

防腐涂料腐蚀+老化性能测试方法研究

张恒, 孙香蕾 (美国Q-Lab公司中国代表处, 上海 200436)

摘要: 本文概述防腐涂料腐蚀、老化性能研究的现状, 列举了几种实验室加速盐雾试验方法及与户外大气腐蚀之间的相关性, 建议实验室加速试验采用腐蚀+老化组合试验方法, 并同时开展户外大气腐蚀对比试验, 找出相关性好的实验室腐蚀+老化加速测试方法。

关键词: 防腐涂料; 腐蚀; 老化; 循环试验; 户外大气腐蚀

Q-Lab

QUV. 40年

0 引言

防腐涂料在新兴海洋工程、现代交通运输、能源工业、大型工业企业及市政设施等领域的应用广泛。其腐蚀、老化性能越来越受到重视。涂料防腐性能的好坏, 直接影响到工程的使用寿命和安全。

防腐涂料的腐蚀、老化性能研究的历史非常悠久, 但一般存在的情况: 1) 实验室加速试验中, 盐雾腐蚀试验、氙灯老化试验、紫外老化试验一般都是相互独立的, 很少综合盐雾和光照条件进行加速试验, 而且盐雾试验也多以连续中性盐雾条件为主^[1]; 2) 多数厂家主要依靠实验室加速试验, 很少进行户外自然腐蚀曝晒, 即使开展了户外自然腐蚀项目, 也较少能够把大气数据与实验室结果进行比对研究, 以验证实验室测试是否能够再现产品在户外真实使用条件下的腐蚀、老化状况。

本文首先列举几种不同的实验室加速盐雾试验方法, 及它们与户外大气腐蚀之间的相关性。并解释腐蚀+老化组合实验室加速试验方法及其合理性。最后讨论户外大气腐蚀试验的重要性, 建议开展户外大气腐蚀试验, 以验证实验室方法相关性。

1 几种实验室加速盐雾试验方法

1.1 连续中性盐雾试验

目前ASTM B117仍然是盐雾腐蚀测试的主要标准之一, 大多数企业或检测机构仍在使用。大约从1914年开始盐雾喷淋方法首次用于测试材料的耐腐蚀性能。1939年, 中性盐雾喷淋测试被写入ASTM B117标准。这种传统的盐雾标准要求样品, 在35℃条件下连续暴露在浓度为5%的盐雾中。几十年来, 该试验方法一直沿用之前的测试条件, 长久以来人们也认识到“盐雾喷淋法”的测试结果与样品户外暴露实际的腐蚀效果相关性不好。

1.2 循环盐雾试验

循环腐蚀测试是一种比传统恒态的暴露更真实的盐雾喷淋测试。因为大部分产品实际户外通常暴露在干湿交替环境中, 模拟自然的、周期性条件, 实验室加速测试相关性会更高。研究表明, 经过循环腐蚀测试后, 样品的相对腐蚀率、结构、形态和户外的腐蚀结果很相似。因此, 循环腐蚀测试比连续中性盐雾喷淋法, 更接近真实的户外暴露。该方法在汽车行业得到广泛应用。

循环腐蚀测试(CCT)的目标是再现户外腐蚀环境的腐蚀类型。CCT测试把样品暴露于一系列不同条件循环环境中。简单的暴露循环, 如Prohesion测试, 是把样品暴露在由盐雾和干燥条件组成的循环中。更复杂的测试方法除了要求盐雾及干燥循环外, 还加入浸泡、潮湿和冷凝等循环。最初这些测试循环是通过人工操作来完成的, 实验室操作人员把样品从盐雾喷淋箱移到潮湿试验箱, 再移到干燥装置等。现在, 微处理器控制的测试箱可以自动完成这些测试步骤, 降低了工作强度, 也减少了试验的不确定性。

1.2.1 Prohesion测试

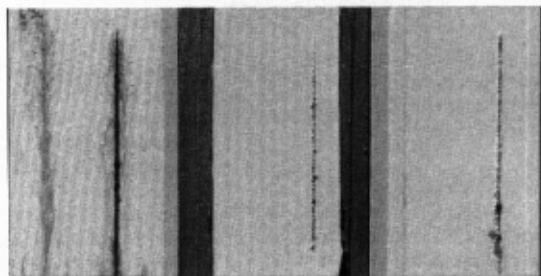
Prohesion测试是循环盐雾试验的一种, 20世纪60年代和70年代, 英国的Harrison和Timmons开发了Prohesion测试^[2-3], 特别适用于工业防护涂料的腐蚀性测试。具体的试验条件如表1所示。

