



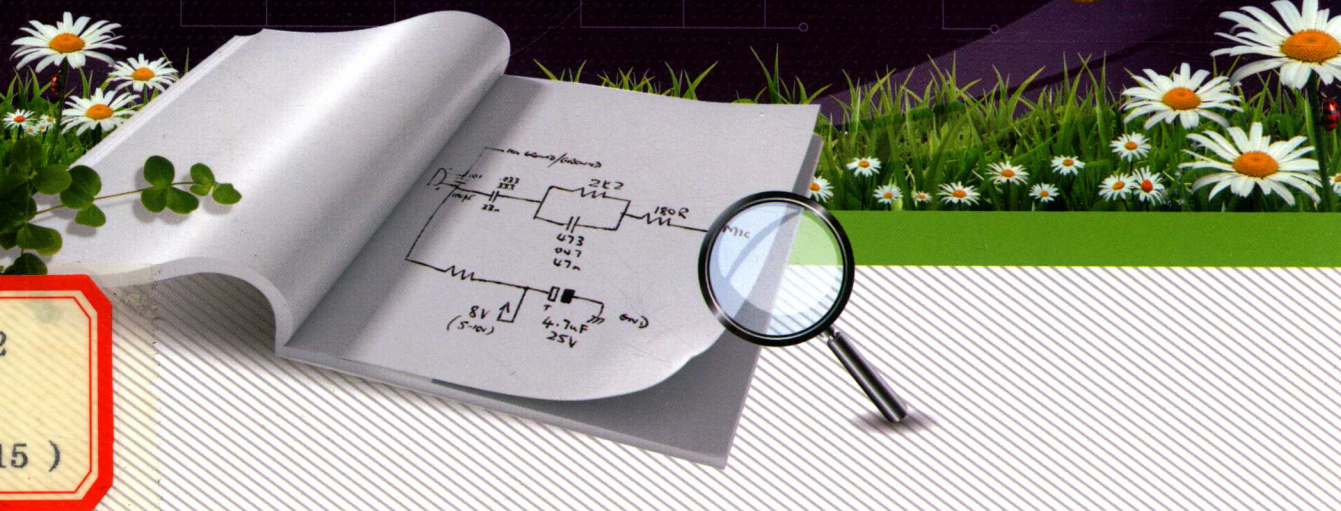
“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书

