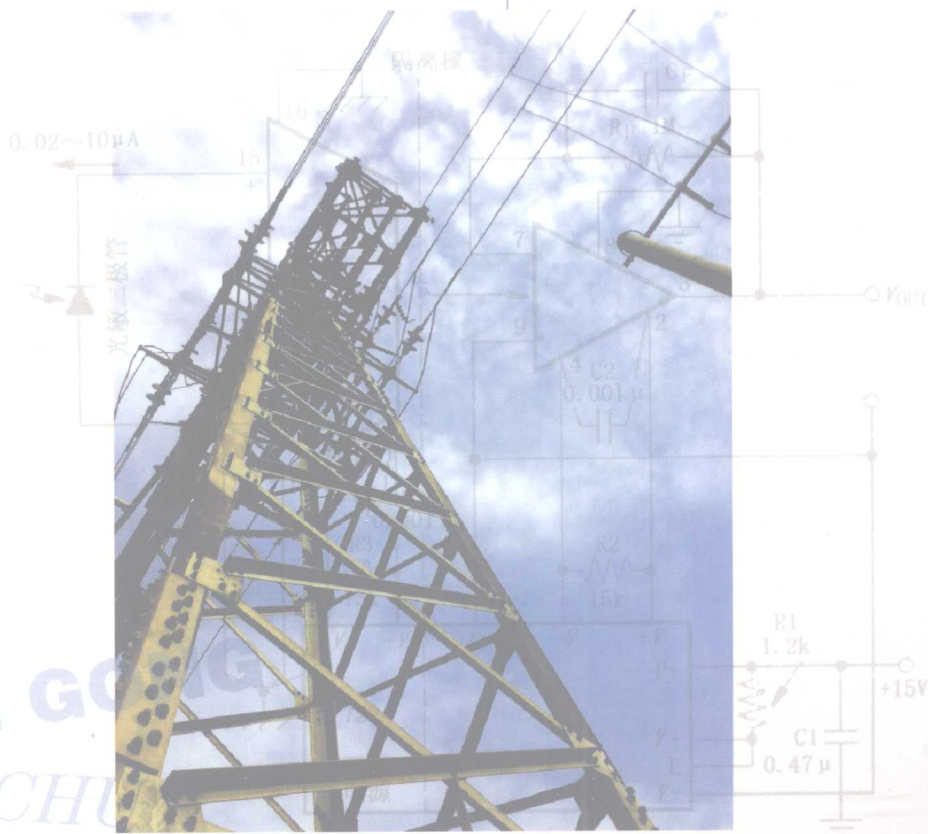


中等职业教育规划教材
根据教育部中等职业学校新教学大纲编写

电工基础

DIAN GONG JI CHU

主编 / 童庆东



天津教育出版社
TIANJIN EDUCATION PRESS

—— 中等职业教育规划教材 ——
根据教育部中等职业学校新教学大纲编写

电工基础

DIAN GONG JI CHU

主编 / 童庆东

江苏工业学院图书馆
藏书章



天津教育出版社
TIANJIN EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/童庆东主编. —天津:天津教育出版社,2008.8

ISBN 978-7-5309-5371-6

I. 电… II. 童… III. 电工学—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 129796 号

电工基础

出版人 肖占鹏

主 编 童庆东

责任编辑 李勃洋

封面设计 武业凌

出版发行 天津教育出版社
天津市和平区西康路 35 号
邮政编码 300051

经 销 新华书店
印 刷 北京通县华龙印刷厂
版 次 2008 年 8 月第 1 版
印 次 2008 年 8 月第 1 次印刷
规 格 16 开(787×1092)毫米
字 数 275 千字
印 张 10.75 元

定 价 19.00 元

出版说明

近年来随着国家对职业教育尤其是中等职业教育的高度重视和大力发展,中等职业教育事业正呈现出广阔的发展前景,全国各地的中等职业教育形式也迎来了前所未有的大好局面。

为了更好地适应当前中等职业教育的教学要求。我们组织了数位中等职业学校从事理论和实习教学多年的一线骨干教师,参照劳动和社会保障部最新颁发的《国家职业标准》和中等职业学校电工专业《电工基础教学大纲》的规定,结合我们多年的教学实践工作经验编写了本教材。

本教材力求贴近当前中等职业学校的实际教学要求,结合电工专业的具体特点,在注重理论知识讲解的同时,更加强调和实际的紧密联系;同时也充实了部分新知识和新技术的应用。进一步强调了知识的系统性和实用性,努力达到当前一体化教学模式的要求。从而更加突出职业技术教育的特色,使学生能够真正达到中级技术水平的培养目标。

