

# 静电及相关技术的现代发展

高立晟

(临沂师范学院教育技术中心 山东 276005)

## 一、静电的产生

摩擦起电是产生静电荷的基本原因。两种物质的表面产生摩擦时,机械能转化为内能,使某一物质结构的原子外层电子获得能量挣脱原子核的束缚成为自由电子,这一物质表面便可失去电子带正电,另一物质表面则由于得到电子而带有等量的负电荷。产生静电荷的多少与摩擦的力度即接触面的压力、接触分离的速度成正比。由此类推,一定条件下气体或液体的流动,粉状物质的输送过程同样会产生静电。静电产生的另一直接原因就是感应带电。在外电场的作用下,电场力使外层电子挣脱成为自由电子而在物体表面产生静电。外电场越强,所积累的静电荷越多。带电微粒的吸附,静电场中导体的静电平衡现象及电介质的极化都属于此类情况。

静电的产生是一普通的物理现象,随着技术的发展,物体表面由于静电而产生的各种效应已远远超出了纯物理学的范畴。现代科学实验和工业技术中,静电效应有极为重要的利用价值,而在有些情况下,又要对静电效应产生的危害加以消除。

## 二、静电利用技术

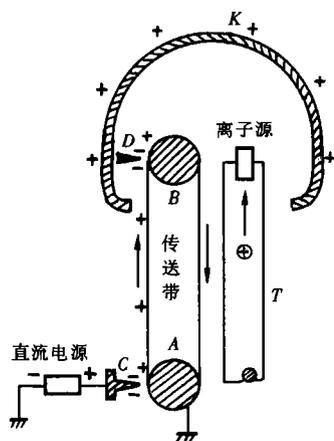


图 1

### 1. 静电加速器的应用

现代物理实验常常离不开高速离子流,高速离子流的获得更是离不开加速器。静电加速器是应用静电技术产生高压完成对离子的加速的。

静电加速器又称范德格喇夫起电机,如图 1 示意。 $K$  为高压电极(中空金属罩), $T$  是高真空度的加速管,管的上方装有离子源。直流电源电压约为几万伏,这样在针尖极  $C$  和金属轮  $A$ 、绝缘传送带之间存在强静电场而使空气分子电离,电离产生的负电荷跑向  $C$  极,正电荷跑向传送带并被送至金属轮  $B$  处。于是由于静电效应在针尖极  $D$  和传送带之间再次发生空气分子电离, $D$  极上不断积累负电荷,而  $K$  的外壳则感应出大量的正电荷。随着传送的连续进行, $K$  外壳上的正电荷越来越多,使其与地之间的正电压不断升高(远超过电源电压),从而达到将离子源的离子进行加速的目的。这也是一个利用静电技术从内部向导体壳“输送”电荷的一个典型实例。

### 2. 静电复印机图像的形成

静电复印机作为一种现代化办公设备,已在国民经济的各部门得到广泛的应用。其复印图像的形成也是利用了静电技术来实现的。

复印图像的形成系统主要有静电潜像、显影、纸转印、纸分离、定影和鼓清扫等几个步骤。其核心部件是感光鼓,感光鼓的外层由有机光导层(即半导体光敏材料)组成,内侧为一铝质基板。

(1) 形成静电潜像:图像形成前,先通过灯光照射鼓表面,进行前曝光,以除去鼓表面残存电荷防止复印浓度不匀。接下来进行一次充电(图 2),电源  $E$  在电晕丝和基板之间建立静电场并产生电晕放电,基板带正电,光导层表面即感应出负电荷。栅极和基板之间加有稳压管组成的稳压器,用来保证鼓表面电位稳定,使其负电荷分布

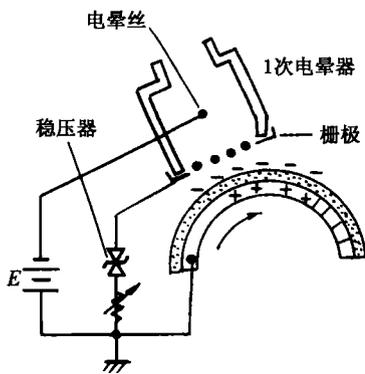


图 2

均匀以确保复印质量。然后是图像曝光,原稿被投影于鼓表面,对应于稿件的信息部位(黑色)因挡光而在鼓表上形成暗部,负电荷保留下来;对应于无信息的空白部位(白色)在鼓表上形成明部,明部负电荷因曝光被消除。于是在鼓表面形成一层由负电荷构成的再现原稿内容的人眼看不见的“图像”,即静电潜像。

