

电 工 要 诀 丛书

# 静电安全防护

# 要诀

郎永强 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



电工要诀丛书

# 静电安全防护要诀

郎永强 编著



机械工业出版社

为了普及安全用电知识,减少各类用电事故的发生,同时为了帮助广大电力行业同仁快速掌握安全用电技术,笔者结合自身的实际工作经验,本着贴近实践、易懂易学的原则,编写了这本小册子。本书紧紧围绕电气安全技术知识,根据最新的规程标准,重点介绍了静电的特点及产生、静电的危害、静电的控制及消除等内容,并利用要诀的形式对书中的常用安全用电知识做了归纳和总结,以利于广大读者快速掌握和应用。书末附有静电安全常用名词术语、防静电标准,以方便广大读者参考查阅。

本书可作为静电防护工程技术人员、企业电工的实用工具书,也可作为从事静电防护培训、电磁环境效应等工作人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据:

静电安全防护要诀/郎永强编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 9

(电工要诀丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 21830 - 2

I. 静… II. 郎… III. 静电 - 安全技术 - 基本知识  
IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 127882 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:牛新国

责任编辑:付承桂 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

130mm × 184mm · 5.625 印张 · 124 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 21830 - 2

定价:10.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639、88379641、88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

众所周知，电能是当今社会发展的重要能源，建立一个安全可靠的供用电系统是保证工农业发展和人民正常生活的基础。杜绝不安全用电行为，防止各类电气事故的发生，是保证电气设备及供用电线路正常运行的基础。而加强安全用电教育、普及安全用电知识、正确熟练地进行电气操作，又是搞好电力安全生产的基础。

以“人”为本是电力安全生产的核心内容。电力安全规程中规定，电力工作者要做到“不伤害他人，不伤害自己，不被他人伤害”。作为一线电工，我们时刻都与看不见、听不到、嗅不着的“电”打交道，只有认真地遵守并执行各种安全用电技术及规程，才能保证我们的安全；只有把“要我安全”的规定转变成“我要安全”的思想，才能实现“家住幸福地，人在平安中”。

为了普及安全用电知识，减少用电事故的发生，同时为了帮助广大电力行业同仁快速掌握安全用电技术，笔者结合自身的实际工作经验，本着贴近实践、易懂易学的原则，编写了这本小册子。本书紧紧围绕电气安全技术知识，根据最新的规程标准，对静电的特点及产生、静电的危害、静电的控制及消除等内容做了详细的介绍，并利用要诀的形式对书中的常用知识做了归纳和总结，以利于广大读者快速掌握和应用。书末附有静电安全常用名词术语、防静电标准，以方便广大读者参考查阅。

## · 静电安全防护要诀 ·

---

本书可作为静电防护工程技术人员、企业电工的实用工具书，也可作为从事静电防护培训、电磁环境效应等工作人员的参考书。

限于编者的自身水平，书中如有不当之处，敬请广大读者批评指正，以便再版时改正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第一章 静电的特点及有关概念</b> .....	1
第一节 静电的基本特点 .....	1
第二节 静电的有关概念 .....	4
一、静电电荷量 .....	4
二、静电电压 .....	5
三、静电电位 .....	5
四、表面电荷密度 .....	5
五、电场强度 .....	6
六、静电半衰期 .....	6
七、静电荷的耗散能力 .....	7
八、电阻与电阻率 .....	7
九、接地电阻 .....	9
十、粉体静电的性能参数 .....	9
十一、人体静电的性能参数 .....	10
十二、液体介质电导率参数 .....	11
<b>第二章 静电的产生与危害</b> .....	13
第一节 静电的产生 .....	13
一、液体静电的产生 .....	13
二、固体静电的产生 .....	23

## · 静电安全防护要诀 ·

三、粉体静电的产生 .....	27
四、气体静电的产生 .....	29
五、人体静电的产生 .....	30
第二节 静电放电的危害 .....	32
一、静电能引起火灾、爆炸事故 .....	32
二、造成人体电击 .....	35
三、造成产品质量降低或损坏 .....	36
四、对微电子制造业的危害 .....	37
第三节 静电力作用的危害 .....	42
一、静电的力学现象 .....	42
二、力学现象引起的生产故障 .....	43
第三章 静电的耗散、屏蔽与测量 .....	45
第一节 静电的耗散 .....	45
一、静电的泄漏 .....	45
二、静电的气体放电 .....	46
三、静电耗散材料 .....	52
四、静电绝缘材料 .....	52
第二节 静电屏蔽 .....	53
一、静电感应 .....	53
二、静电屏蔽 .....	55
三、法拉第笼(筒) .....	57
第三节 静电测量 .....	58
一、金箔静电计 .....	59
二、静电电压的测量 .....	59
三、静电泄漏电流的测量 .....	60
四、静电放电电量的测量 .....	61
第四章 静电的控制及消除 .....	63
第一节 静电控制法 .....	63
一、减少静电荷的产生 .....	63

