

应用电子技术

# 电工学入门

李世宽 叶 秋 编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

应用电子技术

# 电工学入门

李世宽 叶 秋 编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是一本电工学的基础入门读物,用直观形象的图解方法表达了电工学中那些关键的知识点,旨在帮助读者以愉快的心情掌握电工学这门知识。

全书共8章,主要包括:电学基础、电的应用、磁的作用、静电与电容、交流电基础、交流电路的计算、电量的测量、波形及其测量。为了让读者更好地了解 and 参与“维修电工考试”,附录中安排了相关的模拟试题,以期对读者有所帮助。

本书既可作为初学者的入门书,也可作为工科院校相关专业的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工学入门/李世宽,叶秋编. —北京:科学出版社,2010  
(应用电子技术)

ISBN 978-7-03-026559-3

I. 电… II. ①李… ②叶… III. 电工学-基本知识 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017436 号

责任编辑:喻永光 杨 凯/责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

**科 学 出 版 社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年3月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2010年3月第一次印刷 印张:8

印数:1—5 000 字数:245 000

定 价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前言

电工学是一门既成熟又实用的学科,同时也是—些新兴学科的基础。说它成熟,是因为人们研究电工学的历史悠久,现在已日臻完善;说它实用,是因为电工学广泛应用于我们的生活与生产的方方面面;至于说它是一门基础学科就更好理解了,现代电子技术、通信技术、计算机技术等学科都与它有千丝万缕的联系。因此,电工学这门学问的用处特别大。

电工学是一门研究电的学问。电是什么?电从哪里来?电有什么用?初学者回答这个问题不是一件容易的事情。因为电是用肉眼不能直接观察到的,所以不好理解。怎样才能学好电工学这门课呢?《电工学入门》为我们提供了一个有效的方法。该书一方面用生活中大量生动的案例引导、启发我们学习,另一方面又用直观形象的图解方法展现那些复杂难懂的电工知识。这可以打消初学者的畏难情绪,从而提高学习兴趣。

当我们大量接触有画面感的知识时,心灵就会受到智慧的陶冶。把复杂的电工学知识直观形象地表达出来,实际上已经把一种思想有味无痕地融入了知识的表达。《电工学入门》使我们远离了令人头疼的八股式的内容表达,以愉快的心情迎来了未经玄学道士的炼丹炉加工过的朴素、富有童趣的知识表达。

考试是为了检验与巩固所学的知识,同时考试也是一门生存的学问。比如我们要以电工技能为谋生手段时,就需要考取电工执业证书以及职业资格证书。为了帮助学习者检验学习效果,本书附录安排了必要的习题。这些习题结合了学科内容,难易程度适中,又模拟了真实的职业资格考试内容,对于有职业资格考试需求的读者有很好的借鉴价值。

在愉快的心情下学到的知识是不容易忘记的。通过学习本书,一定会给读者留下愉快的学习经历。

# 目 录



## 第1章 电学基础

|                    |    |
|--------------------|----|
| 1.1 电的本质 .....     | 2  |
| 1.2 电的基本要素 .....   | 4  |
| 1.3 电 路 .....      | 6  |
| 1.4 欧姆定律 .....     | 8  |
| 1.5 开 关 .....      | 10 |
| 1.6 电阻的串联与并联 ..... | 12 |
| 1.7 倍率器的作用 .....   | 14 |
| 1.8 分流器 .....      | 16 |
| 1.9 可变电阻器的应用 ..... | 18 |
| 1.10 基尔霍夫定律 .....  | 20 |
| 1.11 电桥电路 .....    | 22 |
| 1.12 整流电路 .....    | 24 |
| 1.13 SI 单位制 .....  | 26 |
| 1.14 元件和图形符号 ..... | 28 |



## 第2章 电的应用

|                   |    |
|-------------------|----|
| 2.1 电阻的性质 .....   | 32 |
| 2.2 电阻的温度系数 ..... | 34 |
| 2.3 绝缘电阻 .....    | 36 |
| 2.4 接地电阻 .....    | 38 |
| 2.5 功与电功率 .....   | 40 |
| 2.6 焦耳定律 .....    | 42 |
| 2.7 电 热 .....     | 44 |
| 2.8 电线的允许电流 ..... | 46 |
| 2.9 电 池 .....     | 48 |
| 2.10 热电动势 .....   | 52 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.11 珀耳帖效应与压电现象 ..... | 54 |
| 2.12 光电转换 .....       | 56 |

