



“十四五”职业教育国家规划教材

# 电工技术 应用 第2版

Electrotechnical  
Application

主 编 肖义军

副主编 董艳芳 戴文 刘剑

主 审 谭立新



工学结合 **新理念**

考核评价 **新模式**

课程思政 **新案例**

技能竞赛 **新指导**



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

give as a present

**赠送电子教案**



“十四五”职业教育国家规划教材

# 电工技术应用

## 第2版

主 编 肖义军

副主编 董艳芳 戴 文 刘 剑

参 编 樊 艳 吕 志 叶元伟

主 审 谭立新

工学结合：新理念

考核评价：新模式

课程思政：新案例

技能竞赛：新指导



中南大学出版社

[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

·长沙·

---

**图书在版编目(CIP)数据**

电工技术应用 / 肖义军主编. —2 版. —长沙: 中南  
大学出版社, 2023. 8

ISBN 978-7-5487-4729-1

I. ①电… II. ①肖… III. ①电工技术—职业教育—  
教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 244921 号

---

**电工技术应用**

**DIANGONG JISHU YINGYONG**

肖义军 主编

---

责任编辑 胡小锋

责任印制 唐 曦

出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

印 装 长沙印通印刷有限公司

---

开 本 889 mm×1194 mm 1/16 印张 15.5 字数 366 千字

版 次 2023 年 8 月第 2 版 印次 2023 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-4729-1

定 价 42.00 元

---

图书出现印装问题, 请与经销商调换

## 第二版前言

为了深入贯彻党的二十大精神和全国教育大会精神，落实《国家职业教育改革实施方案》(国发[2019]4号)和《职业院校教材管理办法》(教材[2019]3号)有关要求，深化职业教育“三教”改革，使教材适应新的职业教育教学改革方向，更贴近教学的实际需要，对该教材进行了修订。

本次修订依据教育部颁布的“中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲”，并参照了有关国家职业技能标准和行业职业技能鉴定规范，也充分吸收了使用学校一线教师反馈意见和建议；同时通过二维码增加了拓展栏目，内容包括走进科学家、走进科技前沿、走进大国工匠，读者通过扫描二维码了解为我国社会主义建设作出突出贡献的科学家、大国工匠，电工技术的前沿科技，以及为世界科技进步作出重要贡献的科学家。

本书编写时努力体现以全面素质教育为基础，以就业为导向、以职业能力为本位、以学生为主体的职业教育教学理念；坚持“做中学，做中教”的职业教育教学特色，积极探索理论和实践相结合的教学模式，适应项目化教学等新型教学方法实施的需要；将电工技术的基础理论与技能知识进行归纳梳理，融合成九个典型实践项目。

根据中等职业学校学生的知识水平、认知特点以及职业技能培训要求，本书融合的9个典型实践项目，采用项目描述、知识准备、任务实现、考核评价、拓展提高和自我检测的体例结构，以项目为导向、任务为驱动，遵循“以能力培养为核心，以技能训练为主线，以理论知识为支撑”，较好地处理了理论与实践的关系，主题鲜明，重点突出，体现了“够

用、适用、管用”的思想。变知识学科本位为职业能力本位，变书本知识的传授为动手能力的培养，强化学生的实践能力，达到理实合一、交互渗透、逐渐递进的教学效果，突出了工学结合与职业素质的培养，满足了学生职业生涯发展的需要。

本书建议总学时为 142 学时，参考学时分配见下表：

内容	课时
项目 1：简单直流电路的连接与检测	18
项目 2：电源电动势和内阻的测定	12
项目 3：叠加定理的验证	14
项目 4：电容器的认识与检测	12
项目 5：变压器的认识与检测	22
项目 6：电路功率因数提高的验证	20
项目 7：室内照明线路的安装与排故	14
项目 8：三相配电箱的安装与检修	16
项目 9：安全用电和节约用电	14
合计	142

由于编者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，热诚欢迎广大读者批评指正、提出宝贵的意见和建议(QQ: 249260921)，以便进一步完善教材。

编者

2022 年 11 月

## 第一版前言

根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、国务院印发的《关于加快发展现代职业教育的决定》等文件提出的教材建设要求,《中等职业学校专业教学标准(试行)》(2014)要求职业教育科学化、标准化、规范化等,编写了《电工技术应用》一书。

本书编写力求体现以全面素质教育为基础、以就业为导向、以职业能力为本位、以学生为主体的职业教育教学理念;坚持“做中学,做中教”的职业教育教学特色,积极探索理论和实践相结合的教学模式,适应项目教学等新型教学方式实施的需要。本书在编写过程中贯彻“理论知识适度、够用”的原则,精选内容,抓住各章节的有机联系循序渐进,理论知识由浅入深,力求做到概念明确、原理清晰。

本教材编写的特色如下:

1. 以能力为主线。本书注重培养学生的实际操作技能、解决实际问题的能力,以及就业后拓展生存空间的所必备的技能。

2. 以全面发展为宗旨。本教材既注重实际的操作技能,又注重理论知识的讲解,并配有一定的例题,力求知识的系统性,使学生全面发展。

3. 以坚持创新为导向。本教材与时代同步,增加新知识、新工艺、新产品、新技能等知识。在编写体例上,采取任务驱动方式,每个任务又由任务描述、任务目标、基础知识、技能实训、拓展提高等栏目组成,并附同步练习,巩固所学知识。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正、提出宝贵的意见和建议(QQ: 249260921),以便进一步完善教材。

编者

2017年7月



# 目 录

*Contents*

<b>项目 1 简单直流电路的连接与检测</b>	<b>1</b>
1.1 项目描述	1
1.2 知识准备	2
1.2.1 库仑定律	2
1.2.2 电场和电场强度	4
1.2.3 电路、电流和电压	6
1.2.4 电源与电动势	10
1.2.5 电阻和电阻定律	12
1.2.6 部分电路欧姆定律	14
1.2.7 电能与电功率	16
1.3 任务实现	17
1.3.1 简单直流电路的设计	17
1.3.2 简单直流电路的连接	18
1.3.3 简单直流电路的检测	18
1.4 考核评价	19
1.5 拓展提高	20
1.6 自我检测	21
<b>项目 2 电源电动势和内阻的测定</b>	<b>25</b>
2.1 项目描述	25
2.2 知识准备	26
2.2.1 电阻的串联	26
2.2.2 电阻的并联	28
2.2.3 闭合电路欧姆定律	32
2.3 任务实现	34
2.3.1 测定所需器材和理论依据	34
2.3.2 测定的方法	35
2.3.3 测定实验	37
2.4 考核评价	38



2.5	拓展提高	39
2.6	自我检测	40
<b>项目3 叠加定理的验证</b>		<b>45</b>
3.1	项目描述	45
3.2	知识准备	46
3.2.1	电路中各点电位的计算	46
3.2.2	基尔霍夫定律	49
3.3	任务实现	54
3.3.1	叠加定理	54
3.3.2	电流叠加验证	56
3.3.3	电压叠加验证	57
3.4	考核评价	58
3.5	拓展提高	59
3.6	自我检测	61
<b>项目4 电容器的认识与检测</b>		<b>66</b>
4.1	项目描述	66
4.2	知识准备	67
4.2.1	电容器与电容	67
4.2.2	电容器的连接	69
4.2.3	电容器的充电与放电	74
4.3	任务实现	75
4.3.1	电容器的认识	75
4.3.2	电容器的质量检测	76
4.3.3	电容器认识与检测小比拼	77
4.4	考核评价	78
4.5	拓展提高	79
4.6	自我检测	80
<b>项目5 变压器的认识与检测</b>		<b>84</b>
5.1	项目描述	84
5.2	知识准备	85
5.2.1	电流的磁效应	85
5.2.2	磁场的主要物理量	87
5.2.3	磁场对通电导线的作用力	89
5.2.4	电磁感应现象	91
5.2.5	感应电流的方向	93
5.2.6	电磁感应定律	94

5.2.7	自感和互感	95
5.2.8	正弦交流电	98
5.3	任务实现	103
5.3.1	认识变压器	103
5.3.2	变压器的检测	106
5.4	考核评价	109
5.5	拓展提高	110
5.6	自我检测	111
<b>项目6 电路功率因数提高的验证</b>		<b>118</b>
6.1	任务描述	118
6.2	知识准备	119
6.2.1	纯电阻电路	119
6.2.2	纯电感电路	121
6.2.3	纯电容电路	124
6.2.4	电阻、电感和电容的串联电路	127
6.2.5	交流电路的功率	132
6.3	任务实现	142
6.3.1	日光灯电路组成及工作原理	142
6.3.2	日光灯电路功率因数提高的验证	143
6.4	考核评价	144
6.5	拓展提高	145
6.6	自我检测	146
<b>项目7 室内照明线路的安装与排故</b>		<b>152</b>
7.1	项目描述	152
7.2	知识准备	153
7.2.1	导线的剥削、连接与绝缘恢复	153
7.2.2	室内照明线路常用器件	159
7.2.3	室内照明线路	165
7.3	任务实现	167
7.3.1	任务内容及要求	167
7.3.2	电路图设计	167
7.3.3	列出器材清单	168
7.3.4	制作照明线路	168
7.3.5	检修照明线路	168
7.4	考核评价	169
7.5	拓展提高	170
7.6	自我检测	172

