

NONGCUN DIANWANG  
DIANGONG PEIXUN JIAOCAI

# 农村电网

## 电工培训教材

周石生 严 杉 严思雄 陈真玉 编



中国电力出版社

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

## 内 容 提 要

农村电网电工是电力部门与广大农村电力用户联系的纽带,农村电网电工技术水平的高低不仅关系到工农业生产的正常进行,也关系到广大用户和电网的安全生产。本书针对农村电网电工培训的实际要求,分三篇介绍了电工基础知识、电工专业知识和电气安全技术。其中第一篇包括直流电路的基本概念和基本定律、磁场和电磁感应、正弦交流电路、三相交流电路、电子技术基础及应用;第二篇包括电力系统的基本知识、变压器、异步电动机、高压电器、低压电器、架空配电线路、接户线与室内配线、电气照明、大气过电压及防雷措施、电工仪表与测量;第三篇包括电流对人体的作用、人体触电方式与防止触电的安全措施、安全接地、漏电保护器、低压电气工作安全作业制度、电气设备的防火防爆与触电急救和低压电器的安全技术。

本书可作为农村电网电工的培训教材,也可作为电力系统的职工作为学习参考的资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

农村电网电工培训教材/周石生等编. —北京:  
中国电力出版社, 2001  
ISBN 7-5083-0704-6

I. 农… II. 周… III. 农村-电工-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第  
048645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

\*

2002年1月第一版 2002年1月北京第一次印刷  
787毫米×1092毫米 32开本 21.125印张 467千字  
印数 0001—5000册 定价 33.00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)

# 前言

为了适应农村电力体制改革的需要,不断提高农村电网安全、经济运行水平,切实减轻农民不合理电费负担,促进农村经济繁荣,提高农民生活质量,真正让农民用上放心电、舒心电,在广大农村,必须建设一支懂理论、有技能的高素质农村电网电工队伍。基于此目的,我们编写了《农村电网电工培训教材》。

农村电力体制改革以后,农村电工将收编为电力企业管理,本书可作为农村电工上岗培训使用教材,亦可作为农村电工自学读本。

本书紧密结合农村电网改造后的设备状况及农网电工工作实际需要,认真总结了我们多年开展农网电工培训的经验,科学综合了农网电工必备的基础理论,专业知识和安全技术。编写过程中我们力求做到通俗性、实用性和针对性。

我们衷心希望本书的出版,能为农网电工自身素质提高到积极的作用,为加快农村电气化、现代化建设起到促进作用。

由于水平有限,错误和不妥之处恳请广大读者批评指正。

编者

2001年6月

# 目 录

## 第一篇 电工基础知识

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>第一章 直流电路的基本概念和基本定律 .....</b> | <b>2</b>  |
| 第一节 电路和电路图 .....                | 2         |
| 第二节 电流、电压和电动势 .....             | 4         |
| 第三节 电阻和欧姆定律 .....               | 6         |
| 第四节 基尔霍夫定律 .....                | 7         |
| 第五节 电功率与电能 .....                | 9         |
| 第六节 电阻的串联与并联 .....              | 10        |
| <b>第二章 磁场和电磁感应 .....</b>        | <b>15</b> |
| 第一节 磁场 .....                    | 15        |
| 第二节 电磁感应 .....                  | 19        |
| <b>第三章 正弦交流电路 .....</b>         | <b>22</b> |
| 第一节 正弦交流电的基本概念 .....            | 22        |
| 第二节 正弦交流电的相量表示法 .....           | 25        |

|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| 第三节        | 正弦交流电路中的电阻、电感和电容元件 ..... | 27        |
| 第四节        | 交流电路的功率 .....            | 32        |
| <b>第四章</b> | <b>三相交流电路</b> .....      | <b>35</b> |
| 第一节        | 对称三相正弦交流电 .....          | 35        |
| 第二节        | 三相电源的连接 .....            | 37        |
| 第三节        | 三相负载的连接 .....            | 40        |
| 第四节        | 三相电路的功率 .....            | 42        |
| <b>第五章</b> | <b>电子技术基础及应用</b> .....   | <b>44</b> |
| 第一节        | 半导体整流和滤波电路 .....         | 44        |
| 第二节        | 三极管单管放大电路 .....          | 56        |

---

## **第二篇 电工专业知识**

---

|            |                        |           |
|------------|------------------------|-----------|
| <b>第六章</b> | <b>电力系统的基本知识</b> ..... | <b>64</b> |
| 第一节        | 电力系统的概念 .....          | 64        |
| 第二节        | 电力系统的额定电压 .....        | 68        |
| 第三节        | 低压电力网接地形式与接线方式 .....   | 71        |
| 第四节        | 电力系统的电能质量和经济运行 .....   | 75        |
| <b>第七章</b> | <b>变压器</b> .....       | <b>81</b> |
| 第一节        | 变压器的作用 .....           | 81        |
| 第二节        | 变压器的基本结构 .....         | 82        |
| 第三节        | 变压器的铭牌 .....           | 86        |
| 第四节        | 变压器的基本工作原理 .....       | 87        |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 第五节        | 变压器的并联 .....          | 94         |
| 第六节        | 变压器的运行和事故处理 .....     | 97         |
| 第七节        | 配电变压器选择和安装 .....      | 107        |
| 第八节        | 配电变压器保护装置 .....       | 113        |
| <b>第八章</b> | <b>异步电动机 .....</b>    | <b>116</b> |
| 第一节        | 异步电动机的类型、构造和铭牌 .....  | 116        |
| 第二节        | 三相异步电动机基本工作原理 .....   | 122        |
| 第三节        | 三相异步电动机的启动 .....      | 125        |
| 第四节        | 三相异步电动机的运行维护和检修 ..... | 136        |
| 第五节        | 三相异步电动机的常见故障及处理 ..... | 140        |
| <b>第九章</b> | <b>高压电器 .....</b>     | <b>149</b> |
| 第一节        | 变电站用断路器 .....         | 149        |
| 第二节        | 户外柱上断路器 .....         | 155        |
| 第三节        | 负荷开关 .....            | 170        |
| 第四节        | 隔离开关 .....            | 176        |
| 第五节        | 高压熔断器 .....           | 177        |
| 第六节        | 重合器与分断器 .....         | 187        |
| 第七节        | 箱式变电站 .....           | 209        |
| <b>第十章</b> | <b>低压电器 .....</b>     | <b>216</b> |
| 第一节        | 刀开关 .....             | 216        |
| 第二节        | 熔断器 .....             | 223        |
| 第三节        | 交流接触器与磁力起动器 .....     | 237        |
| 第四节        | 自动空气断路器 .....         | 251        |
| 第五节        | 电流互感器 .....           | 275        |

|             |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| 第六节         | 并联电容器 .....             | 281        |
| 第七节         | 低压配电屏与配电盘 .....         | 295        |
| <b>第十一章</b> | <b>架空配电线路 .....</b>     | <b>319</b> |
| 第一节         | 架空配电线路的组成 .....         | 319        |
| 第二节         | 架空配电线路的施工 .....         | 339        |
| 第三节         | 架空配电线路的运行维护 .....       | 384        |
| 第四节         | 架空配电线路常见故障及预防措施 .....   | 395        |
| 第五节         | 关于架空线路工作的安全规程 .....     | 407        |
| <b>第十二章</b> | <b>接户线与室内配线 .....</b>   | <b>414</b> |
| 第一节         | 接户线 .....               | 414        |
| 第二节         | 室内配线的一般要求和配线工序 .....    | 428        |
| 第三节         | 电工工具及防护用具 .....         | 431        |
| 第四节         | 导线的敷设与固定 .....          | 442        |
| 第五节         | 导线的连接与封端 .....          | 464        |
| 第六节         | 量电及配电装置的安装 .....        | 474        |
| 第七节         | 登杆技术 .....              | 481        |
| 第八节         | 电气识图 .....              | 490        |
| <b>第十三章</b> | <b>电气照明 .....</b>       | <b>504</b> |
| 第一节         | 常用的照明设备 .....           | 504        |
| 第二节         | 照明设备的选择和安装 .....        | 508        |
| 第三节         | 白炽灯、日光灯常见的故障和检修方法 ..... | 512        |
| <b>第十四章</b> | <b>大气过电压及防雷措施 .....</b> | <b>515</b> |
| 第一节         | 雷电的形成及危害 .....          | 515        |

