

船舶涂料海洋大气暴露与室内加速试验模拟性研究

陈乃洪¹, 姚敬华¹, 金晓鸿¹, 叶美琪¹, 林昌建², 叶章基¹
徐初琪¹, 黄淑珍¹, 郭爱华¹

1. 中国船舶重工业集团公司第725研究所 厦门分部 福建 厦门 361002
2. 厦门大学 福建 厦门 361005

摘要:通过两年海洋大气环境暴露试验、盐雾/紫外冷凝老化交替试验和氙灯老化试验,对比聚氨酯涂料、丙烯酸涂料涂层的色差和失光率,研究了3种试验对涂层表现性能的影响,发现紫外/冷凝老化加速试验对海洋大气暴露试验有很好的模拟性。

关键词:加速老化;色差;船舶涂层;丙烯酸;聚氨酯;耐候性

中图分类号:U661.5;U661.74;TG174.31

文献标识码:A

文章编号:1672-9242(2006)03-0083-03

Study of the Simulation of Marine Atmospheric Exposure with Lab Accelerated Test of Marine Coating Systems

CHEN Nai-hong¹, YAO Jing-hua¹, JIN Xiao-hong¹, YE Mei-qi¹, LIN Chang-jian²,
YE Zhang-ji¹, XU Chu-qi¹, HUANG Shu-zhen¹, GUO Ai-hua¹

1. Xiamen Branch of Luoyang Ship Material Research Institute, Xiamen 361002, China
2. Xiamen University, Xiamen 361005, China

Abstract: The simulation of marine atmospheric exposure with lab accelerated test was studied. The lab accelerated test methods were UV- condensation and salt- fog alternant test and Xenon- Arc exposure test. The marine coating systems based on polyurethane and acrylic were compared in color difference and rate of losing gloss. The result showed that UV- condensation and salt- fog alternant test can better simulate the marine atmospheric environment than the Xenon- Arc exposure test.

Key words: accelerated weathering; color difference; marine coating; acrylic ester; polyurethane; weatherability

目前,高性能舰船涂料已成为行业内新的发展趋势,新型舰船涂料产品不断出现并得到广泛的推广应用。由于高性能防护涂层体系的出现,使防腐涂层的保护期大大提高,同时也提出对防护性能有效性评价的技术难题。船舶涂料研究人员和厂家都在实际大气暴露试验与实验室加速试验上做了大量的研究^[1-4],加速试验已广泛应用于测定涂层防腐

蚀性能^[5],是涂层材料配方筛选的一种有效手段^[6],防腐涂层的耐候性可通过加速试验在短时间内测定,大大加快了涂层防腐性能评定。

涂层腐蚀寿命预测研究的关键在于应明确室内加速腐蚀试验与实际海洋环境暴露腐蚀试验的相关性,这就要求在室内加速腐蚀试验中正确模拟实际环境的各种腐蚀因子进行加速试

收稿日期 2006-04-20

作者简介 陈乃洪(1978-)男,福建南平人,工程师,主要从事船舶涂料研制及性能测试工作。

验。中船重工 725 所积累了多种舰船涂料的加速老化试验数据^[7-9]，从海洋大气区暴露试验与室内加速试验结果入手，寻找两者间的相关性。选用了 3 种常用船壳涂料试样在厦门海洋环境试验站进行了海洋大气暴露与两种室内加速腐蚀试验的基础研究，通过对色差、失光率等涂层表现性能的试验结果进行分析，初步探讨实际海洋环境暴露试验与室内加速试验之间的相

关性。

1 试验

1.1 试验涂料体系

选用国内常用舰船涂料体系 11 种，分别进行实海环境暴露腐蚀试验和室内外加速腐蚀试验，筛选其中的 3 种体系，试验明细见表 1。

表 1 试验涂料种类及试验方法明细

Table 1 The coating systems and testing methods

编号	涂料种类	试验方法说明		
		M	U	S
1#	环氧底漆 × 2道 + 聚氨酯面漆 × 2	海洋大气 暴露试验	紫外/冷凝+盐雾	氙灯人工
2#	环氧底漆 × 2道 + 丙烯酸面漆 × 2		室内加速暴露	加速老化
3#	环氧底漆 × 2道 + PU面漆 × 2		试验	试验

