



中等职业学校电类专业基础课系列教材
根据教育部最新教学指导方案编写

电工技术

DIANGONG JISHU

主 编 王皓军

副主编 刘金雁



电子科技大学出版社

中等职业学校电类专业基础课系列教材

电 工 技 术

主 编 王皑军

副主编 刘金雁

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书是中等职业学校电类专业的电工技术教材。全书内容按照教学大纲并结合现在流行的技术精心编写而成。全书共分 8 章, 内容包括: 直流电路、单相交流电路、三相交流电路、单相变压器、电工仪表与测量、异步电动机、电动机的控制、供电及用电常识。本书概念清楚、重点突出、语言简练、理论与实际相结合, 并注重职业教育的特点, 以实用性和能力培养为出发点。

本书可作为中等职业学校电气类、机电类和电子类专业的教材, 也可供电气类、电子类工程技术人员、技师以及维修人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术/王皓军主编. —成都: 电子科技大学出版社,
2007.6

ISBN 978-7-81114-550-2

中等职业学校电类专业基础课系列教材

I. 电… II. 王… III. 电工技术—专业学校—教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 087521 号

电 工 技 术

主 编 王皓军

副主编 刘金雁

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 汤云辉

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川墨池印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 1/16 印张 10.125 字数 259 千字

版 次: 2007 年 6 月第一版

印 次: 2007 年 6 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-550-2

定 价: 15.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页 www.uestcp.com.cn “下载专区” 电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

前 言

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设计划,我们组织本专业领域的骨干教师精心编写了本教材。

本课程的任务是:使学生具备高素质劳动者和初中级专门人才所必需的电工技术基础知识和基本技能;为学生学习专业知识和职业技能,提高全面素质,增强适应职业变化的能力和继续学习的能力打下一定的基础。

本教材是中等职业学校非电类相关专业的一门技术基础课程。通过对本教材的学习,掌握必备的电工技术的基本理论、基本分析方法和基本技能,为后续专业课的学习和职业技能打下良好的基础。

本教材具有的特点:紧扣大纲,降低难度,夯实基础,讲练结合,兼顾考工,接轨高职。

随着现代科学技术的迅速发展,《电工技术》这门重要技术基础课日益体现出应用、推广的价值。考虑到非电类专业学生及中职学生知识结构的特点,我们在编写这套教材时,尽量接近工程实际并反映科学技术发展的新形势。在例题、习题的选择上与工程实际相结合,尽量回避繁杂、冗长的数学推导或计算过程,对于基本概念与基本理论以定性分析为主、定量计算为辅,以便学生更好、更快地掌握相关的概念、定理等。

为了方便教师教学,我们免费为使用本套教材的师生提供电子教学参考资料包:

- ◆ PowerPoint 多媒体课件
- ◆ 习题参考答案
- ◆ 教材中的程序源代码
- ◆ 教材中涉及的实例制作的各类素材

有需要的教师可以登录教学支持网站免费下载。在教材使用中有什么意见或建议也可以直接和我们联系,电子邮件地址:scqcwh@163.com。

本书由王皓军、刘金雁编写,并得到电子科技大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,不妥和错误之处在所难免,恳请读者及同行老师批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电的基本概念	1
1.1.1 电荷与电场	1
1.1.2 电流、电压与电位	3
1.1.3 电源与电动势	5
1.1.4 电阻与电阻定律	6
1.1.5 电路与欧姆定律	8
1.1.6 电功与电功率	10
1.2 简单直流电路	12
1.2.1 电阻串联电路	12
1.2.2 电阻并联电路	13
1.2.3 电阻混联电路	15
1.3 基尔霍夫定律	17
1.3.1 基尔霍夫第一定律	17
1.3.2 基尔霍夫第二定律	18
1.3.3 支路电流法	19
【本章小结】	20
【习题】	21
第 2 章 单相交流电路	23
2.1 正弦交流电的基本概念	23
2.1.1 正弦交流电的产生	23
2.1.2 正弦交流电的周期、频率和角频率	25
2.1.3 正弦交流电的相位与相位差	26
2.1.4 正弦交流电的有效值	27
2.2 正弦交流电的表示方法	27
2.2.1 解析法	27
2.2.2 波形法	28
2.2.3 相量法	28
2.3 纯电阻电路	30
2.3.1 电流、电压的关系	30
2.3.2 纯电阻电路的功率	31
2.4 纯电感电路	32

