



静电的产生和消除

静电的产生和消除

内容

关于Meech	2
介绍	3
什么是静电?	4
静电是怎样产生的?	5
什么因素影响静电?	7
静电消除方法	8
静电消除器的操作模式	10
其它方面	14
常见的静电问题	16
解决方案概述	17
摩擦带电序列	19
词汇表	20



About Meech

静电会影响所有工业的生产率、产品质量和人身安全，静电吸引和静电排斥也会造成灰尘吸附和产品误动作。静电放电会给操作人员造成电击，引起火灾，损坏无数的电子元件。

密其专注于静电行业已有40多年，我们的经验丰富，能够研发出满足客户不断变化的需求的产品。密其公司涉足四块技术领域，包含40余种产品。我们的任

务是研发出高效、耐用的产品以满足客户需求，保证对客户最高标准的响应和服务，并建立最好的支持系统。

作为全球第一家通过ISO9002的静电消除设备注册生产商，我们对产品质量严格恪守承诺。

Introduction

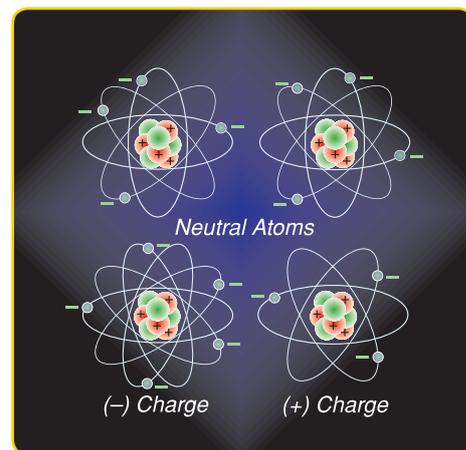
国际质量认证包括密其公司的部分或全部产品，并包括：

高质量的产品必须有好的服务做支持。密其全球的分销商都与我们一样对产品质量恪守承诺而且不间断地参加我们的培训项目。这使我们的分销商能够掌握最新的应用和技术，提供最高标准的客户服务和支持。

介绍

本手册介绍什么是静电、静电是怎样产生的、消除静电的方法以及密其在各个工业应用中如何消除静电。本手册不是严格意义上的科学参考文献，它的目的是解答分销商以及客户等在静电方面的疑问。

为了更好地理解本手册，最好首先阅读一下手册最后一页的专业词汇表。



静电的产生和消除

什么是静电？

当一个材料或物体具有净电荷，正电或负电，我们就说该材料或物体具有静电。静电是相对的，因为在很多情况下静电会在一段时间内慢慢减少。静电减少的时间取决于材料的电阻。我们举塑料和金属这两个极端的例子作为讲解。通常塑料的电阻率很高，所以静电消散的时间特别长；相反金属的电阻率很低，一个接地的金属物体上的静电在极短时间内就可以消散掉。

静电的大小通常用伏特来表示。交流电源电压为220伏时被认为是危险的，100伏大小的静电则是正常水平。

材料上的电压大小取决于两个因素：材料的电荷大小和材料的电容。最简单的关系就是 $Q=CV$ ， Q 是电荷、 V 是电压、 C 是材料的电容。可以看出当材料的电荷既定时，电容越低电压越高，反之亦然。通常塑料的电容很低，所以一个小的电荷就能产生一个很高的电压。相反金属电容很高，所以一个相对来说很高的电荷只会产生较低的电压。这就是为什么在实际操作中，当材料是塑料时静电问题尤其严重，正是由于电压引起了灰尘吸附，操作人员遭受电击和材料误动作等问题。

