

# 解析“电除尘”

张训彪 教授级高级工程师 上海市计量测试技术研究院

## 前言

在洁净室行业，主要使用微孔过滤器除尘。洁净室是否可以使用电除尘？众说纷纭。有人认为：“无效果，不可靠。”也有人认为：“非常好，超高效。”两派意见针锋相对，甚至不愿坐在一起开会。对于上述两派截然不同的观点，我们就电除尘器的原理、结构、效果、优点、缺点、应用领域进行解析，希望能对电除尘有一个客观公正的认识。

## 电除尘的原理

### 一、微粒的种类

一般将小的颗粒称为微粒。例如：灰尘的微粒。有固定结构的微粒一般称为粒子。例如：分子、原子、离子、质子、中子、电子，基本粒子等等。

离子本来的含义是：分子分裂成两部分，这两部分称为“离子”，意为：“分离产生的粒子。一般情况，分子分裂成两部分，一部分带负电，另一部分带正电。带负电的部分称为“负离子”；带正电的部分称为“正离子”。

带电的粒子碰到不带电的中性微粒，会结合成新的带电的微粒。

现在我们经常使用的“离子浓度测试仪”，根据它的工作原理，是将所有带电的微粒都作为离子处理，实际上测定的是“带电微粒”的浓度。

带电微粒的质量相差很大。众所周知，质子的质量是电子的1000倍。质子与中子组成原子核，电子向地球与太阳那样，围绕原子核运转，所以原子比质子大得多。原子组合成分子。带电的灰尘微粒比原子、分子又大得多。所以，空气中带电微粒的质量相差甚远。

现在我们经常使用的离子浓度测试仪的“离子收集管”，只有几十厘米长，不能区分各种不同质量的带电微粒的浓度。美国有一位科学家，为了分析不同带电微粒的浓度，使用的“离子收集管”有十几米长。

将所有带电的微粒，都作为“离子”处理，好像不合理。好在所有的“带电的微粒”都有除尘作用，不必要严格区

分。因此，电除尘行业，对于“离子”的含义，有狭义和广义之分。狭义是指：分子分裂成两部分，对这两部分的称呼。广义泛指：带电的微粒（粒子和粒子团）。

### 二、带电粒子的产生

电除尘首先要产生“带电粒子”。“带电粒子”的种类繁多，主要有：电子、正离子、负离子、失掉电子的原子、失掉电子的分子等。不同的带电粒子，产生的方法也不尽相同。主要有三种：

(1) 电子是带负电的粒子，利用尖端放电的原理，就可以放出电子，形成电子云。

(2) 利用电场力，从原子或分子中拉出电子，将原子或分子变成带正电的粒子。(3) 利用强电场力，使分子分裂，变成正离子和负离子。

### 三、电除尘的原理

“电除尘”的种类繁多，常见的有：静电除尘、离子除尘、等离子除尘、电子除尘等等。

电除尘的本质是：电场力的特性是：对于带电的物体，同性相互排斥；异性相互吸引。带电粒子碰到微粒，与微粒结合成因为带电的微粒。在电场力的作用下，带正电的微粒，向负极板运动，撞击负极板，被负极板吸收；同理，带负电的微粒，向正极板运动，撞击正极板，被正极板吸收。从而，达到除尘的效果。电除尘不仅能去除固体微粒，同时能去除液体微粒。

综上所述，从原理上看，电除尘的本质是带电粒子除尘。

## 电除尘设备的结构

电除尘设备的结构主要由高压电源、离子发生器、微粒捕获器、风机、粗效过滤器等部分组成。

### 一、高压电源

高压电源多数使用高压静电，也有使用交变高压电。高压量值一般在（5000 ~ 18000）V之间。有人使用单一

高压，有人使用双高压。高压电源的功率依据电极的尺度和数量确定。

## 二、离子发生器

离子发生器的电极种类繁多，主要有针状、锯齿状、线状、板状等。

### 1、针状电极

由于尖端放电，针状电极可以有正、负两个电极；也可以只有负极，没有正极。针状电极主要产生电子云，带负电的电子碰到微粒，与微粒结合成为带负电的微粒。带负电的微粒在电场力的作用下，向正极板运动，撞击正极板后，被正极板吸收。由于电子的体积很小，碰到微粒的几率也较小；加上只有一种负离子，除尘效率较低，一般可以达到 (20 ~ 50)% 左右。针状电极的优点是基本上不会产生臭氧。针状电极如图 1 所示。

