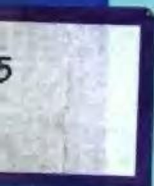


电工安全技术

梁德生 郑春迎

山东科学技术出版社



电工安全技术

梁德生 郑春迎

★

山东科学技术出版社出版 (济南市玉函路)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂德州厂印刷

★

787×1092毫米32开本 6印张 122千字

1988年4月第1版 1988年4月第1次印刷

印数: 1—8500

ISBN 7—5331—0269—X/TM·4

定价 1.50 元

前 言

随着国民经济的飞速发展，电的应用越来越广泛，普及安全用电知识和提高广大电工作业人员的技术水平，已成为工矿企事业单位的一项迫切任务。为此，国家劳动人事部委托电气工程技术人員专门编写了《工矿企业电工作业人员安全技术考核标准》（征求意见稿），适用于除电力工业系统及农村以外的一切企事业单位。要求凡属于该范围内的单位，应按此标准对电工作业人员进行技术培训，且经考试合格后，上级主管部门方能发给“电工操作证”。今后，无证的电工不得上岗工作。

为了使电工达到国家的新考核标准，我们举办了多期“电工安全技术培训班”。在教学过程中，深深感到缺乏符合新考核标准的教材。鉴于这种情况，我们编写了《电工安全技术》一书。在编写过程中，以新考核标准为纲目，以常用电工安全技术为主要内容，在文字上力求做到深入浅出，通俗易懂。对电工安全方面的新技术、新设备也作了简要介绍。

本书除作为厂矿企事业单位举办电工培训班和考核技师使用外，还可作为技工学校、中等专业技术学校有关专业的教学参考书，也是指导家庭安全用电的常备书。

本书在编写过程中曾蒙劳动、安技等部门和电气工程技术人員的大力支持和帮助，在此深表谢意。

由于编者水平所限，时间仓促，其疏漏和错误难免，敬请读者批评指正。

编者
1987年10月

目 录

第一章	电工基础知识	(1)
第一节	直流电路	(1)
第二节	磁现象和磁路	(9)
第三节	交流电路	(13)
第四节	三相交流电路	(21)
第五节	工矿输配电系统	(24)
第二章	安全用电基础知识	(27)
第一节	接地与接零	(27)
第二节	安全电压	(35)
第三节	环境对安全的影响	(37)
第四节	通用安全技术措施	(39)
第五节	电气防火与灭火	(46)
第六节	触电及其急救	(50)
第三章	常用电气设备的安全要求	(53)
第一节	电力变压器	(53)
第二节	电动机	(57)
第三节	开关电器	(59)
第四节	保护电器	(65)
第五节	手持式电器	(68)
第六节	家用电器	(70)
第七节	照明设备	(72)
第四章	专用电气设备的安全要求	(74)
第一节	自耦变压器	(74)

第二节	电焊机.....	(76)
第三节	高频设备.....	(79)
第四节	补偿电容器.....	(82)
第五节	互感器.....	(85)
第六节	桥式起重机.....	(87)
第五章	电工作业通用组织措施.....	(90)
第一节	工作票制度.....	(90)
第二节	工作许可制度.....	(93)
第三节	工作监护、间断、转移和终结制度.....	(95)
第四节	管理制度.....	(97)
第六章	电工作业安全技术要求.....	(99)
第一节	防护性技术措施.....	(99)
第二节	临时线路.....	(103)
第三节	设备维修.....	(105)
第四节	高处作业.....	(108)
第五节	带电作业.....	(110)
第七章	变配电所的安全工作.....	(115)
第一节	一般安全规定.....	(115)
第二节	值班工作.....	(117)
第三节	倒闸操作.....	(119)
第四节	事故处理.....	(121)
第八章	防雷措施.....	(123)
第一节	雷电的形成及其活动规律.....	(123)
第二节	雷电的种类和危害.....	(124)
第三节	常用防雷装置.....	(126)
第四节	常用避雷器.....	(130)
第五节	建筑物及人体的防雷措施.....	(133)
第九章	静电防护.....	(137)

