

# 农村电工知识技能培训教材 · 试题库 · 考试大纲

● 湖北省电力公司 编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



CEPP

责任编辑：王 奇  
刘 波

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ISBN 7-5083-1425-5



9 787508 314259 >

ISBN 7-5083-1425-5  
定价： 56.00 元



# **农村电工知识技能培训教材 · 试题库 · 考试大纲**

**湖北省电力公司 编**



**中国电力出版社**  
**www.cepp.com.cn**

## 内 容 提 要

本书是为提高农村电工技术水平和操作技能,配合农村电工资格考试而编写的。全书共分五篇十九章,涉及农村电工资格考试要求的各个方面,包括电工基本知识、电工操作技能、供电职业道德、优质服务、常用法律法规及试题库。同时本书的最后特附有农村电工资格考试大纲和模拟试卷,以便广大农村电工备考时参考。

本书可作为农村电工资格考试的培训教材,也可作为农村电工和广大农电管理者的常用技术参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

农村电工知识技能培训教材·试题库·考试大纲/湖北省电力公司编. —北京:中国电力出版社,2003

农村电工知识技能培训教材

ISBN 7-5083-1425-5

I. 农... II. 湖... III. 农村-电工-培训-试题  
IV. TM-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 011167 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

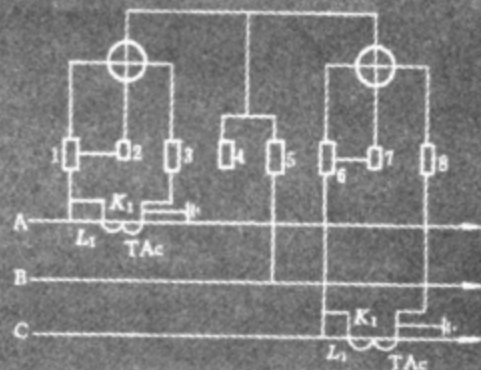
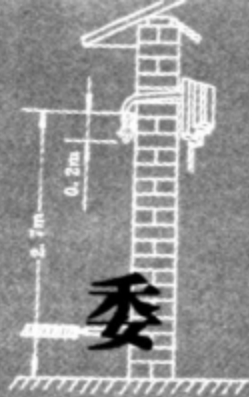
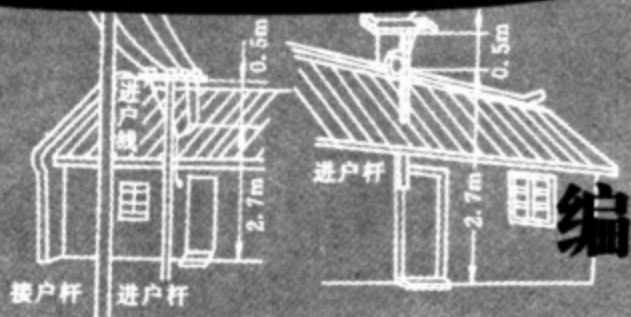
2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 36.75 印张 839 千字

印数 0001—6000 册 定价 56.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



主 任：王远璋

副 主 任：陈瑞亭 苏公亮 袁小英 何孟龙

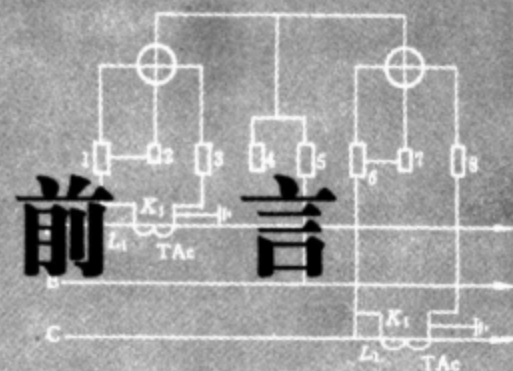
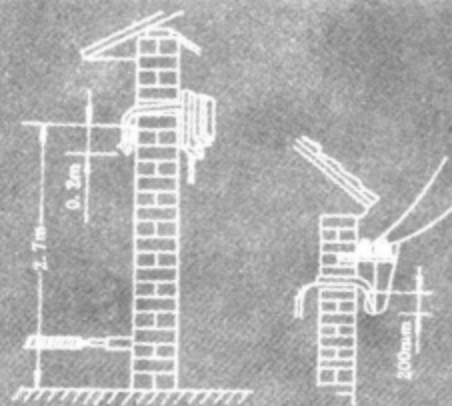
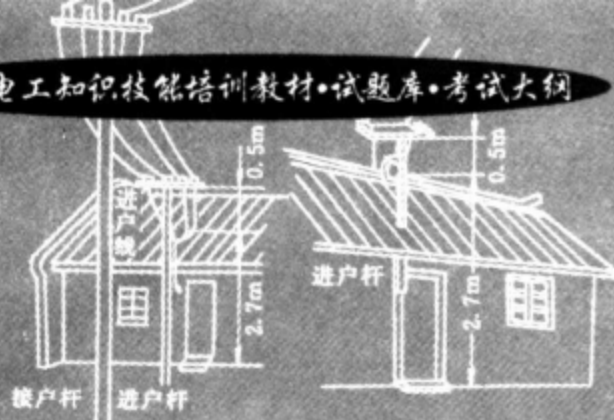
编 委：彭文宣 李建平 肖八洪 万 青 李火元

