

高固体分生活饮用水防护涂料的制备

颜维虎, 张美明, 李清材, 谭海龙, 任江涛
(中昊北方涂料工业研究设计院有限公司, 兰州 730101)

摘要: 研制了一种高固体分生活饮用水防护涂料, 其具有优良的耐水、耐高低温、耐酸碱、耐磨等性能, 无异味、异色和异常。

关键词: 高固体分; 饮用水防护; 耐磨性; 卫生安全

中图分类号: TQ637 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2024)09-0006-03

Preparation of High Solid Life Drinking Water Protection Coatings

YAN Wei-hu, ZHANG Mei-ming, LI Qing-cai, TAN Hai-long, REN Jiang-tao

(North Paint & Coatings Industry Research and Design Institute Co., Ltd. of China Haohua, Lanzhou 730101, China)

Abstract: A high solid content of domestic and drinking water protective coating was developed. It has excellent water resistance, high and low temperature resistance, acid and alkali resistance, wear resistance and other properties, without odor, different color and abnormalities.

Key words: high solid; drinking water protection; wear resistance; health and safety

0 引言

高固体分生活饮用水防护涂料需要符合国家相关标准, 具有良好的耐腐蚀、耐磨损、耐酸碱、耐高温、耐低温、耐水等性能, 同时不含有毒有害物质, 对人体和环境无害。饮用水所用储罐常为碳钢、铝、钢筋混凝土构建而成, 储罐所处环境常常是潮湿、阴暗的, 这样的环境导致金属极易腐蚀^[1], 因此生活饮用水储罐需涂覆防护涂层, 以保护储水容器不受腐蚀, 保证使用年限的同时保持饮用水清洁。

当前市面上用于生活饮用水的防护涂料种类繁多, 具体分为溶剂型涂料、高固体分涂料、水性涂料及无溶剂涂料等, 不同种类的防腐涂料均有其优缺点。我国目前各类饮用水储罐依旧大多采用高 VOC 排放的溶剂型涂料, 在固化过程中挥发出来的有机溶剂会对环境、水质带来了一定程度的污染, 对人体健康产生危害, 不利于卫生安全^[2]。高固体分防护涂料成膜物质含

量高, 可挥发有机溶剂含量少, 固化成膜后慢性挥发性物质少, 低 VOC 排放, 且防腐性能表现优异, 无毒, 不污染水质, 能够保证饮用水储罐内的空气质量、防腐性及水质的卫生安全。

本试验研制了一种高固体分环保涂料, 其具有优良的耐水、耐高低温、耐酸碱、耐磨等性能, 无异味、异色和异常。

1 试验部分

1.1 主要仪器设备

高速分散仪 CFJ-0.75A, 上海天辰现代环境技术有限公司; 烘箱 DHG-9076A, 郑州万博仪器设备有限公司; 流挂仪 BGD-650, 比重杯 50 mL, 标格达精密仪器有限公司; 耐盐雾箱 YWX/F-120, 东莞市皓天试验设备有限公司; 便携式液压拉开法附着力测定仪 ZP-Vx, 石家庄卓普科技有限公司。

1.2 配方的确定及工艺

1.2.1 基本配方参数

根据确定的技术路线及各组分的理论用量, 经多次试验确定基本配方, 见表 1 所列。

1.2.2 制备过程及工艺

甲组分的制备: 按比例将已复配好的环氧树脂加

收稿日期: 2024-04-24

作者简介: 颜维虎(1995—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事丙烯酸面漆及改性环氧底漆的研发工作。E-mail: 504329366@qq.com。

入搅拌瓶中,缓慢开启搅拌,均匀加入聚酰胺蜡和膨润土,高速搅拌至完全溶解;加入复配溶剂、石油树脂及消泡剂,搅拌均匀;中低速搅拌下加入填料,搅拌至均匀;高速搅拌至涂料温度达 55~60 ℃活化,保温 10 min,出料备用。

表 1 高固体分生活饮用水防护涂料基本配方

组分	原料名称	规格	质量分数/%
甲组分	复配环氧树脂	自制	35.0
	膨润土	908	0.5
	聚酰胺蜡	PM8056	0.5
	石油树脂	PL1000S	1.5
	复配溶剂	自制	5.4
	填料	工业	56.4
	消泡剂	毕克	0.2
	偶联剂	卓荣化工	0.5
乙组分	复配腰果酚固化剂	浙江万盛	15.0

乙组分的制备:按比例将腰果酚改性醛胺固化剂、催干剂加入搅拌瓶中,搅拌至均匀,出料备用。

1.3 样板的制备

取甲、乙组分按 $m_{甲}:m_{乙}=7:1$,稀释剂以 $m_{二甲苯}:m_{丁醇}=8:2$,稀释剂加量为漆量的 0~10%,稀释至适宜喷涂黏度,本试验采用空气喷涂。

