

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

电工技术 基础

◎ 郑淑青 主 编



河北科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

电工技术基础 / 郑淑青主编. -- 石家庄: 河北科学技术出版社, 2015. 5

ISBN 978 - 7 - 5375 - 7672 - 7

I. ①电… II. ①郑… 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(2015) 第 114109 号

电工技术基础

郑淑青 主编

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 (邮编: 050061)
印 刷	石家庄燕赵创新印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
印 张	11. 75
字 数	250 000
版 次	2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷
定 价	25. 00 元

《电工技术基础》

编写人员

主 编 郑淑青

副主编 刘海静 宁文军 阚 云

编 委 郑淑青 刘海静 宁文军 阚 云 付海乔

廉雅静 于金波 王 霞 郑淑芳 王连强

李义彬

前言

QIANYAN

本书为了适应中等职业学校的教学需求，本着“以学生为主体、以能力为本位、以就业为导向”的教育理念而组织编写的。

在编写过程中，我们贯彻了以下基本原则：

第一，采用项目教学法，准确把握中等职业学校学生知识和能力特点，本着“必须”“够用”的原则，精简理论，密切联系实际，内容上由浅入深，循序渐进。

第二，按照教学规律和学生的认知规律，合理编排教材内容。尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

第三，贯彻国家关于职业资格证书与学业证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，教材内容涵盖有关国家职业标准（中级）的知识、技能要求，确实保证毕业生达到中级技能人才的培养目标。

本书由河北省迁安市职业技术教育中心郑淑青担任主编，刘海静、宁文军、阚云担任副主编，参与编写的还有付海乔、廉雅静、于金波、王霞、郑淑芳、王连强、李义彬。

在本书的编写过程中，参考了大量相关专家编写的书籍和文献，征询了多个学校有关老师的意见，在这里向这些专家和老师表示感谢。由于时间仓促，加之作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2014年10月

目 录

MULU

项目一 直流电路	(1)
任务一 认识电路	(1)
任务二 电流和电压的测量	(4)
任务三 常见电阻器的识读	(12)
任务四 电阻的测试	(20)
任务五 电阻的串联	(26)
任务六 电阻的并联	(33)
项目二 单相交流电路	(40)
任务一 电工基本操作	(40)
任务二 常见电容器的识别与检测	(71)
任务三 电感	(78)
任务四 正弦交流电路的基础知识	(83)
任务五 纯电阻、电感、电容电路	(93)
任务六 电阻电感串联电路	(101)
任务七 RLC 串联谐振电路	(108)
任务八 电能测量与节能	(114)
项目三 三相交流电路	(121)
任务一 三相交流电源	(121)
任务二 三相负载的联结	(126)
项目四 磁与电磁	(134)
任务一 认识磁场	(134)
任务二 电流的磁场	(136)

任务三 磁场的基本物理量	(138)
任务四 磁场对电流的作用	(141)
任务五 电磁感应现象	(145)
任务六 楞次定律	(147)
项目五 变压器	(151)
任务一 自感及应用	(151)
任务二 互感及应用	(155)
任务三 同名端及应用	(159)
任务四 磁路的基本物理量	(162)
任务五 磁性材料	(164)
任务六 铁损耗和磁屏蔽	(169)
任务七 小型变压器的检测	(172)
参考文献	(178)

项目一 直流电路

任务一 认识电路

◆学习目标

1. 了解电路组成的基本要素，掌握各组成部分的作用；
2. 会连接简单电路；
3. 理解电路模型；
4. 学会分析电路的工作状态。

◆工作任务

1. 简单电路的识读；
2. 简单电路的连接。



开动脑筋

如图 1.1.1 所示，小灯泡发光电路是一个简单又完整的电路。

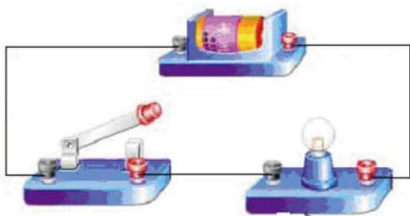


图 1.1.1 小灯泡发光电路

分析图 1.1.1，电路是由_____、_____、_____和_____四个基本部分组成的闭合回路。

按照图 1.1.1 连接电路，观察电路的工作状态。

1. 闭合开关，灯泡_____（发光/不发光），说明_____（有/没有）电流通过灯泡，此时电路的状态称为通路状态或闭路状态。

2. 断开开关，灯泡_____（发光/不发光），说明_____（有/没有）电流通过灯泡，此时电路的状态称为开路状态或断路状态。

一、电路的组成

实际电路是为了实现某种特定的要求，由电源、用电器、导线和开关等相互联接而成。电气设备的运行、家用电器的使用，都必须有电流的作用，产生电流的一个必要条件，就是要构成闭合回路，电流通过的闭合路径称为“电路”。

