

单分子涂层技术及电缆抗冰凌应用的概要 (Outline of Self-Assembly Monolayer Coating Technology and Its Application in Preventing Ice Formation on High-Voltage Power Lines)

美国联合粘结剂公司
(United Adhesives, Inc.)

户外电缆在雨雪天气时，表面可以结出冰凌，当冰凌重量超过输电线负载时，会造成电缆断裂，输电支架倒塌。冰凌之所以形成是因为电缆的金属表面对水分子有良好的亲和力，特别是高压输电线所用的铝电缆，由于铝的金属表面有很薄的一层氧化铝层，与水很亲和，极易被水所湿润，在其表面形成水附着层。在冰点温度的雨雪天气下，水附着层继而结冰，并不断增厚，形成冰凌。

防止冰凌形成的有效的方法是将金属表面加上涂层，由涂层来大幅度地降低电缆金属表面与水接触面的表面张力，使水不能在其表面湿润、扩展，只能形成近乎球形的水珠，因而在接触面上自由滚动，从而当水珠达到一定的大小时，就从电缆金属表面滚落，因此无法进一步结出冰凌。图一对比了水在两种具有不同表面张力的接触面上的形态。金属表面的表面张力越小，表面自由能则越小，水与固体表面的接触角则越大，水越不能在其表面扩展开来，则越容易形成球形水珠。

实际操作上，能使表面张力降低的方法，就是使涂层最外层与水接触的表面上产生厌水性分子基团，使水无法与涂层亲和。同时涂层与金属接触的表面能形成稳定的化学键合，使涂层能长久地覆盖在金属表面。

美国联合粘结剂公司现有的自身集合单分子涂层技术，是继国际上在八十年代最早发现自身集合单分子(Self Assembled Monolayer)现象以来，针对于各种金属和玻璃的表面的改性和防腐等诸方面的应用而开发的。技术本身处于国际领先水平。自身集合单分子涂层，就是利用某些有机分子能够自动地在与金属接触的表面上进行排列集合的特点，在金属表面形成致密的单分子保护层。分子的一端与金属表面牢固的结合，而另一端具有厌水性的分子基团则一律向外伸展，而分子之间则紧密有序的形成集合排列。这种涂层结构示意图有如图二所示。

我公司的自身集合单分子涂层技术相较于其它涂层技术，具有下列明显的优点：

- 1、涂层具有明确的取向，最大限度地利用了分子基团的厌水性，因此能使涂层达到最小的表面张力，水与其表面的接触角达到110度或更高，表面自由能能够小到 $20\text{mJ}\cdot\text{M}^{-2}$ 。
- 2、形成单分子层，最有效地节约了涂层材料的用量；同时最大限度地减轻了由涂层带来的电缆线的额外重量。比普通的薄层涂层可节约上百倍的涂层材料。
- 3、分子间的致密排列有效地保证了涂层表面性能的稳定性的；涂层与金属表面通过化学反应形成强力共价键，保证了涂层的长久附着，不会因风吹雨淋而脱落；表面

经过5000次棉布擦拭，或在室外条件下，经过1000小时后，水与其表面的接触角仍会保持在100度或更高，表面自由能能保持在 $20\text{mJ}\cdot\text{M}^{-2}$ 。

4、经过涂层的金属电缆线不仅可以避免冰凌的生长，同时也大幅提高了金属电缆线的抗酸硷、防腐蚀的能力。

我公司的自身集合单分子涂层技术的工业处理过程可概述为下列两个步骤：

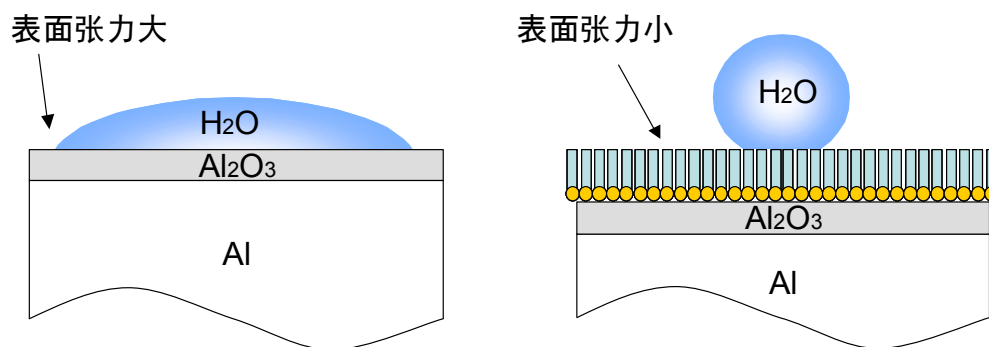
1、电缆线的浸润 - 就是将电缆线浸入配有有机涂层分子的溶液。有机涂层分子的用量和溶剂的用量可以根据电缆线的处理量，定时加入溶液池。电缆线金属表面与有机涂层分子的反应时间，可以由电缆线的浸润通过时间来确定。电缆线可以单股浸润，亦可多股同时浸润以提高生产量。

