

## 静电除尘器的工作原理

静电除尘器的工作原理是利用高压直流不均匀电场使烟气中的气体分子电离，产生大量电子和离子，在电场力的作用下向两极移动，在移动过程中碰到气流中的粉尘颗粒使其荷电，荷电粉尘在电场力作用下与气流分离向极性相反的极板或极线运动，荷电粉尘到达极板或极线时由静电力吸附在极板或极线上，通过振打装置使粉尘落入灰斗从而使烟气净化。

### 1. 气体电离和电晕放电

由于辐射摩擦等原因，空气中含有少量的自由离子，单靠这些自由离子是不可能使含尘空气中的尘粒充分荷电的。因此，要利用静电使粉尘分离须具备两个基本条件，一是存在使粉尘荷电的电场；二是存在使荷电粉尘颗粒分离的电场。一般的静电除尘器采用荷电电场和分离电场合一的方法，如图 1 所示的高压电场，放电极接高压直流电源的负极，集尘极接地为正极，集尘极可以采用平板，也可以采用圆筒。

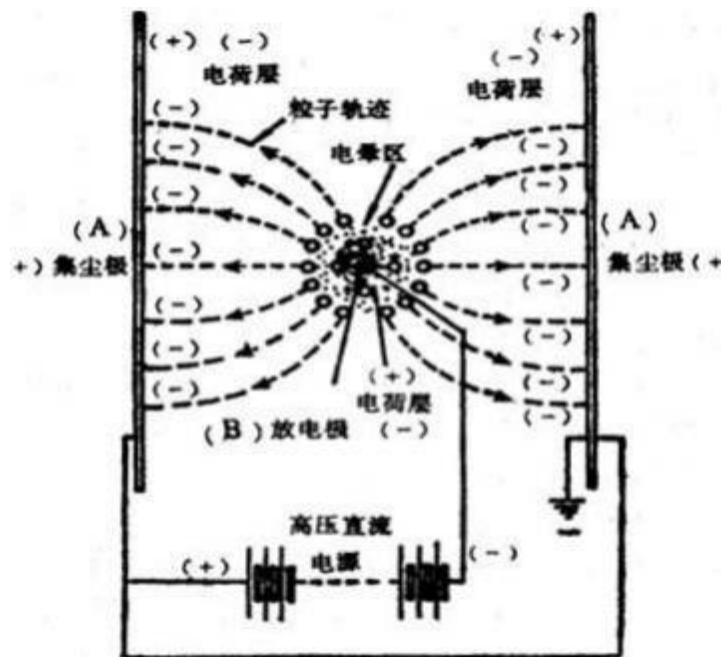


图 1 静电除尘器的工作原理

在电场作用下，空气中的自由离子要向两极移动，电压愈高、电场强度愈高，离子的运动速度愈快。由于离子的运动，极间形成了电流。开始时，空气中的自由离子少，电流较少。电压升高到一定数值后，放电极附近的离子获得了较高的能量和速度，它们撞击空气中的中性原子时，中性原子会分解成正、负离子，这种现象称为空气电离。空气电离后，由于连锁反应，在极间运动的离子数大大增加，表现为极间的电流（称之为电晕电流）急剧增加，空气成了导体。放电极周围的空气全部电离后，在放电极周围可以看见一圈淡蓝色的光环，这个光环称为电晕。因此，这个放电的导线被称为电晕极。

在离电晕极较远的地方，电场强度小，离子的运动速度也较小，那里的空气还没有被电离。如果进一步提高电压，空气电离（电晕）的范围逐渐扩大，最后极间空气全部电离，这种现象称为电场击穿。电场击穿时，发生火花放电，电路短路，电除尘器停止工作。为了保证电除尘器的正常运动，电晕的范围不宜过大，一般应局限于电晕极附近。