静电有两种类型：容积静电和表面静电。容积静电是材料内部的电荷不平衡，而表面静电只存在于材料的最表层。

实际上，几乎所有行业中的静电问题都与表面静电有关。容积静电是没有办法中和的，它们几乎不会产生静电问题，和表面静电相比，他们的影响十分微小。

静电的产生和消除

静电是怎样产生的？

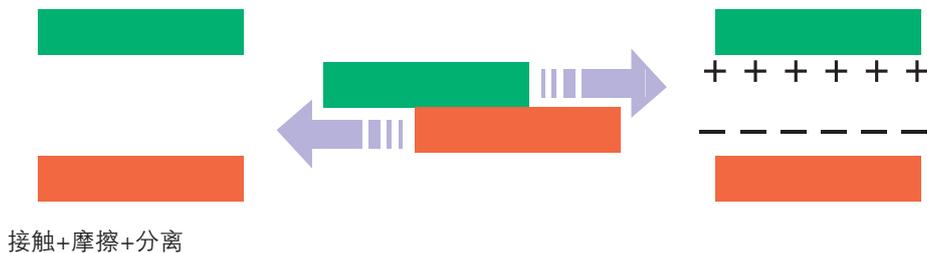
主要有三个因素会导致静电产生：

摩擦、分离和感应。

摩擦

当两种材料摩擦时，与材料表面原子相连的电子会极为贴近，电子可能从一个材料转移到另一个材料上。电子是从材料A转移到材料B,还是从材料B转移到材料A取决于材料的摩擦带电序列（见第19页）。摩擦带电序列中易带正电的材料会失去表面电子带上正电荷，而相反易带负电的材料会得到电子而带上负电荷。两种材料摩擦挤压越厉害，电子交换就越多，产生的静电也就越大。

一个实际的例子是如果一块聚乙烯材料在尼龙地毯上轻轻摩擦，则会产生中等大小的负电荷。如果增大摩擦力，负电荷就会相应变大。摩擦的速度对静电的大小也有同样的影响，摩擦速度越快，产生的静电就越大。这是因为摩擦力使材料表面电子得到了热量，这个增加的热量使电子打破原子的束缚转移到其它原子上。



静电的产生和消除

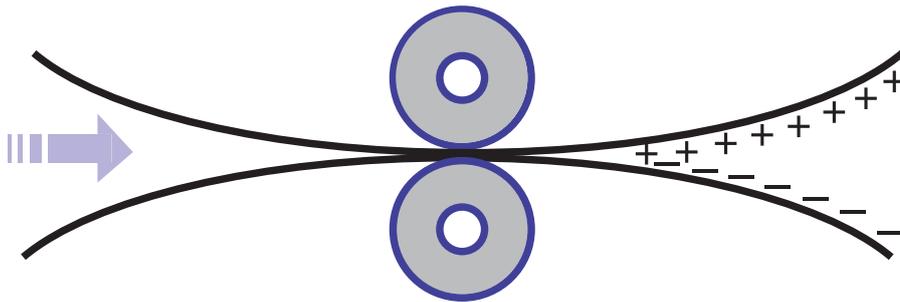
分离

分离产生静电的方式和摩擦相似。两种材料接触时，材料表面的电子极为贴近，材料的分离会使电子从一种材料转移到另一种材料上。转移的方向取决于材料的摩擦带电序列。

分离的速度越快，产生的静电就越大；反之分离的速度越慢，产生的静电就越小。一个常见的例子是PVC卷材从特富龙涂层的卷筒分离时，电子会粘附到特富龙上，使之带上负电荷而PVC卷材带上正电荷。

感应

虽然从技术上考虑，感应并不是产生静电的主要原因。但是，如果在很强的电场中，物体会产生静电。与高压电正极十分接近的物体表面会产生正电。生电的原因是物体表面和电极之间的空气被电离，表面电子会被吸收到电极中（在讲述静电消除方法时会解释电离）。例如，当操作员在带电物体附近工作时，他会由于感应而带电，当他接触接地物体时，就会放电，从而导致操作员受到电击——这种情况经常被误认为是碰触了电源。



接触+挤压+分离

静电的产生和消除

影响静电的因素有哪些？

能够影响静电的产生和维持的因素有：湿度、材料类型、重复动作和温度变化。

材料类型

有些材料较容易产生静电。例如，醋酸纤维等材料很容易产生静电，玻璃产生静电的能力稍差。材料在摩擦带电序列的相对位置决定了其与其它物质接触后是带正电还是带负电。以硬橡胶为例，硬橡胶和尼龙摩擦后，会带负电；硬橡胶与聚乙烯摩擦后，会带正电。

湿度

一般来说，环境越干燥，静电电量就越高。相反，湿度越高，静电就越少。水相对于多数塑料来说，导电性要强很多。空气中的水分会沉降在物体表面上，表面静电就会通过表面水汽流到地下，因此静电消散。

