



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业技术学院煤矿技术类专业

煤矿电工学

GNH

Meikuang Jishulei Zhuanye

GaodengZhiyeJishuYuanxiao

劳动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

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业技术学院煤矿技术类专业

煤矿电工学

主编 孙国兰

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤矿电工学/孙国兰主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006

高等职业技术学院煤矿技术类专业教材

ISBN 7-5045-2940-0

I. 煤… II. 孙… III. 煤矿-矿山电工-职业教育-教材 IV. TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第093125 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

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 11.75印张 290千字

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

定价: 19.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

编委会成员

编委会主任委员 矫学柏

编委会副主任委员 张风光

编委会委员 崔秋立 孙戈力 崔京健 史文山

本书编写人员

主 编 孙国兰

参 编 赵玉兵 宋振华 王蕾 李德润 崔爱霞

前 言

为了满足高等职业技术学院培养煤矿技术应用型人才的需要，我们在充分调研的基础上，开发了煤矿技术专业系列教材。多数教材编写人员既有多年煤矿企业工作经历，又有丰富教学工作经验，对煤矿企业的生产实际和高等职业技术学院的教学情况非常熟悉。在编写教材时，他们对教材的定位、结构、特点进行了反复研究，努力使教材具有以下特点：

第一，根据煤矿企业职业岗位需要及煤矿技术应用型人才应具备的生产管理能力、煤矿机电设备安装调试维修能力、现场施工和作业能力等职业能力，确定教材的知识结构、能力结构，努力使学生学习的知识和技能真正能够满足企业的需要。

第二，以国家工人技术等级标准为依据，使内容分别涵盖采煤机司机、掘进机司机等相关标准要求，便于“双证书制”在教学中的贯彻和落实。

第三，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

第四，将行业、企业专家所积累的经验以及新技术、新设备、新材料、新工艺有机地融入到相关模块、课题中，突出教材的先进性和可操作性。

第五，按照教学规律和学生的认知规律，在精选内容的基础上，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，从而达到易教、易学的目的。尤其是教材中安排了大量案例，将为学生入门学习和有关内容的导入铺平道路。

在教材编写过程中，得到了许多大型煤矿企业的鼎力相助，参与教材编写的专家倾注了大量心血，无私地将他们多年的实践经验和教学体会奉献给读者，参与审稿的专家也提出了许多具有建设性的意见和建议。在此，我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2006年7月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材。

本书根据高等职业技术学院教学实际，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。主要包括：直流电路，磁场与电磁感应，交流电路，变压器与交、直流电动机，晶体管及其应用，矿井供电，可编程序控制器及其应用等。

本书为高等职业技术学院煤矿技术专业教材，也可作为成人高校、广播电视大学、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的煤矿技术专业教材，或作为自学用书，也适用于中等职业技术学校相关专业的教学。

本书由孙国兰主编，赵玉兵、家振华、王蕾、李德润、崔爱霞参编。

目 录

模块一 直流电路	1
课题一 电路及其基本物理量	1
课题二 欧姆定律、电功和电功率	6
课题三 简单直流电路的计算	12
实验一 万用表的使用	18
模块二 磁场与电磁感应	21
课题一 电流的磁场及磁场中的基本物理量	21
课题二 磁场对通电导体的作用力	25
课题三 电磁感应	28
模块三 交流电路	36
课题一 正弦交流电的基本知识	36
课题二 单相正弦交流电路	43
课题三 三相正弦交流电路	55
实验二 R—L 串联电路	63
模块四 变压器与交、直流电动机	64
课题一 变压器	64
课题二 直流电动机	72
课题三 三相异步电动机	79
模块五 晶体管及其应用	88
课题一 晶体二极管	88
课题二 晶体三极管	92
课题三 晶体管低频电压放大电路	96
课题四 直流稳压电源	99
课题五 晶闸管及其应用	106
课题六 门电路及其应用	112
实验三 直流稳压电源	118
模块六 矿井供电	120
课题一 矿井供电系统	120
课题二 矿井供电设备	125
课题三 矿用隔爆磁力启动器	136
课题四 安全用电技术	143

