

# 熔喷布、纺粘布、静电驻极母粒及驻极的原理

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 产品名称 | 熔喷布、纺粘布、静电驻极母粒及驻极的原理       |
| 公司名称 | 广东省国瑞知识产权服务有限公司            |
| 价格   | .00/个                      |
| 规格参数 |                            |
| 公司地址 | 深圳市宝安区松岗街道沙浦围社区创业工业区22栋502 |
| 联系电话 | 15361099098 15361099098    |

## 产品详情

最近，熔喷布、纺粘布厂家翻倍，产量也翻倍，但是质量提升难度大，这里做一些科普，希望对品质提升有作用。

一般来讲，绝缘性越好的材料越容易产生静电。

静电可以是正电荷也可以是负电荷，毛皮摩擦橡胶棒，橡胶棒所带的静电电荷为负电荷，毛皮上所带的静电电荷为正电荷。正负是同时存在的，因为：一方多了电子（负电），负电荷多了，所以对外显负电；一方少了电子（负电），负电荷少了，所以对外显正电。

目前电气石驻极体是热门的研究对象

电气石产生负离子多少与自身的自发极化效应强弱有关系，跟周围环境的湿度、氧气有关系。

随着社会经济的不断发展，环境问题也日益突出。“雾霾”天气的产生，使得广大人民群众以及国家对大气污染问题也日益关注。PM2.5、亚微米级别病毒以及化学物质等在空气中扩散、传播，极大地危害了人民的身体健康。因此，有效的控制空气中的细微颗粒物以及有毒有害的化学、生物物质至关重要。空气过滤材料的应用是净化空气的重要手段。普通空气过滤材料对于细小微粒的去除不够彻底，而且过滤材料上容易滋生有害微生物，存在二次污染的可能。驻极体空气过滤材料为解决这一难题提供了可能。驻极体空气过滤材料具有高效、低阻、节能、抗菌等优点，是一类非常有应用前景的新型空气过滤材料。

### 一、驻极体

驻极体是指那些能够长期储存空间电荷和偶极电荷的电介质材料,即从时间跨度上来看,它们是电荷衰减时间常数比形成周期大得多的材料。具有在无外电场的条件下能自身产生静电作用力的特性。根据驻极体电荷的来源和性质,驻极体材料中的电荷可分为空间电荷和极化电荷两类。空间电荷主要是从介质外面经施加的电场推斥,沉积到介质表面或注入到介质表层一定深度,被介质表面或内部的各种陷阱捕获的带电粒子(如电子、离子等),也称为驻极体的捕获电荷。极化电荷是通过冻结取向偶极子和界面极化

而形成的，这种电荷被束缚在分子内，不能脱离分子转移到其他部位，故也被称为束缚电荷。

## 二、驻极体材料

驻极体材料被广泛应用于高效低阻空气过滤材料领域。驻极体空气过滤材料要求材料储存电荷的密度大、寿命长及稳定性高。主要影响因素是材料性质、充电方法、电荷分布状态、储存的环境条件等。相关文献表明，驻极体过滤材料过滤效率要远远高于常规过滤材料。众所周知，常用的纤维过滤材料，其捕尘机理主要依靠直接拦截、布朗扩散、惯性碰撞和重力沉积等机械阻挡作用，过滤材料和粒子之间静电吸附作用甚弱，对粒径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的粒子过滤效果很差。如果在空气过滤过程中增强静电吸附，除原有的机械阻挡作用外，依靠库仑力直接吸引气相中的带电微粒并将其捕获，或诱导中性微粒产生极性再将其捕获，过滤效率无疑将大大增强，且过滤阻力也有所下降。

