

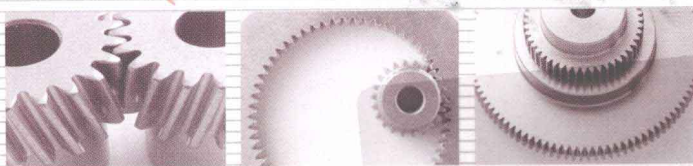


全国高级技工学校机械类专业通用教材

国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

电 工 学

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写



配套课件 网络下载

 中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校机械类专业通用教材

电 工 学

人力资源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

简介

本书主要包括：直流电路、磁场与电磁感应、正弦交流电、变压器与三相异步电动机、工作机械的基本电气控制线路、常用电子元器件及应用电路等。

本书由冯惠秋主编，王振宁、吴萍、王海燕、杨敬东、王涵参加编写，王洪龄审稿。

图书在版编目(CIP)数据

电工学/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2011

全国高级技工学校机械类专业通用教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9008 - 4

I. ①电… II. ①人… III. ①电工学 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068857 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

*

煤炭工业出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 280 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定价：21.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

前言

为了更好地适应高级技工学校机械类专业的教学要求,全面提升教学质量,人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师 and 行业、企业专家,在充分调研企业生产和学校教学情况的基础上,吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验,对高级技工学校机械类专业教材进行了修订,并做了适当的补充开发。

本次教材修订(新编)工作的目标主要体现在以下几个方面:

第一,完善教材体系,定位科学合理

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学要求,调整和完善了教材体系,使之更符合学校教学需求。同时,根据机械类高级工从事相关岗位的实际需要,合理确定学生应具备的能力和知识结构,对教材内容的深度、难度做了适当调整,加强了实践性教学内容,以满足技能型人才培养的要求。

第二,反映技术发展,涵盖职业标准

根据相关工种及专业领域的最新发展,更新教材内容,在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容,体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据,涵盖车工、铣工、装配钳工、焊工等国家职业技能标准(中、高级)的知识和技能要求,并在与教材配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三,融入先进理念,引导教学改革

专业课教材根据一体化教学模式需要编写,将工艺知识与实践操作有机融为一体,构建“做中学”“学中做”的学习过程;通用专业知识教材根据所授知识的特点,注意设计各类课堂实验和实践活动,将抽象的理论知识形象化、生动化,引导教师不断创新教学方法,实现教学改革。

第四,精心设计形式,激发学习兴趣

在教材内容的呈现形式上,较多地利用图片、实物照片和表格等形式将知识点生动地展示出来,力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点,设计了许多贴近实际的互动栏目,在激发学生学习兴趣和自主学习积极性的同时,使教材“易教易学,易懂易用”。

第五,开发辅助产品,提供教学服务

本套教材都配有方便教师上课使用的电子教案,可以通过中国劳动社会保障出版社网站(<http://www.class.com.cn>)免费下载。此外,通用专业知识教材都配有习题册,以便于教

师教学和学生练习使用。

本次教材修订（新编）工作得到了辽宁、河北、山东、河南、江苏、湖南、广东等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2011 年 2 月

目 录

第一章 直流电路	1
§ 1—1 电路及基本物理量	1
实验与实训 1 验电笔与万用表的使用	11
§ 1—2 欧姆定律	14
§ 1—3 电功与电功率	18
§ 1—4 电阻的串联、并联和混联	23
§ 1—5 电容器	27
§ 1—6 基尔霍夫定律	30
第二章 磁场与电磁感应	34
§ 2—1 磁场	34
§ 2—2 磁场的主要物理量	38
§ 2—3 磁场对电流的作用	42
§ 2—4 电磁感应	47
§ 2—5 自感	51
§ 2—6 互感	54
第三章 正弦交流电	58
§ 3—1 单相交流电	58
实验与实训 2 示波器的使用	63
实验与实训 3 双控一灯电路的安装	65
§ 3—2 正弦交流电的相量表示法	68
§ 3—3 单相交流电基本电路	70
§ 3—4 电阻、电感和电容串联电路	76
§ 3—5 三相交流电路	79
§ 3—6 发电、输电和配电概述	83
§ 3—7 安全用电常识	88
第四章 变压器与三相异步电动机	95
§ 4—1 变压器	95