手电筒电路、单个照明灯电路是实际应用中较为简单的电路，而电动机电路、雷达导航设备电路、计算机电路，电视机电路是较为复杂的电路，但不管简单还是复杂，电路的基本组成部分都离不开四个基本环节：电源、负载、导线和开关。电路各部分的作用见表 1.1.1。

表 1.1.1 电路各部分的作用

序号	电路的组成	作用
1	电源	电源是向电路提供电能的装置。它可以将其他形式的能量如化学能、热能、机械能、原子能等转换为电能。在电路中，电源是激励，是激发和产生电流的因素
2	负载	负载是取用电能的装置，其作用是把电能转换为其他形式的能如机械能、热能、光能等。通常在生产与生活中经常用到的电灯、电动机、电炉、扬声器等用电设备，都是电路中的负载
3	导线	将电源、开关和负载接成闭合回路，传递电能和分配电能
4	开关	控制电路的接通和断开

二、电路模型

在研究和分析一个实际电路时，对于一些与研究无关的因素我们无需考虑，比如负载电源的形状、大小等，只考虑其电特性就可以。这样我们在画一个电路图时无需把实物的形状画出，可将电源负载等简单化、理想化。我们将实际电路器件理想化而得到的元件，称为理想电路元件，简称为电路元件。常用的电路元件有表示将电能转换为热能的电阻元件、表示电场性质的电容元件、表示磁场性质的电感元件等，其电路符号如图 1.1.2 所示。

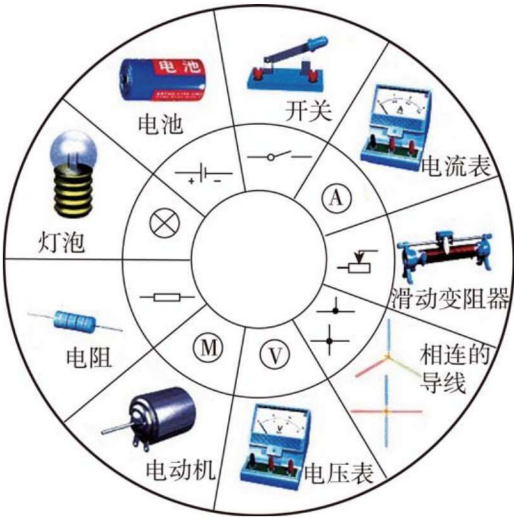


图 1.1.2 理想电路元件的符号

电路图是采用图形符号和文字符号并按工作原理和工作顺序排列构成的一种简图，用来详细表示电路、设备或成套装置的基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置。