重复动作

重复进行摩擦和分离动作会增加物体表面的电量。例如当塑料卷材经过特富龙辊子时，每经过一个辊子，表面电荷都会增加一些。

电池效应

把带电物体组合起来可以产生极高的电量。例如，一张塑料板的表面电量较低，但多张板堆放在一起，就可以产生极高的电压。

温度改变

当物体冷却时，容易产生电荷。冷却过程会在整个物体上产生电荷。如果物体是良好的绝缘体，容积静电可以维持相当长的时间。但是，随着时间的延长，电荷通常会流动到表面，变成表面静电。例如注塑，当温度高时材料看上去是中性的，当冷却后发现带有大量表面电荷。

静电的产生和消除

不论采取什么方法，中和静电的基本原理都是一样的。当材料表面带正电荷时，要向表面输送电子，使电荷达到平衡。当材料表面带负电荷时，应去除表面上过量的电子，中和电荷。采用下面三种方法之一，输送或去除电子：

1. 通过材料自身转移电子；
2. 通过与其表面接触的其它材料转移电子；
3. 通过对周围空气进行电离转移电子。

实际上，还有第四种方法，即火花放电。当表面电压足够高使周围空气变成导体时，会采用火花放电。但是，通常是由于无法采用其它方法时，才会采用这种方式！

湿度

如前所述，材料表面或材料内部的水分会把静电导入地下。例如，一般来说纸的含水量较高，因此不会保持大量静电。但是如果纸非常干燥，就可能产生严重的静电问题。

静电的产生和消除

被动电离

当导体十分接近一个带电物体时，会使带电物体放电。以Meech 974型碳纤维刷为例，当物体近距离经过纤维刷时，静电量会减小。

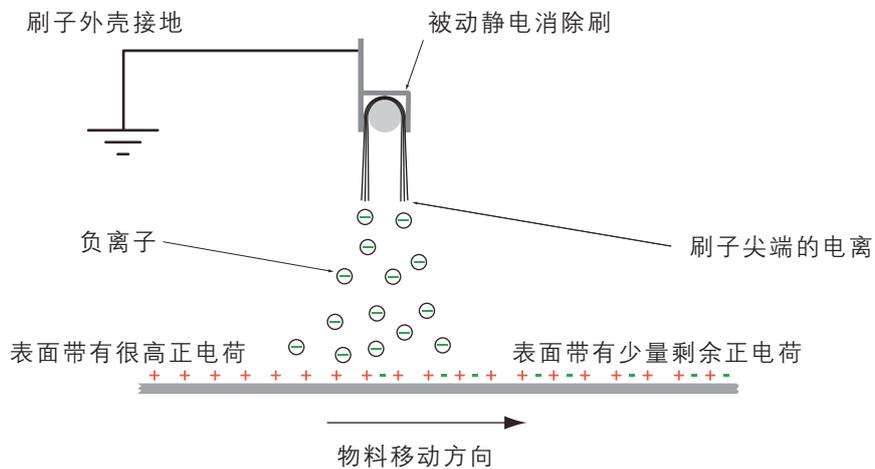
放射源静电消除器的缺点之一是有效性只能维持一年。时间久了，放射源的强度会降低，必须每年更换。

放射源电离

钋等放射源会使周围的空气电离，中和表面的静电。Meech公司不提供放射源静电消除器。

主动电离

用高压交流或直流电使空气电离。电离后的空气可以中和表面电荷。根据场合不同采用交流或直流电。有关这方面的信息见本手册后面的应用一节，也可见Meech公司手册或从技术和销售人员处获得。



表一

静电的产生和消除

静电消除器的操作方式

被动静电消除器

在带电物体和周围接地物体（或有压差的其它物体）之间会形成电场。在使用Meech 974被动静电消除器时，物体表面和碳纤维或不锈钢刷的尖部之间会形成电场。见图1。刷子上的每根毛的尖部很细，因此电场集中在这一点上。当电场达到一定强度后，尖部附近的空气分子就会电离。

