

TE ZHONG
ZUO YE AN

特种作业安全技术培训丛书

QUAN JI SHU PEI XUN CONG SHU

电工安全作业技术



青岛出版社

责任编辑 肖作贤
张化新
封面设计 陈正瑜

书 名 电工安全作业技术
作 者 青岛市劳动局 编
出 版 青 岛 出 版 社 (青 岛 市 徐 州 路 77 号)
发 行 刷 山东人民印刷厂
印 版 次 1988年1月第1版
1989年4月第2次印刷
规 格 32开 (787×1092毫米)
13.5印张 250千字
印 数 60001—100200
标准书号 ISBN7—5436—0145—1/TB·7
定 价 3.70元

《特种作业安全技术培训丛书》编委

主任：刘鹏贤

副主任：邹德远 朱心荣

委员：沈文正 王洪光 曲世惠 孔勇

薛瑞武 陆福庆 钟济民 黄坚

谷玉贵

前 言

为了适应从事特种作业人员的安全技术培训、考核工作的需要，进一步提高其安全技术素质，实现安全生产，提高经济效益，青岛市劳动局组织了《特种作业安全技术培训丛书》编委会，依据国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》，指导各专业考核委员会进行培训丛书的编写工作。

《电工安全作业技术》一书着重介绍电气值班和操作人员从事本作业时必需的安全技术知识，对各种电气设备进行了比较详细的阐述，明确其结构、工作原理、正确操作程序和安全防护措施，书末还附有适量的复习题。它适用于电气作业人员的安全技术培训和自学，也可作为电气管理人员的工作参考书。

本书由青岛市电工安全技术考核委员会编写，王堪、曲世惠同志任主编，参加编写的还有任立文、候平川、杨律德、杜锡平、肖雷、陈树奉、王怡范、王穆轸、高友选、金克谋等同志，并由朱心荣、沈文政、曲世惠、高学义等同志审定。编写过程中，得到了山东省劳动局、山东省劳动保护科学技术研究所和青岛电业局等有关单位的大力支持与帮助，在此一并致谢。

由于水平有限，可能有疏漏之处，敬请读者指正。

编 者

1987年12月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 电的基本概念.....	(1)
第二节 直流电路.....	(9)
第三节 电磁和交流电的基本概念.....	(25)
第四节 单相交流电路.....	(32)
第五节 三相交流电路.....	(45)
第六节 晶体管.....	(56)
第二章 用电人身安全	(69)
第一节 电流对人体的危害.....	(69)
第二节 影响触电危险程度的因素.....	(70)
第三节 几种可能的触电方式.....	(73)
第四节 移动式电器及低压触电保护装置.....	(78)
第五节 触电急救.....	(81)
第三章 电气设备的安全保护	(89)
第一节 保护接地.....	(89)
第二节 保护接零.....	(93)
第三节 接地装置的安装	(100)
第四节 接地电阻的测试	(111)
第五节 接地装置的运行	(113)
第四章 防雷保护	(116)
第一节 雷电的形式及其危害	(116)

第二节	防雷设备	(118)
第三节	防雷措施	(127)
第五章	电气安全用具	(133)
第一节	基本安全用具	(133)
第二节	辅助电气安全用具	(135)
第三节	携带型电压、电流指示器	(137)
第四节	携带型接地线、隔离板、遮栏和各种 安全工作牌	(141)
第五节	防御灼伤的安全用具	(143)
第六节	登高作业安全用具	(144)
第七节	安全用具的试验	(145)
第六章	电气防火和防爆	(147)
第一节	危险物品	(148)
第二节	危险场所分类	(150)
第三节	电气火灾和爆炸的原因	(152)
第四节	防火防爆措施	(156)
第五节	电气灭火常识	(165)
第七章	静电安全	(167)
第一节	静电的产生	(167)
第二节	静电的危害	(170)
第三节	消除静电危害的措施	(171)
第八章	电气安全措施	(177)
第一节	通用技术措施和组织措施	(177)
第二节	电气安全工作的基本要求	(182)
第三节	保证安全的组织措施	(187)
第四节	保证安全的技术措施	(194)

第五节	带电作业	(202)
第九章	高压开关操作的安全技术	(209)
第一节	操作隔离开关的安全技术	(209)
第二节	操作断路器的安全技术	(213)
第三节	倒闸操作的一般程序	(215)
第十章	变压器	(219)
第一节	变压器的工作原理	(219)
第二节	变压器的构造	(222)
第三节	变压器的技术参数	(227)
第四节	变压器的允许运行方式	(229)
第五节	变压器运行中的维护与检查	(232)
第六节	变压器故障的主要原因及防止措施	(235)
第七节	变压器的事故分析与处理	(242)
第八节	特殊变压器	(250)
第十一章	互感器	(254)
第一节	电流互感器	(254)
第二节	电压互感器	(258)
第三节	互感器的运行维护与事故处理	(261)
第十二章	并联补偿电容器	(266)
第一节	移相电容器的用途及安全要点	(266)
第二节	移相电容器的容量选择	(267)
第三节	电容器的结线方式	(268)
第四节	电容补偿装置的运行与维护	(271)
第十三章	高压配电装置	(279)
第一节	工厂变配电所的类型和接线图	(279)
第二节	高压熔断器	(280)