<b>项目 8</b>	<b>三相配电箱的安装与检修</b>	<b>175</b>
8.1	任务描述	175
8.2	知识准备	176
8.2.1	三相交流电源	176
8.2.2	三相负载的连接	179
8.2.3	三相电路的功率	185
8.2.4	三相配电箱元器件	187
8.3	任务实现	191
8.3.1	认识三相配电箱电路图	191
8.3.2	列出器材清单	192
8.3.3	制作三相配电箱电路	192
8.3.4	检修三相配电箱电路	192
8.4	考核评价	193
8.5	拓展提高	194
8.6	自我检测	196
<b>项目 9</b>	<b>安全用电和节约用电</b>	<b>201</b>
9.1	项目描述	201
9.2	知识准备	202
9.2.1	触电常识	202
9.2.2	触电急救	207
9.2.3	电气火灾的扑救	211
9.2.4	节约用电常识	213
9.3	任务实现	215
9.3.1	触电案例分析	215
9.3.2	触电急救模拟训练	217
9.3.3	电气火灾扑救模拟训练	217
9.3.4	安全用电、节约用电知识讲座或倡议	217
9.4	考核评价	218
9.5	拓展提高	219
9.6	自我检测	220
<b>附 录</b>		<b>223</b>
附录 1	常用电工图形符号	223
附录 2	万用表的使用	230
<b>参考文献</b>		<b>239</b>

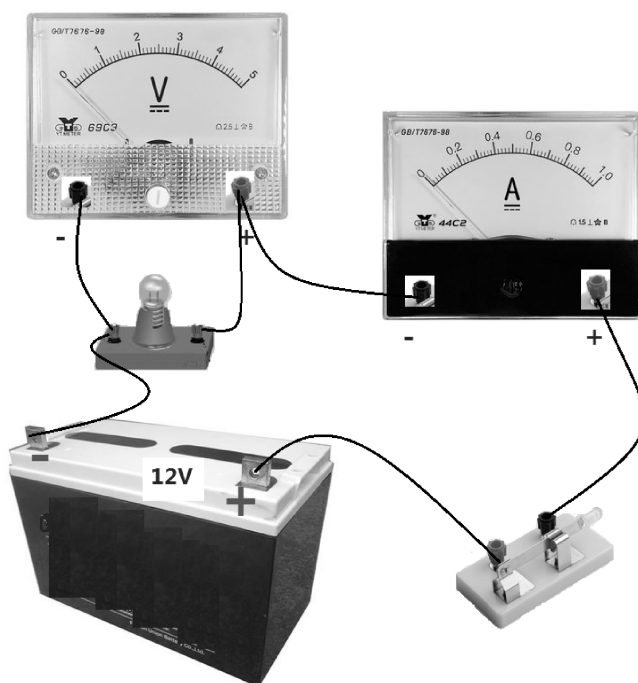
# 项目 1

## 简单直流电路的连接与检测

### 1.1 项目描述

电路是将电气设备和元器件按一定方式连接而成的整体，它是电流通过的路径，最简单的电路由电源、用电器(负载)、导线和开关组成。直流电路就是电流方向不变、电流大小可以变化的电路。本项目以简单直流电路的连接与检测为目标，重点介绍电路的组成及工作状态、电学的基本物理量及测量方法、简单直流电路的连接与检测。通过本项目的学习与实践，让读者获得以下知识和技能：

- (1)掌握库仑定律、电阻定律和部分电路欧姆定律；
- (2)理解电场、电场强度、电压、电流、电能和电功率；



- (3)掌握电路的组成和工作状态；
- (4)会使用电压表、电流表检测电路的电压和电流；
- (5)会应用库仑定律、电阻定律和部分电路欧姆定律解题；
- (6)会连接简单直流电路，并对基本物理量进行测量；
- (7)会对简单直流电路的一般故障进行排除。



走进科学家——邓稼先

## 1.2 知识准备

### 1.2.1 库仑定律

#### 任务导引

在初中物理学中我们就知道同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引，那么电荷间的这种作用力的大小跟哪些因素有关呢？1785年法国物理学家库仑通过反复实验得出了结论。

#### 一、电荷

#### 做中学、做中教



走进科学家——库仑

拿丝绸摩擦玻璃棒或毛皮摩擦橡胶棒，然后去靠近羽毛、纸屑等轻小物体，如图1-1所示，会看到什么现象？

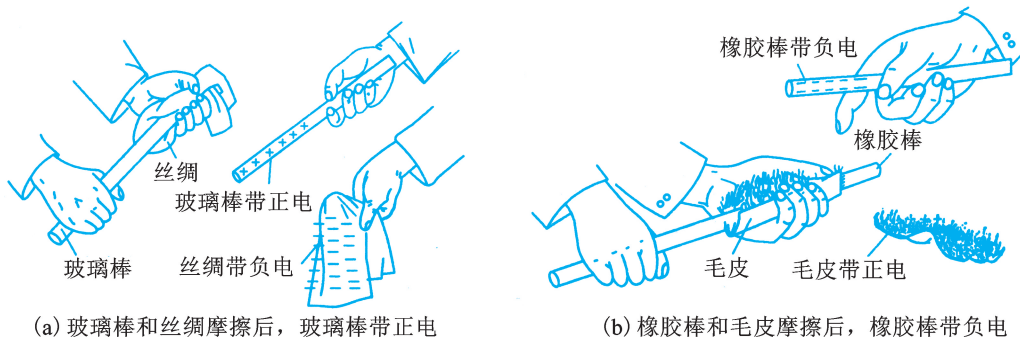


图 1-1 正电与负电

我们发现：羽毛、纸屑等轻小物体会被吸引起来。这是因为玻璃棒的一些电子转移到丝绸上，玻璃棒上带正电荷；而毛皮上的一些电子转移到橡胶棒上，橡胶棒上带负电荷；电荷具有吸引轻小物体的特性。自然界中只存在这两种电荷，并且同种电荷相互排斥，异种电荷相

互吸引。

电学上,我们把处于带电状态的物体称为带电体。带电体所带电荷的数量,叫作电荷量,也叫电量,用字母  $Q$  表示。在国际单位制中电量的单位叫库仑,简称库,用字母 C 表示。

自然界中最小的电量是电子的电量(最小的负电荷)和质子的电量(最小的正电荷),它们的电量绝对值相等。一个电子的电量为  $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 。实验证明,任何带电粒子所带的电量等于电子或质子电量的整数倍。因此把  $1.6\times 10^{-19}\text{C}$  叫作基本电荷,也称元电荷。

将带有等量异种电荷的物体接触时,由于正、负电荷的数量相等,相互抵消,因此它们对外既不显示带正电,也不显示带负电,呈电中性,这种现象叫作电荷中和。

在正常情况下,无论什么物质,所带正电荷的总数与负电荷的总数相等。正、负电荷是物体固有的,它既不能被创造,也不能被消灭。它只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一个部分转移到另一部分。这个规律叫作电荷守恒定律。

## 二、库仑定律

电荷之间的相互作用力与哪些因素有关呢?1785年法国物理学家库仑对静止的点电荷间相互作用力所遵循的规律进行了科学的实验研究,得出了著名的库仑定律:在真空中两个点电荷间的作用力的大小跟它们所带电荷量的乘积成正比,跟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。静止的点电荷之间的这种作用力叫静电力或库仑力。

只有当带电体的几何线度(直径)远远小于带电体间的距离时,带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计,这样的带电体可以看成点电荷。

对于电荷量分别为  $q_1$ 、 $q_2$  的两个点电荷,它们之间的距离为  $r$ , $F$  表示它们之间的静电力,则库仑定律可用公式表示为:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中: $F$  表示静电力,单位是牛顿(N); $k$  表示静电恒量, $k=9.0\times 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ;  $q_1$ 、 $q_2$  表示点电荷的电荷量,单位是库仑(C); $r$  表示两个点电荷间的距离,单位是米(m)。

### 注意:

(1)库仑定律只适用于计算两个点电荷间的相互作用力,非点电荷间的相互作用力,库仑定律不适用。

(2)应用库仑定律计算时,不用把表示正、负电荷的“+”“-”符号代入公式中,其结果可根据电荷的正、负确定作用力为引力或斥力以及作用力的方向。

**【例 1-1】**真空中有两个点电荷,电荷量分别是  $+2\times 10^{-8}\text{C}$  和  $-4\times 10^{-8}\text{C}$ ,它们之间相距 10 cm,电荷间的相互作用力是多大?是引力还是斥力?