本书主要包括:电学的基础知识,直流电路,电容器,电和磁,单相正弦交流电,三相正弦交流电,电工安全用电知识等。

本书可作为中等职业学校电工类专业教材,也可作为职工培训或自学用书。

由于编写该教材的时间紧促,缺点和错误在所难免,恳请各位专家、同行批评指正。

编 者

2008年8月

目 录

绪 论	(1)
第一章 电学基础知识	(2)
第一节 电路	(2)
第二节 电流	(3)
第三节 电压与电位	(5)
第四节 电动势	(9)
第五节 电阻	(11)
第六节 欧姆定律	(15)
第七节 焦耳定律	(18)
第八节 电功与电功率	(19)
实验课	(20)
本章要点	(24)
思考与练习	(25)
第二章 直流电路	(28)
第一节 电阻的连接	(28)
第二节 基尔霍夫定律	(35)
第三节 戴维南定理	(39)
第四节 直流电路的计算	(41)
实验课	(43)
本章要点	(48)
思考与练习	(49)
第三章 电容器	(51)
第一节 电容器和电容量	(51)
第二节 电容器的性能指标	(53)
第三节 电容器的连接	(53)
第四节 电容器的充放电	(57)
第五节 电容器的种类和选用	(59)
实验课	(62)
本章要点	(63)
思考与练习	(64)
第四章 电和磁	(66)



第一节	磁的基本知识	(66)
第二节	电磁感应	(74)
第三节	自感和互感	(77)
第四节	磁路欧姆定律	(84)
第五节	电磁铁	(85)
第六节	电磁的常见物理现象	(87)
实验课	.....	(89)
本章要点	.....	(90)
思考与练习	.....	(91)
第五章	单相正弦交流电	(94)
第一节	单相正弦交流电的产生	(94)
第二节	正弦交流电的基本物理量	(96)
第三节	纯正弦交流电路	(102)
第四节	串联正弦交流电路	(110)
第五节	谐振电路	(118)
第六节	电阻、电感串联再与电容并联的电路	(121)
第七节	提高功率因数的方法和意义	(123)
实验课	.....	(125)
本章要点	.....	(127)
思考与练习	.....	(129)
第六章	三相正弦交流电	(132)
第一节	三相正弦交流电动势的产生	(132)
第二节	电源绕组和负载的连接	(133)
第三节	对称三相电路的分析与计算	(137)
第四节	三相电路的功率计算与测量	(139)
第五节	三相交流电动机	(141)
实验课	.....	(143)
本章要点	.....	(146)
思考与练习	.....	(148)
第七章	电工安全用电知识	(150)
第一节	安全用电知识	(150)
第二节	电工安全操作知识	(152)
第三节	电气火灾消防知识	(153)
第四节	触电的危害性与急救	(156)
第五节	电气设备安全运行知识	(161)
本章要点	.....	(164)
思考与练习	.....	(165)

绪 论

电能指电以各种形式做功的能力。电能有直流电能、交流电能、高频电能等。日常生活中使用的电能主要来自其他形式能量的转换,包括水能(水力发电)、热能(火力发电)、原子能(原子能发电)、风能(风力发电)、化学能(电池)及光能(光电池、太阳能电池等)等。电能也可转换成其他所需能量形式。它可以有线或无线的形式作远距离的传输。

在现有大工业生产技术条件下,电能在社会生产各个领域里得到广泛应用,是科学技术发展、国民经济飞跃的主要动力。在工农业生产中,绝大多数机械设备都是由电力来驱动的。现代国防中的雷达、导弹、军舰等,以及交通运输中的电气机车、电车、飞机等都离不开电能,日常生活中的电灯、电话、电视机、电风扇、电冰箱、空调器等也都依靠电能才能工作。目前,第三次科技革命的主要标志之一——电子计算机已广泛应用于各个领域并不断推动着新的技术革命向深入方向发展。电子计算机和其他各种电子产品的工作也完全离不开电能。

电能之所以被广泛的应用,主要是与它自身具有的生产、运输、使用和控制方便等优点分不开的。一、生产形式多样。大多数其他形式的能(例如水能、热能、太阳能、生物能、化学能、原子能)都可以比较容易地利用转换设备变为电能。核电站、水电站、发电机、光电池、干电池等都是转换设备;二、使用清洁方便。电能可以根据使用的需要转换成其他各种形式的能量。例如,电灯将电能转换成光能,电炉将电能转换成热能,电动机将电能转换成机械能等等;三、便于远距离运输。电能可以通过导体或电磁波传输到所需要的地方,不仅传输效率高,而且分配也很容易;四、操作控制方便。电流的传导速度等于光速,电气设备的动作也比较迅速,对生产过程中所涉及的一些物理量,如长度、速度、温度、压力等,都可用电的方法迅速而准确地进行测量和自动调节,所以便于实现远距离操作控制和生产过程自动化。

《电工基础》课程是电类各专业的重要专业技术基础课程,是高职高专电类各专业培养高技能人才必须具备的理论基础。通过对《电工基础》课程的学习,使学生获得必需的电工基础理论、电路分析计算能力及电工测量等基本知识与实践技能,为学习专业课程,树立理论联系实际的观点,培养实践能力、创新意识和创新能力,打下必要的基础。