三、电路的工作状态

电路通常有以下三种状态：通路状态、断路状态、短路状态，如图 1.1.3 所示。

(1) 通路状态：开关接通，电路构成闭合回路，电路中有电流通过。

(2) 断路状态：开关断开或电路中某处断开，电路中没有电流通过。

(3) 短路状态：电源两端的导线直接相连。这时电源流出的电流不经过负载，只经过连接导线直接流回电源。短路时往往会形成很大的电流，损坏供电电源和导线，应尽量避免。

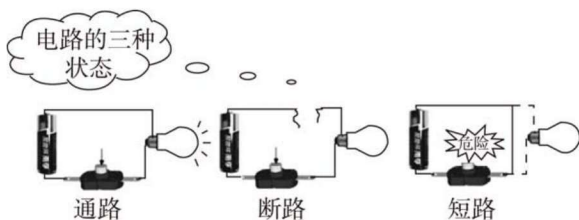


图 1.1.3 电路的三种工作状态



手脑并用

画出图 1.1.1 所示电路相对应的电路图。

◆ 巩固与提高 ◆

1. 电路是什么？电路是由哪几部分组成的？各部分有什么作用？
2. 电路通常有哪三种状态？各有什么特点？

任务二 电流和电压的测量

◆学习目标

1. 理解电压、电流的概念，并能够进行简单的计算；
2. 能够正确选择和使用电流表和电压表；
3. 能够正确使用万用表的直流电压、电流挡。

◆工作任务

1. 用直流电流表测量直流电流；
2. 用直流电压表测量直流电压；
3. 用万用表测量直流电压、电流。



开动脑筋

电路中的变量是电流和电压，无论是电能的传输和转换，还是信号的传递和处理，都是这两个量变化的结果。因此，弄清电流与电压的概念，对进一步分析电路是十分重要的。

一、电流

1. 电流的定义

电荷的定向移动形成电流，电流是表示带电粒子定向运动强弱的物理量，其定义为：单位时间内通过导体横截面的电荷量，用公式表示为：

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

式中 Q —通过导体横截面的电荷量，单位是库 [仑]，符号为 C；

t —通过电荷量所用的时间，单位是秒，符号为 S；

I —电流，单位是安 [培]，符号为 A。

在国际单位制中，电流的单位是安培，简称安 (A)。实际应用中，大电流用千安培 (kA) 表示，小电流用毫安培 (mA) 或者微安培 (μA) 表示。它们的换算关系是：

$$1\text{kA} = 10^3\text{A} = 10^6\text{mA} = 10^9\mu\text{A}$$

2. 电流的方向

习惯上规定：正电荷运动的方向为电流的方向。对金属导体来说，电流的方向与自

由电子的运动方向相反。

根据电流的大小和方向随时间变化情况，电流可分为以下几类：

(1) 恒定电流：大小和方向都不随时间变化的电流，简称直流。简写作“DC”，用“ I ”表示。

(2) 脉动直流电流：大小随时间变化但方向不随时间变化的电流。

(3) 交流电流：大小和方向均随时间变化的电流，简称交流，简写作“AC”。

波形图如图 1.2.1 所示。

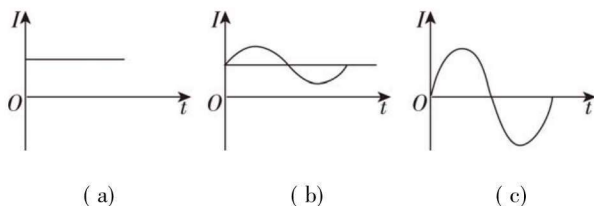


图 1.2.1 直流电流、脉动直流电流与交流电流

(a) 直流电流 (b) 脉动直流电流 (c) 交流电流

3. 电流的参考方向

简单电路中，电流从电源正极流出，经过负载，回到电源负极。在分析电路时，对复杂电路中某一段电路里电流的实际方向有时很难确定，而且有时电流的实际方向还在不断地改变，因此在电路中很难标明电流的实际方向，为了解决这样的困难，引入了电流的“参考方向”这一概念。

电流的参考方向可以任意设定，如用一个箭头表示某电流的假定方向，就称之为该电流的参考方向。这个方向不一定是电流的实际方向。在规定了参考方向后，电流称为代数量：当计算结果电流值大于零，则电流的实际方向与参考方向一致；当计算结果电流值小于零，则电流的实际方向与参考方向相反。如图 1.2.2 所示。

必须指出，电流的参考方向可以任意假定，而电流的实际方向是客观存在的，不会因参考方向选取不同而改变。

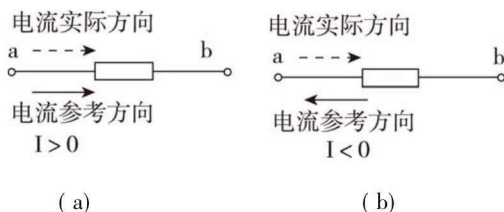


图 1.2.2 电流的参考方向与实际方向的关系

二、电压

如图 1.2.3 所示的闭合电路，在电场力的作用下，正电荷要从电源正极 a 经过导线和负载流向负极 b （实际上是带负电的电子由负极 b 经负载流向正极 a ），形成电流，而电场力就对电荷做了功。

