

朱学贞 编著

电气火灾 预防知识

科学技术文献出版社重庆出版社

前 言

随着国民经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高，使用电气设备日益增多。由于人们缺乏用电安全常识和管理不善等原因，近年来我国的电气火灾不断发生，带来的损失也十分严重。为了宣传预防电气火灾安全知识，最大限度地减少和避免电气火灾的发生，编者根据过去防火检查、火灾原因分析认定的实践，编写了这本《电气火灾预防知识》。力图使读者对电及由电引起的电气火灾发生的原因有所了解，掌握电气火灾的防范对策。本书可供从事防火工作以及从事电气安装、使用、管理的人员阅读，也可供电气工程技术人员参考。

由于水平有限，书中错漏之处，恳请指正。

编者

一九八八年三月

绪 论

1. 电在社会主义建设中的作用

电是现代工业、农业及交通运输的主要动力来源；它是通讯、国防、各种控制设备和尖端科学技术研究、生产不可缺少的条件；同时它在人们现代化生活中也占居着重要的地位。各种机床、轧钢机、起重机、拖拉机、电气火车等都使用电动机来拖动；冶金工厂用电炉冶炼优质钢和各种合金；机械制造加工工业应用电能进行焊接、高频淬火、电火花加工和导电切削；化学工业部门应用电能进行电解和电镀；在日常生活中，如电热褥、电灯、电视机、收录音机、电冰箱、洗衣机等更是不可缺少电能的。由此可见，电力工业在国民经济各个部门中占有极其重要的地位。

电的广泛应用是与电的优越性分不开的，它的独特优点是：（1）能量转换容易。电能可以很简便地从水能、热能、机械能、原子能、光能、风能等转换而来，是廉价的动力来源。电能又可以很简便地转换为所需要的其它形式的能量，如利用电动机可以把电能转换为机械能；利用电炉、电热器可以将电能转换为热能；利用电灯可以将电能转换为光能等。而且在转换过程中，能量的消耗也是很小的。（2）电能的输送与分配迅速、方便、经济且比较可靠。电能可以通过高压输电线进行远距离输送。输送设备简单，能量损失少，输送效率较高。在使用时，又可以很容易的将电能分配到每台电动机或每个用电设备上。（3）易于操纵、控制，从而可

以实现高度的自动化。使用电能时可以实行集中操作来控制生产机械的动作，实现生产过程自动化。用电来测量电量和非电量时也比其它方法准确而迅速。

2. 电与电引起的火灾

由于电输送、分配方便，转换容易，所以它不仅广泛应用于工业、农业、国防、交通运输等行业，而且也广泛应用于人们的日常生活中，它给人们带来了幸福和方便。但是，由于应用中的错误，或应用中的不慎，电也会给人们带来意外的灾难。如由电引起的火灾事故逐年增加，据1980年至1987年全国火灾统计：1980年全国发生火灾54333次，其中电气火灾3960次，占7.8%；1981年全国发生火灾50034次，其中电气火灾4110次，占8.2%；1982年全国发生火灾41541次，其中电气火灾4131次，占9.9%；1983年全国发生火灾37026次，其中电气火灾4122次，占11.1%；1984年全国发生火灾33618次，其中电气火灾4036次，占12%；1985年全国发生火灾34896次，其中电气火灾5214次，占14.9%；1986年全国发生火灾38766次，其中电气火灾4222次，占10.9%；1987年1至10月份全国发生火灾25829次，其中电气火灾4520次，占17.5%。

3. 学习电气火灾预防知识的目的

《电气火灾预防知识》介绍了电的基本知识和由电气引起火灾的主要原因，以及根据不同设备提出了具体防范措施。学习这本书的目的是掌握电的基本性能，了解电因使用不当会引起火灾的基本道理，掌握电气火灾的规律，并有针对性地采取具体防火措施，保证用电安全，避免电气火灾事故的发生。

目 录

第一章 静电	(1)
一、物质结构的电子理论	(1)
二、电场 电场强度	(3)
三、电位 电位差	(6)
四、电容 电容器	(9)
第二章 直流电路	(12)
一、电流的概念	(12)
二、直流电路	(14)
三、电阻	(16)
四、部分电路的欧姆定律	(20)
五、电阻的串联、并联和混联	(22)
六、电源的电动势 全电路的欧姆定律	(25)
七、电池组	(29)
八、电流的功和功率	(30)
九、电流的热效应 楞次-焦耳定律	(32)
第三章 磁与电磁	(34)
一、磁的基本现象	(34)
二、电流的磁场	(38)
三、磁感应强度 导磁系数	(41)
四、铁磁物质的磁化	(43)
第四章 电磁感应	(46)
一、感应电势的产生	(46)

