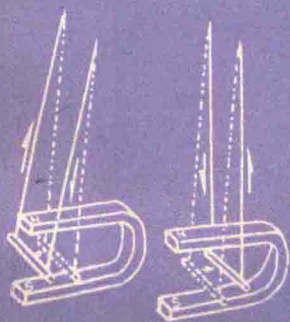


建筑安装工人技术培训教材

建筑电工

辽宁省建筑工人技术培训教材编委会主编



辽宁科学技术出版社

建筑安装工人技术培训教材

建筑电工

(初级本)

辽宁省建筑工人技术培训教材编委会主编

辽宁科学技术出版社

一九八四年·沈阳

编著 沈其荣

审稿 赵云庆

绘图 李 杰

建筑安装工人技术培训教材

建 筑 电 工

Jianzhu Diangong

辽宁省建筑工人技术培训教材编委会主编

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 沈阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 5 1/8 字数: 110,000
1984年11月第1版 1984年11月第1次印刷

责任编辑: 周振林 封面设计: 曹太文

印数: 1—104,000

统一书号: 15288·116 定价: 0.51元

编 者 的 话

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，广泛开展职工教育和工人技术培训，我省建筑工程局组织了有实践经验和教学能力的工程技术人员编写了这套建筑安装初级工人技术培训教材。其中包括《建筑识图》、《建筑力学》、《建筑电工》、《木工工艺学》、《抹灰工工艺学》、《砖瓦工工艺学》、《安装铆工工艺学》等，从一九八四年末陆续出版发行。

这套教材是以初中文化程度的二、三级青年工人为主要对象，以国家建设部一九八三年五月颁发的《建筑安装工人初级技术理论教学计划和教学大纲（试用）》为依据，又参照了原国家建工总局制订的《工人技术等级标准》，本着“学用结合”的精神编写的。在内容的安排上注意了通俗易懂，密切联系实际；从基础理论开始，又有操作知识；由浅入深，比较系统，适合工人初级技术补课，也适合有关工种工人及就业前人员的技术培训，可以作为省内建工系统工人技术培训的教材。

由于我们初次组织编写，时间紧迫，缺乏经验，教材中可能会有不妥之处，望读者批评指正。

辽宁省建筑工人技术培训教材编委会

一九八四年五月

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电的基本概念	1
一、电荷与电场	1
二、电路与电流	4
三、电位、电压与电源电动势	7
四、导体与电阻	11
五、欧姆定律	16
六、电功、电功率	19
七、电路的连接	22
第二节 磁的基本概念	27
一、磁的一般性质	27
二、磁场与磁力线	28
三、电与磁的关系	30
练习一	41
第二章 交流电的基本概念	46
第一节 什么叫交流电	46
第二节 交流电的周期与频率	50
第三节 交流电的瞬时值、最大值与有效值	51
第四节 交流电的相位与相位差	54
练习二	57
第三章 三相交流电和三相交流电路	58
第一节 三相交流电源	58

一、什么是三相交流电.....	58
二、三相对称电动势的产生.....	59
三、三相四线制供电.....	61
第二节 单相负载	64
一、白炽灯负载.....	64
二、日光灯负载.....	73
第三节 三相负载	80
一、三相负载接入三相电源的原则、方法和条件.....	80
二、负载星形连接的三相电路.....	82
三、负载三角形连接的三相电路.....	90
第四节 电度表	94
一、电度表的基本结构和工作原理.....	94
二、电度表的接线方法.....	95
三、电度表安装和接线时应注意的问题.....	98
练习三	99
第四章 感应电动机与变压器.....	102
第一节 电动机	102
一、电动机的种类.....	102
二、感应电动机的构造.....	103
三、感应电动机的工作原理.....	105
四、感应电动机的铭牌.....	109
五、感应电动机的维护和常见故障.....	113
第二节 变压器	115
一、变压器的构造.....	116
二、变压器的工作原理.....	118
三、变压器的种类.....	120
四、变压器的常见故障及维护.....	123
第三节 电焊机、点焊机及对焊机.....	124
一、电弧焊原理.....	125

