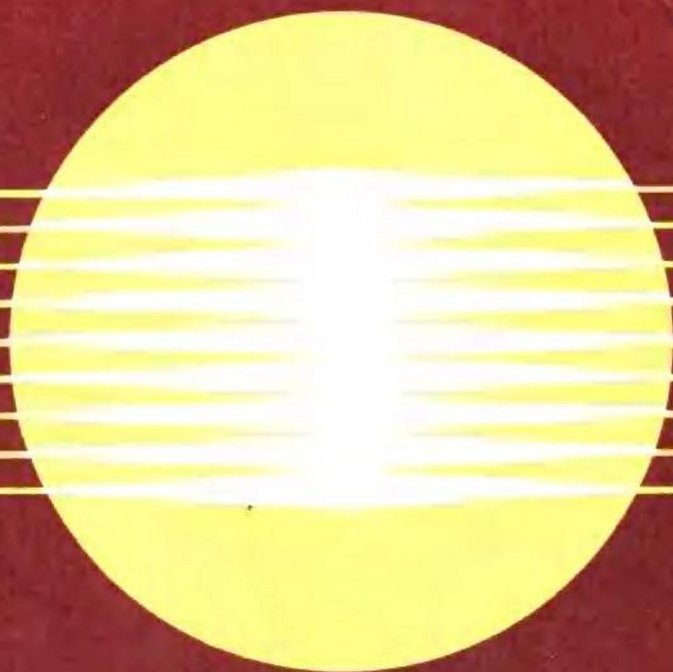


电气安全技术

(培 训 教 材)



四川省水利电力厅

四川科学技术出版社

92

责任编辑：王蜀瑶
王 晓

封面设计：吕小晶

版面设计：翁宜民

电 气 安 全 技 术

（培训教材）

四川省水利电力厅编

出版：四川科学技术出版社

印刷：资 中 县 印 刷 厂

发行：四川省新华书店

开本：787×1092毫米 1/32

印张：6.25 插页：

字数：137千

印数：1—45,110册

版次：1985年1月第一版

印次：1985年1月第一次印刷

书号：15298·78

定价：1.00元

前 言

为适应电气化事业的发展,满足供电部门、劳保监察部门以及工矿企业、农村电力系统的需要,我厅地方电力管理处陈小青、刘永兴、杨树良、巢农泉等四同志共同编写了这本《电气安全技术》,藉以帮助广大读者学习和掌握这方面的知识。

本书着重讲述了电气安全技术,并对涉及安全技术的电工基础知识、有关计算公式、触电急救法和设备材料的选型等作了适当的介绍。该书在内容上具有通俗易懂、联系实际等特点,适合于具有初中以上文化程度并从事电气工作和劳保监察工作的读者使用。

本书原为四川省劳动人事厅筹办的电气安全培训班讲义。试用中反映较好。这次出版,编者又广泛听取意见,进行了必要的勘校和修订。在编写过程中,又得到四川省劳动人事厅劳动保护监察处的大力支持和协助,在此表示衷心的感谢。书中缺点和错误在所难免,竭诚希望广大读者批评指正。

四川省水利电力厅

一九八四年七月

目 录

第一章 电气安全的基础知识

第一节	电流、电压和电阻·····	(1)
第二节	欧姆定律·····	(4)
第三节	对地电压、接触电压和跨步电压·····	(5)
第四节	串联和并联·····	(7)
第五节	电功率和电能·····	(8)
第六节	磁和电·····	(10)
第七节	交流电·····	(15)
	思考题·····	(21)

第二章 发、供、用电设备及其安全要求

第一节	交流发电机·····	(23)
第二节	电动机·····	(25)
第三节	电力变压器·····	(29)
第四节	互感器·····	(33)
第五节	高压开关·····	(37)
第六节	熔断器·····	(41)
第七节	低压开关·····	(46)
第八节	起动器·····	(52)
第九节	手持式电动工具·····	(57)
第十节	电焊机·····	(59)

第十一节	常用低压电器	(61)
第十二节	家用电器	(67)
第十三节	常用电工仪表	(68)
	思考题	(71)