二、感应电势的方向和大小	(48)
三、发电机的工作原理	(51)
四、自感 互感 涡流	(52)
第五章 单相交流电路	(57)
一、交流电的概念	(57)
二、单相交流电的产生	(58)
三、交流电的有效值	(60)
四、交流电路的概念	(62)
五、纯电阻电路	(63)
六、纯电感电路	(65)
七、纯电容电路	(70)
八、具有电阻与电感的交流电路	(74)
九、电阻、电感与电容的串联电路	(78)
十、电阻、电感串联后和电容并联的电路	(80)
第六章 三相交流电路	(83)
一、概述	(83)
二、三相交流电的产生	(84)
三、发电机绕组的星形联接	(86)
四、发电机绕组的三角形联接	(88)
五、负载的联接	(90)
六、负载的星形联接和中线的作用	(91)
七、负载的三角形联接	(96)
八、三相电功率	(97)
第七章 线路和照明	(99)
一、线路的特点	(99)
二、短路时的发热分析	(100)
三、过负荷 (过载)	(101)

四、接触电阻	(102)
五、火花和电弧	(103)
六、负荷的确定及导线的选择	(103)
七、线路的基本防火措施	(108)
八、线路检查	(116)
九、熔断器的选择	(116)
十、照明	(122)
第八章 变电所(配电站)	(138)
一、变压器	(133)
二、变压器的火灾危险性	(136)
三、变压器安装运行中的防火安全措施	(138)
四、变压器的自动保护	(140)
五、油开关	(148)
六、油开关爆炸燃烧的原因	(149)
七、防火安全要求	(150)
八、断路器的选择	(151)
九、蓄电池室	(151)
十、变电所	(153)
第九章 工业用电	(157)
一、电动机	(157)
二、火灾和爆炸危险场的电气设备	(166)
第十章 防静电和防雷	(189)
一、防静电	(189)
二、防雷	(200)
第十一章 电气火灾的扑救	(214)
一、断电灭火	(214)
二、带电灭火	(215)

三、充油电气设备和旋转电机的火灾扑救·····	(217)
四、固定灭火装置·····	(218)
五、几种常用的轻便灭火器·····	(219)

第一章 静 电

一、物质结构的电子理论

自然界一切物质，都是由分子组成，分子是由原子组成。而原子又是由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成。原子核内包含有带正电的质子和不带电的中子。电子在原子核的外面按层分布，并以每秒几十万米的高速围绕原子核不断运动。每个电子所带的负电荷为 1.6×10^{-19} 库仑，每个质子所带的正电荷也是 1.6×10^{-19} 库仑。为了明确起见，下面列举几种物质正常状态下的原子结构。

钠原子结构（图1-1）。钠原子核内有11个质子和一定数目的中子，核外有与质子数目相等的11个电子。三层电子分布在原子核周围：第一层有2个电子，第二层有8个电子，离原子核最远的第三层只有1个电子。

铜原子结构（图1-2）。铜原子核内有29个质子和一定数目的中子，核外有与质子数目相等的29个电子。四层电子分布在原子核的周围：第一层有2个电子，第二层有8个电子，第三层有18个电子，离原子核最远的第四层只有1个电子。