第一节	静电的产生.....	(137)
第二节	静电的危害.....	(139)
第三节	静电防护.....	(144)
第十章	电工保安器具和仪表.....	(150)
第一节	绝缘保安用具.....	(150)
第二节	登高保安用具.....	(154)
第三节	触电保安器.....	(156)
第四节	常用电工仪表.....	(159)
复习题		(166)
附录		(172)
附录 1	电工常用基本符号.....	(172)
附录 2	电工常用计量单位及符号.....	(174)
附录 3	几种接地装置的工频接地电阻估算式.....	(176)
附录 4	土壤和水的电阻系数参考值.....	(177)
附录 5	塑料绝缘电线和橡皮绝缘电线安全载流量.....	(179)
附录 6	直接敷设在地下的低压电缆安全载流量.....	(181)

第一章 电工基础知识

掌握一定的电工基础知识，是进行电工安全作业的重要条件之一。本章主要介绍电工常用名词、术语、基本公式、基本定律的意义及与电工安全有关的基础知识。

第一节 直流电路

一、导体、绝缘体和半导体

自然界的一切物质都是由分子组成的，而分子又是由原子组成的。每一个原子是由一个带正电荷的原子核和一定数量的带负电荷的电子组成的。物质原子最外层电子数量的多少，往往决定着该种物质的导电能力。

导体：这类物质在常温下就存在大量的自由电子，具有良好的导电能力。如各种金属和人体等。

绝缘体（非导体）：组成这类物质的原子，最外层电子往往多于4个，它们受原子核的作用力较强，不易挣脱原子核的束缚而成为自由电子，因而在常温下具有极少的自由电子，导电能力很差或几乎不导电，如橡胶、云母、陶瓷、塑料、玻璃等。

半导体：这类物质在常温下具有的自由电子数量介于导体和绝缘体之间，因而导电能力也介于导体和绝缘体之间，如硅、锗、硒等。

二、电路及其基本物理量

1. 电路

电流经过的闭合回路，称为电路。一个最简单最基本的电路，必须由电源、负载和连接导线组成。

2. 电路的基本物理量

(1) 电流：电荷有规则的定向运动，称为电流。正电荷运动的方向规定为电流的方向。

电流的大小用电流强度来量度，简称电流，用字母 I 表示。若在 t 秒时间内，通过导体任一截面的电量为 Q ，那么，电流强度可表示为：

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

若电量的单位为库仑（1库仑 = 6.24×10^{18} 个电子所带的电量），时间的单位为秒，则电流强度的单位为安培，用 A 表示。除安培单位外，还常用毫安（ mA ）和微安（ μA ）。

(2) 电压：电路中任意两点的电位差，称为电压，用字母 U 表示。电压的单位有伏特（ V ）、毫伏（ mV ）、微伏（ μV ）。

(3) 电阻：导体对电流通过时所呈现的阻力，称为导体的电阻，用字母 R 表示。电阻的单位有欧姆（ Ω ）、千欧（ $K\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。

对一定材料的导体，其电阻大小与导体的长度（ L ）成正比，与导体的横截面积（ S ）成反比，这个关系称为电阻定律，即

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

式中： ρ 为比例常数，称为导体的电阻率。不同材料的导体， ρ 值不一样，它反映着不同材料各自的导电性能，其单位为欧姆·毫米²/米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。若L单位为米，S单位为平方毫米，则电阻单位为欧姆。

导体的电阻大小与温度有关，可用下式表示：

$$R_t = R_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$$

式中： R_0 为对应温度 t_0 时的电阻值； R_t 为对应温度 t 时的电阻值； α 为材料的电阻温度系数，取决于导体的材料。不同材料的导体， α 的大小也不同。其大小表示温度每升高一度时，电阻值增加的百分数，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

三、电路的基本定律

1. 部分电路欧姆定律

德国物理学家欧姆研究了电路中电流、电压与电阻之间的关系，从大量的实验中得出：通过部分电路的电流 I 和该电路两端电压 U 成正比，和该电路的电阻 R 成反比，这就是部分电路欧姆定律的内容。用数学式表示为：