二、降低静电场合的危险度 .....	65
三、合理选择工艺过程的材料及设备 .....	70
四、控制降低摩擦速度或流速 .....	70
五、控制人体静电 .....	71
六、静电屏蔽 .....	76
<b>第二节 静电泄漏法 .....</b>	<b>80</b>
一、自然泄漏法 .....	80
二、防静电接地 .....	81
三、增湿 .....	85
四、添加抗静电剂 .....	86
五、安装静电中和器 .....	89
<b>第三节 电子工业特殊生产环境内静电灾害的控制及消除 .....</b>	<b>118</b>
一、生产环境内的静电防护要求 .....	118
二、操作人员的静电防范要求 .....	129
三、各类防静电产品的检测 .....	130
<b>第四节 石化工业特殊环境内静电灾害的控制及消除 .....</b>	<b>133</b>
一、油罐区的静电防范要求 .....	133
二、油罐车的静电防范措施 .....	142
<b>附录 .....</b>	<b>145</b>
附录 A 防静电标志牌 .....	145
附录 B 防静电工作区内的防静电装备用品配置表 .....	146
附录 C 防静电工作区内日常管理检查项目表 .....	148
附录 D 静电安全常用名词术语 .....	149
附录 E 防静电国家标准及资料 .....	166
附录 F 静电防护三句半 .....	169
<b>参考文献 .....</b>	<b>171</b>



# 第一章 静电的特点及有关概念

## 第一节 静电的基本特点

### ●要点提示:

物质组成是原子，核、电在心吸力转；  
正负之间相互力，能量中和不显电，  
一旦转换失电子，物体因此起静电。  
静电虽然能量小，但易放电起祸乱。  
绝缘物能强束缚，消失泄漏都很慢。  
电压较高放火花，中和静电不间断。  
不能忽视危险性，安装屏蔽保安全。

### ●实用技术:

我们知道，自然界的一切物质都是由中性原子组成的，原子又是由带正电的原子核和带负电的绕原子核运动的电子所组成。原子内的电子有规律地分布在核外的轨道上，最外面轨道上的电子受原子核的束缚力最小。原子核是由表现出带正电性的质子和不表现带电性的中子组成。

正常情况下，因为原子核所带的正电与电子所带的负电数量相同相互抵消，所以原子或普通物质从外面看来是中性的，既不带正电也不带负电，显示不出任何电性。

但是如果通过某种方法使电子与原子核分离并把它们

拆散，电子本来带有的负电以及原子核本来带有的正电就会表现出来，也就是说物质带上了正电或负电。通常，我们就将物质表现出正电或负电的性质叫做“带电”。物质带电用电荷量来表示。电荷是物质基本粒子的基本特性，一个物体所带的电荷量可以是正、负或零。它只能是质子电荷的整倍数。电荷有两种，一种叫正电荷，用符号“+”表示；另一种是负电荷，用符号“-”表示。负电荷总是和电子相联系着的；正电荷则是和失去电子的原子、原子团或分子相联系着的。电荷之间存在着相互作用，同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引。电荷的数量称为电量，常用符号  $Q$ 、 $q$  表示，单位是库仑，用符号 C 表示。

静电就是相对静止的电荷，在干燥的条件下，高电阻率且容易得到或失去电子的物质，由于受到摩擦、受热、撞击、受压或高速移动，都会产生静电。在生活当中，用干燥的塑料梳子梳头，毛衣从衬衣上脱下来，尼龙类纺织物快速脱下来，用干燥布擦拭塑料制品或木质家具等都能产生静电。在生产过程中也能产生静电，例如纸张印刷时或纸张与辊轴的摩擦，橡胶或塑料的碾制，液体高速喷出管口，高电阻率固体物质的粉碎、研磨，悬浮粉尘的高速运动，混合器中搅拌高阻物体，纺织品的涂胶过程等。

静电的特点有如下几点：

### 1. 静电容易放电

在一定的条件下，静电体会发生放电，在放电过程中会伴有短促的炸裂声和明亮的闪光，或有嘶嘶声和淡紫色光。在有爆炸和火灾等危险场所，这些放电有很大的危险性。

## 2. 静电的放电电流不大时产生的热量就很小

静电产生的静电场的能量为  $QU/2$ ，因为电量  $Q$  很小，所以能量不大，一般不大于毫焦级。

## 3. 静电容易产生静电感应

导体（人和设备）在静电场中会使表面感应出电荷而使其带电。由于静电感应可能会在设备或人体上产生很高的电荷，导致危险的火花放电。这是一个危险性极大而又被人们忽视的危险因素。