在图1的例子中，物体表面的正电荷会吸引刷子尖部的电子转移到周围空气中，周围的空气分子就会带负电，并成为负离子。

根据异性电荷相吸的原理，负离子会被吸引到带正电荷的物体表面上。当负离子到达表面时，分子上携带的多余的电子会从分子上脱离，转移到物体

表面上。如果电子转移的量很大，物体表面的正电荷量就会降低。在这个过程中，表面和刷子尖部的电场强度会逐渐降低，直到不能再使空气电离，此时中和作用停止。

被动静电消除器适用于消除高压静电，从几十千伏到几千伏。但是，受其性质的限制，被动静电消除器不能完全中和表面电荷。

放射源静电消除器

放射源静电消除器采用钋210 或其它低辐射量放射源。在放射性衰变的过程中，放射源会向周围空气中发射阿尔法粒子。这些高速粒子会与空气分子碰撞，导致空气电离。然后，电离空气就会中和其附近的表面上的电荷，这个过程与被动静电消除器类似。

静电的产生和消除

交流静电消除器

交流静电消除器的频率与电源频率相同。采用Meech 903 型变压器，把100或240伏等的电源电压提高到4.5kV 和7kV。此高压被施加到电离针上，同时电离排的外壳接地。见图2。

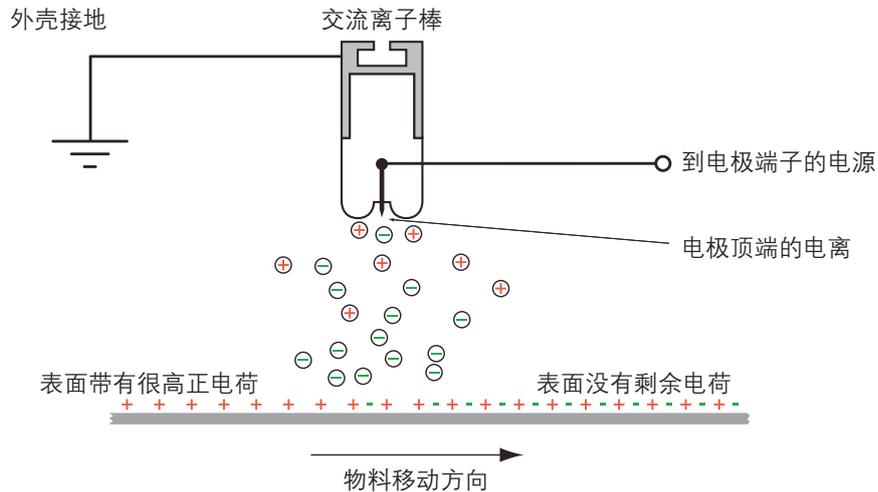
首先看输入波形的正压半周期，我们可以看到相对于外壳来说，电极针带正电压。这样，在外壳和电极针之间会产生一个强电场，特别是在针尖处电场极强。根据与无源电离排相似的原理，在针尖处产生正离子。由于分子所带电荷与电极针极性相同，因此带电分子会远

离电极针。

再看负压半周期，情况相反，在针尖处产生负离子。这些负离子与电极针电性相同，也会远离电极针。这样，在电离针周围就产生了许多正离子和负离子。

如果没有外部影响，这些正负离子会互相吸引，或者被附近的接地物体吸引，比如被电离排外壳或喷嘴吸引。这样，离子或者互相中和，或者被大地吸收。

不过，如果附近有静电电荷存在，离子会被物体表面上的异性电荷吸引。在物体表面上发生电子交换，从而使表面静电中和。



表二

静电的产生和消除

由于静电棒的电离过程与表面电荷无关，并且离子的产生与静电棒和表面电荷的距离无关，因此可以实现完全中和。这与被动静电消除器相比，是一个巨大的优势。

静电电荷的中和速度与离子生成的速度有关，并与离子远离发射尖端的速度有关，进而可以说与发射尖端的电压有关。915型离子棒的工作电压是7.0kV时，比工作电压是5.0kV时性能更加。

脉冲直流消除器

脉冲直流静电消除器与交流静电消除器相似，通过使用高压使空气离子化。交流静电消除器的频率与电源频率相同，而脉冲直流静电消除器的频率较低。Meech 997v2型的频率为0.5 – 20Hz，峰间电压为6–14kV。离子棒由一系列发射尖端组成，发射尖端分别和正/负极相连，

正负极交错分布。见图3。离子棒的外壳由塑料制成，因此不能接地。电源输出方波，按给定的频率在正负极之间切换。

首先看波形的正压半周期，高压输出端的控制开关与正发射尖端相连。这样，在发射尖端和附近接地物体之间形成电场。在发射尖端的针尖部位，电场强度大大增加。与交流静电消除器的原理相似，产生正离子。由于离子和发射尖端电性相同，所以离子远离离子棒。