刘克兴

教材主编：李细楚 陈明学 樊治宇

题库主编：鲜于发国 刘升明 王树华

2011/16



为了提高农村电工的技术素质和操作技能,适应农村电力体制改革的要求,结合农村电工的实际,我们受湖北省电力公司农电工作部和人力资源部的委托,组织农电专家和技术人员编写了《农村电工知识技能培训教材·试题库·考试大纲》,作为农村电工的培训教材,其题库部分可用作农村电工资格考核的参考。

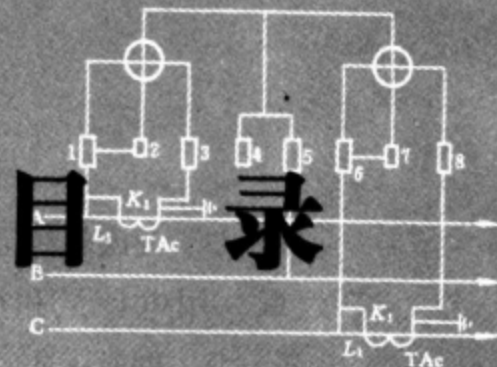
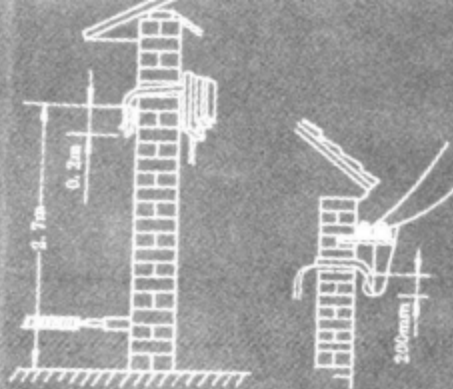
该教材充分结合了国电公司农电工作部颁发的农村电工知识技能竞赛大纲的要求,力求从实际、实用、实效出发,贴近近年来农村用电实际,着重介绍了农村用电基本知识,专业知识、专业操作技能及农村电工必须具备的相关知识。全书分为五篇共十九章,由樊治宇同志编写第一、二、四、十、十二章,由陈明学同志编写第五、六、七、八、九、十一、十五章,由李细楚同志编写第三、十三、十四章及第三、四篇。全书由武汉电力学校李火元同志审定。使用者可根据农村电工实际需要选学有关内容。

本书在编写过程中得到了湖北省电力公司农电工作部、人力资源部领导的热情指导与大力支持,在此谨表感谢!

由于编者水平有限,经验不足,加之时间仓促,书中难免有疏漏及谬误之处,恳请读者指正。

编者

2002年1月8日



## 前言

# 第一篇 电工基本知识

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一章 电工基础知识 .....          | 1   |
| 第一节 直流电路 .....            | 1   |
| 第二节 电磁和电磁感应 .....         | 11  |
| 第三节 单相交流电路 .....          | 18  |
| 第四节 三相交流电路 .....          | 29  |
| 第五节 电子技术基础 .....          | 34  |
| 第二章 配电变压器 .....           | 50  |
| 第一节 配电变压器的原理和结构 .....     | 50  |
| 第二节 配电变压器的铭牌参数 .....      | 52  |
| 第三节 配电变压器的选择与安装 .....     | 55  |
| 第四节 配电变压器的运行和维护 .....     | 58  |
| 第五节 配电变压器的常见故障及处理方法 ..... | 61  |
| 第三章 异步电动机 .....           | 64  |
| 第一节 三相异步电动机 .....         | 64  |
| 第二节 三相异步电动机的起动 .....      | 68  |
| 第三节 三相异步电动机的控制与保护 .....   | 75  |
| 第四节 单相异步电动机 .....         | 78  |
| 第四章 常用电器与仪表 .....         | 83  |
| 第一节 高压电器 .....            | 83  |
| 第二节 低压电器 .....            | 90  |
| 第三节 漏电保护器 .....           | 100 |
| 第四节 互感器 .....             | 106 |
| 第五节 电力电容器 .....           | 109 |
| 第六节 电工仪表 .....            | 112 |
| 第七节 电能表 .....             | 125 |
| 第五章 低压电网知识 .....          | 128 |
| 第一节 农村电力网概述 .....         | 128 |
| 第二节 电网结构 .....            | 129 |
| 第三节 低压电缆配电网的接线 .....      | 130 |
| 第四节 低压电网的供电制式 .....       | 132 |
| 第五节 接地的种类和要求 .....        | 135 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第六节 低压电网允许电压偏移计算 ..... | 140 |
| 第六章 用电计量和抄表收费 .....    | 145 |
| 第一节 电能计量 .....         | 145 |
| 第二节 抄表方式 .....         | 148 |
| 第三节 收费方式 .....         | 154 |

## 第二篇 电工操作技能

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第七章 低压架空线路安装、运行和检修 .....        | 160 |
| 第一节 架空线路基本概念、组成及要求 .....        | 160 |
| 第二节 线路勘察设计 .....                | 171 |
| 第三节 组织施工 .....                  | 177 |
| 第四节 低压架空线路运行 .....              | 188 |
| 第五节 低压架空线路事故预防和检修 .....         | 190 |
| 第六节 工作实例 .....                  | 200 |
| 第七节 低压架空绝缘线路 .....              | 202 |
| 第八章 低压电力电缆线路安装、运行和检修 .....      | 207 |
| 第一节 常用电力电缆的种类、型号及参数 .....       | 207 |
| 第二节 电力电缆的选择与施工要求 .....          | 210 |
| 第三节 电力电缆的运行维护与常见故障 .....        | 221 |
| 第四节 地埋电力线路 .....                | 225 |
| 第九章 室内配线 .....                  | 228 |
| 第一节 室内线路的一般要求 .....             | 228 |
| 第二节 配线方式与导线的选择 .....            | 229 |
| 第三节 导线的连接方法与接头处理 .....          | 236 |
| 第四节 室内配线的操作工艺 .....             | 240 |
| 第十章 低压配电装置安装 .....              | 253 |
| 第一节 开关电器的安装 .....               | 253 |
| 第二节 保护电器的安装 .....               | 257 |
| 第三节 照明和动力配电盘(箱)的安装 .....        | 264 |
| 第十一章 电能计量装置安装、接线 .....          | 267 |
| 第一节 表计选用 .....                  | 267 |
| 第二节 接线 .....                    | 269 |
| 第三节 工作实例 .....                  | 277 |
| 第十二章 配电变压器的安装 .....             | 285 |
| 第一节 配电变压器的选择与安装 .....           | 285 |
| 第二节 配电变压器的保护 .....              | 288 |
| 第三节 配电变压器的运行和维护 .....           | 293 |
| 第十三章 三相异步电动机的安装、运行维护和故障处理 ..... | 299 |



|      |                          |     |
|------|--------------------------|-----|
| 第一节  | 三相异步电动机的安装 .....         | 299 |
| 第二节  | 三相异步电动机的运行维护和检修 .....    | 300 |
| 第三节  | 三相异步电动机的常见故障及其处理 .....   | 303 |
| 第十四章 | 无功补偿装置的选用与安装 .....       | 308 |
| 第一节  | 无功补偿概述 .....             | 308 |
| 第二节  | 无功补偿方法 .....             | 309 |
| 第三节  | 无功补偿容量确定的计算方法 .....      | 312 |
| 第四节  | 低压电容器组的接线与安装 .....       | 313 |
| 第十五章 | 安全用电、触电急救知识和人工急救操作 ..... | 317 |
| 第一节  | 造成农村触电事故的原因 .....        | 317 |
| 第二节  | 电对人体的作用 .....            | 318 |
| 第三节  | 触电事故的种类和发生规律 .....       | 320 |
| 第四节  | 防止触电的安全措施 .....          | 322 |
| 第五节  | 电工安全用具 .....             | 327 |
| 第六节  | 常用电工工具 .....             | 334 |
| 第七节  | 电气火灾 .....               | 340 |
| 第八节  | 触电急救 .....               | 344 |

### **第三篇 供电职业道德和优质服务**

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第十六章 | 供电职业道德 .....        | 354 |
| 第一节  | 供电职业道德的特点 .....     | 354 |
| 第二节  | 电力工人职业道德的基本原则 ..... | 356 |
| 第三节  | 供电职业道德的基本要求 .....   | 356 |
| 第十七章 | 农村供电所规范化服务 .....    | 360 |
| 第一节  | 建立现代电力服务新理念 .....   | 360 |
| 第二节  | 农村供电所规范化服务 .....    | 362 |
| 第十八章 | 农电体制改革基本知识 .....    | 369 |
| 第一节  | 农电体制改革的必要性 .....    | 369 |
| 第二节  | 农电体制改革的指导意见 .....   | 369 |
| 第十九章 | 农村电价基本知识 .....      | 371 |
| 第一节  | 电价制度 .....          | 371 |
| 第二节  | 现行电价和实施范围 .....     | 373 |

### **第四篇 常用电力法规**

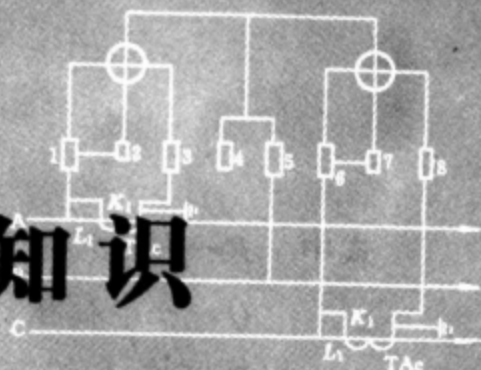
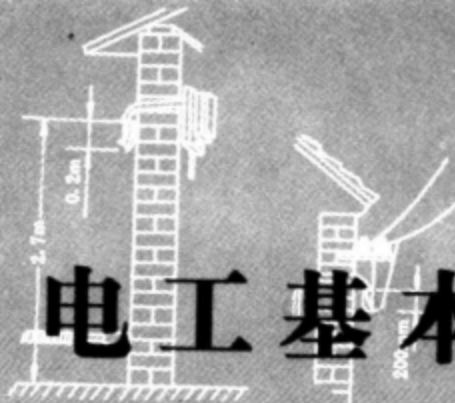
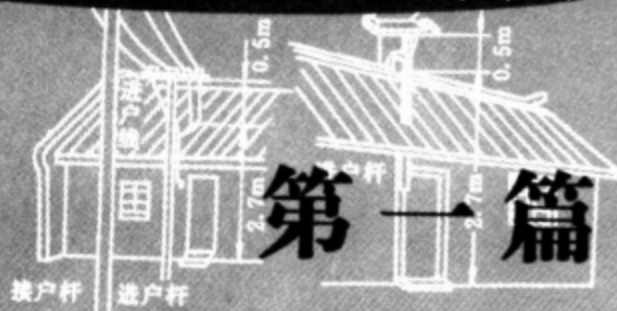
|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、中华人民共和国电力法 .....   | 380 |
| 二、农村低压电气安全工作规程 ..... | 387 |
| 三、电力供应与使用条例 .....    | 403 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 四、电力设施保护条例 .....       | 409 |
| 五、供用电监督管理办法 .....      | 414 |
| 六、用电检查管理办法 .....       | 418 |
| 七、供电营业规则 .....         | 422 |
| 八、居民用户家用电器损坏处理办法 ..... | 441 |

## 第五篇 试 题 库

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一部分 试题 .....          | 443 |
| 一、填空题 .....            | 443 |
| 二、选择题 .....            | 452 |
| 三、问答题 .....            | 462 |
| 四、计算题 .....            | 473 |
| 第二部分 答案 .....          | 478 |
| 一、填空题答案 .....          | 478 |
| 二、选择题答案 .....          | 483 |
| 三、问答题答案 .....          | 483 |
| 四、计算题答案 .....          | 547 |
| 附录一 农村电工资格考试大纲 .....   | 561 |
| 附录二 农村电工考试试题（样题） ..... | 575 |





# 第一章 电工基础知识

## 第一节 直流电路

### 一、物体的带电和电场

#### 1. 物质的结构

自然界的物质由分子组成，分子由原子组成，原子是由原子核和电子组成。原子核带有正电荷，电子带有负电荷并围绕原子核不停地高速运动着。由于正、负电荷之间存在吸引力，因此运动中的电子受到原子核的束缚力，而不会从原子中飞逸出去。

不同物质的原子具有不同的结构，主要表现为原子核内的正电荷及核外电子的数目不相同。图 1-1 所示为氢原子和铝原子的电结构。各种物质只有正电荷和负电荷两种电荷，同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引，这是电荷的基本特性。

#### 2. 物体的带电

在通常情况下，原子核所带正电荷的总数，总是等于核外电子所带负电荷的总数，所以整个物体不呈现电的特性，物体处于中性状态。当由于某种原因使物体电子增多或减少时，物体正负电荷的总数就不相等，这时物体就显示出电的特性，叫做物体带电。

正负电荷都是自然界物质的组成部分，它们不会凭空产生或消失，只能从一个物体转移到另一个物体上。这种规律称为电荷守恒定律。

物体所带电荷的多少叫电荷量，用  $Q$  表示，单位是 C。一个电子带有最少量的负电荷，其电荷量等于  $1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ ，1C 为  $6.25 \times 10^{18}$  个电子所具有的电荷量。

#### 3. 电场

两个带电体之间存在互相排斥或互相吸引的作用，这表明两个带电体之间有作用力。带电体周围存在着一种叫做电场的特殊物质，带电体之间的作用就是通过电场进行的。电场对处于电场中的电荷产生作用力，称为电场力，用  $F$  表示，单位是 N，它的大小可表示为

$$F = EQ \text{ 或 } E = \frac{F}{Q} \quad (1-1)$$

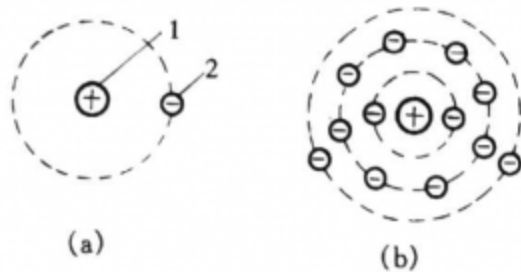


图 1-1 原子的电结构图

(a) 氢原子；(b) 铝原子

1—原子核；2—电子

式中  $E$ ——电场强度, N/C 或 V/m;

$Q$ ——电荷量, C。

电场强度  $E$  的方向跟正电荷在该点所受电场力的方向相同, 跟负电荷在该点所受电场力的方向相反。

## 二、电流、电位、电压与电动势

### 1. 电流

在金属导体中, 金属原子的内层电子被原子核紧紧束缚着, 不能脱离其运动轨道而自由运动, 而原子的外层电子受原子核的束缚力较弱, 在一定条件下可以脱离原子核的束缚而自由运动, 这种电子又称自由电子。金属中的自由电子是很多的。如果给导体两端加一个电压, 导体内的自由电子就会在电场力的作用下产生定向的运动, 这种现象称为电流。

电流具有一定的方向。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向 (在电解液中电流的方向与正离子运动的方向相同)。这与电子反方向运动的效果是相同的。在电路计算时, 可任意选择一个方向作为电流的假定方向, 简称正方向或参考方向。计算结果电流为“+”, 说明实际方向与假定方向一致; 反之, 实际方向与假定方向相反。

单位时间流过导体截面的电荷量叫做电流强度, 简称电流, 用  $I$  表示, 其表达式为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

式中  $Q$ ——通过导体截面的电荷量, C;

$t$ ——通过电荷量  $Q$  所用的时间, s。

电流的单位为安培, 简称安, 用 A 表示。电流的实用单位除 A 外, 还有 kA、mA 和  $\mu A$ 。其换算关系如下:

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

电流的大小可用串联在电路中的电流表来测量。

### 2. 电位与电压

在电场中, 把正电荷  $Q$  逆着电场力方向从无限远处沿任一路径移动到电场中 a 点处时, 外力克服电场力所做的功叫  $Q$  电荷在 a 点的电位能  $W_a$ 。在电场中 a 点处单位正电荷所具有的电位能称为 a 点的电位, 用  $V_a$  表示, 即

$$V_a = \frac{W_a}{Q} \quad (1-3)$$

式中  $W_a$ ——在 a 点电荷  $Q$  所具有的电位能, J。

电位的单位是伏特, 简称伏, 用 V 表示。

为了确定电路中各点电位的高低, 可在电路中任选一个参考点, 令其电位为零 (工程中常选大地为参考点), 这时电路中其他各点电位的高低, 都以这一点为标准进行比较, 高于参考点的电位为正电位, 低于参考点的电位为负电位。两点间的电位差称为两点间的电压, 用  $U$  表示。

电压的方向是由高电位指向低电位。如果电路中两点的电位相等，则电位差等于零，叫做等电位点。无源支路等电位点间没有电流流过。这是高压带电作业的理论依据。

跟电流计算一样，在无法确定电压方向时，可先假定一个参考方向进行电压计算，最后根据结果的正负来确定其实际方向。

电压的单位也是 V，其实用单位还有 kV、mV 和  $\mu\text{V}$ 。其换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}; 1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$$

电压的大小可用并联在电路中的电压表来测量。

### 3. 电源和电动势

所谓电源，就是能将其他形式的能量转化为电能的设备，如发电机、蓄电池，分别可将机械能、化学能转化为电能。

各种电源都具有正负两个极性，而且都能在电源内不断将正电荷从低电位端（“-”极性）移动到高电位端（“+”极性），于是两极间就形成电场，保持着一定的电位差。电源内部这种移动电荷的作用力称为电源力。

电源力既然能使正电荷移动，就说明它能做功。电源力将单位正电荷从电源低电位端移动到高电位端所做的功  $W$ ，叫电源的电动势，用  $E$  表示，即

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

和电压一样，电动势的单位也是 V。

电动势的方向是指在电源内部电源力移动正电荷的方向，是从低电位端指向高电位端，即电位升的方向。而电压方向指的是从高电位端指向低电位端，即电压降的方向。这两个物理量虽然含义不同（电位升与电位降），但实际上说明同一客观事实，即“+”极性端电位比“-”极性端电位高。

方向不随时间而改变的电流、电压、电动势都叫做直流电。方向和大小都不随时间而改变的电流、电压、电动势叫做稳恒直流，通常简称直流。本节所讲直流都是指这种稳恒直流。

## 三、电阻、导体和绝缘体

### 1. 导体和导体的电阻

容易通过电流的物体叫导体。导体中的自由电子在电场力的作用下做定向运动时，由于不断地与导体内的许多原子发生碰撞，并受到邻近原子中正、负电荷的吸力和斥力，因此会受到一定的阻力。导电物体对电流的这种阻力称为电阻，用  $R$  表示，导体电阻的大小由下式决定：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中  $\rho$ ——电阻率，其大小与导体材料性质有关， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

$L$ ——导体的长度，m；

$S$ ——导体的截面积， $\text{mm}^2$ 。

导体的电阻还与导体的温度有关。一般金属材料的电阻随温度的升高而增加，电解液



导体的电阻随温度的升高而降低。考虑温度影响，金属导体的电阻应为

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \tag{1-6}$$

式中  $\alpha$ ——导体材料的电阻温度系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

$R_1$ ——温度为  $t_1$  时的电阻值， $\Omega$ ；

$R_2$ ——温度为  $t_2$  时的电阻值， $\Omega$ 。

常用金属材料的电阻率和电阻温度系数，见表 1-1。

表 1-1 常用金属材料的电阻率和电阻温度系数

| 金属材料名称 | 电 阻 率<br>20℃, $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ | 电阻温度系数<br>( $10^{-3}1/^\circ\text{C}$ ) | 金属材料名称       | 电 阻 率<br>20℃, $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ | 电阻温度系数<br>( $10^{-3}1/^\circ\text{C}$ ) |
|--------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 银      | 0.0162                                          | 3.80                                    | 铁<br><br>镍合金 | 0.100<br><br>1.09                               | 5.00<br><br>0.07                        |
| 铜      | 0.0172                                          | 3.93                                    |              |                                                 |                                         |
| 铝      | 0.0282                                          | 3.90                                    |              |                                                 |                                         |

电阻的常用单位是欧姆，简称欧，用  $\Omega$  表示，实用单位还有  $\text{k}\Omega$  和  $\text{M}\Omega$ 。其换算关系为

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

导体的电阻可用欧姆表和电桥来测量。

各种导体都有一定的导电能力。这种能力称为电导，以  $G$  表示，它与电阻都是说明导体的导电能力大小。电导与电阻的关系为

$$G = \frac{1}{R} \tag{1-7}$$

电导的单位是西门子，简称西，用  $\text{S}$  表示。

2. 绝缘体、绝缘材料的等级及耐热度

绝缘体的电阻很大，电流几乎不能通过，其电阻率一般为  $10^{12} \sim 10^{22}\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ 。测量绝缘体的绝缘电阻可用兆欧表，俗称绝缘摇表。

绝缘体在电力工业中也得到了广泛应用。但绝缘材料在长期的设备运行中会因热的、电的、环境的和机械的各种应力的作用而逐渐失去原有的绝缘性能，这种变化叫做绝缘的老化。温度对绝缘老化的影响最甚，温度愈高，绝缘老化速度愈快，绝缘材料的绝缘性能也就愈差，很容易被高电压击穿，造成故障。严重过热会使绝缘变脆而破裂，导致导电体失去绝缘层而发生短路或接地故障。因此，电气设备在正常运行时，不允许超过绝缘材料所容许的温度。

不同种类的绝缘材料，所允许的最高工作温度也不同，例如制造电机和变压器所用的绝缘材料，按耐热能力的不同可分成 Y、A、E、B…等七级，如表 1-2 所示。

表 1-2 绝缘材料的等级及耐热温度

| 绝缘等级  | Y         | A                   | E      | B               | F     | H     | C          |
|-------|-----------|---------------------|--------|-----------------|-------|-------|------------|
| 耐热温度℃ | 90        | 105                 | 120    | 130             | 155   | 180   | 180 以上     |
| 材料举例  | 未处理过的有机材料 | 浸渍处理过的有机材料如棉纱、纸、木材等 | 聚乙烯类绝缘 | 云母带、云母纸、甘油树脂、虫胶 | 聚脂绝缘漆 | 硅有机绝缘 | 天然云母、玻璃、瓷料 |

导电能力介于导体和绝缘体之间的物质叫做半导体。这一类材料有硅、锗、硒等。

导体、绝缘体和半导体的本质差别在于这些物体原子结构中最外层的电子与原子核结合的松紧程度不同，单位体积内所具有的自由电子数目不同，会影响它们的导电能力。

#### 四、电路基本定律

##### 1. 电路图（电路模型）

实际电路就是电流所流过的路径，它由实际器件组成。图 1-2 (a) 是用两节干电池经刀开关向灯泡供电的实际电路。

组成实际电路的器件通常可分为四类：

(1) 电源。是供给电能的设备。它的作用是将其他形式的能量（如化学能、机械能等）转换成电能。

(2) 负荷，即用电设备。它的作用是耗用电能，将电能转换成非电能。

(3) 控制电器。在电路中起控制和保护作用的开关电器。

(4) 导线。作用是将电源、负荷和控制电器连接起来。

将电路中的实际器件用理想元件表示后，就得到与实际电路相对应的电路模型，称为电气回路图，简称电路图，如图 1-2 (b) 所示。在电路图上的灯泡应视为理想电阻元件，干电池视为理想电压源。它们都是电路元件，在表达方式上与实际器件是有区别的，但确实是等效的。在电路分析时，通常都是采用这种电路图（电路模型）来进行的。

##### 2. 欧姆定律

欧姆定律是表示电压（或电动势）、电流和电阻三者关系的基本定律。

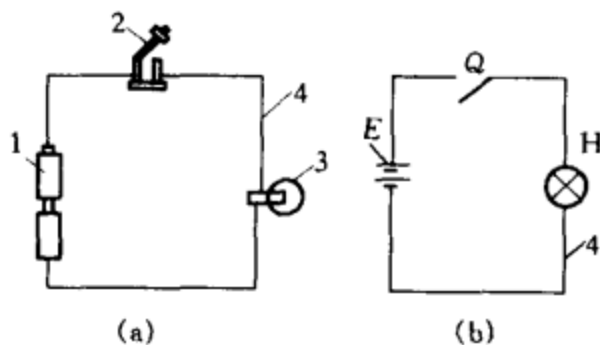


图 1-2 简单电路

(a) 实际电路图；(b) 电气回路图

1、E—电池；2、Q—刀开关；3、H—灯泡；4—导线

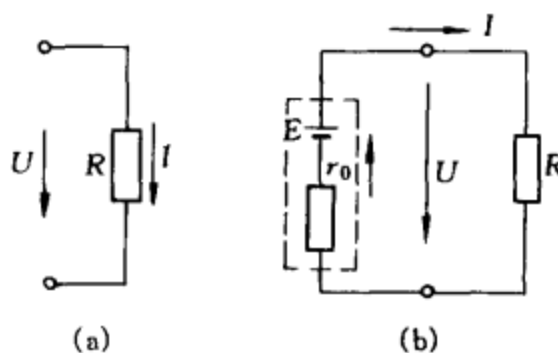


图 1-3 欧姆定律的图例

(a) 部分电路；(b) 全电路

图 1-3 (a) 所示为部分电路。实验证明，流过电阻的电流，与电阻两端的电压成正比，与电阻值成反比，称为部分电路欧姆定律，用公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-8)$$

欧姆定律也适用于如图 1-3 (b) 所示的全电路。在这样的闭合电路中，电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路中负载电阻及电源内阻之和成反比，称为全电路欧姆定律，即

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-9)$$

式中  $E$ ——电源电动势, V;

$R$ 、 $r_0$ ——分别为负载电阻和电源的内阻,  $\Omega$ ;

$I$ ——电路中流过的电流, A。

式 (1-9) 又可变换成

$$\begin{aligned} E &= I(R + r_0) = IR + Ir_0 = U + Ir_0 \\ U &= E - Ir_0 \end{aligned} \quad (1-10)$$

式中,  $U$  为外电路电阻  $R$  两端的电压, 即电源端电压。

【例 1-1】 在图 1-3 (b) 中, 若  $E = 12\text{V}$ ,  $r_0 = 0.1\Omega$ ,  $R = 3.9\Omega$ , 求电路中的电流  $I$ 、电源内阻  $r_0$  上的电压降  $U_0$  及电源端电压  $U$ 。

解:

$$I = \frac{E}{R + r_0} = \frac{12}{3.9 + 0.1} = 3 (\text{A})$$

$$U_0 = Ir_0 = 3 \times 0.1 = 0.3 (\text{V})$$

$$U = E - U_0 = 12 - 0.3 = 11.7 (\text{V})$$

在应用欧姆定律时, 应注意电压与电流的方向应一致。

当电阻中有电流通过时, 两端必有电压。导线都是有电阻的, 当用导线输电时, 线路电阻将产生电压降, 因此输电线路末端的电压总是比始端的电压低 (只计电阻的影响时), 其降低的数值叫做电压损失。在线路较长、线路电流较大时, 线路的电压损失也较大。特别在电源电压等级较低时, 供电电压会明显下降, 必须采取措施予以改进。

### 3. 基尔霍夫定律

欧姆定律只反映电阻元件的电压与电流的关系。对复杂电路 (如多电源电路) 的分析, 必须采用电路的另一个基本定律——基尔霍夫定律。基尔霍夫定律包括两个方面的内容: 节点上各支路电流之间的关系和回路中各电压之间的关系。

#### (1) 基尔霍夫第一定律 (KCL 节点电流定律)

电路中三个或三个以上的支路相汇集的点称为节点, 如图 1-4 中的 A、C 两点。基尔霍夫第一定律指出: 对于电路中的任一节点, 流入节点的电流  $I_i$  之和必等于流出该节点的电流  $I_o$  之和。即

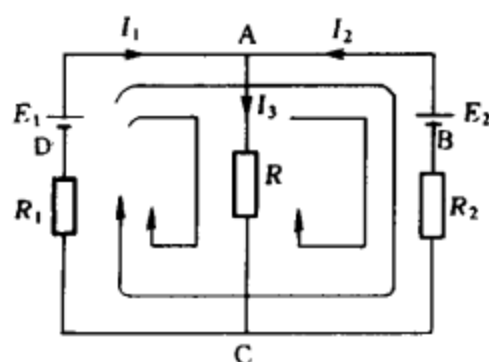


图 1-4 基尔霍夫定律图例

$$\sum I_i = \sum I_o \quad (1-11)$$

若流入节点的电流为正, 则流出节点的电流应为负, 式 (1-11) 可写成

$$\sum I = 0 \quad (1-12)$$

式 (1-12) 表明流入节点电流的代数和为零。在图 1-4 中, 对于节点 A 来说, 有:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或者

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

基尔霍夫节点电流定律的依据是电流的连续性原理, 体现了在电路中电荷守恒的规



律。

应用该定律分析计算电路时，应先在电路图中标出电流的正方向（通常称为参考方向）。如果计算结果出现负值，则说明假定的方向与实际方向相反。

(2) 基尔霍夫第二定律 (KVL 回路电压定律)。基尔霍夫第二定律指出：对于任一回路，沿任一方向绕行一周，各电源电动势  $E$  的代数和等于各电阻电压降  $IR$  的代数和，即

$$\sum E = \sum IR \quad (1-13)$$

在图 1-4 中，对于回路 ABCDA，若按图示选定顺时针方向绕行一周，可列写出回路电压方程式为

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

这一定律体现了能量守恒的基本规律，即单位正电荷在电场作用下沿着回路流动一周时，各电动势的电源力对电荷做功使其获得的能量的代数和（即电位升的代数和），与电场力对电荷做功使其失去的能量的代数和（即电位降的代数和）相等。应用上式时应注意：

1) 绕行方向可任意选定（顺时针或逆时针）。

2) 绕行方向选定后，顺绕行方向从“-”极到“+”极的电源电动势取正号，反之为负；当电阻元件中电流正方向与绕行方向一致，电阻上的电压取正号，反之取负号。

**【例 1-2】** 在图 1-4 所示电路中，已知  $R_1 = 1\Omega$ ， $E_1 = 130V$ ， $E_2 = 117V$ ， $R_2 = 0.6\Omega$ ， $R_3 = 24\Omega$ ，求  $I_1$ 、 $I_2$  和  $I_3$ 。

解：先标出各电流的正方向和回路的绕行方向，如图 1-4 所示。

本题的节点数  $n$  有两个，可列出独立节点电流方程式  $n - 1 = 2 - 1 = 1$ （个）；回路数  $m$  为 3，可列出独立回路电压方程式为  $[m - (n - 1)] = 3 - (2 - 1) = 2$ （个），故可得方程组

$$\left. \begin{aligned} I_3 &= I_1 + I_2 \\ E_1 - E_2 &= I_1 R_1 - I_2 R_2 \\ E_1 &= I_1 R_1 + I_3 R_3 \end{aligned} \right\}$$

将已知数据代入上述方程组，解得：

$$I_1 = 10A$$

$$I_2 = -5A \quad ( \text{“-”号说明 } I_2 \text{ 的实际方向与设定正方向相反} )$$

$$I_3 = 5A$$

在电路计算中，除上述两个基本定律外，电流源、电压源的概念及其等效变换、叠加原理、戴维南定理等在解决实际问题中也很有用处，读者可以参阅有关书籍。

## 五、电路连接

### 1. 电阻串联

几个电阻头尾依次相接，没有分支地连成一串，叫做电阻的串联，如图 1-5 (a) 所示。

串联电路有以下特点：