



关于喷涂聚脲弹性体几点技术问题的探讨

喷涂聚脲弹性体自 1985 年诞生以来，获得了巨大的商业应用。但是由于部分原材料厂商、施工商及设备代理商对聚脲一些技术问题理解上的缺失，致使部分工程失败，给客户带来经济损失的同时，也对聚脲在某些行业的发展产生了负面的影响。笔者根据十几年来从事喷涂聚脲研究工作的经验，就当前我国聚脲工程中若干技术问题，分述如下，抛砖引玉，希望业界行家不吝赐教。

1 关于表面处理

据不完全统计，聚脲工程的失败大约 80%与底材表面处理不当有关。

对于金属底材，喷涂前表面处理的方法很多，如酸洗磷化、机械打磨、喷砂抛丸等。而喷砂迄今为止仍是最佳的选择！原因有二：其一，喷砂后钢材表面清洁度有保证（ \geq Sa2.5）；其二，喷砂后表面粗糙度有保证（Rz 40-75 μ m）。而涂装前底材具有一定的表面粗糙度不仅可大幅度增加聚脲与底材接触的表面积，还为附着提供了合适的表面几何形状，有利于聚脲与底材之间的粘接和涂层厚度分布的均匀一致；刚喷砂后的钢材，表面能增大，处于活化态，3 小时之内喷涂配套底漆，是涂料分子与金属表面活性基团之间相互吸引与粘接的最佳时期。涂装前表面处理除了喷砂除锈外，还应包括喷砂前除油和除去可溶性盐等污染物。而一般施工者认为喷砂可以把它们清除，但实际上喷砂只是把大部分的污染物深深嵌入钢材的表面，形成更加隐蔽、危险性更大的污染。

对于混凝土底材，就本人所见，混凝土基材强度普遍不高，可能是商品混凝土行业恶性竞争所致，这种底材如处理不当，极易出现涂层与基材脱壳现象。处理的主要目的是除去表面浮尘和杂物以利封闭底漆渗透，而且要采用表干慢、渗透时间长的底漆，让其充分渗进底材、反应固化后锚固底材，底漆渗得越多，工程质量越有保障。对于表面光滑、硬度、强度均很好的混凝土或水泥地面（包括高标号混凝土、水磨石、大理石等），本身强度很高，关键是如何增加粗糙度保证附着力，因此地面一定要抛丸或打磨，然后清除灰尘，薄涂一道封闭底漆。

2 关于底漆

喷涂聚脲弹性体反应速度很快，这是它最大的优点，但也带来负面的影响，即对底



材的浸润时间短，附着力差，因此选择一种配套性好的底漆是至关重要的。虽然底漆用量很少，但如选择不当，会带来灾难性的后果，而这种后果远大于其它类型的涂层缺陷（如鼓泡、针孔、局部发粘等）。同时，喷涂聚脲弹性体对底漆的选择性很强，市售的一般底漆（如环氧富锌、无机富锌、聚氨酯底漆、醇酸等）与聚脲弹性体的附着较差。因此施工者在选择配套底漆时，一定要进行验证试验，以免铸成大错。底漆在施工完之后，一定要严格根据原材料厂商的要求控制施工间隔，如施工间隔过长，也会导致附着力的丧失。

3 关于施工温度及湿度

大量文献介绍喷涂聚脲弹性体施工时不受施工温度、湿度的影响，这是相当片面的。相对于其它普通涂料，聚脲受施工温度、湿度的影响较小，但并不代表温度、湿度不对其产生负面影响。

3.1 温度的影响

化学反应速度及反应程度受温度的影响很大，根据阿仑尼乌斯公式：

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ 或 } \ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A$$
$$\text{或 } \lg k = -\frac{E_a}{2.303RT} + \lg A$$

其中k为反应速率常数，T为反应温度， E_a 为反应活化能，A为表观频率因子，R为摩尔气体常数。一般化学反应，当温度每升高10K时，反应速度大约增大2~4倍，而聚脲也不例外。同时，聚脲反应过程是一个玻璃化温度逐步升高的过程，当其玻璃化温度接近固化温度（通常是室温）时，链段被冻结，反应速度变得异常缓慢，甚至停止。因此，低温固化聚脲的物理强度通常较高温固化的低20-30%（试验室测定）。

3.2 湿度的影响

如果湿度很大（如大于90%），底材表面会形成一层薄薄的水膜，这可能对聚脲本身的物理性能不会产生多大的影响，但对聚脲与底材的附着会产生致命的影响。如Primeaux said “While polyurea system may show insensitivity to moisture, that does not mean they can be applied over a wet substrate. The polyurea will react over water, but the applied system will not bond to the substrate in that area.”

湿度很大时，喷涂聚脲弹性体容易形成微泡。聚氨酯或聚脲涂层发泡存在两种机理



1) 异氰酸酯与水反应, 生成 CO_2 , 这属于化学发泡; 2) 水份在喷涂过程中被裹进涂层中, 而聚氨酯或聚脲的化学反应是一个放热反应, 水遇热汽化、膨胀, 这属于物理发泡。由于胺基聚醚或胺基扩链剂反应速度很快, 一般不会产生化学发泡, 但物理发泡是难以避免的。据笔者测试, 在高湿度下施工的聚脲涂层较干燥状态下施工的涂层密度下降 10% 左右, 物理强度下降 20% 左右。

4、关于聚脲的后固化

聚脲凝胶速度及表干都很快, 但并不代表聚脲喷涂完毕后就达到较好的力学强度。原因之一, 由于聚脲反应速度很快并释放出大量的热, 导致涂层在交联初期产生较大的内应力, 而内应力的释放通常需要一定时间, 因此材料的物理性能不会很快达到最高值。原因之二, 从化学原理上来讲, 聚脲反应是逐步加成反应, 这不同于自由基聚合, 分子量是逐步增长的, 只有分子量达到一定数值, 才能宏观表现出一定的力学强度。这与实际喷涂状况是完全一致的: 聚脲在最初的几个小时内呈现的是一种乳酪状状态, 没有什么强度。Primeaux Said: “One has to be very careful there though because polyurea system may set and give an initial cure very quickly that will allow this return to service very quickly, but not develop ultimate elastomer physical properties for 24 hours or more. This all depends on the exact system formulation.”

因此, 聚脲施工完毕后至少要在24小时之后才能投入使用, 否则很容易造成前期损坏。