

# 设定基准—— 大气压等离子用于轻型板的生产

回收塑料和木 / 塑复合材料拥有极其难以粘接的表面，这使得它们在过去几乎不可能被用于工业化的加工中。一种在线等离子预处理系统被认为是为未来复合材料板的低成本生产带来了技术突破：通过使用一种新的旋转喷枪，首次实现了利用不带电的大气压等离子体，在一个连续的工艺过程中，以高速度对大型轻量化的复合材料板进行预处理。

□ Management Consultancy Blue Rondo International INÈS A. MELAMIES

**现**代塑料板材的设计从一开始就考虑到了仿生学，聚丙烯塑料板的设计就借鉴了源自生物学中的蜂窝结构原理（如图 1 所示）。因为具有防水性，以及高耐受性和刚度，蜂窝板正被越来越多地用作轻量化复合材料板的芯层（如图 2 所示）。当然，其最重要的特性毫无疑问是轻型质量。

## 等离子体：物质的第四状态

等离子技术是利用了另外一种自然现象，通过模仿大气中的自然放电现象而生成工艺中使用的等离子体。这种等

离子体是基于一种简单的物理原理而产生的。通过输入能量，使得物质的状态发生改变：从固态变成液态，再从液态变成气态（如图 3 所示）。此时如果进一步向气态物质施加能量，就会出现电离现象，也就是说，电子获得了更多的动能而从其原子层中脱离出来，从而产生了自由电子、离子和分子碎片，使得气态转变成成为等离子状态，也就是人们所知的“物质的第四状态”。然而，由于不稳定，这种物质的第四状态以前几乎不可能在大气压下使用。

由德国制造商 Plasmatreat 公司于

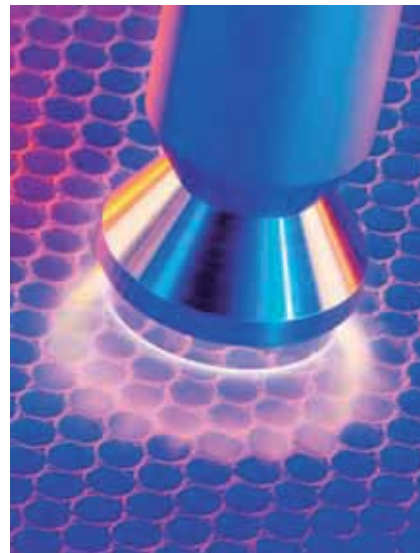


图 2 采用大气压等离子对 PP 蜂窝中的精细孔壁进行预处理，可确保面材通过胶粘剂与其保持长期的稳固粘接（图片来自 Plasmatreat）

1995 年发明的专利技术——Openair® 大气压等离子技术开创了这一新工艺应用的可能性：通过等离子喷枪的开发和使用，使得之前在工业化生产中几乎不能被利用的物质的第四状态首次能够“在线”地运行在生产线上，由此，大气压条件下所产生的等离子体能够在大规模的工业生产中被用于材料表面的预处理，而且这一工艺的实现只需使用空气（作为工艺气体）和电能。目前这项技术已在全球工业化生产中得到了广泛应用，它可带来 3 重效应：等离子射流通过选择性氧化处理而活化表面，在消除金属、塑料、陶瓷和玻璃表面静电的同时，对表面进行微细清洁。

## 表面活化和表面能

表面能 ( $\text{mJ}/\text{m}^2$ ) 是材料形成新的表面时，为分离化学键而需要的能量，它是评价一个粘接层或一个表面涂层可能有的粘接性的最重要的指标。通常，