第三节	高压隔离开关	(284)
第四节	高压负荷开关	(288)
第五节	高压断路器及其操动机构	(290)
第六节	高压开关柜	(297)
第十四章	电工测量	(300)
第一节	电流和电压的测量	(300)
第二节	功率和电能的测量	(304)
第三节	电阻的测量	(311)
第四节	万用电表的应用	(317)
第十五章	继电保护装置	(320)
第一节	继电保护装置的选用	(321)
第二节	继电保护装置的原理与展开图	(325)
第十六章	电力线路	(331)
第一节	架空线路的构成	(331)
第二节	架空线路的运行和维护	(336)
第三节	架空线路的测量试验	(339)
第四节	架空线路季节性事故的预防	(341)
第五节	电缆线路	(343)
第六节	电缆线路的运行和维护	(347)
第七节	电缆线路的事故预防	(352)
第十七章	低压配电装置	(357)
第一节	低压保护电器	(357)
第二节	低压控制电器	(362)
第三节	主令电器	(373)
第十八章	电动机	(376)
第一节	三相异步电动机的铭牌	(376)

第二节	异步电动机的构造与原理	(379)
第三节	异步电动机的选择与起动	(384)
第四节	电动机的运行与维护	(390)
第五节	电动机的主要故障与处理	(398)
第十九章	照明	(405)
第一节	照明方式和一般要求	(405)
第二节	导线的选择要求	(409)
第三节	开关、插座的安装要求	(409)
第四节	安全电压	(410)
复习题	(412)

第一章 电工基础知识

第一节 电的基本概念

一、电荷

自然界中一切物质都是由分子组成的，分子是由原子组成的，原子是由原子核和电子组成的，这些电子沿着一定轨道绕原子核不停地运动。原子核带正电荷，电子带负电荷，原子核所带的正电荷与电子所带的负电荷数量相等，正负电荷的相互作用使整个原子不显电性。这就是说，一般情况下，物体内正电荷的总量和负电荷的总量相等，不呈现带电的特性。

当物体由于某种原因使电子增多或减少时，物体内的正负电荷的总量不再相等，这时物体就显出电性。摩擦起电就是使物体带电的最简单的例子，当两种不同材料的物体互相摩擦时，一种物体要失去电子，另一种物体要得到电子，失去电子的物体带正电，得到电子的物体带负电。

由此可见，物体带电是由于失去或得到电荷造成的。电荷是物质的属性，它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，这叫做电荷守恒定律。

我们通常把物体所带电荷数量的多少叫做电量，用 $Q(q)$ 表示，并取库仑做电量的单位。1库仑的电量为 6.25×10^{18} 个电子所带的电量。

二、电场

通过摩擦生电的实验表明，带有正负电荷的两个物体之间有力的作用，而且同性相斥，异性相吸。这是因为在带电体周围存在着电场。电场的主要特性是对处于电场中的电荷产生作用力，称之为电场力。电场的强弱可由电荷在电场中受力的大小来表示。同一电荷，在电场中受力大的地方电场强，而受力小的地方电场弱。实验证明，靠近产生电场的带电体的地方电场强；离带电体越远，电场越弱；而且带电体所带电量越多，它周围的电场也越强。

电场的方向为处于电场中的正电荷“ $+q$ ”所受力 F 的方向。电场的强弱用电场强度衡量，电场强度的常用单位是伏/米。

三、电流

接通电源以后，电气设备才能工作，如合上电源开关，电动机立即就转动起来。这是因为在电动机中有电流通过的缘故。

电流是电荷的定向移动。

电流可以由自由电子定向移动形成，也可以由其它带电微粒的定向移动形成。

电流是用肉眼看不见的，但它的各种表现是可以被觉察到的。我们知道，照明用的灯泡，其照度大小不同，发光的强弱也不同。这是因为通过灯泡的电流大小不同，在灯泡内所做的功不一样的缘故。那么如何来决定电流的大小呢？