**解:**由库仑定律可得:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}=9.0\times 10^9\times\frac{2\times 10^{-8}\times 4\times 10^{-8}}{0.1^2}\text{N}=7.2\times 10^{-4}\text{N}$$

因为两个点电荷带的是异种电荷,所以其相互作用力是引力。

## 1.2.2 电场和电场强度

### ● 任务导引

从库仑定律我们已经知道，真空中的点电荷之间存在着作用力，那么，这种相互作用力是通过什么发生的呢？电学上又是如何描述的呢？

### 一、电场和电场强度

#### ● 做中学、做中教

将小金属箔球、金属悬线(铜线)、金属杆、铁架台、导线和范式起电机按图 1-2 所示连接，启动起电机，观察小金属箔球如何运动。用绝缘棒移动悬挂点的位置，观察小金属箔球偏角有何不同。

我们发现：启动起电机后，两个小金属箔球向左右两侧偏离。用绝缘棒移动悬挂点的位置，小金属箔球偏转的角度不同，离场源越近偏角越大，离场源越远偏角越小。

为什么会出上述情况呢？是因为启动起电机后，场源和小金属箔球带同种电荷，场源周围形成一种特殊的物质，那就是电场，对任何处在其中的电荷或带电体都有力的作用，即电场力，按照同种电荷相互排斥，因此出现了小金属箔球向左右两侧偏离的现象。又为什么悬挂点的位置不同偏角不同呢？是因为离场源距离不同的地方电场强度不同；离场源越近电场强度越大，离场源越远电场强度越小，因此出现了不同偏角。

电场是客观存在的一种特殊的物质，只要有电荷存在，电荷周围就有电场，电场的性质可以用检验电荷来研究。检验电荷是带正电的电荷，它的电荷量充分小，放入电场之后，不致影响原来要研究的电场；它的体积也充分小，便于用来研究电场中各点的情况。如图 1-3 所示，把检验电荷  $q$  放在电荷  $Q$  产生的电场中，检验电荷  $q$  在电场中的不同点受到的电场力的大小一般是不同的，这表示各点的电场强弱不同。检验电荷  $q$  在距  $Q$  较近的  $A$  点，受到的电场力大，表示这点的电场强；检验电荷  $q$  在距  $Q$  较远的  $B$  点，受到的电场力小，表示这点的电场弱。

因为不同的检验电荷  $q$  在电场的同一点所受的电场力是不同

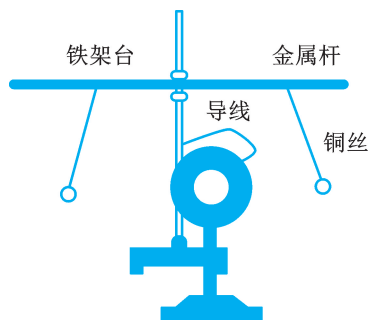


图 1-2 电场、电场强度实验

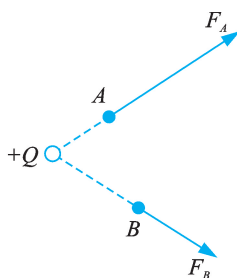


图 1-3 点电荷产生的电场

的,所以我们不能直接用电场力的大小表示电场的强弱。实验表明,在电场中的同一点,比值  $F/q$  是恒定的;在电场中的不同点,比值  $F/q$  一般是不同的。这个比值由检验电荷  $q$  在电场中的位置所决定,与检验电荷  $q$  无关,是反映电场性质的物理量,用来表示电场的强弱。

检验电荷在电场中某一点所受电场力  $F$  与检验电荷电荷量  $q$  的比值,叫作该点的电场强度,简称场强。用公式表示为:

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-2)$$

式中:  $E$  表示电场强度,单位是牛顿每库仑,符号为  $\text{N/C}$ ;  $F$  表示电场力,单位是牛顿,符号为  $\text{N}$ ;  $q$  表示检验电荷的电荷量,单位是库仑,符号为  $\text{C}$ 。

电场强度是矢量,既有大小又有方向。电学中规定,电场中某点的场强方向,就是正电荷在该点所受电场力的方向。

**【例 1-2】** 在电场中的某点放入电荷量为  $6 \times 10^{-9} \text{C}$  的点电荷,受到的电场力为  $3 \times 10^{-5} \text{N}$ 。该点的电场强度是多大?如果改用电荷量为  $8 \times 10^{-9} \text{C}$  的点电荷,该点的电场强度又是多大?点电荷所受的电场力变为多少?

**解:** 由电场强度公式可得:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{3 \times 10^{-5} \text{ N}}{6 \times 10^{-9} \text{ C}} = 5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

因为电场中某点的电场强度与检验电荷无关,所以该点的电场强度不变,仍为  $5000 \text{ N/C}$ 。点电荷所受的电场力:

$$F' = Eq' = 5 \times 10^3 \text{ N/C} \times 8 \times 10^{-9} \text{ C} = 4 \times 10^{-5} \text{ N}$$

## 二、电力线

### ● 做中学、做中教

电场是无形的,但我们却可间接地窥视它的模样,使它现出原形。我们来做个实验:把奎宁晶粒或石棉屑等漂浮在凡士林油或蓖麻油这类黏滞物质的表面上,再放入电场。我们发现那些本来杂乱无章的小东西好似听到严厉的命令,都一个个按某一和谐的图案排起队来了。如图 1-4 所示的图案就是电场“艺人”的作品。其中的一条条细枝代表了电场力作用的线,我们把它叫作电力线。

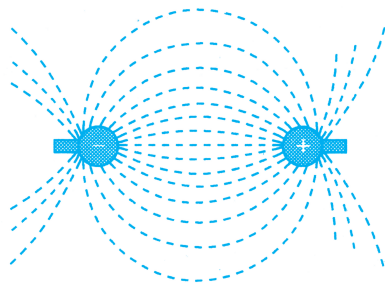


图 1-4 用实验模拟的电力线



**注意：**电力线的形状虽然可以用实验模拟，但电力线并不是电场里实际存在的线，而是形象地描绘电场假想的曲线。

几种常见的电力线如图 1-5 所示，从中可以看出电力线的特征如下：

- (1) 电力线总是起始于正电荷(或无穷远)终止于负电荷(或无穷远)，它不是闭合曲线。
- (2) 电力线可以大致表示电场强弱。电力线越密，电场越强；电力线越稀，电场越弱。
- (3) 任何两条电力线都不会相交。

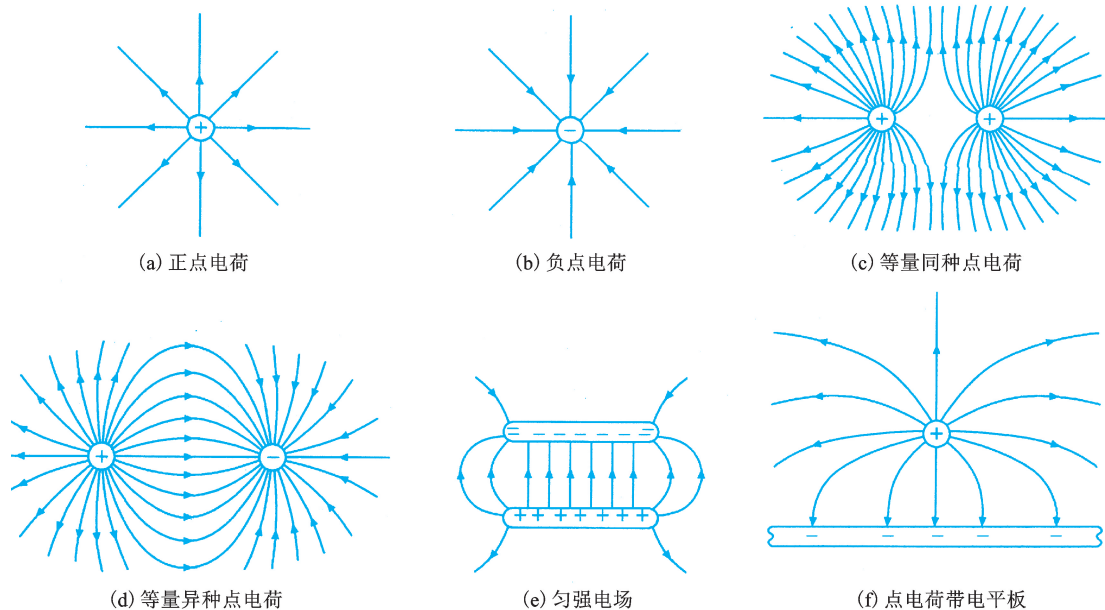


图 1-5 几种常见的电力线

### 1.2.3 电路、电流和电压

#### ● 任务导引

打开手电筒开关，小灯泡点亮；关闭手电筒开关，小灯泡熄灭。手电筒的电路是怎样的呢？小灯泡为什么会亮呢？

#### 一、电路

#### ● 做中学、做中教

将干电池、导线、开关和小灯泡按图 1-6 所示连接起来，拨动开关，观察小灯泡亮、灭情况。

### 1. 电路的组成

电路是将电气设备和元器件按一定方式连接而成的整体,它是电流通过的路径,最简单的电路由电源、用电器(负载)、导线和开关等组成。手电筒照明电路如图 1-6 所示。

(1)电源:向电路提供能量的设备。它能把其他形式的能量转换成电能,常见的电源有干电池、蓄电池、光电池等。

(2)用电器:即负载,它是各种用电设备的总称。其作用是将电能转换成其他形式的能,如电灯、电动机、电加热器等。

(3)导线:把电源和负载接成闭合回路,输送和分配电能。一般常用的导线是铜线和铝线。

(4)开关:开关起到把用电器与电源接通或断开的作用。

### 2. 电路的状态

电路的状态有通路、开路和短路三种。

#### (1)通路(闭路)

通路又叫闭路,是电路各部分连接成闭合回路。此时开关闭合,电路中有电流通过,负载能正常工作。正常发光的灯泡、转动的电动机,都处于通路状态。

#### (2)开路(断路)

开路又叫断路,是电路某处或开关处于断开状态,电源与用电器没有形成闭合回路。电路中没有电流通过。开关处于断开状态时,电路开路是正常状态;但当开关处于闭合状态时,电路仍然开路,就属于故障状态了,需要进行检修。