如果电场内各点的电场强度是不相等的，这个电场称为不均匀电场。电场内各点的电场强度都是相等的电场称为均匀电场。例如，用两块平板组成的电场就是均匀电场，在均匀电场内，只要某一点的空气被电离，极间空气便会全部电离，电除尘器发生击穿。因此电除尘器内必须设置非均匀电场。

开始产生电晕放电的电压称为起晕电压。对于集尘极为圆管的管式电除尘器在放电极表面上的起晕电压按下式计算：

$$V_c = 3 \times 10^6 m R_1 (\delta + 0.03 \sqrt{\delta / R_1}) \ln R_2 / R_1 \quad (1)$$

式中  $m$ ——放电线表面粗糙度系数，对于光滑表面  $m=1$ ，对于实际的放电线，表面较为粗糙， $m=0.5 \sim 0.9$ ；

$R_1$ ——放电导线半径，m；

$R_2$ ——集尘圆管的半径，m；

$\delta$ ——相对空气密度。

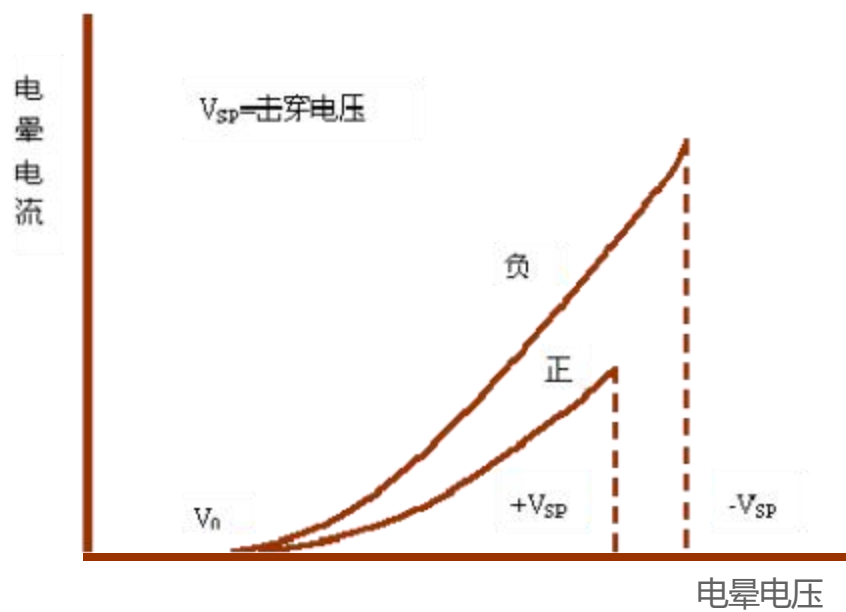
$$\delta = \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0}$$

$T_0$ 、 $P$ ——标准状态下气体的绝对温度和压力；

$T$ 、 $P$ ——实际状态下气体的绝对温度和压力。

从公式（1）可以看出，起晕电压可以通过调整放电极的几何尺寸来实现。电晕线越细，起晕电压越低。

电除尘器达到火花击穿的电压称为击穿电压。击穿电压除与放电极的形式有关外，还取决于正、负电极间的距离和放电极的极性。



图（2）是在电晕极上分别施加正电压和负电压时的电晕电流—电压曲线。从图（1）可以看出，由于负离子的运动速度要比正离子大，在同样的电压下，负电晕能产生较高的电晕电流，而且它的击穿电压也高得多。因此，在工业气体净化用的电除尘器中，通常采用稳定性强、可以得到较高操作电压和电流的负电晕极。用于通风空调进气净化的电除尘器，一般采用正电晕极。其优点是，产生的臭氧和氮氧化物量较少。

2. 尘粒的荷电

电除尘器的电晕范围（也称电晕区）通常局限于电晕线周围几毫米处，电晕区以外的空间称之为电晕外区。电晕区内的空气电离后，正离子很快向负（电晕）极移动，只有负离子才会进入电晕外区，向阳极移动。含尘空气通过电除尘器时，由于电晕区的范围很小，只有少量的尘粒在电晕区通过，获得正电荷，沉积在电晕极上。大多数尘粒在电晕外区通过，获得负电荷，最后沉积在阳极板上，这就是阳极板称为集尘极的原因。