第三章 输配电线路及其安全要求

第一节	架空线路设计的安全要求	(73)
第二节	架空线路施工的安全要求	(80)
第三节	架空线路的运行与维护	(83)
第四节	屋内配电线路的安全要求	(90)
第五节	地埋线	(95)
第六节	两线一地制高压送电	(96)
	思考题	(98)

第四章 接地和接零

第一节	保护接地	(99)
第二节	保护接零	(106)
第三节	接地装置和接零装置	(112)
第四节	对特殊设备接地接零的要求	(118)
	思考题	(121)

第五章 电气安全措施

第一节	电流对人体的伤害	(122)
第二节	保证电气安全的基本要素	(135)
第三节	供用电安全管理	(136)
第四节	保证电气安全的技术措施	(140)
第五节	电气安全用具	(148)

第六节	电气安全装置.....	(155)
	思考题.....	(161)

第六章 雷电、静电及其防护

第一节	雷电及其危害.....	(162)
第二节	防雷措施.....	(163)
第三节	防雷装置的安全要求.....	(171)
第四节	静电的危害及其防护.....	(174)
	思考题.....	(179)

第七章 电气防火和防爆

第一节	产生电气火灾和爆炸的原因.....	(180)
第二节	电气防火防爆措施.....	(181)
第三节	电气灭火知识.....	(191)
	思考题.....	(194)
	参考资料.....	(194)

第一章 电气安全的基础知识

第一节 电流、电压和电阻

一、电 流

电子沿着导体作一定方向的移动，称为电流。代表符号是“ I ”，度量单位是安培（A）。1安培即在一秒钟内流过 6.24×10^{18} 个电子。

1 安培（A）= 1000毫安（mA）

1 毫安（mA）= 1000微安（ μA ）

电流的实际方向是电子流动的方向，即从负极到正极。但习惯上仍然沿用以前的假定，即电流的方向从正极流向负极。

形成持续电流需要具备两个条件：一是要有电源（发电机、电池等）；二是电路必须闭合。

电流有交流和直流之分。方向不随时间变化的电流叫做直流。通常使用的直流电，实际上是大小与方向均不改变的恒定直流。电池、蓄电池、直流发电机等产生的电流是直流。大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流。交流发电机发出的电流是交流。当前工农业生产和民用的电，大都是指每秒钟按正弦规律变化50次的交流电。

二、电 压

电压又称电位差。当导线两端的电子具有不同的位能时就出现“电位差”，迫使电子移动，形成电流。所以电压可理解为推动电子流动的“压力”，代表符号“U”，度量单位是伏特（V）。1伏特就是1安培电流通过1欧姆电阻时所需要的“压力”。伏特也可称为伏。

$$1 \text{ 伏特 (V) } = 1000 \text{ 毫伏 (mV) }$$

$$1 \text{ 千伏 (KV) } = 1000 \text{ 伏特 (V) }$$

在电源的内部所产生推动电流的能力叫做电动势，或简称电势。代表符号是“E”。电势的单位和电压的单位相同，也是伏特。

三、电 阻

导体中阻止电流通过的阻力称为电阻，代表符号是“R”，计算单位是欧姆，简称为欧（Ω）。大电阻的计量单位用百万欧姆，简称为兆欧（MΩ）。

$$1 \text{ 兆欧 (MΩ) } = 1000 \text{ 千欧 (KΩ) }。$$

电阻的大小与导体的长短、截面大小、材料以及温度等有关。一般温度越高，电阻越大。

计算导体电阻公式为：

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

式中，R——导体电阻（欧）；

L——导体的长度（米）；

S——导体的截面（毫米²）；

ρ ——导体材料的电阻系数(欧·毫米²/米)。

电阻系数的大小由导体材料的性质所决定。电阻系数小,导电性能较好的物体称为导体,如银、铜、铝、铁、铅、锌等。电阻系数大,绝缘性能较好的物体称为绝缘体,如干燥的空气、玻璃、云母、橡胶、石棉、塑料、陶瓷、干木材等。