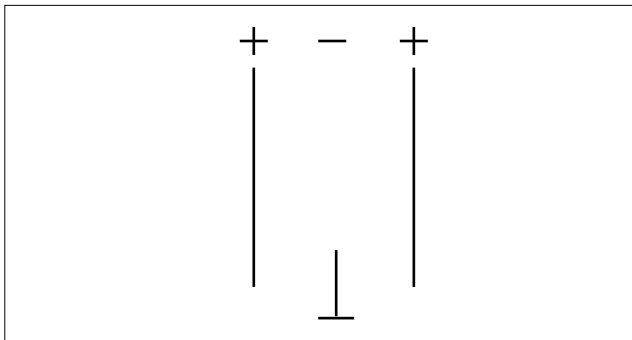


图 1. 针状电极的示意图。

图中：

(1) 丁字型图案为针状电极，与电源的负高压连接，成为负电极。由于尖端放电，放射带有负电的电子，形成电子云。

(2) 两根长线代表捕获微粒的电极，与电源的正高压连接，成为正电极。

### 2、线状电极

线状电极一般是与板状电极合用，一个是正极；另一个是负极。这种结构，主要形成一个较强的电场。空气中的原子和分子，在电场力的作用下，失掉电子，成为带正电的粒子；逸出的电子是带负电的粒子。正、负粒子共同捕捉空气中的微粒；加之正离子的体积较大，捕捉微粒的能力也较大，除尘效率较高，一般可以达到 (40 ~ 99) % 左右。然而，线状电极的缺点是容易产生臭氧。需要严格

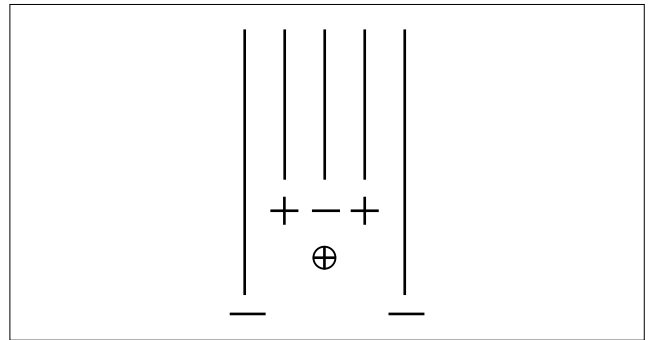


图 2. 线状电极的示意图。

控制电极距离和电压。线状电极如图 2 所示。

图中：

(1) 带十字的圆形图案为线状电极，与电源的正高压连接，成为正电极。

(2) 两根长线，前段是产生离子的电极；后段是捕获微粒的电极，与电源的负高压连接，成为负电极。

(3) 三根短线是捕获微粒的电极，分别与电源的正高压或负高压连接，成为正电极或负电极。

### 3、锯齿状电极

锯齿状电极介于针状与线状两种电极的性能之间。应该指出的是同一类型的电极，设计和加工不同，其除尘效果差别很大，有的甚至没有除尘效果。锯齿状电极如图 3 所示。

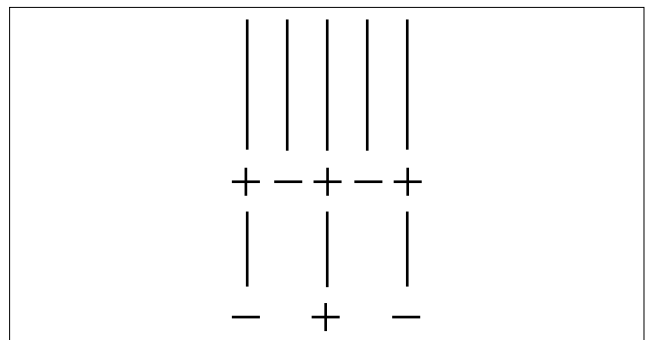


图 3. 锯齿状电极的示意图。

图中：

(1) 三根短线的中间一根为产生离子的锯齿状电极，与电源的正高压连接，成为正电极。

(2) 三根短线的两边两根为产生离子的电极，与电源的负高压连接，成为负电极。

(3) 五根长线代表捕获微粒的电极，分别与电源的正



(4) 带有正电的粒子，在电场力的作用下，向负电极运动。带有正电的粒子碰到微粒后，与微粒结合成为带正电的微粒。带正电的微粒在电场力的作用下，继续向负电极运动，碰到负电极后，被负电极捕获。