## 4. 静电的电荷量小而电压高

一般条件下产生的静电电荷量只有微库或毫库级，不过带电体的电容有时变得很小，由  $U = Q/C$  可知，带电体的电压与带电量成正比，而与电容成反比，这样在电荷量不变的情况下，电压则很高。如橡胶行业的静电电压有时达到几万伏，甚至十几万伏。

电压高易引发放电，并产生火花，而对于爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境等危险场所，却有可能引起爆炸或火灾，这是非常危险的。

## 5. 绝缘体产生静电后静电荷自然消失或泄漏很慢

绝缘体的介电常数  $\epsilon$  和电阻率  $\rho$  都很大，对电荷的束缚力很强。当产生静电过程停止后，在很长的一段时间内仍然存在着静电，有着极大的危险性，这在工程中应特别注意，必须设置静电中和装置，及时将静电放掉，以保证安全。

## 6. 静电屏蔽

通常桶形或空腔的导体，其内部有电荷时，必定在外壳感应出电荷，但当外表面接地时，则外部的电荷为零，并不影响内部的电荷，如图 1-1 所示。

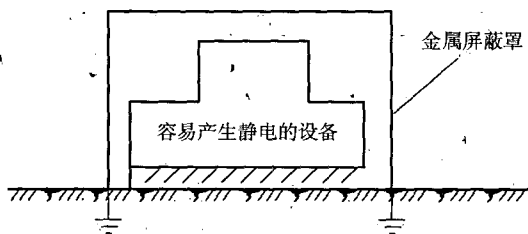


图 1-1 静电屏蔽示意图

## 第二节 静电的有关概念

### ● 要点提示:

- 静电电量最本质，测出电压能计算。
- 静电电位映高低，找来参考点测试。
- 表面电荷密度数，纺织材料表征显。
- 电场强度所受力，叠加原理能应用。
- 静电半衰期时间，泄漏能力能计算。
- 静电耗散分三类：中和、泄漏和放电。
- 接地泄电好方式，评价、考核要先看。
- 粉体、人体和液体，静电参数靠计算。

### ● 实用技术:

#### 一、静电电荷量

静电电荷量是反映物体带电情况的最本质的物理量之一。当带电体是一个导体时，其所带电荷全部集中于物体表

面，而且表面上各点的电位相等。如果我们想知道它的带电量，可以通过接触式静电电压表先测出其静电电压，然后按照基本关系式  $Q = CU$ ，计算出它的带电量。

## 二、静电电压

在均匀电场中，如果用  $L$  表示由  $a$  点沿电力线方向到  $b$  点的距离，则其间电压为

$$U_{ab} = EL$$

式中  $U_{ab}$ ——静电电压 (V)；

$E$ ——电场强度 (V/m)；

$L$ —— $a$  点与  $b$  点之间的距离 (m)。

在电场中，电压是电场力对单位正电荷所做的功。

## 三、静电电位

我们知道电位与电荷是成正比的，电位相对于地电位的高低反映出了物体的带电程度，于是可通过测量电压的高低来了解带电量的多少。

若在电场中任选一点作为参考点，各点对参考点的电压只与该点的位置有关，称为该点的电位。同电压一样，电位的单位也是伏特 (V)。因为电场强度符合叠加原理，所以电位也符合叠加原理。弄清电位的分布，即可发现可能发生静电放电的危险部位，以便于采取适当的安全措施，消除静电的危险。通常所说的静电电压 (对地静电电位) 测试，就是指测试点相对大地的静电电位值。

## 四、表面电荷密度

表面电荷密度  $\sigma$  是表征纺织品材料表面静电起电性能

的主要参数。人体动作的牵动会使随身的衣物，或与人体接触的物品如坐垫、沙发套等特别是布料材料发生摩擦、接触、分离等物理作用，伴随着这些将产生静电。 $\sigma$  值的大小决定了这类物质发生这些物理变化时产生静电的水平，因此在静电防护领域要予以检测，以便更好地控制。

## 五、电场强度

电场中某点的电场强度，即单位正电荷在该点所受到的力，用下式表示：

$$E = F/Q$$

式中  $E$ ——电场强度 (V/m)；

$Q$ ——测试电场强度的试验正电荷的电荷量 (C)；

$F$ ——作用在试验电荷上的电场力 (N)。

电场强度的单位是 V/m，也可转换成 N/C。同电场力一样，电场强度也符合叠加原理。

## 六、静电半衰期

静电半衰期指试样上的电荷衰减至其终值的 1/2 时所需的时间。对于塑料、橡胶、化纤织物等高分子材料来说，其泄漏电荷的能力通常用静电半衰期表征。静电半衰期  $t_{1/2}$  与材料自身物理特性的关系为：