# 课课通

## 电工基础（机械类）

● 倪建红 主编 ● 高 娅 李 丽 副主编

原电路



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

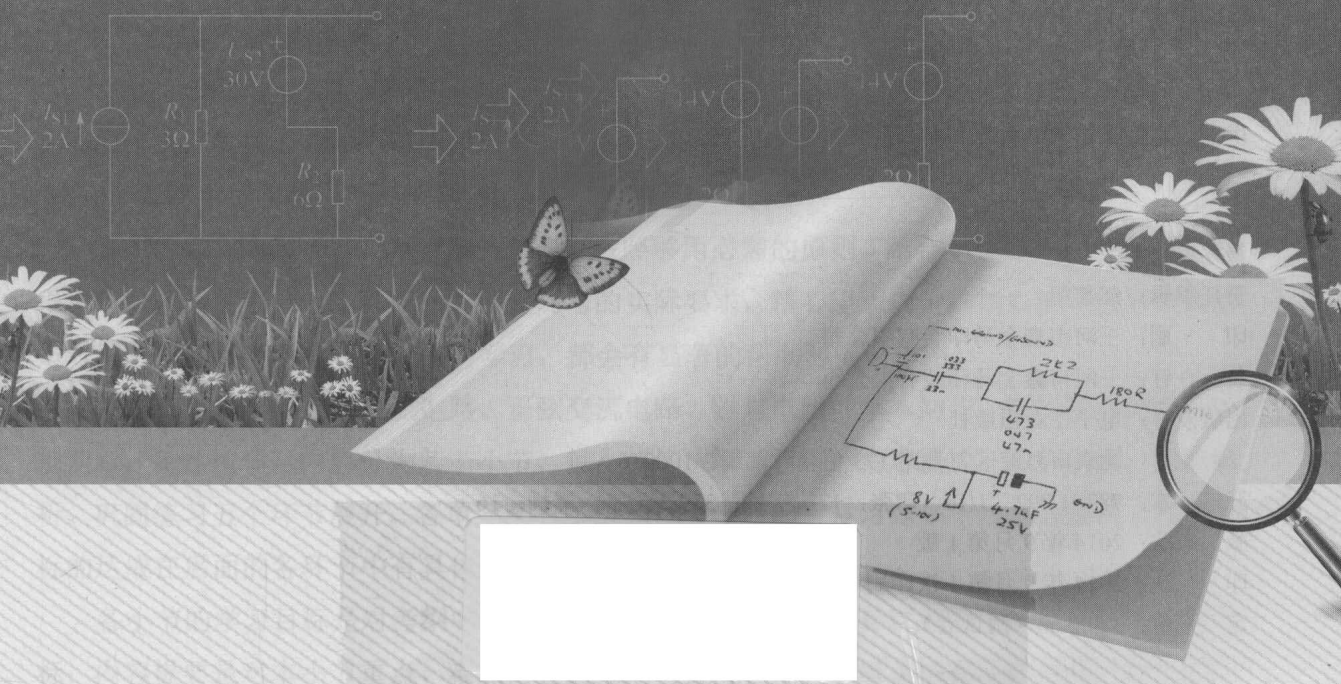


“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书

# 课课通

## 电工基础 (机械类)

● 倪建红 主编 ● 高 娅 李 丽 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是江苏省中等职业学校(三年制)机械类专业普通高校单独招生教学配套用书,是依据江苏省考试院2009年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生-机械类专业综合理论考试大纲》第五部分《电工基础》的要求编写的。

本书由直流电路、正弦交流电路、磁与电磁的基本知识、变压器与交流电动机共四章组成。每章按学习内容分为若干小节,每小节均按学习目标、内容提要、知识讲解、例题解析、巩固练习五个环节展开。各单元配有阶段测试,最后配有复习题和学科综合测试。

本书除可作为普通高校机械类对口升学系列学习指导用书外,还可作为其他职业教育机械类专业学生加强和完善电工基础理论的自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

课课通电工基础. 机械类 / 倪建红主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.9  
(“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书)

ISBN 978-7-121-24364-6

I. ①课… II. ①倪… III. ①电工技术—中等专业学校—升学参考资料 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 214459 号

策划编辑: 张 凌

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 12 字数: 339.2 千字 黑插: 16

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 37.00 元(附试卷)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

江苏省考试院 2009 年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生-机械类专业综合理论考试大纲》中明确规定,《电工基础》所占比重是 10%,可见学好《电工基础》对于学生达到机械类专业综合理论考试大纲要求的重要性。然而,在实际的对口单招教学中,由于中等职业教育的特殊性,我们很难找到能够与考纲配套,内容的完整性、知识的深浅度达到或接近考纲要求的教材与教辅资料,给教学工作带来了许多不便。

本书的编写思想基础就是要致力于解决这一问题,给广大的有志于通过对口单招进入大学深造的学子们提供学习上的便利。本书的编写特色,主要体现在以下几方面:

## 1. 依据考试大纲要求,强化单招特色

本书完全依据对口单招高考的要求,区别于一般中等职业教育的专业教材和教辅材料,突出教学对学生理论知识的要求,和学生掌握这些理论知识所必须的相关训练。

## 2. 对应考试大纲内容,形成理论体系

本书按照够用、必需的原则,对应考试大纲的要求,组织编写内容,使相关知识形成了较完整的链条,解决了目前中等职业教育相关教材知识不够系统、不够完整的问题。

## 3. 针对单招实际,便于教学实施

本书的编写人员都长期从事单招教学,按照够用必需的原则,结合单招学生的实际基础水平、单招教学过程中的实际情况和单招高考的实际要求,精心组织内容,精心编写成书,无论是对于教师的教学还是对于学生的学习,都会有显著的帮助与促进作用。

本书按考试大纲分为直流电路、正弦交流电路、磁与电磁的基本知识、变压器与交流电动机四章。每章按学习内容分为若干小节,每小节均按学习目标、内容提要、知识讲解、例题解析、巩固练习五个环节展开。各单元配有阶段测试,最后配有复习题和学科综合测试。各个目标的达成在后面的各环节中有具体的落实。

各小节的学习目标是对考纲中的相应要求的分解和细化,并有机整合了知识目标与能力目标;内容提要是对本小节重点、难点内容的归纳与提炼;知识讲解是依据学习目标,对知识的呈现与分析;例题解析是围绕重点学习目标,设置典型例题,进行具体解析,并提炼解题方法与思考要点;巩固练习、阶段测试、学科综合测试均着眼目标达成,强化能力训练,按高考题目的范式编制,并留有答题空白,附有答案。

本书由江苏省张家港中等专业学校倪建红老师主编。

在此，特别对在本书的编写过程中参考的专业资料的原作者和指导、支持、帮助本书编写的同志一并表示衷心的感谢！

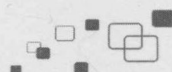
由于编者水平有限，加之时间较仓促，本书内容中难免存在不妥与疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录