### 第3章 磁的作用

|                    |    |
|--------------------|----|
| 3.1 磁 铁 .....      | 60 |
| 3.2 库仑定律 .....     | 62 |
| 3.3 磁力线和磁通量 .....  | 64 |
| 3.4 地 磁 .....      | 66 |
| 3.5 磁性体 .....      | 68 |
| 3.6 电流与磁 .....     | 70 |
| 3.7 磁学中的欧姆定律 ..... | 72 |
| 3.8 电磁铁 .....      | 74 |
| 3.9 永磁电动机 .....    | 76 |
| 3.10 发电机 .....     | 78 |
| 3.11 变压器 .....     | 80 |
| 3.12 电 感 .....     | 82 |
| 3.13 感应线圈 .....    | 84 |

### 第4章 静电与电容

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 4.1 何谓静电 .....       | 88  |
| 4.2 静电的功与过 .....     | 90  |
| 4.3 电 场 .....        | 92  |
| 4.4 电力线与电通量 .....    | 94  |
| 4.5 电位与尖端放电 .....    | 96  |
| 4.6 放电现象 .....       | 98  |
| 4.7 电位梯度与绝缘耐力 .....  | 100 |
| 4.8 电容器 .....        | 102 |
| 4.9 电容器的检测 .....     | 104 |
| 4.10 电容量 .....       | 106 |
| 4.11 电容器的串并联 .....   | 108 |
| 4.12 电容器的耐压 .....    | 110 |
| 4.13 触摸开关中的电容器 ..... | 112 |
| 4.14 电容器的充放电 .....   | 114 |



## 第5章 交流电基础

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 5.1 交流电的产生 .....      | 118 |
| 5.2 角频率与瞬时值 .....     | 120 |
| 5.3 频率与波长的关系 .....    | 122 |
| 5.4 有效值与平均值 .....     | 124 |
| 5.5 正弦波的矢量表示法 .....   | 126 |
| 5.6 纯电阻电路 .....       | 128 |
| 5.7 纯电感电路 .....       | 130 |
| 5.8 纯电容电路 .....       | 132 |
| 5.9 $RL$ 串联电路 .....   | 134 |
| 5.10 $RC$ 串联电路 .....  | 136 |
| 5.11 $RLC$ 串联电路 ..... | 138 |
| 5.12 $LC$ 串联谐振 .....  | 140 |
| 5.13 $RLC$ 并联电路 ..... | 142 |
| 5.14 $LC$ 并联谐振 .....  | 144 |



## 第6章 交流电路的计算

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 6.1 直角坐标表示法 .....                | 148 |
| 6.2 三角函数 .....                   | 150 |
| 6.3 极坐标表示法 .....                 | 152 |
| 6.4 $RLC$ 串联电路的阻抗计算 .....        | 154 |
| 6.5 交流电桥 .....                   | 156 |
| 6.6 矢量的轨迹 .....                  | 158 |
| 6.7 三相交流电 .....                  | 160 |
| 6.8 $Y$ - $Y$ 连接 .....           | 162 |
| 6.9 $\Delta$ - $\Delta$ 连接 ..... | 164 |
| 6.10 功率因数 .....                  | 166 |
| 6.11 功率的测量 .....                 | 168 |
| 6.12 电力的需求与输送 .....              | 170 |
| 6.13 变压器 .....                   | 172 |
| 6.14 交流电动机 .....                 | 174 |

## 第7章 电量的测量

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 7.1 测量误差 .....       | 178 |
| 7.2 动圈式测量仪表 .....    | 180 |
| 7.3 检流计 .....        | 182 |
| 7.4 高频测量仪表 .....     | 184 |
| 7.5 交流电表 .....       | 186 |
| 7.6 高电压与大电流的测量 ..... | 188 |
| 7.7 万用表 .....        | 190 |
| 7.8 万用表的欧姆表功能 .....  | 192 |
| 7.9 接地电阻的测量 .....    | 194 |
| 7.10 应变(变位)的测量 ..... | 196 |
| 7.11 转速的测量 .....     | 198 |
| 7.12 温度的测量 .....     | 200 |
| 7.13 遥 测 .....       | 202 |
| 7.14 放射线测量 .....     | 204 |