(2) 显影:显影构造如图 3 示意,和感光鼓靠近装有显影筒,它由固定的磁体和外侧可旋转的圆筒构成,侧旁另有一磁性叶片。黑色显影剂即墨粉的主要成分是磁性颗粒和树脂,此显影剂有绝缘性,由

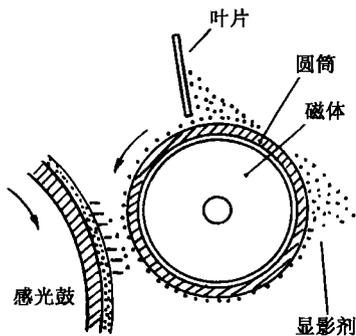


图 3

于与旋转的圆筒的摩擦而带正电。磁性叶片的存在使显影剂在此由于磁场作用被收集,并随旋转而在圆筒表面铺敷一层薄而均匀的显影剂层。

加在显影筒和叶片之间的显影偏压用来控制墨粉被感光鼓静电吸附的程度,从而达到消除底灰和调节复印浓度的作用。佳能机采用的是跳动显影偏压,分为完成潜像显影的交流成分(AC)和消除背景底灰的直流成分(DC),如图 4。墨粉由于鼓表电位和正偏压的共同作用而吸附于感光鼓上(吸引),使静电潜像成为由墨粉组成的可见图像;其余墨粉则由于鼓表电位和负偏压的作用下被收集回来(相

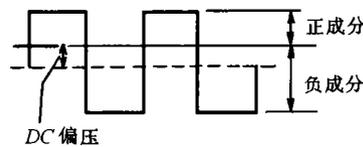


图 4

斥)。另有一些机型如优美机采用的是直接显影方式,其采用纯直流偏压,墨粉可单方向一次性地从圆筒表面迁移到鼓静电潜像上,形成可见图像。

彩色显影剂由作为载体的铁粉和墨粉组成显影原理大致相同。

(3) 转印:如图 5 所示。转印电晕器的负极性电晕丝使到来的复印纸背面带负电,面对鼓表的正面即感应出正电荷,去吸附鼓表上被一次鼓表电位(负。见图 2)“同化”了的墨粉,于是鼓表可见图像被转移到复印纸上,完成转印。

(4) 纸分离:复印纸的弹性,一般可使复印好的纸与鼓表分开。而为了确保复印纸顺利分离不致于卷附鼓上,图 5 中静电除电针上加正电压,针上的正电荷通过和纸背面负电荷的吸引减弱了鼓表对复印纸的静电吸附,使分离较易进行。最后,通过加热将纸上的墨粉像固定下来。

### 三、静电消除技术

一般物体如塑料、纸张、化纤物或其他粉状、流体材料等,由于其对地电容极小(人体对地电容仅为 100pF 左右),往往具有几千或几万伏的静电电位 ( $U = \frac{Q}{C}$ ),前面讨论的静电加速器中高压的产生已证实了这一点。但在另外一些场合,由此产生的高压电晕放电或火花放电造成的危害也是不容忽视的。

#### 1. 静电的危害

现代工业生产中,机械化自动化程度不断提高,

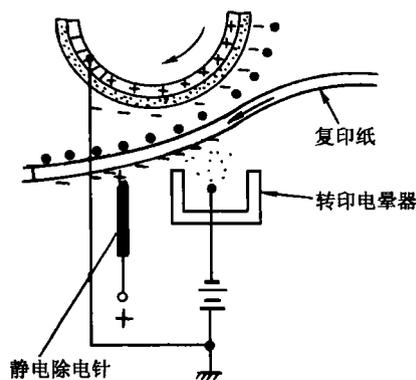


图 5

如化工、制药、电子、食品等工业及各种包装、运输、烘干工艺线上,较为复杂的运动过程极易引发静电的产生。常见的生产线上的织物缠绕,堵塞,纸张粘连,物表吸尘均可造成生产故障或产品质量下降等问题,严重时还会导致集成电路芯片损坏、信息通信系统遭受干扰等,都可能与静电产生或电晕、火花放电有直接的关系。因此在相关领域内,对静电的检测和消除,也是一项很重要的工作。