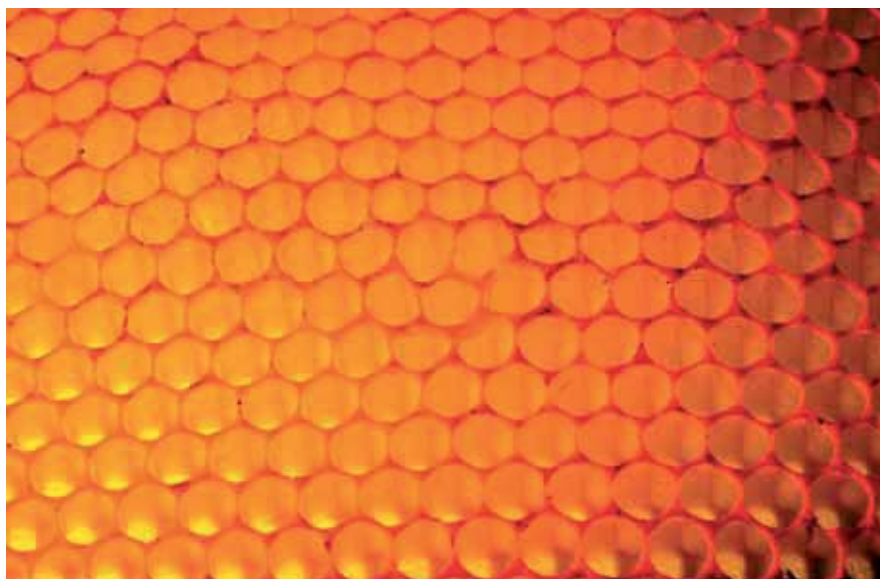


图 1 蜂窝天然而固有的结构被用在复合材料板芯层的结构设计中（图片来自 Plasmatreat）

## 等离子预处理工艺的基本原理：物质的状态

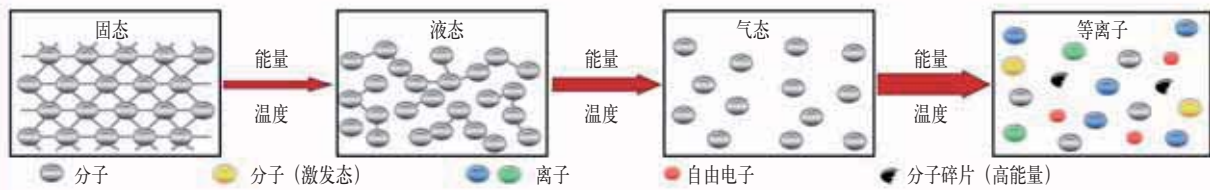
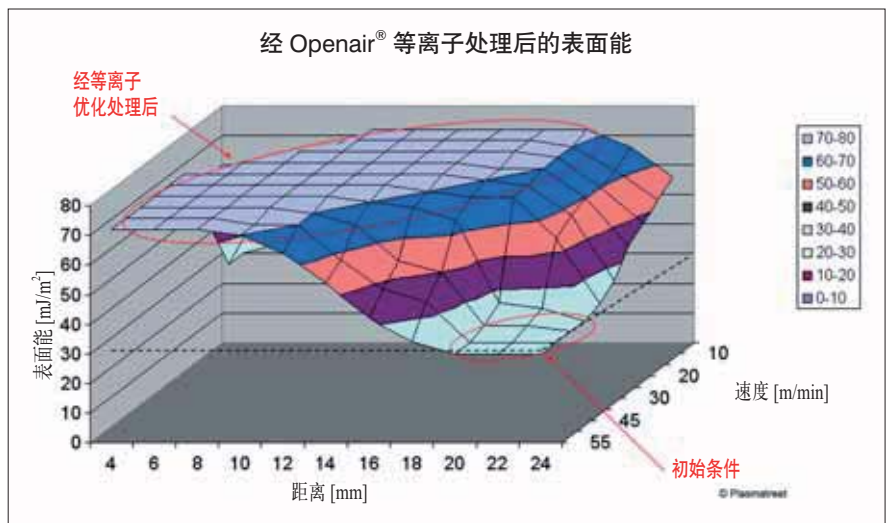


图3 物质的状态 (图片来自 Plasmamatreat)

塑料的表面能很低，一般在  $28\sim 40\text{ mJ/m}^2$  之间。经验表明，实现良好粘接的前提是表面能要大于  $38\sim 42\text{ mJ/m}^2$ 。

经等离子处理后，由于极性结构（如羟基官能团）在表面的生成，可使表面能得到显著提高。在此过程中，不仅所用涂料或胶粘剂的润湿性得到改善，而且有可能在表面创建出一种共价键，这是一种非常稳定的化学键。在处理过程中，典型的塑料表面温度的改变通常低于  $30^\circ\text{C}$ 。

