

实用电工技能丛书

建筑维修电工

范同顺 任俊杰 杨晓玲 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

实用电工技能丛书

建筑维修电工

范同顺 任俊杰 杨晓玲 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

全书共分十章。第一章电工基本知识,第二章建筑电气工程常用材料,第三章建筑电气常用测量仪表,第四章建筑电气识图知识,第五章常用建筑低压电器及其故障诊断,第六章照明设备,第七章电动机及其控制电路与故障分析,第八章电梯设备,第九章室内低压线路,第十章安全用电。

本书可供建筑电气设计、施工、维修及管理人员阅读,也可作为建筑工程类相关专业师生的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑维修电工/范同顺,任俊杰,杨晓玲编著. - 北京:中国电力出版社,2003

(实用电工技能丛书)

ISBN 7-5083-1439-5

I. 建… II. ①范… ②任… ③杨… III. 房屋建筑设备:电气设备-维修 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015392 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 32 开本 13.125 印张 384 千字

印数 0001—4000 册 定价 21.00 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)

实用电工技能丛书

建筑维修电工

前言

近年来,建筑电气技术发展迅速,特别是自动化、计算机、通信等新技术的发展与普及,并迅速地同建筑电气技术相融合,使得建筑电气技术的内容由原来的动力、照明、电视、电话,正逐步发展成为集强、弱电为一体,包含各种电工、电子、自动化技术的一门独立的学科。对从事建筑电气设计、施工、维修与管理人员的专业知识在深度和广度上要求更高。

本书力求比较全面的介绍建筑电气技术的主要内容,包括基础知识、常用电气仪表和材料、低压电器及控制、电气识图、建筑照明、电气配线和安全用电等,以便使读者、特别是初涉建筑电气领域的技术人员对建筑电气技术有一个系统的了解。另外,在阐述电气技术理论的基础上,分析了常用建筑电气设备、电气线路故障产生的原因以及排除的方法,以便在遇到技术问题时,首先从理论上有一个正确分析,然后动手解决,增强针对性,避免盲目性,这样可以起到事半功倍的效果。

本书突出知识的系统性和实用性,通俗易懂、图文并茂。可供建筑电气设计、施工、维修、管理及相关人员阅读。也可作为建筑工程专业大中专院

校师生的参考书。

参加本书编写工作的有范同顺（主编）、任俊杰、杨晓玲。樊伟梁副教授对本书进行了认真的审阅，在此表示衷心的感谢。

由于作者的水平有限，书中谬误之处敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 5 月

实用电工技能丛书

建筑维修电工

目 录

前言

1 第一章 电工基础知识

- 第一节 电路基础知识 1
- 第二节 常用电子线路 13

74 第二章 建筑电气工程常用材料

- 第一节 绝缘材料 74
- 第二节 导电材料 91
- 第三节 双绞线与光缆 104

108 第三章 建筑电气常用测量仪表

- 第一节 电气测量仪表的分类 108
- 第二节 电气测量仪表的图形符号
及盘面标记 111
- 第三节 电流和电压的测量 114
- 第四节 电功率的测量 120
- 第五节 电能的测量 124
- 第六节 电阻的测量 128

134	第四章 建筑电气识图	
	第一节 电气识图的基本知识	134
	第二节 系统图和平面图	171
	第三节 建筑弱电工程图	181
	第四节 电气识图举例	192
210	第五章 常用建筑低压电器	
	第一节 低压控制电器	210
	第二节 低压保护电器	243
	第三节 可编程序控制器	251
269	第六章 照明设备	
	第一节 照明基础知识	269
	第二节 建筑照明常用光源	285
	第三节 照明器具及线路常见故障检修方法	295
	第四节 室外照明设施	301
305	第七章 电动机及控制电路	
	第一节 电动机的结构与工作原理	305
	第二节 电动机的典型控制电路	311
	第三节 电动机控制线路维护与故障分析	329
333	第八章 电梯设备	
	第一节 电梯的类型与结构	333
	第二节 电梯的故障诊断与排除	348
358	第九章 室内低压线路	
	第一节 供电方式	358