## 2、电极的要求

微粒捕获器电极的尺度、电压、电极板的密度、微粒种类相互关联，一般是通过试验确定。

## 3、电压的要求

3.1、电压过低，捕获微粒的能力下降，甚至不能捕获微粒。

3.2、电压过高，不仅电源的结构复杂，而且需要使用高性能的绝缘材料。电压过高，还可能击穿放电，产生大量臭氧。

3.3、电压过高，产生臭氧，如图 6 所示。

图中：

(1) 圆形图案为空气中的粒子；方形图案表示空气中的微粒；圆中有横线的图案，表示带有负电的粒子；圆中有十字的图案，表示带有正电的粒子；两条长线，分别表示正极板和负电极板。

(2) 在强电场力的作用下，中性粒子分裂成两部分，一部分成为带有负电的粒子；另一部分成为带有正电的粒子。

(3) 带有负电的粒子，在电场力的作用下，向正电极运动。带有负电的粒子碰到微粒后，与微粒结合成为带负电的微粒。带负电的微粒在电场力的作用下，继续向正电极运动，碰到正电极后，被正电极捕获。

(4) 带有正电的粒子，在电场力的作用下，向负电极运动。带有正电的粒子碰到微粒后，与微粒结合成为带正电的微粒。带正电的微粒在电场力的作用下，继续向负电极运动，碰到负电极后，被负电极捕获。

(5) 由于电场力较大，空气中的氧气分子分裂成原子。有时三个氧原子又会结合成一个分子，即为臭氧。

## 4、臭氧可以利用

电场力强大，除尘效率高；虽然产生臭氧，然而臭氧是双刃剑，有害处，也有好处。

### 4.1、臭氧的坏处：

- (1) 有强烈的腐蚀性。
- (2) 对生物体有害。

(3) 有刺鼻气味。

### 4.2、臭氧的好处：

- (1) 臭氧是优良的杀菌剂。例如：用于矿泉水消毒。
- (2) 臭氧是优良的除臭剂。例如：用于处理污水。
- (3) 臭氧寿命短，很快会变成氧气，没有后遗症。

### 4.3、臭氧的使用方法：

- (1) 在人离开时使用。
- (2) 使用过滤吸收材料消除。
- (3) 利用时间差，消除臭氧。
- (4) 使用臭氧治理污染。

## 5、电极板的密度

电极板的密度根据高压量值确定。密度过小，捕获微粒的能力下降，甚至没有除尘效果。密度过大，不但容易击穿放电，产生大量臭氧；而且，加工复杂，增加生产成本。另外，密度过大，间距很小，少有污染，就会改变极板间距，产生击穿放电。

## 6、电极板的长度

在电场力确定的条件下，微粒较小，偏转加速度较大，较短运动距离，即可撞击极板。所以，较短的电极就可以捕获较小的微粒。微粒较大，偏转加速度较小，较长运动距离，才可能撞击极板。所以，需要较长的电极板才可能捕获较大的微粒。电极板的具体长度，一般通过试验确定。

## 四、粗效过滤器

纤维或大颗粒进入电除尘器，容易发生放电，产生臭氧。所以，电除尘的前段应加装粗效过滤器，去除较大的微粒。粗效过滤器的前面应加装过滤网，防止纤维或昆虫进入。

## 五、风机

电除尘器的阻力较小，对于风机的要求较低，可以用离心风机，也可以使用轴流风机。如果有空调送风，可以将电除尘器安装在空调送风口，不使用风机。

## 电除尘的优缺点

### 一、电除尘的优点

- 1 电除尘器的阻力较小。

上接第 29 页

- 2 对风机的要求较低，可以降低成本。
- 3 电除尘器的高压电场有杀菌作用。
- 4 风机耗电量较小，可以节省能源。
- 5 风机的功率较小，可以降低噪音。
- 6 电极板清洗后，可以重复使用。
- 7 对于有害气体，有分解吸收作用。