表1 Prohesion测试的试验条件

步骤	循环	盐溶液浓度	箱体温度
第1步	喷雾, 1h	0.05%氯化钠和0.35%硫酸铵	25℃(或室温条件下)
第2步	干燥, 1h		35℃
第3步	重复上述步骤		

与连续中性盐雾试验相比, Prohesion测试与户外大气腐蚀的相关性好一些。下图1是一种涂料在连

续中性盐雾试验、户外大气腐蚀和Prohesion测试条件下的结果^[2]。从图1中明显看出, Prohesion测试与户外大气腐蚀的相关性比连续中性盐雾试验与户外大气腐蚀的相关性好。



连续中性盐雾试验, 500h 户外大气腐蚀, 4a Prohesion测试, 500h
图1 Prohesion测试与连续中性盐雾试验的比较

1.2.2 CCT-3测试

还有一些主要用于汽车腐蚀测试的循环盐雾试验, 如CCT-1 (CCT-A)。CCT-1测试同

Prohesion测试一样, 也是干湿交替循环。不过, 具体的测试条件不同, 如盐溶液及溶液浓度不一样, 而且CCT-1测试还多了饱和潮湿循环。CCT-1测试具体的试验条件如表2所示。

表2 CCT-1测试的试验条件

步骤	循环	盐溶液浓度	箱体温度及相对湿度
第1步	喷雾, 4h	5%氯化钠	35℃
第2步	干燥, 2h		60℃
第3步	饱和潮湿, 2h		50℃, 相对湿度95%
第4步	重复上述步骤		

1.3 腐蚀+老化循环

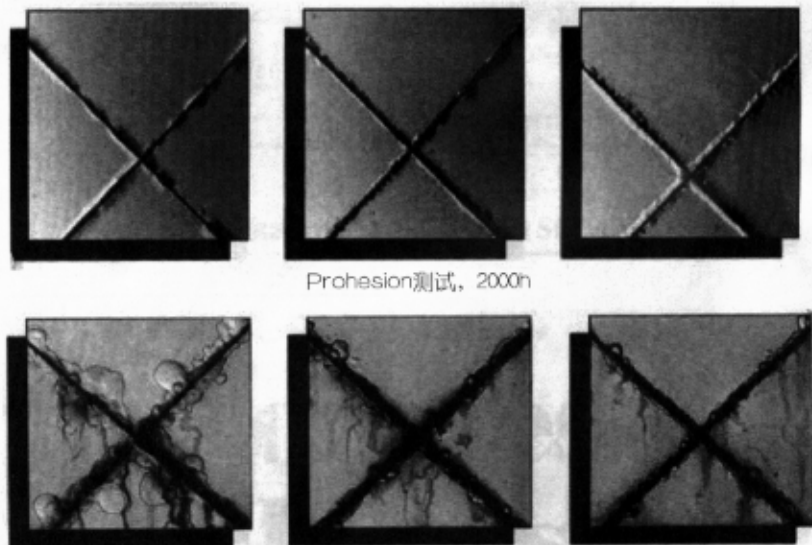
对某些涂料来说, 腐蚀循环中增加紫外线曝晒有利于提高一些产品的测试相关性^[4-5]。这是因为紫外线对涂料的破坏, 降低了涂料对金属底材的保护, 从而使产品更易腐蚀。腐蚀+老化循环由200小时Prohesion测试和200小时QUV紫外曝晒交替进行。具体的试验条件如表3所示。

表3 腐蚀+老化循环试验条件

步骤	循环	灯管类型或盐溶液浓度	箱体温度
第1步	喷雾, 1h	0.05%氯化钠和0.35%硫酸铵	25℃ (或室温条件下)
第2步	干燥, 1h		35℃
第3步	重复第1步和第2步, 200h		
第4步	UV紫外光照, 4h	UVA-340灯管	60℃
第5步	冷凝, 4h		50℃
第6步	重复第4步和第5步, 200h		
第7步	返回第1步		