模块七 可编程序控制器及其应用	149
课题一 传统的继电控制与可编程序控制器	149
课题二 可编程序控制器简介	153
课题三 可编程序控制器的基本指令及应用	160
实验四 四人抢答器	174
实验五 异步电动机 Y—D 换接启动控制	175
实验六 多级带传动控制	177

模块一 直流电路

本模块目标

1. 理解电路中各基本物理量的含义，熟记它们的单位、符号，会正确测量电流、电压、电阻。
2. 掌握电路的欧姆定律及其应用，熟悉电功、电功率的概念，会分析简单电路的工作状态，计算负载的电流、电压、电功、电功率，正确使用电器元件。
3. 掌握串联、并联电路的特点，会分析、计算简单的直流电路。

课题一 电路及其基本物理量

能力目标 会刻画电路的结构及电路中各物理量的含义，正确测量电流、电压、电阻。

案例 在日常生产生活中会遇到各种各样的电路。如图 1—1a 所示为由于电池、灯泡、开关和导线组成的简单电路。当开关闭合时，干电池即会向外输出电流，电流流过灯泡，灯泡就会发光。在工厂的动力用电中，电动机通过开关、导线和电源接通时，电流流过电动机，电动机就运转起来。当缺少其中任何一个电器元件时，灯泡、电动机将不能正常工作，这说明要想使电器元件和电气设备正常工作，必须构成一个完整的电路。那么，一个完整的电路应包括哪几个部分，电路的工作状态可以通过哪些物理量反映出来呢？这就需要学习电路及其基本物理量。

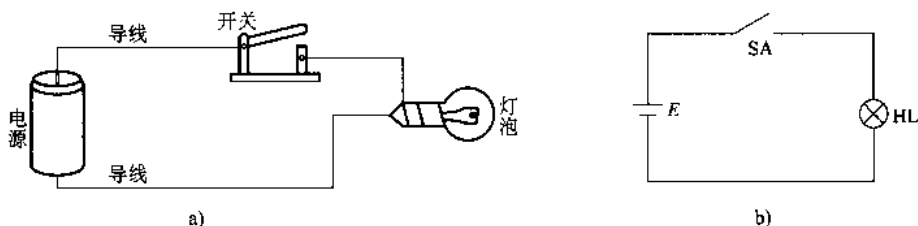


图 1—1 电路的组成

a) 实物图 b) 电路图

相关知识

一、电路及电路图

1. 电路的概念

电路就是电流的通路。任何一个完整的电路，不论其结构和作用如何，通常是由电源、负载、连接导线和开关等基本部分组成的。

(1) 电源 是将其他形式的能量转换成电能的装置，如发电机、蓄电池等。

- (2) 负载 是将电能转化成其他形式能量的装置,如电灯、电炉、电动机、扬声器等。
- (3) 连接导线 用于连接各种电器元件和电气设备,起传输、分配电能的作用。
- (4) 开关 是接通或断开电路的控制元件。

2. 电路图

如图 1—1a 所示为用电器元件的实物图形表示的实际电路,直观形象,但画起来复杂,不便于分析和计算。因此,在分析和计算电路时,总是把这些电器元件抽象成理想化的模型,用规定的图形符号表示,如图 1—1b 所示。这种用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。

二、电路中的基本物理量

1. 电流

在如图 1—1 所示的电路中,合上开关时灯泡发光,说明灯泡中有电流流过。电流虽然用肉眼看不见,但是,人们可以通过它的各种表现(如灯泡发光、电动机转动、电炉发热等现象)观察到。那么,什么是电流呢?

电荷有规则的定向移动称为电流。在金属导体中,电流是电子在外电场作用下有规则的运动形成的;而在某些液体或气体中,电流是正离子或负离子在电场作用下有规则的运动形成的。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量的多少。在相同时间内,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,反之电流越弱。电流的大小用字母 I 表示。

电流的单位为安培(A),常用的单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA),换算关系如下:

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

电流不仅有大小,而且有方向,规定正电荷移动的方向为电流的正方向。如图 1—2 所示为金属导体中电流的形成,电子的运动方向由 $B \rightarrow A$,电流的方向则是由 $A \rightarrow B$ 。