在学习过程中应注意以下几点:

理解各主要物理量及基本公式的概念,了解有关公式的使用条件以及各物理量的法定计量单位;弄清楚各定律的内容,掌握各有关量间的相互关系,注意教材中各部分内容间的联系,重在理解和灵活运用,切忌死记硬背,逐步学会分析电路的基本方法;要充分重视实验和对电器设备的正确使用。各章节附有实验课程,实验课是课程的一个重要环节,通过实验,可以巩固和加深对所学知识的理解,掌握基本操作技能。

第一章 电学基础知识

本章为电学基础知识，主要介绍电路的定义和组成，讲述电路中的基本物理量和基本定律，包括电压、电流、电位、电动势等重要概念；欧姆定律、焦耳定律等基本定律；电流的方向和电位的计算等知识点。

第一节 电路

电路是电流通过的路径，是由各种元器件按一定方式连接起来的总体。图 1-1 就是一个简单的电路，它是由灯泡、开关、导线和电池四部分组成的。当开关闭合的时候，灯泡会变亮，而当开关断开的时候，灯泡会熄灭。这是因为在开关闭合的时候，电路中有了电流，电流通过电路流过灯泡从而使灯泡工作。当开关断开的时候，电路中就没有了电流，从而使灯泡失去了电流而停止工作。

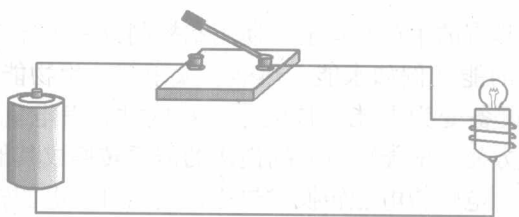


图 1-1 简单的电路

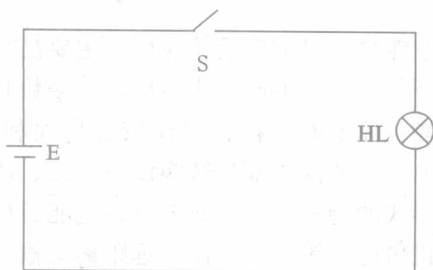


图 1-2 电路模型图

在图 1-1 电路中，各个元件都实现了不同的功能：电池是产生电能的源泉，我们把它称作电源；灯泡消耗了电能，我们称它为负载；导线起到了传输的作用，它把电能从电源传送到了负载当中；开关控制电路中的电流何时能通过导线传输，何时不能传输。

因此，我们可以发现电路是由电源、导线、负载和开关四元件组成的。

1. 电源

电源是提供电能的设备。它的作用是将其他形式的能量转化为电能，并把电能源源不断地提供给负载。常见的电源有电池、发电机等。

2. 导线

导线是用来连接电源与负载的。电路通过导线构成一个闭合的回路，起着输送和分配电能的重要作用。一般常用的导线是铝导线或铜导线。

3. 负载

负载是各种用电设备的总称。它的作用是将电能转换为其他形式的能量。

4. 开关

开关是控制电路的闭合与断开的。通过开关来影响负载的工作情况。常见的开关有按钮、闸刀开关等。

电路通常有三种状态：通路、断路和短路。

通路是指处处连通的电路。通路状态下电路中有电流流过。图 1-1 所示开关闭合时电路就是处于通路状态。

断路是指电路中有某处断开，不能形成一个电流的回路。断路状态下电路中没有电流，图 1-1 所示开关打开的状态。

短路是指电流从电源正极流出后不经过负载直接流回电源负极的情况（如图 1-3 所示）。短路状态下，电路中的电流要比通路状态下大很多倍，很容易烧毁电源，一般不允许出现这种情况。

图 1-1 所示的是电气设备的实物图形表示的实际电路。它的优点是形象直观，但是画起来很复杂，不便于分析和研究。于是，为了电路分析和研究的方便，实际设备往往被抽象成一些理想的模型，并用特定的图形符号表示。电路图就是用这些统一的图形符号画出的电路模型图。如图 1-2 就是图 1-1 的电路模型图。电路中常用的部分图形符号如下表 1-1 所示。

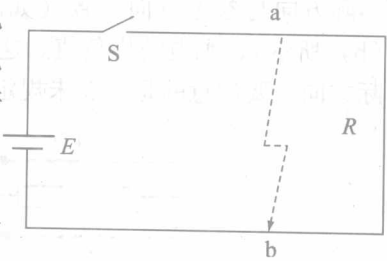


图 1-3 短路

表 1-1 常用电路图形符号

图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称
	开关		电阻器		接地壳
	电池		电位器		接地
	发电机		电容器		端子
	线圈		电流表		不连接导线 连接导线
	铁心线圈		电压表		熔断器
	抽头线圈		二极管		灯