再看负压半周期，电源向另一部分发射尖端施加负高压。同样，与交流静电消除器的原理相似，在发射尖端产生负离子。带静电物体接近离子棒后，会吸引或排斥离子（根据离子的极性不同）。当离子到达带静电物体表面时，发生中和，中和过程与交流静电消除器的中和过程相似。

静电的产生和消除

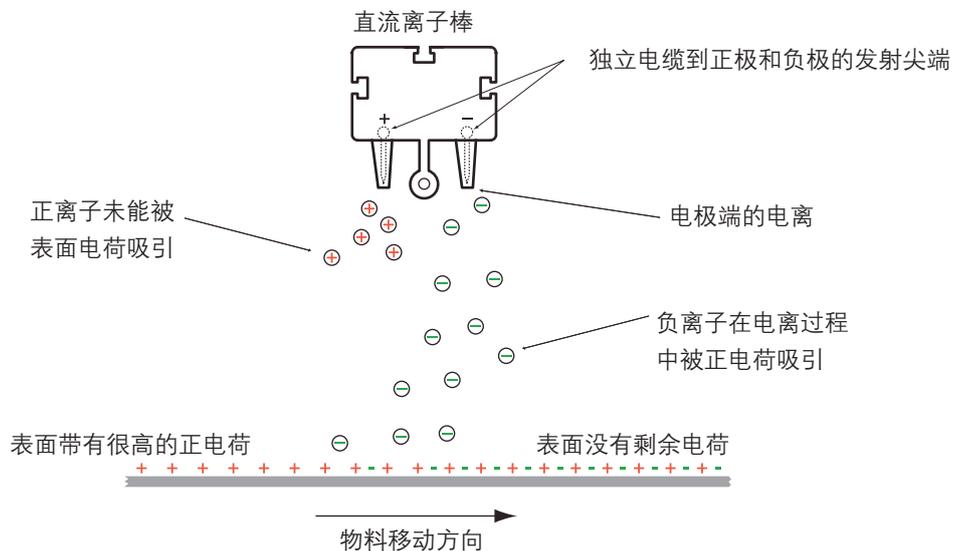
如果工作频率低，会导致脉冲直流设备长距离电离。如果每个半周期的时间较长，则每次在离子棒上会产生“一大团”的离子。靠近离子棒的正负离子之间的距离减缓了离子的结合率（正离子和负离子结合，电荷互相抵消）。

如果离子棒距离带电物体表面较远，则到达物体表面的离子就较少，因而中和速度下降。在使用脉冲直流设备为移动物体（比如移动卷筒纸）除静电时，必须要考

虑离子棒到物体表面的距离。

脉冲直流装置的另一个特点是输出波形可以更改，波形的正半周期和负半周期的持续时间可调。例如，如果需要中和的是正电荷，则增加负半周期的时间，或减少正半周期的时间。

这样做可以增加负离子的量，减少正离子的量，使装置可以更有效的中和正电荷。与此类似，如果要消除负电荷，则调整输出电流，产生更多的正离子。



表三

静电的产生和消除

其它方面

测量

为了选择合适的设备，应该了解电荷的量级，有时候还需要了解待中和的电荷的极性。如果打算使用交流静电消除器，应该了解静电电荷的量级，来选择合适的静电消除棒。如果打算使用脉冲直流静电消除器，静电电荷的量级和极性都应该了解，以选用合适的功率，并调整到合适的极性。虽然很难测量表面电荷的实际电量，不过通过测量电荷产生的电场，可测出表面电压。

Meech 983v2静电测试仪可以测量带静电物体产生的电场，单位为伏特每米。通过测量一定距离间的电场强度，即可推算出表面电压。在使用Meech 983v2静电测试仪时，要在距离带电物体表面150mm处

对仪器进行校准。此时，屏幕上会显示表面电压和极性。

高准确度静电中和

在多数情况下，把静电电压降到几百伏特就足以避免尘土吸附和材料误动作。但是，在电子工业中，几百伏的静电对现代的微处理器芯片带来严重危害。在这种情况下，应该确保中和装置的电离过程是平衡的。此时，我们推荐使用Meech 200系列的产品。本系列产品专门设计用于电子工业。例如，221和225型离子风机可以连续监测离子的输出量，确保精确的电离中和。产品的地电位可被中和到几伏特以内。静电电压降低后，元件损坏的风险大大降低了。