|                    |    |
|--------------------|----|
| 第 1 章 直流电路         | 1  |
| 1.1 电路的基本概念        | 1  |
| 1.1.1 电路 电流        | 1  |
| 1.1.2 电阻 电位 电压 电动势 | 5  |
| 1.1.3 电功和电功率       | 11 |
| 1.2 简单直流电路         | 16 |
| 1.2.1 欧姆定律         | 16 |
| 1.2.2 电阻的串联        | 22 |
| 1.2.3 电阻的并联        | 26 |
| 1.2.4 电阻的混联        | 30 |
| 1.2.5 电路中各点电位的计算   | 36 |
| 1.3 复杂直流电路         | 40 |
| 1.3.1 基尔霍夫定律       | 40 |
| 1.3.2 电源的等效变换      | 46 |
| 1.3.3 叠加定理         | 54 |
| 1.3.4 戴维南定理        | 59 |
| 1.4 电容和电容器         | 65 |
| 1.4.1 电容器 电容       | 65 |
| 1.4.2 电容器的连接       | 69 |
| 1.4.3 电容器的充电和放电    | 73 |
| 第 2 章 正弦交流电路       | 77 |
| 2.1 正弦交流电的基本概念     | 77 |
| 2.1.1 交流电的产生       | 77 |
| 2.1.2 表征交流电的物理量    | 78 |
| 2.1.3 交流电的表示法      | 82 |
| 2.2 单相正弦交流电路       | 87 |
| 2.2.1 纯电阻电路        | 87 |
| 2.2.2 纯电感电路        | 89 |



|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 2.2.3 | 纯电容电路 .....              | 93  |
| 2.2.4 | RLC 串联电路 .....           | 97  |
| 2.2.5 | 功率因数的提高 .....            | 106 |
| 2.3   | 三相正弦交流电路 .....           | 108 |
| 2.3.1 | 三相交流电源 .....             | 108 |
| 2.3.2 | 三相负载的连接 .....            | 113 |
| 2.3.3 | 三相电路的功率 .....            | 119 |
| 2.4   | 安全用电常识 .....             | 122 |
| 2.4.1 | 触电及其危害 .....             | 122 |
| 2.4.2 | 常用安全用电措施 .....           | 124 |
| 第 3 章 | 磁与电磁的基本知识 .....          | 128 |
| 3.1   | 磁场与磁场对电流的作用 .....        | 128 |
| 3.1.1 | 电流的磁效应 .....             | 128 |
| 3.1.2 | 磁场的主要物理量 .....           | 132 |
| 3.1.3 | 磁场对通电导线的作用力 .....        | 135 |
| 3.2   | 铁磁性物质的磁化 .....           | 140 |
| 3.3   | 电磁感应 .....               | 144 |
| 3.3.1 | 电磁感应现象 .....             | 144 |
| 3.3.2 | 感应电流的方向 .....            | 148 |
| 3.3.3 | 电磁感应定律 .....             | 151 |
| 3.3.4 | 自感与电感器 .....             | 155 |
| 3.3.5 | 互感 .....                 | 159 |
| 3.3.6 | 涡流 .....                 | 163 |
| 第 4 章 | 变压器与交流电动机 .....          | 165 |
| 4.1   | 变压器的基本知识 .....           | 165 |
| 4.1.1 | 变压器的作用、分类和构造 .....       | 165 |
| 4.1.2 | 变压器的工作原理 .....           | 167 |
| 4.2   | 三相鼠笼式异步电动机 .....         | 171 |
| 4.2.1 | 三相鼠笼式异步电动机的基本结构 .....    | 171 |
| 4.2.2 | 三相鼠笼式异步电动机的工作原理与铭牌 ..... | 173 |
| 4.2.3 | 三相鼠笼式异步电动机的使用与控制常识 ..... | 179 |
| 4.3   | 单相电容式异步电动机 .....         | 184 |

# 第 1 章

# 1

## 直流电路

### 考 纲 要 求

- ✧ 了解电容器的两个主要指标、串联和并联的特点，以及电容器充放电在电路中引起的电流的性质。
- ✧ 掌握基尔霍夫第一、第二定律及复杂电路的一般解法。
- ✧ 了解戴维南定理、叠加原理、电源等效变换方法，了解求解复杂电路中某一电路电流的方法。

### 1.1 电路的基本概念

#### 1.1.1 电路 电流

##### 学习目标

1. 了解电路的组成及其作用。
2. 了解电路的三种基本状态。
3. 理解电流产生的条件和电流的概念，掌握电流的计算公式。
4. 熟练掌握电流的参考方向（正方向）和数值正负的意义。

##### 内容提要

电路是由电源、用电器、导线和开关等组成的闭合回路。其作用是实现电能的传输和转换。电路有通路、开路和短路三种可能的状态。电流是电荷的定向移动，其值  $I = \frac{q}{t}$ ，单位为安培 (A)。要使导体中有持续的电流，就必须使导体两端保持一定的电压。参考方向是假定正方向。若电流的实际方向（正电荷运动的方向）与参考方向相同，则取正，否则取负。在电路中，电流的方向用箭头表示。