$$I = \frac{U}{R}$$

式中： U 的单位为伏； R 的单位为欧姆； I 的单位为安培。

由欧姆定律可以推出以下关系：

(1) 部分电路两端的电压在数值上等于通过它的电流和电阻的乘积，即

$$U = IR$$

(2) 部分电路的电阻在数值上等于该电路两端的电压和

通过它的电流的比值，即

$$R = \frac{U}{I}$$

2. 全电路（闭合电路）欧姆定律

图1—1为一闭合电路。实验证明：通过闭合电路的电流 I 和电路中电源的电动势成正比，和电路中总电阻成反比，这就是全电路欧姆定律的内容。用数学式表示为：

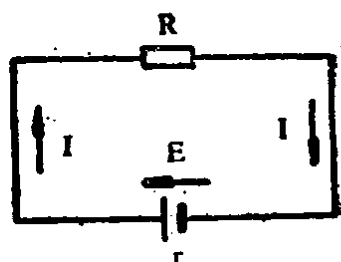


图 1—1
简单的闭合电路

$$I = \frac{E}{r + R}$$

式中： E 为电源电动势； r 为电源内阻； R 为负载电阻。

由上式可得：

$$E = IR + Ir = U + U_0$$

此式说明：电源电动势等于端电压 U 和内电阻上电压降 U_0 之和。

四、电阻的连接方式

电阻的连接方式，最常用的是串联和并联。

1. 电阻的串联连接

两个或两个以上的电阻首尾逐个相连起来，称为电阻的串联连接。图1—2为由两个电阻串联组成的电路。电阻

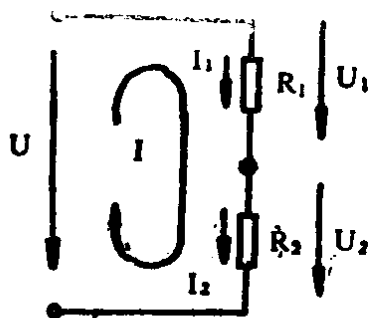


图 1—2 电阻串联

串联特点为:

(1) 流经串联电阻的电流相等, 即

$$I = I_1 = I_2$$

(2) 串联电路总电压等于各电阻上电压降之和, 即

$$U = U_1 + U_2$$

(3) 串联电路的总电阻 (或等效电阻) 等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2$$

(4) 分压比: 串联电阻上的电压降和该电阻阻值成正比, 即

$$U_1 = \frac{R_1}{R_2 + R_1} U \quad U_2 = \frac{R_2}{R_2 + R_1} U$$

式中: $\frac{R_1}{R_2 + R_1}$ 和 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 称为分压比 (或分压系数)。

2. 电阻的并联连接

由两个或两个以上的电阻, 一端连接在一起, 另一端也连接在一起, 称为电阻的并联连接 (图1—3)。

电阻并联的特点为:

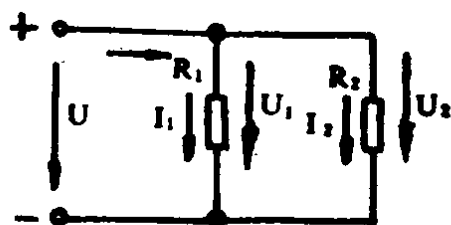


图 1—3 电阻并联

(1) 并联电路中各支路的电压相等, 即

$$U = U_1 = U_2$$

(2) 并联电路的总电流等于各支路电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2$$

(3) 并联电路的等效电阻 (总电阻) R 的倒数等于各支路电阻倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(4) 分流比: 当有两个电阻并联时, 每一并联支路的电流和本支路的电阻成反比, 即

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

式中: $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 和 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 称为分流比。

除电阻的串、并联外, 还有电阻的混联, 即在电路中既有串联又有并联。

五、电功和电功率

1. 电功

电流能使电动机转动、电炉发热、电灯发光等, 即电流具有做功的能力, 电流所做的功称为电功。电功可用下式计算:

$$A = QU = UI t$$

式中: U 为电压, 单位是伏特; I 为电流, 单位是安培; t 为时间, 单位是秒; A 为电功, 单位是焦耳 (瓦特·秒)。

2. 电功率

电流所做的功和完成这些功所用的时间的比值, 称为电功率。它表示电流做功的快慢程度。计算电功率可用下式表示:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{IU t}{t} = UI$$

式中：P为电功率，单位是焦耳/秒，即瓦特（用W表示），简称瓦。比瓦大的单位有千瓦和马力，比瓦小的单位有毫瓦、微瓦。

电功率还可表示为：

$$P = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

若已知用电设备的功率和用电时间，也可求电功，即

$$A = Pt$$

电功的单位还有千瓦小时，称为度。即

$$1\text{度} = 1\text{千瓦小时 (KWH)}$$

六、电流的热效应

电流通过导体时会发热，这种现象称为电流的热效应。实验证明：电流通过导体时产生的热量，与电流强度的平方、导体的电阻和通电时间成正比，这个定律叫做焦耳——楞次定律，可表示为：

