

# 一种铁路客运专线用防水涂料的研制

段艳琴<sup>1,2</sup>, 王 进<sup>2</sup>, 陈立斌<sup>2</sup>

(1. 湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 介绍了铁路客运专线桥梁用防水涂料的研制意义, 用正交试验确定了该种新型涂料所用到的重要原料的种类及用量, 研究了树脂与引发剂对固化速度的影响, 树脂与单体的添加质量对涂膜断裂伸长率及位伸强度的影响, 以及颜填料添加质量对涂膜性能的影响, 并从施工的角度考察了温湿度对涂膜干燥性的影响。

**关键词:** 防水涂料; 甲基丙烯酸甲酯; 丙烯酸酯预聚物; 干燥性

**中图分类号:** TQ630.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2010)04-0065-04

## The Research of a New Waterproof Paint Used on the Line for Passenger Transportation

Duan Yanqin<sup>1</sup>, Wang Jin<sup>2</sup>, Chen Libin<sup>2</sup>

(1. College of Packaging and Material Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Zhuzhou Times New Materials Technology CO.,LTD, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Introduces the significance of developing waterproof paint used for road bridge of passenger transport. Determines the important raw materials and the dosage of the paint by orthogonal test. Studies the effect of resin and initiator on curing speed, the additive qualities of resin and monomen on the breaking elongation rate and tensile strength, as well as the impact of color fillings dosage on main physical properties of the paint. And investigates the humiture influence on the aridity of the paint from the aspect of construction.

**Keywords:** waterproof paint; methyl mathacrylate(MMA); acrylic ester prepolymer; drying property

## 0 引言

对客运专线的桥梁、路基进行防水处理是阻止侵蚀性介质进入混凝土、延长桥梁使用寿命的有效方法之一。目前, 应用在客运专线上的防水材料主要有两大类, 防水卷材和防水涂料。与防水卷材相比, 防水涂料具有施工简单、方便的特点, 适合使用在不平整、不规则的桥面, 广泛应用于客运专线上。防水涂料主要有: 聚氨酯、纯聚脲、半聚脲和 MMA 防水涂料<sup>[1-5]</sup>。

聚脲、MMA 防水涂料由于具备优异的耐老化性能, 可直接裸露在大气中, 防水层表面不需要作保护

层, 可有效减轻桥梁恒载, 因而在国内客运专线上被广泛使用。与聚脲型相比, MMA 防水涂料具有以下优点: 1) 表干时间适中, 约 0.5 h 能达到步行强度, 适当延长了涂层对基材的润湿时间, 增强了防水层对混凝土的附着力; 2) 涂料在施工后无起泡、脱落现象; 3) 施工简单方便, 施工过程无需加热, 防水层大于 1.5 mm 时可分 2 层施工, 可测湿膜厚度, 有效控制防水层与基材的附着力; 4) 防水涂料涂层之间的附着力强, 层间附着力大于防水层与基材的附着力; 5) 产品成本较低, 适合大面积推广使用, 具有良好的市场竞争力。

收稿日期: 2010-01-28

通信作者: 段艳琴(1984-), 女, 湖南株洲人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为防水涂料性能研究,

E-mail: dyq0733@163.com

## 1 主要实验原料与反应原理

### 1.1 主要实验原料

丙烯酸酯预聚物, 南通美德树脂有限公司生产;

MMA, 化学纯, 上海五联化工厂生产;

甲基丙烯酸丁酯 (BMA), 化学纯, 淄博澳纳斯化工有限公司生产;

丙烯酸丁酯 (BA), 化学纯, 上海高桥石化生产;

过氧化二苯甲酰 (BPO), 工业级, 广州市申日化工有限公司生产;

N, N 二甲基苯胺 (DMA), 工业级, 株洲金河化工有限公司生产;

颜填料, 广州市锦旺化工有限公司生产。

### 1.2 实验反应原理

本实验属丙烯酸酯预聚物与 MMA, BMA, BA 或 EHA 单体进行的自由基聚合固化反应, 主要反应过程包括链引发、链增长、链终止、链转移, 反应中采用 BPO 和 DMA 分别做引发剂及促进剂, 并通过调节二者的用量来控制反应速度。

