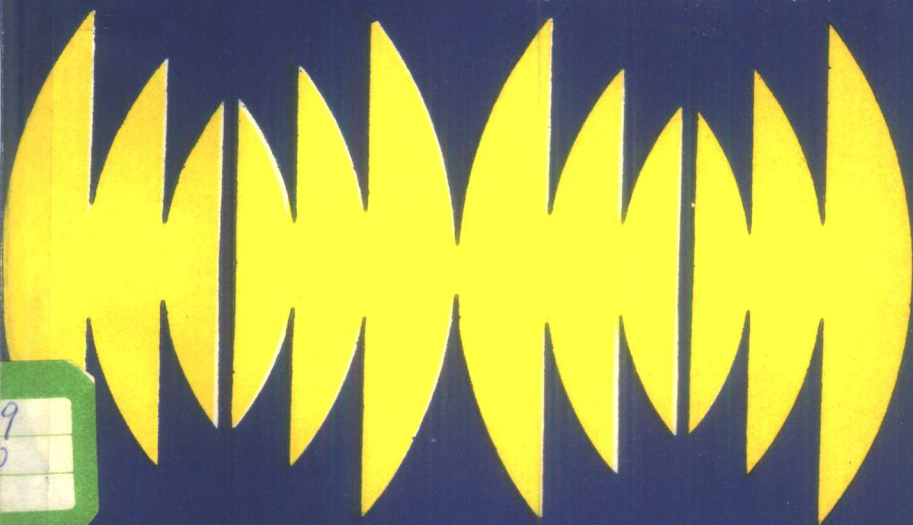


电气安全技术

重庆市纺织工业局 编

纺织工业出版社



电气安全技术

重庆市纺织工业局 编

纺织工业出版社

责任编辑：彭森

电气安全技术

重庆市纺织工业局 编

*

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张：7 4/32 字数：157千字

1989年12月 第一版第一次印刷

印数：1—8,000 定价：2.45元

ISBN 7-5064-0385-4/TS·0376

前 言

电是发展国民经济和提高人民生活不可缺少的动力。随着电气技术的进步和生产的发展，电气设备、装置、设施日益增多，越来越复杂，这就对电气安全工作提出了更高的要求。对于纺织企业来说，由于设备机台多，金属占有系数大，车间温湿度高，原料易燃且多尘埃、短纤维，有的车间还存在侵蚀性蒸汽和气体，酸、碱、浆、水的溢流，造成地面潮湿、绝缘不良，故多属触电危险性大的场所。加之，车间生产连续性强，生产人员多，人们接触电气设备的机会多。因此，纺织企业发生触电事故的可能性较大，这就提出了加强电气安全工作的重要性和必要性。

本书就是根据以上的要求，在纺织工业部生产司和重庆市纺织工业局的领导下组织编写的。全书共分九章，扼要地阐述了电的基本知识；触电和触电急救；接地和接零；防雷保护；电气装置的安全要求；常用电工仪表和用具的安全要求；电气防爆及防火知识；静电安全知识；电气安全组织措施等。书中对电和安全用电的基本知识，保证电气安全的主要方法和基本参数，以及电气安全技术措施和组织措施，作了较全面而扼要的叙述。它可供纺织及其它行业的劳动保护干部、企业各级领导和生产管理人员学习，也可作为培训电工的参考教材和供电气技术人员参考。

参加本书编写工作的，有重庆市纺织工业局徐启明、重庆第六棉纺织厂余开棣、重庆麻纺织总厂龙德滋、重庆第四棉纺织厂易继甄、重庆第二针织厂左谊生。在编写过程中，承蒙重庆第一棉纺织厂、重庆第二棉纺织厂、重庆第三棉纺织

厂、重庆第四棉纺织厂、重庆绒布总厂、重庆印染厂、重庆毛纺织染厂、重庆麻纺织总厂、重庆针织总厂、重庆帆布厂和重庆第一纺织机械厂等单位的劳动保护干部和电气工程技术人员代表参加了审议，提供了宝贵的修改意见。同时，在编写过程中，还参考了有关电气和安全技术方面的书刊和资料，在本书中未一一注明。在此，我们一并表示感谢！