## 一、电路的组成

电路是由电源、用电器、导线和开关等组成的闭合回路。图 1-1 所示是一个最简单的实际电路。

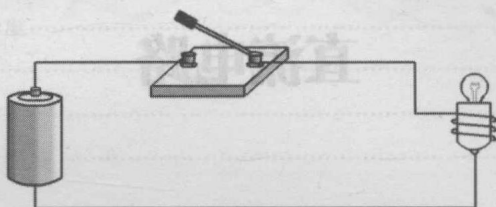


图 1-1 最简单的实际电路

电源的作用是把其他形式的能量转变成成为电能；常用的电源有电池、发电机等。图 1-2 所示是几种常见的直流电源外形。



图 1-2 几种常见的直流电源

用电器常被称为电源的负载，其作用是把电能转变成其他形式的能量。

连接电源与用电器的金属线称为导线，它把电源产生的电能输送到用电器；导线常用铜、铝等材料制成。

开关起到把用电器与电源接通或断开的作用。

## 二、电路图

在设计、安装或修理各种设备和用电器等的实际电路时，常要使用表示电路连接情况的图。这种用规定的图形和文字符号表示电路连接情况的图，称为电路图。其图形和文字符号要遵守国家标准。几种常用的标准图形符号，如图 1-3 所示。

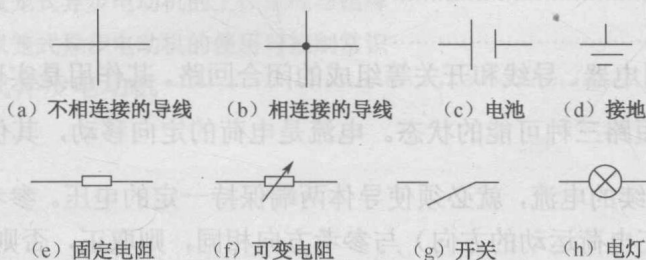


图 1-3 常用标准电路图形符号

图 1-1 所示电路转换为电路图,如图 1-4 所示。

### 三、电路的状态

电路有通路(又称闭路)、开路(又称断路)和短路(又称短接)三种可能的状态。

在图 1-4 所示电路中,当开关 S 闭合时,电路各部分连接成闭合回路,有电流通过,电源向灯泡供电。这是一种正常工作状态,称为通路。当开关 S 断开时,电路中没有电流通过,电源和灯泡均不工作,称为开路。

在图 1-5 所示电路中,当开关 S<sub>2</sub> 闭合时,电源两端被导线直接相连,这时电源输出的电流不经过负载,只经过连接导线直接流回电源,这种状态称为短路状态,简称短路。一般情况下,短路时的大电流会损坏电源和导线,应该尽量避免。所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置,以避免发生短路时出现不良后果。

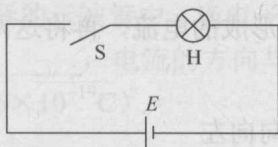


图 1-4 最简单的电路图

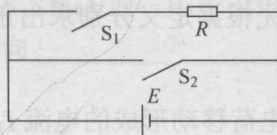


图 1-5 短路电路图

### 四、电流与电流的形成

电荷定向移动的现象称为电流。

要形成电流,首先要有能自由移动的电荷。在金属导体中的自由电荷是自由电子,在电解液中的自由电荷是正、负离子。其次是要有使自由电荷作定向运动的电场。导体中有大量的自由电荷,它们不断地做无规则热运动,朝任何方向运动的几率都一样,没有形成定向运动,因而不能形成电流。要使导体中有持续的电流,就必须设法使导体两端保持一定的电压。

### 五、电流强度

为描述电荷定向移动现象的强弱,引入电流强度(简称电流)  $I$ 。若在时间  $t$  内,通过导体横截面的电荷量为  $q$ ,则

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

在国际单位制中,电流的单位是安培(A), $1\text{A}=1\text{C/s}$ (库仑/秒)。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ )等,它们与安培的换算关系如下。

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

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

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

习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。在金属导体中电流的方向与自由电子定向移动的方向相反。为分析电路的方便,通常需要在所研究的一段电路中事先选定(即假定)电流流动的方向,称为电流的参考方向,并且标在电路图上。

电流的实际方向可根据数值的正、负来判断,当  $I > 0$  时,表明电流的实际方向与所标定的参考方向一致;当  $I < 0$  时,则表明电流的实际方向与所标定的参考方向相反,如图 1-6 所示。

电流方向不随时间变化的电流称为直流电,电流方向和大小都不随时间变化的电流称为恒



定电流；电流方向和大小均随时间作周期性变化的电流称为交流电。



图 1-6 电流的方向



## 例题解析

【例 1-1】10s 内有 20C 的正电荷由导体某一截面的右侧移至左侧，同时又有 10C 的负电荷由该截面的左侧移至右侧，求该导体中的电流大小和方向。

【要点解析】先根据定义分别求出正、负电荷移动形成的电流，再将这两个电流合成，即为导体中的电流。

【解】20C 正电荷移动形成的电流  $I_1 = \frac{20}{10} = 2\text{A}$ ，方向向左

10C 负电荷移动形成的电流  $I_2 = \frac{10}{10} = 1\text{A}$ ，方向向左

所以，导体中的电流  $I = I_1 + I_2 = 3\text{A}$ ，方向向左

【例 1-2】下列关于电流的叙述中，正确的是（ ）。

- A. 电流是电荷运动形成的
- B. 电流是有方向的，因此是矢量
- C. 在单位时间内，通过导体某一截面的电量越多，电流越大
- D. 只要将导体放进电场中，导体中就有电流