对于液态物质，表面能等同于表面张力，且每一种液体、每一种涂料以及每一种胶粘剂都有其固有的张力。要使涂层牢固地粘接到固体材料表面上是有条件的，即固体材料的表面能要大于液体胶粘剂的表面张力 ( $\text{mN/m}$ )。由 Plasmamatreat 公司所做的一系列试验已经证明，经 Openair® 大气压等离子预处理后（如图4所示），表面能可被提高到  $72\text{ mJ/m}^2$  以上，其结果是：不仅使以前互不兼容的材料之间的粘接成为可能，

图4 在不同的距离和速度条件下，经等离子预处理后的塑料表面的表面能变化情况。经处理后提高了表面极性，并使表面能提高到  $72\text{ mJ/m}^2$  以上，从而扩大了加工工艺窗口（图片来自 Plasmamatreat）

而且可使水性胶粘剂或涂料系统有可能粘接到粘接性能非常不好的非极性材料的表面上。

### 层压复合

“层压复合”一词通常被用来描述使用胶粘剂对多个材料层进行的大面积

粘接。通常，对木质材料或 PUR 发泡板进行胶粘剂粘接是没有问题的，然而，当涉及塑料板材的粘接时，情况看来就完全不同了，这些通常由 PP 或 PVC 制成的塑料板材正在得到越来越多的应用。一方面，它们具有所期望的重要性能优势，如高稳定性、高强度以及低比重和防

水性；另一方面，这些塑料通常又具有一些加工方面的缺点。作为非极性树脂，PP 和 PVC 的表面能相当低，如果不做额外的表面活化处理，用胶粘剂进行粘接几乎是不可能的。就 PVC 而言，其表面残留有塑化剂，因此必须在粘接前将其清除干净。

### 蜂窝复合材料的粘接

针对宽幅聚丙烯复合材料板的生产，Plasmamatreat 公司已开发并投入工业化应用的世界上首套预处理系统允许在连续的生产过程中，对进入胶粘剂涂布或喷涂工序之前的 PP 板进行在线等离子预处理（如图5所示）。利用新的 Openair® 大型板材预处理系统，现在宽幅的复合材料板的蜂窝芯层，或者更确切地说是塑料蜂窝孔格的狭窄孔壁表面，能够全面地得到活化而无需任何底

#### 作者

INÈS A. MELAMIES 是德国 Bad Honnef 的一名自由记者

#### 制造商联系方式

普思玛等离子处理设备(上海)有限公司  
上海浦东张江高科技园区 蔡伦路 399 号 6 号楼  
6501/6503 室  
电话：+86 21-6194 0100  
Email：info@plasmamatreat.com.cn  
Http：//www.plasmamatreat.com.cn

相关链接



涂。对于与蜂窝上、下两面粘接的面材而言，确保其与蜂窝结构的精细孔壁长时间的牢固粘接是极为重要的。经大气压等离子处理后，也可生产出面材采用诸如钢之类的材料制成的、带PP蜂窝芯层的高强度复合材料。

### 绿色而安全的替代方案

一项新的板材加工技术，只有当制造成本低廉，制造工艺环保时才能广泛应用。

迄今为止，对PP或PVC复合材料的预处理大多采用的是基于溶剂的化学处理技术，它采用了含溶剂的底涂材料，这些材料因其VOC排放量高而对人体和环境带来极大的危害。它们通常是以手工操作的方式被施加到芯材上。即使采用喷涂或辊涂的方式施加这些材料，也都会在操作中产生一定的不平整性，因而从未达到真正的均匀。另一个问题是，当使用底涂时，必须格外留意被处理材料的温度。

对于改用无溶剂底涂材料，在原则上是可行的，但这些水性胶粘剂底涂在加工过程中需要消耗更多的能量：当施加这些水性底涂后，其中含有的水分会迁移到表面上，因而必须将这些水分从大面积的表面上清除干净，这需要借助