§ 4—2 三相异步电动机·····	100
实验与实训 4 三相异步电动机的简单测试·····	107
§ 4—3 其他电动机简介·····	110
第五章 工作机械的基本电气控制线路·····	113
§ 5—1 常用低压电器·····	113
§ 5—2 电气线路的识读·····	127
§ 5—3 直接启动控制电路·····	131
实验与实训 5 三相异步电动机的直接启动控制·····	134
§ 5—4 正反转控制电路·····	135
实验与实训 6 三相异步电动机的正反转控制·····	140
§ 5—5 机床电气控制电路及常见故障排除·····	140
第六章 常用电子元器件及应用电路·····	147
§ 6—1 二极管·····	147
§ 6—2 三极管·····	152
§ 6—3 直流稳压电源·····	158
实验与实训 7 串联型直流稳压电源测试·····	163
§ 6—4 集成运算放大器·····	167
§ 6—5 晶闸管·····	170
§ 6—6 数字集成电路·····	176

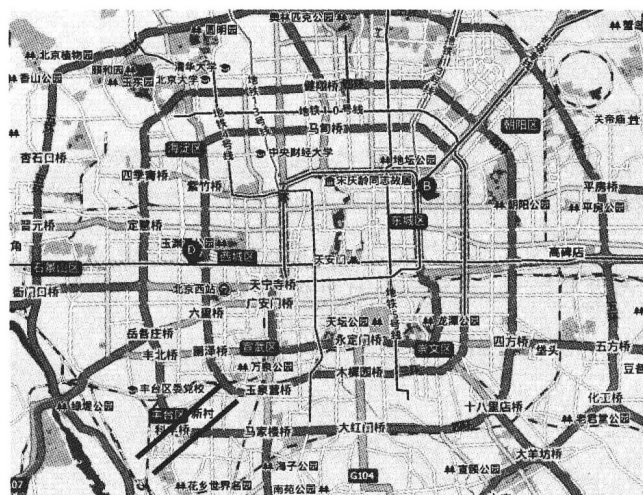
第一章 直流电路

§ 1—1 电路及基本物理量

学习目标

- ◇了解电路的组成及三种状态
- ◇了解电流是如何产生的
- ◇理解电压、电位和电动势的概念
- ◇了解电阻的特性

在道路上连续不断的、同一方向的汽车行列，被称为车流，供汽车行驶的、到达某目的地的专用道路被称为车道，如图 1—1 所示。同理，图 1—2 所示灯泡、电线、电池组成的，传输能量给灯泡使其发亮的导电回路被称为电路，在电路中电荷的定向运动形成电流。构成电路需要哪些条件呢？电路有什么特点呢？



a)



b)

图 1—1 道路及车流

a) 道路 b) 车流

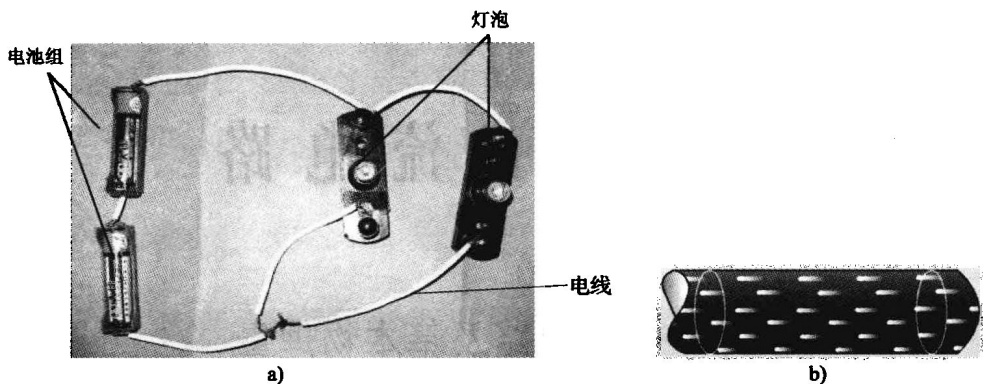


图 1—2 电路及电流

a) 电路 b) 电流

一、电路的组成及作用

如图 1—3a 所示, 通过开关用导线将干电池和小灯泡连接起来, 就组成了一个最简单的电路。图 1—3b 是用电气符号描述电路的电路原理图。对电路的描述有时也可采用方框图, 如图 1—4 所示。方框图主要用于说明一个复杂电路系统中各部分电路的功能及相互之间的关系, 不描述细节。