用作驻极体的原材料需要优异的介电性能，如高体电阻和表面电阻、高介电击穿强度、低吸湿性和透气率等。驻极体材料可分为无机驻极体、有机驻极体和生物驻极体。

### 2.1 无机驻极体材料

二氧化硅是国内外研究比较多的无机驻极体材料，特别是它经过化学表面处理，可以制备高稳定性驻极体。钛酸钡( $\text{BaTiO}_3$ )、锆钛酸铅(PZT)、氧化锌( $\text{ZnO}$ )、氧化钽( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )、氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )和氧化钛( $\text{TiO}_2$ )等氧化物，以及氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )等都是已研究的无机驻极体材料。黄志强等通过离子掺杂对二氧化硅进行改性，以提高其正电荷驻极性能和储存稳定性，从而获取所期望的正驻极体材料。他运用溶凝工艺在非晶态 $\text{SiO}_2$ 薄膜驻极体中掺入质量分数为0.2的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和质量分数为0.4的 $\text{PbO}$ 。高温恒栅压正电晕充电及等温电荷衰减等实验表明，经 $\text{Al}^{3+}$ 和 $\text{Pb}^{2+}$ 离子掺杂改性的 $\text{SiO}_2$ 薄膜具备较好的正极性驻极体性能，其正电荷储存稳定性在210 d后高于95%。另外还可用 $\text{B}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 掺杂对 $\text{SiO}_2$ 薄膜驻极体改性。

天然矿物中，也有具有永久极性的材料，而其中电气石是永久极性自发电极性最强的，其极化矢量不会受到外部电场的影响。1993年日本学者中村辉太郎发表了一篇《关于电气石性能》的报告，许多学者对此产生兴趣，并且研制出了电气石驻极体纤维。Takahashi等将电气石细微粉末加入到合成纤维中，并将这种纤维制成非织造布，然后将其用于空气过滤材料。研究表明，加入电气石后，过滤材料不仅提高了对灰尘的过滤效率，而且能够杀菌和净化空气。

### 2.2 有机驻极体材料

以氟碳聚合物为代表的高绝缘性氟聚合物，如聚四氟乙烯(PTFE)、氟化乙丙烯共聚物(PFA)、聚全氟乙丙烯(Teflon-FEP)、可溶性聚乙烯(PFA)、聚偏氟乙烯(PVDF)等都是性能优良的有机驻极体材料。国内外这方面驻极体文献报道很多，Reinhard等探讨了聚四氟乙烯纳米材料比常规聚四氟乙烯高的压电性能和电荷存储能力，在300时仍保持较好的电荷稳定性。夏钟福等利用在室温和高温下的栅控恒压电晕充电，探讨了聚四氟乙烯多孔膜形成的正、负极性两类驻极体都表现出最好的电荷储存稳定性。聚丙烯是一种典型的非极性、疏水性高聚物，并且它的电阻率高，也是一种性能较好的驻极体材料，通常用作驻极体过滤材料。G. M. Sessler等分析了充电后的多孔聚丙烯膜所具有的很好的压电性和电荷存储能力。赵惠娟等用低温等离子体对聚丙烯薄膜进行表面处理来提高聚丙烯薄膜的驻极体性能。Bozena等研究了高压电晕放电驻极体丙纶织物的性能，研究表明：细而柔软卷曲的纤维以及面密度较大的织物具有很好的驻极效果，其过滤效率和抗湿性能较好。但有机驻极体材料电荷储存性能比无机驻极体材料差，特别是在温度较高或潮湿的环境下电荷很容易衰减，影响产品的使用寿命。为了提高有机驻极体材料电荷存储能力，许多学者将矿物驻极体与有机材料复合。例如聚偏氟乙烯和陶瓷钛酸钡或锆钛酸铅的复合(PVDF/ $\text{BaTiO}_3$ ，PVDF/PZT)、PVDF和压电橡胶的复合，国内都已有研究成果和开发应用。

### 2.3 生物驻极体材料

生物驻极体包括天然生物驻极体和人工生物驻极体。巴西棕榈蜡是第一个人工生物驻极体，它是一种蜂蜡、松香和树脂的共混体的极性材料，用热极化方法将它制成驻极体。

### 三、驻极体过滤材料的特点

#### 3.1 高效性和低阻性

普通的纤维过滤材料主要依靠布朗扩散、截留、惯性碰撞、重力沉降等机械阻挡作用来过滤空气中的微粒，因此对粒径小于1

$\mu\text{m}$ 的粒子过滤效果不理想。多数细菌、病毒微生物的大小都是微米级和亚微米级，例如SARS冠状病毒只有约100 nm。只有当过滤材料纤维十分细小和密实时才能高效地捕获这些微小的颗粒，这导致过滤材料空气阻力增大，进而导致空气过滤器运行能耗和成本增加；应用于呼吸防护则使呼吸负担增加。