2.4.1	感抗.....	33
2.4.2	电流与电压间的相位关系	33
2.4.3	纯电感电路的功率	34
2.5	纯电容电路	36
2.5.1	容抗.....	37
2.5.2	电流、电压间的关系	37
2.5.3	纯电容电路的功率	38
2.6	电阻与电感串联电路.....	40
2.6.1	串联电路电压间的关系	40
2.6.2	串联电路的阻抗	41
2.6.3	串联电路的功率	42
2.7	提高功率因数的意义和方法	44
2.7.1	提供功率因数的意义	44
2.7.2	提高功率因数的方法	45
	【本章小结】	47
	【习题】	48
第3章	三相交流电路	50
3.1	对称三相电源	50
3.1.1	对称三相电动势与电压	50
3.1.2	三相电源的接法	51
3.2	三相负载的联结.....	53
3.2.1	三相负载的 Y 形联结	53
3.2.2	三相负载的 Δ 形联结	56
3.3	三相电路的功率.....	57
	【本章小结】	60
	【习题】	60
第4章	单相变压器	62
4.1	单相变压器的结构、原理与用途	62
4.1.1	变压器的分类.....	62
4.1.2	变压器的结构.....	63
4.1.3	变压器的工作原理	63
4.1.4	变压器的用途.....	67
4.2	变压器的外特性和电压变化率	68
4.3	变压器的同极性端.....	68
4.3.1	同极性端的概念	68
4.3.2	同极性端的判断方法	69
	【本章小结】	71

【习题】	71
第5章 电工仪表与测量	73
5.1 常用电工仪表的基本知识	73
5.1.1 电工仪表的分类	73
5.1.2 电工仪表符号的意义	74
5.1.3 电工仪表的型号	75
5.1.4 常用的电工测量方法	75
5.2 电流与电压的测量	76
5.2.1 电流的测量	76
5.2.2 电压的测量	78
5.3 万用表	79
5.3.1 指针式万用表	80
5.3.2 数字式万用表	81
5.4 欧姆表及兆欧表	83
5.4.1 欧姆表	84
5.4.2 兆欧表	85
5.5 电度表及电能的测量	87
【本章小结】	89
【习题】	89
第6章 异步电动机	91
6.1 异步电动机的结构与工作原理	91
6.1.1 异步电动机的结构	91
6.1.2 异步电动机的工作原理	93
6.1.3 异步电动机的转动原理	96
6.2 三相异步电动机的功率与转矩	97
6.2.1 转子输出功率与电动机的效率	97
6.2.2 电磁转矩	98
6.3 异步电动机的机械特性	99
6.4 三相异步电动机的使用与维护	100
6.5 单相异步电动机	102
6.5.1 单相异步电动机的工作原理	102
6.5.2 单相电容式异步电动机	103
6.5.3 单相异步电动机的使用与维护	104
【本章小结】	104
【习题】	105
第7章 电动机的控制	106
7.1 常用低压电器	106

7.1.1	刀开关	106
7.1.2	组合开关	107
7.1.3	自动开关	108
7.1.4	按钮开关	109
7.1.5	熔断器	110
7.1.6	热继电器	111
7.1.7	接触器	112
7.2	三相异步电动机简单电气控制电路	113
7.2.1	三相异步电动机的单向运转控制	113
7.2.2	三相异步电动机的正、反转控制	115
7.3	三相异步电动机降压启动	116
7.4	三相异步电动机的调速控制	118
7.4.1	变频调速	118
7.4.2	变极调速	119
7.5	三相异步电动机制动控制	120
7.5.1	能耗制动	120
7.5.2	反接制动	121
7.5.3	发电反馈制动	121
7.6	单相异步电动机的简单控制	123
7.6.1	单相异步电动机的正反转控制	123
7.6.2	单相异步电动机的调速	123
	【本章小结】	124
	【习题】	125
第 8 章	供电及用电常识	126
8.1	发电与输电	126
8.1.1	发电	126
8.1.2	输电	126
8.2	变电与配电	127
8.2.1	变电	127
8.2.2	配电	127
8.3	安全用电与节约用电	128
8.3.1	安全用电常识	128
8.3.2	接地与接零	129
8.3.3	触电的预防	130
8.4	节约用电	132
8.5	常用照明设备	133
8.5.1	白炽灯原理与线路	133
8.5.2	荧光灯原理与线路	134