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

根据欧姆定律，上式可表示为：

$$Q = 0.24 I U t = 0.24 \frac{U^2}{R} t$$

式中：若I的单位为安培，U的单位为伏特，R的单位为欧姆，t的单位为秒，则热量Q的单位为卡。

七、基尔霍夫定律

对于简单的电路，应用欧姆定律和电阻串、并联规律就可以进行分析和计算，而对复杂的电路必须用基尔霍夫定律才能更好的进行分析和计算（图1—4）。

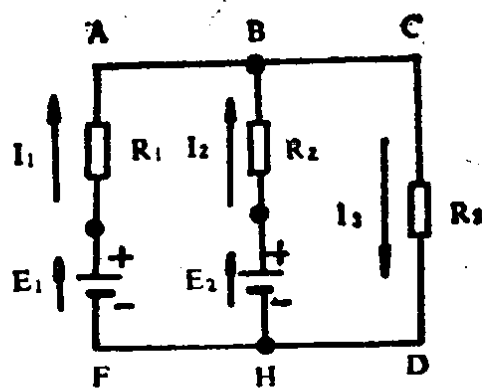


图 1—4 复杂电路

在复杂电路中，三条或三条以上的支路的会聚点，称为节点。图1—4所示电路中的H、B都是节点。而电路中的任何一个闭合电路，都称为回路，如ABHF、BCDH 和 ACDF都是回路。

基尔霍夫定律就是反映复杂电路中任一节点处电流之间的关系和任一回路中电源电动势和电阻上电压降之间的关系。

基尔霍夫定律的内容如下：

1.基尔霍夫第一定律（节点电流定律）

在复杂电路中任一个节点处流入的电流总和，等于流出的电流总和，称为基尔霍夫第一定律。在图1—4电路中，对于节点B，电流之间的关系按基尔霍夫定律可表示为：

$$I_1 + I_2 = I_3$$

写成一般表示式为：

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

若流入节点的电流规定取正值，而流出节点的电流取负值，则上式又可表示为：

$$\sum I = 0$$

上式说明：对复杂电路中任一个节点处，电流的代数和为零。

2. 基尔霍夫第二定律（回路电压定律）

在复杂电路的任一回路中，沿任一绕行方向，电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。这就是基尔霍夫第二定律。

任选绕行方向后，电动势与绕行方向相同取正值；反之取负值。电流与绕行方向相同，其电阻上的电压降取正值；反之取负值。这样，基尔霍夫第二定律可以表示为：

$$\sum E = \sum IR$$

或

$$\sum U = 0$$

第二节 磁现象和磁路

一、磁场及基本物理量

1. 磁场

磁极周围客观存在的一种特殊物质，称为磁场。磁性的相互作用，是通过磁场进行的。

2. 磁通

通过与磁场方向垂直的某一截面上的磁力线的根数，称为磁通。它用字母 ϕ 表示。磁通的单位为韦伯或麦克斯韦。

$$1 \text{ 韦伯 (韦) } = 10^8 \text{ 麦克斯韦 (麦) }$$

3. 磁感应强度

磁场中某点的磁感应强度的大小等于该点垂直于磁场方向单位面积上的磁通，方向就是该点的磁场方向。对于均匀磁场，磁感应强度可以表示为：

$$B = \frac{\phi}{S}$$

式中：S为截面（米²）；

ϕ 为磁通（韦伯）；

B为磁场强度（韦伯/米²，特斯拉）。

磁感应强度较小的单位为高斯

$$1 \text{ 韦伯/米}^2 = 1 \text{ 特斯拉} = 10^4 \text{ 高斯}$$

磁感应强度B又称为磁通密度。

4. 磁场强度和磁导率

不同的物质对磁场的影响也不同。为了表示不同物质（媒介质）的磁性，引入磁导率这个物理量，用 μ 表示。

磁场中某点的磁感应强度B和媒介质磁导率 μ 的比值叫做该点的磁场强度，用H表示，即

$$H = \frac{B}{\mu}$$

磁场强度的单位为安/米和奥斯特（奥）

$$1 \text{ 奥斯特} \approx 80 \text{ 安/米}$$

5. 磁势

要使电器产生电流，必须要有电源，产生电势。同样，要使线圈产生磁场，也必须要有磁势。通常把线圈中的I和线圈匝数W的乘积叫做磁势。实验指出，磁势越大，产生的磁通越大，磁场越强。磁势的单位为安匝。即