应该指出,物体的绝缘性能并不是固定不变的。在一定的条件下,绝缘性能也会发生变化。如果在绝缘体的两面加上一定电压,就会有微小的电流从绝缘体中流过,这种电流叫做泄漏电流。如果绝缘体承受的电压越高、绝缘体越潮湿,越不清洁,温度越高,则通过绝缘体或其表面的泄漏电流就越大。另外,空气在正常情况下是不导电的,但当带电体之间的距离很近或带电体之间的电压很高时,空气也能导电。如拉开关时,在触头间所产生的电弧就是空气导电的表现。当电压高到一定程度,绝缘体失去绝缘性能,使大量的电流通过绝缘体,这种现象叫做绝缘击穿。对于各种电气设备(变压器、电动机、开关和电工仪表等),各种安全工具(电工钳子、验电笔、绝缘手套、绝缘杆等),各种电工材料(绝缘电线、绝缘子等),制造厂都规定有一定的允许使用电压和使用条件,在使用时不得超过规定的数值,以防止发生事故。

由于绝缘体内部的杂质以及外部灰尘和水份的浸入,或因长期温度过高以及绝缘体变质等原因,绝缘性能会逐渐变差,这叫做绝缘老化。

为了保持电气设备的良好绝缘状况,电气设备应保持干燥和清洁,并应定期检修。使用安全用具前必须首先检查绝缘部分是否良好。

第二节 欧姆定律

一、电 路

图 1—1 表示一个简单的电路，它包括电源、负载、导线、开关四个部分。合上开关后，在电源电势的作用下，电流通过负载（如灯泡），灯丝就会发出光来。在这个电路里，电源是供给电能的，负载是消耗电能的，开关是控制电能的，导线是传送电能的。

在直流电路里，电流从电源的正极出发，经过导线和负载，再回到电源的负极，构成回路，这种电路叫做完全电路。负载和导线构成电路的一部分，叫做一段电路。

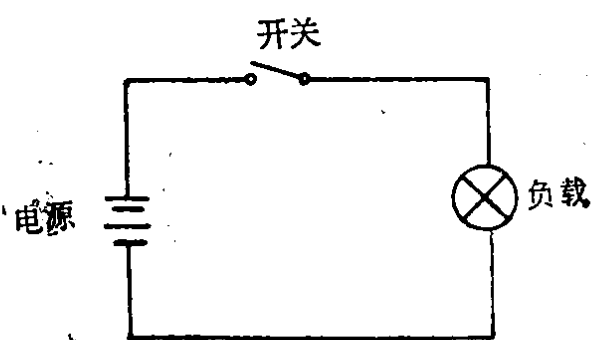


图 1—1 简单电路

二、一段电路的欧姆定律

实验证明，对于一段电路，如图 1—2 所示，电阻两端间的电压越高，通过电阻的电流越大；电阻越大，电流越小。这个关系叫做欧姆定律。公式表示为：

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

式中： I —— 电流（安）；
U —— 电压（伏）；
R —— 电阻（欧）。

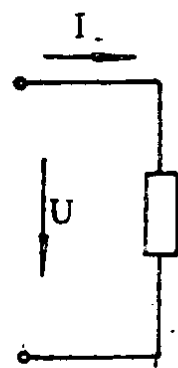


图 1—2 一段电路

三、完全电路的欧姆定律

在完全电路中，如图 1—1 所示。电动势、电流和电阻之间同样具有一定的规律，即电流的大小与电源的电动势成正比，而与电路中的总电阻成反比，这就是完全电路的欧姆定律，或称全电路欧姆定律。公式表示为：

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

式中： E——电源电动势（伏）；
R——外电路的负载电阻（欧）；
 r_0 ——电源的内电阻（欧）；
I——电路中流过的电流（安）。

大家知道，电源和负载是通过导线连接而构成回路的。若电源两端未经负载而直接连在一起，就叫做短路。发生短路故障时，由于电阻低于正常值，甚至接近于零。由欧姆定律可知，短路电流较之正常电流大很多倍，如果不加防止，就会烧坏电气设备，甚至造成人身事故。