重庆市纺织工业局

内 容 简 介

本书针对纺织企业的特点，对防止电气故障和触电事故的发生，做好电气安全工作应采取的技术措施和组织措施，作了全面而扼要的阐述。内容包括：电的基本知识；触电和触电急救；接地和接零；防雷保护；电气装置的安全要求；常用电工仪表和用具的安全要求；电气防爆及防火；静电安全知识；电气安全组织措施。

本书可供纺织行业及其它行业的劳动保护干部、企业各级领导和生产管理人员学习，也可作为培训电工的参考教材和供电气技术人员参考。

目 录

第一章 电的基本知识	(1)
第一节 电的物质性.....	(1)
第二节 静电场.....	(4)
第三节 直流电路.....	(13)
第四节 稳定磁场.....	(23)
第五节 电磁感应.....	(28)
第六节 正弦交流电路.....	(36)
第七节 三相正弦交流电路.....	(44)
第二章 触电和触电急救	(53)
第一节 发生触电事故的原因和一般规律.....	(53)
第二节 电流对人体的伤害作用.....	(54)
第三节 人体触电的形式.....	(58)
第四节 触电防护方法.....	(63)
第五节 触电急救方法.....	(68)
第三章 接地和接零	(74)
第一节 基本概念.....	(74)
第二节 保护接地.....	(76)
第三节 保护接零.....	(84)
第四节 接地和接零的应用范围及安全要求.....	(92)
第五节 接地装置.....	(95)
第六节 接地装置的日常管理.....	(97)
第四章 防雷保护	(101)
第一节 雷和雷害.....	(101)
第二节 防雷装置.....	(104)

第三节	防雷措施·····	(111)
第四节	防雷装置的日常管理·····	(118)
第五章	电气装置的安全要求·····	(121)
第一节	变配电室和变配电设备的安全要求·····	(121)
第二节	车间电气设备的安全要求·····	(133)
第三节	输配电线路的安全要求·····	(142)
第四节	其它电气设备的安全要求·····	(152)
第六章	常用电工仪表和用具的安全要求·····	(165)
第一节	常用电工仪表的安全要求·····	(165)
第二节	常用电工用具的安全要求·····	(170)
第七章	电气防爆及防火·····	(179)
第一节	爆炸和火灾事故的原因·····	(179)
第二节	爆炸和火灾危险场所及其等级的划分·····	(181)
第三节	电气防爆、防火的措施·····	(184)
第四节	电气灭火的方法·····	(191)
第八章	静电安全知识·····	(194)
第一节	静电的产生和消散·····	(194)
第二节	静电的危害·····	(201)
第三节	静电的防护措施·····	(202)
第九章	电气安全组织措施·····	(207)
第一节	制定电气安全组织措施的依据和作用·····	(207)
第二节	电气安全组织措施的主要内容·····	(208)
第三节	停电检修作业的安全防范措施·····	(216)
第四节	带电检修作业的安全防范措施·····	(219)

第一章 电的基本知识

第一节 电的物质性

一、原子的基本结构

自然界里以气态、液态、固态存在的物质，都是由分子组成的，而分子则是由更小的粒子——原子所组成。

原子是由原子核和绕核运动的若干个电子组成，原子核则由与电子个数相等的带正电荷的质子和若干个不带电荷的中子组成。

电子是带负电荷的基本粒子，它的质量 m 和电量 e 都是极微小的。它在原子核外按一定规律分层次分布，并以极高的速度围绕原子核不停地运动，故有离开原子核的倾向，但由于正负电荷之间存在着相互吸引的作用力，所以在通常情况下原子中的电子受到原子核的束缚而不能脱离原子。由于原子中的电子与核内的质子个数相等，且电量也相等，因而