耐盐雾性、附着力(拉开法)性能测试采用 150 mm×70 mm×3.8 mm 标格达喷砂钢板,喷涂 2~4 道,干膜总厚度为(200±20) μm,养护 7 d;干燥时间、耐冲击性、弯曲性能测试采用 50 mm×120 mm×0.3 mm 马口铁板,干膜厚度为(23±3) μm,养护 7 d;卫生安全评价性能测试采用 100 mm×100 mm×5 mm 玻璃板,喷涂 2~4 道,干膜总厚度为(400±20) μm,养护 7 d。

1.4 性能测试

1.4.1 性能技术指标

所有检验按 GB/T 9278—2008《涂料试样状态调节和试验的温湿度》规定的条件进行,涂膜性能指标见表 2 所列。由表 2 可知,高固体分饮用水防护涂料涂膜具有较好的耐磨性,同时具备较好的附着力和耐水性,优异的耐化学介质性以及低污染化的结构完全可以满足重防腐和卫生安全要求,其较低的 VOC 特性可减少对环境的危害,起到了更优异的防护效果。

1.4.2 卫生安全检测

本试验依据 GB/T 5750—2001《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》附录 B 进行检测,对高固体分生活饮用水防护涂料样板进行浸泡检测(30 d),检测结果见表 3 所列。

表 2 高固体分生活饮用水防护涂料性能指标

检验项目	技术指标	方法及标准	
在容器中的状态	搅拌均匀后无硬块,呈均匀状态	目测	
不挥发物含量/%	88.5	GB/T 1725	
密度/(g·mL ⁻¹)	1.45	GB/T 6750	
涂膜外观	正常	GB/T 37356	
表干时间/h	2	GB/T 1728	
实干时间/h	24	GB/T 1728	
耐冲击性(正冲)/cm	50	GB/T 1732	
弯曲试验/mm	2	GB/T 6742	
附着力/MPa	10.6	GB/T 5210	
附着力/级	1	GB/T 9286	
耐盐雾性(1 000 h)	不起泡、不生锈、不开裂、不剥落	GB/T 1771	
VOC 含量/(g·L ⁻¹)	170	GB/T 34682	
耐水性(720 h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733	
耐化学介质(720 h)	5% H ₂ SO ₄ (常温)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274
	5% NaOH(常温)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274
	5% NaCl(常温)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274
耐磨性(CS17, 1 kg/1 000 r)/mg	120	GB/T 1768	

表 3 高固体分生活饮用水防护涂料样板进行浸泡检测结果

检测指标	浸泡前	浸泡第 30 d		卫生要求
		平行样 1	平行样 2	
色度(铂钴色度单位)	<5	<5	<5	增加量≤5
浑浊度(NTU)	0.02	0.02	0.03	增加量≤0.2
臭和味	无异臭	无异臭	无异臭	无异臭
肉眼可见物	无	无	无	无
pH	8.15	8.17	8.16	改变量≤0.5
溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	187	194	191	增加量≤10
耗氧量/(mg·L ⁻¹)	0.43	0.73	0.73	增加量≤1
砷/(mg·L ⁻¹)	<0.000 4	<0.000 4	<0.000 4	增加量≤0.005
镉/(mg·L ⁻¹)	<0.000 5	<0.000 5	<0.000 5	增加量≤0.000 5
六价铬/(mg·L ⁻¹)	<0.004	<0.004	<0.004	增加量≤0.005
铝/(mg·L ⁻¹)	<0.008	<0.008	<0.008	增加量≤0.02
铅/(mg·L ⁻¹)	<0.001	<0.001	<0.001	增加量≤0.001
汞/(mg·L ⁻¹)	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2	增加量≤0.000 2
三氯甲烷/(mg·L ⁻¹)	0.002 8	0.005 6	0.006 2	增加量≤0.006
挥发酚类/(mg·L ⁻¹)	<0.002	<0.002	<0.002	增加量≤0.002
四氯化碳/(mg·L ⁻¹)	0.000 11	0.000 18	0.000 19	增加量≤0.000 2
苯乙烯/(mg·L ⁻¹)	<0.000 65	<0.000 65	<0.000 65	增加量≤0.002
环氧氯丙烷/(mg·L ⁻¹)	<0.001	<0.001	<0.001	增加量≤0.002
甲醛/(mg·L ⁻¹)	<0.05	<0.05	<0.05	增加量≤0.05

由表 3 结果可知,高固体分生活饮用水防护涂料完全符合 GB/T 5750—2001 所规定的卫生要求。

2 结果与讨论

2.1 树脂的选择与复配

双酚 A 型环氧树脂在重防腐领域应用极为广泛,由于其结构特性,双酚 A 骨架提供了优异的强韧性和耐热性,亚甲基链使其具备了良好的柔韧性,醚键赋予其良好的耐化学品性能,分子结构中的羟基和醚键使其对底材有较好的浸润性和粘接力,具有优异的物理化学性能^[3]。