第三节 对地电压、接触电压和跨步电压

如图 1—3 所示，电流 I_d 自管形金属接地体向大地四周散出。在离管体渐远处，地中电流逐渐减小，因而土壤各点的电位也相应降低。同时地面上各点的电位也对应地变化。图 1—4 表示接

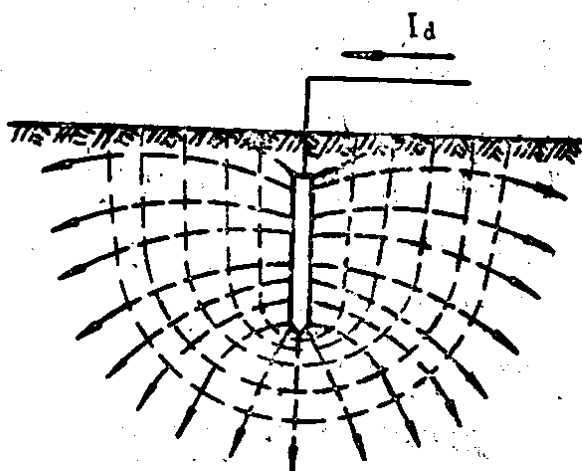


图 1—3 地中电流散流图

地体周围地面上的电位分布。接地体的电位是最高的。

由于接地导线电阻较小，因此电压降通常不大，这样可以认为接地电位等于接地体电位。

从图 1—4 可见，在离接地体 15~20 米处，地面电位已经极低，可以当作零。在接地电流影响区域之外的土壤，即可以认为其电位等于零，也就是电工学中所讲的地。

所谓对地电压就是某点至“零电位”处的电压。

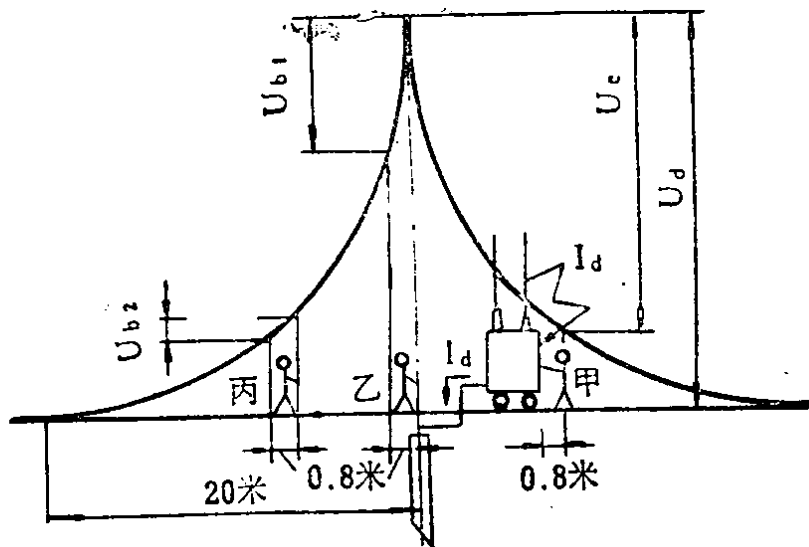


图 1—4 对地电压曲线

如图 1—4 所示，如果人体同时接触具有不同电压的两处，则在人体内有电流通过，人体即构成电流回路的一部分。这时，加在人体两点之间的电压差即所谓接触电压。图 1—4 中的甲，站在地上手部触及已漏电的变压器，接触部位对大地呈现电位差，大小等于漏电设备对地电压 U_d 与他所站立地点对地电压之差，即图上标出的 U_c 。 U_c 就是甲所承受的接触电压。

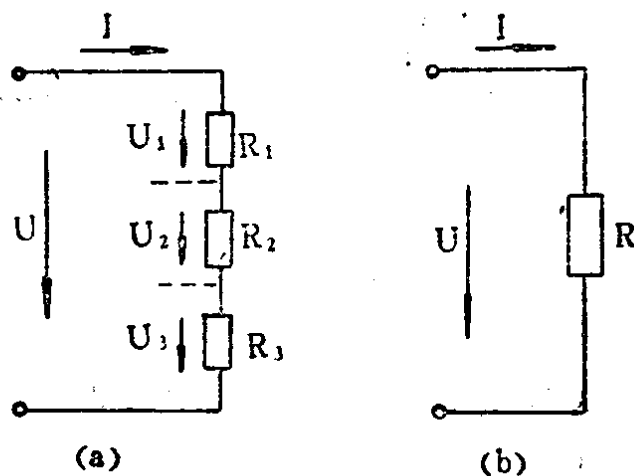
跨步电压系指人站立在地上具有不同对地电压的两点，在人的两脚之间所承受的电压差。跨步电压与跨步大小有