## 第8章 波形及其测量

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 8.1 正弦波 .....         | 208 |
| 8.2 失真波 .....         | 210 |
| 8.3 脉冲波 .....         | 212 |
| 8.4 方波与正弦波 .....      | 214 |
| 8.5 过渡现象 .....        | 216 |
| 8.6 时间常数 .....        | 218 |
| 8.7 锯齿波 .....         | 220 |
| 8.8 示波器的原理 .....      | 222 |
| 8.9 同步示波器的使用 .....    | 224 |
| 8.10 周期与时间的测量原理 ..... | 226 |
| 8.11 数字式频率计 .....     | 228 |
| 8.12 吸收式及外差式频率计 ..... | 230 |
| 8.13 Q表的原理 .....      | 232 |
| 8.14 电子(电子管)电压表 ..... | 234 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 维修电工考试模拟试题 ..... | 237 |
|------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 维修电工考试模拟试题答案 ..... | 247 |
|--------------------|-----|

# 第1章

## 电学基础

对于电学现象和理论，由于肉眼看不到电的行为，所以有点摸不着头脑。如果能做到从基础开始，一步一步正确地去理解，就会真正轻松地学下去；而且，最好将学到的东西与实际的应用结合起来，边学边用。

一说到电，首先想到电流。其真正的主角是什么？开始学习的时候，应抓住重点，弄清楚基础知识。

其次，学习电路就如同身临现场，要把各种要素组合起来，才能更好地发挥作用。本章就要研究这些要素，而且研究各要素间的相互作用及基本规律。

另外，从电路这方面来看，要学习改变、阻止电的流动的开关以及限制电的流动的电阻，要了解它们的连接方式，以及不同连接方式具有的不同功能，还要学习求解电流的各种公式。

如果掌握了这些基础，困难会少一些，但还要学习作为解释电路构成的重要工具——基尔霍夫定律以及电桥电路的知识。

本章从弄清楚电的本质开始，以掌握电路的总体面貌为中心，阐明基本的电学定律。



## 1.1 电的本质

如图 1.1 所示,把自然界中存在的物质用科学的方法细分下去,直至使其失去作为该物质的性质。这时的物质称为**元素**。

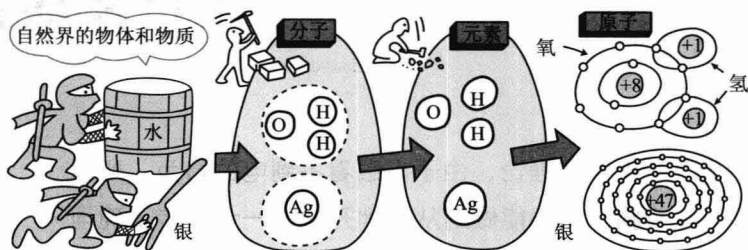


图 1.1

例如,把一粒食盐晶粒变小,在保持食盐性质的条件下,无论变得多么小,还是食盐的分子;如果再将它细分,就变成了钠(Na)和氯(Cl)这样小的粒子。被分开的 Na 和 Cl 被称为**原子**。原子(atom)在希腊语中具有“不能分开(indivisible)”的意思。

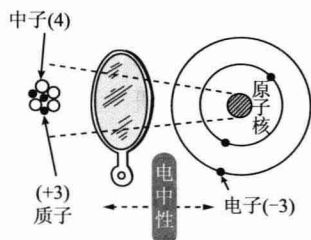


图 1.2

原子的构造好比是太阳系,位于中心的**原子核**相当于太阳,电子相当于在太阳周围公转的行星。原子核由**质子和中子**组成。如图 1.2 所示。

### 正电与负电

从电的性质来看,电子带负电,质子带正电。平时,原子正、负电量的大小保持平衡,呈电中性。当受到外力的作用,例如接收了热、摩擦或其他电子的冲撞等带来的能量时,与原子核结合较弱的电子(称为**最外层电子**)就会脱离轨道。其结果是,有的原子丧失负电,在电性质上变正;有的原子获得负电,在电性质上变负。这样,平常在电性质上呈中性的原子或者变正,或者变负。