8.6 光纤传输	135
8.6.1 光纤传输的特点优势	135
8.6.2 光纤传输系统的组成	135
8.6.3 光纤传输的应用	135
8.7 常见换能器件	136
8.7.1 光-电转换器件	136
8.7.2 电-声互转换器件	137
8.7.3 电能-化学能互转换器件	138
【本章小结】	138
【习题】	139
实验	140

第1章 直流电路

【学习目标】

1. 了解电和电路的基本概念、电路的组成。
2. 掌握电流、电压、电动势、电位、电能、电功率、电阻的概念和相互关系。
3. 理解电路的三种状态：开路状态、负载状态和短路状态。
4. 掌握电阻串联、并联的计算，并会计算简单的电阻混合电路。
5. 理解基尔霍夫定律，能用支路电流分析法分析计算一般电路。

本章既是学习其余章节知识的前提，又是学习其他与电工、电子技术有关课程的重要基础，所以，大家在学习的过程中要注意对概念的理解和对相关计算方法的掌握。本章内容包括直流电路的基本概念、基本定律以及简单的分析计算。

1.1 电的基本概念

本节先介绍与电有关的基本概念，如电荷、电场、电流、电位和电压等，以此对电有一个初步了解与认识，为后面更深入地学习奠定基础。

1.1.1 电荷与电场

世界上的一切物质都是由许多分子组成，分子又是由更小的微粒（原子）组成，而原子又是由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成。在通常情况下，为什么物质不显电性呢？那是因为物质的正电荷与负电荷在数量上是相等的，两种电荷相互抵消，从而使物质对外不显示电性质。

电荷之间存在相互作用力，即同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。带电的物体叫带电体，不带电的物体叫中性体。

电荷的多少用电荷量来衡量，电荷量又简称为电量，单位为库仑，用符号 C 表示。一个电子所带的电量是自然界中最小的电量，一个电子的电量用 e 表示，大小为：

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

所以， $1\text{C} = 6.25 \times 10^{18}$ 个电荷。

1785 年法国物理学家库仑对静止点的电荷间的相互作用力进行了定量的测定，得出了著名的库仑定律。即在真空中两个点电荷间的作用力与两个电荷的电荷量的乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。把静止的点电荷之间的作用力叫静电力或库仑力。

库仑定律的公式表示为:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

式中, q_1 、 q_2 为两个点电荷的电荷量, 单位 C; r 为两个点电荷间的距离, 单位 m; k 为静电力恒量, $k=9 \times 10^9 \text{ N} \times \text{m}^2/\text{C}^2$; F 为静电力, 单位 N。

两个带电体不发生接触, 就能够产生相互作用的力, 这种作用力是通过一种特殊的物质做媒介而产生的, 这种特殊的物质就是电场。凡有电荷存在的周围空间, 必定有电场存在。电场是一种看不见、摸不着的特殊物质, 同其他一切物质一样, 是不依赖人的感觉而客观存在的。电荷间的静电力同样也是依靠电场来实现的, 实际上是一个电荷的电场对另一个电荷的作用, 因此静电力又常称为电场力。

电场具有如下两个重要的属性:

(1) 位于电场中的任何带电体都将受到电场力的作用, 体现出电场力的性质。

(2) 带电体在电场中受到电场力的作用发生移动时, 电场力对它做功, 体现出电场具有能量的性质。

把点电荷引入电场中, 可以发现, 该点电荷在电场中的不同位置, 所受到的电场力的大小和方向是不同的。实验证明, 点电荷所受到的电场力与它所带的电荷量成正比, 也就是说, 点电荷在电场中某点所受的电场力与它所带电荷量的比值是一个常数。对于电场中不同位置的点, 都有一个确定的比值与之对应。在电场中不同的点, 这个比值是不同的。为了表示电场中不同位置点电荷受力的差异的这种性质, 引入电场强度这个物理量。