#### (3)短路(捷路)

当电源两端或电路中某些部分被导线直接相连,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,又叫捷路。

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。但有些时候,例如:在调试电子设备的过程中,将电路某一部分短路,这是为了使与调试过程无关的部分没有电流通过而采取的一种方法。

### 3. 电路图

用规定的图形符号表示电路连接情况的图,称为电路图。图 1-7 为手电筒电路图。电路图是用来说明电气设备之间连接方式的图。任何电路都可以用电路图表示。

电路图中部分常用图形符号见表 1-1。

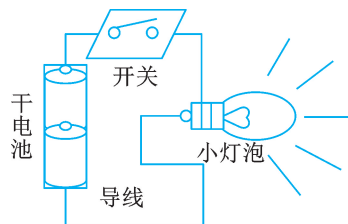


图 1-6 手电筒照明电路

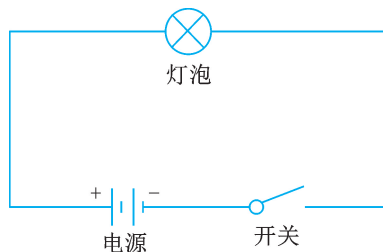


图 1-7 手电筒电路图

表 1-1 电路图中部分常用图形符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

## 二、电流

### 1. 电流的形成和大小

在手电筒电路中，闭合开关小灯泡为什么会发光呢？那是因为开关闭合后有电流流过灯泡。

电荷的定向运动形成电流。金属导体中的自由电子在电场力作用下的定向运动，电解液中的正、负离子在电场力作用下向着相反方向的运动等都叫电流。电流的流动如同水在水管中流动一样，有多有少。

电流的大小等于通过导体横截面的电荷量与通过这些电荷量所用的时间的比值。用公式表示为

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-3)$$

式中： $I$ 表示电流，单位是安培，符号为A； $q$ 表示通过导体横截面的电荷量，单位是库仑，符号为C； $t$ 表示通过电荷量所用的时间，单位是秒，符号为s。

在国际单位制中，电流的基本单位是安[培]，符号为A，如果在1s内通过导体横截面的电荷量为1C，则导体中的电流为1A。常用的电流单位还有毫安(mA)、微安( $\mu$ A)，它们之间的换算关系为：

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

### 2. 电流的方向

规定正电荷定向运动的方向为电流方向。在金属导体中，电流的方向与自由电子运动方向相反，在电解液中电流的方向与正离子移动的方向相同，与负离子移动的方向相反。

但在进行电路分析计算时，电流的实际方向有时难以确定，这时可任意假定一个电流方向，在电路图中用箭头表示，称为电流的参考方向，当电流的实际方向与参考方向一致时，则电流为正值；反之，当电流的实际方向与参考方向相反时，则电流为负值。



走进科学家——安培

电流虽然既有大小又有方向,但它只是一个标量,电流方向只表明电荷的定向移动方向。方向不随时间变化的电流叫直流电流。大小和方向都不随时间变化的电流叫稳恒电流,如图 1-8(a)所示。大小随时间变化,但方向不随时间变化的电流叫脉动电流,如图 1-8(b)所示。直流电的文字符号用字母“DC”表示,图形符号用“—”表示。在实际应用中,若不特别强调,一般所说的直流电流是指稳恒电流。如果电流的大小和方向都随时间周期性变化,这样的电流叫交流电流,如图 1-8(c)所示。交流电的文字符号用字母“AC”表示,图形符号用“~”表示。

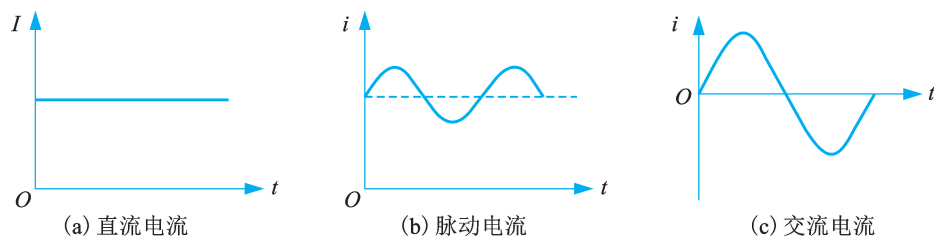


图 1-8 直流电流、脉动电流和交流电流

**【例 1-3】** 某导体在 0.5 min 的时间内通过导体横截面的电荷量是 120 C,求导体中的电流。

**解:** 由电流公式可得

$$I = \frac{q}{t} = \frac{120 \text{ C}}{0.5 \times 60 \text{ s}} = 4 \text{ A}$$

### 三、电压

在手电筒电路中,闭合开关小灯泡发光是因为有电流流过灯泡,此时灯泡两端有电压。

俗话说:“水往低处流。”水总是从水位高的地方流向水位低的地方。如图 1-9 所示,如果高处的水槽 A 装满了水,水流自然流向了低处的水槽 B。在这个过程中,水会做功。

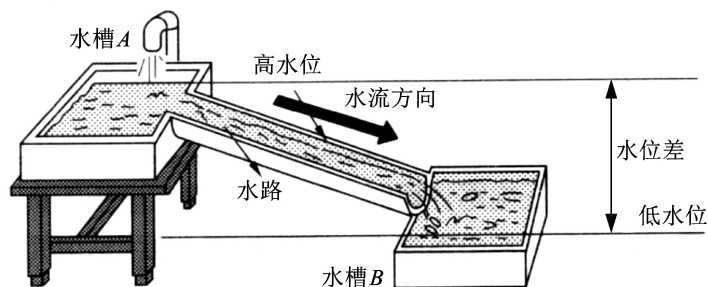


图 1-9 水往低处流

电与水类似,如图 1-10 所示,如果带正电体 A 和带负电体 B 之间存在一定的电位差(电

压), 只要用导线连接带电体  $A$ 、 $B$ , 就会有电流流动, 电流也会做功, 即电荷在电场中受到电场力的作用而做功。电压就是衡量电场力做功能力大小的物理量。

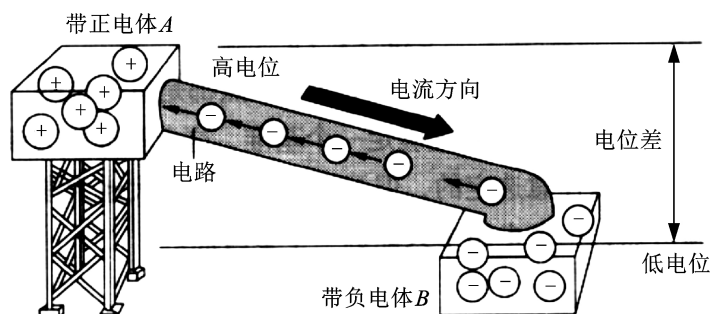


图 1-10 电流从高电位流向低电位

$A$ 、 $B$  两点间的电压  $U_{AB}$  在数值上等于电场力把电荷由  $A$  点移到  $B$  点所做的功  $W_{AB}$  与被移动电荷的电荷量  $q$  的比值。用公式表示为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1-4)$$

式中:  $q$  表示由  $A$  点移到  $B$  点的电荷量, 单位是库[仑], 符号为 C;  $W_{AB}$  表示电场力将  $q$  由  $A$  移到  $B$  所做的功, 单位是焦[耳], 符号为 J;  $U_{AB}$  表示  $A$ 、 $B$  两点间的电压, 单位是伏[特], 符号为 V。

在国际单位制中, 电压的单位是伏特, 简称伏, 符号是 V。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV), 它们之间的换算关系为:

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

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

## 1.2.4 电源与电动势

### ● 任务导引

发生闪电时, 强大的电流在天空中产生耀眼的闪光, 但它只能存在极短的时间。而手电筒中的电池却可以让小灯泡持续发光, 这是为什么呢?

