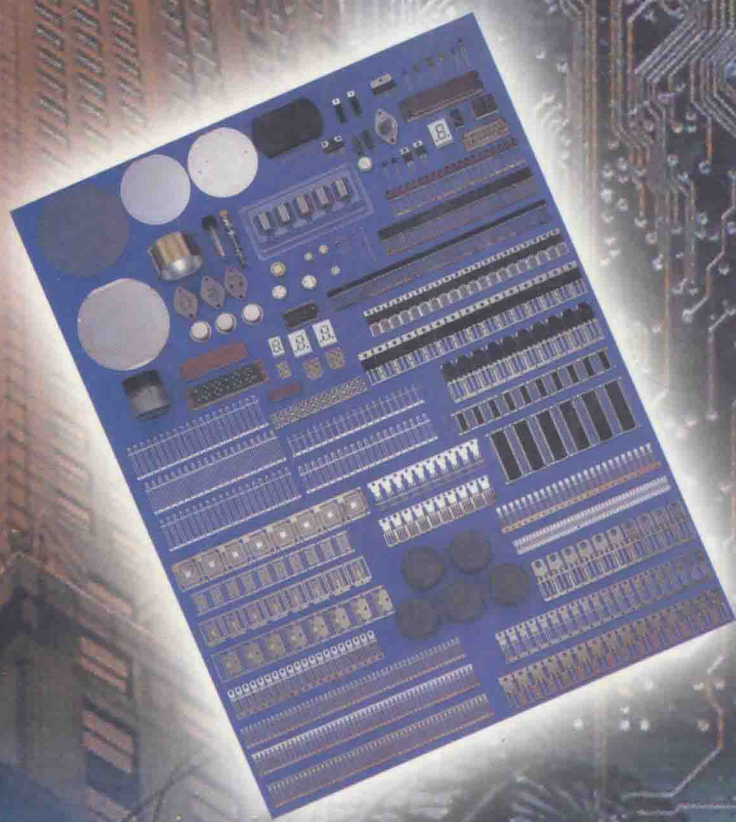


电工与电子技术基础

全国技工学校计算机应用与办公自动化专业通用教材



中国劳动出版社

全国技工学校计算机应用与办公自动化专业通用教材

电工与电子技术基础

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国劳动出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/王家继等编著. —北京:中国劳动出版社,1998.5

ISBN 7-5045-2210-4

I. 电… II. 王… III. ①电工技术—基本知识②电子技术—基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 08700 号

中国劳动出版社出版

100029 北京市朝阳区惠新东街 1 号

责任编辑 万 象

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 新华书店总店北京发行所发行

1998 年 5 月第 1 版 2002 年 12 月北京第 10 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张 15.25

字数:378 千字 印数:30100 册

定价:18.30 元

本书是根据劳动部职业技能开发司、电子工业部人事教育司审定颁发的《电工与电子技术基础教学大纲》编写，供技工学校计算机应用与办公自动化专业使用的通用教材。全书共分八章，第一章至第四章为电工基础部分，第五章至第八章为电子技术基础部分。本书主要讲述了电工和电子技术的基本知识和基本工作原理，内容由浅入深，通俗易懂，并配备了实验课内容。