电流强度就是用来表示电流大小的一个物理量，电流强度简称电流，用 I 表示。电流强度就是在电场的作用下，单位时间通过导体截面的电量。

设在时间 t 内通过导体截面 S 的电量为 Q ，则电流强度为

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

电流的单位是安培，简称安，用 A 表示。如果每秒钟内通过导体截面的电量为1库仑，则通过该导体的电流是1安。在计算大电流时，常以千安（ kA ）为单位，计算小电流时，常以毫安（ mA ）或微安（ μA ）为单位。它们的换算关系如下：

$$1 \text{ 千安} = 10^3 \text{ 安}$$

$$1 \text{ 毫安} = \frac{1}{1000} \text{ 安} = 10^{-3} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 微安} = \frac{1}{1000} \text{ 毫安} = 10^{-6} \text{ 安}$$

电流的大小可以用电流表来测量，我们常用的电灯，电流一般在 $0.1 \sim 0.5$ 安之间，而大型电动机的电流可达几百安。当电力系统发生短路时，其短路电流可达数十千安。如果有 0.05 安的电流通过人体的心脏，就要危及生命，因此在工作中要注意安全用电。

电流是有一定方向的。人们开始发现电流的时候，认为是正电荷在运动，所以规定正电荷运动的方向为电流方向，即规定的正方向与电子运动的方向刚好相反。

在我们日常生活、工作中常用到的电流有直流和交流两种。电流的大小和方向不随时间变化的叫直流。如手电筒、半导体收音机及发电厂的事故照明和发电机的励磁等用的是直流电。电流的大小和方向随时间变化的称做交流。目前工农业生产和人们生活中广泛用的是交流电，有些直流电也是

由交流电经整流得到的，一般发电厂发出的电都是交流电。

四、电压与电位

导体中形成电流的内在因素是导体内有自由电子，而外界因素则是导体两端存在电场。电场对电子产生作用力，使电子产生定向移动。不同的电场对电子产生的作用是不同的，我们常用电压这个物理量来表示电场对电荷作用的大小。

1. 电压

设有两个带电体A、B，并分别带有异性的电荷（A带正电、B带负电）形成电场。当用导体把这两个带电体连接起来后，在电场的作用下，正电荷则沿着电场力的方向由A向B运动，如图1—1所示。

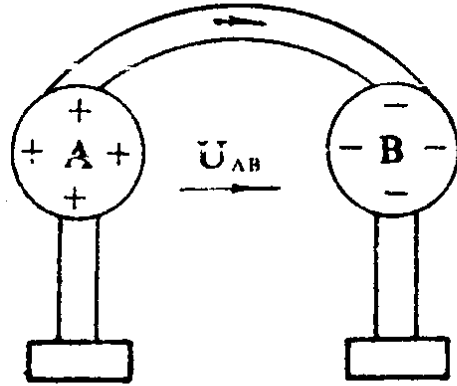


图 1—1 正电荷在导体中的运动

如果电场力将电量为Q的电荷从A移到B所做的功为 W_{AB} ，那么A、B间的电压为

$$U_{AB} = \frac{W_{AF}}{Q} \quad (1-2)$$

即电压是电场力移动单位正电荷所做的功。

式(1—2)中，如果电场力所做的功 W_{AB} 的单位为焦耳，电量Q的单位为库仑，则电压 U_{AB} 的单位是伏特，简称伏或用V表示。

照明电压通常为220伏，手电池的电压只有1.5伏，对于高压，常用千伏(kV)做单位，电压很低时，用毫伏(mV)做单位。它们之间的关系是：

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏} = 10^3 \text{ 伏}$$

$$1 \text{ 毫伏} = \frac{1}{1000} \text{ 伏} = 10^{-3} \text{ 伏}$$

2. 电位

在分析电子电路时，常用到电位这个概念，以便分析各点之间的电压。如果在电路中任选一参考点，令其电位为零（工程中常选大地为参考点），则电路中某一点的电位就等于从该点到参考点之间的电压。如将电位用 φ 表示，则任一点A的电位为

$$\varphi_A = U_{A0} \quad (1-3)$$

某点电位实际上就是某点对参考点的电压。因此它的单位也是伏特。在电场中任意两点的电位之差，就等于这两点间的电压。即

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = U_{A0} - U_{B0} \quad (1-4)$$

所以，电压也称为电位差。我们把电位相等的点叫作等位点，把各点电位相等的物体称为等位体。

五、电源与电势

1. 电源

电源实质上是一种能量的转换装置，即将其它形式的能转换为电能的一种设备，如发电机、干电池和蓄电池等。各种电源都具有一个共同点，就是能在电源内移动电荷，使得一个极具有一定量的正电荷，另一个极具有一定量的负电荷，这样就在两极之间形成电场，产生了电位差。电源内部这种能移动电荷的作用力称为电源力。图1—2为电源工作的示意图，电源力能够不断地将正电荷从负极移到正极，从而保持了两极之间的电位差，使电流在电路中持续不断地流通。