### 一、电源

图 1-11 为一个闭合的水路, 水槽  $B$  处的水由水泵从低处送到高处的水槽  $A$ , 再由水槽  $A$  从高处流向低处的水槽  $B$ 。在这个水路中, 如果水泵不工作, 水路中就没有水流, 也就是说水泵是这个水路的水源。

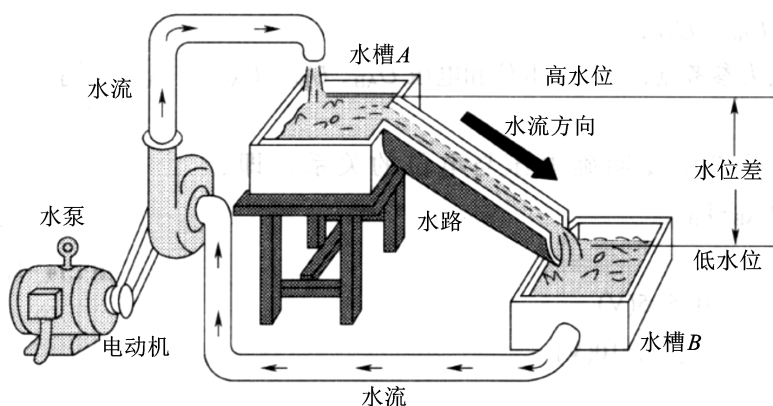


图 1-11 闭合水路示意图

电路也类似，图 1-12 为一个闭合的电路。当正电荷由干电池正极  $A$  经外电路移到负极  $B$  时，与负极  $B$  上的负电荷中和，使  $A$ 、 $B$  两极板上聚集的正、负电荷数减少，两极板间电压随之减小，电流随之减小，直至正、负电荷完全中和，电流中断。为保证电路中有持续不断的电流，就需要干电池把正电荷从负极  $B$  源源不断地移到正极  $A$ ，保证  $A$ 、 $B$  两极间电压不变，电路中才能有持续不断的电流，干电池是这个电路的电源。

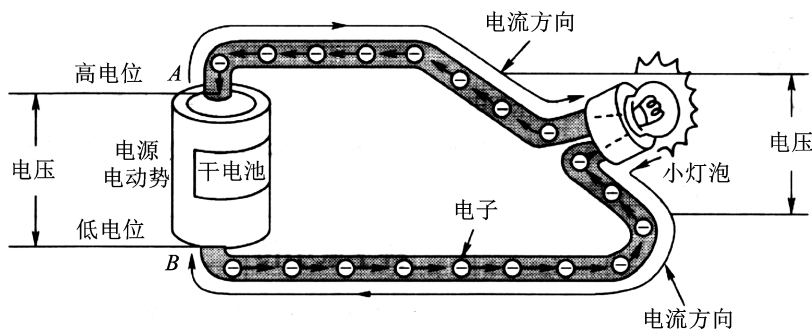


图 1-12 闭合电路示意图

电源是把其他形式的能转换成电能的装置，电源种类很多，如干电池、蓄电池、发电机、光电池等。

在电路中，电源以外的部分叫外电路，电源以内的部分叫内电路，如图 1-13 所示。电源的作用就是把正电荷由低电位的负极经内电路送到高电位的正极，内电路和外电路连接成闭合电路，这样外电路中就有了电流。

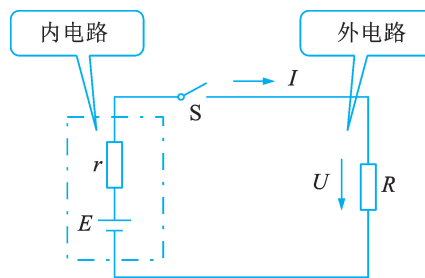


图 1-13 外电路与内电路

## 二、电动势

在外电路中，电场力把正电荷由高电位经过负载移动到低电位。那么，在内电路中，也必定有一种力能够不断地把正电荷从低电位移到高电位，这种力叫作电源力。

因此，在电源内部，电源力不断地把正电荷从低电位移到高电位。在这个过程中，电源力

要反抗电场力做功,这个做功过程就是电源将其他形式的能转换成电能的过程。对于不同的电源,电源力做功的性质和大小不同,衡量电源力做功能力大小的物理量叫作电源电动势。

在电源内部,电源力把正电荷从低电位(负极)移到高电位(正极),反抗电场力所做的功  $W$  与被移动电荷的电荷量  $q$  的比,叫作电源的电动势  $E$ 。用公式表示为

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-5)$$

式中:  $W$  表示电源力移动正电荷做的功,单位是焦[耳],符号为 J;  $q$  表示电源力移动的电荷量,单位是库[仑],符号为 C;  $E$  表示电源电动势,单位是伏[特],符号为 V。

电源内部电源力由负极指向正极,因此电源电动势的方向规定为由电源的负极(低电位)指向正极(高电位)。

特别应当指出的是电动势与电压是两个物理意义不同的物理量。电动势存在于电源内部,是衡量电源力做功本领的物理量;电压存在于电源的内、外部,是衡量电场力做功本领的物理量:电动势的方向从负极指向正极;电压的方向是从正极指向负极。

## 1.2.5 电阻和电阻定律

### 任务导引

观察滑动变阻器的结构(如图 1-14 所示),滑动变阻器是通过改变电路中电阻丝的长度来改变电阻值的器件,那么决定导体电阻值的因素还有哪些呢?

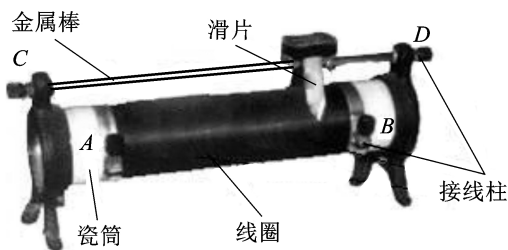


图 1-14 滑动变阻器

### 一、物质的分类

根据物质导电能力的强弱,一般可分为导体、绝缘体和半导体。

导体的原子核对外层电子吸引力很小,电子较容易挣脱原子核的束缚,形成大量自由电子。一切导体都能导电,如银、铜、铝等是电的良导体。

绝缘体的原子核对外层电子有较大的吸引力,电子很难挣脱原子核的束缚而形成自由电子。绝缘体不能导电,如玻璃、胶木、陶瓷、云母等。

半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间,如硅、锗等。

## 二、电阻

导体中的自由电子在电场力的作用下定向运动，形成电流。做定向运动的自由电子，要与在平衡位置附近不断振动的原子发生碰撞，阻碍自由电子的定向运动。这种阻碍作用使自由电子定向运动的平均速度降低，自由电子的一部分动能转换成分子热运动热能。导体对电流的阻碍作用叫电阻，用字母  $R$  表示。任何物体都有电阻，当有电流流过时，都要消耗一定的能量。

## 三、电阻定律

### 做中学、做中教



走进科学家——欧姆

用万用表电阻挡对粗细相同、长度不同的两根镍铬丝的电阻进行测量，观察测量结果与长度的关系。用万用表电阻挡对长度相同、粗细不同的两根镍铬丝的电阻进行测量，观察测量结果与粗细的关系。用万用表电阻挡分别对长度相同、粗细相同的锰铜丝和镍铬丝的电阻进行测量，观察测量结果有何不同。

通过测量，我们发现：粗细相同、长度相对较长的镍铬丝的电阻大；长度相等、粗细相对较细的镍铬丝的电阻大；长度相同、粗细相同的锰铜丝电阻比镍铬丝电阻小。

结论：导体电阻的大小不仅和导体的材料有关，还和导体的尺寸有关。在温度不变时，一定材料制成的导体的电阻跟它的长度成正比，跟它的截面积成反比，这个规律叫作电阻定律。用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-6)$$

式中： $\rho$  表示电阻率，其值由电阻材料的性质决定，单位是欧[姆]米，符号为  $\Omega \cdot \text{m}$ ，可查表 1-2； $L$  表示导体的长度，单位是米，符号为  $\text{m}$ ； $S$  表示导体的截面积，单位是平方米，符号为  $\text{m}^2$ ； $R$  表示导体的电阻，单位是欧[姆]，符号为  $\Omega$ ；

在国际单位制中，电阻的常用单位还有千欧( $\text{k}\Omega$ )和兆欧( $\text{M}\Omega$ )，它们之间的换算关系是

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

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

几种常用材料在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻率见表 1-2。

表 1-2  $20^\circ\text{C}$  时材料的电阻率

用途	材料名	$\rho/(\Omega \cdot \text{m})$
导电材料	银	$1.65 \times 10^{-8}$
	铜	$1.75 \times 10^{-8}$
	铝	$2.83 \times 10^{-8}$
	低碳钢	$1.30 \times 10^{-7}$



续表1-2

用途	材料名	$\rho/(\Omega \cdot \text{m})$
电阻材料	铂	$1.06 \times 10^{-7}$
	钨	$5.3 \times 10^{-8}$
	锰铜	$4.4 \times 10^{-7}$
	康铜	$5.0 \times 10^{-7}$
	镍铬铁	$1.0 \times 10^{-6}$
	碳	$1.0 \times 10^{-6}$