## 摩擦生电

使物体带电的实验如图 1.3 所示。

用毛皮摩擦硬橡胶棒给予能量。毛皮的电子跑出去，硬橡胶棒带负电(负电剩余)；毛皮失去电子，带正电。



图 1.3

为了研究电的发生，就有了如图 1.4 所示的金属箔验电器。玻璃容器中垂放着两张薄金属箔，金属箔不会受风或空气的作用而摆动。将带负电的硬橡胶棒靠近金属球时，下部的金属箔张开；远离金属球时，金属箔闭合。这清楚地表明电子的存在：硬橡胶棒带负电，靠近金属球时使金属球内的负电荷远离，被移到金属箔上边。由于两张箔片上积蓄了同种电荷，斥力起作用，箔张开。

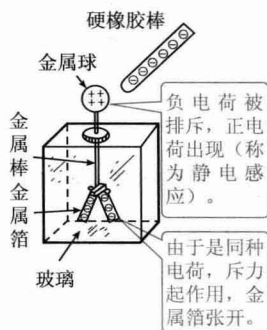


图 1.4

## 试一试

## 摩擦生电

用摩擦的方法会产生什么样的电荷呢？即使是同一种材料，因与其摩擦的对象不同，带电种类也不同。下图所示的顺序中，任意两种物体摩擦时，右侧的物体带负电。你可用身边的材料进行试验。

(+) 毛皮 — 玻璃 — 云母 — 丝绸 — 琥珀 — 塑料 — 硬橡胶 (-)



## 1.2 电的基本要素

可把电的流动比作水的流动,如图 1.5 所示。其本质的确非常相似,因此在这里按照这种想法探索一下它们的关系。

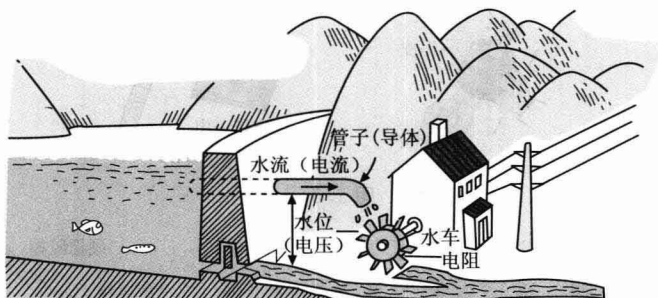


图 1.5



### 电流的条件

为了使水流动,需要什么? 需要自然的坡度,如图 1.5 中的大坝;如果没有,可用人工的办法形成落差,如图 1.6 中的泵。电学中把这种落差称为电压。

相当于水流的东西,电学中称之为**电流**。电流在金属体和大地等处均可流动。

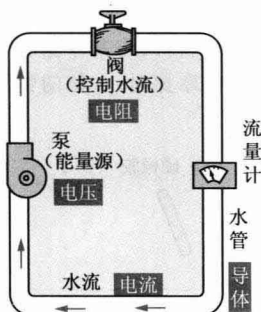


图 1.6

如同不浪费水流的水管那样,电学中也有被用于电的流动“通道”,这种通道称为**导体**。若导体是裸露的,则当它与其他导体接触时,电流会脱离原来的通道流到别处。包围导体以防止电流流到别处的东西称为**绝缘体**。

在图 1.6 中,水流的中途装上了阀,其主要作用是控制水的流动,改变水的流量。与它起同样作用的东西,在电学中被称为**电阻**。

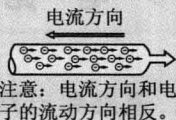
**知识点**

电流的单位是安[培](A)。1A 电流,指 1s 内移动 1 库[仑](C)电荷,即

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

1C  $\approx$  6 240 000 000 000 000 000 个电子

$= 6.24 \times 10^{18}$  个电子

**电的度量**

水流以每秒流动多少立方米水来度量,电流则以每秒移动多少电荷来度量。

电荷的移动是怎样形成的? 如图 1.7 所示,用铜线等导体连接带正电的 A 球和带负电的 B 球时,B 球多余的电子通过导体移动到 A 球;当两个球中电子的数量相等时,电子的移动就停止了,两个球中电子的数量差也就消除了。电子的这种移动称为**电流**。