## 2. 静电消除原理及应用

由静电场理论可知,消除静电可采用疏通和中和的方法。疏通是指提供导电通路,使静电荷及时流入大地,不易形成电荷积累,危害解除。建筑物上的避雷针、输油车的拖地金属链皆是这一道理。要求严格的地方,可铺设防静电地板,涂刷防静电涂料,工作人员穿防静电制服等。中和是指运用正负电荷相吸引的原理,用系统之外的异性电荷去中和工件或材料表面的静电荷,以消除静电危害。这种方法是针对生产线上的复杂情况应运而生的,还需用一定的专用设备来完成。下面结合这一方法讨论几种应用于各领域的静电消除技术。

(1) 感应式静电消除技术:原理如图6。针状接地导体B靠近带电工件A(以带“+”电为例)表面,B上会感应出“-”电荷并聚集于针尖部位。静电场使AB间空气分子电离并产生电晕放电,电离出的正电荷跑向B,负电荷跑向A,从而将A表面“+”电荷中和抵消。不同的情况针尖可做成齿状、梳状等,结构排列亦有线列、管状或环型之分。此方法简单易行,无需外加电源,广泛应用于输油管道、纸张及织物传送带等场合。但其作用距离较短(约10~20mm),对2~3kV以下的静电电位,消除能力较弱。

(2) 高压静电消除技术:图6中将放电针B接入高压电源即成。所用电源有直流、交流之分,还可采用开关电源以减小设备体积或进行一体化设计。放电尖的形状多为棒状或条状,并加入安全防护套

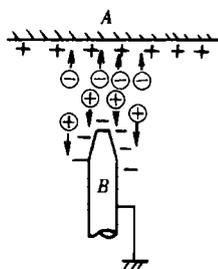


图 6

或防护杠,或者在放电针和高压电源间加入电容耦合器(图7),依靠电容器充放电来疏导多余或外漏的电荷,避免电击伤人或短路打火,降低事故隐患。这种方法采用了有源供电,可产生稳定的高压电晕,静电消除能力大大提高。特殊情况下,还可引入送风装置,将电晕产生的离子吹到较远的目标处,即所谓离子流静电消除。其作用距离可达几十厘米到几米,适合于大范围立体分布的静电消除处理或有一定深度的特殊带电部位。

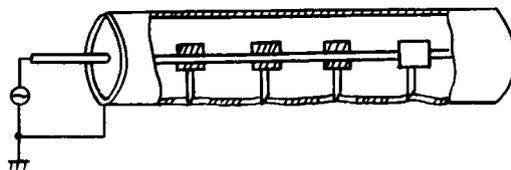


图 7

(3)  $\alpha$  射线静电消除技术:根据同位素放射源放出的 $\alpha$ 射线能使空气分子电离,并具有较强的穿透能力这一特点,可用 $\alpha$ 射线去中和消除一些封闭空间内工件上的静电荷。这一方法不需电源,不发热不打火,显得尤为简便巧妙。但须注意的是,要对放射源严格管理,防止射线泄漏造成放射污染。

(4) 感光静电消除技术:前面复印机图像形成的讨论中提到前曝光以消除鼓表面残留电荷以及图像曝光先形成静电潜像,即是利用了感光技术来消除不需要的电荷。其原理是这样的:鼓外层光导体实为一种光敏电阻体,它是一种无结器件,利用半导体材料的光敏特性制成。受光时,材料内将产生大量的电子-空穴对(载流子),可有效参与导电,使光导体导电能力发生显著变化。光照越强其电阻越小。鼓表(或部分)被曝光时,形成明部的区域光电体电阻变小,容易和下层铝质基板形成通路接地,区域内的电荷便可流入大地得到消除;而没有被感光的暗部,区域光导体电阻很大,几乎不能和地形成通路,电荷便被保留下来。这一技术在感光制版设备中也有广泛的应用。

静电技术从原理说并不复杂,关键在于合理使用。静电利用多作为相关技术设备的核心装置,而静电消除则大多属于各种场合中的配套装置。