第二节 电流

电流是指电荷的定向移动。电流的大小称为电流强度（简称电流，符号为 I），是指单位时间内通过导线某一截面的电荷量，每秒通过一库仑的电量称为一「安培」（A）。安培是国际单位制中所有电性的基本单位。除了 A，常用的单位有毫安（mA）及微安（μA）。

一、电流的方向

物理上规定电流的方向是正电子的流动方向或者负电子的流动的反方向。在金属导体

中, 电流是靠电子的定向移动产生的, 而电子是带负电荷的, 所以我们可以理解成电流的方向是负电荷移动的方向。而在某些液体或者气体中, 电流则是正或负离子在电场力作用下有规则的运动形成的。综合以上两种情况就会发现, 电流的方向没有一个统一判定的标准, 于是规定正电荷的运动方向为电流的方向。

虽然电流的方向规定为正电荷的运动方向, 然而在复杂电路的分析中, 电路中电流的实际方向很难判断出来。有时, 电流的实际方向还会不断改变。因此, 很难在电路中标明电流的实际方向。为此, 在分析或计算电路时, 常可任意规定某一方向作为电流的参考方向或正方向, 并用箭头表示在电路图上。规定了参考方向以后, 电流就是一个代数量了。若电流的实际方向与参考方向一致 (如图 1-4 (a) 所示), 则电流为正值; 若两者相反 (如图 1-4 (b) 所示), 则电流为负值。这样, 就可以利用电流的参考方向和正、负值来标明电流的实际方向。要注意的是, 在未规定参考方向的情况下, 电流的正、负号是没有意义的。

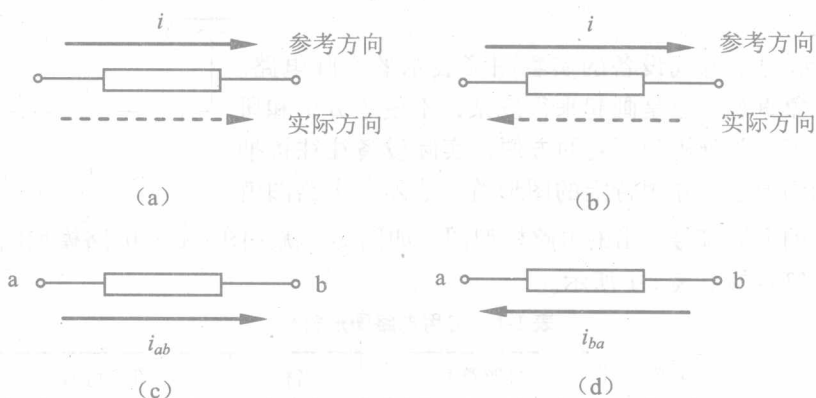


图 1-4 电流的参考方向

电流的参考方向除了用箭头在电路图上表示外, 还可用双下标表示, 如对某一电流用 i_{ab} 表示其参考方向由 a 指向 b, 如图 1-4 (c) 所示。用 i_{ba} 表示其参考方向由 b 指向 a, 如图 1-4 (d) 所示。显然, 两者相差一个负号, 即:

$$i_{ab} = -i_{ba}$$

二、电流的大小

电流的大小由在一定时间内通过导体横截面的电荷量的多少决定。在相同的时间内通过导体横截面的电荷量越多就表示流过该导体的电流越强, 反之则越弱。电流的强弱用电流强度来衡量, 通常规定: 单位时间内通过导体横截面的电荷量为电流强度, 用字母 I 表示。若在 t 秒内通过导体的横截面的电荷量是 Q , 则电流可以表达为:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流的单位是安培, 简称安, 用字母 A 表示, 电荷量的单位是库仑, 简称库, 用 C 表示。若在 1s 内通过导体横截面的电荷量为 1C, 则电流强度就是 1A。

常用的电流的单位还有 kA (千安)、mA (毫安)、 μ A (微安), 它们之间的换算关系为:

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

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

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

电流分为直流电流和交流电流两大类：凡是大小和方向都不随时间变化的电流，称为稳恒电流，简称直流（简写作 DC）；凡是大小和方向都随时间变化的电流，称为交变电流，简称交流（简写作 AC）。

交流电流的大小是随时间变化的，可以在一个很短时间 Δt 内研究它的大小。在 Δt 时间内，若导体横截面的电荷量的变化是 ΔQ ，则瞬间电流 i 为：

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1-2)$$

例 1-1 某导体在五分钟内通过的电荷量为 9C，求导体中的电流是多少毫安？

解：

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{9}{5 \times 60} = 0.03\text{A} = 30\text{mA}$$