二、电弧焊电源的特性.....	126
三、电弧焊变压器的使用及保养.....	126
练习四.....	129
第五章 安全用电	130
第一节 人体与触电.....	130
一、电流对人体的危害.....	130
二、触电事故发生的原因.....	131
三、触电的规律.....	132
四、触电的种类.....	133
五、触电的形式.....	134
六、触电的路径.....	136
第二节 安全电压.....	137
第三节 触电的急救与预防.....	139
一、触电急救.....	139
二、触电的预防.....	145
第四节 保护接地与保护接零.....	146
一、工作接地.....	147
二、保护接地.....	147
三、保护接零.....	150
第五节 防雷常识.....	152
练习五.....	154
附：教学计划和教学大纲.....	155

第一章 电工基础知识

在日常的生活和生产中，电的应用是非常普遍的。例如，用电灯来照明，用电扇来通风、降温，用电炉来加热；在土建施工中一些施工机具，如搅拌机、振捣器、打夯机、空气压缩机、电锯、水泵、水磨石机等等，大多是用电动机来带动、用电能来工作的。它们通过一定的电器设备，把电能转变成光能、热能或机械能来照明或做工。总之，要想使电能够造福于人类，能够更好地为人民服务，我们就必须学习它，认识它，掌握电的特性与基本规律。

那么，电的本质是什么？它具有哪些基本的性质？这些知识都是我们应当掌握的。

第一节 电的基本概念

一、电荷与电场

(一) 电荷

究竟什么是电？电是实物的一种属性。

很早以前人们就发现了摩擦生电这个物理现象。例如用毛皮摩擦硬橡皮，它们能吸引小纸屑，这个现象说明这些物体带了电。这种带电的物体叫做带电体。物体摩擦所产生的电，积聚在物体表面静止不动，这种电叫做静电。物体为什

么会带电呢？要说明这个问题，必须从物质的结构谈起。

我们知道，自然界的一切物质都是由分子微粒构成的；而分子是由更小的原子微粒组成的。原子又是由带正电的原子核和围绕原子核按一定轨道运动着的带负电的电子所组成。原子核则是由带正电的质子和不带电的中子组成。图1表示氢原子、氮原子和锂原子的电结构。“+”号表示正电，“-”号表示负电。我们把这些组成物质的无数带电微粒（如质子、电子）称做电荷。

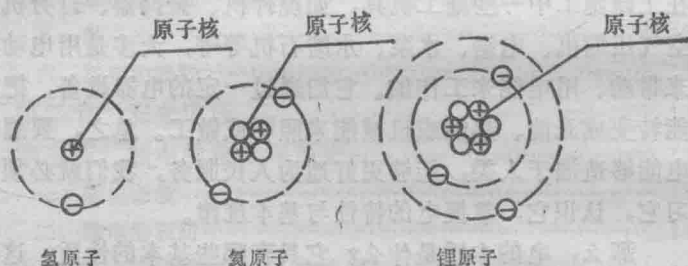


图1 原子的电结构

在通常情况下，原子核所带正电的总量，等于核外电子所带负电的总量，物体对外不呈现电的性质，这种状态叫做中和（中性）。但是，中性物体受某种外界作用，失去或得到电子时，物体对外界就会呈现出电的性质。物体失去电子时，物体中的正电就会多于负电，物体对外便显示带正电。当物体得到电子时，物体中的负电就会多于正电，对外就显示带负电。毛皮和硬橡皮摩擦后，它们的温度升高，分子和原子的热运动增强，毛皮失去电子而带正电；硬橡皮得到电子而带负电。

正、负电荷是固有的物质，既不能被创造，也不能被消灭，只能在一定条件下从一个物体转移到另一个物体，这叫

做电荷守恒定律。

除了摩擦之外，其它作用也能使物体的正、负电荷分离而带电。例如，干电池借助于化学作用在两个电极上分别聚集正、负电荷。

物体所带的电荷多少叫做电量（用 Q 或 q 表示）。电量的实用单位是“库仑”。电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷，它们的电量的绝对值是相等的，从测量电子电量的实验得出，一个电子的电量等于 1.60×10^{-19} 库仑。一库仑约等于 6.25×10^{18} 个电子所带的电量。