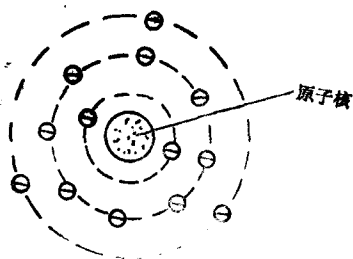


图1-1 铝原子结构

原子对外不显示带电性。这种正负电荷相平衡的状态，称为原子的中和状态。

图1-1示出铝原子处于中和状态的结构，它的原子核里有13个带正电荷的质子和若干个不带电荷的中子，核外有13个带负电荷的电子，从里向外电子以2、8、3的数量分三层绕核运动。由于原子中正负电荷数量相等，因此在正常情况下铝原子保持中性，对外不显示带电。

二、物体的带电现象

当电子在某种外界因素作用下，例如物体相互摩擦使电子获得热能时，距原子核最远的外层电子就有可能摆脱原子核的束缚而转移到其它原子内，这时原子就会改变原来的中和状态。失去电子的物体带正电，获得多余电子的物体带负电。例如，玻璃棒与丝绸摩擦时，玻璃棒由于失去电子而带正电，丝绸由于获得电子而带负电。由此可见，物体所以能显示带电现象，是由于电荷在物体之间转移的结果。因此，电是物质的固有属性，是物质结构在特定条件下变化的一种能量反映形式。实验表明，电荷既不能产生，也不会消灭，只能从一个物体转移到另一个物体，或在同一物体内部移动，这一规律称为电荷守恒定律。

带电体具有的电荷量用 Q 表示，其大小常以电子数目来衡量，单位为库[仑] (C)。一库的电荷量相当于 6.24×10^{18} 个电子所带电荷量的绝对值之和。电子的静止质量约为 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，约为质子质量的 $1/1836$ 。

三、导体、半导体和绝缘体

所有物体按其导电性能来说，大致可分为导体、半导体和绝缘体（又叫电介质）三类。其中，导电性能最好的是导体，例如金、银、铜、铝、铁等金属物质和酸、碱、盐的水

溶液等；几乎不能导电的是绝缘体，例如橡胶、玻璃、云母、陶瓷、石英、环氧树脂、塑料和干空气等；介于两者之间的是半导体，例如锗、硅、硒、氧化铜等。

物体的导电性能的差别，原因在于物质内部的结构不同。

元素的化学性质主要决定于原子最外层中的电子数，称它为价电子。当最外层中的电子数是8或是满壳层时，原子特别稳定，这种元素通常不参与化学反应，例如惰性气体氦、氖、氩等；当最外层中的电子数为1、2、3时，原子在化学反应中容易失去电子而带正电，这种元素大多是金属；与此相反，当最外层中的电子数为5、6、7时，最外层容易获得电子，这种元素大多是非金属。

金属原子的价电子在原子间的相互作用下，便脱离各自的原子，成为共有电子，它们可以在金属晶体中作无规则的自由运动，所以称为自由电子。当接通电源后，这些自由电子在电场力的作用下作定向运动而形成电流。由于金属导体中存在大量的自由电子，酸、碱、盐溶液中存在大量的正负离子，因此它们的导电性能好。

在绝缘体中，原子核对外层电子束缚很紧，一般不能脱离它所从属的原子而自由运动，这就是绝缘体导电性能差的本质。必须指出，在绝缘体中，并非绝对没有自由电子，只是为数极少，所以任何绝缘体的绝缘强度是有限度的。如果加在绝缘体中的电场强度达到一定值，其绝缘性能就会被破坏而击穿，这时绝缘体即变成了导体。绝缘体的绝缘好坏，可以用绝缘电阻、泄漏电流、耐压强度、介质损耗等指标来衡量。

至于半导体，它的最外层电子既不象导体那样容易挣脱

原子核的束缚，又不象绝缘体那样被原子核束缚很紧，它的导电性能介于导体与绝缘体之间，且容易受外界因素（例如温度变化、掺入杂质多少等）的影响，所以可以通过外界因素来控制导电性能。