电路中电流的大小可用电流表(安培表)进行测量。如图 1—3 所示为 J0407 型直流电流表,其测量线路如图 1—4 所示。

测量时应注意以下几点:

- (1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表。



图 1—3 直流电流表

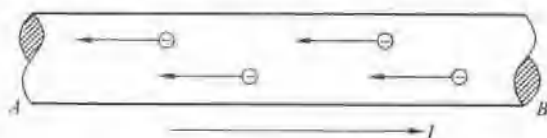


图 1—2 电流的形成

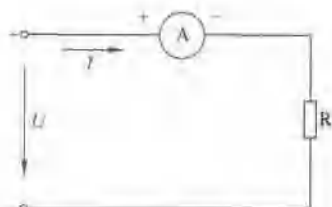


图 1—4 直流电流的测量

(2) 电流表必须串联接到被测电路中。

(3) 直流电流表壳接线柱上标明的“+”“-”记号与电路的极性相一致，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) 合理选择电流表的量程。如果量程选择不当，就会烧坏电流表。例如，用小量程电流表去测量大电流；若用大量程电流表去测量小电流，则会影响测量的准确度。在进行电流的测量时，一般要先估计被测电流的大小，再选择电流表的量程。若无法估计，可先用电流表的最大量程挡进行测量，当指针偏转不到 $1/3$ 刻度时，再改用较小量程挡去测量，直到测得正确数值为止。

2. 电压和电位

(1) 电压 在图 1—1 所示的电路中，如果用电压表去测量电池两端，电压表会有指示，这说明电池两端有电压，也就是通常所说的“有电”。那么，什么是电压呢？需要从电场力移动电荷做功谈起。

当工人把车子从甲地推到乙地，或者吊车把货物从地面吊起，车和货物都受到了力的作用，并且在力的方向上移动了一段距离，这时作用在物体上的力对物体做了功。同样的道理，当电场力使电荷移动时，电场力对电荷做了功，而电压是衡量电场力做功能力大小的物理量。如图 1—5 所示，正电荷 Q 在电场中受电场力 F 的作用，若电场力 F 将正电荷 Q 由 A 点移到 B 点所做的功为 W_{AB} ，则电场力移动单位正电荷从 A 点到 B 点所做的功，就称为该两点间的电压。用符号 U_{AB} 表示。

电压的单位为伏特 (V)。常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。其换算关系是：

$$1 \text{ kV} = 1 \times 10^3 \text{ V}; 1 \text{ V} = 1 \times 10^3 \text{ mV}; 1 \text{ mV} = 1 \times 10^3 \mu V$$

(2) 电位 电压又叫电位差，它表示电场中两点间电位的差别。那么，什么叫电位呢？

如果选电路中任一点为参考点，如图 1—5 所示的 O 点，那么，电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压，即某点的电位等于电场力把单位正电荷从该点移到参考点所做的功 (V)。

用符号 φ 表示，如 φ_A 表示 A 点的电位， φ_B 表示 B 点的电位。电位的单位也是伏特。参考点的电位设定为零。参考点可以任意选择，通常选大地为参考点。

(3) 电压与电位的关系 在电场中，任意两点 (如 A 、 B) 之间的电压就等于这两点间的电位之差，即：

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

例 1—1 在图 1—6 中，已知 $U_{AC} = 3 \text{ V}$ ， $U_{AB} = 2 \text{ V}$ ，试分别以 B 点和 C 点为参考点，求各点的电位及 B 、 C 两点间的电压 U_{BC} 。

解：(1) 以 B 点为参考点，即 $\varphi_B = 0 \text{ V}$

因为：

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

所以：

$$\varphi_A = U_{AB} + \varphi_B = 2 + 0 = 2 \text{ V}$$

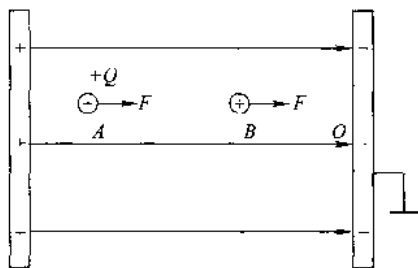


图 1—5 电场力做功

又因为:

$$U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C$$

所以:

$$\varphi_C = \varphi_A - U_{AC} = 2 - 3 = -1 \text{ V}$$

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = 0 - (-1) = 1 \text{ V}$$

(2) 以 C 点为参考点, 即 $\varphi_C = 0 \text{ V}$

因为:

$$U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C$$

所以:

$$\varphi_A = U_{AC} + \varphi_C = 3 + 0 = 3 \text{ V}$$

又因为:

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

所以:

$$\varphi_B = \varphi_A - U_{AB} = 3 - 2 = 1 \text{ V}$$

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = 1 - 0 = 1 \text{ V}$$

由上面计算结果可见, 电路中某两点间电压的大小是绝对的, 与参考点无关; 而某点电位的大小则是相对的, 随参考点而改变, 这是电压和电位的根本区别。

(4) 电压的方向及测量 电压和电流一样, 不仅有大小而且有方向。电压的方向总是从高电位到低电位, 即电位降的方向。对于负载来说, 规定电流流进端为电压的正端, 电流流出端为电压的负端, 电压的方向由正指向负。

电压的方向在电路图中有两种表示方法, 一种用箭头表示, 如图 1—7a 所示; 另一种用极性符号表示, 如图 1—7b 所示。

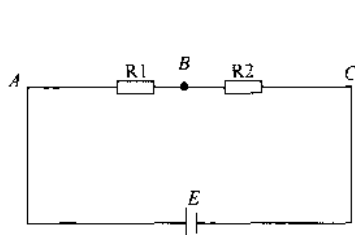


图 1—6 电位及电压的计算

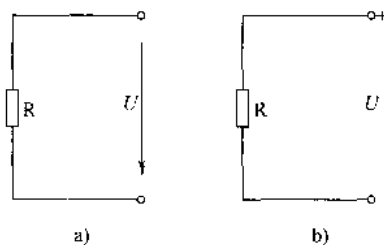


图 1—7 电压的方向

电路中任意两点之间电压的大小, 可用电压表 (伏特表) 进行测量, 如图 1—8 所示为 J0408 型直流电压表, 其测量线路如图 1—9 所示。测量时应注意以下几点:

1) 对交、直流电路应分别使用交流电压表和直流电压表。

2) 电压表必须并联在被测电路的两端。

3) 直流电压表表壳接线柱上标明的 “+” “-” 记号与被测两点的电位相一致, 即 “+” 端接高电位, “-” 端接低电位, 不能接错, 否则指针要反转, 既影响正常测量, 也容易损坏电压表。

4) 合理选择电压表的量程, 其方法与电流表相同。

3. 电动势

在如图 1—1 所示的电路中, 由于电源两端有恒定的电压, 灯泡才会持续发光。要维持恒定的电压, 电源内部就必须通过其他形式能量的作用产生一种外力克服电场力, 将正电荷源源不断地移到正极, 如图 1—10 所示, 这种力叫电源力。电池中的电源力是通过化学作用产生的, 发电机的电源力是通过电磁作用产生的。



图 1—8 直流电压表

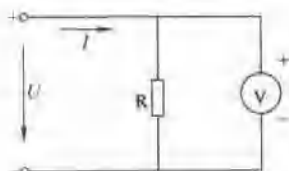


图 1—9 直流电压的测量

电动势是衡量电源力做功本领的物理量。在图 1—10 中，若电源力克服电场力将正电荷 Q 由电源的负极移到电源的正极所做的功为 W ，则电源力移动单位正电荷从电源的负极到电源的正极所做的功，就称为电源的电动势，用字母 E 表示。

电动势的单位与电压的单位相同，也是伏特 (V)。电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极。如图 1—11a、b 所示分别表示直流电动势的两种图形符号。

对于一个电源来说，既有电动势，又有端电压。电动势只存在于电源内部，而端电压不仅存在于电源两端，也存在于电源外部；电动势的方向与端电压的方向是相反的；在一般情况下，电源的端电压总是低于电源内部的电动势，只有当电源开路时，电源的端电压才与电源的电动势相等。