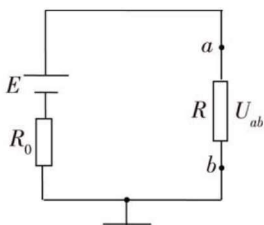


图 1.2.3 定义电压示意图

1. 电压的定义

任意两点之间的电压，等于单位正电荷在电场力作用下从一点移到另一点所做的功。因此，电压是衡量电场力做功本领大小的物理量。

在国际制单位中，电压的单位为伏特，简称伏，符号为 V。实际应用中，大电压用千伏 (kV) 表示，小电压用毫伏 (mV) 表示或者用微伏 (μV) 表示。它们的换算关系是：

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} = 10^6\text{mV} = 10^9\mu\text{V}$$

2. 电压的方向

电压的方向规定为从高电位指向低电位。若电压实际方向未知，可以先假定其参考方向。

电压方向的表示方法有：

- (1) 用符号加上双下标表示，如 U_{AB} 表示电压方向从 A 点指向 B 点。
- (2) 在元件两端或电路中的两点标上 +、- 极性表示。
- (3) 用带箭头的线段表示。

3. 电压的参考方向

有时，电压的实际方向很难标出。和电流一样，可以在所研究的电路两点任意选定一个方向为“参考方向”，在电压参考方向下，依据电压值的正负，就可以确定电压的实际方向。若某一电压值大于零，则电压的实际方向与参考方向相同，若某一电压值小于零，则电压的实际方向与参考方向相反。

三、电位

为了分析问题方便，常在电路中指定一点作为参考点，假定该点的电位是零。在生产实践中，凡是机壳接地的设备，机壳电位即为零电位。有些设备或装置，机壳并不接地，而是把许多元件的公共点做为零电位点。

1. 电位的定义

在电路中任选一点为参考点，则某点到参考点的电压就叫做这一点相对于参考点的电位。

2. 电路理论中的规定

参考点的电位为零，其他各点的电位值均要和参考点相比，高于参考点的电位是正

电位，低于参考点的电位是负电位。实际上，电路中某点电位的数值，等于该点到参考点之间的电压。

3. 电位与电压的关系

两点间的电压就是该两点电位之差，电压的实际方向是由高电位点指向低电位点，有时也将电压称为电压降。

$$U_{AB} = V_A - V_B$$



电路中各点的电位值与参考点的选择有关，当所选的参考点变动时，各点的电位值将随之变动。电压是不变的，它的大小与参考点选择无关。

参考点一经选定，在电路分析和计算过程中，不能随意更改。

在电路中不指定参考点而谈论各点的电位值是没有意义的。

习惯上认为参考点自身的电位为零，所以参考点也叫零电位点。

在电子线路中一般选择元件的汇集处，而且常常是电源的一个极作为参考点。

在工程技术中则选择大地、机壳等作为参考点。



手脑并用

用直流电压表、电流表测量直流电压、电流

一、直流电压表、电流表的识别

电压表的刻度盘上标有字母“V”字样，电流表的刻度盘上标有“A”字样。若有“—”则表示直流表，若有“~”则表示交流表。电压表、电流表外形如图 1.2.4 所示。



(a)



(b)

图 1.2.4 电压表、电流表外形

(a) 直流电压表 (b) 直流电流表

常用的直流电流表有 0.6A 和 3A 两个量程，电流表的内阻很小，一般都在 1Ω 以

下；常用的直流电压表有 3V 和 15V 两个量程，电压表的内阻很大，一般都在几千欧姆以上。

二、直流电流表的正确使用

(1) 电流表与待测电路串联，且使电流从正接线柱流入，负接线柱流出。

(2) 在读数时，要先确认所用电流表的量程，然后根据量程确定刻度线上每个大格和每个小格表示的电流值。电流表接线柱及刻度如图 1.2.5 所示。



图 1.2.5 直流电流表接线柱及刻度

若直流电流表的量程选择 3A，其最小分度为 0.1A，读数要估读到最小分度的十分之一。

若电流表的量程选择 0.6A，其最小分度为 0.02A，读数要估读到最小分度的十分之一。

三、直流电压表的正确使用

(1) 电压表使用时应与待测电路并联，且正接线柱（红色）接待测电路的正极（或高电位端），负接线柱接待测电路的负极（或低点位端）。

(2) 在读数时，要先确认所用电压表的量程，然后根据量程确定刻度盘上每个大格和每个小格表示的电压值。直流电压表接线柱及刻度如图所示。



图 1.2.6 直流电压表接线柱及刻度

若直流电压表的量程为 3V，则每个小格为 0.1V，电压值 = 小格数 $\times$ 0.1V/小格。若选择量程 15V，则每个小格代表 0.5V，电压值 = 小格数 $\times$ 0.5V/小格。