第二节 静 电 场

一、电磁场的概念

在电荷的周围存在着一种特殊形态的物质——场。电荷之间的相互作用，就是通过这种“场”来进行的。

当电荷在相对于观察者是静止的情况下，与电荷相联系的场也是静止的，这种场称为静电场。当电荷运动而形成恒定电流时，则在恒定电流的周围存在稳定电场和稳定磁场。当电荷运动而形成交变电流时，则在交变电流的周围空间存在着相互联系的随时间变化的交变电磁场。交变电磁场能以电磁波的形式向四周空间辐射出去，但当交变电磁场的频率较低而考虑的距离又较短，因而可以忽略辐射等现象时，这种交变电磁场就称为似稳电磁场，本节主要讨论静电场的物理现象。

二、库仑定律

实验表明，在真空中两个点电荷通过电场相互作用时，就产生作用力 F ，其大小与它们的电量 q_1 和 q_2 的乘积成正比，而与它们之间的距离 r 的平方成反比。其关系式为

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中，力 F 的单位用牛[顿]（N），距离 r 的单位用米（m），

电量 q 的单位用库 (C)，则比例常数 K 为

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

式中， ϵ_0 称为真空中的介电常数，其值为 $8.86 \times 10^{-12} F/m$ 。

作用力 F 的方向是沿着它们连线的方向。如图1-2所示，当 q_1 和 q_2 的电荷同性，则 F 为斥力；当 q_1 和 q_2 的电荷异性，则 F 为吸力。这个结论叫做库仑定律，这个作用力叫做电场力。

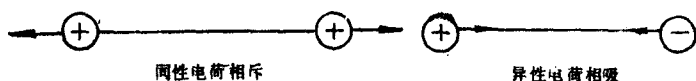


图1-2 电场中电荷的相互作用

三、电场强度

库仑定律描述了两个点电荷间的相互作用力，并知道电荷间的相互作用是通过静电场来实现的。电场总是由电荷产生，又总是有力作用于其它电荷。下面将用电场强度的概念来反映电场强弱和方向的特性。

实验表明，电荷量为 q_0 的试验电荷（一个电荷量极微小的点电荷），在电场中不同地点受到的作用力大小和方向都不相同，它不但与所处位置有关，而且与电荷的电荷量有关。但是，试验电荷在电场某点所受到的作用力 F ，与该电荷的电荷量 q_0 之比乃是一个恒量，这个量称为电场强度，简称场强，用符号 E 表示。其关系式为

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1-2)$$

电场强度是个矢量，如图1-3所示，当 q_0 为正，场强 E

的方向与力 F 的方向一致：当 q_0 为负，则 E 和 F 方向相反。并且规定，正电荷在电场中受力的方向就是电场强度的方向。电场强度的单位是伏/米（V/m）。

电场可以用电力线表示，用实验的方法可以获得电力线图形。电力线从正电荷出发到负电荷终止。电力线之间互不交叉，也不封闭。电场中某点的电力线密度就表示该点电场强度的大小，电力线上每一点的切线方向就是该点电场强度的方向。

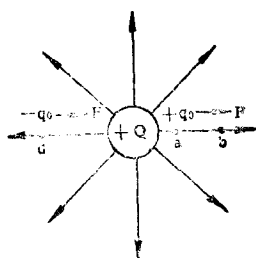


图1-3 电荷在电场中受力

四、电位和电压

（一）电位能

与物质 m 在重力场中不同位置具有不同重力势能相似，电荷量为 q 的点电荷在静电场中的不同位置也具有不同的能量，叫做电位能。因为能量是物体做功的本领，所以能量的大小总是以做功多少来衡量。

如图1-3所示，在点电荷 $+Q$ 的电场中，电荷量为 $+q_0$ 的试验电荷沿着电场强度 E 的方向由 a 点移动到离电场无限远的 c 点时，电场力对它作了功，功的大小为

$$W_{ac} = W_a - W_c \quad (1-3)$$

式中 W_a 和 W_c 分别为试验电荷在电场 a 点和 c 点所具有的电位

能。由此可见，试验电荷在电场某点所具有的电位能在数值上是相对的，只有选定了电位能为零的参考点以后，某点的电位能才有意义。在理论研究中，常取离电场无限远处（即 $r \rightarrow \infty$ ）的电位能为零的参考点，因而试验电荷在 c 点具有的电位能 W_c 为零，而在 a 点具有的电位能 W_a ，在数值上就等于从 a 点把试验电荷移动到无限远处电场力对它所作的功，这就是电位能的定义。