静电的产生和消除

静电发生

高电压既可以中和静电，也可能使物体产生静电。物体通过强电场会带上正电或负电。这些电荷有利于生产过程。静电发生常应用于高频焊接。在高频焊接过程中，利用静电使两个物体暂时贴服在一起，在焊接过程中保持在焊接位置上。如果要进一步了解静电发生的应用，请参见Meech手册或咨询密其静电消除设备（上海）有限公司。

静电的产生和消除

常见静电问题

静电问题

在工业生产中，静电主要会产生四种问题。另外，还会对电子工业造成非常严重的影响。

静电吸引 (ESA)

空气中的悬浮颗粒会被带电表面吸引，带电的悬浮颗粒也会被不带电的表面吸引。这类问题会对多数塑料工业造成影响，会破坏涂漆产品的外观，并会造成食品、制药、医疗行业的产品不合格。

在印刷工业中，灰尘吸附会破坏印刷品外观或损坏印刷板。在胶片工业中，也会造成胶片质量差或投射分辨率低等问题。

这种问题还会影响半导体产品的质量。

材料误动作

这是另一种形式的静电吸引。这种问题不造成产品污损，但是会造成材料误动作。通常会影 响卷材、纤维、板材、纸

张，使这些产品相互粘在一起，或与设备粘在一起，或互相排斥，影响正常操作。自动化加工更容易出现此类问题。

人员电击

随着各公司对安全标准的提高，这类问题越来越受到重视。虽然电击时有痛感，但通常不会有危险，痛感也会很快消退。但是，有可能发生的最严重的情况是，电击会造成人与机器磕碰或被卷入机器，在危险性区域，还可能引发火灾或爆炸。

静电放电 (ESD)

电子产品的生产、装配、安装和使用过程中会出现这类问题。

5伏特这样的低压对于别的工业不会造成什么实质的影响，但却会严重损坏电子产品。更糟的是，如果这种损坏是隐性的，未被发现，则会在使用时出现故障。这样，不仅维修代价高昂，而且会严重影响厂家的声誉。

静电的产生和消除

静电问题解决办法

静电吸引 (ESA)

许多设备可以解决这个问题，工作原理多种多样。举例如下：

A: 注塑 - 电离中和

把部件“浸泡”在电离空气中。通常使用交流离子风机或脉冲直流静电棒。这种方法不能去除已吸附的尘土，但有助于防止静电产生，进而防止尘土吸引。

B: 注塑 - 颗粒去除

如果已经吸附上了灰尘，可以使用高速电离空气去除。小型设备使用Meech喷嘴或气枪，大型设备使用957风幕，超大型使用Meech JetStream。注意：使用普通压缩空气往往无法去除灰尘，甚至会在物体表面产生更多静电，使问题加重。

C: 卷材

使用单面或双面卷材清洁机，或高速吹气设备和风幕等。

D: 丝网印刷—长距离

使用长距离脉冲直流离子棒可以消除丝网上的静电，同时不会造成干燥。离子

喷枪和风幕可以去除物体表面上吸附的颗粒，使其不会对印刷造成影响。

E: 半导体—长距离

可以使用脉冲直流设备——单独使用或配合使用经HEPA过滤器过滤的空气。

材料误动作

A: 卷材

常用交流离子棒解决。915离子棒可以处理速度快、带电量大的卷材。

离子棒可以放置在卷材的任何一边。为了达到最佳的除静电效果，通常放置在发生问题的地方，或者放置在发生问题处的前方。例如，当卷材离开辊子时或在塑料袋生产机械的出口辊子处容易产生静电。

B: 板材或纸张

生产板材或纸张时，会出现两种主要问题——在整理时，板材或纸张会互相排斥或互相吸引。可以在生产过程中设置离子棒或935风机，以消除板材或纸张上的静电，保证生产连续运行。

静电的产生和消除

在进料时，静电吸引会导致一次进许多张板材和纸张，而要求是一次进一张板或纸。此时，可以使用957风幕，形成离子风刀。离子风刀可以穿透上面几层的板材或纸张，使其分离。