电荷在电场中某一点所受电场力 F 与电荷本身所带的电荷量 q 的比值叫做该点的电场强度, 简称场强。公式表示为:

$$E = \frac{F}{q}$$

式中, F 为电荷所受的电场力, 单位 N; q 为电荷所带的电荷量, 单位 C; E 为电场强度电力, 单位 N/C。

电场强度是表示电场强弱的量, 它既有大小又有方向, 是矢量。它具体度量了电场力的性质。

为了形象地描述电场, 常用假想的电力线来表示电场作用的方向、范围和强弱, 规定电力线起始于正电荷, 终止于负电荷, 而且任何两条电力线不会相交。几种常见的电力线如图 1-1 所示。

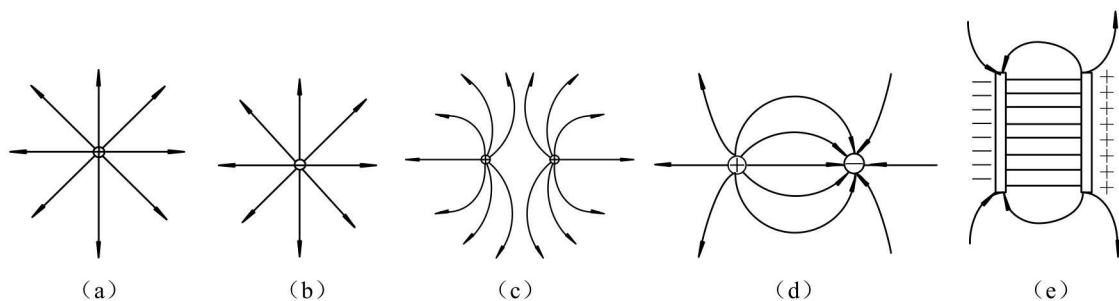


图 1-1 几种常见的电力线

如图 1-1 所示,可以发现电力线是一组曲线。在电力线上任一点的切线方向为该点电场强度的方向,电力线的疏密表示了该点电场强度的大小。

如果电场中各点电场强度的大小和方向都相同,这种电场称为匀强电场。如图 1-1 (e) 所示。在匀强电场中的电力线是平行等距的。

知识窗

电 晕 现 象

在 110kV 以上的超高压输电线上,晚间有时可以看到导线周围产生月晕式的光环,阴天或雾天还会听到吱吱的声音,这种现象就是“电晕”。电晕的发生是由于超高压输电线周围的电场强度太强而引起空气游离所致。

1.1.2 电流、电压与电位

1. 电流

在电场中,电荷在电场力作用下的定向移动便形成了电流。在金属导体中自由电子定向移动,电解液中的正、负离子在电场的作用下向相反的方向移动便形成了电流。

电流既是一种物理现象,又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流在量值上等于通过导体横截面的电荷量与通过这些电荷量所用时间的比值,即在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 为通过导体横截面的电荷量,单位 C; t 为通过电荷量 q 所用的时间,单位 s; I 为电流,单位 A。

当 1 秒内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑 (C) 时,则电流为 1 安 (A)。在国际单位制中,电流的常用单位还有微安 (μA)、毫安 (mA),它们常常用于计量微小电流,其换算关系如下:

$$1\text{A} = 1000\text{mA} = 10^3 \text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A} = 10^3 \mu\text{A}$$

规定正电荷定向移动的方向为电流方向,电子定向移动方向与电流方向相反。在电路计算的时候,很多情况下无法事先确定电路中电流的实际方向,为了便于分析处理,常常先给电路假定一个电流方向,这个假定的电流方向称为参考方向,用箭头表示在电路图上。如果计算的结果电流为正值,那么电流的实际方向与参考方向一致;如果计算的结果电流为负值,那么电流的实际方向就与参考方向相反。这里应当注意的是,如果不规定电流的参考方向,电流的正负号是没有意义的。

电流在形式上可以分为直流电流和交流电流两大类。电流的大小和方向不随时间变化的电流叫直流电,如图 1-2 (a) 所示,在直流电路中,电流总是从电源正极出发回到电源的负极;大小和方向随时间变化的电流叫交流电流,如图 1-2 (b) 所示。应当指出的是,除了直流与交流两种重要的电流外,还有多种其他形式的电流,本书不再赘述。