1.2 实验室加速试验方法和程序

1.2.1 紫外/冷凝人工加速老化+盐雾试验

每个品种制备 30 块尺寸为 70 mm × 150 mm × 2 mm 试样进行 8 个周期(共 2000 h)的试验，并在第 1、2、4、6、8 周期取样进行涂膜性能评定。

试验程序:UV/CON 老化机 200 h+ 盐雾 50 h 为 1 个周期；

紫外/冷凝老化试验条件:光照时间 4h、温度为 60，冷凝时间 4h、温度为 50；

盐雾试验条件:试验温度 35。

1.2.2 氙灯人工加速老化试验

每个品种制备 10 块尺寸为 50 mm × 100 mm × 2 mm 试样进行 1000 h 的试验，并在 200、400、600、800、1000 h 取样进行涂膜性能评定。

试验程序:氙灯型老化机 200 h 为 1 个周期；

试验条件:试验不喷水时间为 102 min，喷水时间为 18 min，相对湿度为 65%，黑板温度为 63，在光谱 340 nm 处的辐射度为 0.35 W/m²。

1.3 实海环境暴露试验

海洋大气区暴露是将样板固定在 45° 倾角朝南安放的框架上，在海边暴晒场暴露。各种舰船涂料实海环境暴晒老化试验数据的积累，主要以亚热带气候海洋条件为主。

海洋大气环境暴露试验的每个品种制备 30 块尺寸为 250 mm × 150 mm × 2 mm 试样，进行 5 年以上环境暴露试验，在 0.25、0.5、1、1.5、2、3、4、5 年时取样进行涂膜性能评定，目前已完成 2 年试验。

2 试验结果与讨论

2.1 同一涂料体系在不同试验条件下暴露试验结果

对不同厂家生产的聚氨酯涂料体系海洋大气环境暴露试验和室内加速腐蚀试验的结果进行了分析比较，并对各种试验方法的相似性和加速性进行了初步的讨论。

图 1、图 2 记录了两个不同厂家生产的聚氨酯涂料在厦门地区进行 2 年海洋大气暴露试验 8 个周期紫外/冷凝室内加速暴露试验和 1000 h 氙灯人工加速老化试验试样表面的变化情况。将实际环境暴露试验结果与室内加速腐蚀试验结果对照可看到，聚氨酯涂料体系 1#、3#，经过 600 h 紫外/冷凝加速试验，色差与失光率均在不同程度上与海洋大气暴露 1 年的试验结果相近。总体而言，相对于氙灯老化试验，盐雾/紫外冷凝加速试验对海洋大气暴露的模拟性较强，同时盐雾/紫外冷凝加速试验对聚氨酯涂层表现性能的变化影响趋势与实际海洋大气环境暴露试验更一致，而且盐雾/紫外冷凝加速试验对涂层变化的加速作用明显强于氙灯老化。