关。人的跨步一般按 0.8 米考虑；牲畜的跨步可按 1.0~1.4 米考虑。图 1—4 中所画的乙、丙二人都承受了跨步电压。乙正好处在接地体位置，承受了最大的跨步电压 U_{b1} ，丙离开接地体有一定的距离，承受的跨步电压 U_{b2} 较小。对于一般接地体，离开接地体 20 米以外，跨步电压接近于零。

第四节 串联和并联

一、串 联

将两个或两个以上电阻串接起来，使电流只有一条通路，称为电阻的串联，如图 1—5 (a) 所示，图 1—5 (b) 为其等效电路。



串联电路中 U 、 I 、 R

的数值，可按下式计算：

图 1—5 电阻串联的电路

$$U_{\text{总}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots \quad (1)$$

$$I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots \quad (2)$$

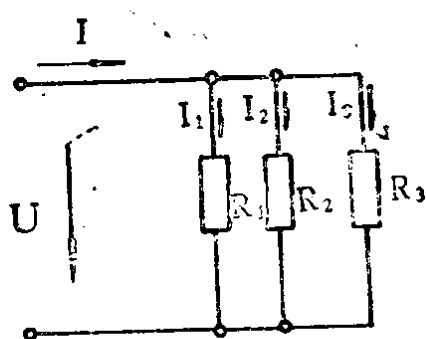
$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (3)$$

从以上三个公式可以看出串联电路的特点：

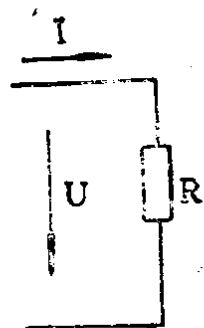
- (1) 总电压等于各段电路上电压之和；
- (2) 各个电阻上流过的电流相同；
- (3) 总电阻等于各串联电阻之和。

二、并 联

将两个或两个以上的电阻并排地联接起来，使电流有几条通路，称为电阻的并联。如图 1—6 (a) 所示，图 1—6 (b) 为其等效电路。并联电路 U 、 I 、 R 的数值，可按下式计算：



(a)



(b)

图 1—6 电阻并联的电路

$$U_{\text{总}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots \quad (1)$$

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (2)$$

$$R_{\text{总}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots} \quad (3)$$