【要点解析】掌握电流的形成的条件以及影响电流大小的因素。

【解】答案为 C。



## 巩固练习

### 一、判断题

- 1. 在电路中我们标注的电流的方向就是它的实际方向。 ( )
- 2. 导体中的电流由电子流形成，故电子流的方向就是电流的实际方向。 ( )
- 3. 直流电路中，有电压的元件不一定有电流。 ( )
- 4. -5A 的电流强于 3A 的电流。 ( )

### 二、单项选择题

- 5. 下列设备中，一定是电源的为（ ）。
  - A. 冰箱              B. 发电机              C. 白炽灯              D. 蓄电池
- 6. 某电路的计算结果： $I_1 = 2\text{A}$ ， $I_2 = -3\text{A}$ ，它表明（ ）。
  - A. 电流  $I_1$  与电流  $I_2$  方向相反              B. 电流  $I_1$  大于电流  $I_2$

C. 电流  $I_2$  大于电流  $I_1$ D.  $I_2$  的实际方向与参考方向相同

7. 某电解电池, 如果在  $1\text{s}$  内共有  $5 \times 10^{18}$  个二价正离子和  $1 \times 10^{19}$  个一价负离子通过某截面, 则通过这个截面的电流强度是 ( ) A.

A. 2.4

B. 0.8

C. 3.2

D. 0

### 三、填空题

8. 向电路提供电能的设备和器件称为\_\_\_\_\_；把电能转变成其他形式的能加以利用的设备和器件称为\_\_\_\_\_；用\_\_\_\_\_将它们按一定方式连接起来, 为电流流通提供路径。

9. 电流的定义  $I = \frac{Q}{t}$ ；习惯上规定\_\_\_\_\_为电流的方向。

10. 在分析和计算电路时, 可以任意规定某一方向为电流的\_\_\_\_\_。其值为正说明\_\_\_\_\_；其值为负说明\_\_\_\_\_。

11. 在示波器的示波管中, 当电子枪射出的电流达  $5.6\mu\text{A}$  时, 电子枪每秒内发射的电子数为\_\_\_\_\_, 电流的方向与电子的运动方向\_\_\_\_\_。(已知电子带负电, 电荷量  $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ )

## 1.1.2 电阻 电位 电压 电动势

### 学习目标

1. 理解电阻的概念。
2. 熟练掌握电阻定律。
3. 理解电压、电位和电动势的概念。
4. 熟练掌握电动势、电压的参考方向（正方向）和数值正负的意义。
5. 了解电阻器。

### 内容提要

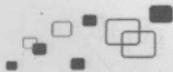
电阻是表示物体对电流阻碍作用大小的物理量, 单位是欧姆 ( $\Omega$ )。导体的电阻由它的长短、粗细、材料的性质决定, 即  $R = \rho \frac{l}{S}$ 。

电压  $U_{AB}$  等于电场力将单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功。电压的参考方向可用箭头或 “+”、“-” 号或双下标的顺序表示。电位  $V_A$  等于电场力将单位正电荷由 A 点移动到参考点所做的功。电源电动势等于非静电力把单位正电荷从电源的负极, 经过电源内部移到电源正极所做的功。某点的电位即为该点与参考点间的电压。电压与电位的关系是  $U_{AB} = V_A - V_B$ ,  $U_{AB}$  值的正、负说明了 A、B 两点电位的相对高低。电压的实际方向是电位降的方向, 电动势的实际方向是电位升的方向。电压、电位、电动势的单位都是伏特 (V)。

### 知识讲解

#### 一、电阻

物体对电荷定向移动的阻碍作用称为电阻, 即电阻是用来表示物体对电流阻碍作用大小的



物理量，用符号  $R$  表示，国际单位为欧姆 ( $\Omega$ )。经常用的电阻单位还有千欧 ( $k\Omega$ )、兆欧 ( $M\Omega$ )，它们与欧姆的换算关系如下。

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

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

导体的电阻是由它本身的物理条件决定的。实验表明：导体电阻的大小是由导体的材料性质、几何形状和温度等因素决定。对于同种材料制成的粗细均匀的导体，在导体温度不变时，导体的电阻  $R$  与导体长度  $l$  成正比，与导体的横截面积  $S$  成反比，这就是电阻定律。上述关系可表示如下。

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

式中比例系数  $\rho$  称为材料的电阻率。在国际单位制中，其单位是欧·米 ( $\Omega \cdot \text{m}$ )。 $\rho$  值与导体的几何形状无关，与导体材料的性质和温度有关。 $l$  的单位为米 ( $\text{m}$ )。 $S$  的单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )。

电阻率的大小反映了各种材料导电性能的好坏，材料的电阻率越大，其导电性能越差。通常将室温下电阻率小于  $10^{-6}\text{ }\Omega \cdot \text{m}$  的材料称为导体；将室温下电阻大于  $10^7\text{ }\Omega \cdot \text{m}$  的材料称为绝缘体；而室温下电阻率介于两者之间的材料称为半导体。表 1-1 列出了几种材料的电阻率。

