

# 聚脲弹性体在海上钢结构防腐中的应用研究

王海荣<sup>1</sup>, 张海信<sup>2</sup> (1. 西安工业学院建工系, 710032; 2. 西安油漆厂, 710077)

**摘要:** 聚脲弹性体技术是涂装领域取得的一项重大技术进步, 它给我国防腐业带来极大的促动。本文对海上钢结构聚脲弹性体防腐涂料的制备、喷涂原理及施工工艺、涂料性能等方面进行了介绍和探讨。

**关键词:** 聚脲弹性体; 钢结构; 防腐; 无溶剂

**中图分类号:** TQ 630.7<sup>+</sup>9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253 - 4312(2006)05 - 0044 - 03

## Application Research of Polyurea Elastomeric Coatings on Offshore Steel Structures

Wang Haihong<sup>1</sup>, Zhang Haixin<sup>2</sup>

(1. Department of engineering, Xi'an Inst of Tech, 720032; 2. Xi'an Paint & Coatings manufacturer, 710077)

**Abstract:** Spray polyurea elastomer is a significant technology improvement in the coatings and finishing industry, it brings great driving force to the corrosion protection industry. The paper has discussed the preparation, spray mechanism the application technology, and performance of the polyurea elastomeric coatings for offshore steel structures

**Key Words:** polyurea elastomer; steel structure; corrosion protection; solvent free

### 0 引言

据统计,世界每年因腐蚀所造成的经济损失约占国民生产总值的 2% ~ 4%。我国每年由于腐蚀造成的损失可达 5 000 亿元以上,约占国民生产总值的 5%,海洋腐蚀尤为突出。我国有海岸线 1 800 km,海洋的开发利用在国民经济中占很大比例,中国海上石油资源量占全国石油总产量的 1/4。在未来 5 年内,将投资 500 多亿元在渤海建设 50 个采油平台, 1 100 口矿井,而这些构筑物大都采用钢结构,因此,海上钢结构的防腐问题是我们迫切需要解决的问题。

海水是具有很强腐蚀性的电解质,海上钢结构处于海洋的腐蚀环境中,受到的破坏是非常大的。由于影响腐蚀的因素很多,如气温、氧含量、水深、潮汐、海洋微生物等,因此,海上钢结构的涂装必须考虑这些腐蚀因素的影响,选择物理和化学性能优异的防腐涂料。本文针对海上钢结构的防腐研制了一种新型无溶剂、无污染的绿色环保型防腐材料,该涂料具有优异的附着力、抗渗性、耐冲刷性、耐化学介质性能及耐微生物的侵蚀性等。

### 1 实验部分

#### 1.1 原料及配方

聚脲弹性体钢结构防腐涂料的原料及配方见表 1。

表 1 聚脲弹性体钢结构防腐涂料的原料及配方  
Table 1 Formulation of polyurea elastomer corrosion protective coatings for steel - structure

原料	规格及产地	w / %
A 组分		
异氰酸酯组分	DPS - 70 MDI 半预聚体	100
B 组分		
端氨基聚氧化丙烯醚	美国	60
二氧化钛	R706	2.0
三聚磷酸二氢铝	400 目	5.0
云母玻璃鳞片	80 目	5.0
滑石粉	1250 目	6.5
钛酸酯偶联剂	NXZ	0.5
二乙基甲苯二胺 (DEIDA)	美国	6.5
液态芳香二胺 H - 256	江阴	14.5

#### 1.2 制备工艺

该涂料为 A B = 1 1 双组分交联反应型产品。

A 组分为固化剂,它是将一定量的 MDI 多异氰酸酯投入反应釜中升温并搅拌,当温度升至 50 ~ 60 时,加入聚醚二元醇,在 70 ~ 80 保温反应 4 h 后降温出料而制得的 MDI 半预聚体。

作者简介:王海荣 (1969—),女,讲师,主要从事建筑结构学科的教学与钢结构防腐研究工作。

B组分为色漆,它是由端氨基氧化丙烯醚、二氧化钛、三聚磷酸二氢铝、云母玻璃鳞片、滑石粉、偶联剂等,在密闭砂磨机中砂磨至细度 $50\ \mu\text{m}$ ,加入胺扩链剂调制而得。

### 1.3 喷涂原理及施工工艺

喷涂原理:采用双组分高温高压无气喷涂设备,在空压机驱动下,两气动上料泵分别将A、B组分沿着各自的料管送入主机,料液经主机加热、加压后又分别沿着各自的保温料管到达喷枪混合室,在喷出的瞬间撞击分散、快速反应固化成膜。一次喷涂施工厚度可达 $2\ \text{mm}$ 左右,30 min后达到步行强度。该类设备可对物料加热和保温,为低温环境下正常工作提供了有利保证。