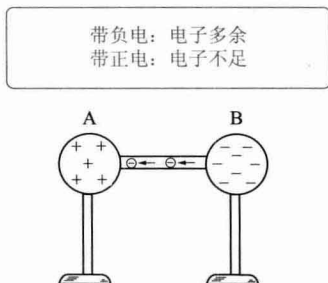


图 1.7

这样,就知道了电这种“隐形者”的“真身”是电子。实际上,电的流动就是电子的流动。不过,电学中规定电子流动的反方向为电流方向。来自别处的电子穿过导体中挤满的电子而移动,就要提供图 1.8 所示的将导体中电子推出去的力,并重复这个动作。使电子移动的力称为**电动势或电压**。

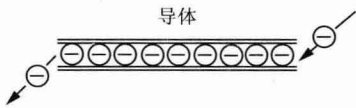


图 1.8

因此,用铜线等将电池之类的电动势与灯泡这样的负载连接时,就有电子从电源的负端通过灯泡流向电源的正端,从而形成了电流;在这种情况下,电流通常按电源的正端→灯泡→电源的负端的方向流动。

## 1.3 电 路



### 道路和电路的相似与不同

道路宽阔通畅时,车可以开得飞快。与此相同,电也有流动的通路。不过,电通常有使电流流动的源动力(电压),其通路从源动力装置开始,又返回到那里。即形成回路(闭路),这是必需的。

其次,道路混乱时,用△形交通标志物封闭某些路段,形成限制适当车辆进入的闸门,这在电学中相当于开关;道路上有宽的地方、窄的地方,在电学中相当于电阻,通路的宽、窄相当于电阻的大小。电路与道路既有相似的地方也有不同的地方。在电学中,电源(使电流流动的源动力)—导体(连线)—电阻(各种电器)—开关被组合起来,形成的回路称为电路。

为了具体而有效地表示电路,使用电气图形符号。本节使用的符号见表 1.1,详细说明参阅 1.14 节的相关内容。

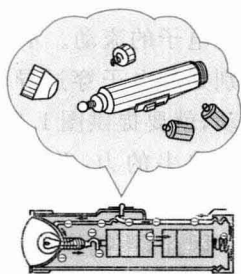
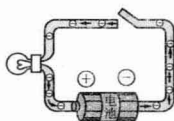
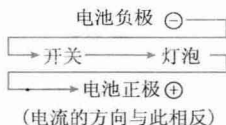
表 1.1

|  |            |
|--|------------|
|  | 单刀单<br>掷开关 |
|  | 灯 泡        |
|  | 电 池        |

### 试一试

#### 手电筒中的电流方向

电灯泡发光时,就有电子从电池流出。追寻电子的运动,就形成了一个通道。





## 电路图的运用

把电池比作源动力,把开关比作闸门,画出手电筒的电路如图 1.9 所示。

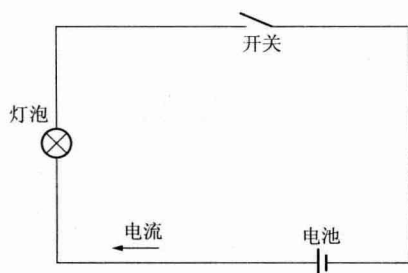


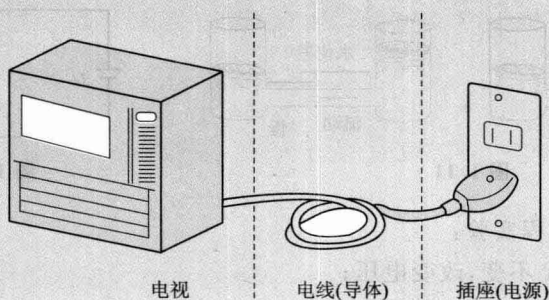
图 1.9

当闸门(开关)打开时,电流从源动力(电池 $\oplus$ 极)出发,流经灯泡,又返回到源动力(电池 $\ominus$ 极)。此时,灯泡被点亮。在电路中,开关打开称为“接通”。