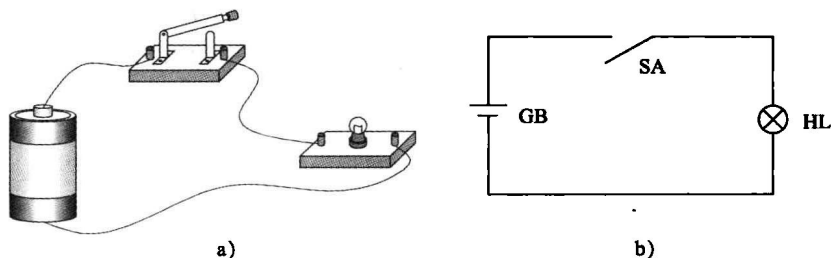


图 1—3 最简单的电路

a) 实物接线图 b) 电路原理图

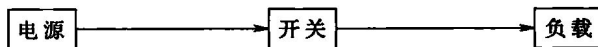


图 1—4 电路方框图

1. 电路的组成

电路一般由以下四部分组成:

(1) 电源

电源是为负载提供电能的装置, 如干电池、蓄电池、发电机等, 如图 1—5 所示。

(2) 负载

负载又称用电器, 是连接在电路中电源两端的、消耗能量的电子元件, 如电灯、电动机等。其作用是将电能转变为其他形式的能。

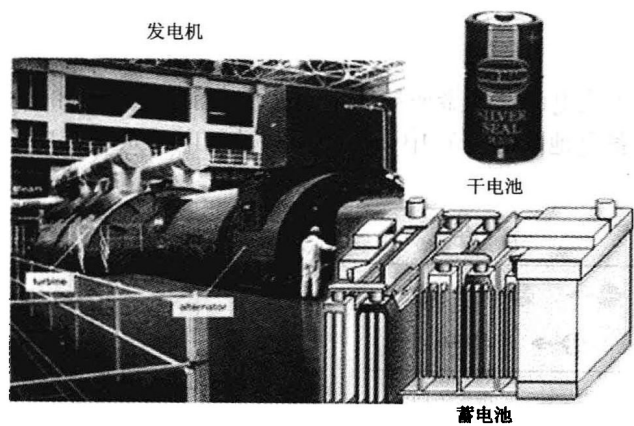


图 1—5 常见的电源

(3) 导线

导线起连接电路和输送电能的作用。

(4) 控制装置

控制装置的主要作用是控制电路的通断，如开关、继电器等。

以电视机为例，整个系统电路如图 1—6 所示。

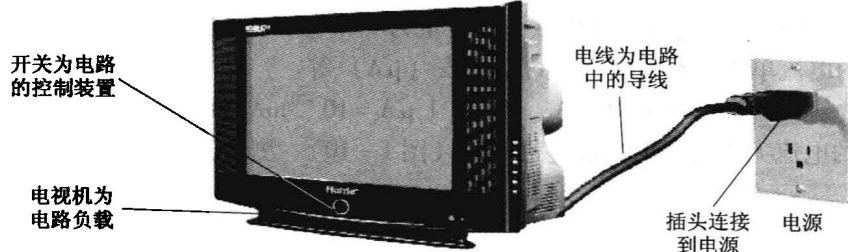


图 1—6 电视机电路

有些电路中还装有保护装置（如熔断器、热继电器等），以保证电路的安全运行。

2. 电路的基本作用

电路最基本的作用：一是进行电能的传输和转换，如照明电路、动力电路等。电能传输示意图如图 1—7 所示；二是进行信息的传输和处理，如测量电路、扩音机电路、计算机电路等。信息传输示意图如图 1—8 所示。