C: 部件粘连和排斥

在传送带或杯式进料器上，小型部件可能会粘在传送带或杯式进料器的通道上。这会导致生产中断，或降低生产效率。如果部件互相排斥，部件可能会“跳出”传送装置。

解决这类问题应使用离子棒，最好是长距离离子棒（带辅助空气的交流离子棒或脉冲直流棒）。也可以使用Meech 935风机。

对于大型部件来说，静电排斥力可能会在传送过程中导致部件倾倒，例如传送带上的吹塑瓶。吹塑机上的型坯也会互相排斥，导致产品质量出现问题。

在传送装置上一般使用935离子风机。长距离脉冲直流设备对于控制型坯上产生的静电特别有效。

人员电击

电击的产生有两种方式，解决办法也有两种。

1: 当带高压静电的物体经过人体向大地放电时，会使人受到电击。

2: 操作人员在工作过程中可能会带上静电，或者过于靠近带高静电的物体，也会带上静电。当操作人员与大地形成通路时，通常是碰触了金属物体或机器时，会产生强烈放电。这种情况经常被认为是受到了电源电击。

通过使用离子棒或风机中和物体上的电荷，或者使用长距离脉冲直流棒中和操作人员身上的电荷。问题严重时，可以同时采用这两种方法。

静电的产生和消除

静电放电 (ESD)

在电子工业中，主要通过在生产 and 包装过程中使用导电材料或防静电材料，来解决静电问题。

所有这些材料均接地，因此各材料的电压相同，消除了材料间的电压差，避免了放电的发生。

但是，在电子工业的许多领域中，这些材料不适用。

洁净室：这些材料会造成污染。并且，空气流也会产生静电。

通电测试：电路板和元件可能会短路，引起电击危险。

自动组装：在设备内移动和分离的过程中会产生静电。

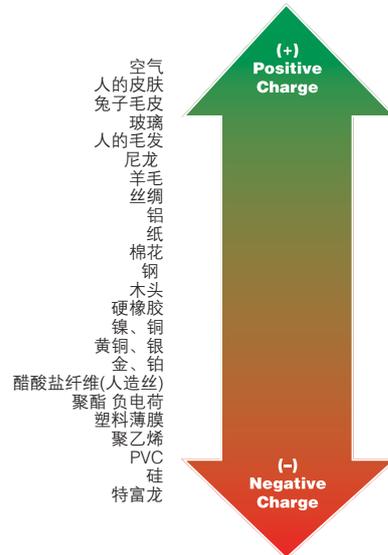
产品组装：电路板被组装入设备中，而设备由普通的非防静电材料制成。

所有这些问题都可以通过电离解决，也可以把电离作为传统方法的补充。

针对这个非常专业的领域，Meech 开发了200系列的产品。200系列产品可以用于洁净室，中和速度快，中和效果很好。

摩擦带电序列

根据物质在本表中的相对位置，可以判断当两种物质互相摩擦后，物质所带的电荷，但不能据此认定电荷的量级。



静电的产生和消除

术语表

电容：物质保有电荷的能力。

库仑：电量单位。

导电性：物质的导电性越高，电荷就越容易通过。金属的导电性非常好。

电子：一种微观粒子，带负电荷（ 1.6×10^{19} 库仑）。

离子：电荷不平衡的分子或原子（负离子带多余电子，正离子丢失了部分电子）。

电阻：物质的电阻越高，电荷就越难通过。塑料等绝缘体有非常高的电阻。



Meech International

2 Network Point
Range Road, Witney
OX29 0YD, UK

Tel: +44 (0)1993 706700
Fax: +44 (0)1993 776977

email: sales@meech.com

Meech Static Eliminators USA Inc.

2915 Newpark Drive
Norton, OH 44203
USA

Tel: +1 330 564 2000 / 1 800 232 4210
Fax: +1 330 564 2005

email: info@meech.com

Meech Elektrostatik SA

Av C Grandprez 27
B 4970, Stavelot
Belgium

Tel: +32 8086 2983
Fax: +32 8086 2821

email: mesa@meech.com

Meech CE

2151 Fót
Széchenyi út, 46
Hungary

Tel: +36 27535075
Fax: +36 27535076

email: ce@meech.com

Meech China

7G,7F,LP Tower
#25 Xianfeng Road Minhang District
Shanghai 201103
China PR

Tel: +86 400 820 0102
Fax: +86 400 820 0102*201
email: china@meech.com