表 1-1 几种材料的电阻率

| 材料名称 |     | 电阻率 $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ ) (20℃) | 电阻温度系数 $\alpha$ (1/℃)        |
|------|-----|----------------------------------------------|------------------------------|
| 导体   | 银   | $1.6 \times 10^{-8}$                         | $3.6 \times 10^{-3}$         |
|      | 铜   | $1.7 \times 10^{-8}$                         | $4.1 \times 10^{-3}$         |
|      | 铝   | $2.8 \times 10^{-8}$                         | $4.2 \times 10^{-3}$         |
|      | 钨   | $5.5 \times 10^{-8}$                         | $4.4 \times 10^{-3}$         |
|      | 镍   | $7.3 \times 10^{-8}$                         | $6.2 \times 10^{-3}$         |
|      | 铁   | $9.8 \times 10^{-8}$                         | $6.2 \times 10^{-3}$         |
|      | 锡   | $1.14 \times 10^{-7}$                        | $4.4 \times 10^{-3}$         |
|      | 铂   | $1.05 \times 10^{-7}$                        | $4.0 \times 10^{-3}$         |
|      | 锰铜  | $(4.2 \sim 4.8) \times 10^{-7}$              | $\approx 0.6 \times 10^{-5}$ |
|      | 康铜  | $(4.8 \sim 5.2) \times 10^{-7}$              | $\approx 0.5 \times 10^{-5}$ |
|      | 镍铬丝 | $(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-6}$              | $\approx 15 \times 10^{-5}$  |
|      | 铁铬铝 | $(1.3 \sim 1.4) \times 10^{-6}$              | $\approx 5 \times 10^{-5}$   |
| 半导体  | 碳   | $3.5 \times 10^{-5}$                         |                              |
|      | 锗   | 0.6                                          | $-0.5 \times 10^{-5}$        |
|      | 硅   | 2300                                         |                              |
| 绝缘体  | 塑料  | $10^{15} \sim 10^{16}$                       |                              |
|      | 陶瓷  | $10^{12} \sim 10^{13}$                       |                              |
|      | 云母  | $10^{11} \sim 10^{15}$                       |                              |
|      | 玻璃  | $10^{10} \sim 10^{14}$                       |                              |
|      | 琥珀  | $5 \times 10^{14}$                           |                              |

各种材料的电阻率都随温度而变化。一般金属的电阻率随温度的升高而增大，半导体的电阻率随温度的升高而迅速减小。

假设一电阻元件在温度  $t_1$  时的电阻值为  $R_1$ ，当温度升高到  $t_2$  时电阻值为  $R_2$ ，则该电阻在  $t_1 \sim t_2$  温度范围内的（平均）温度系数为

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

如果  $R_2 > R_1$ ，则  $\alpha > 0$ ，将  $R$  称为正温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而增大；如果  $R_2 < R_1$ ，则  $\alpha < 0$ ，将  $R$  称为负温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而减小。显然  $\alpha$  的绝对值越大，表明电阻受温度的影响也越大。

式 (1-1) 常表示为

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

表 1-1 所列的  $\alpha$  值是导体在某一温度范围内温度系数的平均值。并不是任何初始温度下，每升高  $1^\circ\text{C}$  都有相同比例的电阻值变化。上述公式只是近似的表示式。

## 二、电阻器

### 1. 电阻器的种类与符号

电阻器通常简称电阻，其种类很多，并且随着电子技术的发展，新型电阻器不断涌现。电阻器按电阻值是否可调，分为固定电阻器与可调电阻器两大类。

固定电阻器按电阻体材料及用途又分成若干种：按电阻体材料分为绕线型和非绕线型两大类，非绕线型的电阻器又分为薄膜型（如金属膜、碳膜等）和合成型两类；按用途来分有通用电阻器（又称普通电阻器）、精密电阻器、高阻电阻器、功率电阻器、高压电阻器、高频电阻器、压敏电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器等。图 1-7 所示是几种常见的电阻器外形。图 1-8 所示是几种常见的电阻器符号。