导体的电阻不仅和材料性质、尺寸有关，还和温度有关。对金属导体而言，温度升高使分子的热运动加剧，而自由电子数几乎不随温度变化，电荷运动时碰撞次数增多，受到的阻碍作用加大，导体的电阻增加。有些半导体和电解液，温度升高自由电荷数目增加所起的作用超过分子热运动加剧所起的阻碍作用，电阻减小。在一般情况下，电阻随温度的变化不大，其影响可不用考虑。

**【例 1-4】** 一根铜导线长  $L=2000 \text{ m}$ ，截面积  $S=2 \text{ mm}^2$ ，导线的电阻是多少？

**解：**查表可知铜的电阻率  $\rho = 1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，由电阻定律可求得

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

**【例 1-5】** 有一根阻值为  $1 \Omega$  的电阻丝，将它均匀拉长为原来的 2 倍，拉长后电阻丝的阻值为多少？

**解：**设电阻丝长  $L$ ，截面积  $S$ ，则它的体积  $V=SL$ 。

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1 \Omega$$

在均匀拉长过程中，体积  $V$  一定，长度变为  $2L$  后，截面积就为  $0.5S$ 。

$$R' = \rho \frac{2L}{0.5S} = 4\rho \frac{L}{S} = 4 \Omega$$

## 1.2.6 部分电路欧姆定律

### ● 任务导引

在手电筒电路中，闭合开关，小灯泡两端加上了电压，小灯泡中才有持续的电流，那么，所加的电压与灯泡的电流又有什么关系呢？

## 一、欧姆定律

### ● 做中学、做中教

将学生电源、开关、电压表、电流表、电阻器按图 1-15 所示连接电路, 闭合开关, 调节学生电源至不同挡位, 观察电压表与电流表读数, 做好记录, 分析电压表、电流表读数与电阻值的关系。

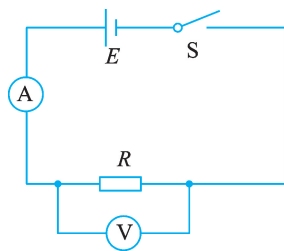


图 1-15 部分电路欧姆定律实验

表 1-3 图 1-15 实验电路电压表、电流表读数记录表

学生电源电压	电压表读数(V)	电流表读数(A)	电压/电流( $\Omega$ )
3 V			
6 V			
9 V			
12 V			

观察上述数据可以发现: 电路中的电流  $I$  与电阻两端的电压  $U$  成正比, 与电阻  $R$  成反比, 这就是部分电路的欧姆定律。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

式中:  $I$  表示电流, 单位为 A;  $U$  表示电压, 单位为 V;  $R$  表示电阻, 单位为  $\Omega$ 。

**【例 1-6】** 某段电路的电压是一定的, 当接上  $10 \Omega$  的电阻时, 电路中产生的电流是  $1.5 \text{ A}$ ; 若用  $25 \Omega$  的电阻代替  $10 \Omega$  的电阻, 电路中的电流为多少?

**解:** 电路中电阻为  $10 \Omega$  时, 由欧姆定律得

$$U = IR = 1.5 \times 10 \text{ V} = 15 \text{ V}$$

用  $25 \Omega$  的电阻代替  $10 \Omega$  的电阻, 电路中电流  $I'$  为

$$I' = \frac{U}{R'} = \frac{15}{25} \text{ A} = 0.6 \text{ A}$$

## 二、伏安特性曲线

如果以电压为横坐标, 电流为纵坐标, 可画出电阻的  $U-I$  关系曲线, 称为电阻元件的伏安特性曲线, 如图 1-16 所示。

电阻元件的伏安特性曲线是过原点的直线时, 称为线性电阻。即此电阻元件的电阻值可以认为是不变的常数, 直线斜率的倒数表示该元件的电阻值。如果不是直线, 则称为非线性电阻。通常所说的电阻都是线性电阻。

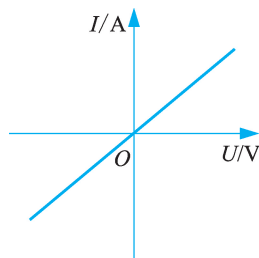
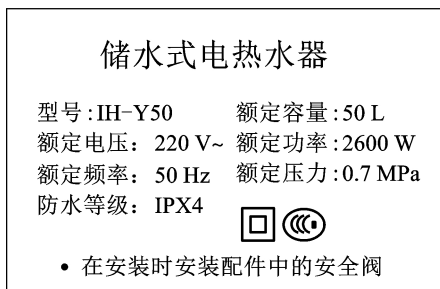


图 1-16 电阻伏安特性曲线

## 1.2.7 电能与电功率

### ● 任务导引

图 1-17(a) 所示为某电热水器铭牌，铭牌上标注的额定功率 2600 W 的含义是什么？图 1-17(b) 单相电度表面板上的 kW·h 含义是什么？每个月的电费是怎样计算出来的？



(a) 某电热水器铭牌



(b) 单相电度表外形图

图 1-17 家用电器铭牌、单相电度表外形图

### 一、电能

电流能使电灯发光、发动机转动、电炉发热……这些都是电流做功的表现。在电场力作用下，电荷定向运动形成的电流所做的功称为电能。电流做功的过程就是将电能转换成其他形式的能的过程。

如果加在导体两端的电压为  $U$ ，在时间  $t$  内通过导体横截面的电荷量为  $q$ ，导体中电流  $I = \frac{q}{t}$ ，根据电压的定义式

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

可知电流所做的功，即电能为

$$W = Uq = UIt \quad (1-8)$$

式中： $U$  表示加在导体两端的电压，单位是伏[特]，符号为 V； $I$  表示导体中的电流，单位是安[培]，符号为 A； $t$  表示通电时间，单位是秒，符号为 s； $W$  表示电能，单位是焦[耳]，符号为 J。

在日常生产、生活中常以 kW·h(千瓦时，俗称度)作为电能的单位， $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

对于纯电阻电路， $U = IR$ ， $I = \frac{U}{R}$ 。代入式(1-8)得到

$$W = \frac{U^2}{R}t = I^2Rt \quad (1-9)$$

## 二、电功率

为描述电流做功的快慢程度,引入电功率这个物理量。电流在单位时间内所做的功叫作电功率。如果在时间  $t$  内,电流通过导体所做的功为  $W$ ,那么电功率为

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-10)$$

式中: $t$  表示完成这些功所用的时间,单位是秒,符号为 s;  $W$  表示电能,单位是焦[耳],符号为 J;  $P$  表示电功率,单位是瓦[特],符号为 W。

电功率的公式还可以写成

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2R \quad (1-11)$$

## 1.3 任务实现

### 1.3.1 简单直流电路的设计

小明手中有个 12 V 电源,想自己动手制作一简单直流照明电路,要求闭合开关灯泡发光,断开开关灯泡熄灭,并且用电压表监控灯泡两端电压,用电流表监控灯泡中电流。请帮他设计电路,在下面画出电路图,并列所需器材清单。

#### 1. 电路图

#### 2. 所需器材清单

### 1.3.2 简单直流电路的连接

请根据设计的电路图，从图 1-18 所示器材中选择合适器件进行连接。



图 1-18 简单直流电路实物图

### 1.3.3 简单直流电路的检测

#### 1. 参数测量与分析

连接电路，闭合开关，在灯泡亮的情况下，记录电压表和电流表的读数，并分析计算电压读数、电流读数与灯泡额定功率之间的关系。

#### 2. 故障排除

- (1) 闭合开关，电压表指针反向偏转，请分析原因。
- (2) 闭合开关，电流表指针反向偏转，请分析原因。
- (3) 闭合开关，电压表有偏转，电流表无偏转且灯泡不亮，请分析原因。
- (4) 闭合或断开开关，灯泡均亮，请分析原因。

## 1.4 考核评价

简单直流电路的连接与检测考核评价标准见表 1-4。

表 1-4 简单直流电路的连接与检测考核评价标准

考核项目	评分点	分值	评分标准	得分
简单直流电路的连接与检测	元器件的识别	5	能正确识别电源、负载、开关、电流表、电压表等器件, 否则视情况扣 1~5 分	
	电路图的绘制	10	能绘制简单直流电路图, 符号正确, 记满分, 否则视情况扣 1~10 分	
	电路的连接	15	能根据电路图正确连接线路, 电路工作正常, 记 15 分, 元器件接线错误每处扣 2 分	
	电路的参数测量	10	能正确使用电压表和电流表对电路中的电流、电压进行测量, 并能识读参数, 记 10 分; 参数测量不正确, 每个扣 2 分	
	电路故障的排除	10	能正确分析和排除故障, 记满分, 否则视情况扣 2~10 分	
	小计	50		
职业素养与操作考核	学习态度	10	不参与团队讨论, 不完成团队布置的任务, 抄袭作业或作品, 每发现一次扣 1 分, 扣完为止	
	学习纪律	10	每缺课 1 次扣 2 分, 每迟到 1 次扣 1 分, 上课玩手机、玩游戏、睡觉, 每发现一次扣 1 分, 扣完为止	
	团队精神	10	不服从团队的安排, 与团队成员间发生与学习无关的争吵, 发现团队成员做得不好或不到位或不会的地方不指出、不帮助, 每发现一次扣 1 分, 扣完为止; 团队或团队成员弄虚作假, 每发现一次, 此项记 0 分	
	操作规范	10	操作过程不符合安全操作规程, 仪器设备的使用不符合相关操作规程, 工具摆放不规范, 物料、器件摆放不规范, 工作台台面不清洁、不按规定要求摆放物品, 任务完成后不整理、清理工作台; 任务完成后不按要求清扫场地内卫生, 每发现一项扣 2 分, 扣完为止。如出现触电、火灾、人身伤害、设备损坏等安全事故, 此项记 0 分	
	行为举止	10	着装不符合规定要求, 随地乱吐、乱涂、乱扔垃圾(食品袋、废纸、纸巾、饮料瓶)等, 语言不文明, 每项扣 1~2 分, 扣完为止	
	小计	50		