三、电流的密度

电流密度是指流过单位横截面积的电流。

在直流电路中，电流是均匀分布在导体横截面积上的，电流的密度表示为：

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-3)$$

式中 J ——电流密度，单位： A/mm^2 ；

I ——电流，单位： A ；

S ——导体横截面积，单位： mm^2 。

从上式可以看出，同一电流 I 流过导体，导体横截面积 S 越小，则电流密度 J 越大，反之电流密度则越小。

四、电流的测量

电流的测量常用工具是电流表。按照电流表测量范围的不同有安培表、毫安表、微安表等之分，在表盘上分别用 A，mA， μA 标明。

电流表的使用规则：

1. 电流表要串联在电路中（否则短路）；
2. 电流要从“+”接线柱入，从“-”接线柱出（否则指针反转）；
3. 被测电流不得超过电流表的量程（否则损坏电流表）；
4. 绝对不允许不经过用电器而把电流表连到电源的两极上（否则短路）。

第三节 电压与电位

一、电压

大家都知道，水在管中所以能流动，是因为有着高水位和低水位之间的差别而产生的一种压力，水才能从高处流向低处。城市中使用的自来水，所以能够一打开水门，就能从管中流出来，也是因为自来水的贮水塔比地面高，或者是由于用水泵推动水产生压力差的缘故。

电也是如此，电流所以能够在导线中流动，也是因为在电流中有着高电位和低电位之间的差别。

从另外的角度说，电压是由于带电导体周围存在着电场，电场力对处在电场中的电荷有力的作用，若电场力使电荷沿电场的方向产生了移动，我们就说电场力对电荷做了功，而衡量电场力做功本领大小的物理量就是电压。如图 1-5 所示，电场力将处在电场中的正电荷 Q 从 a 点移动到了 b 点所做的功为 A_{ab} ，则 A_{ab} 与电荷量 Q 的比值就称为电场中 a 、 b 两点之间的电压，用符号 U_{ab} 表示。

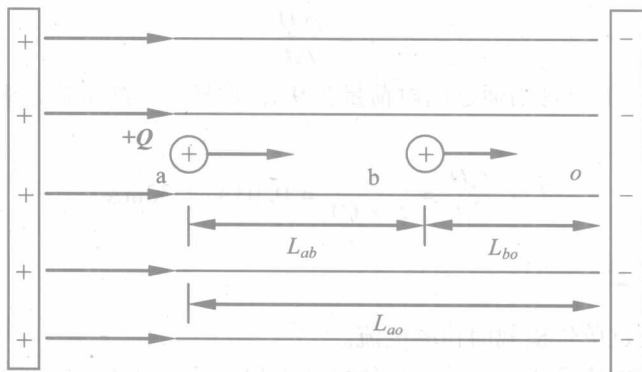


图 1-5 电压

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{Q} \quad (1-4)$$

电压的单位是伏特，用符号 V 表示。

规定电场力把 $1C$ 电荷量的正电荷从 a 点移动到 b 点，如果所做的功为 $1J$ ，那么 a 、 b 两点之间的电压就是 $1V$ 。除伏特外电压的常用单位还有 kV （千伏）， mV （毫伏）， μV （微伏）。

$$1kV = 10^3 V$$

$$1V = 10^3 mV$$

$$1mV = 10^3 \mu V$$

二、电压的测量

电路中的电压可以用电压表来测量，电压表的使用要注意以下几点：

1. 电压表要并联在被测电路两端；
2. 电流必须从“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出。若电压表接线柱接反了，则电压表的指针会向相反方向偏转，易使指针打弯，甚至损坏电压表；
3. 被测电压不要超过电压表的量程。在不能预先估计被测电压值的情况下，可以用“试触法”来判断被测电压是否超过电压表的量程；
4. 电压表可以直接并联在电源的两极上，测出的是电源两极间的电压。

三、电位

空间中某一点的电位是把单位正电荷从无限远处（假设此处电位为零）带到该点时所

消耗的电能。电位是电能的强度因素，它的单位是伏特（简称伏，用 V 表示，是 voltage 的缩写）。电位用符号 φ 表示。设空间中有两个位置 1 和 2，其电位分别为 φ_1 和 φ_2 ，则位置 1 对于位置 2 的电位差 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ ；相应，其电位降 $E = \varphi_1 - \varphi_2$ 。后者在电化学中用得较多，称作电势，在工业或日常生活中也常称作电压（voltage）。