基本工艺如下:(1)钢材表面喷砂除锈至Sa2.5级,然后将基面进行清洁和干燥。喷砂处理的钢板表面应具有锚状凹凸结构,以增大涂层与底材的接触表面,从而提高附着力。若表面存在孔洞、裂缝等缺陷,应采用相应的配套材料修补。(2)采用Gusmer H-20/35喷涂设备整体喷涂聚脲弹性体防腐涂料,原料温度控制在 $35\sim 40\ ^\circ\text{C}$ 之间,厚度一般控制在 $1.5$

$\sim 2.5\ \text{mm}$ 。(3)涂层检验、验收。试验表明,聚脲弹性体材料直接喷到无底漆钢板上的耐盐雾性能最好,这是因为聚脲弹性体材料与钢板的附着力好、力学强度高,而且聚脲弹性体材料自身的耐盐雾性能优于环氧底漆<sup>[5]</sup>。

## 2 聚脲弹性体钢结构防腐涂料的综合性能

聚脲弹性体钢结构防腐涂料其双组分反应固化可生成高分子聚脲涂膜,由于聚脲的分子结构特点,以及功能性填料和助剂的合理选用,使得聚脲弹性体涂膜具有良好的附着力和低温柔韧性、较强的抗拉强度,同时具有优异的耐候性、耐酸碱盐性、耐老化性及耐水流冲刷性(见表2)。而且该涂料中不含催化剂、固体含量高、无污染、固化快,因其干燥和固化过程完全依靠的是化学反应,没有有机溶剂或者水分向空气中挥发,因此不会有针孔、气泡、缩孔等缺陷产生,涂膜致密、连续、无接缝,杜绝了外界腐蚀介质入侵的途径,所以防腐性能十分突出。

表2 聚脲弹性体钢结构防腐涂料性能

Table 2 Performance of polyurea elastomer corrosion protective coatings for steel-structure

检测项目	检测结果	测定方法
固含量 /%	97	GB/T16777
凝胶时间 /s	20	GB/T1728—1979(89)
附着力(喷砂)/MPa	15	GB/T 5210—1985
断裂伸长率 /%	400	GB/T16777
拉伸强度 /MPa	20	GB/T16777
低温柔韧性 (在 $-30\ ^\circ\text{C}$ 绕 $25\ \text{mm}$ 圆棒)	在 $-30\ ^\circ\text{C}$ 绕 $25\ \text{mm}$ 圆棒,涂层表面无裂纹	GB/T 16777
不透水性(30 min,动力水压 $0.4\ \text{MPa}$ )	不渗漏	GB/T 16777
硫酸(10%,浸泡28 d)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1763—1979
NaOH溶液(30%,浸泡28 d)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1763—1979
饱和尿素溶液(20%,浸泡28 d)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1763—1979
NaCl溶液(10%,浸泡28 d)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1763—1979
耐重油性(浸泡28 d)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1734—1993
耐海水浸泡性(浸泡6个月)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 1763—1979(甲法)
耐盐雾试验(3 000 h)	无水泡,锈斑	GB/T 1765—1989
耐 $15\ \text{m/s}$ 水流冲刷(1 000 h)	涂层不锈蚀,不脱落	GB/T 7789—1987
耐人工老化(3 000 h)	粉化,1级 变色,1级	GB/T 1865—1997

## 3 结果与讨论

### 3.1 液态胺扩链剂的选择

目前常用的液态胺扩链剂是二乙基甲苯二胺(DETDA),是一种芳香族伯胺,其化学活性特别高,与A组分的反应速度相当快,而使体系凝胶时间非常短,难以满足通用型施工要求,因此,我们将二乙基甲苯二胺(DETDA)和化学活性较低的位阻型胺类扩链剂——液态芳香二胺H-256(MBOEA)按一定比例混合作为该涂料的扩链剂。MBOEA主要成分是3,3-

二乙基4,4'-二氨基二苯基甲烷,由于分子链有乙基存在,起到了位阻效应,从而降低了反应速度,延长凝胶时间,使涂层具有极好的流平性。两种不同比例的液态扩链剂对该涂料凝胶时间、拉伸强度、伸长率及硬度的影响见表3。

从表3看出,随着MBOEA扩链剂用量的增大,除了体系的凝胶时间大幅度延长、伸长率明显增大外,拉伸强度显著降低,同时硬度也降低,通过对该涂料综合性能的考虑,我们选用的两种液态胺扩链剂的质量分数分别为:DETDA(即Ethacure 100)为6.5%,MBOEA(即液态芳香二胺H-256)为14.5%。

表 3 两种不同比例的液态胺扩链剂对涂层性能的影响  
Table 3 Influence of varying ratio of liquid amine on coatings property

性能	w (DETDA) w (MBOEA)		
	9 12	6.5 14.5	4 17
凝胶时间 /s	10.5	20	25
拉伸强度 /MPa	25	20	16.5
断裂伸长率 /%	360	400	420
硬度 邵 D	58	55	40