四、测试直流电流

按图 1.2.7 所示连接电路，调节直流稳压电源，输出 6.5V 稳定电压，断开开关，改变电流表的量程，闭合开关，观测电流表指针偏转的角度，观测电路状态，并在表 1.2.1 中记录两种状态下的电流值。

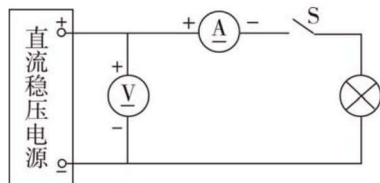


图 1.2.7 测试直流电流、
直流电压实验电路

测量直流电流时的读数方法同上。

三、万用表测量直流电压、电流注意事项

- (1) 不能旋错挡位。如果误将电阻挡或电流挡去测电压，易烧坏万用表。
- (2) 注意正确接入万用表，不要接错。
- (3) 不能带电转换量程。

四、万用表测量电压、电位

1. 按实验图 1.2.9 连接好电路

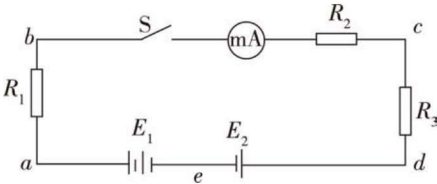


图 1.2.9 实验电路图

2. 电压测量

闭合开关 S ，用万用表直流电压挡分别测量电压 U_{ae} 、 U_{ab} 、 U_{be} 、 U_{cd} 、 U_{de} ，并连同电流表读数记入表 1.2.2 中。

表 1.2.2 记录两点间电压

I/A	U_{ae}/V	U_{ab}/V	U_{be}/V	U_{cd}/V	U_{de}/V

3. 电位测量

(1) 把万用表转换开关放在直流电压挡上，将负表笔接电路 e 点（ e 点为测量参考点），正表笔依次测量 a 、 b 、 c 、 d 各点电位，并记入表 1.2.3 中。

(2) 将负表笔分别接 a 、 b 、 c 、 d ，重复步骤（1），测量电路中各点的电位，并记入表 1.2.3 中。

表 1.2.3 记录某点电位

测量参考点	测量结果				
	V_a/V	V_b/V	V_c/V	V_d/V	V_e/V
a					
b					
c					
d					
e					

◆巩固与提高◆

一、填空题

1. 电荷的_____形成电流，电流是衡量_____的物理量。
2. 习惯上规定_____为电流的方向。金属导体中自由电子的运动方向与电流的方向是_____的。
3. $50\text{mA} = \underline{\hspace{2cm}}\text{A}$; $150\mu\text{A} = \underline{\hspace{2cm}}\text{A}$ 。
4. 若 $V_a = 5\text{V}$, $V_b = 3\text{V}$, $U_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$, $U_{ba} = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$ 。
5. 电路中任意两点间的电压等于_____，电压是衡量_____的物理量。
6. 电压的方向规定为从_____电位指向_____的方向。
7. 当电压值为负值时，说明电压的实际方向与参考方向_____。
8. $20\text{kV} = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$, $150\text{mV} = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$ 。

二、简答题

1. 若电流表指针偏转的角度过小，如何改变电流表的量程？
2. 若电流表指针偏转的角度过大，如何改变电流表的量程？
3. 若不能估计电路中电流的大小，如何选择电流表的量程？
4. 若电压表指针偏转的角度过小，如何改变电压表的量程？
5. 若电压表指针偏转的角度过大，如何改变电压表的量程？
6. 若不能估计电路中电压的大小，如何选择电压表的量程？
7. 选择不同参考点时，电路中各点的电位有无变化？这时，任意两点间的电压有无变化？
8. 电压和电位的主要区别是什么？如果电路中某两点的电位都很高，能否说明这两点之间的电压也很高，为什么？