## 2 实验过程与结果分析

### 2.1 树脂/MMA 对固化速度的影响

确定配方中其它成分的用量, 在树脂和 MMA 的总量 (49 g) 保持不变, 保持实验环境为: 温度 ( $23 \pm 2$ ) °C, 湿度 ( $50 \pm 5$ ) %RH 的情况下, 考察树脂的添加质量对固化速度的影响。树脂添加质量与固化时间的关系如图 1 所示。

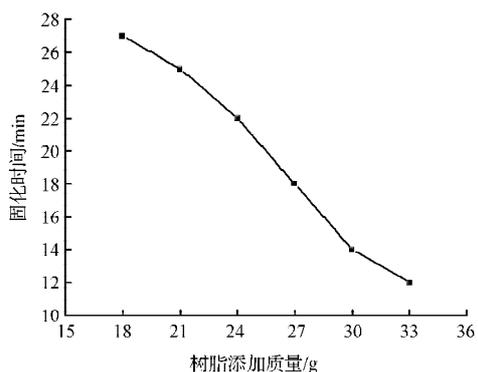


图 1 树脂添加质量对固化时间的影响

Fig. 1 Effect of resin dosage curing time

由图 1 可知随着树脂添加质量的增加, 固化时间逐渐减少。这是因为树脂中含有不饱和双键, 所以树脂添加质量越多, 参与固化反应的不饱和双键就越多, 树脂的反应活性就越高, 达到完全固化的时间就越短。但是, 并不是树脂添加质量越多涂膜的性能就越好, 树脂添加质量过多会使固化速度太快而影响施工, 并且涂膜的物理力学性能也会降低, 所以树脂添加质量

应该适当。根据施工要求, 固化时间保持在 20 min 左右为宜, 所以由图 1 可知树脂添加质量在 24~27 g 为宜, 也就是说树脂 : MMA  $\approx$  1:1 时, 固化时间较适宜。

### 2.2 引发剂对涂膜固化速度的影响

本实验采用防水涂料常用的由引发剂 BPO 和促进剂 DMA 组成的引发体系。

确定树脂/单体比值、颜填料用量以及 DMA 用量, 保持实验环境为: 温度 ( $23 \pm 2$ ) °C, 湿度 ( $50 \pm 5$ ) %RH, 改变 BPO 添加质量分数以考察其对固化速度的影响, 如图 2 所示。

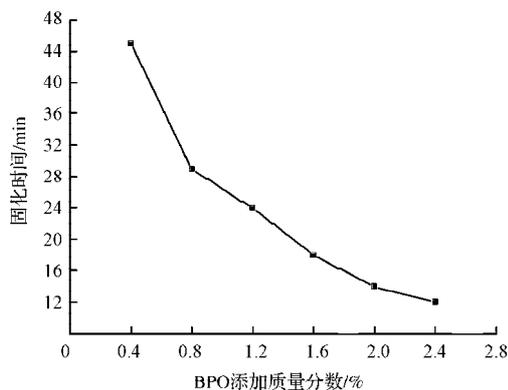


图 2 BPO 添加质量分数对固化时间的影响

Fig. 2 Effect of BPO dosage curing time

由图 2 可知, 随着 BPO 添加质量分数的增加, 体系固化时间缩短, 固化速度加快。BPO 在受热 (或添加低温促进剂) 时可析出  $\text{CO}_2$ , 并生成苯基自由基, 自由基的数量越多体系固化越快。所以当 BPO 添加质量分数增大时, 能够产生更多的自由基, 促使体系固化时间缩短, 固化速度加快。而当 BPO 添加质量分数较少, 如只有 0.4% 时, 实验表现为不能完全固化, BPO 添加质量分数太少, 产生的自由基也少, 引发速率很低, 造成整个自由基聚合速率也低, 再加上链终止和阻聚情况的影响, 使得体系不能完全固化。

### 2.3 树脂与单体的添加质量对涂膜断裂伸长率及拉伸强度的影响

确定配方中其它成分的用量, 改变树脂、MMA、BMA 及 BA 的用量, 进行正交试验, 正交试验设计、结果及数据分析如表 1~3 所示:

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factor levels of orthogonal experiment