$$t_{1/2} = 0.69\tau = 0.69\varepsilon\rho = 0.69RC$$

式中  $R$ ——试样的对地泄漏电阻 ( $\Omega$ )；

$C$ ——试样的对地分布电容 (F)；

$\varepsilon$ ——材料的介电常数 (F/m)；

$\rho$ ——材料的电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )。

各种材料的物理特性是不同的， $t_{1/2}$  值的差异很大，导静电好的材料可能只有几秒甚至几毫秒，而绝缘材料则可能长达数小时甚至数天。

## 七、静电荷的耗散能力

带电体上的电荷由于静电中和、泄漏、放电而使之部分或全部消失的现象，称为静电耗散。

对于绝缘物质带电，或被绝缘的导体带电，因为无法采用依靠向大地泄漏电荷的方法消除静电，所以可利用离子流式静电消除器发出的正、负离子中和带电体上的电荷，离子流式静电消除器的电荷中和能力是其主要参数。

## 八、电阻与电阻率

电阻是指电压 ( $U$ ) 与电流 ( $I$ ) 的比值，在电流一定的情况下，它与电压成正比；在一定电压的作用下，它与电流成反比，是物体阻碍电流通过的能力的一种表征。电阻的大小与物体的形状、尺寸有关，物体的线性尺寸越长，或者径向尺寸越小，它对电流提供的阻力就越大，即物体的电阻越大。因而我们说某一个物体电阻的大小，并不能完全表示出该物体本身的导电性质。为此，我们常常使用电阻率这个物理量作为物体自身导电性能的象征。因为它不受物体形状与尺寸的制约，而只由物体本身的种类和内部结构特性决定。当然，表面电阻率主要反映物质的表面状况，例如掺杂或污染的程度。物质的电阻率在数值上等于用该种物质做的长  $1\text{m}$ 、截面积为  $1\text{mm}^2$  的导线在温度为  $20^\circ\text{C}$  时的电阻值。

在静电防护领域，将涉及两个与静电泄漏密切相关的物

## · 静电安全防护要诀 ·

体特性参数：体积电阻和表面电阻。施加于被测样品的两个相对表面上的电极之间的直流电压和流经该两电极的稳态电流的比值称为体积电阻。施加于被测样品同一表面上的两个电极之间的直流电压和流经该两电极之间的电流比值称为表面电阻。

电阻率也相应地分为体积电阻率和表面电阻率。前者是描述物体内部电荷移动和电流流动难易程度的物理量，定义为材料内直流电场强度和稳态电流密度的比值。后者是描述材料表层内直流电场强度和线电流密度的比值，它等于在两个相对电极内每平方米面积上的表面电阻值。体积电阻率和体积电阻存在以下关系：

$$R_v = \rho_v b / S \text{ 或 } \rho_v = R_v S / b$$

式中  $R_v$ ——体积电阻 ( $\Omega$ )；  
 $\rho_v$ ——体积电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )；  
 $b$ ——材料厚度 (m)；  
 $S$ ——电极相对面积 ( $m^2$ )。

根据定义，表面电阻率和表面电阻之间的关系可由下式表示：

$$\rho_s = R_s L / d$$

式中  $R_s$ ——表面电阻 ( $\Omega$ )；  
 $L$ ——电极长度 (m)；  
 $d$ ——电极之间的距离 (m)。

对于电阻率高的物体来说，其所带静电荷中和及泄漏所需要的时间会很长，所以物体能长时间带电。对于电阻率低的物体来说，其所带静电荷会很快地泄漏中和，因而物体不容易带电。因此，在静电防护领域，测量物质的电阻率对于控制静电具有非常重要的意义。



## 九、接地电阻

接地在静电防护领域中具有特别重要的作用，它是实现静电防护最重要的措施之一。因此，对接地电阻参数的测定，是定量评价、考核、监控接地系统运行状态的唯一手段。

## 十、粉体静电的性能参数

粉体是指由固体物质分散而成的细小颗粒，粉体是固体物质的一种特殊形态，其带电性能与固体物质有显著的不同。这种不同来源于粉体存在状态的不均匀性和弥散性及粒子之间的无序排列，造成电性能的不均匀性、不稳定性和各向异性。

但是，由于粉体物质一般都具有较大的吸湿性，所以电性能测量受湿度的影响较大。粉体电性能的测量对温度和气压的影响有时也非常敏感。因此，造成了粉体静电性能测量的复现性较差。

用气流输送粉体物质，在工业中已有广泛的应用，但是粉体物质在气流加工和管路输送过程中，会频繁地发生物料与管壁、容器壁之间以及粉体物料粒子彼此之间的接触和再分离；呈现明显的带电过程，因而经常产生强烈的静电。同时，在粉体输送过程中，又很容易产生不同强度的放电火花，这就涉及到整个输送过程的安全性问题。为了找出粉体在气力输送过程中的起电规律，又考虑到实验的安全性，人们通常是利用惰性固体介质粉粒进行研究。

由于粉体静电受多种因素的影响，因此其定量计算是