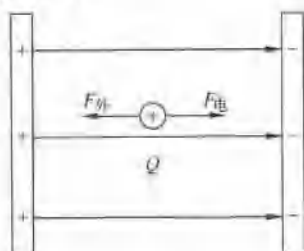


图 1—10 外力克服电场力做功

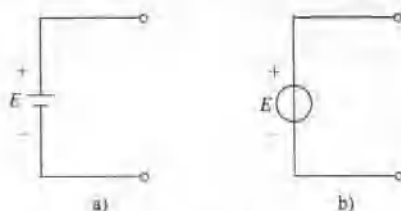


图 1—11 直流电动势的图形符号

4. 电阻

在如图 1—1 所示中，当电路连接上不同规格的灯泡时，其发光亮度是不同的，即电路中电流大小是不同的。可见，不同的导体对电荷有不同的阻碍作用。电阻就是描述导体对电流起阻碍作用大小的物理量。

电阻用字母 R 表示，单位为欧姆 (Ω)。如果导体两端的电压为 1 V，通过的电流为 1 A，则这段导体的电阻为 1 Ω 。电阻常用的单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，它们之间的换算关系为：

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

导体的电阻是客观存在的，即使没有外加电压，导体仍然有电阻。金属导体电阻的大小与其长度成正比，与其截面积成反比，实验证明，导体的电阻还与其材料和温度有关，一般金属的电阻随温度的升高而增大。

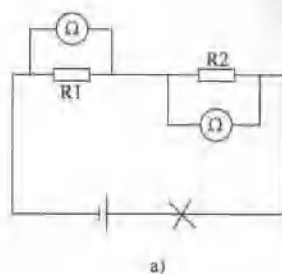
导体电阻的大小可用电阻计 (欧姆表) 进行测量。如图 1—12 所示为 GOM-801G 型微欧姆电阻表，测量时应注意：

(1) 切断电路上的电源，如图 1—13a 所示。

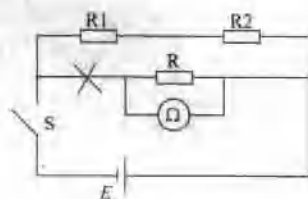
- (2) 使被测电阻的一端断开, 如图 1—13b 所示。
- (3) 避免把人体的电阻量入。



图 1—12 电阻表



a)

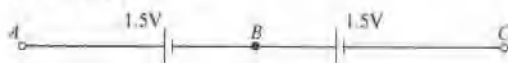


b)

图 1—13 用欧姆表测电阻

思考与练习

1. 电路是由哪几部分组成的? 各部分的作用是什么?
2. 电压与电位有什么异同点?
3. 在电源中, 电动势和电压之间有何关系?
4. 一根导体对折后, 其阻值将怎样变化? 对折后的阻值是原来的几倍?
5. 在题图 1—1—1 中, 每个电池的电压为 1.5 V, 若分别以 C 点和 B 点为参考点, 试求各点电位及 A、B 和 A、C 之间的电压。



题图 1—1—1

课题二 欧姆定律、电功和电功率

能力目标 会分析电路的工作状态, 计算负载的电流、电压、电功率, 正确使用电器元件。

案例 一个标有“220 V、60 W”的灯泡接到 220 V 的电压上时, 它的实际功率是 60 W, 能正常发光, 如图 1—14a 所示; 当电压低于 220 V 时, 它的实际功率低于 60 W, 发光暗淡, 如图 1—14b 所示; 当电压很低时, 灯泡的实际功率由于极小而不会发光, 如图 1—14c 所示; 当电压高于 220 V 时, 灯泡的实际功率就会超过 60 W, 甚至烧坏灯泡, 如图 1—14d 所示。当电动机的电流超过其允许的电流时, 将造成电动机过热, 影响其使用寿命; 当低于其