## 1.5 拓展提高



走进科技前沿——刀片电池

### 伏安法测电阻

#### 一、测量原理

由部分电路欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$ ，只要测出元件两端电压和通过的电流，即可由欧姆定律求出该电阻的阻值。

#### 二、所需器材

可调直流稳压电源、指针式电压表、指针式电流表、可调电阻箱、色环电阻，如图 1-19 所示。

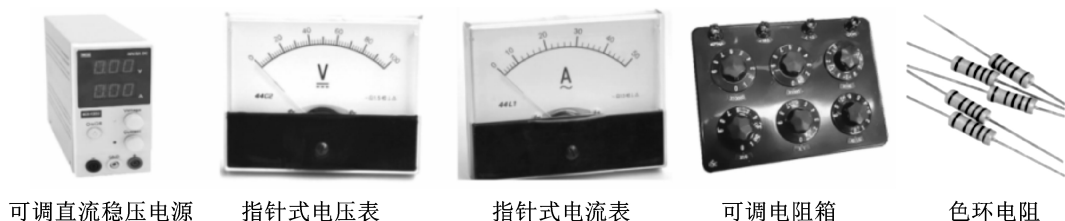


图 1-19 伏安法测电阻所需器材图

#### 三、测量方法

##### 1. 测量电路选择

将电流表与电阻串联起来可进行电流测量，将电压表与电阻并联可进行电压测量，在这里我们可以用两种方法：一种是将电流表与电阻串联后再与电压表并联，我们将其称为电流表内接法(内测法)，如图 1-20 所示，由于电流表的分压，电压表测出的电压比电阻两端的电压大些，这样计算出的电阻值就要比实际值大些；另一种是将电压表与电阻并联后再与电流表串联，我们将其称为电流表外接法(外测法)，如图 1-21 所示，由于电压表的分流，电流表测出的电流比通过电阻的电流要大些，这样计算出的电阻值就要比实际值小些。

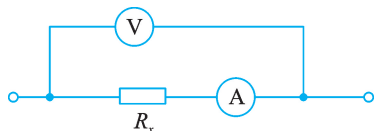


图 1-20 内测法测量

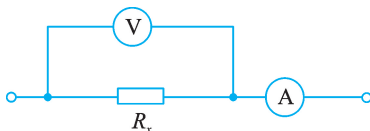


图 1-21 外测法测量

## 2. 测量电路实物连线图

测量电阻箱的阻值外接法实物接线图和内接法实物接线图分别如图 1-22、图 1-23 所示。

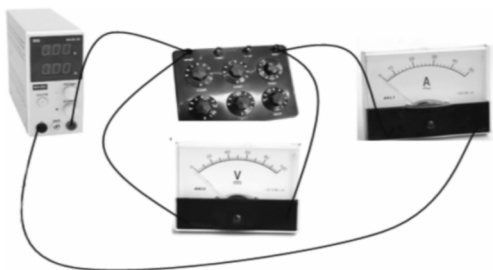


图 1-22 外接法实物接线图

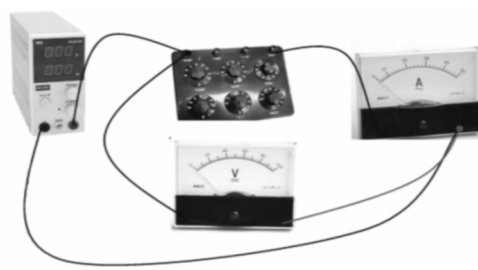


图 1-23 内接法实物接线图

## 3. 测量数据的记录

根据欧姆定律计算出电阻值，并计算出测量值的相对误差，把数据填入表 1-5。

相对误差的计算：相对误差 =  $\left| \frac{\text{测量值} - \text{标称值}}{\text{标称值}} \right| \times 100\%$ 。

表 1-5 数据记录表

序号	电流 $I/A$	电压 $U/V$	标称值/ $\Omega$	计算电阻值 $R_x/\Omega$	相对误差/%
1					
2					

## 1.6 自我检测

### 一、填空题

- 自然界中只有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_两种电荷。电荷间存在\_\_\_\_\_力，同种电荷互相\_\_\_\_\_，异种电荷互相\_\_\_\_\_。
- 真空中有  $A$ 、 $B$  两个点电荷， $A$  的电荷量是  $B$  的电荷量的 4 倍，则：
  - $A$  对  $B$  的作用力是  $B$  对  $A$  的作用力的\_\_\_\_\_倍；
  - 若把  $A$ 、 $B$  的电荷量增加为原来的 2 倍，那么，它们之间的作用力变为原来的\_\_\_\_\_倍；
  - 若保持  $A$ 、 $B$  所带的电荷量不变，将它们之间的距离增大为原来的 3 倍，那么它们之间的作用力变为原来的\_\_\_\_\_倍；
  - 保持  $A$  的电荷量不变， $B$  的电荷量变为原来的 4 倍，要使它们之间的相互作用力保持不变，必须使它们之间的距离变为原来的\_\_\_\_\_倍；
  - 把  $A$ 、 $B$  的电荷量都增大为原来的 4 倍，要使它们之间的相互作用力保持不变，必须



使它们之间的距离变为原来的\_\_\_\_\_倍。

3. 在正电荷  $Q$  产生的电场中的  $P$  点, 放入检验电荷  $q = 5 \times 10^{-9} \text{C}$ , 它受到的电场力为  $10^{-8} \text{N}$ , 则  $P$  点的场强大小是\_\_\_\_\_, 方向是\_\_\_\_\_ ; 将检验电荷从  $P$  点取走,  $P$  点的场强大小是\_\_\_\_\_, 方向是\_\_\_\_\_。

4. 按照习惯规定, 导体中\_\_\_\_\_运动的方向为电流的方向。

5. 将\_\_\_\_\_转换成\_\_\_\_\_的装置叫作电源, 将\_\_\_\_\_转换成\_\_\_\_\_的元器件或设备叫作负载。

6. 在电源内部, 电源力做了  $12 \text{J}$  的功, 将  $8 \text{C}$  电荷量的正电荷从负极移到正极, 则电源的电动势是\_\_\_\_\_ ; 若要将  $12 \text{C}$  电荷量的电荷从负极移到正极, 则电源力需要做\_\_\_\_\_  $\text{J}$  的功。

7. 对于一个电源来说, 既有电动势又有电压, 电动势只存在于电源\_\_\_\_\_, 电压存在于电源的\_\_\_\_\_, 电源不接负载时, 电压\_\_\_\_\_电动势, 二者方向\_\_\_\_\_。

8. 在一定\_\_\_\_\_下, 导体的电阻和它的长度成\_\_\_\_\_, 而和它的横截面积成\_\_\_\_\_。

9. 一根实验用的铜导线, 它的横截面积为  $1.5 \text{mm}^2$ , 长度为  $0.5 \text{m}$ ,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  时, 它的电阻为\_\_\_\_\_ ; 若将它均匀拉长为原来的  $2$  倍, 则拉长后的阻值为\_\_\_\_\_。

10. 如果给一个负载电阻加上  $100 \text{V}$  的电压, 则在该负载上产生  $2 \text{A}$  的电流; 如果给负载加上  $75 \text{V}$  电压, 则负载上流过的电流是\_\_\_\_\_ ; 如果给负载加上  $250 \text{V}$  电压, 则负载上流过的电流是\_\_\_\_\_。

11. 一阻值为  $1 \text{k}\Omega$  的电阻, 其  $U$ 、 $I$  参考方向一致时,  $U = 10 \text{V}$ , 则  $I =$ \_\_\_\_\_, 如果  $U$ 、 $I$  参考方向相反,  $U = 10 \text{V}$ , 则  $I =$ \_\_\_\_\_。

12. 阻值为  $2 \text{k}\Omega$ , 额定功率为  $1/4 \text{W}$  的电阻器, 使用时允许的最大电压为\_\_\_\_\_  $\text{V}$ , 最大电流为\_\_\_\_\_  $\text{mA}$ 。