本书也可作为职业高中、职工培训教材及职工自学用书。

本书由湖南省邮电学校王家继、长沙市电子技校肖扬编写，王家继主编；林亲敬、李明审稿，林亲敬主审。

目 录

第一章 直流电路的基本概念	(1)
§ 1-1 电路的概念	(1)
§ 1-2 电流	(2)
§ 1-3 电位、电压与电动势	(4)
§ 1-4 电阻与电导	(8)
§ 1-5 欧姆定律	(12)
§ 1-6 电功与电功率	(14)
§ 1-7 焦耳-楞次定律	(16)
§ 1-8 电路的三种状态	(16)
小 结	(17)
习 题	(18)
第二章 直流电路分析	(21)
§ 2-1 电阻串联电路	(21)
§ 2-2 电阻并联电路	(24)
§ 2-3 电阻混联电路	(28)
§ 2-4 电路中各点电位的计算	(29)
§ 2-5 电桥中各点的平衡条件	(32)
§ 2-6 负载获得最大功率的条件	(33)
§ 2-7 基尔霍夫定律	(34)
§ 2-8 戴维南定理	(36)
小 结	(38)
习 题	(39)
第三章 电容器和电磁现象	(43)
§ 3-1 电容器与电容	(43)
§ 3-2 电容器的充放电	(44)
§ 3-3 电容器的串联与并联	(46)
§ 3-4 电流的磁场	(49)
§ 3-5 磁场的基本物理量	(50)
§ 3-6 磁化与磁性材料	(52)
§ 3-7 电磁感应定律	(55)
§ 3-8 自感应与互感应	(59)
小 结	(63)
习 题	(64)

第四章 正弦交流电路	(67)
§ 4-1 交流电的基本概念	(67)
§ 4-2 正弦交流电的表示方法	(74)
§ 4-3 纯电阻电路	(76)
§ 4-4 纯电感电路	(78)
§ 4-5 纯电容电路	(81)
§ 4-6 串联电路	(83)
§ 4-7 并联电路	(88)
§ 4-8 变压器的基本原理	(92)
§ 4-9 三相交流电的基本概念	(94)
§ 4-10 安全用电的基本知识.....	(99)
小 结.....	(101)
习 题.....	(103)
第五章 半导体器件	(106)
§ 5-1 半导体的基本知识.....	(106)
§ 5-2 晶体二极管.....	(112)
§ 5-3 晶体三极管.....	(115)
§ 5-4 场效应管.....	(126)
小 结.....	(131)
习 题.....	(132)
第六章 放大电路基础	(134)
§ 6-1 共发射极基本放大电路.....	(134)
§ 6-2 放大电路的等效电路分析方法.....	(141)
§ 6-3 静态工作点的稳定.....	(148)
§ 6-4 多级放大器.....	(150)
§ 6-5 负反馈放大电路.....	(155)
§ 6-6 集成运算放大器.....	(168)
小 结.....	(179)
习 题.....	(180)
第七章 正弦波振荡器	(185)
§ 7-1 正弦波振荡器的基本知识.....	(185)
§ 7-2 LC 正弦波振荡器	(188)
§ 7-3 石英晶体振荡器.....	(191)
§ 7-4 RC 桥式振荡器	(194)
小 结.....	(197)
习 题.....	(197)

第八章 直流稳压电源	(199)
§ 8-1 整流电路	(199)
§ 8-2 滤波电路	(203)
§ 8-3 硅稳压管稳压电路	(206)
§ 8-4 串联型晶体管稳压电路	(209)
§ 8-5 集成稳压器	(212)
§ 8-6 开关稳压电路简介	(214)
小 结	(216)
习 题	(217)
实验	(219)
实验一 万用表的使用	(219)
实验二 电压和电位的测量	(220)
实验三 基尔霍夫定律的验证	(222)
实验四 楞次定律的验证	(223)
实验五 RLC 串联电路	(224)
实验六 常用电子仪表的使用	(225)
实验七 晶体二极管和三极管的简易测试	(226)
实验八 单管放大电路的测试	(228)
实验九 RC 桥式正弦波振荡电路的调测	(231)
实验十 集成稳压器的应用	(232)

第一章 直流电路的基本概念

§ 1-1 电路的概念

一、电路

电流经过的路径叫做电路。用电源、负载、开关和导线便可组成一个最简单的电路，图 1-1a 即为电路的实物接线图，其中电源是一节干电池。将其它形式的能量转换成电能的装置称为电源；将电能转换为其它形式能量的器件或设备称为负载，也称做用电器。图 1-1a 中的电灯即为负载，它可以将电能转换成光能。开关起切断或接通电路的作用，连接导线是输送和分配电能的导体，常用的导线有铜线、铝线。