水平	试验因素添加质量/g			
	树脂	MMA	BMA	BA
1	22	18	5	1
2	27	22	8	3
3	32	26	11	5

表2 正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal experiment

实验号	试验因素水平				断裂伸长率/%	拉伸强度/MPa
	树脂	MMA	BMA	BA		
1	1	1	1	1	134	11.0
2	1	2	2	2	135	11.0
3	1	3	3	3	123	10.6
4	2	1	2	3	134	6.8
5	2	2	3	1	128	10.8
6	2	3	1	2	151	13.9
7	3	1	3	2	152	8.3
8	3	2	1	3	154	9.4
9	3	3	2	1	151	12.2

基本计算公式:  $K_i = y_{i1} + y_{i2} + y_{i3}$ ,  $k_i = K_i / 3$ , 极差  $R = \max(k_i) - \min(k_i)$  ( $i=1, 2, 3$  代表水平,  $y_i$  表示实验结果)。

表3 正交试验数据分析

Table 3 Elongation in orthogonal experiment

实验因素	断裂伸长率			极差 R	主次顺序	优组合	拉伸强度			极差 R	主次顺序	优组合
	$k_1$	$k_2$	$k_3$				$k_1$	$k_2$	$k_3$			
树脂	130.7	137.7	152.3	21.6		32	10.9	10.5	10.0	0.9		22
MMA	140.0	139.0	141.7	2.7	树脂 > BMA > BA > MMA	26	8.7	10.4	12.2	3.5	MMA > BA > BMA > 树脂	26
BMA	146.3	140.0	134.3	12.0		5	11.4	10.0	9.9	1.5		5
BA	137.7	146.0	137.0	9.0		3	11.3	11.1	8.9	2.4		1

2.4 颜填料添加质量分数对涂膜性能的影响

确定树脂、单体及引发体系的用量, 改变颜填料的添加质量分数, 涂膜性能测试结果如表4所示。

表4 颜填料添加质量分数对涂膜性能的影响

Table 4 Effect of color fillings dosage on coating property

实验号	颜填料添加质量分数/%	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	硬度/邵D	撕裂强度/(N·mm <sup>-1</sup> )
1	10	4.7	298	21	30
2	15	6.7	240	32	40
3	20	8.9	188	41	52
4	25	11.2	146	50	66
5	30	13.3	110	68	78
6	35	15.2	82	83	89
7	40	16.9	69	95	98

由表4可知, 随着颜填料添加质量分数的增加, 涂膜硬度、拉伸强度、撕裂强度变大, 断裂伸长率变小。根据涂膜的相应指标, 当拉伸强度达到11 MPa, 断裂伸长率达到135%, 即可达到较好的物理力学性能, 所以由表4可知配方4也就是颜填料添加质量分数为25%左右时涂膜性能最佳。

2.5 温湿度对涂膜干燥性的影响

在设定好温度和湿度的恒温恒湿箱里放上表面光滑的铁片, 几分钟之后把配备好的涂料涂覆在铁片表

由表3可以看出, 4个主要实验因素对断裂伸长率与拉伸强度的影响是相反的, 也就是说在提高其中一个性能的同时另一个性能却降低了。所以结合防水涂料应用的要求, 结合表3中断裂伸长率和拉伸强度2个优组合可以得出1个最佳的配方组合, 即树脂: 27 g, MMA: 26 g, BMA: 5 g, BA: 2 g。也就是说MMA和BMA对断裂伸长率和拉伸强度这2个物理性能的影响是处于中间地位的, 所以采用2个优组合中的共同值, 而树脂和BA分别对其中一个性能影响最大, 根据正交实验的处理方法采用折中方式选用一个中间数值。对以上最佳组合进行实验验证, 测得其结果为: 断裂伸长率为154%, 拉伸强度为13.2 MPa, 而对应的产品性能要求是135%和11.0 MPa, 所以其性能完全能够满足施工要求。