（二）电场

我们知道，两个带电体之间有互相排斥或吸引的作用，它表明两个带电体之间有一定的作用力。可是，两个带电体并没有直接接触，它们之间的作用力是用什么物质作媒介呢？它们之间的相互作用力又是怎么产生的呢？人们在长期实践中认识到，带电体（或电荷）周围存在着一种叫做电场的特殊物质（是一种不依赖于人们的感觉而客观存在的东西），带电体之间的相互作用就是通过电场进行的，电场最基本的特性是它对放入其中的电荷发生力的作用。例如有甲、乙两个带电体，带电体甲所产生的电场使带电体乙受力，带电体乙所产生的电场使带电体甲受力，于是带电体甲、乙之间产生了作用力。

电场中作用在电荷上的力，叫做电场力。电场力的大小，不仅与带电体所带电量的多少成正比，而且还与电荷所处的电场强弱有关。若电场中某一点的电荷的电量为 q ，电场施加给它的电场力为 F ，则比值 F/q 即表示该点电场的强弱。我们把比值 F/q 叫做电场强度，简称场强，用字母 E 表示，即

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-1)$$

电场强度的单位是牛顿/库仑。电场强度既有大小，又有方向。电场强度的方向跟正电荷在该点所受电场力的方向相同，跟负电荷所受电场力的方向相反。

若在电场的某一区域内各点的电场强度的大小和方向都一样，这个区域的电场叫做均匀电场。

电场是一种看不见的物质。

二、电路与电流

(一) 电路

电路就是电荷流动时所经过的路径。直流电通过的电路称“直流电路”，交流电通过的电路称“交流电路”。我们常见的电气设备如电灯、收音机、电动机等，都是用导线把它们与电源连接起来构成电路的。最简单的电路由一个电源（电池、发电机等）、一个负载（电灯、电动机等）、一个开关和导线四个部分组成。

电源：是电路中供给电能的设备，它在电路中的作用是将其他形式的能量如化学能、光能、机械能等转换为电能。常用的电源有电池、发电机等。

负载：是各种用电设备的总称，它在电路中的作用是取用电能，把电能转换成其他形式的能。如电灯是由电能转换成光能；电动机是把电能转换成机械能；电炉是把电能转换成热能等等。

导线：导线也叫电线，它起着传导电流的作用，把电源的电能输送给负载并构成电路的回路。常用的导线是用铜线和铝线做成的。

开关：它是作为接通、切断或作线路转换之用。电路已接通的状态叫做闭路或通路；电路切断的状态叫做开路或断路。通常把电源内的电路叫做内电路，而把导线、开关和负载叫做外电路，外电路中的一部分叫做一段电路。

图2是最简单的电路原理图。在工程上为了把电路各个组成部分的电的关系简明突出地表现出来，常把电路的实际结构图简化成电路原理图，用国家规定的电力系统图形符号来表示。但电路原理图并不反映电路的几何尺寸和各元件的位置形状，仅突出表示电路中各元件的电的关系。根据电路原理图可以很方便地了解电路的连接方法和各元件的作用，便于分析研究问题，便于进行安装、检修和调试工作。

（二）电流

在电路中，电荷有规则的运动叫做电流。

电流虽然看不见，但是能用电流表测量出来，也可以由负载做功得到证实。

如灯泡发光，电动机转动等都可以说明电路中有电流通过。那么电流究竟是怎样形成的呢？产生电流必须同时具备两个条件：第一，要有可以移动的电荷；第二，要有能使电荷作定向移动的电场。电路在没有接通电源以前，导线中的自由电子运动得很紊乱，很不规则，没有统一的方向，不能形成电流。只有接上电源，在导线中产生电场，在电场力的作用下使导线中的自由电子有秩序地定向移动，才能形成电流。导线里的自由电子又是怎样