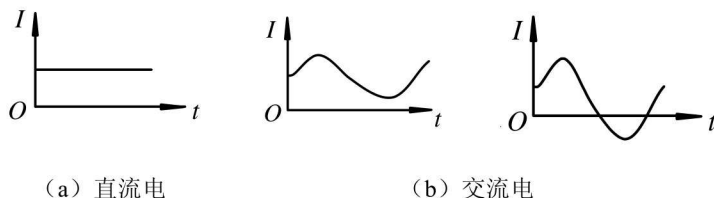


图 1-2 各种电流波形

【例 1-1】如果在 30s 时间内通过导体横截面的电量为 12C,求通过导体的电流是多少安,合多少毫安?

解: 根据电流的定义式:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{12}{30} = 0.4\text{A} = 400\text{mA}$$

2. 电压

电压是电工学中另外一个重要的物理量,因为电场具有力和能的性质,电荷在电场中受

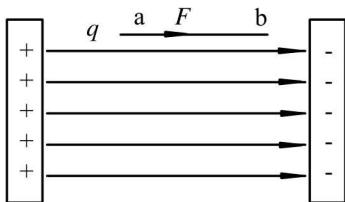


图 1-3 匀强电场中电场力电荷做功

到电场力作用移动时,电场力要做功。如图 1-3 所示给出了正电荷 q 的电场中 a、b 两点,若把单位正电荷 q 从 a 移动到 b 点,移动的距离为 L_{ab} ,那么电场力对电荷做的功为:

$$W = FL_{ab}$$

电压这个物理量就是用来衡量电场力做功能力的大小的。设 U_{ab} 是 a、b 两点间的电压, U_{ab} 在数值上等于电场力把电荷从 a 移动到 b 所做的功 W_{ab} 与被移动电荷所带的电量 q 之比,电压 U_{ab} 的公式为:

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中, q 为点电荷所带的电荷量,单位 C; W_{ab} 为电场力把电荷 q 从 a 移动到 b 所做的功,单位 J; U_{ab} 为 a、b 间的电压,单位 V。

电压的单位除了伏特以外,常见的还有千伏 (kV)、毫伏 (mV),其换算关系如下:

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

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

【例 1-2】设正电荷所带的电量为 0.005C ，从电场中 x 点移动到 y 点，电场力对它所做的功为 0.12J ，求出 x 、 y 间的电压 U_{xy} 的大小。

解：根据电压的定义公式

$$U_{xy} = \frac{W_{xy}}{q} = \frac{0.12}{0.005} = 24\text{V}$$

在电路的分析计算中，也经常用到另一个重要的概念——电位。物体处在不同的高度，具有不同的位能，相对高度越高，位能就越大。水从高水位流向低水位，水位高的地方位能高，水位低的地方位能低。电也是如此，电荷在电路中各点具有的能量也是不等的，我们把单位正电荷在某点具有的能量，叫做该点的电位。

在一个电路中，要确定某一点的电位，必须选取一个参考点（假定参考点的电位为零），电路中各点的电位是相对的，与参考点的选择有关。某点的电位等于该点与参考点间的电压。比参考电压高的电位为正，比参考电压低电位为负。电压的方向由高电位指向低电位，也就是电位降低的方向，高电位用“+”、低电位用“-”表示。

在电路计算的时候，因为不能够确定电压的真实方向，与电流的处理一样，要选定参考方向。如果计算的结果电压为正，说明电压的实际方向与参考方向一致；如果计算的结果电压为负，说明电压的实际方向与参考方向相反。

【例 1-3】如图 1-4 所示，对于电阻两端的电压，图（a）中 $U_{ab}=10\text{V}$ ，即该电压的实际方向与所标定的参考方向一致，同时也说明 a 点的电位高于 b 点电位；图（b）中的电压 $U_{ba}=-10\text{V}$ ，即该电压的实际方向与所标定的参考方向相反，且表明 b 点的电位低于 a 点电位。