一个完整的电路，一般应由电源、负载、中间环节（导线、开关等）三个部分组成。用电池、直流发电机等作电源的电路，称为直流电路。

电路分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路，电源以外的电路称为外电路。

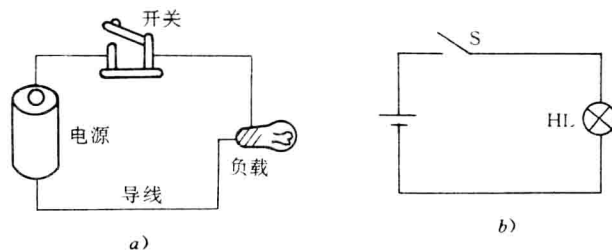


图 1-1 电路图

二、电路图

像图 1-1a 那样的实物电路图，看起来直观易懂，但画起来麻烦，而且没有突出电路的特征。因此，在实际中是将图 1-1a 中的实物接线图中的各实物用特定的电路符号来表示，即画成图 1-1b 所示的电原理图。通常所说的电路图，都是指电原理图。

电路图中常用的电路符号如表 1-1 所示。

表 1-1 中的各种图形符号有规律地组合便可构成各种电路图。如图 1-1b 所示的电路，在开关 S 闭合时只有一条电流经过的路径，称为单回路电路或无分支电路。图 1-2 所示也是一个单回路电路，但在电路中有两个电阻负载，一个是灯泡，一个是电阻器。单回路电路的工作过程是比较简单的。开关 S 闭合，电路接通（通路），电路中有电流流过，电灯发亮；开关 S 断开，电路开路（断路），电路中没有电流流过，电灯不亮。

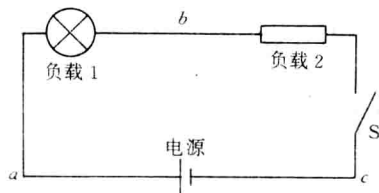


图 1-2 有两个负载的电路

表 1-1

常用电工图形符号

符 号	名 称	符 号	名 称	符 号	名 称
	开 关		电阻器		接机壳
	电 池		电位器		接 地
	发电机		电容器		端 子
	电感器 线 圈		电流表		连接导线 不连接导线
	带铁心 电感器		电压表		熔断器
	抽头线圈		二极管		电 灯

§ 1-2 电 流

一、电流的形成

由物质的内部结构分析已经知道,任何物质都是由分子组成,分子是由原子组成,而原子又是由带正电的原子核和带负电的电子组成。在自由状态下,导体中的电子或液体和气体中的离子作无规则的自由运动;在一定外加条件时,如将导体接上电源,导体中电荷将有规则地定向运动而形成电流。在金属导体中,电流是电子在外电场作用下有规则地运动形成的。在某些液体或气体中,电流则是正离子或负离子在外电场作用下有规则地运动形成的。导体中的电流称为传导电流。

二、电流的数值

电流数值的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量多少。电荷量简称电荷,单位是库仑,用字母 C 表示。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,反之越弱。电流在数值上等于一秒钟内通过导体横截面的电荷量,用字母 I 表示。若在 t 秒钟内通过导体横截面的电荷量是 Q (C),则电流 I 就可用下式表示:

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

电流的基本单位是安培,简称安,用字母 A 表示。若在 $1s$ 内通过导体横截面的电荷量为 $1C$,则电流就是 $1A$ 。常用的电流单位还有 kA (千安)、 mA (毫安)、 μA (微安),它们

之间的换算关系是：

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

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

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

电流分直流电流和交流电流两大类。凡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，但可在一个很短的时间 Δt 内研究它的大小。在 Δt 时间内，若导体横截面的电荷量变化是 ΔQ ，则瞬时电流 i 为：

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

例 1 某导体在 5min 内均匀通过的电荷量为 4.5C，求导体中的电流是多少毫安？

解：

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{4.5}{5 \times 60} = 0.015(\text{A}) = 15(\text{mA})$$

答：导体中的电流为 15mA。

三、电流的方向

在不同的导电物质中，形成电流的运动电荷可以是正电荷，也可以是负电荷，甚至两者都有。为统一起见，规定以正电荷运动的方向为电流的方向。在金属导体中由电子运动形成的电流的实际方向，与电子运动方向相反。

在分析或计算电路时，常常要确定电流的方向。但当电路比较复杂时，某段电路中电流的实际方向往往难以确定，此时可先假定电流的参考方向，然后列方程求解电流，当解出值为正值时，就表示电流的实际方向与所假设的参考方向一致，如图 1-3a 所示。反之，当电流为负值时，就表示电流的实际方向与参考方向相反，如图 1-3b 所示。

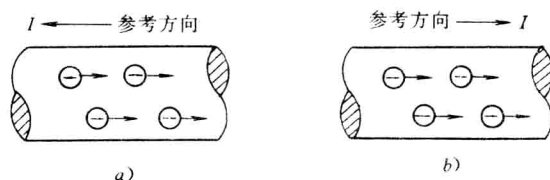


图 1-3 电流的方向

例 2 图 1-4a 中的方框用来泛指某元件。设已知流过图中所示元件的直流电流为 1A，方向为由 a 至 b，试问如何表示这一电流？

解：

有两种表示方法，如图 1-4b 和图 1-4c。

显然有： $I_1 = -I_2$

实际电流的方向，由计算结果的正负来判断：正则与设定方向；负则与设定方向相反。

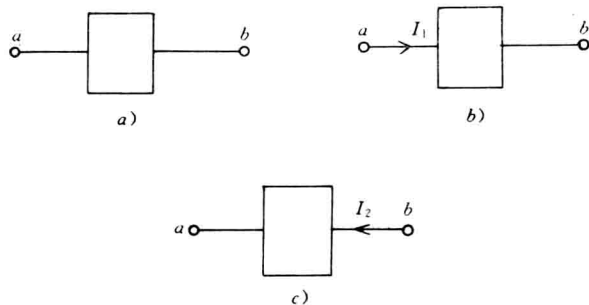


图 1-4

四、电流的测量

为了具体了解电路中电流的大小，以便在分析电路时作为依据，须经常测量电路中的电流。通常用电流表测量电流，按其测量范围不同有安培表、毫安表、微安表等之分，在表盘上分别用 A, mA, μ A 标明。用电流表测量电流时，具体方法如下：

1. 粗略估计电路中电流的大小，以便选择电流表的测量范围。如一时无从确定，可先把电流表的量程选择置于最大挡位进行测量，然后逐步缩小测量范围。

2. 电流表应串接在电路中，使被测电流由电流表的“+”端流入，从“-”端流出，如图 1-5 所示。

3. 测量电流时，如发现表针猛然打到头，要立即断开电源，检查原因。

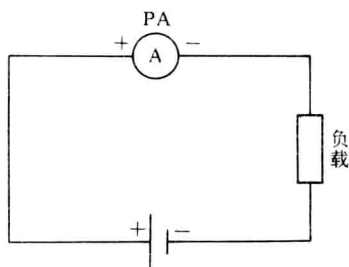


图 1-5 电流表的接法

§ 1-3 电位、电压与电动势

一、电位

电路中的每一点均有一定的电位，这就如空间的每一处均有一定的高度一样。为了说明高度，就必须要有个计算高度的起点，如某一架空线的高度为 9m，这个高度实际上是指从地面算起的，只是因不说自明，所以常常省去这一标准。

同样，为了分析电路中某一点电位，也必须先指定一个计算电位的起点，一旦规定了计算起点，则电路中各点的电位就可以确定了。

那么，电位的含义究竟是什么呢？

从物理学中已经知道，带电体的周围存在着电场，电场对处在电场内的电荷有力的作用，当电场力使电荷移动时，电场力就对电荷做了功。下面来比较一下在图 1-6 所示的均匀电场中，电场力 f 把正电荷 Q 从 a 点移到 o 点和从 b 点移到 o 点所做的功。

设 a 点与 o 点之间的距离为 L_{ao} ， b 点和 o 点之间的距离为 L_{bo} ，则电场力 f 将 Q 从 a 点移到 o 点做的功是：

$$A_{ao} = fL_{ao}$$

电场力 f 将 Q 从 b 点移到 o 点做的功是：

$$A_{bo} = fL_{bo}$$

由于电荷量不同时作用在电荷上的电场力也不同，电场力所做的功也不同，因此规定：电场力把单位正电荷从电场中的某点移到参考点所做的功，称为该点的电位，用符号 φ 表示。从定义中可以看出，电场中某点中的电位与电场强度和该点在电场中的位置有关，与该点有无电荷无关。

以 o 点为参考点时， a 点的电位 φ_a 是：

$$\varphi_a = \frac{A_{ao}}{Q} \quad (1-3)$$

b 点电位 φ_b 是：

$$\varphi_b = \frac{A_{bo}}{Q} \quad (1-4)$$

很明显，由于 $A_{ao} > A_{bo}$ ，因而 a 点电位比 b 点电位高。如果不选择 o 点作参考点，而另选择一个参考点，那么 φ_a ， φ_b 的数值将与上面不同。可见，电场中某点的电位与参考点的选择有密切关系。人们通常以大地作为参考点，在电子设备中一般以金属底板、机壳等作为参考点，这样便于比较各点的电位。

参考点的电位规定为零，因而低于参考点的电位是负电位，高于参考点的电位是正电位。

如果功的单位是 J（焦耳），电荷的单位是 C（库仑），则电位的单位就是 V（伏特，简称伏）。

除 V 之外，电位的常用单位还有 kV，mV， μ V，它们之间的换算关系是：

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

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

二、电压

电压是衡量电场力做功本领大小的物理量。若电场力将电荷 Q 从 a 点移到 b 点，所做的功为 A_{ab} ，则两点间的电压 U_{ab} 为：

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

由上式可知，电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功称为 a ， b 两点间的电压。

在讨论电路问题时，有时需要研究两个点的电位关系，这就要用到电位差的概念。图 1-6 中， a 点与 b 点间的电位差是：

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

可见，电场中两点间的电位差，就是两点的电压。

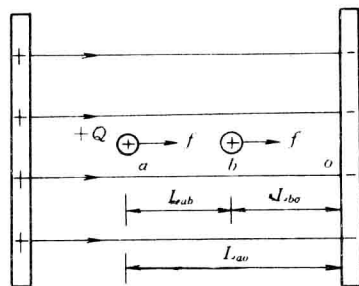


图 1-6 电场力的功

在图 1-6 中, a 点与参考点 o 之间的电压是:

$$U_{ao} = \varphi_a - \varphi_o$$

由于 $\varphi_o = 0$, 所以 $U_{ao} = \varphi_a$

因此, 电场中某点与参考点之间的电压, 就是该点的电位。

电压的单位与电位的单位一样, 也是 V。

导体处于电场中时, 两端具有电位差, 电子受到电场力的作用而有规则地定向运动, 从而形成电流。可见导体内产生电流的条件是: 导体两端必须存在电位差。

电压和电流一样, 不但有大小, 而且有方向, 即有正有负。电压的实际方向规定由高电位指向低电位, 即电位降的方向。在电路图中, 常以带箭头的细实线, 或采用 “+”、“-” 号, 或采用双下标表示电压的方向。其中 “+” 号表示电压的高电位端, “-” 号表示电压的低电位端; 当电压参数采用双下标时, 表明电压方向从第一个下标指向第二个下标。若遇到电路中某两点间的电压方向不能预先确定时, 也可先假定电压的参考方向, 再根据所得数值的正负来确定其实际方向。

根据电压与电位的关系:

$$U_{ba} = \varphi_b - \varphi_a = -(\varphi_a - \varphi_b) = -U_{ab}$$

这说明两点间的电压参考方向假定不同时, 其关系是数值相等符号相反。

电压可用电压表来测量其大小。测量时应将电压表的选择开关置于适当的量程上, 使电压表的正负极和被测电路电压的极性一致, 然后把电压表与被测电路并联, 不要串联。

例 3 在图 1-7 中, 设 $U_{co} = 6V$, $U_{cd} = 2V$ 。试分别以 c 点和 o 点作参考点, 求 d 点电位和 d , o 两点间的电压。

解:

①以 c 为参考点, 即 $\varphi_c = 0$

因为 $U_{cd} = \varphi_c - \varphi_d$

故 $\varphi_d = \varphi_c - U_{cd} = 0 - 2 = -2 \text{ (V)}$

因为 $\varphi_{co} = \varphi_c - \varphi_o$

故 $\varphi_o = \varphi_c - U_{co} = 0 - 6 = -6 \text{ (V)}$

所以 $U_{do} = \varphi_d - \varphi_o = -2 - (-6) = 4 \text{ (V)}$

②以 o 为参考点, 即 $\varphi_o = 0$

因为 $U_{co} = \varphi_c - \varphi_o$

故 $\varphi_c = U_{co} + \varphi_o = 6 + 0 = 6 \text{ (V)}$

因为 $U_{cd} = \varphi_c - \varphi_d$

故 $\varphi_d = \varphi_c - U_{cd} = 6 - 2 = 4 \text{ (V)}$

所以 $U_{do} = \varphi_d - \varphi_o = 4 - 0 = 4 \text{ (V)}$

由以上计算结果可知, 参考点变了, 电位的值也随之而变, 但不管参考点如何变化, 两点间的电压是不改变的, 通常把这一性质称为电位的相对性和电压的绝对性。

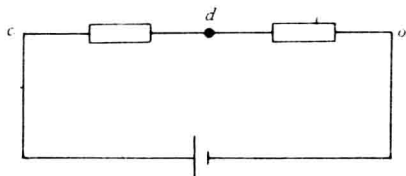


图 1-7

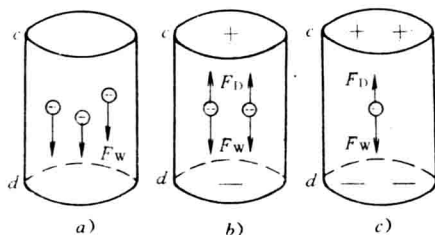


图 1-8 电动势的产生

三、电动势

1. 电动势的产生过程

要使电路中有持续不断的电流，就必须保证电路中有一定的电位差存在，而维持这种电位差依靠的是电源。在本章第一节中已讲过，电源是将其它形式的能量转换为电能的装置。一般把衡量电源转换本领大小的物理量称为电源的电动势。以下以发电机中的一段导体为对象，来分析电源内部的情况。众所周知，导体内部有大量的自由电子，如果对这些电子施加外力 F_w ，使电子向导体的一端移动，则这一端就有负电荷积累（如图 1-8a 所示）；另一端因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电场。这时，电子除了受外力作用外，还要受电场力 F_D 的作用。电场力的方向和外力的方向恰好相反，它对电子的继续移动起着阻碍作用，如图 1-8b 所示。

开始时，外力大于电场力，电子继续向一端移动。当两端电荷积累到一定程度，电场力 F_D 与外力 F_w 相等，这时，电子就停止了定向移动，两端电荷的积累处于稳定状态，两端产生了稳定的电位差，见图 1-8c 所示。

不难看出，电子从导体的 c 端移到 d 端，或者说正电荷从 d 端移到 c 端，外力对电荷做功。一般定义，外力把单位正电荷从电源的负极经电源内部移到正极所做的功，称为该电源的电动势，用符号 E 表示，即：

$$E = \frac{A_{dc}}{Q} \quad (1-7)$$

电动势的单位也是 V。

2. 电源电动势与电源端电压的关系

电源两端具有不同的电位，它们之间的电位差便是电源的端电压，有时也简称电源电压。在图 1-8c 中，电源电动势 E 还可以进一步表示为：

$$E = \frac{A_{dc}}{Q} = \frac{F_w L_{dc}}{Q}$$

当电源两端不接负载时，电源两端的电压（开路电压）可表示为：

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

对比以上两式，由于 $F_w = F_D$ ，因而 $E = U_{cd}$ 。这是一个重要的结论，即电源电动势在

数值上等于电源两端的开路电压。但是由于 F_w 与 F_D 方向相反或者 L_{dc} 与 L_{cd} 方向相反, 因而电源电动势和电源端电压在方向上是相反的。

3. 电动势与电压的不同点

电动势与电压的定义类似, 但是两者是有区别的。

(1) 电动势与电压具有不同的物理意义, 电动势表示非电场力(电源力)做功的大小, 而电压则表示电场力做功的大小。

(2) 电动势与电压的方向不同, 电动势的方向由低电位指向高电位, 即电位升的方向。图 1-9 为电源的一般画法及电动势与端电压的方向。

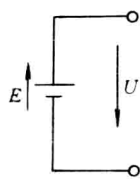


图 1-9 电动势与端电压的方向

(3) 电动势仅存在于电源内部, 而电压不仅存在于电源两端, 而且也存在于电源外部。

§ 1-4 电阻与电导

一、电阻

金属导体中的电流是自由电子的定向移动形成的。自由电子在运动中会不断地与金属中的离子和原子相碰撞, 使自由电子的运动受到阻碍。因此, 导体对于通过它的电流呈现一定的阻碍作用。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 时, 这段导体的电阻就是 1Ω 。除欧外, 常用的电阻单位有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$, 它们的换算关系是:

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

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

导体的电阻是客观存在的, 它与导体两端有无电压无关, 即使没有电压, 导体仍然有电阻。

实验证明: 当温度一定时, 均匀导体的电阻与导体的长度 l 成正比, 与导体的横截面积 S 成反比, 并与导体的材料性质有关, 即:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-8)$$

式中的比例系数 ρ 是与导体材料性质有关的物理量, 叫做电阻率或电阻系数, 单位是欧姆·米, 用字母 $\Omega \cdot m$ 表示。电阻率通常是指某种材料在 $20^\circ C$ 时, 长 1m、截面积 $1mm^2$ 的电阻值。

不同的材料有不同的电阻率, 电阻率的大小反映了各种材料导电性能的好坏。电阻率越大, 导电性能越差。通常将电阻率小于 $10^{-6}\Omega \cdot m$ 的材料称为导体, 如银、铜、铝等; 电阻率大于 $10^7\Omega \cdot m$ 的材料称为绝缘体, 如橡胶、陶瓷、塑料等。生产中导体一般用铜、铝等电阻率小的金属制成; 而为了安全, 电工器具都采用电阻率较大的绝缘材料与导体隔离, 如橡胶、塑料等。

表 1-2 列出了几种常用材料的电阻率。

表 1-2

几种材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	电阻率 $\rho/\Omega\cdot\text{m}$	电阻温度系数 $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$	材料名称	电阻率 $\rho/\Omega\cdot\text{m}$	电阻温度系数 $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$
银	1.6×10^{-8}	0.0036	铁	10×10^{-8}	0.006
铜	1.7×10^{-8}	0.004	碳	35×10^{-6}	-0.0005
铝	2.9×10^{-8}	0.004	锰铜	44×10^{-8}	0.000005
钨	5.3×10^{-8}	0.0028	康铜	50×10^{-8}	0.000005

二、电阻与温度的关系

温度对电阻有两方面的影响：一方面温度升高使导体中的带电粒子的热运动加剧，自由电子在导体中碰撞的机会增多，因而电阻增大；另一方面有些材料在温度升高时，会使单位面积内的自由电子或离子的数目增加，电流就会增大，相当于电阻值下降，如碳、电解液及某些合金材料等。不同的材料，当温度升高时，电阻变化的情况不同。一般采用温度系数反映电阻对温度变化的情况。所谓温度系数是指温度升高 1°C 时，电阻所产生的变动值与原阻值的比值。用字母 α 表示，单位是 $1/^\circ\text{C}$ 。