2、涂层的干燥 - 浸润后的电缆线通过抽风口进行迅速干燥。经鼓风挥发的少量溶剂，在鼓风管内经过冷却进行回收再用。

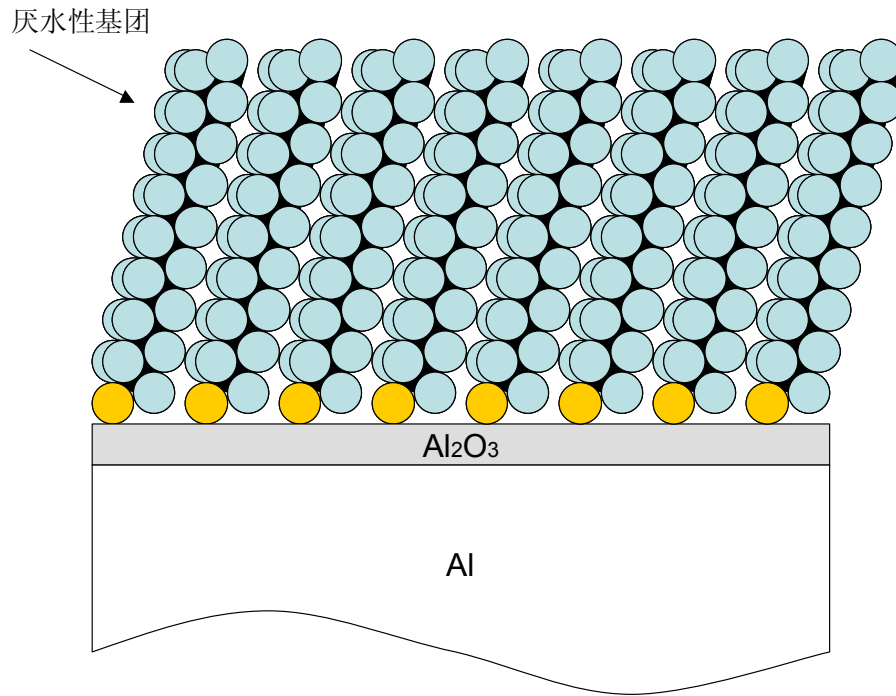
因此工业过程不包含废水、废气的污染、排放的问题。图三给出了此流程之一的示意图。

我公司的自集合单分子涂层的工业过程比较灵活，可以实行流水化生产线，亦可以根据实际情况，实行分批化生产线。操作方便，控制准确。投入低，转化快，不仅适用于大规模的高压电缆金属线的涂层处理，亦可用于地方小规模的应用。

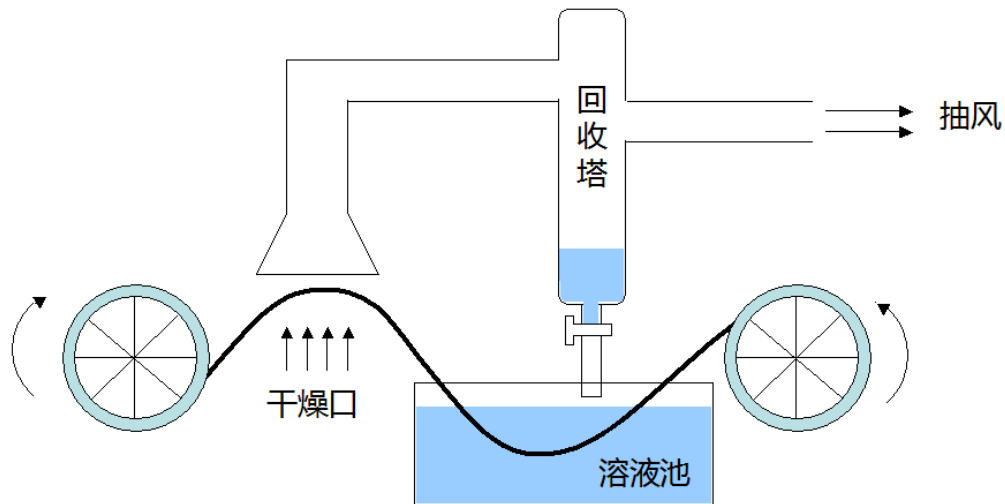
综上所述，我公司的自集合单分子涂层技术可以用于电缆抗冰凌应用。有着其它涂层技术所无法带来的优越性。不仅能有效的阻止冰凌的生长，同时也提高了电缆线的抗酸硷、防腐蚀的能力。工业过程灵活方便，可以迅速投入生产，能适用于不同规模的高压电缆金属线的涂层处理。



图一、水在两种具有不同表面张力的接触面上的形态。固体表面的表面张力越小，表面自由能则越小，水与固体表面的接触角则越大，水越不能在其表面扩展开来，则越容易形成球形水珠。



图二、自身集合单分子涂层的结构示意图。涂层分子自动地在与金属接触的表面上进行排列集合，形成致密的单分子保护层。分子的一端与金属表面牢固的结合，而另一端具有厌水性的分子基团则一律向外伸展，而分子之间则紧密有序的形成集合排列。



图三、自身集合单分子涂层技术用于金属表面处理的过程流程图示意图。其主要由电缆线的浸润和涂层的干燥两个步骤所构成。