第二节	室内低压配线的技术要求·····	360
第三节	配线施工·····	369

第十章 安全用电

第一节	触电急救与防护·····	387
第二节	低压配电系统的接地形式·····	395
第三节	接地装置及其安装要求·····	404
参考文献	·····	410

第一章

电工基础知识

建筑电气已经成为现代建筑不可缺少的重要组成部分。要熟练掌握建筑电气系统的运行管理、设备的安装、维护技能,应具备一定的电工基础。电工基础知识包括电路和电子两方面的内容。本章简要地介绍一些必备的电工基础知识。

第一节

电路基础知识

一、电路的基本组成

建筑电气系统使用的电能是指一种间接能源,是由诸如机械能、热能、光能、化学能等转换得到的。另外一方面,电气设备使用或消耗电能,也是一个将电能转换成其他形式能量的过程。要想进行电能的转换、传输和分配,必须把电气设备用导线连接起来,组装成电路才能实现。因此,任何用电设备,必须用导线与电源连接起来,组成电路才能使用。简单地说,电流所流经的路径就叫做电路。

在实际应用中,电路的形式是多种多样的。但是,不论电路的具体形式如何变化,通常都是由提供电能的电源、消耗电能的负载、传输电能的导体以及电路的控制保护环节这四部分所组成。

电源即是电路中电能的来源。除了常用的电池、发电机、整流器外,还有各种信号源。电源的本质就是将其他形式的能量转换成电能,也可以将一种形式的电能转换成另一种形式的电能。

负载即用电设备,它是取用电能的装置,最常用的负载有电灯、电动机、继电器等,常见的电路元件如电阻、电容器、线圈等也是负载,

它们可以将电能转换成其他形式的能量。

控制、保护单元则是传输、分配、控制电能的部分，同时保证电路的正常运行。它主要指电路系统中的各种开关、断路器、继电器、接触器、熔断器及保护器件等。它也可以是一个比较复杂的网路或系统。

电路又可分为外电路和内电路。从电源的一端经过负载再回到电源的另一端的电路，称为外电路。而电源内部的通路则称为内电路，如电池两极间的电路，发电机输出端内部以及变压器二次绕组等都属于内电路。

二、电路基本物理量与常用公式

(一) 电路的基本物理量

电路的作用是进行能量的转换、传输、分配和控制，为了便于分析和计算，必须引入一些物理量，用以表示电路状态及各部分的相互关系。这些物理量主要包括电流、电压、电位、频率、电能和电功率等。

1. 电流强度

电流强度在工程上简称电流。电路中的带电粒子（电子和离子）受到电源电场力的作用，形成有规则的定向运动，称为电流。在金属导体中，电流是自由电子在电场力作用下做有规则运动形成的。在某些液体或气体中，电流则是正、负离子在电场力作用下做有规则运动形成的。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷的多少，为了衡量电流的大小，引入了电流强度 I 这一物理量。用下面的数学公式表示

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

式 (1-1) 表示单位时间内通过导体横截面的电量，在国际单位制中，电流强度的单位是安培 (A)，简称安；电量的单位为库仑 (C)，简称库；时间的单位为秒 (s)。当每秒内通过导体截面的电量为 1C 时，则电流为 1A。除安培外，常用的电流强度单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA) 等。它们之间的关系为

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

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

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

一般情况下，电流的大小是随时间在变化的，它是时间的函数，用符号 $i(t)$ 表示， i 是瞬时电流。如果电流的大小和方向都不随时间而变化，则称其为恒定电流，简称直流。

电流不但有大小，而且有方向。习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。在金属导体中，由于电子呈负电性，故电子实际运动的方向，与电流的方向相反。所以也可以说，电流的正方向即是电子运动的反方向。

分析某一电路时，常常要知道电流的方向，但有时对某一段电路中电流的实际方向往往难以立刻判断出来，此时就可以先任意假定一个电流的方向，这个方向叫做参考方向，然后再列方程求解。当解出的电流为正值时，就认为电流实际方向与参考方向一致；反之，当电流为负值时，就认为电流方向与参考方向相反。

2. 电压

电压是衡量电源电场力对运动电荷做功本领大小的物理量。电场力把单位正电荷从电场的 a 点移到 b 点所作的功称为 ab 两点间的电压，用 U 表示，单位为伏特 (V)，简称伏。

$$U = \frac{A}{Q} \quad (1-2)$$

式中 A ——电场力把电荷 Q 从 a 点移到 b 点所作的功，J；

Q ——电荷量，C；

U —— a 、 b 两点间的电压，V。

作为电压的辅助单位有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV) 等。它们之间的关系如下

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

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

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

电压不但有大小，而且也有正负方向，电压的正方向又叫电压的极性。对负载来说，当电流通过负载，即在该负载两端产生电压，规定流入电流的一端为电压的正极性端，电流流出端为电压的负极性端。电压的方向由正指向负，即负载中电压的实际方向与电流方向一致。如果遇

到电路中某两点间的电压方向不能确定时，也可先任意假设一个电压的参考方向，在根据计算结果的正负来确定其实际方向。

不随时间变化的电压是直流电压，大小和方向随时间作周期性变化的电压称为交变电压，一般在电路图中用小写字母“ u ”表示。

3. 电位

电位是表示电场中某一点性质的物理量，并且总是相对于某一确定的参考点而言的。电场中某点 A 的电位用 V_A 来表示，它在数值上等于电场力将单位正电荷自该点沿任意路径移动到参考点所作的功。实际上也就是该点到参考点之间的电压，而参考点的电位总是规定为零。

电路中任意两点间（A、B）的电位之差就称为该两点的电位差，即电路中该两点间的电压。用公式表示为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

电位与电压的关系：

(1) 电位是某点对参考点的电压，而电压是电路中两点之间的电位差。

(2) 某两点之间的电压值，不随参考点的改变而改变。

(3) 由式 (1-3) 可知：当 $U_{AB} > 0$ 时，A 点的电位高于 B 点电位，反之，当 $U_{AB} < 0$ 时，A 点的电位低于 B 点电位。

(4) 电压和电位的单位均为伏特（V）。下面通过例题说明电压、电位和电位差之间的关系。

【例 1-1】 如图 1-1 所示，将三节 1.5V 电动势的电池串联，设基准点电位为 0V。

a、b、c 各点的电位，也就是各点对公共点的电压分别为：1.5、3.0、4.5V。

a 点和 c 点之间的电压，也就是 a 点和 c 点之间的电位差为 $4.5 - 1.5 = 3.0$ (V)。

b 点和 c 点之间的电压为 $4.5 - 3.0 = 1.5$ (V)。

4. 电能

当电流通过电路时，将发生能量转换。在电源内部，外力不断地克

服电场力驱使正负电荷分别向电源两极移动而作功，从而把其他能量转换成电能。通过外电路，电荷不断地被送到负载，把电能转换成其他形式的能。

负载消耗的电能等于其端电压与电荷的乘积，电荷又等于电流和时间的乘积，即

$$A = UQ = IUt \quad (1-4)$$

5. 电功率

使用电路的目的就是为了进行电能与其他形式能量之间的转换，而能量的转换速度称为电功率。在

单位时间内电路中产生的或者消耗的电能称为电功率，简称功率，用 P 表示，单位为瓦特 (W)。用公式表示为

$$P = \frac{A}{t} = \frac{IUt}{t} = IU \quad (1-5)$$

6. 电阻

电荷在导体内的流动必然要受到导体内分子的阻力，这种导体对电流的阻碍作用就称为电阻，用 R 表示，单位为欧姆 (Ω)。

如果导体两端的电压为 1V，通过的电流是 1A，则该导体的电阻就是 1Ω 。需要注意的是，导体的电阻是客观存在的，它不随导体两端电压的大小而变化，即使没有电压，导体仍然有电阻。实验证明，在一定温度下，对某种材料，其电阻 R 与其长度 l 成正比，而与其横截面积 S 成反比，即

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

式中 ρ 是与材料性质有关的物理量，称为电阻率或电阻系数，单位是 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。电阻率的大小等于长度为 1m，截面积为 1mm^2 的导体在一定温度下的电阻值。例如，在 20°C 时铜的电阻率为 0.0172，铝的电