面, 膜厚2 mm, 隔一段时间观察干燥程度。用手指轻触涂膜表面如感到有些发粘但无涂料粘在手指上, 此时即为干燥时间。温湿度对干燥时间的影响见图3。

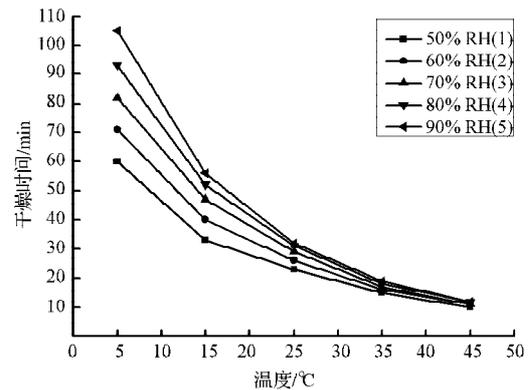


图3 温湿度对干燥时间的影响

Fig. 3 Effect of temperature and humidity on dry time

如图3所示, 随着温度升高, 干燥时间减少; 随着湿度增加, 干燥时间增多, 总体上受温度的影响较大, 而受湿度的影响较小。在低温下, 湿度对干燥时间的影响较显著, 随着温度上升, 湿度对干燥时间的影响却在减小, 当温度达到45℃时5条曲线几乎重叠, 说明在这个温度下湿度对干燥时间的影响几乎可以忽略。由于防水涂料施工对干燥时间要求较高, 既不能

太慢而影响施工进度,也不能太快而影响施工质量,施工时间要求在15~25 min。由图3可知温度为25~35℃对施工最有利,温度较高时湿度几乎可以不考虑,而当温度较低,特别是小于30℃时则要求湿度尽量要低一些,在50%~70%RH较好。

### 3 结论

1) 通过一系列的实验考查了影响涂膜主要性能的各个因素以及主要成份的加入量。随着树脂添加质量的增加,固化速度增快,固化时间缩短,当树脂/MMA的配比大约为1:1时,防水涂料的固化速度适中,产品性能满足施工要求;

2) 引发剂添加质量分数越多,固化反应越快,固化时间越短,为满足施工需要,引发剂添加质量分数为1.6%较好;

3) 通过正交试验确定各试验因素的质量之比为树脂:MMA:BMA:BA=27:26:5:2时,涂膜能达到较好的力学性能;

4) 通过实验得出颜填料添加质量分数为25%左右时能得到较好的涂膜性能;

5) 利用恒温恒湿箱全面考察了温湿度对涂膜干燥性的影响,得出利于施工的温湿度范围:温度为25~35℃,湿度为50%~70%RH。

#### 参考文献:

- [1] 孙敬轩. 防水性涂料的现状和发展趋势[J]. 化学与黏合, 2007, 29(6): 3-4.
- [2] 陈立军, 陈焕钦. 防水涂料的研究现状和发展趋势[J]. 涂料工业, 2004, 34(10): 1-2.
- [3] 徐峰, 张玉林. 聚合物防水涂料的技术原理及其应用[J]. 防水材料施工, 2005(2): 45-46.
- [4] 施永健. 丙烯酸改性水性聚氨酯的制备及其应用[D]. 南京: 南京工业大学, 2005.
- [5] 杨燕. 建筑防水涂料发展现状与建议[J]. 涂料涂装与电镀, 2004, 2(3): 16-20.
- [6] 孙世东, 李化, 张继德. 自交联含氟丙烯酸酯共聚物的乳液合成与表征[J]. 包装学报, 2010, 2(1): 33-37.
- Sun Jingxuan. Study on the Present Situation and Development Trend of the Waterproof Coating[J]. Chemistry and Adhesion, 2007, 29(6): 3-4.
- Chen Lijun, Chen Huanqin. Present Status and Development Trend of Waterproof Coatings[J]. Paint & Coatings Industry, 2004, 34(10): 1-2.
- Xu Feng, Zhang Yulin. Technological Theory and Application for Polymer Waterproof Painting[J]. Waterproof Material and Construction, 2005(2): 45-46.
- Shi Yongjian. Preparation and Application for Modified Water Polyurethane of Acrylic Acid[D]. Nanjing: Nanjing University of Technology, 2005.
- Yang Yan. Development Status and Suggestion for Building Waterproof Coating[J]. Coating Application and Electroplate, 2004, 2(3): 16-20.
- Sun Shidong, Li Hua, Zhang Jide. Synthesis and Characterization of Self-Crosslinkable Fluorinated Acrylate Copolymer [J]. Packaging Journal, 2010, 2(1): 33-37.

(责任编辑: 徐海燕)