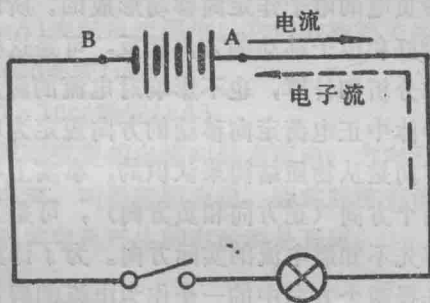


图2 最简单的电路

移动的呢？它们是在电场力的作用下进行定向移动的；移动速度并不快，但电场传播速度进行得非常快。所以在电路合上开关以后，在电线中就立刻产生了电流。也就是说，只有在闭合电路中才会有电流。

应当注意，电源本身并没有大量的电子，它的作用仅仅是产生电场力促使电子运动的。这一点和水泵的作用很相似，在水泵里也没有装着大量的水，它只是起着把水从水泵的入口吸上来，再从水泵的出口排出去的作用。

关于电流的方向，人们最初不知道在导体中哪种电荷会移动，就把正电荷定向移动的方向规定为电流的方向。后来才知道，在金属导体中带正电的原子核并不移动，电流是由带负电的电子作定向移动形成的。所以原来规定的电流方向恰好和电子移动的方向相反，可是这样规定并不影响对电流的分析和计算，也不影响对电流的测量，所以现在仍把金属导体中正电荷定向移动的方向规定为电流的方向。上述电流方向是从物质结构来认识的，事实上电流沿导线流动只能有两个方向（正方向和负方向），可是人们在工程实际中往往事先不知道电流的实际方向。为了计算上的方便，可以任意选择两个方向中的一个作为电流的假定正方向，简称正方向，用箭头标在电路中，如图2所示。电流的实际方向可能与选定的正方向一致，也可能相反。实际方向和正方向一致时，电流为“+”，相反时，电流为“-”。这种规定在分析复杂电路时是非常必要的。电流的正与负是针对任意选定的正方向讲的。同一个电流，由于正方向选择的不同，电流的数值就有正、负之别。所以离开正方向谈电流的正、负是没有意义的。

衡量电流大小的量也叫电流强度。它是以流过导体横截

面的电量 q 和所用的时间 t 之比来度量的，可用下式表示

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

式中 I —— 电流，单位是安培，用字母 A 表示；

q —— 流过导线横截面的电量，单位是库仑，简称库，用字母 C 表示；

t —— 表示时间，单位是秒，用字母 s 表示。

如果在单位时间（1秒钟）内通过导线横截面的电量是1库仑，则此电流就是1安培。即

$$1 \text{ 安} = \frac{1 \text{ 库}}{1 \text{ 秒}}$$

电流的实用单位除了安(A)以外，在工程上有时用“毫安”(mA)、“微安”(μA)表示电流强度。它们的换算关系是

$$1 \text{ 安 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 (μA)}$$

电流方向不随时间而改变的电流叫做直流电；方向和大小都不随时间改变的电流，叫做稳恒直流，通常简称直流。干电池、蓄电池、直流发电机产生的电流都是直流。

三、电位、电压与电源电动势

(一) 电位

我们知道，水库的水位比下游的水位高，打开水库的闸门以后，水就会从水库流向下流。如果在闸门的下面装上水轮发电机，水可以推动水轮发电机发电。带电体也有电位高低的差别。但是电位和水位有原则上的区别。水位的高低是以海平面作为比较水在空间位置高低的标准。

电位的高低和带电体的空间位置没有关系。在电场中，

当我们把正电荷逆着电场方向从一点移动到另一点的时候，这就是使正电荷克服电场力去作功，这时电荷获得的位能，叫做电位能。电荷在电场中任何点都具有一定的位能。电荷 q 在电场中某点仍具有的位能为 W 时，比值 $\frac{W}{q}$ 称为该点

的电位，通常用希腊字母 φ 表示。电场中某点的电位在数值上等于单位电荷在该点所具有的电位能。

为确定电场中各点电位的高低，必须选择一个参考点作为比较的标准，即任意选定电路中某一点的电位为零。通常选择大地的电位作为零电位。如果把电动机的外壳接地，电动机外壳的电位就是零；对于电子仪器，常以金属外壳作为公共接地点，所以常取仪器的金属外壳的电位为零电位。