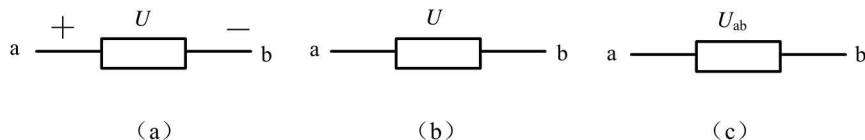


图 1-4 例图

1.1.3 电源与电动势

一个用电设备要能正常工作必须要有电源，如手机有电才能正常工作、计算机要通电才能启动。那什么是电源呢？电源就是把其他形式能转换成电能的装置。电源的种类有很多，如常见的蓄电池、干电池、光电池、发电机等，它们都是把其他形式的能量转换成电能的电源。蓄电池把化学能转换成电能、光电池把光能转换为电能、发电机把机械能转换为电能。

电源一般有交流电源和直流电源之分。把含有交流电源的电路叫做交流电路；把含有直流电源的电路叫做直流电路。电源的正极电位高，负极电位低。电源接通负载后，电源外部的电路中的电流从电源的正极流向电源的负极，电源的内部电流从负极流向正极，从而构成一个回路，如图 1-5 所示。

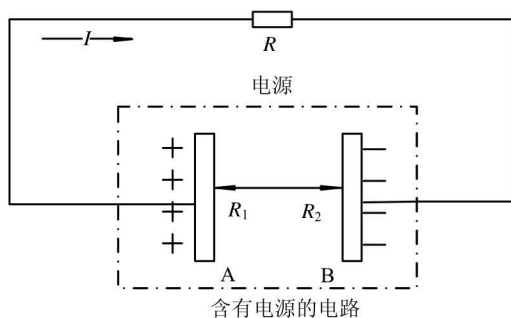


图 1-5 电流的流向

在电源的内部，电流是如何从负极流向正极的呢？电源内部有一种力能克服电荷间的作用力，把负极的正电荷移动到正极，从而保持正、负极间的电位差，我们把这种力称为电源力。电源力不断地把正电荷从低电位的负极移动到高电位的正极，在这个移动的过程中，电源力要克服电场力而做功，这个做功的过程就是电源把其他形式的能量转换成电能的过程。实际上，不同的电源，其电源力做功的大小是不同的，为了衡量电源力做功的本领，引入了电动势的概念。

在电源内部，电源力把正电荷从负极移动到正极所做的功与被移动电荷量之比叫电源电动势，用 E 表示，用公式表示为：

$$E = \frac{W}{q}$$

式中， q 为电源力移动的电荷量，单位 C； W 为电源力移动正电荷做的功，单位 J； E 为电源电动势，单位 V。

电动势的方向规定为：在电源内部从负极指向正极，即从低电位点指向高电位点，为电位升高的方向。电动势描述了电源自身的属性。

知 识 窗

电动势与电压

电动势与电压是两个不同概念的物理量。电动势存在于电源内部，是衡量电源力做功本领的物理量；电压存在于子电路的任何部分，是衡量电场力做功本领的物理量。电动势的方向是从负极指向正极，也就是电位升高的方向；电压的方向是从正极指向负极，也就是电位降低的方向。

1.1.4 电阻与电阻定律

导体是容易传导电流的物体，导体容易传导电流是因为导体内部存在大量的自由电子或离子，所以在两端加上电压后，导体中的自由电子或离子便在电场力的作用下定向移动而形成电流。

电子或离子在导体内做定向移动的时候，并不是畅通无阻的，例如，金属导体中的自由

电子在运动中要与金属正离子碰撞，使自由电子在运动中受到一定的阻碍，表示这种阻碍作用的物理量叫做电阻，电阻用字母 R 表示，单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。

导体的电阻大小与它本身的物理条件有关。在温度不变的时候，导体的电阻与它的长度成正比，与它的横截面积成反比，这就是电阻定律，用公式表示为：

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中， R 为导体的电阻，单位 Ω ； ρ 为导体材料在 20°C 时的电阻系数，单位 $(\Omega \cdot \text{m})$ ； L 为导体的长度，单位 m ； S 为导体的横截面积，单位 m^2 。