13. 某礼堂有  $40$  盏白炽灯, 每盏灯的功率为  $100 \text{W}$ , 若全部点亮  $2 \text{h}$ , 则消耗的电能是\_\_\_\_\_。

14. 某导体的电阻是  $1 \Omega$ , 通过它的电流是  $1 \text{A}$ , 那么在  $1 \text{min}$  内通过导体截面的电荷是\_\_\_\_\_  $\text{C}$ , 电流做的功是\_\_\_\_\_, 它消耗的功率是\_\_\_\_\_。

## 二、选择题

1. 在真空中有两个电荷量都是  $q$  的点电荷, 它们相距  $r$  时, 库仑力为  $F$ , 要使库仑力变为  $0.25F$ , 则只需( )。

- A. 使每个点电荷的电荷量变为  $2q$       B. 使每个点电荷的电荷量变为  $4q$   
 C. 使两个点电荷间的距离变为  $2r$       D. 使两个点电荷间的距离变为  $4r$

2. 在电场中  $P$  点放一点电荷  $-q$ , 它所受电场力为  $F$ , 关于  $P$  点电场的正确说法是( )。

- A.  $E_p = F/q$ , 方向与  $F$  相同      B. 若取走  $-q$ ,  $E_p = 0$   
 C. 若点电荷变为  $-2q$ , 则  $E'_p = 2E_p$       D.  $E_p$  与检验电荷无关

3. 如果在 1 min 内导体中通过 120 C 的电荷, 那么导体中的电流大小为( )。
- A. 2 A                      B. 1 A                      C. 20 A                      D. 120 A
4. 导线中的电流  $I=1.6 \text{ mA}$ , 10 min 通过导体横截面的电荷量为( )。
- A.  $1.6 \times 10^{-2} \text{ C}$                       B. 0.96C                      C. 0.096C                      D. 1.6C
5. 一般金属导体具有正温度系数, 当环境温度升高时, 电阻值将( )。
- A. 增大                      B. 减小                      C. 不变                      D. 不能确定
6. 相同材料制成的两个均匀导体, 长度之比为 3 : 5, 横截面积之比为 4 : 1, 则其电阻之比为( )。
- A. 12 : 5                      B. 3 : 20                      C. 7 : 6                      D. 20 : 3
7. 有一段导线电阻是  $8 \Omega$ , 将它均匀拉长一倍, 则导线电阻变为( )。
- A.  $8 \Omega$                       B.  $16 \Omega$                       C.  $4 \Omega$                       D.  $32 \Omega$
8. 某导体两端电压为 100 V, 通过的电流为 2 A, 当两端电压降为 50 V 时, 导体的电阻应为( )。
- A.  $100 \Omega$                       B.  $25 \Omega$                       C.  $50 \Omega$                       D. 0
9. 加在电阻两端的电压越高, 流过电阻的电流会( )。
- A. 变大                      B. 变小                      C. 不变                      D. 不确定
10. 一根粗细均匀的导线, 当其两端电压为  $U$  时, 通过的电流是  $I$ , 若将此导线均匀拉长为原来的 2 倍, 要使电流仍为  $I$ , 则导线两端所加的电压应为( )。
- A.  $U/2$                       B.  $U$                       C.  $2U$                       D.  $4U$
11. 通常电工术语“负载大小”是指( )的大小。
- A. 等效电阻                      B. 实际电功率                      C. 实际电压                      D. 负载电流
12. 下列各种规格的白炽灯中, 电阻最大的是( )。
- A. 220 V、100 W                      B. 110 V、100 W  
C. 220 V、40 W                      D. 110 V、40 W
13. 一个额定功率为 1 W, 电阻值为  $100 \Omega$  的电阻, 允许通过的最大电流为( )。
- A. 0.01 A                      B. 0.1 A                      C. 1 A                      D. 100 A
14. 指示灯 A 为“6 V, 12 W”, 指示灯 B 为“9 V, 12 W”, 指示灯 C 为“12 V, 12 W”, 它们都在各自的额定电压下工作, 以下说法正确的是( )。
- A. 三个指示灯一样亮                      B. 三个指示灯电阻相同  
C. 三个指示灯的电流相同                      D. 指示灯 C 最亮
15. 千瓦时( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )是( )的单位。
- A. 电压                      B. 电流                      C. 电功率                      D. 电能
16. 一个电阻元件, 当其电流减小为原来的一半时, 其功率为原来的( )。
- A.  $1/2$                       B. 2 倍                      C.  $1/4$                       D. 4 倍
17. “220 V, 40 W”的白炽灯正常发光( ), 消耗的电能为  $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。
- A. 20 h                      B. 40 h                      C. 45 h                      D. 25 h

### 三、综合题

1. 真空中两个点电荷  $A$ 、 $B$ ,  $q_A = 4 \times 10^{-6} \text{C}$ ,  $q_B = -6 \times 10^{-6} \text{C}$ ,  $A$ 、 $B$  间的距离  $r = 0.2 \text{m}$ , 求  $A$ 、 $B$  间的相互作用力的大小。若  $A$ 、 $B$  间的距离变为  $0.4 \text{m}$  时,  $A$ 、 $B$  间的作用力又是多少?

2. 真空中有两个点电荷相互吸引, 其引力大小为  $1.8 \times 10^{-4} \text{N}$ , 其中一个点电荷的电荷量为  $4 \times 10^{-9} \text{C}$ , 两个点电荷间的距离是  $10^{-3} \text{m}$ , 求另一个点电荷的电荷量。

3. 检验电荷  $q = 2 \times 10^{-8} \text{C}$ , 在电场中某点受到  $100 \text{N}$  的电场力, 求该点的电场强度。若将检验电荷的电荷量减少后放在该点, 受到  $50 \text{N}$  的电场力, 检验电荷电荷量减少了多少?

4. 在  $+Q$  产生的电场中有一点  $P$ , 检验电荷  $q = 5 \times 10^{-9} \text{C}$  在  $P$  点受电场力  $F = 25 \text{N}$ , 求  $P$  点场强  $E$ 。若将  $q' = -2 \times 10^{-9} \text{C}$  的检验电荷放在  $P$  点, 求其所受电场力的大小和方向。

5. 电路主要由哪些部分组成? 它们的主要功能是什么?

6. 什么是电流? 电路中存在持续电流的条件是什么?

7. 有一根导线, 每小时通过其截面的电荷为  $900 \text{C}$ , 则通过导线的电流为多大? 合多少毫安? 多少微安?

8. 有一个电炉, 炉丝长  $50 \text{m}$ , 炉丝用镍铬丝, 若炉丝电阻为  $5 \Omega$ , 则这根炉丝的横截面积是多大? (镍铬丝的电阻率取  $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ )

9. 铜导线长  $100 \text{m}$ , 横截面积为  $0.1 \text{mm}^2$ , 试求该导线在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻值。

10. 有一个灯泡接在  $220 \text{V}$  的直流电源上, 此时灯泡的电阻为  $484 \Omega$ , 求通过灯泡的电流。

11. 某段电路的电压是一定的, 当接上  $10 \Omega$  的电阻时, 电路中产生的电流是  $1.5 \text{A}$ , 若用  $25 \Omega$  的电阻代替  $10 \Omega$  的电阻, 电路中的电流为多少?

12. 有一个电阻, 两端加上  $50 \text{V}$  的电压时, 电流为  $10 \text{A}$ , 当两端加  $10 \text{V}$  的电压时, 电流是多少?

13. 一个电阻为  $1210 \Omega$  的电烙铁, 接在  $220 \text{V}$  的电源上, 使用  $2 \text{h}$  会消耗多少电能?

14. 某负载施加  $120 \text{V}$  电压时, 产生的电流为  $5 \text{A}$ , 该负载消耗多少功率?

15. “ $220 \text{V}$ ,  $40 \text{W}$ ”的白炽灯工作时电阻为多大? 电流为多大? 工作  $50 \text{h}$  消耗多少电能?

16. 一个  $1 \text{kW}/220 \text{V}$  的电炉, 正常工作时电流多大? 如果不考虑温度对电阻的影响, 把它接在  $110 \text{V}$  的电压上, 它的功率将是多少?

17. 什么是用电器的额定电压和额定功率? 当加在用电器上的电压低于额定电压时, 用电器的实际功率还等于额定功率吗? 为什么?

18. 某同学用伏安法测量一电阻元件的电阻值, 实验所用的电压表电阻为  $1000 \Omega$ , 电流表的电阻为  $1 \Omega$ , 测量电路如图 1-24 所示, 实验读数为:  $U = 5 \text{V}$ ,  $I = 0.01 \text{A}$ , 根据欧姆定律测得  $R_x = 500 \Omega$ 。(1)  $R_x$  的实际值是多少? (2) 简述产生误差的原因; (3) 画出改进实验电路。

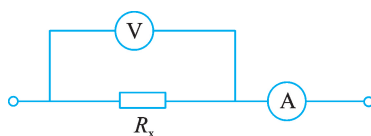


图 1-24