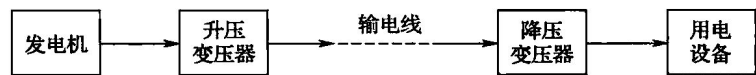


图 1—7 电能传输示意图

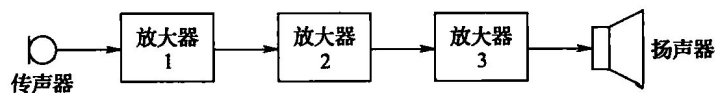


图 1—8 信息传输示意图

二、电流

1. 电流的形成

电荷的定向移动形成电流。在金属导体中，实质上能定向移动的电荷是带负电的自由电子；在导电液体（如蓄电池电解液）中，能定向移动的电荷是正负离子（图 1—9）。

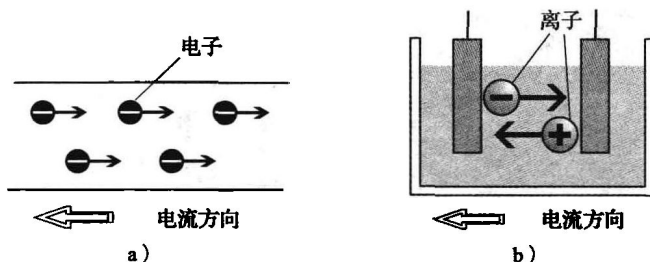


图 1—9 电流的形成

a) 金属中的电流 b) 电解液中的电流

2. 电流的大小

电流的大小是指单位时间内通过导体横截面的电荷，即

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

如果在 1 秒 (s) 内通过导体横截面的电量为 1 库仑 (C)，则导体中的电流就是 1 安培 (A)。常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA) 等。

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

$$1 \text{ μA} = 10^{-6} \text{ A}$$

电路中的电流大小可用电流表进行测量（图 1—10）。测量时应注意以下几点：

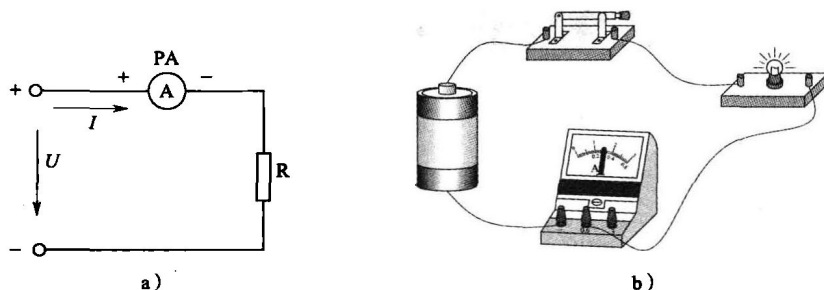


图 1—10 直流电流的测量

a) 原理图 b) 实物图

(1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表测量。

(2) 电流表应串接到被测量的电路中。

(3) 直流电流表表壳接线柱上标明的“+”“-”记号，应和电路的极性相一致，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) 每个电流表都有一定的测量范围，称为电流表的量程。一般被测电流的数值在电流表量程的一半以上，读数较为准确。因此在测量之前应先估计被测电流大小，以便选择适当量程的电流表。若无法估计，可先用电流表的最大量程挡测量，当指针偏转不到 1/3 刻度

时，再改用较小挡去测量，直到测得正确数值为止。

3. 电流的方向

习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的方向，因此，自由电子和负离子移动的方向与电流方向相反。大小和方向都不随时间变化的电流称为**稳恒电流**（图 1—11a），简称**直流**。大小和方向都随时间做相应变化的电流称为**交变电流**（图 1—11b），简称**交流**。干电池、蓄电池提供的是直流电，动力、照明电路一般用交流电。

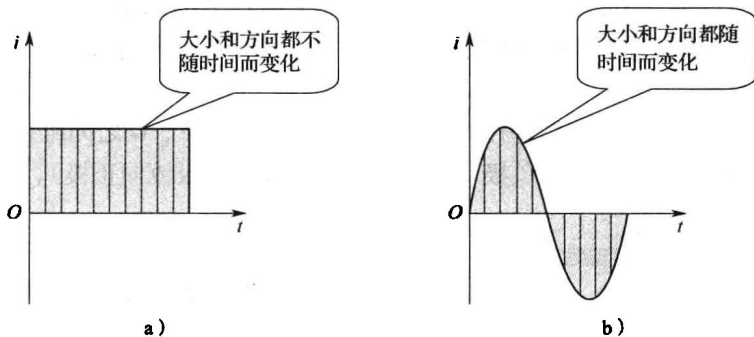


图 1—11 直流电和交流电

a) 直流电 b) 交流电

在分析和计算较为复杂的直流电路时，经常会遇到某一电流的实际方向难以确定的问题，这时可先任意假定电流的**参考方向**，然后根据电流的参考方向列方程求解。当解出电流为正值时，电流的实际方向和参考方向一致（图 1—12a）；解出电流为负值时，电流的实际方向和参考方向相反（图 1—12b）。

