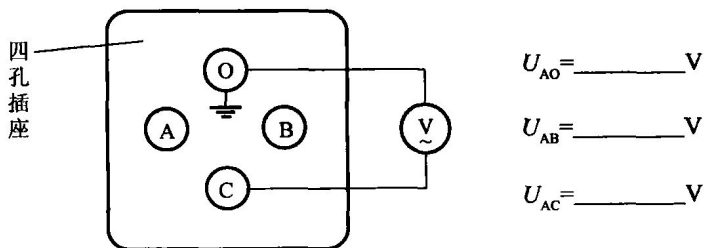


图 1.14 测量交流电压

第 2 节 电阻和欧姆定律

一、电阻

1. 电阻的大小

当电流通过导体时,由于做定向移动的电荷会和导体内的带电粒子发生碰撞,因此导体在传导电流的同时也对电流有一定的阻碍作用,我们把这种对电流的阻碍作用称做电阻。导体的电阻一般用 R 表示。

任何物质都有电阻值,电阻值非常小的物质称为导体,电阻值很大的物质称为非导体或绝缘体,导电能力介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。在电路中,经常要用到具有一定电阻值的元器件,即电阻器,电阻器简称电阻。

电阻的单位是欧姆(Ω),简称欧。比较常用的还有千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$)等。

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega, 1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

2. 电阻的测量

一般情况下,使用万用表的欧姆挡测量电阻的大小。在测量时应注意以下几点:

- (1) 测量电路中的电阻时,应先切断电源,不能带电测量。
- (2) 先估计被测电阻的大小,再选择适当的倍率挡,然后调零。调零即将两支表笔接触,旋动调零器,使指针指在零位。
- (3) 测量时双手不可碰到电阻引脚及表笔金属部分。
- (4) 测量电路中某一电阻时,应将电阻的一端断开,以免接入其他电阻。

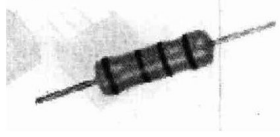
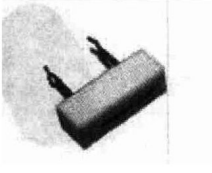
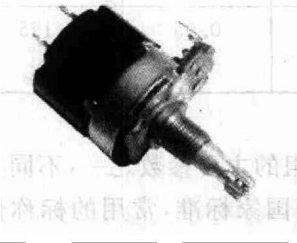


测量电阻时,双手为何不可碰到电阻引脚及表笔金属部分?

3. 电阻器的外形及其符号

常见的电阻器的外形及其符号如表 1.2 所示。

表 1.2 常见的电阻器的外形及其符号

类型	名称	外形	电路符号
固定电阻器	碳膜电阻器		
	水泥电阻器		
	金属膜电阻器		
	热敏电阻器		
可变电阻器 (电位器)	开关电位器		
	碳膜电位器		
	直滑式电位器	