|             |                        |            |
|-------------|------------------------|------------|
| 第二节         | 防雷设备 .....             | 516        |
| 第三节         | 防雷保护 .....             | 520        |
| <b>第十五章</b> | <b>电工仪表与测量 .....</b>   | <b>523</b> |
| 第一节         | 电工仪表概述 .....           | 523        |
| 第二节         | 磁电系仪表及直流电压的测量 .....    | 527        |
| 第三节         | 电磁系仪表及交流电流、电压的测量 ..... | 532        |
| 第四节         | 电动系仪表及功率的测量 .....      | 536        |
| 第五节         | 感应系电能表及电能的测量 .....     | 540        |
| 第六节         | 万用电表 .....             | 546        |
| 第七节         | 兆欧表 .....              | 549        |

---

### **第三篇 电气安全技术**

---

|             |                                    |            |
|-------------|------------------------------------|------------|
| <b>第十六章</b> | <b>电流对人体的作用 .....</b>              | <b>554</b> |
| <b>第十七章</b> | <b>人体触电方式与防止触电的<br/>安全措施 .....</b> | <b>565</b> |
| 第一节         | 人体触电的方式 .....                      | 565        |
| 第二节         | 防止触电的技术措施 .....                    | 574        |
| <b>第十八章</b> | <b>安全接地 .....</b>                  | <b>579</b> |
| 第一节         | 保护接地 .....                         | 579        |
| 第二节         | 保护接零 .....                         | 582        |
| 第三节         | 安全接地的注意事项 .....                    | 586        |
| <b>第十九章</b> | <b>漏电保护器 .....</b>                 | <b>587</b> |

|              |                            |            |
|--------------|----------------------------|------------|
| 第一节          | 漏电保护器及其工作原理简介 .....        | 587        |
| 第二节          | 电流动作型漏电保护器的型式和结构 .....     | 596        |
| 第三节          | 漏电保护器的选购与安装 .....          | 604        |
| 第四节          | 漏电保护器的日常调试维护及简单故障处理 .....  | 614        |
| <b>第二十章</b>  | <b>低压电气工作安全作业制度 .....</b>  | <b>622</b> |
| 第一节          | 保证安全工作的组织措施 .....          | 622        |
| 第二节          | 保证安全的技术措施 .....            | 634        |
| <b>第二十一章</b> | <b>电气设备防火防爆与触电急救 .....</b> | <b>641</b> |
| 第一节          | 电气设备的防火防爆 .....            | 641        |
| 第二节          | 触电急救 .....                 | 647        |
| <b>第二十二章</b> | <b>低压电器的安全要求 .....</b>     | <b>657</b> |
| 第一节          | 低压电气预防性试验 .....            | 657        |
| 第二节          | 常见低压电器的安全问题 .....          | 660        |

# 第一篇

## 电工基础知识

# 第一章 直流电路的基本概念和基本定律

现代社会，电能对于人们日常生活和工农业生产是不可缺少的。本章首先介绍电流、电压、电动势、电功率等概念，然后叙述电路的基本定律。

## 第一节 电路和电路图

### 一、电路

电路就是电流通过的路径，指的是各种电工设备和器件按照一定方式连接起来的总体。电路也叫电网络。

图 1-1 (a) 是一个最简单的电路。从图中可以看出，电路主要由电源、负载、连接导线和控制元件组成。

电路的作用主要有：①电能的传输和转换。如电力系

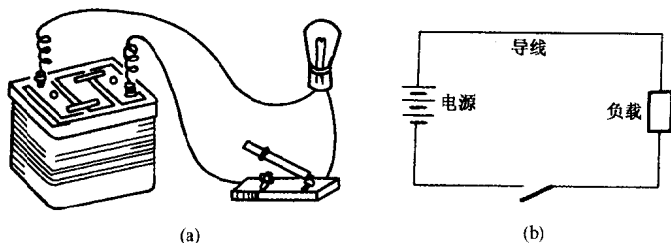


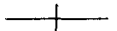
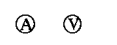
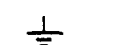
图 1-1 最简单的电路及电路图