（二）电位

实验表明，试验电荷 $+q_0$ 在电场中某点具有电位能的大小，不但与所处位置有关，而且与试验电荷的电荷量有关。但是，试验电荷在某点所具有的电位能 W 与它的电荷量 q_0 的比值乃是一个恒量，这个量称为电场的电位。其关系式为

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \quad (1-4)$$

由此可见，电位 φ 就是单位正电荷在电场中某点所具有的电位能。

电位和水位相似，在数值上也是相对的，只有选定了电位为零的参考点以后，某点电位才有意义。习惯上，我们把海平面规定为零水位的参考点，而把大地规定为零电位的参考点。在电路中，零电位点的选择不同，其它各点电位的量值也就不同，但两点之间的电位差总是相同的。

在图1-3中，如选取离电场无限远的 c 点为零电位，则 a 点电位的大小，就等于把一个单位正电荷从 a 点移动到无限远处时电场力所作的功。显然， a 点电位比 b 点高， b 点电位比 c 点高， c 点电位为零。

（三）电压

通常，把电场中某两点电位之差称为这两点的电位差，或称电压。用 U 表示，其关系式为

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-5)$$

电场中 ab 两点之间的电位差，在数值上就等于把单位正电荷从电位高的 a 点沿任何途径移到电位低的 b 点时电场力所作的功。其关系式为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-6)$$

由此可见，电场力对正电荷做功的过程，就是电位能减少的过程。

电位差和水位差相似。长江的水总是往东流，这是由于长江上游的水位比下游高，存在水位差。在电路中，电流总是从正极流向负极，也是由于正极的电位比负极高，存在电位差。它们流动的过程，就是能量减少的过程。

电位和电压的单位都是伏[特]，用 V 表示。在工程上，还用千伏(kV)或毫伏(mV)作单位，它们之间的数值关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

五、静电场中的导体

(一) 静电感应

如果把导体放入电场中，导体内的自由电子受到电场力的作用，就会向着与电场相反的方向移动，如图1-4(a)所示。结果，在导体的 ab 面显示出带负电，在导体的 cd 面显示出带等量的正电，如图1-4(b)所示。这种导体内的电荷因受外电场作用而重新分布的现象，叫做静电感应。

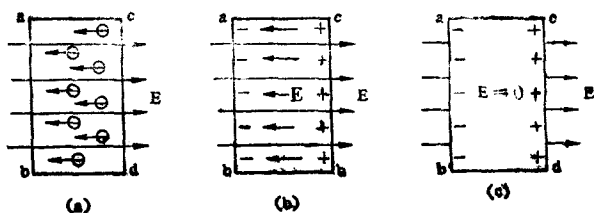


图1-4 电场中的导体

由于静电感应，导体的两个表面上带有正负电荷，导体内部因而形成了一个和外电场 E 方向相反的附加电场 E' ，当 E 和 E' 完全抵消，即内部的电场 E 等于零时，自由电子的定向运动才完全停止，这种状态称为导体的静电平衡状态。这个过程所需时间极短，一瞬间即结束。

处于静电平衡状态的带电体有以下几个特点：

1. 导体内部的电场强度处处为零，其周围空间的外电场也相应发生变化，如图1-4 (c) 所示，外电场被隔断。

2. 导体内部任何两点都没有电位差，导体是一个等位体，它的表面是一个等位面。

3. 电荷只分布在导体的外表面上。

(二) 静电屏蔽

如果把有空腔的导体放入电场，如图1-5所示，由于导体内部任一点的电场强度为零，则这导体起了隔绝外电场的作用，使外电场不能透入空腔内部。反之，如果空腔内有带电体而产生电场，如图1-6所示，把空腔导体外表面接地，则外表面的感应电荷由于接地而中和，使空腔内带电体的电场不能透到外部。这两种情况都叫做静电屏蔽。静电屏蔽广泛应用于电器、仪表和电缆等产品上，使其不受外界电场的干