图6 新的预处理系统的3个主要组成部分是：发生器（左）、大气压等离子预处理系统（中）以及一个可垂直调节的维修平台（右）（图片来自Plasmatreat）

于辐射加热器或热空气来完成，而它们都要消耗大量昂贵的能源。此外，这也限制了生产线的送料速率，系统的运行必须更缓慢。

相比之下，采用大气压等离子处理方法后，上述问题都得到解决。利用这种稳定的且环境友好的预处理工艺，不仅表面能可提高几倍，而且表面可得到精细净化。无论材料温度如何，这种对表面的清洁或活化效果通常是均匀一致的。由于稳定的表面能，因而生产效率得以提高。在此预处理过程中，大气压等离子体的操作状态受到多个传感器的监控（且具有过程控制功能），这些传感器被集成在设备的控制系统中。同时不要忘记的是：生产线上的操作工人不再

暴露在任何有损健康的环境中。

### 高科技解决方案

如图6所示，利用这种全新开发的旋转喷枪技术，首次实现了在连续的生产过程中，用大气压等离子以25 m/min的极高处理速度，对宽度高达约3 m的材料进行在线预处理。该系统配有28个彼此相邻的RD1010等离子喷枪，它们呈两排相对布置，并经过了特定的设计，从而允许对高达3 m宽的板材进行预处理。首先将等离子喷枪组调整到可对板材进行正常预处理的高度，板材放置在一条输送带上通过预处理系统，处于等离子预处理系统中的这条输送带具有精确调整1 mm高度差的能力。该预处理系统还可自动检测出要处理板材的宽度，然后针对当前的应用自动选择适当数量的等离子喷枪。整个预处理系统的设计考虑了易维护性，它允许将等离子喷枪调节到适合维修保养的理想高度，而且可以从两面进入进行维护。

### 总结

在此介绍的世界首套在线大气压等离子预处理系统的类型和可处理的尺寸均表明，它为未来低成本地生产PP复合材料板带来了技术突破。而更重要的是：除了可实现高产量外，因为采用了这种宽幅等离子系统，用作板材芯层的材料将来也有可能被更低成本的材料替代，如回收塑料或木/塑复合材料（WPC）等。CW

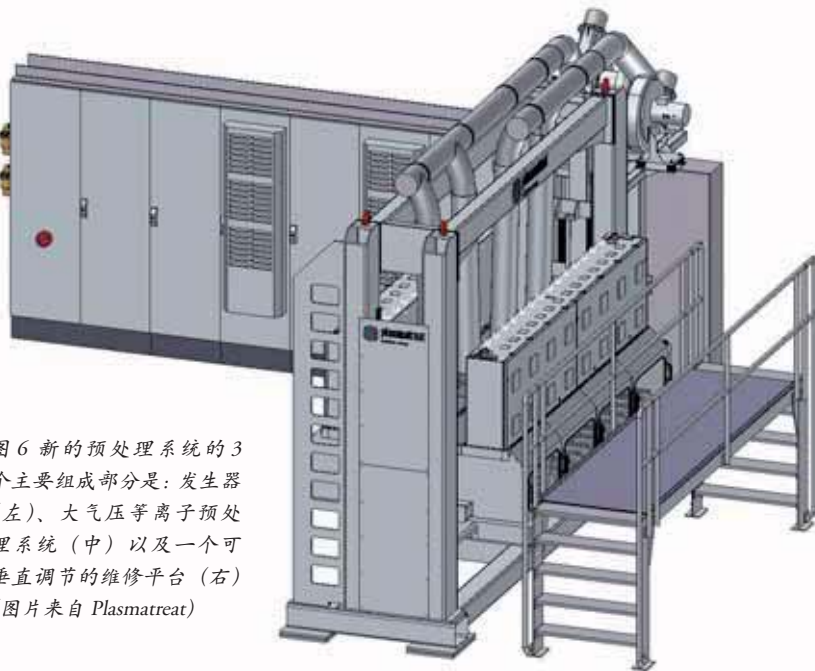


图5 用于替代底涂的一种绿色而高效的方案：28个Openair®等离子旋转喷枪中的每一个都被设计成可对100 mm宽的材料进行预处理，它们呈两排相对布置，从而使高达3 m宽的板材得到活化处理和微细清洁（图片来自Plasmatreat）