本试验采用环氧 E-51 与环氧 E-20 以一定比例混合,添加适当的活性稀释剂及催干剂复配而成。环氧树脂的环氧值高,树脂交联固化程度高,涂膜固化后的强度也大,但伴随而来的问题是脆性的升高;环氧树脂的环氧值低,其交联密度小,涂膜具有较好的柔韧性,但涂膜强度和性能较差^[4];通过高环氧值树脂与低环氧值树脂拼用,不仅可以得到更好的涂膜性能,也可以规避单一树脂所带来的性能缺陷。高环氧值环氧 E-51 树脂黏度低,机械强度高,抗剥性好抗化学品性优异。低环氧值环氧 E-20 树脂分子链较长,可改善涂膜的机械性能,使涂膜柔韧性增加。树脂复配过程中添加一定比例的活性稀释剂,使得复配树脂黏度减小的同时所配制涂料有较高的固含量,且不影响环氧树脂的综合性能,且活性稀释剂的加入对底材的浸润性变好,改善体系的工艺性;催干剂的加入使得树脂成膜过程中有较好的干性,加速涂膜干燥,在低温下涂膜依旧有良好的干燥固化表现。

石油树脂是新一代的环保型环氧改性材料,本体是多种小分子团混合而来,其黏度低,能够较好地改善环氧树脂体系的性能,在体系中加入石油树脂能够有效降低涂料黏度,提高涂膜流平性的同时增加其韧性、光泽度等。

2.2 固化剂的选择

固化剂的选择及用量对环氧体系涂膜性能有直接的影响,选用不同固化剂时应考虑不同固化温度,湿度情况的活化时间,固化程度,防腐效果及施工便捷性。本试验选取了无苯甲醇腰果酚改性醛胺为固化剂。腰果酚改性醛胺固化剂通过腰果酚多元醇与聚酰胺进行酯化反应得到,间位带有不饱和双键的碳长链,这样的结构赋予其同时具有刚性和柔性,改性后的氨基可与环氧基反应,使得涂膜固化^[5]。无苯甲醇腰果酚改性醛胺固化剂在常温和低温环境下都具有快速固化和较长的适用期,固化后涂膜硬度高,有良好的耐化学品性和耐水性,适用于混凝土或金属内壁,突出的防腐性能,在潮湿表面同样具有良好的附着力,且不产生

副产物,无毒性,无溶剂,黏度低,适用于高固体分环氧涂料,且该固化剂有较宽泛的混合比,与环氧树脂相容性好,适用于高固体分生活饮用水防护涂料。

2.3 颜填料的选择

颜填料的选择应该达到无毒,不会污染水质,为涂膜提供良好的附着力,使涂膜强度增加,并赋予涂膜良好的封闭性、耐酸碱腐蚀性和防锈防水性,同时颜填料的加入能有效提高涂膜固含,有降低成本的作用^[6]。

硅微粉粒径小、分散性好、硬度高且吸油量低,具有较好的补强、增稠、防黏及耐磨性,且硅微粉有较好的阻隔作用,能够很好地防止水及其他腐蚀性物质对涂膜的渗透,在使用优质硅微粉的前提下,水及其他腐蚀性物质对涂膜的渗透时间是一般情况下的 3 倍。同时硅微粉白度高,能代替其他颜填料使用,降低成本的同时不影响涂膜性能。

沉淀硫酸钡是一种惰性填料,性质稳定,耐候性好,难溶于水、化学溶剂、酸和碱,对人体无毒害作用,沉淀硫酸钡的引入能增加涂膜的耐磨性、耐化学品腐蚀性、耐化学品及硬度。

绢云母粉的加入有效改善了涂膜的物理机械性能,耐磨性、硬度都有明显增加,同时绢云母也有优异的抗阻隔能力,减少水及其他腐蚀性物质对涂膜的渗透。

金红石钛白粉是一种无机颜料,具有优异的白度及遮盖力,并且其活性表面还可以和大分子链相结合,形成交联结构,增加强度,减少涂料固化时体积的收缩,改善附着力等。

2.4 助剂的选择

消泡剂是一种表面活性剂,用于消除涂料在制备过程中机械搅拌所形成的气泡,本试验选用 BYK-066N 为消泡剂,其主要成分为破泡聚硅氧烷,是高效的消泡助剂。在涂料制备过程中,高速搅拌加入,保证在高剪切力下分散均匀,其用量为 0.2%~0.3%。

流变助剂的主要作用是调节涂料在不同剪切力下的黏度,保证贮存稳定性,有效防止沉降,改善涂刷性,在施工过程中获得良好的流挂性。本试验选用 908 膨润土和聚酰胺蜡作为流变助剂。908 膨润土易分散且悬浮性好,膨润土的加入使涂料不易分层、沉淀,从而改善涂料悬浮液的稳定性,达到防沉降效果,其加量为 0.3%~0.5%。聚酰胺蜡是具有完全活性的流变助剂,其颗粒细微,经过高剪切力使体系温度升高,有机蜡颗粒受热软化膨胀,活化过程中蜡纤维通过氢键形成立体网状结构,从而赋予涂料触变性,不同蜡粉活化温度不同,本试验选取 PM8056 聚酰胺蜡粉,其活化温度为 55~60 ℃,活化 10 min 左右,加量为(下转第 30 页)