驻极体纤维通常带有几百至上千伏电压，而纤维的间隙非常小，从而形成了无数个无源电极，电极间电场达几十MV/m甚至更高，等效面电荷密度高达90 nC/cm<sup>2</sup>。因此，驻极体空气过滤材料除原有的机械阻挡作用外，还依靠静电力直接吸引空气中的带电微粒并将其捕获，或诱导空气中的中性微粒产生极性再将其捕获，从而更有效地过滤空气中的亚微米粒子，在不增加空气阻力的情况下显著提高过滤效率。许多学者的研究结果证实了这一点，例如某熔喷聚丙烯材料的过滤效率可由未驻极时的58.1%提高到驻极后的93.8%。

由于电场力是长程力，在同样的过滤效率时，驻极过滤材料空隙的几何尺寸可以大于普通纤维或多孔材料，使驻极过滤器的气流阻力比传统过滤器显著降低，因此可大幅度地节约能源。例如，在同等过滤效率条件下，某高效玻纤过滤器与驻极体过滤器的气流阻力分别为118.6 Pa和10.8 Pa。

#### 3.2 抗菌性能

驻极体材料不仅过滤性能优良，而且对微生物还有抑制和杀灭作用。研究者将表面电位为-300 ~ -1 500 V的聚四氟乙烯驻极体对金黄色葡萄球菌分别作用1 ~ 24 h。结果显示，不同驻极电位的驻极体对金黄色葡萄球菌有6%至97%的杀灭率。驻极体的表面电位越高，对金黄色葡萄球菌的抑菌效果越好。

研究者认为驻极体抑制细菌繁殖和灭菌作用的原理可能是静电场和微电流刺激细菌，使细菌的蛋白质、核酸等变异，损伤细菌的细胞壁及细胞膜，破坏细菌的表面结构，使细胞膜内外的生物驻极态受到破坏，从而抑制细菌繁殖和杀灭细菌。研究者选用表面电位为-300、-500和-1000 V的聚四氟乙烯驻极体作用于成纤维细胞24、48和72h，利用流式细胞仪和透射电子显微镜研究负极性驻极体对成纤维细胞凋亡的影响。结果显示，驻极体作用成纤维细胞以后，与对照组相比，成纤维细胞的凋亡率从0.5%增至10%（部分可达15%）；驻极体作用成纤维细胞48 ~ 72 h

后，出现细胞凋亡特有的形态学特征，研究者得出负极性驻极体有促进成纤维细胞凋亡的作用。

### 四、驻极体过滤材料的不足

#### （1）驻极体材料带电量以及电荷衰减快慢。

驻极体材料带电量的多少和电荷衰减快慢在很大程度上影响产品的性能和使用寿命，将无机或有机添加剂加入驻极体过滤材料中能改善驻极体的带电能力，提高驻极体过滤材料的过滤性能。热刺激放电法（Thermally Stimulated Discharge, TSD）是研究驻极体电荷存储和衰减过程的重要方法。

驻极体电荷衰减有两条途径：一是空气中的离子被驻极体电荷吸至驻极体，与驻极体的电荷中和；二是驻极体内的传导电流的载流子与驻极体电荷的中和。

## (2) 驻极体过滤材料的静电电势。

我们知道在电厂、水泥厂、钢铁厂等高温及高腐蚀烟气的工况中，由于粉尘相互摩擦容易产生静电，导致粉尘附着在滤袋上，加大了清灰难度；并且一些易燃易爆性粉尘在有静电情况下会发生剧烈的爆炸和燃烧，从而产生巨大的破坏性。

驻极体过滤材料的静电电势能不能引起火灾，需要进行实验并结合使用中的情况而定。

## 五、驻极工艺

空气过滤材料的静电驻极方法主要有电晕放电、摩擦起电、静电纺丝、热极化和低能电子束轰击。其驻极机制如表1所示。除了上述方法，有研究者采用阴离子表面活性剂预处理的方法来制备驻极体过滤材料。采用油酸钠或十二烷基硫酸钠处理聚丙烯纤维过滤材料使其带上负电荷，处理后的过滤材料相比未处理过滤材料过滤效率提高了30%。