由于电压是对电路中某两点而言的，在分析比较复杂的电路时，特别是在分析电子电路时，要一一说明电路中每两点之间的电压往往很繁琐，如果利用电位的概念进行分析则显得比较方便。如果在电路中任选一点为参考点，那么电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。也就是说某点的电位等于电场力将单位正电荷从该点移动到参考点所做的功。如图 1-5 所示，以 o 点为参考点，则 a 点的电位为：

$$\varphi_a = \frac{A_{ao}}{Q} = U_{ao} \quad (1-5)$$

同样， b 点的电位：

$$\varphi_b = \frac{A_{bo}}{Q} = U_{bo} \quad (1-6)$$

规定参考点的电位为零，所以说参考点又叫零电位点。高于参考点的电位是正电位，低于参考点的电位是负电位。

三、电压与电位的关系

在图 1-5 中，以 o 点为参考点时，则 a 点与 b 点的电位分别为：

$$\varphi_a = U_{ao}$$

$$\varphi_b = U_{bo}$$

U_{ao} 表示电场力把单位正电荷从 a 点移动到 o 点所做的功，在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功（ U_{ab} ）加上从 b 点移动到 o 点所做的功（ U_{bo} ），即：

$$U_{ao} = U_{ab} + U_{bo}$$

移项整理得：

$$U_{ab} = U_{ao} - U_{bo}$$

所以：

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-7)$$

由此可以得出结论：电路中任意两点之间的电压就是两点之间的电位之差，所以电压又称为电位差。

例 1-2 在图 1-6 所示的部分电路中，试求 a 、 b 两点的电位和电压 U_{ab} 。

解：

由图可见：

$$\varphi_a = U_{ao} = 4V$$

$$\varphi_b = U_{bo} = -2V$$

$$U_{ab} = U_a - U_b = 4 - (-2) = 6V$$

说明 a 点电位比 b 点电位高出 $6V$ 。

例 1-3 在图 1-7 中，设 $U_{co} = 8V$ ， $U_{cd} = 3V$ 。试分别以 c 点和 o 点作为参考点，求 d 点电位和 d 、 o 两点之间的电压 U_{do} 。

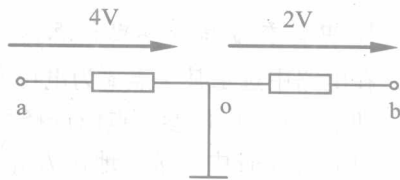


图 1-6 例 1-2

解:

(1) 以 c 点作为参考点, 即 $\varphi_c = 0V$ 。

因为: $U_{cd} = \varphi_c - \varphi_d$

所以: $\varphi_d = \varphi_c - U_{cd} = 0 - 3 = -3V$

因为: $U_{co} = \varphi_c - \varphi_o$

所以: $\varphi_o = \varphi_c - U_{co} = 0 - 8 = -8V$

$U_{do} = \varphi_d - \varphi_o = -3 - (-8) = 5V$

(2) 以 o 点为参考点, 即 $\varphi_o = 0V$ 因为: $U_{co} = \varphi_c - \varphi_o$

所以: $\varphi_c = \varphi_o + U_{co} = 8 + 0 = 8V$

因为: $U_{cd} = \varphi_c - \varphi_d$

所以: $\varphi_d = \varphi_c - U_{cd} = 8 - 3 = 5V$

$U_{do} = \varphi_d - \varphi_o = 5 - 0 = 5V$

由上面的计算可以得到结论: 如果参考点改变了, 则各点的电位也随之改变, 各点的电位与参考点的选择有关。但是不管参考点如何变化, 两点间的电压是不会改变的。通常情况下我们把大地看作参考点, 也就是把大地的电位规定为零, 而在电子仪器和设备中常把金属机壳和电路的公共接点的电位规定为零电位。

零电位的符号是 $\perp$ (表示接大地)、 $\perp$ (表示电路的公共接点或者设备的金属外壳接地)。所以, 今后在电路中凡见到上述符号, 就应认为该点的电位是零电位。

由式 (1-7) 可知, 如果 $\varphi_a > \varphi_b$, 则 $U_{ab} > 0$, 表明 a 点到 b 点的电位在降低; 如果 $\varphi_a < \varphi_b$ 则 $U_{ab} < 0$, 表明 a 点到 b 点的电位在升高。

一般规定电场力移动正电荷所做的功的方向为电压的实际方向, 电压实际方向也就是电位降的方向, 即高电位指向低电位的方向, 所以电压又称为电压降。电压的参考方向有两种表示方法, 如图 1-8 所示。第一种表示方法是用箭头表示。箭头由假定的高电位指向低电位。第二种表示方法用双下标字母表示。如 U_{ab} 前一个下标字母 a 表示假定的高电位, 后一个下标字母 b 表示假定的低电位。当 U_{ab} 为正值时, 说明 a 点电位比 b 点电位高; 当 U_{ab} 为负值时, 说明 a 点电位比 b 点电位低。

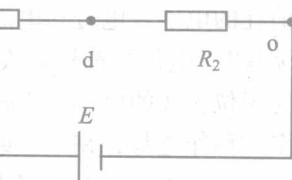


图 1-7 例 1-3

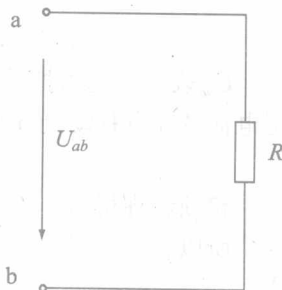


图 1-8 电压的参考方向

四、电位的计算

1. 电位参考点 (零电位点)