电位的参考点是可以任意选择的。参考点选得不一样，电场中各点的电位也跟着变化，但是两点之间的电位差是不变的。

电路中某点的电位越高，就表示单位电荷在该点所具有的位能越大。高于参考点的电位叫做高电位或正电位；低于参考点的电位叫做低电位或负电位。对于同一个带电体，带正电荷越多，电位就越高；带负电荷越多，电位就越低。地球是一个巨大的导体，给它增加或减少一些电荷，也不会觉察它的带电现象，这是因为地球的体积太大的缘故，所以通常选择大地为电位的参考点。

（二）电压

电场中任意两点之间的电位差就是这两点之间的电压。好象水从水位高的地方流向低的地方，是由于水受到地球的引力，或者说因为两地之间有水位差（也叫水压）。电流从高电位点流向低电位点是由于电荷受到电场力的作用，或者

说因为两点之间有了电位差，电压用字母 U 表示。

在水压的作用下，水能够顺水压的方向流动，可以推动水轮机做功。水压越大，水做功的本领也越大；水压消失，水流也就停止。电也有类似的特性。在电压的作用下，电场力使电流通过电灯，发出光亮，也就是做了功。但是电与水在本质上毕竟是不同的。水压的大小是由水面的高度差决定的，地球的引力方向也总是垂直向下的。可是促使电荷移动的电场力的方向是由电荷分布情况决定的，与带电体所在的空间位置无关，因为电场中两点之间的电位差是某个一定的数值，所以在这两点之间，不论电流走什么路径，电场力做的功总是一样的。例如有两个电灯，不论电灯与电源的距离有多远，也不论连接导线怎样弯曲，只要电灯与电源一接通，电灯立即就亮。

由此可见，电场中两点之间（若一点为 A ，另一点为 B ）的电压，就是电场力将单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功，则 AB 两点之间的电压 U_{AB} 为

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{W_A}{q} - \frac{W_B}{q}$$

人们规定，电场力移动正电荷所做的功为正，于是电场力做功的方向便是电压的正方向，即电压的正方向是从高电位指向低电位。在工程实际中，有时不知道哪点的电位高，哪点的电位低，无法确定电压的正方向，因此为了便于计算，就先假设一个电压的正方向。如果计算出的电压为正，则表示假设的方向和实际方向一致。如果计算出的电压为负，则表示假设的方向与实际方向相反。电压在电路图中的表示方法是用符号 U 加箭头（ $\vec{U}$ ），箭头由高电位指向低电位，或用 U_{AB} 表示电压的正方向，即 A 点电位高于 B 点电位。

电压的单位也是伏特，简称伏，用字母V表示。在工程中常用“千伏”(kV)、“毫伏”(mV)、“微伏”(μV)来表示电压的大小。它们的换算关系是

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1000 \text{ 伏(V)} = 10^3 \text{ 伏(V)};$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 1000 \text{ 毫伏(mV)} = 10^3 \text{ 毫伏(mV)};$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 1000000 \text{ 微伏(}\mu\text{V)} = 10^6 \text{ 微伏(}\mu\text{V)}。$$

(三) 电源电动势

电动势是衡量电源力做功能力的一个物理量。

大家已经知道，电流是由电压或电位差引起的。电源是把其它能(化学能、机械能等)转化为电能的设备，也就是说电源是产生电压或电位差的设备。那末电源的正、负极是怎样建立的？又是怎样使电路中有一个持续的电流通过负载的？

在不同的电源中，产生电位差的原因也各有不同。例如，在干电池和蓄电池中产生电位差是化学力的作用；在发电机中产生电位差是电磁力的作用。但是，它们都具有一个共同的特点，就是能把电源内部导体中所存在的正、负电荷分别向两极推动，使得一个极具有一定量的正电荷，另一极具有一定量的负电荷。于是两极之间就形成了电场，出现了一定的电位差，我们把电源内部这种推动电荷移动的作用力统称为电源力。

我们把电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功，叫做电源的电动势(简称电势)，并用字母E表示，则

$$E = \frac{W_0}{q} \quad (1-3)$$

其中 W_0 代表电源力将正电荷 q 从负极移到正极所做的功。

电势的正方向，通常规定为正电荷所受电源力的方向，即在电源内部从电源的负极指向正极。画电路图时常用圆圈里