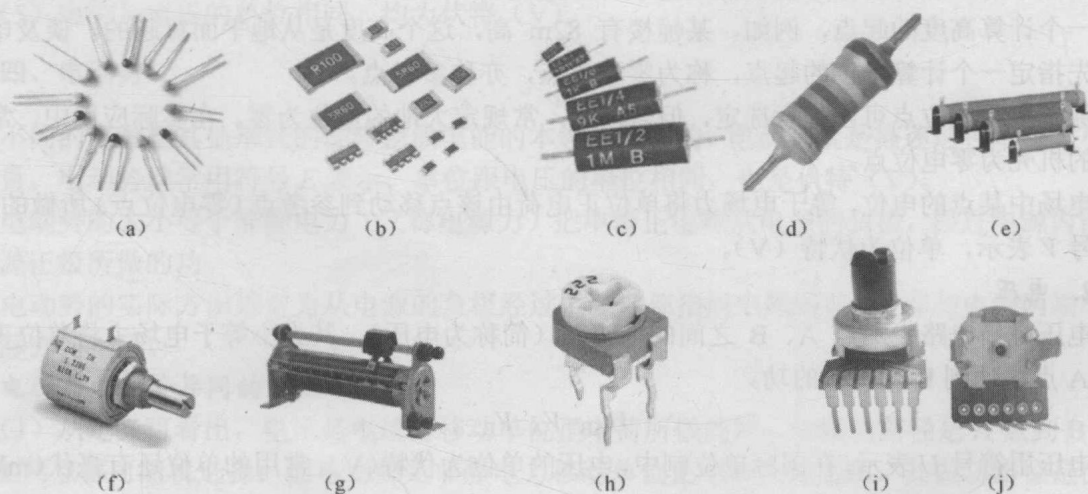


图 1-7 常见电阻器外形

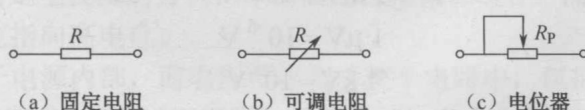
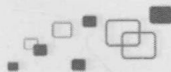


图 1-8 常见电阻器符号



2. 电阻器的标称值

电阻器的标称值是指电阻器表面所标注的重要性能参数值，主要有标称阻值、允许偏差和额定功率等。

标称阻值应符合国家标准 GB2471《电阻器标称阻值系列》的规定。目前广泛应用的电阻器标称阻值有三大系列：E6 系列、E12 系列和 E24 系列（表 1-2）。电阻器的标称阻值应为表 1-2-2 中所列数值的  $10^n$  倍，其中  $n$  为整数。以 E6 系列中的 4.7 为例，电阻器的标称阻值可以是  $0.47\Omega$ 、 $4.7\Omega$ 、 $47\Omega$ 、 $470\Omega$ 、 $4.7k\Omega$ 、 $47k\Omega$ 、 $470k\Omega$ 、 $4.7M\Omega$  等。

表 1-2 电阻器标称阻值系列

| 系 列 | 精度等级<br>(允许偏差 $\delta$ ) | 标 称 阻 值                                                                                                                |
|-----|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E24 | I 级 ( $\pm 5\%$ )        | 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 | II 级 ( $\pm 10\%$ )      | 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  | III 级 ( $\pm 20\%$ )     | 1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8                                                                                           |

允许偏差 ( $\delta$ ) 是指实际阻值和标称阻值的差值与标称阻值之比的百分数。不同的允许偏差对应不同的精度等级，E6、E12 以及 E24 系列的精度等级与允许偏差见表 1-2。

额定功率是指在正常的气候条件下，电阻器长时间连续工作所允许消耗的最大功率。选择电阻器时，额定功率一般在工作功率的两倍以上。

三、电位 电压

1. 电位

电路中每一点都有一定的电位，就如同空间的每一处都有一定的高度一样。谈及高度先要确定一个计算高度的起点，例如，某幢楼有 82m 高，这个高度是从地平面算起的。谈及电位也要先指定一个计算电位的起点，称为零电位点，亦称参考点。

原则上零电位点可以任意选定，但习惯上，常规定大地的电位为零。在实际应用中，常选设备的机壳为零电位点。

电场中某点的电位，等于电场力将单位正电荷由该点移动到参考点（零电位点）所做的功。用符号  $V$  表示，单位为伏特 (V)。

2. 电压

电压是指电路中两点 A、B 之间的电位差（简称为电压），其大小等于电场力将单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功。

$$U_{AB}=V_A-V_B$$

电压用符号  $U$  表示。在国际单位制中，电压的单位为伏特 (V)，常用的单位还有毫伏 (mV)、微伏 ( $\mu V$ )、千伏 (kV) 等，它们与 V 的换算关系如下。

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

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

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

电压的实际方向规定为从高电位（“+”极性）端指向低电位（“-”极性）端，即电位降低的方向。

电路图上所标出的电压方向为电压的参考方向。参考方向常用箭头标示的表示方法,此外,还可以用“+”、“-”号或双下标的顺序表示。如图1-9所示,若 $V_A > V_B$ ,则 $U_{AB} > 0$ ,电压的参考方向与实际方向相同;若 $V_A < V_B$ ,则 $U_{AB} < 0$ ,电压的参考方向与实际方向相反。



图1-9 电压的方向

### 3. 电位、电压异同比较

(1) 从定义可看出,电压和电位都是电场力移动单位正电荷所做的功,但做功路径的起点和终点选择有所不同。电压是A点到B点,A、B两点都可随机选择;而电位是A点到参考点,A点可随机选择,参考点往往是指定的。