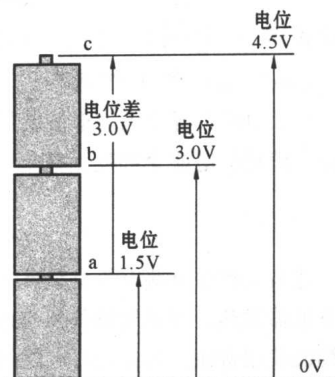


图 1-1 电位和电位差

阻率为 0.029, 铁的电阻率为 0.098。由于铜和铝的电阻率较低, 故在电气设备和供配电线路中得到广泛的应用。

(二) 电路的工作状态

只要电路中导体内有电流通过, 导体就会发热。若导体电阻为 R , 电阻所消耗的电能全部变为热能, 经过时间 t_s 后, 则其发出的热量 Q 为

$$Q = I^2 R t \quad (1-7)$$

建筑工程中有些电气负载是利用导体的热效应工作的, 但在多数情况下电器发热, 对电气设备和线路的正常运行是有害的, 会影响设备和线缆的使用寿命。为此, 对电路的三种工作状态分析如下。

1. 开路状态

当电路的开关断开时, 称为开路, 其特征是电流为零, 电源端电压值就是电源两端的电动势。检修线路应在开路状态下进行。这种状态下电路中的电气设备或线缆不产生热量。

2. 短路状态

当电路中有电压的两点被电阻为零的导体连接时, 称为短路, 其特征是电流很大。根据电流的热效应, 导体所消耗的电能为

$$A = I U t = I^2 R t \quad (1-8)$$

若电阻消耗的电能全部转换成热能, 则会烧坏设备的绝缘, 从而损坏设备。另一方面, 也可利用短路电流产生的高温进行金属焊接等。

3. 额定工作状态

电路中的用电设备和线缆, 一般都规定有额定电流。额定电流是指电气设备或线缆长时间工作所容许通过的最大电流, 用 I_N 表示。实际电流小于 I_N 时, 称电路处于轻载状态; 实际电流大于 I_N 时, 称为超载或过载; 而实际电流等于 I_N 时, 称为电路满载, 满载就是额定工作状态。有些设备不标出额定电流而标出额定电压 U_N 或额定功率 P_N 。

(三) 电路基本定律和常用公式

电路计算的方法很多, 但它们的依据是电路的两条基本定律——欧姆定律和基尔霍夫定律。基尔霍夫定律是由德国物理学家基尔霍夫于

1847年发表的。它既适用于直流电路，也适用于交流电路，对于含有电子元件的非线性电路也适用。因此它们是分析计算电路的基本定律。

1. 欧姆定律

导体中的电流的大小与加在导体两端的电压成正比，而与导体的电阻成反比。这个关系称为欧姆定律。欧姆定律是电路计算的最基本定律。欧姆定律有两种表达方式。

(1) 部分电路的欧姆定律。在不包含电源的部分电路中，如图 1-2 所示，通过电路的电流强度和加在电路两端电压的大小成正比，而和电路本身的电阻大小成反比，即

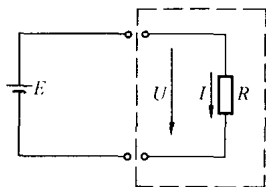


图 1-2 部分电路

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

如果电阻是一个常数，与通过它的电流无关，这样的电阻称为线性电阻。线性电阻上的电压和电流关系是遵从欧姆定律的，例如金属导体、碳膜电阻等。如果电阻与通过它的电流和施加在两端的电压有关，即当电流和电压改变时，电阻的数值也随之改变，这样的电阻称为非线性电阻，例如各种半导体材料等。很显然，非线性电阻上的电压和电流关系是不遵从欧姆定律的。

(2) 全电路欧姆定律。全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-3 所示，虚线框中的 E 代表电源电动势， R_0 代表电源内阻。通常把电源内部的电路称作内电路，把电源外部的电路称作外电路。