导体的电阻系数也叫电阻率，它由导体的材料决定，常用材料的电阻率如表 1-1 所示。导体的电阻率在数值上等于长度为 1m ，横截面积为 1m^2 的导体所具有的电阻值。它与导体的材料性质和温度有关，而与导体的尺寸无关，也就是在一定温度下对于同一种材料，其电阻率 ρ 是常数。

表 1-1 常用材料的电阻率

分 类	材 料 名 称	电阻率 (20°C) $\rho / \Omega \cdot \text{m}$	电阻温度系数 $\alpha / ^{\circ}\text{C}^{-1}$
导体	银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
	铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
	铝	2.8×10^{-8}	4.2×10^{-3}
	钨	5.5×10^{-8}	4.4×10^{-3}
	镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	铁	9.8×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	锡	1.14×10^{-7}	4.4×10^{-3}
	铂	1.05×10^{-7}	4.0×10^{-3}
	锰铜 (85%铜+3%镍+12%锰)	$(4.2 \sim 4.8) \times 10^{-7}$	约 0.6×10^{-5}
	康铜 (58.8%铜+40%镍+1.2%锰)	$(4.8 \sim 5.2) \times 10^{-7}$	约 0.5×10^{-5}
	镍铬丝 (67.5%镍+15%铬+16%碳+1.5%锰)	$(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-6}$	约 15×10^{-5}
半导体	铁铬铝	$(1.3 \sim 1.4) \times 10^{-6}$	约 5×10^{-5}
	碳	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
	锗	0.60	
	硅	2300	
绝缘体	塑料	$10^{15} \sim 10^{16}$	
	陶瓷	$10^{12} \sim 10^{13}$	
	云母	$10^{11} \sim 10^{15}$	
	石英 (熔凝的)	75×10^{16}	
	玻璃	$10^{10} \sim 10^{14}$	
	琥珀	5×10^{14}	

不同的物质有不同的电阻率。电阻率反映了各种材料的导电性能，电阻率越大，材料的导电性能越差。通常电阻率小于 $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料称为导体，比如金属；电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 的材料称为绝缘体，比如石英、塑料等；电阻率大于导体、小于绝缘体的材料称为半导体，比如锗、硅等。

在金属导体中，银的电阻率最小，导电性能最好，但价格非常昂贵，只能用于对导电性能要求很高的特殊场合；铜和铝的电阻率也比较小，作为导体材料铜用得最多；由于铝价格便宜，产量也比铜大，在电气工程中，铝线用量更多；合金的电阻率较大，且能承受较高温度，常用于制造电阻器件和电热器具的发热体。

实际应用中，电阻的单位还有千欧、兆欧，它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧姆 (}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧姆 (}\Omega\text{)}$$

知 识 窗

绝 缘 材 料

为了安全，电工用的绝缘材料的电阻率一般在 $10^9 \Omega \cdot \text{m}$ 以上。像塑料、云母、玻璃、陶瓷、木材、纸和布等都是常用的绝缘材料。实践证明：各种金属材料温度升高时电阻将增大，但康铜和锰铜等合金的电阻则大致不受温度的影响，而比较稳定，所以常用康铜和锰铜等合金制成标准电阻。

【例 1-4】一根铜导线长 2 000m，横截面积 $S=2\text{mm}^2$ ，求铜导线的电阻大小。

解：查表可得到铜的电阻率 $\rho=1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，所以由电阻定律可知：

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1.75 \times 10^{-8} \times \frac{2000}{2 \times 10^{-6}} = 17.5 \Omega$$

1.1.5 电路与欧姆定律

1. 电路的基本概念

什么是电路？电路由哪些部件组成？通过我们日常生活中常用的手电筒来回答这两个问题，如图 1-6 所示为手电筒的电路模型。

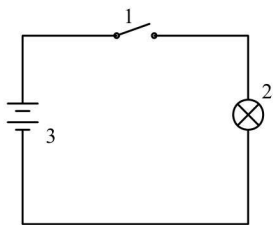


图 1-6 手电筒的电路模型

由图 1-6 可知：电路是由各种元器件按一定方式连接起来的总体，为电流的流通提供了路径。电路的基本组成包括以下几个部分。

(1) 电源：产生电能的设备。它的作用是把其他形式的能量转换为电能，并向用电设备供电。常见的电源有干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载：负载是用电设备。它的作用是将电能转换