(2) 电位的方向是从该点指向参考点,其值的正、负表示该点电位实际上是高于还是低于参考点电位的值。如 $V_A = 5V$ ,表示A点电位比参考点的高 $5V$ ;  $V_B = -3V$ ,表示B点电位比参考点的低 $3V$ 。电压的方向是A点指向B点,其值的正、负既表示A、B两点电位的相对高低,又表示电压的实际方向与参考方向的关系。例如, $U_{AB} = 5V$ ,表示A点电位高于B点电位 $5V$ ,且电压的实际方向与参考方向相同; $U_{AB} = -3V$ ,表示A点电位低于B点电位 $3V$ ,且电压的实际方向与参考方向相反。

(3) 同一个电路中,如选择不同的参考点,同一点的电位值会发生变化,但因为所有点电位的改变量相等,所以两点间的电压值不变。就是说,电位是相对的,其大小与参考点的选择有关;电压是绝对的,两点间电压的大小与参考点的选择无关。

(4) 电位与电压的相互关系是:任意两点间的电压等于这两点间的电位之差,某点的电位就是该点与参考点的电压。

(5) 电位与电压的单位相同,均为伏特(V)。

### 四、电动势

不同的电源把其他形式的能转换成电能的本领是不同的,电动势就是描述这种本领大小的物理量。电动势通常用符号 $E$ 表示,单位跟电压的单位相同,也是伏特(V)。

电动势的大小等于非静电力(又称电源力)把单位正电荷从电源的负极,经过电源内部移到电源正极所做的功。

电动势的实际方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极,即与电源两端电压的实际方向相反。

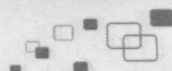
#### 电压与电动势异同的比较

(1) 从定义可看出,电压是电场力移动单位正电荷所做的功,其做功路径是A点到B点,A、B两点都可随机选择;而电动势是非静电力移动单位正电荷所做的功,其做功路径是由电源的负极经过电源内部到正极。

(2) 电压的实际方向是电位降的方向,即由高电位指向低电位;而电动势的实际方向是电位升的方向,即由低电位指向高电位。

(3) 电动势只存在于电源内部,而电压可存在于整个电路中,包括电源内部。

(4) 电动势与电压的单位相同,均为伏特(V)。



## 例题解析

【例 1-3】一台电动机的线圈由直径 1.16mm 的漆包铜线绕成，在 20℃ 时测得线圈电阻为 1.64Ω，求共用了多长的导线。

【要点解析】利用电阻定律计算。

【解】导线截面积  $S = \frac{\pi}{4} d^2 \approx 1.06 \text{mm}^2 = 1.06 \times 10^{-6} \text{m}^2$

根据表 1-1 查得铜的电阻率  $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

导线长度  $l = R \frac{S}{\rho} = 1.64 \times 1.06 \times 10^{-6} \div (1.7 \times 10^{-8}) \approx 102.26 \text{m}$

【例 1-4】一台电动机的绕组用铜导线绕制，在 26℃ 时，测得电阻为 1.25Ω；运行一段时间后，测得电阻为 1.5Ω。求此时绕组的温度。

【要点解析】利用公式  $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$  进行计算。

【解】已知  $R_1 = 1.25\Omega$ ， $R_2 = 1.5\Omega$ ， $t_1 = 26^\circ\text{C}$ ，根据表 1-1 查得  $\alpha = 4.1 \times 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$

即有  $1.5 = 1.25[1 + 4.1 \times 10^{-3}(t_2 - 26)]$

可得此时绕组的温度  $t_2 \approx 74.78^\circ\text{C}$

【例 1-5】如图 1-10 所示， $U_{BA} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。若 A 点电位  $V_A = 3\text{V}$ ，则 B 点的电位  $V_B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。电压的实际方向为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

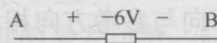


图 1-10 【例 1-5】图

【要点解析】注意电压参考方向的表示方式及实际方向与参考方向的关系、电压与电位的关系。

解：从图中可以看出

$$U_{AB} = V_A - V_B = -6\text{V}$$

所以

$$U_{BA} = V_B - V_A = -U_{AB} = -(-6) = 6\text{V}$$

若  $V_A = 3\text{V}$ ， $-6 = 3 - V_B$  则  $V_B = 9\text{V}$

又因为  $U_{AB}$  为负，所以  $U_{AB}$  的实际方向与参考方向相反，为 B 到 A。



## 巩固练习

### 一、判断题

1. 电阻率  $\rho$  的大小反映物质导电性能的好坏， $\rho$  值越大，物质的导电性能越好。 ( )
2.  $U_{ab} = -2\text{V}$ ，表示 ab 两点间电位差是 2V，电压的实际方向是 a 指向 b。 ( )
3. 电源电动势的大小由电源本身性质所决定，与外电路无关。 ( )

### 二、单项选择题

4. 一段导体电阻为 1Ω，若将其从中间对折合并成一条新导线，其阻值为 ( )。  
A.  $\frac{1}{2}\Omega$       B. 1Ω      C.  $\frac{1}{4}\Omega$       D.  $\frac{1}{8}\Omega$
5. 两根同种材料的电阻丝，长度之比为 1:7，横截面积之比为 2:1，则它们的电阻之比为 ( )。  
A. 1:14      B. 14:1      C. 2:7      D. 7:2