在一般情况下，质子的数目等于电子的数目，因此，质子所带正电荷的总和与电子所带负电荷的总和相等，作用也就互相抵消，物体不显示带电性。这种状态，叫电的中和。

电荷之间有相互作用力。原子核对靠近的电子吸引力较大，对远离的电子吸引力较小，对最外层的电子吸引力最

小。这样，最外层的电子在外因作用下也就容易破坏中和状态，脱离自己的原子，进入其他原子。这种可以自由移动的电子叫做自由电子。

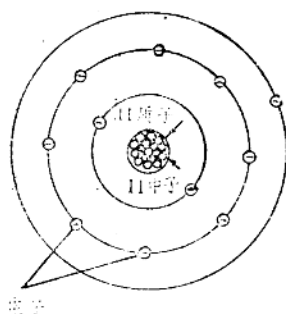


图1-1 钠原子结构示意图

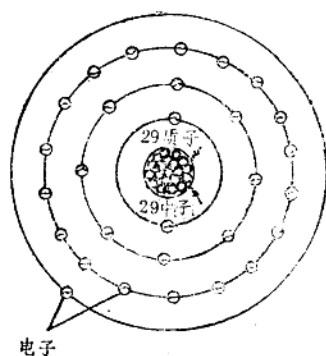


图1-2 铜原子结构示意图

使一个物体带电，实际上，就是将电子给与这个物体或从这物体上拿走一些电子。得到电子的物体带负电，给出电子的物体就带正电。例如，胶木棒与毛皮摩擦时，毛皮上的自由电子给了胶木棒，因而毛皮缺少电子而带正电，胶木棒上因得到电子而带负电。

把摩擦后的胶木棒与验电器接触，验电器的锡箔张开，这说明胶木棒带电，如图1-3所示。

用手拿着铜棒与其他物体摩擦后同验电器接触，锡箔并不张开，这说明铜棒不带电。为什么锡箔不张开？这是因为摩擦铜棒时，电荷很快就传到整个铜棒，

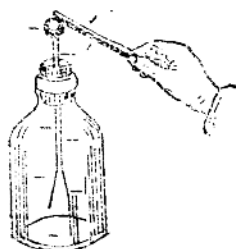


图1-3 检验胶木棒带电

然后进入人体或经过人体传至地面。如果手拿着装上玻璃柄的铜棒摩擦，铜棒就会带电。胶木棒由摩擦而产生的电荷只能停留在发生的地方，不会传到整个胶木棒。

能使电荷从一个地方迅速传到另一个地方的那种物体称为导体。使电荷停留在发生的地方而不传导的那种物体叫做绝缘体或电介质。各种金属、酸类和盐类的水溶液以及人体都是导体。玻璃、胶木、瓷器、棉纱、橡皮、云母等都是绝缘体。此外，如硒、硅、锗、氧化亚铜等的导电能力介于导体和绝缘体之间，这些物体叫做半导体。

在导体、半导体和绝缘体之间，没有明显的界限，只是在导电程度上有着大小的差别。

二、电场 电场强度

将通草球挂在丝线上，使它带正电或负电，再使装有绝缘柄的金属球也带上同种电荷。把金属球移近通草球时，通草球被推开（如图1-4所示）。这个实验说明：带电体周围的空間对电荷有电力作用。带电体周围具有电力作用的空間称为电场。

电场是由电荷形成的。任何电荷周围的空間都存在着电场。在电场中电荷的作用力是通过电场来传递的，所以我们说电场是一种特殊的物质。正电荷形成的电场叫正电场，负电荷形成的电场叫负电场。

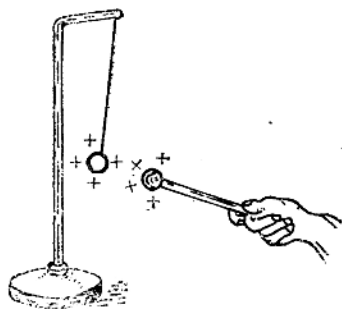


图1-4 电荷周围的电场

电荷在电场里因受电场力的作用而运动的事实，说明电场对电荷作了功。所以说，电场有做功的本领。总之，电场具有力和能两种性质，这里先谈电场力的性质，下一节再谈电场能的性质。

为了进一步讨论电场中各点的特性，我们做如下的实验（图1-5）： A 球带有正电荷，在其周围形成电场，在此电场里，放 a 、 b 、 c 、 d 、 e 五个带等量正电荷的小球。首先，在 A 周围移动 b 、 c ，不论它们在 A 的前后还是左右，只要和 A 的距离保持相等，就能看到小球 b 和 c 的张开角度总是相等的。这现象说明在 A 周围距离相等的各点上，所受电场力的大小是相等的。同理，在稍远一些的地方用小球 a 、 d 再作试验，可以看出只要 a 、 d 和 A 的距离相等，小球张开的角度也就相等。但是比较一下 c 、 d 、 e 小球，发现各球的张开角度并不相等，这是因为它们离 A 的距离不相等的缘故。其中 c 球距离 A 最近所受电场力最大，张开角度也最大， e 球距离 A 最远，所受电场力最小，张开角度也最小。这实验说明，电场中各点的性质是并不相同的。当小球所带电量相等时，受作用力大的那些点，电场较强；受作用力小的那些点，电场较弱。