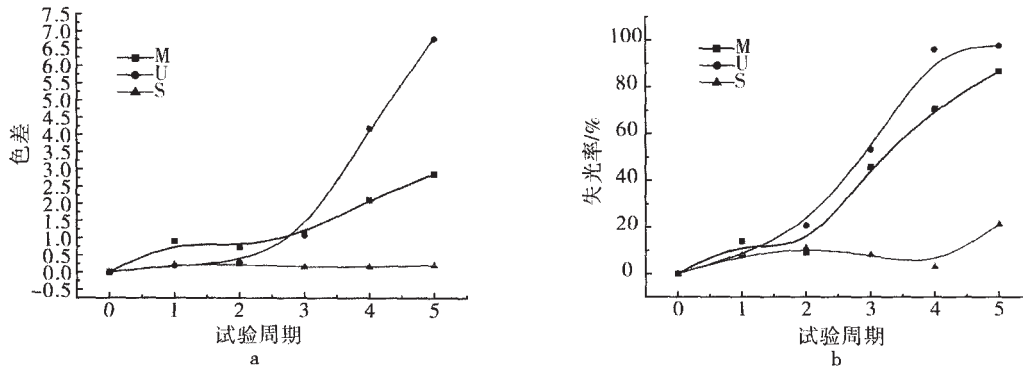


图1 1# 试验涂料在3种不同暴露试验方法中色差与失光率变化曲线

Fig.1 Color difference and gloss loss of coating system 1 in three test methods

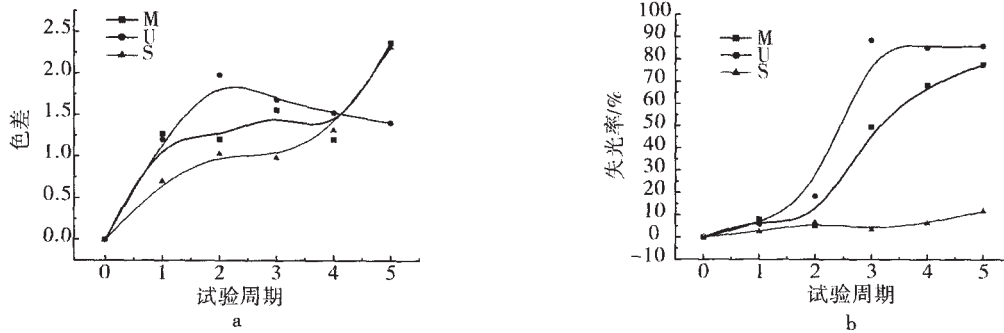


图2 3# 试验涂料在3种不同暴露试验方法中色差与失光率变化曲线

Fig.2 Color difference and gloss loss of coating system 3 in three test methods

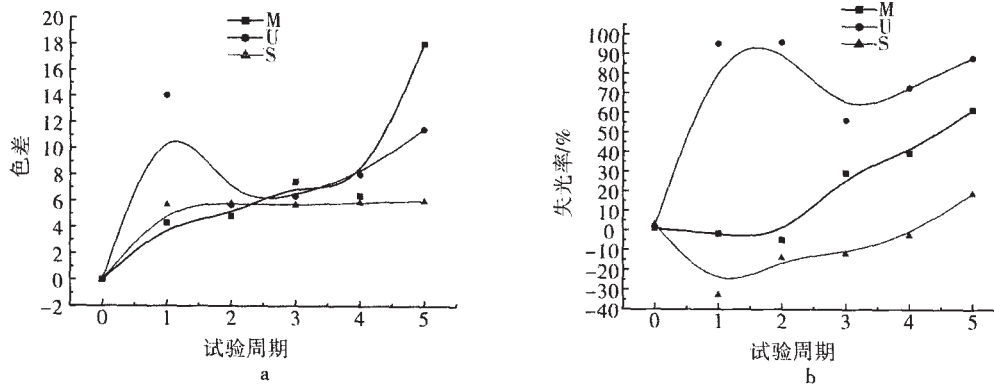


图3 2# 试验涂料在3种不同暴露试验方法中色差与失光率变化曲线

Fig.3 Color difference and gloss loss of coating system 2 in three test methods

2.2 不同涂料体系在环境暴露试验和室内加速腐蚀试验的结果

对比图1、图2和图3可看到：对于丙烯酸涂层前期海洋大气暴露表现性能变化趋势与氙灯老化试验较接近，但后期与盐雾/紫外冷凝老化交替试验的变化趋势更接近。同样，紫外/

冷凝试验方法对丙烯酸涂层的加速老化作用明显强于氙灯老化。这是因为紫外/冷凝加速试验方法模拟的是太阳光中对涂层老化破坏起主要作用的紫外光进行加速试验，而氙灯老化则模拟普通太阳光谱对涂层进行加速试验，故试验结果与理论相一致。对于不同的涂料体系，相同试验方法所得试验结果不同，为涂料基料
(下转第96页)