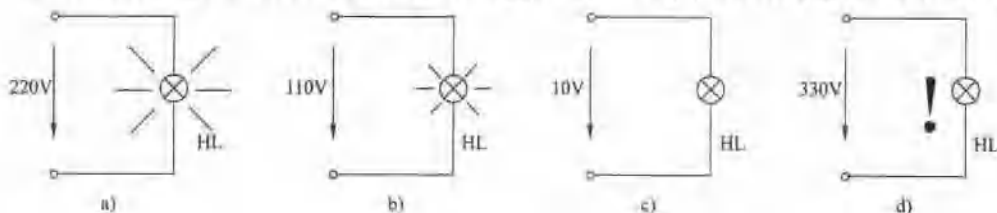


图 1—14 电器元件的使用

a) 正常发光 b) 发光微弱 c) 不发光 d) 灯泡烧毁

允许电流时，将造成资源的浪费。这说明只有电器元件和电气设备的工作电流、电压和功率与其规定的技术数据相等时，才能使它们安全可靠、经济合理地运行。那么，在实际中如何计算电器元件和电气设备的电压、电流、功率，如何正确使用电器元件和电气设备呢？这就需要学习欧姆定律、电功和电功率。

相关知识

一、电路欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

如图 1—14 所示的电路为不含电源的部分电路，即一段电阻电路，可用如图 1—15 所示的电路图来表示。当电阻两端通上电压时，电阻中就有电流流过。那么，电阻中电流的大小与电压的高低及电阻的大小有什么关系呢？

实验证明：流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，与电阻成反比。这一结论称为部分电路欧姆定律。用公式表示为：

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I ——导体中的电流，A；
 U ——导体两端的电压，V；
 R ——导体的电阻， Ω 。

部分电路欧姆定律揭示了电路中电流、电压、电阻三者之间的关系，是电路分析的基本定律之一。根据这个定律，电压、电流和电阻三个量中已知任意两个，就可以求出第三个。

2. 全电路欧姆定律

如果将图 1—14 电路中的灯泡接在电动势为 E 的电源上，其电流、电动势、电阻之间又是什么关系呢？全电路欧姆定律将给我们回答。

含有电源的闭合电路称为全电路，如图 1—16 所示。图中的虚线框代表一个电源的内部电路，称为内电路。电源内部一般都是有电阻的，这个电阻称为内电阻，用字母 r 表示。内电阻也可以不单独画出，而在电源符号旁边注明内阻的数值。电源外部的电路称为外电路。

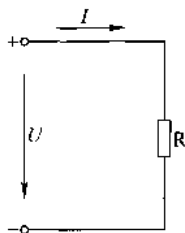


图 1—15 部分电路

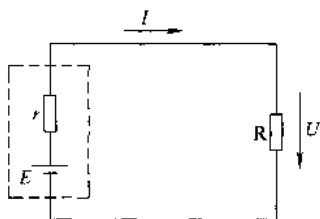


图 1—16 全电路

在全电路中，电流强度与电源的电动势成正比，与电路的内、外电阻之和成反比。这一定律称为全电路欧姆定律。用公式表示为：

$$I = \frac{E}{R + r}$$

式中 E ——电源的电动势，V；

R ——外电路（负载）电阻， Ω ；

r ——内电路电阻， Ω ；

I ——电路中的电流，A。

由上式又可得：

$$E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

式中 $U_{\text{内}}$ 是电源内阻的电压降， $U_{\text{外}}$ 是电源向外电路的输出电压，也称电源的端电压。因此，全电路欧姆定律又可表述为：电源电动势在数值上等于闭合电路中内外电路电压降之和。

在通常的情况下，电源电动势 E 与内电阻 r 都可认为是不变的，而且内电阻 r 与外电路电阻 R 相比很小。因此，电路中电流的大小主要受外电阻 R 变化的影响。根据电路的欧姆定律，可以分析电路在不同的状态下，电源端电压与输出电流之间的关系。

3. 电路的三种工作状态

(1) 通路 如图 1—17 所示，开关 SA 接通“1”号位置时，电路处于通路状态。电路中的电流为：

$$I = \frac{E}{R + r}$$

端电压与输出电流的关系为： $U_{\text{外}} = E - U_{\text{内}} = E - Ir$

此公式表明：当电源具有一定的内阻时，端电压总是小于电源电动势；当电源电动势和内阻一定时，端电压随输出电流的增大而下降。这种电源端电压随输出电流（负载）的变化关系，称为电源的外特性。

(2) 开路（断路） 如图 1—17 所示，开关 SA 接通“2”号位置，电路处于开路状态。在开路状态下，负载电阻 $R \rightarrow \infty$ 或电路中某处的连接导线断开，则电路中的电流 $I = 0$ ，内阻的电压降 $U_{\text{内}} = Ir = 0$ ， $U_{\text{外}} = E - Ir = E$ ，即电源的开路电压等于电源的电动势。