若把 A 球上的电荷增加1倍、2倍或 n 倍时，各小球所张开的角度，也就分别增加1倍、2倍或 n 倍。也就是说，作用在小球上的电场力也相应地增加了1倍、2倍或 n 倍。为了方便起见，在比较电场内各点的强弱时，就采用使小球上带有单位正电荷在电场内任一点所受力的的大小来判定。显然，单位正电荷所受的力大，表示那个点的电场强；所受的力小，表示那个点的电场弱。

如果小球所带的正电荷为 q （库仑），在电场的某一点上

所受的力为 F (牛顿)，那末，单位正电荷所受的力就可以用 $E = \frac{F}{q}$ 来表示。 E 叫做这个点的电场强度。

$$E = \frac{F}{q} \quad (\text{牛顿/库仑}) \quad (1-1)$$

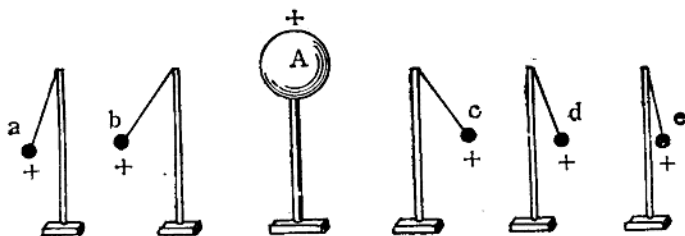


图1-5 电场中各点的电场强度

必须指出，电场强度是表示电场内各点受力性质的一种物理量。它跟小球 a 、 b 、 c 等是否带电荷或带多少电荷没有关系。在上述实验中给小球带正电荷，是因为这样便于测量电场力的大小。这些小球所带的电荷，叫做检验电荷。检验电荷必须是电量很大的正电荷，以免影响原来的电场。

由于电场力是一个矢量，所以电场强度也是一个矢量。检验电荷在电场内某点上所受力的方向就是该点的电场强度的方向。从图1-6上看到作用力的矢量 $F_A > F_B > F_C > F_D$ ，所以各点的电场强度也是 $E_A > E_B > E_C > E_D$ 。

电场还可以用电力线来描述，如图1-7(a)、(b)、(c)、(d)、(e)所示，电力线是从正电荷出发，到负电荷终止。它们不相交，不封闭。电力线上任意一点的切线方向就是该点的电场强度（或电场）的方向。电场强度的大小是用垂直通过单位面积上的电力线数目来表示。垂直通过单位面积上的

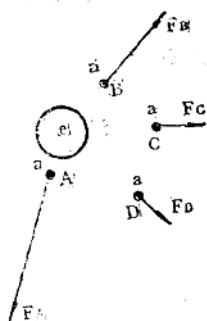


图 1-6 用矢量表示
电场强度

电力线愈多，则该点的电场强度愈强，反之则愈弱。

电场中各点的电场强度大小相等方向相同，这样的电场叫做匀强电场，如图1-7(e)所示。在匀强电场中电力线互相平行，而且电力线的密度也处处相等。

电场里的物体，在电场力的作用下，电荷(电子或离子)能自由地移动，这种物体叫导体。导体有两类，利用电子导电的叫第一类导体，如金属；

利用离子导电的叫第二类导体，如酸、盐溶液等。

在电场力作用下，电荷不能自由地在物体上移动，只能停留在发生的地方，这种物体叫绝缘体(或电介质)。如胶木棒、玻璃、石英、陶瓷、塑料、干燥木材、布料等。电介质的绝缘程度只能在一定的电场强度范围内才能保证，如果电场强度过大，绝缘体就会被击穿，即绝缘体失去了阻碍电荷自由移动的能力而成为导体。有些物质在电场力作用下，只允许电荷朝一个方向有规律地移动，如硅、锗等，我们叫这些物质为半导体。还有一些物质在超低温条件下，完全失去了阻碍电荷移动的能力，我们叫这类物质为在特定条件下的超导体。