### 3.2 功能性填料的选择

#### 云母玻璃鳞片

云母玻璃鳞片在涂层中可以形成许多小区域,使树脂的微裂纹、微气泡相互分离,这就大大减慢了介质的渗透速度,因此,云母玻璃鳞片的加入使涂料耐水蒸汽性及耐化学介质渗透能力明显提高。另外,云母玻璃鳞片的存在使涂层与底材界面的内应力明显减小,有助于抑制厚涂施工时及使用过程中涂层的龟裂、剥落现象。

#### 三聚磷酸二氢铝

常用的含铅、铬等重金属防锈颜料虽然具有优异的防腐性,但毒性较大,不符合环保要求,三聚磷酸二氢铝与传统的防腐蚀材料相比,无毒、防腐性能更好,这是因为铬酸盐对腐蚀离子( $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 等)的浸入比磷酸盐更敏感,三聚磷酸二氢铝中的 $\text{PO}_4^{3-}$ 具有很好的化学活性,能与铁离子进行络合,在阳极部位形成三聚磷酸铁钝化膜。

### 3.3 偶联剂的选择

云母玻璃鳞片具有耐光,耐热,耐水,耐酸碱性,它在涂层中以重迭方式平行于底材方向呈定向排列,可切断成膜物质通向腐蚀性环境的毛细孔,从而起到屏蔽作用。但云母玻璃鳞片与树脂的粘接能力较弱,腐蚀因子可能在鳞片和树脂的界面上渗透迁移,影响防腐效果,因此,采用钛酸酯偶联剂,在

树脂和鳞片之间形成化学键或氢键缔合,以增加附着力,达到屏蔽和抑制腐蚀离子的迁移。

### 3.4 施工工艺的影响

通过对聚脲喷涂弹性体技术的研究和应用,人们发现在拥有好的配方基础上,用好 SPUA 技术关键在于要解决好两个方面的问题,即基底接口的底材处理和喷涂机具操作工艺的掌握。如果钢板表面处理不干净、有潮气、粗糙度不够,或施工时温度、压力、流量控制不当,会大大影响材料性能的发挥,甚至可能使工程失败,造成无法挽回的损失。

## 4 结 语

聚脲弹性体防腐材料具有极优异的耐化学介质性、耐候性,国外在海上钢结构已广泛使用,而聚脲弹性体防腐材料在我国的应用很有限,因为它的主要原料需国外进口,造价比较高,我们面临的关键问题是如何解决原材料的本土化,只有这样,才能使这种高性能的防腐材料得到广泛的使用。

### 参考文献

- [1] 杨宇润,陈酒姜,王宝柱,等. 100%固含量喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术[J]. 聚氨酯工业,1998,13(4):7-11.
- [2] 杨宇润,王宝柱,黄微波. 100%固含量喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术及其在腐蚀与防护中的应用[C]. 江西九江,1998年全国水环境腐蚀与防护学术交流会论文集,1998.
- [3] 杨宇润,杨万泰. 聚氨酯高速反应喷涂技术[J]. 化工新型材料,1997,25(9):16-22.
- [4] 李绍雄,刘益军,编著. 聚氨酯树脂及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [5] 黄微波. 喷涂聚脲弹性体技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

收稿日期 2006-02-28(修改稿)

(上接第 43 页)

其调色精度与系统的精度有关,但一般经过一次校正,大都可做到其色差值  $E < 0.5\text{NBS}$ 。该法在国外已较为成熟,每套设备的售价在 20 万元左右,但在我国尚处于发展阶段,特别是在涂装施工中更不常见。

## 2 结 语

以上三种调色方法,无论使用哪一种,配色时都必须遵循同类别涂料相配的基本原则。由于颜色学是一极其复杂的学科,不但与化学组成有关,还与物理特性,如颗粒大小、形状、分子的取向等有关<sup>[3]</sup>,导致不同厂家,或同一厂家不同批号的同种颜料间都会存在色差。而这些因素最终又会使同一颜色的“母色”漆间,产生色差。因此虽然电脑调色或全自动电脑调色法比手工调色法准确度高,重现性好,对于同一批号的各

“母色”,使用电脑调色或全自动电脑调色法时,可一次性重复调出多个完全一致的“子色”。但是不同批号的各“母色”,不管使用哪一种调色方法,虽经多次调配,但也只能使颜色趋近,而不能得到完全一致的“子色”。因此涂装施工中涂料颜色调配,各“母色”准确与否,是影响调色准确性和重现性的关键。

### 参考文献

- [1] 刘俊哲. 实用涂料涂装手册[M]. 辽宁:辽宁科学技术出版社,1988:333-335.
- [2] 王树强. 涂料工艺增订本第三分册[M]. 北京:化学工业出版社,1996:597-599.
- [3] 王映冰. 汽车面漆中漆配漆的试制与探讨[J]. 上海涂料,2002,40(5):8-9.

收稿日期 2006-02-16(修改稿)