在电路中选定某一点 a 为电位参考点, 就是规定该点的电位为零, 即 $\varphi_a = 0$ 。电位参考点的选择方法是:

(1) 在工程中常选大地作为电位参考点;

(2) 在电子线路中, 常选一条特定的公共线或机壳作为电位参考点。

在电路中通常用符号 “ $\perp$ ” 标出电位参考点。

2. 电位的定义

电路中某一点 a 的电位 φ_a 就是该点到电位参考点 o 的电压, 那么 a、o 两点间的电位为: $\varphi_a = U_a - U_o$

(1-8)

计算电路中某点电位的方法是：

- (1) 确认电位参考点的位置。
- (2) 确定电路中的电流方向和各元件两端电压的正负极性。

(3) 从被求点开始通过一定的路径绕到电位参考点，则该点的电位等于此路径上所有电压降的代数和。电阻元件电压降写成 $\pm RI$ 形式，当电流 I 的参考方向与路径绕行方向一致时，选取“+”号；反之，则选取“-”号。电源电动势写成 $\pm E$ 形式，当电动势的方向与路径绕行方向一致时，选取“-”号；反之，则选取“+”号。

例 1-4 如图 1-9 所示电路，已知： $E_1 = 45\text{V}$ ， $E_2 = 12\text{V}$ ，电源内阻忽略不计； $R_1 = 5\Omega$ ， $R_2 = 4\Omega$ ， $R_3 = 2\Omega$ 。求 B、C、D 三点的电位 U_B 、 U_C 、 U_D 。

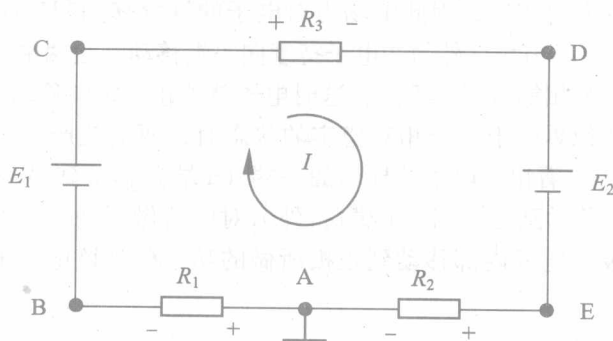


图 1-9 例 1-4

解：

设电路中 A 点为电位参考点（零电位点），电流方向为顺时针方向：

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 3\text{A}$$

$$\text{B 点电位: } \varphi_B = U_{BA} = -R_1 I = -15\text{V}$$

$$\text{C 点电位: } \varphi_C = U_{CA} = E_1 - R_1 I = 45 - 15 = 30\text{V}$$

$$\text{D 点电位: } \varphi_D = U_{DA} = E_2 + R_2 I = 12 + 12 = 24\text{V}$$

必须注意的是，电路中两点间的电位差（即电压）是绝对的，不随电位参考点的不同发生变化，即电压值与电位参考点无关；而电路中某一点的电位则是相对电位参考点而言的，电位参考点不同，该点电位值也将不同。

例如，在上例题中，假如以 E 点为电位参考点，则：

$$\text{B 点的电位变为: } \varphi_B = U_{BE} = -R_1 I - R_2 I = -27\text{V};$$

$$\text{C 点的电位变为: } \varphi_C = U_{CE} = R_3 I + E_2 = 18\text{V};$$

$$\text{D 点的电位变为: } \varphi_D = U_{DE} = E_2 = 12\text{V}。$$

第四节 电动势

一、电动势定义及其符号

电路中因其他形式的能量转换为电能所引起的电位差，叫做电动势，简称电势。

电动势是描述电源性质的重要物理量。电源的电动势是和非静电力的功密切联系的。所

谓非静电力，主要是指化学力和磁力。在电源内部，非静电力把正电荷从负极板移到正极板时要对电荷做功，这个做功的物理过程是产生电源电动势的本质。非静电力所做的功，反映了其他形式的能量有多少变成了电能。因此在电源内部，非静电力做功的过程是能量相互转化的过程。电源的电动势正是由此定义的，即非静电力把正电荷从负极移到正极所做的功与该电荷电量的比值，称电源的电动势。

众所周知，导体内部有大量的自由电子，如果这些电子受外力 (F_W) 的影响，使自由电子统一向导体的另一端 (b 端) 移动，则这一端就有负电荷的积累 (如图 1-10 (a) 所示)；而另外一端 (a 端) 就会因为缺少电子而呈现正电荷的积累。由于正负电荷的分离，在电源内部就产生了一个电场。这时，电子除了受到外力的作用，还受到电场力 (F_D) 的作用。电场力的方向和外力的方向相反，因此电场力对电子的继续移动起着阻碍作用 (如图 1-10 (b) 所示)。开始时，电场力大于外力，电子持续向一端移动。当两端的电荷积累到一定程度的时候，电场力与外力相等 ($F_D = F_W$)，这时电子就停止了定向移动。