Peter等研究了用电晕放电、摩擦起电及静电纺丝三种充电技术给不同聚合物类型的纤维或织物充电。其中聚丙烯熔喷和纺粘非织造布采用电晕放电方式施加电荷，聚丙烯和改性聚丙烯腈纤维混合织物利用纤维梳理过程摩擦静电充电，并且用静电纺丝方法纺出了聚氯乙烯、聚碳酸酯和聚氨酯纤维。实验结果表明摩擦充电仅适合于具有不同电负性的纤维充电，两种电负性不同的纤维混合在一起，采用摩擦起电充电，其过滤材料的过滤效率比电晕放电处理的好，但电晕放电适用范围较广，且面密度大的织物充电效果要优于面密度小的织物。而静电纺丝优点在于它的电荷储存能力比其他两者强。

### 5.1 电晕放电法

电晕放电的常用三种放电形式为：黑暗放电、发光放电和电弧放电，其中以黑暗放电方式进行的电晕放电可被用于介电材料的静电充电，得到驻极体。通常在一个大气压下，发光放电不会在空气中发生，而如果对空气施加较高的电场(对于空气约30kV/cm)，就能产生电晕放电，但过高的电压又会导致电弧放电的产生，因此常采用高电流低电压的方式得到电晕放电。Ando Katsutoshi等用电晕放电的方式给多层非织造布充电，通过比较各层表面电荷密度、热刺激放电曲线以及过滤效率来分析电晕充电的内部充电效果。结果表明，非织造布内部具有较好的带电性能。M.Nifuku等用交流、直流以及交流加上直流等三种方式给熔喷聚丙烯非织造布充电。结果表明，慢速的交变电流充电后，再给熔喷非织造布表面充一次直流电能够获得较好的充电效果。

### 5.2 静电纺丝

静电纺丝设备主要由一根移液管(将蓄液器中的聚合物溶液移至纺丝板上)、一个落地接受器和一个高压动力发送装置组成，在纺丝过程中施加静电。静电纺丝工艺适合多种聚合物纤维的生产，可生产出微米级的纤维，其直径可达熔喷纤维直径的十分之一至百分之一，这类纤维具有良好的电荷储存性能，可用于各类空气过滤器。这里需要说明的一点就是电荷储存的能力主要取决于聚合物的电性能、纤维直径和介质结构，而非施加电荷的技术。静电纺丝可生产极细的纤维，但生产速度较慢。

### 5.3 摩擦起电法

由摩擦起电产生的带电介质有较高的电荷密度和过滤效率，并且不同纤维制成的毡更容易摩擦起电，但该技术只适用于梳理工序，并且需要两种不同负电性的纤维，通常是聚丙烯和改性聚丙烯腈。I.Krucinska研制了聚丙烯和聚酰胺混合针刺非织造布，这种非织造布由于在纤维梳理和针刺过程中的摩擦作用而产生静电，并储存在织物中，形成了一种驻极体非织造布；还分析了纤维的线密度、针刺密度、针刺深度以及样品面密度对驻极效果的影响。摩擦起电产生的静电荷也会产生负效应，影响梳理和铺网工艺，而且改性聚丙烯腈价格昂贵。

## 六、总结

### (1) 对于滤料纤维的处理

我们可以将矿物粉粒（常用的无机矿物有SiO<sub>2</sub>、氧化铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氧化钛(TiO<sub>2</sub>)以及电气石等）加入到纤维中，将细微粉粒混入纺丝液共混进行纺丝（共混纺丝法、复合熔喷法）。

### (2) PTFE后处理方面

我们可以将矿物粉粒（常用的无机矿物有SiO<sub>2</sub>、氧化铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氧化钛(TiO<sub>2</sub>)以及电气石等）加入到PTFE乳液中，并通过浸渍、涂层的方法加入到滤料表面或渗透到内部，然后通过电晕放电、摩擦起电、静电纺丝、热极化和低能电子束轰击等驻极工艺的处理，使得滤料表面具有储存电荷的能力，从而达到滤料具有静电吸附粉尘的能力。

### (3) PTFE覆膜驻极处理

首先，将聚丙烯薄膜和PTFE薄膜加热热压复合膜；其次，利用直流电晕放电使得共聚物薄膜驻极法；然后，将获得的膜驻极体在覆膜工艺粘附在滤料表面，形成覆膜滤料。同时，在覆膜工艺，为了增加其与滤料的粘合性能，我们使用粘合剂进行粘合处理。

为了使得膜具有较多的稳定电荷，在电晕放电之前，需对膜进行两次加热处理，以使得材料表面具有较大的电荷密度。