统，它由发电机、变压器、传输线和各种用电设备等组成。  
 ②电信号的传递和处理。如收音机、电视机，它将接收到的电信号经过变换和放大后还原为原来的声像。

## 二、电路图

为了便于分析计算电路，通常用规定的符号代表电路中的具体元件，用符号表示的电路称电路图，如图 1-1 (b) 所示。常用的电路元件符号列在表 1-1 中。

表 1-1 电路元件的符号

| 元件名称   | 符 号                                                                               | 元件名称    | 符 号                                                                               |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 理想电压源  |  | 导线      |  |
| 理想电流源  |  | 相连接的导线  |  |
| 电阻负载   |  | 交叉的导线   |  |
| 可变电阻   |  | 开关      |  |
| 滑线式变阻器 |  | 熔断器     |  |
| 电灯     |  | 电流表 电压表 |  |
| 电感     |  | 公共接点    |  |
| 电容     |  | 接地点     |  |

对比较复杂的电路，我们将电路中由元件组成的一段没有分支的电路称为支路。如图 1-2 中的  $E_1$ 、 $R_1$  支路和  $E_2$ 、 $R_2$  支路。三条和三条以上的支路连接在一起的点叫做节点。图 1-2 中有 A、B 两个节点。在电路中，任何一条闭合的路径叫做回路。图 1-2 中有三个回路。即  $ABC'A'A$ 、 $AB'D'BA$ 、 $A'AB'D'BC'A'$ 。

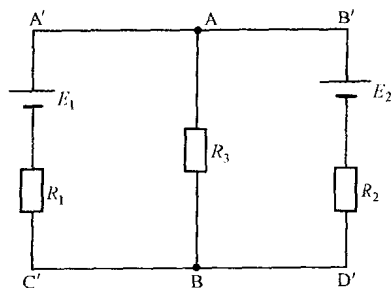


图 1-2 电路示意图

## 第二节 电流、电压和电动势

### 一、电流和电流的参考方向

#### 1. 电流的形成

电荷的定向移动形成电流。

电流的大小或强弱用电流强度  $I$  来衡量。如果在  $t$  秒内，通过导体截面的电荷量为  $q$ ，则电流强度为

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

在法定计量单位中，电流的单位是安培，简称安 (A)。每秒通过导体截面的电荷量为 1 库仑时，电流就是 1 安，即

$$1 \text{ 安 (A)} = \frac{1 \text{ 库 (C)}}{1 \text{ 秒 (s)}}$$

较大的电流用千安 (kA) 表示，较小的电流用毫安 (mA)、微安 ( $\mu\text{A}$ ) 表示即

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

#### 2. 电流的方向

电流的方向规定为正电荷运动的方向，这个方向也称为电流的实际方向。

大小和方向都不随时间改变的电流，称为恒定电流，简称直流，用“ $I$ ”表示。

在电路分析计算中，电流的实际方向往往事先不知道，此时可假定电流的正方向，称为参考方向。在电路计算时，若计算结果为正值，表示电流的实际方向与参考正方向相同；若为负值，表示电流的实际方向与参考正方向相反。

## 二、电压

电路中任意两点 a、b 间的电压  $u_{ab}$ ，表示电场力把单位正电荷由 a 点移到 b 点所做的功。设电荷  $dq$  由 a 点移到 b 点电场力所做的功为  $dA$ ，则 a、b 两点间的电压

$$u_{ab} = \frac{dA}{dq} \quad (1-2)$$

电压的单位为伏特，简称（V）。常用的单位还有 kV、mV、 $\mu V$  等。

电压的实际方向规定为电场力推动正电荷做正功的方向，但是电路中的电压正方向事先并不知道，因此在分析计算电路时，也要事先假定电压的参考正方向，用箭头表示。

## 三、电位

在电路中，两点间的电压  $U_{ab}$  常称为两点间的电位差  $\varphi_a - \varphi_b$ ，即

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-3)$$

电位的单位为伏（V）。

所谓某点的电位就是该点对参考点（零电位点）的电压。某点的电位为正值，表示该点的电位高于参考点。某点的电位为负值，表示该点的电位低于参考点。

#### 四、电动势

电动势是电源力把单位正电荷从电源的负极（低电位端）经电源内部移到正极（高电位端）所做的功，用大写字母  $E$  表示，即

$$E = \frac{W_{\text{be}}}{q} \quad (1-4)$$

电动势的单位为伏特（V）。

### 第三节 电阻和欧姆定律

#### 一、导体的电阻

电流通过导体会受到一定的阻力，电阻（ $R$ ）就是反映导体对电流的阻碍作用大小的物理量，其单位为欧姆，简称欧（ $\Omega$ ），也可用千欧（ $k\Omega$ ），兆欧（ $M\Omega$ ）作单位。

电阻的倒数叫电导  $G$

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-5)$$

即电导直接反映导体的导电能力。电导的单位是西门子（S）。

导体的电阻和它的几何尺寸、材料有关。

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

式中  $R$ ——导体的电阻， $\Omega$ ；

$L$ ——导体的长度，m；

$S$ ——导体的截面积， $\text{mm}^2$ ；

$\rho$ ——导体的电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

在一定温度下，对于给定的材料， $\rho$  是一常数。常见导体的电阻率见表 1-2。

**表 1-2 常用导体的电阻率 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )**

| 材料名称                              | 银      | 铜      | 铝      | 低碳钢  | 铅    | 铸铁   |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|------|------|------|
| 电阻率 $\rho$ ( $20^\circ\text{C}$ ) | 0.0165 | 0.0175 | 0.0283 | 0.13 | 0.20 | 0.50 |

## 二、欧姆定律

流过电阻的电流与该电阻两端的电压大小成正比，实际方向总是相同的。这就是欧姆定律，它规定了电阻上电压和电流的约束关系。

假设电阻上的电压  $U$ 、电流  $I$  参考方向一致，如图 1-3 (a)，则欧姆定律的数学表达式为

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

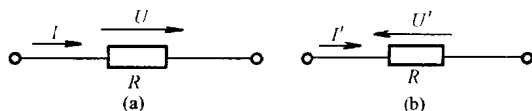


图 1-3 欧姆定律

如果电阻上的电压  $U'$ 、电流  $I'$  的参考方向相反，如图 1-3 (b)，欧姆定律的表达式为

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

## 第四节 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是分析计算电路的基本定律。它包括两部分，即基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

### 一、基尔霍夫电流定律 (简称为 KCL)

该定律建立在电流连续性的基础上。其内容是：对于电

路中任意一个节点，任何时刻流过此节点的各电流的代数和为零，即

$$\Sigma I = 0 \quad (1-9)$$

对图 1-4 中的节点 a 而言有

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \quad (1-10)$$

如果规定流入节点的电流取正号，流出节点的电流取负号，则对图 1-5 中的节点 b 有

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0 \quad (1-11)$$

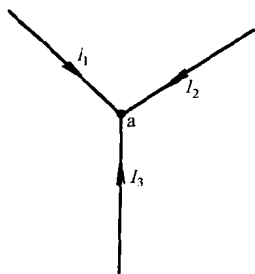


图 1-4 基尔霍夫电流定律

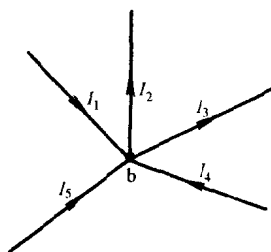


图 1-5 基尔霍夫电流定律（普遍）

## 二、基尔霍夫电压定律（简称为 KVL）

该定律反映了一个闭合回路各部分电压之间的关系。它的基本内容是：在任一闭合回路中，在任一绕行方向上，回路中各个电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和，即

$$\Sigma E = \Sigma IR = \Sigma U \quad (1-12)$$

应用此定律时，要注意电动势及电压降的正负。在任意选定一绕行方向后，当电动势的方向与绕行方向一致时取正号，反之取负号；当回路中各电阻上的电压降的方向与绕行