当一段电路中含有电源时，确定这段电路中的电流、电压及电动势间的关系的欧姆定律，就称为一段有源电路的欧姆定律。

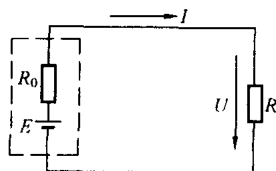


图 1-3 全电路

全电路欧姆定律的内容是：全电路中的电流强度与电源的电动势成正比，而与整个电路（内电路外电路）的电阻之和成反比。即

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-10)$$

式中 E ——电源电动势，V；

R ——外电路电阻， Ω ；

R_0 ——内电路电阻， Ω ；

I ——电路中电流，A。

由式 (1-10) 得

$$E = IR + IR_0 = U + IR_0 \quad (1-11)$$

$$U = IR$$

式中 U 是外电路电压降，外电路电压是指电路接通时电源两端的电压，又称端电压。 IR_0 是电路中电流作用在电源内阻上的电压降。对于电压源，其内阻越小，输出电压受内阻的影响程度越低，则输出电压就越稳定。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括第一基尔霍夫定律和第二基尔霍夫定律。第一定律是关于电路中各支路电流之间关系的，又称电流定律；第二定律则是关于电路中各元件电压之间关系的，故称为电压定律。

电路中的每一个分支叫做支路，如图 1-4 中的 $a1b$ 、 $a2b$ 和 $a3b$ 都是支路。不过 $a1b$ 、 $a2b$ 是有电源的有源支路，而 $a3b$ 则是没有电源的无源支路。在同一支路内，流过所有元件的电流都相等。

三个和三个以上支路的连接点叫做节点，如图 1-4 中的 a 点和 b 点都是节点。由图看见，所谓的支路也就是连接两个节点的一段电路。

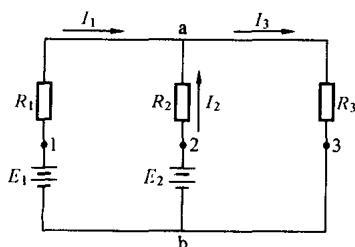


图 1-4 支路、回路示例

电路中的任一闭合路径称为回路，如图 1-4 中的 $a2b1a$ 、 $a3b2a$ 、 $a3b1a$ 都是回路。一个回路通常包含若干条支路，并通过若干个节点。在每次所选用的回路中，至少包含一个未曾选用过的新支路时，这些回路称为独立回路，如图 1-4 中，只有 $a2b1a$ 和

a3b2a 为独立回路。

在回路中间不框入任何其他支路的回路叫网孔。电路中的网孔数等于独立回路数。在图 1-4 中, 回路 a2b1a 和 a3b2a 是网孔, 而回路 a3b1a 就不是网孔。

对于一个节点数为 n , 支路数为 b 的电路图, 其独立回路数为 $l = b - n + 1$ 。

(1) 基尔霍夫第一定律 (Kirchhoff's Current Law——KCL): 流入一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。其数学表达式为

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-12)$$

基尔霍夫第一定律表明电流具有连续性, 在电路的任一节点上, 不可能发生电荷的积累, 即流入节点的总电量恒等于同一时刻从这个节点流出去的总电量。

根据基尔霍夫第一定律, 可以列出任一个节点的电流方程。在列出节点电流方程前, 对未知电流的方向可任意标定。标定电流方向后就可列出相应的节点电流方程进行计算。如图 1-5 所示, 根据图中标出的电流方向及式 (1-12), 可列出该点的电流方程式为

$$I_1 + I_2 = I_3$$

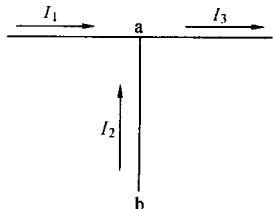


图 1-5 基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律适用于节点, 但也可以推广到应用于任意假定的封闭面。如图 1-6 (a) 所示晶体三极管。由于可以将它看成一个封闭面, 所以根据基尔霍夫第一定律可得 $I_e = I_b + I_c$ 。图 1-6 (b) 电路中某一部分被闭合曲面 S 所包围, 则流入此闭合曲面 S 的电流必然等于流出曲面 S 的电流, 即 $I_1 = I_2$ 。显然, 这时若把连接曲面的一根导线切断, 则另一根导线中的电流一定为零。

(2) 基尔霍夫第二定律 (Kirchhoff's Voltage Law——KVL): 在任意回路中, 电动势的代数和恒等于各元件上电压降的代数和。其数学表达式为

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