三、电位 电位差

前面讲过，带电体的周围存在电场，电场具有能量。如果我们把一个正电荷放在正电场内，正电荷会沿电场力方向

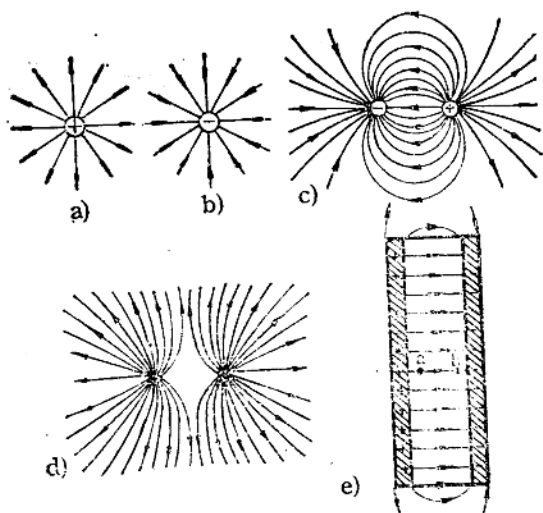


图1-7 用电力线表示电场

移动，这说明电场力对正电荷作了功。若将一个正电荷从正电场外面移到电场内某点，外力必须克服电场力做的功。

我们用外力把单位正电荷，从正电场外移到电场内的某一点上，外力克服电场力所做的功，叫做该点的电位。也就是单位正电荷在这一点所具有的电能，用 φ 表示。

图 1-8 表示外力把单位正电荷从电场外移到正电场内的 a 点，外力克服电场力所做的功 A ，这一点的电位为 φ_a ：

$$\varphi_a = A \quad (1-2)$$

假如电荷的带电量为 q 库仑，外力克服电场力所作的功为 A ，则 a 点的电位是：

$$\varphi = \frac{A}{q} \quad (1-3)$$

电位是表示电场内能量的一种物理量。通过实验证明：

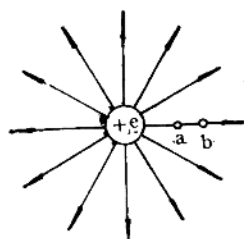


图 1-8 正电荷电场中的电位

对电场内某一点，当被移动电荷的电量 q 增加 n 倍时，外力所做的功 A 也增加同样的倍数，所以在这个点上 φ 值的大小与 q 的大小无关，只和电荷移动前后的位置有关。

电场将带电量为 q 库仑的正电荷，从电场中 a 点移到 b 点所作的功为：

$$A = q(\varphi_a - \varphi_b) \quad (1-4)$$

式中， $\varphi_a - \varphi_b$ 叫做 a 、 b 两点间的电位差，或叫做 a 、 b 两点间的电压，通常用符号 U 表示。上式可改写成：

$$A = qU \quad (1-5)$$

或
$$U = \frac{A}{q} \quad (1-6)$$

在实用单位制中，电位差的单位是伏特。当 1 库仑的电荷，从电场中某点移到另一点，电场力所做的功为 1 焦耳时，这两点间的电位差就是 1 伏特。

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}}$$

应当注意：

(1) 物体所带正电荷越多，则电位越高；所带负电荷越多，则电位越低。一般把大地作为参考电位，定为“0”位。

(2) 工程中经常用端电压。所谓的端电压；即电路中负载两端的电位差。电路中负载的端电压是由电源产生和维持的。

(3) 电位和电压有概念上的区别：电位必然有以某点

为“0”电位作参考点，否则说的电位便没意义；电压则是某两点间的电位差，单说某点的电压是没意义的，当然也是错误的。电压与电路中所选的零电位点无关。

(4) 工程中实用单位为伏、千伏、万伏。弱电中也常用毫伏。

四、电容 电容器

将金属球 A 与锡箔验电器连接。当金属球 A 不带电时，验电器的锡箔不张开，若把电量 Q 传给金属球，验电器的锡箔就张开，如图1-9所示。设这时金属球上的电位为 φ ，用同样方法再把电荷传给金属球，使它带的电量为 $2Q$ ，验电器的锡箔张开的角度也增大，这时金属球的电位为 2φ 。再继续下去，使金属球带的电量依次达 $3Q$ 、 $4Q$ 、……时，它的电位也相应地依次增加到 3φ 、 4φ 、……等。

如果用别的导体来代替金属球作上述实验，我们可以发现，对任何导体，它所带的电量跟它的电位总是成正比的。

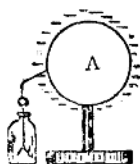


图1-9 导体的电容 比。

导体所带电量与它的电位之比，对同一导体来说，是一个常数，对不同导体，一般是互不相同的。导体的这种性质，我们用电容这个物理量来表示。导体的电容在数值上等于它所带电量跟它的电位之比。

如果用 Q 表示导体所带的电量， φ 表示它的电位， C 表示它的电容，则：

$$C = \frac{Q}{\varphi} \quad (1-7)$$