3) 玻璃基底铝反射膜反射率退化主要发生在 400 ~ 500 nm 范围内,最大约下降 7%,而在可见光的其他部分和近红外波段几乎没有退化;

4) 玻璃基底铝反射膜的光谱反射率退化在 420 nm 附近出现一个退化最大点,而对金属基底铝反射膜的光谱反射率退化在 450 nm 附近出现一个峰值点,超过此波长后光谱反射率退化值随波长增加呈下降趋势;

5) 金属基底铝反射膜比玻璃基底铝反射膜的退化要严重,主要原因是电荷在玻璃中沉积会累积电荷,产生电场会抑制带电粒子入射,因此从退化的角度,应该选用玻璃基底的反射镜。

6) 铝反射膜光谱反射率的退化是比较严重

的,相关研究过去未见报道,反射膜退化应该引起设计师的注意,应该考虑相关低能带电粒子的环境试验,确保合格产品上型号,铝反射膜光谱反射率的退化主要发生在可见波段范围内,在近红外部分反射率没有明显退化作用。说明铝反射膜在近红外波长范围的反射率稳定性是比较高的,可以作为设计参考。

参考文献:

[1] STEVENS NJ, KIRKPATRICK ME, CHAKYRC, et al. Environmental Interactions Technology Status[R]. AFGL-TR-85-0043, 1986.

(上接第 85 页)
耐老化性能不同所致。

3 结论

1) 通过对 1# 和 3# 聚氨酯体系涂层的海洋环境试验和室内加速腐蚀试验结果分析,笔者认为:选用盐雾/紫外冷凝人工加速老化试验方法对涂层性能进行快速评估的可靠性优于氙灯老化加速试验方法。

2) 盐雾/紫外冷凝人工加速老化试验方法对海洋大气环境暴露的模拟性优于氙灯老化试验,而且对涂层表观性能影响明显高于氙灯老化试验。

3) 综合以上试验结果分析,几种室内加速腐蚀试验方法对涂层性能的评估,可以短时间内在一定程度上体现涂层性能在海洋大气环境中的优劣性。

参考文献:

[1] 聚合物防老化实用手册[M].北京:化学工业出版社.
[2] 虞兆年.涂料工艺,第二分册[M].北京:化学工业出版社.

[3] CARLOZZO Ben J, ANDREWS Jeff, et al. Correlation of Accelerated Exposure Testing and Exterior Exposure Sites Part II: One-year Results[J]. Journal of Coatings Technology, 1996, 68(858): 47- 61.
[4] PERRIN F X, IRIGOYEN M, et al. Evaluation of Accelerated Weathering Test for Three Paint Systems: A Comparative Study of Their Aging Behaviour[J]. Polymer Degradation and Stability, 2001, 72:115- 124.
[5] 金晓鸿.船舶防腐涂料体系加速老化试验研究[J].涂料工艺,1994,(2):32- 40.
[6] 金晓鸿.船舶与海洋重防腐涂料体系和加速试验方法研究 [C]// 第二届国际防腐涂料技术与发展研讨会. 北京, 2003.
[7] 张三平.涂层户外暴露与室内加速腐蚀试验相关性研究 [J].腐蚀科学与防护技术,2000,(12):3.
[8] TO Thi Xuan Hang, PHAM Gia Vu, VU Ke Oanh, et al. Degradation of Coatings under Atmospheric Tropical Conditions [J]. Corrosion Science and Technology, 2003, (5): 207- 211.
[9] 罗振华.耐候性有机涂层加速老化试验研究进展[J].合成材料老化与应用,2003,32(3): 31- 35.
[10] 姚敬华,金晓鸿.现代表面分析技术对两种船壳涂料室内加速腐蚀试验结果研究[C]// 材料腐蚀与控制学术研讨会.青岛,2004.