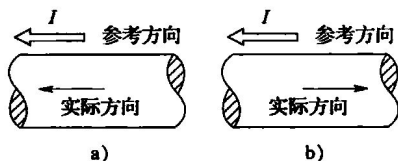


图 1—12 电流的正负

a) $I > 0$ b) $I < 0$

4. 电路的状态与电流的关系

如图 1—13a 所示，电路构成闭合回路，有电流流过。这时，电路处于**通路**状态。

如图 1—13b 所示，电路断开，电路中无电流通过。这时，电路处于**开路**（又称**断路**）状态。

如图 1—13c 所示，电源未经负载而直接由导体构成回路。这时电源输出电流将比允许的通路工作电流大很多倍，电源会因短路而损耗大量的能量。这时，电路处于**短路**。短路对电路中的电源及其他元件破坏性很大。因此，一般不允许短路。

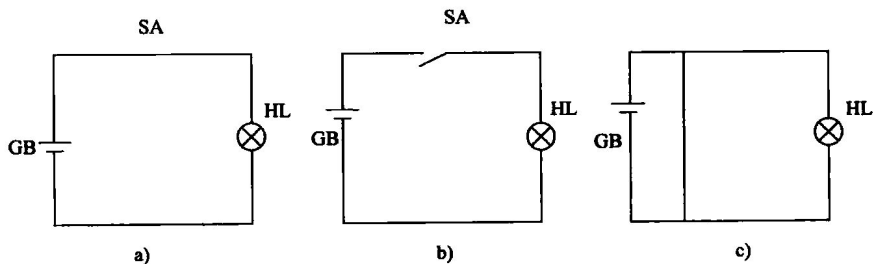


图 1—13 电路的三种状态

a) 通路 b) 开路 c) 短路

三、电压、电位和电动势

1. 电压

在金属导体中虽然有许多自由电子,但只有在外加电场的作用下,这些自由电子才能做有规则的定向移动而形成电流。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,用 U_{ab} 表示。电压的单位为伏特 (V)。

电压与电流的关系和水压与水流的关系有相似之处。

在图 1—14 所示装置中,由于用水泵不断地将水槽乙中的水抽送到水槽甲中(水泵对水做功),使 A 处比 B 处水位高,即 A 、 B 之间形成了水压,水管中的水便由 A 处向 B 处流动,从而推动水车旋转。

在图 1—15 所示电路中,电源的作用类似上述水泵,它使 E 、 G 之间维持一定的电压,因此,电路中便有正电荷由正极流向负极(实际上是负电荷由负极流向正极),从而使电灯发光。

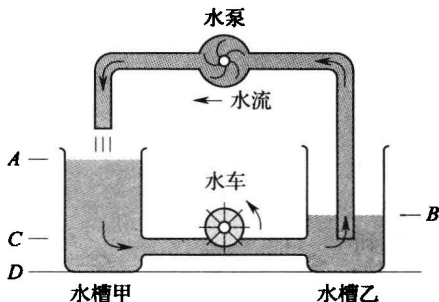


图 1—14 水压与水流

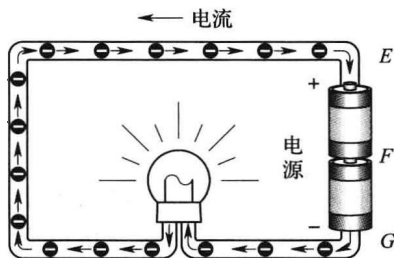


图 1—15 电压与电流

在计算较复杂电路时,电压的实际方向常常难以判断,因此也要先设定电压的参考方向。原则上电压的参考方向可任意选取,但如果已知电流参考方向,则电压参考方向最好选择与电流参考方向一致,称为**关联参考方向**。当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正值;反之,为负值。

电压的参考方向有 3 种表示方法,如图 1—16 所示。

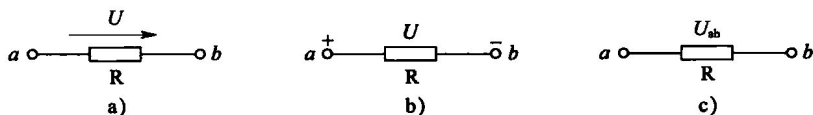


图 1—16 电压的参考方向

a) 箭头表示 b) 极性符号表示参考方向由正指向负 c) 双下标表示参考方向由 a 指向 b

2. 电位

如果在电路中选定一个**参考点**(即零电位点),则电路中某一点与参考点之间的电压即为该点的**电位**。电位的单位也是伏特 (V)。电位通常用 V 或 φ 表示,为简便起见,本书仍用 U 表示电位,如 a 、 b 点的电位可分别记为 U_a 、 U_b 。

原则上电位的参考点可以任意选择,但为了便于分析计算,在电力电路中常以大地作为参考点,电路符号为“ $\perp$ ”;在电子电路中常以多条支路汇集的公共点或金属底板、机壳等作为参考点,电路符号为“ $\perp$ ”或“ $\perp$ ”。高于参考点的电位取正,低于参考点的电位取

负。例如,在图 1—15 中,若以 G 为参考点,则 G 点的电位为 0 V , F 点的电位为 1.5 V ;若以 E 为参考点,则 F 点的电位为 -1.5 V , G 点的电位为 -3 V 。但不管参考点如何选择,每节电池正、负极之间的电位差都是 1.5 V ,这是不会改变的。这就像图 1—14 中,不管是选 C 为参考点,还是选 D 为参考点, A 、 B 之间的水位差是不会随参考点的改变而改变的。

电路中任意两点之间的电压就等于这两点之间的电位差,即 $U_{ab} = U_a - U_b$,故电压又称电位差。

3. 电动势

在图 1—14 中,水泵的作用是不不断地把水从乙水槽抽送到甲水槽,从而使 A 、 B 之间始终保持一定的水位差,这样水管中才能有持续的水流。在图 1—15 中,电源的作用和水泵相似,它通过电源不断地将正电荷从电源负极经电源内部移向正极,从而使电源的正、负极之间始终保持一定的电位差(电压),这样电路中才能有持续的电流。电源移动正电荷的能力用电动势表示,符号为 E ,单位为伏特(V)。

电源电动势在数值上等于电源没有接入电路时两极间的电压。电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极(图 1—17)。如图 1—18 所示,一节干电池的电动势是 1.5 V 。

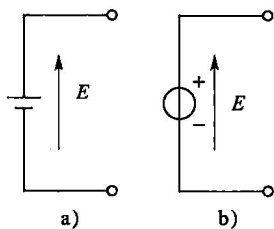


图 1—17 直流电动势的两种符号



图 1—18 干电池

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;而端电压则是电源加在外电路两端的电压,其方向由正极指向负极。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。

科学故事

伏特(1745—1827),意大利物理学家。伏特发明了电池。电池的发明,为人们获得稳定、持续的电流提供了一个方法,使电学从对静电的研究进入到对动电的研究,对电学的研究具有较深远的意义,为纪念这位物理学家,把电压的单位规定为 Volt,音译为伏特。



四、电阻

1. 电阻与电阻率

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，所以导体在通过电流的同时也对电流起阻碍作用，这种对电流的阻碍作用称为电阻。导体的电阻常用 R 表示。在各种电路中，经常要用到具有一定电阻值的元件——电阻器，电阻器也简称电阻。

电阻的单位为欧姆 (Ω)，比较大的单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的换算关系为

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

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

导体的电阻是导体本身的一种性质，它的大小决定于导体的材料、长度和横截面积，可按下式计算

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

式中，比例常数 ρ 称为材料的电阻率，单位为欧姆·米，简称欧米 ($\Omega \cdot \text{m}$)； l 、 s 的单位分别为 m 、 m^2 。

电阻率的大小反映了物体的导电能力。电阻率小、容易导电的物体称为**导体**；电阻率大、不容易导电的物体称为**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** (图 1—19)。

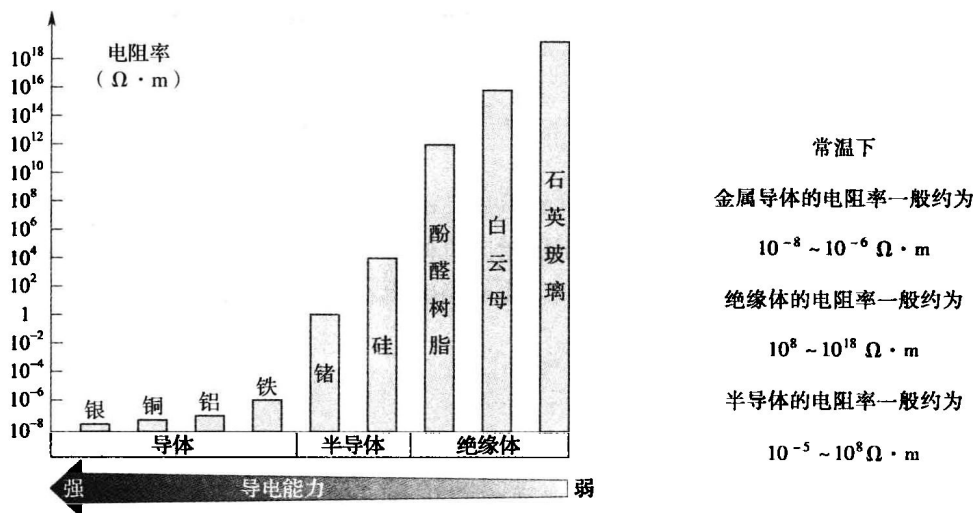


图 1—19 导体、半导体和绝缘体

从图中可以看出，纯金属的电阻率小，导电性能好，所以连接电路的导线一般用电阻率小的铝或铜来制作，必要时还在导线上镀银；合金的电阻率较大，常用来作为制作电阻器、电炉电阻丝的材料；为了保证安全，电线的外皮、一些电工用具的手把外壳等都要用橡胶、塑料等绝缘材料制成。

2. 电阻与温度的关系

各种材料的电阻率都随温度而变化。一般来说，金属的电阻率随温度升高而增大；电解

液、半导体和绝缘体的电阻率则随温度升高而减小；而有些合金，如锰铜合金和镍铜合金的电阻几乎不受温度变化的影响，常用来制作标准电阻器。

想一想

白炽灯通常在刚通电时容易烧断灯丝，这是为什么？

3. 电阻器的选用

常用电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器两大类，其外形、符号及特点见表 1—1 和表 1—2。

表 1—1 固定电阻器

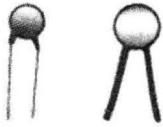
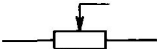
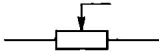
名称	外形	电路符号	特点及应用
碳膜电阻器			碳膜电阻器阻值范围宽，价格便宜，是我国目前生产量最大、用途最广的通用电阻器
金属膜电阻器			金属膜电阻器阻值精密，噪声小，广泛应用于高级音响、计算机、测试仪器、自动控制设备中
碳质电阻器			碳质电阻器成本低，阻值范围宽，但性能差，仅在很小范围内被采用
热敏电阻器			热敏电阻器灵敏度较高，工作温度范围宽，体积小，使用方便，易加工成复杂的形状，可大批量生产，稳定性好、过载能力强，应用广泛

表 1—2 可变电阻器

名称	外形	电路符号
有机实心电位器		
推拉式电位器		

续表		
名称	外形	电路符号
直滑式电位器		
碳膜电位器		
带开关电位器		
微调电位器		

4. 电阻器的主要指标

(1) 标称阻值

标称阻值即电阻器的标准电阻值。在设计电路时，经常会用到各种各样阻值的电阻器，而作为电阻器的生产厂家，为了生产效率和物料管理的方便，不可能产生太多种类阻值的电阻。因此，国家规定了一系列的标称阻值，见表 1—3。标称阻值 = 有效数字（标称系列值）× 倍乘，倍乘包括 10^{-1} ， 10^0 ， 10^1 ， 10^2 ， 10^3 ， 10^4 ， 10^5 ， 10^6 等，例如对应于 3.3 这一标称系列值，就有 0.33 Ω 、3.3 Ω 、33 Ω 、330 Ω 、3.3 k Ω 、33 k Ω 等标称阻值。

(2) 允许偏差

允许偏差是指电阻真实值与标称值之间允许的误差值。

表 1—3

电阻的标称系列值

系列	偏差	标称系列值					
E24	$\pm 5\%$	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
E12	$\pm 10\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E6	$\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8

(3) 额定功率

额定功率也称标称功率，是指在一定的条件下，电阻器长期连续工作所允许消耗的最大功率。常用小型电阻器的标称功率一般分为 1/20 W、1/8 W、1/4 W、1 W、2 W 等，选用电阻器时一定要考虑其额定功率，以保证电阻器的安全工作。