当导体两端电荷的积累处于一个相对稳定的状态时，两端就产生了稳定的电位差 (如图 1-10 (c) 所示)。不难看出，电子从导体的一端 (a 端) 移动到另一端 (b 端)，或者说正电荷从一端 (b 端) 移动到另一端 (a 端)，外力对电荷做了功。一般定义是，外力把单位正电荷从电源的负极经电源内部移动到正极所做的功，称为该电源的电动势，用符号 E 表示，即：

$$E = \frac{A_{ba}}{Q} \quad (1-9)$$

电动势的单位是伏 (V)，其方向是由电源负极指向正极。

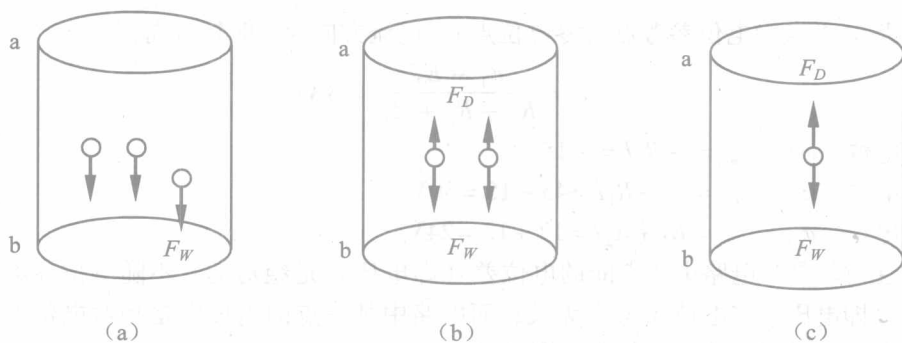


图 1-10 电动势的产生

二、电动势与电源端电压的关系

电源两端具有不同的电位，它们之间的电位差就是电源的端电压，有时也称作电源电压。根据图 1-10c，我们可以进一步推导出：

$$E = \frac{A_{ba}}{Q} = \frac{E_W L_{ba}}{Q}$$

当电源不接负载时，电源两端的电压 (端电压) 可以表示为：

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{Q} = \frac{F_D L_{ab}}{Q}$$

由于 $|F_w| = |F_D|$ ，所以 $|E| = |U_{ab}|$ 。

由此我们可以得出重要的结论：电源电动势的绝对值等于电源两端的端电压。但是由于 F_w 和 F_D 在方向上是相反的，所以电源内部电动势和电源端电压的方向是相反的。

电动势与电压的定义相似，它们的区别是：

1. 电动势仅存在于电源的内部，而电压不仅存在于电源两端，而且存在于外电路当中；
2. 电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力做功的大小，而电压则表示电场力做功的大小；
3. 电动势与电压的方向不同。电动势的方向是由低电位指向高电位，即电位升高的方向，而电压则由高电位指向低电位，即电位降低的方向。

第五节 电阻

一、电阻的定义

导体对电流的阻碍作用就叫该导体的电阻。电阻器简称电阻（Resistor）是所有电子电路中使用最多的元件。电阻的主要物理特征是变电能热能，也可说它是一个耗能元件，电流经过它就产生内能。电阻在电路中通常起分压分流的作用，对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻。

从电子的移动角度来看，金属导体中的电流是自由电子定向移动形成的，自由电子在定向移动的过程中会不断地与金属导体中的离子和原子相互碰撞，从而使自由电子的运动受到阻碍。因此导体对于通过的电流起一定的阻碍作用。反映导体对电流起阻碍作用大小的物理量就称为电阻，用字母 R 表示。

电阻的基本单位是欧姆，简称欧，用字母 Ω 表示。欧姆是这样定义的：当导体两端的电压是 1V，导体内通过的电流是 1A 的时候，这段导体的电阻就是 1Ω 。常用的电阻单位还有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$ 。

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

二、电阻定律

导体内的电阻与导体两端是否有电压无关，它是客观存在。实验证明，导体的电阻不仅取决于构成导体的材料的性质，而且还决定于导体的几何尺寸。因为导体越长，电子碰撞的次数就会越多，电阻也就越大。

在电子数相同的情况下，导体截面积 S 越大，碰撞的机会就越少，电阻越小。所以导体的电阻与它的长度 l 成正比，与横截面积成反比，并与导体的材料性质有关，可以表示为：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-10)$$

ρ 是与导体材料性质有关的物理量，称为电阻率或者电阻系数。

电阻率通常是指 20℃ 时，长 1m，横截面积为 $1m^2$ 的某种材料的电阻值。 l 是导体的长度，单位是 m。 S 是导体的横截面积，单位是 m^2 。表 1-2 是几种常用导体材料在 20℃ 时的电阻率。