### 知识点

#### 家用电器与电路

以家用电器中的电视机为例,使用时,电视机通过电线与插座连接。那么,插座就是电源,电线就是导体,电视机就是负载,从而构成了回路。



## 1.4 欧姆定律

图 1.10 中有 2 个回路,左半部分用 2 个电池作为电源连接灯泡,右半部分用 1 个电池连接灯泡。这样连接,左半部分灯泡当然会更亮。

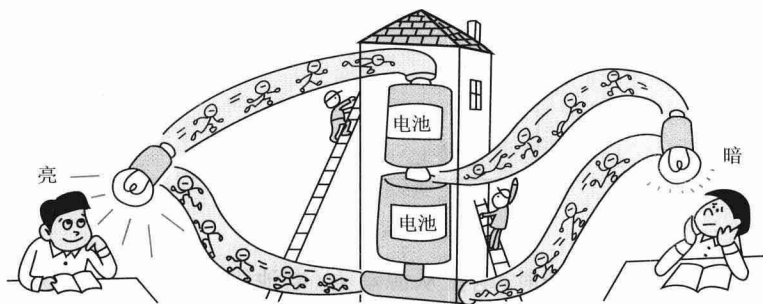


图 1.10

这种情况与水槽中水的流动情况非常相似。如图 1.11 所示,标注水位差的部分相当于图 1.10 中的电池,水位差越大,水的流动越快。

下面,对电路中的元件认真分析。电路如图 1.12 所示。

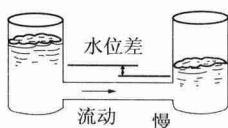
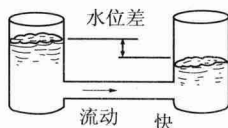


图 1.11

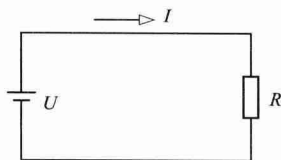


图 1.12

按下述过程实验：

- ① 电阻  $R$  不变,改变电压;
- ② 电压  $U$  不变,改变电阻。

实验结果的曲线图如图 1.13 所示,将时间作为横坐标轴,实线表示电压的变化,虚线表示电流随时间的变化。图 1.13(a) 所示的两条曲线重叠在一起,由此可知**电流与电压成正比**;由图 1.13(b) 可知,**电流与电阻成反比**。

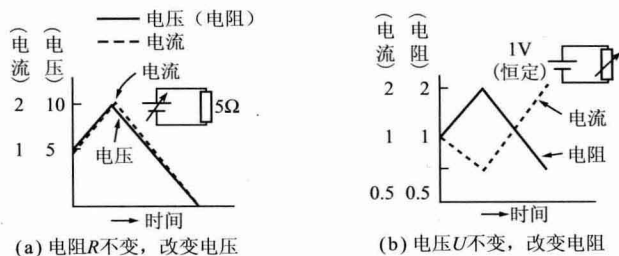


图 1.13

设电流为  $I[\text{A}]$ , 电压为  $U[\text{V}]$ , 电阻为  $R[\Omega]$ , 则上述关系表示如图 1.14 所示。这就是欧姆定律。

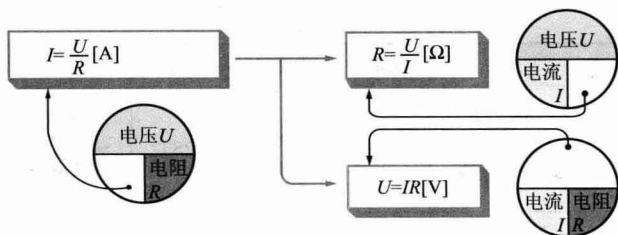


图 1.14

### 知识点

G. S. 欧姆(德国, 1789~1854)于 1827 年发表《电路的数学研究》, 发现了欧姆定律。

#### 例题 1

欧姆定律是解释电路的基本定律。通过图 1.15 中的几个例题, 准确地掌握欧姆定律的用法。

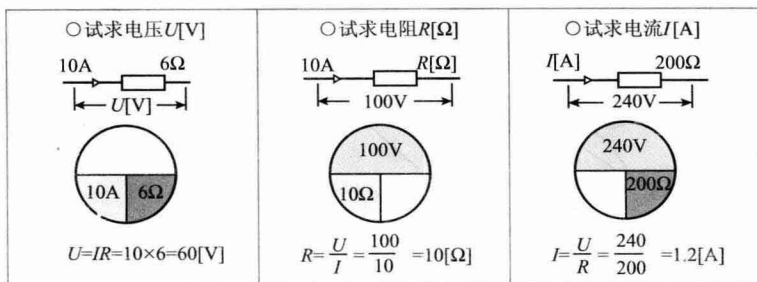


图 1.15