## 二、电除尘的缺点

- 1、电除尘器的造价高于高效过滤器。
- 2、电除尘器需要外接电源。
- 3、电除尘器的除尘效率较低。
- 4、电除尘器适用的风速较小。
- 5、控制不好，容易产生臭氧。
- 6、设计制造不好，除尘效率很低。
- 7、用于高级别的洁净室有困难。

## 三、电除尘的应用

### 1、应用于钢铁厂

上世纪 60 年代，钢铁厂就使用静电除尘设备。钢铁厂的有些车间的灰尘浓度很大，为了降低灰尘的危害，使

用电除尘。由于钢铁厂有些车间的灰尘浓度很大，对于除尘效率要求不高，静电除尘的设备比较粗糙。

### 2、应用于化工厂。

上世纪 70 年代，化工厂也使用静电除尘设备。化工厂有些车间的灰尘浓度比钢铁厂的灰尘浓度还要高，对于除尘效率要求还要低，静电除尘的设备也比较粗糙。

### 3、应用于制药厂

制药厂对于灰尘浓度的要求较低，对于微生物的要求较高。电除尘不仅能去除灰尘，而且能杀死微生物。所以，国外有好多制药厂使用电除尘。

### 4、应用于医疗机构。

医疗机构对于灰尘的要求更低，对于微生物的要求更高。所以，电除尘特别适用于医疗机构。我国南方有较多的医疗机构使用电除尘。杭州有一家医院的妇产科，使用电除尘的效果较好。

### 5、广泛地应用于家用空气净化器

家用空气净化器，要求：能除尘、能除味、能杀菌、噪音小、耗电少。市场上销售的家用空气净化器，百分之 80 以上，都使用电除尘。当然，电除尘的原理、结构、效果各异，真可谓：千差万别，不能一概而论。**CRC**

## 行政及销售人员 Administration & Sales offices



### 行政人员 Administration

#### HK Head Office (香港总部)

ACT International (雅时国际商务)  
Unit B, 13/F, Por Yen Building, No. 478 Castle Peak Road, Cheung Sha Wan, Kowloon, Hong Kong  
Tel: 852 2838 6298

Publisher (社长):  
Adonis Mak (麦协林), adonism@actintl.com.hk

VP - Sales & Marketing (副总裁销售总监):  
Mark Mak (麦协和), markm@actintl.com.hk

General Manager (总经理):  
Michael Tsui (徐旭升), michaelt@actintl.com.hk

Managing Editor (管理编辑):  
Yeva Zhang (张彦雯), yevaz@actintl.com.hk

Technical Editor (技术编辑):  
Lance Jiang (蒋小旌), lancej@actintl.com.hk

Editor Consultant (编辑顾问):  
Chris Everett, chrise@lightpoint.com.hk

Conference Manager (展会经理):  
Chris Liu (刘英骅), chrisl@actintl.com.hk

### 销售人员 Sales Offices

#### China (中国)

##### Shenzhen (深圳)

Jenny Li (李文娟), jennyli@actintl.com.hk  
Tel: 86 755 2598 8571

##### Shanghai (上海)

Judy Huang (黄作美), judyh@actintl.com.hk  
Hatter Yao (姚丽莹), hattery@actintl.com.hk  
Linda Li (李承珍), lindal@actintl.com.hk  
Tel: 86 21 62511200

##### Beijing (北京)

Cecily Bian (边团芳), cecilyb@actintl.com.hk  
Tel: 86 10 67484833 / 13552621310

##### Wuhan (武汉)

Sky Chen (陈燕), skyc@actintl.com.hk  
Tel: 86 137 2373 9991 / 86 27 5923 3884 / 1564  
Eva Liu (刘婷), eval@actintl.com.hk  
Tel: 86 138 8603 3073

##### Hong Kong (香港特区)

Mark Mak (麦协和), markm@actintl.com.hk  
Tel: 852 2838 6298