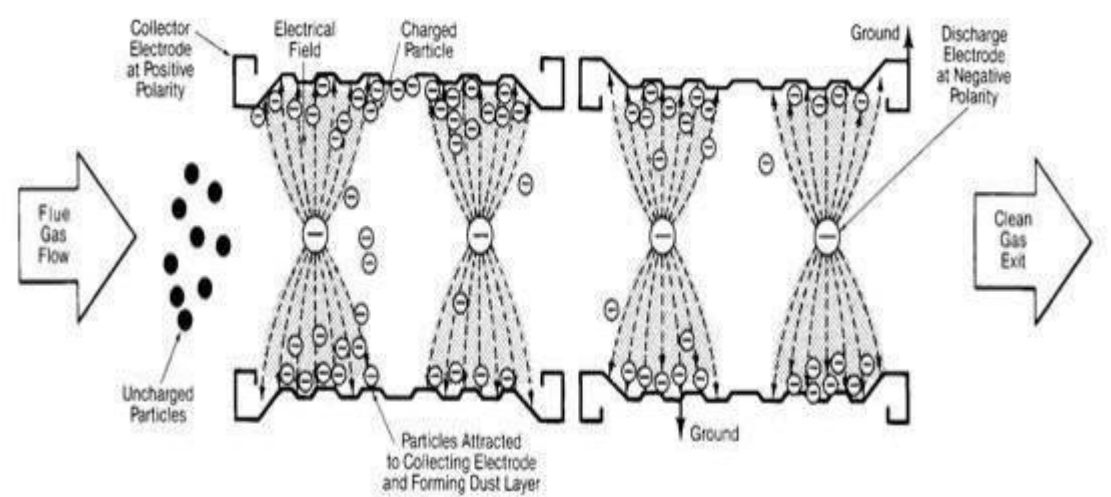


图 3 尘粒移动示意图

尘粒荷电是电除尘过程的第一步。在电除器内存在两种不同的荷电机理。一种是离子在静电力作用下做定向运动，与尘粒碰撞，使其荷电，称为电场荷电。另一种是离子的扩散现象导致尘粒荷电，称为扩散荷电。对 $d_c > 0.5\mu\text{m}$ 的尘粒，以电场荷电为主；对 $d_c < 0.2\mu\text{m}$ 的尘

粒，则以扩散荷电为主； $d_c$ 介于  $0.2\sim 0.5\mu$ 的尘粒则两者兼而有之。在工业电除尘器中，通常以电场荷电为主。

在电场荷电时，通过离子与尘粒的碰撞使其荷电，随尘粒上电荷的增加，在尘粒周围形成一个与外加电场相反的电场，其场强越来越强，最后导致离子无法到达尘粒表面。此时，尘粒上的电荷已达到饱和。

在饱和状态下尘粒的荷电量按下式计算：

$$q = 4\pi\epsilon_0 \left( \frac{3\epsilon_p}{\epsilon_p + 2} \right) \frac{d_c^3}{4} E_f \quad (2)$$

式中 $\epsilon_0$ ——真空介电常数， $\epsilon_0=8.85\times 10^{-12}\text{C/N}\cdot\text{m}^2$ ；

$d_c$ ——粒径，m；

$E_f$ ——放电极周围的电场强度，V/m；

$\epsilon_p$ ——尘粒的相对介电常数。

$\epsilon_p$ 与粉尘的导电性能有关。对导电材料 $\epsilon_p=\infty$ ；绝缘材料 $\epsilon_p=1$ ；金属氧化物 $\epsilon_p=12\sim 18$ ；石英 $\epsilon_p=4.0$ 。

从上式可以看出，影响尘粒荷电的主要因素是尘粒直径 $d_c$ 、相对介电数 $\epsilon_p$ 和电场强度。