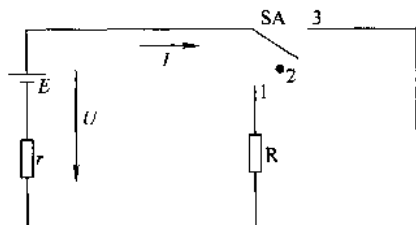


图 1—17 电路的三种状态

(3) 短路 如图 1—17 所示，开关 SA 接通“3”号位置，电源被短接，电路中短路电流 $I_{\text{短}} = E/r$ 。由于电源内阻一般都很小，所以 $I_{\text{短}}$ 极大，此时，电源对外输出电压 $U = E - I_{\text{短}}r = 0$ 。

短路电流极大，不仅会损坏导线、电源和其他电气设备，甚至还会引起火灾，因此，必须严禁短路故障的发生。在电路中常串接保护装置（如熔断器），一旦发生短路故障，保护装置能自动切断电路，起到安全保护作用。

例 1—2 已知某白炽灯的额定电压为 220 V，正常发光时电阻为 1 210 Ω ，试求流过灯丝的电流。

解：根据部分电路欧姆定律得：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1\,210} = 0.18\text{ A}$$

例 1—3 有一电源电动势 $E = 3\text{ V}$ ，内阻 $r = 0.4\ \Omega$ ，外接负载电阻 $R = 9.6\ \Omega$ ，求电源端电压和内阻电压降。

解:
$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{3}{9.6 + 0.4} = 0.3 \text{ A}$$

内阻电压降:
$$U_r = Ir = 0.3 \times 0.4 = 0.12 \text{ V}$$

端电压:
$$U = IR = 0.3 \times 9.6 = 2.88 \text{ V}$$

或
$$U = E - U_r = 3 - 0.12 = 2.88 \text{ V}$$

例 1—4 已知电池的开路电压 $U_k = 1.5 \text{ V}$, 接上 9Ω 的负载电阻时, 其端电压为 1.35 V , 求电池的内电阻 r 。

解: 开路时:
$$E = U_k = 1.5 \text{ V}$$

内阻电压降:
$$U_r = E - U = 1.5 - 1.35 = 0.15 \text{ V}$$

电路的电流:
$$I = \frac{U}{R} = \frac{1.35}{9} = 0.15 \text{ A}$$

内阻:
$$r = \frac{U_r}{I} = \frac{0.15}{0.15} = 1 \Omega$$

例 1—5 由电动势为 110 V 内电阻为 0.5Ω 的电源给负载供电, 负载电流为 10 A 。求通路时电源的输出电压。若负载短路, 求短路电流和电源输出电压。

解: 通路时, 由全电路欧姆定律得:

电源的内阻电压降:
$$U_r = Ir = 10 \times 0.5 = 5 \text{ V}$$

电源的输出电压:
$$U = E - U_r = 110 - 5 = 105 \text{ V}$$

负载短路时, 由各物理量的关系得:

短路电流:
$$I_{\text{短}} = \frac{E}{r} = \frac{110}{0.5} = 220 \text{ A}$$

电源的输出电压:
$$U = 0$$

二、电功和电功率

1. 电功

电流通过灯泡时, 灯泡会发光; 当电流通过电炉时, 电炉将会发热。这说明, 电流通过不同的负载时, 负载可以将电源提供的电能转换成其他形式的能量, 这些能量的转换和传递, 说明电流做了功, 电流所做的功叫电功, 用符号 W 表示。

电功的大小与通过电器的电流、加在电器两端的电压及通电时间有关, 其计算公式为:

$$W = IUt$$

将公式 $I = \frac{U}{R}$ 代入式中又可得:

$$W = I^2 R t = \frac{U^2 t}{R}$$

式中 U ——加在负载上的电压, V ;

I ——流过负载的电流, A ;

R ——电阻, Ω ;

t ——时间, s ;

W ——电功, J 。

在实际应用中, 电功还有一个单位是千瓦小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$)。