设温度为 t_1 时，导体的电阻为 R_1 ，温度为 t_2 时，导体的电阻为 R_2 ，那么电阻温度系数是：

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (t_2 - t_1)} \quad (1-9)$$

常用的几种金属材料的温度系数如表 1-2 所示。

当 $\alpha > 0$ 时，材料的电阻值随温度的升高而增加，这类导体称为正温度系数材料；当 $\alpha < 0$ 时，材料的电阻值随温度的升高而下降，这类材料称为负温度系数材料。

例 4 有一台电动机，它的绕组是铜线。在室温 26°C 时，测得电阻为 1.25Ω ；转动 3h 后，测得的电阻增加到 1.5Ω 。求此时电动机绕组线圈的温度是多少？

解：

由公式(1-9)得：

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} + t_1 = \frac{1.5 - 1.25}{0.004 \times 1.25} + 26 = 76 (^\circ\text{C})$$

答：这时电动机绕组线圈的温度是 76°C 。

三、电阻器

电阻器简称电阻，是组成电路最基本的元件之一，它在电路图中的符号如图 1-10 所示，图 a 表示固定电阻，图 b 表示可变电阻。

1. 电阻器的主要指标

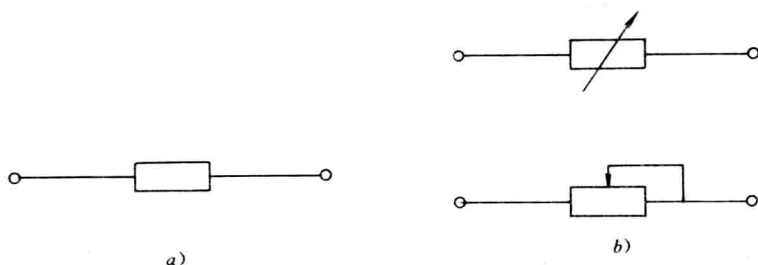


图 1-10 电阻器符号

电阻器的指标有标称阻值、允许偏差、额定功率、最高工作电压、稳定性和温度特性等。主要指标是标称阻值、允许偏差和额定功率等。

(1) 标称阻值 标志在电阻上的电阻值称为电阻器的标称阻值。为便于生产和满足实际使用的需要，国家规定了一系列数值作为产品的标准，这一系列值叫做电阻的标称系列值。表 1-3 给出了几个标称系列值。电阻的标称阻值应为表中所列数值的 10^n 倍，其中 n 为正整数、负整数或零。

表 1-3

通用电阻器标称阻值系列

系 列	偏 差	电 阻 器 标 称 阻 值 系 列
E_{24}	Ⅰ级 $\pm 5\%$ (J)	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0
		2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3
		4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
E_{12}	Ⅱ级 $\pm 10\%$ (K)	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9
		4.7 5.6 6.8 8.2
E_6	Ⅲ级 $\pm 20\%$ (M)	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

(2) 允许偏差 电阻器的标称阻值与实际阻值不完全相等，存在着误差（偏差）。设 R 为实际阻值， R_H 为标称阻值，则允许偏差的表达式为：

$$r = \frac{R - R_H}{R_H} \times 100\% \quad (1-10)$$

r 表示了电阻器标称阻值的准确程度。

(3) 额定功率 指在一定条件下，电阻器长期连续工作所允许消耗的最大功率，也称为标称功率。

2. 电阻器的标志方法

标称阻值、允许偏差、额定功率等电阻器的主要指标，一般用数字和文字符号直接标在电阻器的表面上，有时也采用色环标志法。

采用色环标志的电阻器，颜色醒目，标志清晰，不易退色，且能从各个方向看清阻值和偏差，有利于电气产品的装配、调试和检修，因此国际上已广泛地采用色环标志法。

各种颜色的意义如表 1-4 所示。一般电阻器用两位有效数字表示，精密电阻器用三位有效数字表示。