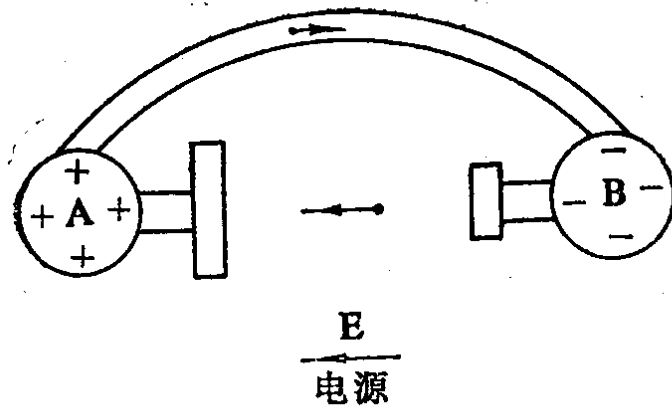


图 1—2 电源工作示意图

2. 电动势

电源的电动势（简称电势）就是电源力将单位正电荷由电源负极移到正极所做的功，常用 E 表示。如图 1—2 所示，当电源力将正电荷 Q 从负极 B 经电源内部移到正极 A 所做的功为 W_{BA} 时，则电源的电动势为

$$E = \frac{W_{BA}}{Q} \quad (1-5)$$

其中 W_{BA} 的单位是焦耳， Q 的单位是库仑，故 E 的单位与电压相同，也用伏特表示。

电动势的方向为电源力移动正电荷的方向，即由低电位指向高电位。

一般将电势的大小和方向不随时间变化的电源，叫做直流电源。如干电池、蓄电池和直流发电机等都是直流电源。电势的大小和方向均随时间变化的电源，称为交流电源。如交流发电机就是交流电源。

六、电阻、导体和绝缘体

1. 电阻

电流通过导体时会受到阻力的作用,这种阻力叫做电阻,用R表示。

电阻的单位是欧姆,或用欧(Ω)表示。大电阻常用千欧($k\Omega$)或兆欧($M\Omega$)做单位。它们的换算关系如下:

$$1 \text{ 千欧} = 1000 \text{ 欧} = 10^3 \text{ 欧}$$

$$1 \text{ 兆欧} = 1000 \text{ 千欧} = 10^6 \text{ 欧}$$

实验证明,导体电阻与导体长度成正比,与导体截面积成反比,还与导体的材料有关。不同材料的导电能力不同,因而电阻的大小也就不同。因此,导体电阻可由下式计算,即

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

式中R 导体电阻(欧);

L 导体长度(米);

S 导体截面(毫米²);

ρ 电阻率(欧·毫米²/米)。

电阻率 ρ 表示长度为1米,截面是1平方毫米的导体所具有的电阻值。不同材料有不同的电阻率,几种常用电工材料的电阻率可由表1—1查得。

由表1—1可见,银、铜、铝的电阻率较小,它们都具有良好的导电性能。由于银较贵重,不宜大量使用,因此应用较广泛的导电材料是铜和铝。如高压输电线大都采用钢芯铝绞线。

电阻的倒数称为电导,即 $G = \frac{1}{R}$ 。电导是与导电能力有关的参数。电导的单位为西门子,简称西(S)。

几种常用材料的电阻率

表1—1

材 料	电 阻 率 (欧·毫米 ² /米)	材 料	电 阻 率 (欧·毫米 ² /米)
银	0.0165	钨	0.055
铜	0.0175	镍铬合金	1.5
铝	0.0283	硬橡胶	1×10^{22}

2. 导体和绝缘体

物体按其导电性能大致可分为导体、绝缘体和半导体三类。导体具有良好的导电性能，导体材料的电阻率一般在 $10^{-2} \sim 1$ 欧·毫米²/米范围内，金属材料大部分为良导体。如银、铜和铝等。

通常将导电能力非常差，电流几乎不能通过的物体称为绝缘体。绝缘体的电阻率一般在 $10^{12} \sim 10^{22}$ 欧·毫米²/米范围内。所以一般认为绝缘体是不能导电的。电工常用的绝缘材料有橡胶、塑料、云母、陶瓷、油类、石棉及干燥的木材等。

绝缘材料因长时间受温度、湿度和灰尘的影响而使绝缘性能下降，这种现象叫做绝缘老化。绝缘材料老化后，由于绝缘强度的降低，可能在电气设备运行中造成绝缘损坏（或称为绝缘击穿），影响设备的正常工作。运行中的电气设备都要定期检查绝缘强度，以保证运行安全。

此外，还有一类材料，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，称为半导体。这一类材料有硅、锗、硒等。半导体材料在电子工业中有广泛的应用，如半导体二极管、晶体三极管及可控硅等元件都是由半导体材料制成的。