从以上三个公式可以看出并联电路的特点：

- (1) 各分路（或叫分支）两端电压相等；
- (2) 电路中总电流等于各分路电流之和；
- (3) 总电阻为各个电阻倒数之和的倒数。

第五节 电功率和电能

一、电 功 率

单位时间内电流所作的功，叫做电功率。

电功率的大小与负载承受的电压、通过负载的电流有关，计算公式为：

$$P = U I$$

式中： P ——电功率（瓦）；

U——电压（伏）；

I——电流（安）。

瓦（用符号W表示）是测量小功率的单位。例如220伏的灯泡有15瓦、20瓦、40瓦、60瓦、100瓦等若干种。电动机的电功率比较大，通常用千瓦（KW）作单位。

在串联电路中，由于流经各负载的电流相同，各负载上的电压与电阻成正比，故各负载上的电功率与其电阻成正比。即

$$P = UI = (IR)I = I^2 R$$

在并联电路中，由于各个负载上的电压相同，流经各负载的电流与其电阻成反比，故各个负载的电功率与其电阻成反比。即

$$P = UI = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

二、电 能

电流在一段时间t内所作的功，叫做电能。计算公式为：

$$W = Pt$$

式中：W—电能（千瓦·小时或度）；

P—功率（千瓦）；

t—时间（小时）。

电能的单位是度。1度又叫做1千瓦·小时。电度的代表符号是KWh。电能可用电度表测量。

三、电流的热效应

电流通过导体时，由于电子在导体中不断发生碰撞，因此电能就不断地转变成为热能，使导体温度升高，这种现象

叫做电流的热效应。

电流通过导体产生的热量，与电流的平方成正比，与导体的电阻成正比，与通电的时间成正比。公式表示：

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

式中： Q ——电流产生的热量(卡) (1卡 = 4.184焦)；

I ——电流(安)；

R ——电阻(欧)；

t ——时间(秒)。

在工农业生产上，可以利用电流的热效应去做很多工作。例如可以选用电阻较大而且耐热的钨丝做灯泡的灯丝，用电热丝做电烙铁和电炉，用电流产生的热去干燥电动机和变压器等。但常需要把电流的热效应加以限制。因为温度升高，加速绝缘老化。

为了限制温度，制造厂通常规定出设备的允许电流。允许电流就是额定电流。设备在额定电流工作时叫做满载，超过额定电流工作时，叫做过载。因为电阻消耗的功率(转变成热)和通过电阻的电流的平方成正比，所以过载时温度上升得很快。短时过载不致使设备立即损坏，因为温度上升需要一定的时间，长期过载会大大缩短设备的使用寿命；如果过载太多，可能很快把设备烧毁。

通常把额定电压、额定电流、额定功率等写在设备的铭牌上，作为简单使用说明。

第六节 磁 和 电

一、磁的基本概念

能吸引铁、钴、镍的物体称为磁铁。

因为磁铁两端吸引力最强，磁性集中，故称磁铁两端为磁极。磁极分南极S，北极N。

磁铁的特性是同性相斥，异性相吸。

为了描述磁场的分布规律，引用了磁力线的概念。

如图1—7所示，磁力线的方向表示磁场的方向。磁力线的疏密表示磁场的强弱。

磁力线的特性是：磁力线在磁铁外部都是由北极出发，回到南极；而在磁铁内部则是由南极到北极。磁力线是闭合的曲线。

通过某垂直面积的磁力线的总数叫做磁通。常用 ϕ 表示。

通电导体周围存在着磁场，通常用右手螺旋定则来判断其磁场方向。

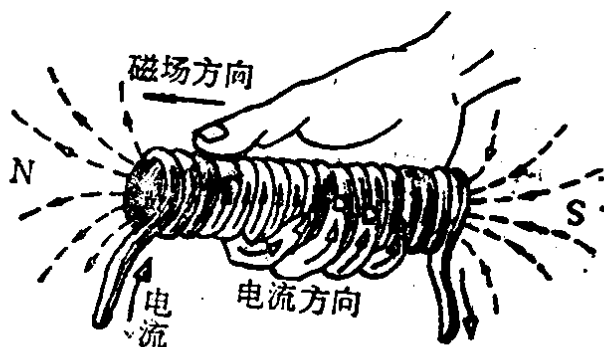


图1—9 判断线圈磁场的方向

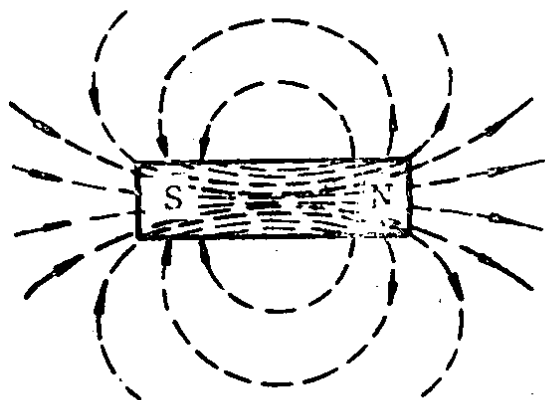


图1—7 条形磁铁的磁力线



图1—8 判断直导线磁场的方向

对于一根直导线，用右手握住导线，用拇指指着电流的方向，其余四指所指的方向就是磁场的方向。如图1—8所示。直导线磁场特点是：磁力线在导线四周成同心圆形状；愈近导