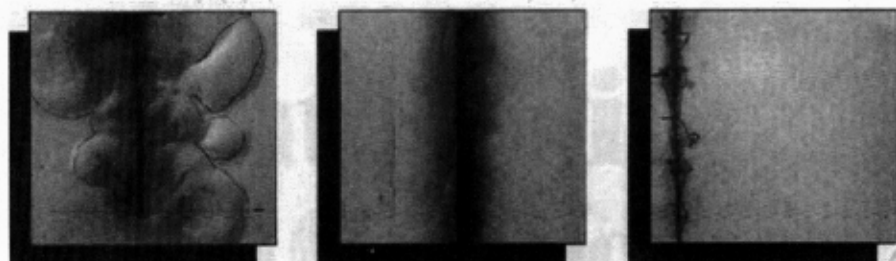
图1给出了Prohesion测试和连续中性盐雾试验与户外大气腐蚀之间的相关性比较, 结果表明Prohesion测试与户外大气腐蚀之间的相关性较好。下面的图2将比较腐蚀+老化循环测试与Prohesion测

试的结果^[4]。从图2中明显看出, 腐蚀+老化循环测试与户外大气腐蚀的相关性比Prohesion测试与户外大气腐蚀的相关性好。



Prohesion测试, 2000h

腐蚀+老化循环测试, 2 000 h



户外大气腐蚀, 27个月(海边)

图2 腐蚀+老化循环测试与Prohesion测试的比较

以上提到的腐蚀+老化循环由200h Prohesion测试和200h QUV紫外暴露交替进行, 并且试验从Prohesion测试开始。

ASTM D5894标准也是一个循环腐蚀+老化测试方法^[6]。ASTM D5894中的测试条件由一周QUV紫外暴露和一周Prohesion测试交替进行, 并且规定试验从紫外暴露开始。

1.4 其他循环盐雾试验

还有的试验方法, 除了Prohesion测试和紫外曝晒之外, 还有冰冻循环, 三者交替进行, 如ISO 20340标准中附录A的测试程序A^[7]。具体的试验条件如表4所示。

表4 ISO 20340标准中附录A的测试程序

步骤	循环	灯管类型或盐溶液浓度	箱体温度
第1步	UV紫外光照, 4h	UVA-340灯管	60℃
第2步	冷凝, 4h		50℃
第3步	重复第1步和第2步, 72h		
第4步	喷雾, 1h	0.05%氯化钠和0.35%硫酸铵	25℃ (或室温条件下)
第5步	干燥, 1h		35℃
第6步	重复第4步和第5步, 72h		
第7步	冰冻, 24h		-20℃
第8步	返回第1步		

2 防腐涂料腐蚀、老化测试方法的建议

本文第1部分介绍了几种不同的实验室加速盐雾试验方法, 通过之前研究者的试验结果, 不难看出, 对于防腐涂料, 腐蚀+老化组合试验方法是目前实验室腐蚀测试方法与海边大气暴露腐蚀相关性较好的方法。这种方法在耐腐蚀性能测试中, 考虑紫外曝晒和干湿交替等因素, 较好地模拟了户外大气腐蚀的真实情况。

另外, 户外测试是实验室加速测试的基础。我们在进行实验室加速腐蚀、老化试验的基础上, 也应结合开展户外大气腐蚀、老化试验, 并用以指导实验室加速测试。

我国幅员辽阔, 大气条件复杂, 单一的加速腐蚀方法不大可能很好地模拟不同边区的腐蚀条件, 建议集合多方力量, 包括涂料厂家, 国家腐蚀网站单位, 相关领域科研单位, 共同开发一些符合国情, 相关性好的加速试验方法。

参考文献

- [1] ASTM B117-2007 Operating salt spray (fog) apparatus.
- [2] Cremer, N. D., "Prohesion compared to salt spray and outdoors, Cyclic methods of accelerated corrosion testing", Federation of Societies for Coatings Technology, 1989 Paint Show.
- [3] Timmins, F. D., Avoiding paint failures by prohesion[J]. J. Oil & Colour Chemists Assoc., 1979, 62(4):131.
- [4] Simpson, C. H., Ray, C. J., and Skerry, B. S., Accelerated corrosion testing of industrial maintenance paints using a cyclic corrosion weathering method", Journal of Protective Coatings and Linings, May 1991, 1991, 8(5):26-36.
- [5] Skerry, B. S., Alavi, A., and Lindren, K. I., Environmental and electrochemical test methods for the evaluation of protective organic coatings[J], Journal of Coatings Technology, 1988, 60(765):97-106.
- [6] ASTM D5894 Cyclic salt fog/UV exposure of painted metal, (alternating exposures in a fog/dry cabinet and UV/condensation cabinet).
- [7] ISO 20340 Paints and varnishes — Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures.