

固化剂对双组分涂料性能的影响研究

袁明园¹, 季敏², 周启伟¹

(1. 招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆市 400067; 2. 广西桂兴高速公路投资建设有限公司, 广西 桂林 541202)

摘要: 为改善和提升双组分标线涂料的性能, 研究在不同固化剂掺量下涂料的耐磨性、黏结性、附着性等性能的变化情况, 确定固化剂用量对涂料性能的影响。结果表明, 双组份标线涂料的不粘胎时间随固化剂用量的增加而减少; 涂料的抗磨损性能随固化剂用量的增加先提升后减小, 固化剂掺量为2.0%时磨损损失最小; 涂料的黏结性能随着固化剂用量的增加先增加后减小, 固化剂掺量为2%时黏结性能最好; 涂料的附着性和柔韧性随固化剂用量的增加先增加后减小, 综合考虑耐磨性、黏结性、经济性等, 建议合理的固化剂掺量为2%~2.5%。

关键词: 双组分标线; 固化剂; 耐磨性能; 附着性能; 柔韧性能

中图分类号: U491.5*23

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)06-0325-03

Study on Influence of Curing Agent on Performance of Two-component Coatings

YUAN Mingyuan¹, JI Min², ZHOU Qiwei¹

(1. China Merchants Chongqing Communications Technology Research and Design Institute Co., Ltd., Chongqing 400067, China;

2. Guangxi Guixing Expressway Investment and Construction Co., Ltd., Guilin 541202, China)

Abstract: In order to improve and enhance the performance of two-component marking coatings, the changes in wear resistance, adhesion, bonding and other properties of coatings under different curing agent dosages are studied to clarify the effect of curing agent dosage on the coating performance. The results indicate that the non stick time of two-component marking coatings decreases with the increase of curing agent dosage. The wear resistance of the coating first increases and then decreases with the increase of curing agent dosage, and the wear loss is minimized when the curing agent dosage is 2.0%. The bonding performance of coatings increases first and then decreases with the increase of curing agent dosage, and the best bonding performance is achieved when the curing agent dosage is 2.5%. The adhesion and flexibility of coatings increase first and then decrease with the increase of curing agent dosage. By comprehensively considering the wear resistance, adhesion, economy, etc., it is recommended that the reasonable curing agent dosage is 2%~2.5%.

Keywords: two-component marking; curing agent; wear resistance; adhesion; flexibility

0 引言

随着我国公路交通事业的快速发展, 对交通标线的使用性能要求也随之增加^[1]。双组分标线涂料因独特的化学交联特性, 有着良好的耐磨性、耐化学腐蚀性和附着性, 近年来市场占有率逐渐增加^[2-4]。固化剂是双组份标线涂料的核心原材之一, 它能与树脂中的活性基团发生化学反应形成三维网状结构, 使涂料固化^[5-6]。固化剂用量和交联反应程度密切相关。当固化剂用量不足时, 涂料中的活性基团无法充分反应, 交联密度低, 涂膜存在硬度不足、耐

磨性差、黏结强度弱等缺陷, 实际应用中极易受损^[7-8]; 若固化剂过量, 增加经济成本的同时过量的固化剂可引发副作用, 使涂膜柔韧性急剧下降, 变得脆硬易裂, 影响耐久性。此外, 固化剂用量直接影响涂料的固化时间, 从而对施工操作时间、玻璃珠沉降和开放交通时间等产生影响。为提升双组分标线涂料的性能, 本文研究在不同固化剂掺量情况下涂料的耐磨性、黏结力、附着力和柔韧性等的变化情况, 以确定固化剂的合理用量范围。

1 固化剂选择

1.1 固化剂种类

双组分涂料常用的固化剂有以下几种^[9-10]: (1) 异氰酸酯类固化剂: 分子结构中富含高活性的异氰

收稿日期: 2025-01-13

作者简介: 袁明园(1986—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事绿色道路养护新材料、新工艺研究工作。

酸酯基团,具有很强的反应活性,可与含有活泼氢的化合物发生反应,适用于聚氨酯树脂固化。(2)胺类固化剂:通过与树脂中的活性基团发生化学反应使树脂固化。适用于聚氨酯、环氧树脂等固化。(3)过氧化物类固化剂:适用于各种自由基聚合反应,如乙烯基树脂、甲基丙烯酸甲酯树脂的固化。(4)酸酐类固化剂:适用于酚醛树脂、环氧树脂等固化。

1.2 固化剂选择

本研究所用树脂为甲基丙烯酸甲酯(MMA树脂),颜料采用钛白粉,填料采用重质碳酸钙,助剂包括防沉剂和分散剂,均为进口。根据树脂种类选择过氧化苯甲酰(BPO)固化剂。在其他材料用量相同的情况下,选择不同掺量固化剂配制涂料进行试验,研究固化剂掺量对涂料性能的影响。

2 分析与表征

2.1 不粘胎时间

涂料不粘胎时间按照《路面标线涂料》(JT/T 280—2022)^[11]进行测定。将涂料均匀涂抹于水泥石棉板上,涂布好后按表开始计时,用不粘胎时间测定仪由试板短边一端中心处向另一端轻轻滚动1 s,直到不粘轮时按下秒表,此时间即为不粘胎时间。

2.2 耐磨耗性能

涂料耐磨性用磨耗损失表征,按照《色漆和清漆耐磨性的测定旋转橡胶砂轮法》(GB/T 1786—2006)^[12]进行测定。选择JM-V漆膜磨耗仪和JM-100橡胶砂轮,每个试件磨耗200次,计算磨耗前后涂料的质量损失。

2.3 黏结性能

涂料的黏结力按照《色漆和清漆:拉开法附着力试验》(GB/T 5210—2006)^[13]进行测试。试样时将涂料均匀涂抹于标准水泥砂浆块上,然后将拉拔头黏结于涂料和水泥砂浆块上进行养生,完全固化后进行拉拔试验。

2.4 附着性(划圈法)和柔韧性

涂料附着性按照《漆膜划圈试验》(GB/T 1720—2020)^[14]进行测试。采用电动漆膜划圈试验仪,根据圆滚线划痕判断漆膜各部位的完整程度。柔韧性按照《漆膜、腻子膜柔韧性测定法》(GB/T 1731—2020)^[15]进行测试,根据试件完好程度判断柔韧性等级,7级最差,1级最好。

3 固化剂掺量对涂料性能的影响

3.1 对不粘胎时间的影响

各种涂料的不粘胎时间试验结果见图1。

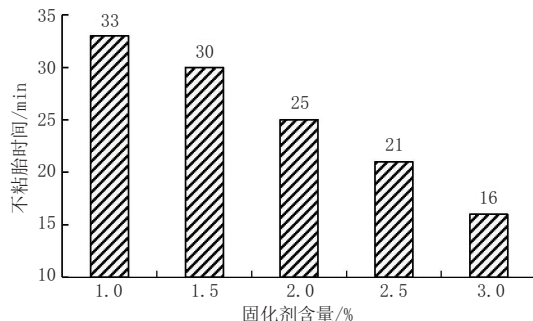


图1 不同固化剂掺量涂料的不粘胎时间

从图1可以看出:随BPO加入量的增加不粘胎时间逐渐减少。分析原因可能为:(1)固化剂用量增加时,体系中活性基团的数量增多,增加了MMA树脂分子之间交联反应位点,加快反应速度,从而缩短固化时间;(2)MMA树脂的固化是分子间交联反应引起的,固化剂作为交联反应的促进剂,其用量的增加有助于更快地形成交联网络。固化剂的掺量在涂料配制时会影响反应速度和成型可操作时间,在施工时会影响涂料喷涂的均匀性、玻璃珠的沉降速度、是否会堵管等,因此在确定固化剂用量时,要结合室内试验、施工现场要求、环境温度和涂料性能等综合确定。

3.2 对涂层耐磨耗性能的影响

各种涂料的耐磨耗试验结果见图2。

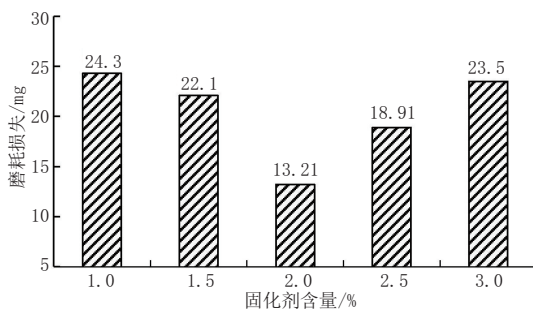


图2 不同固化剂掺量涂料的磨耗损失

从图2可以看出:随BPO加入量的增加磨耗损失先减少后增加,固化剂用量2%时磨耗损失最低。分析原因可能为:(1)固化剂用量增加可以加强与MMA树脂的反应,增加分子间的内聚力,涂层的硬度和强度提高,从而耐磨耗性能增强;(2)固化剂增加有利于提高涂层的表面光滑度和硬度。光滑的表面和较高的硬度可降低磨耗损失;(3)固化剂用量过量后,MMA树脂过度交联增加涂层的硬度和脆性。

磨耗时,脆性的涂层更容易出现剥落,从而降低耐磨耗性能;(4)固化剂过量时不易在树脂中分散均匀,导致局部反应过度,形成不均匀的交联结构。在磨耗过程中,不均匀的部位容易成为薄弱点,优先发生磨损,从而降低整个涂层的耐磨耗性能。所有固化剂掺量,涂料的磨耗损失均满足规范 $\leq 40\text{ mg}$ 的要求,固化剂用量为2%耐磨耗性能最优,建议结合其他性能综合确定掺量范围。

3.3 对涂层拉拔强度的影响

不同固化剂含量涂料的拉拔强度试验结果见图3。

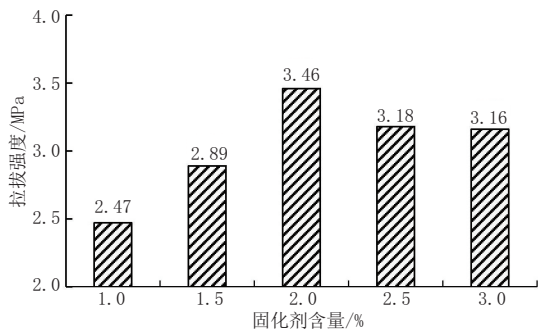


图3 不同固化剂掺量涂料的拉拔强度

从图3可以看出:随BPO加入量的增加拉拔强度先增加后减少,固化剂用量过低或过高对黏结力均有不利影响。分析原因可能为:(1)固化剂用量增加可以增强MMA树脂的交联程度,提高树脂的内聚力和整体强度,在拉拔过程中能够更好地抵抗外力,提升拉拔性能;(2)固化剂增加可以提高界面结合力。适量的固化剂可以使树脂更好地润湿基材表面,提高两者之间的附着力,使得在拉拔试验中,涂层与基材之间的结合处更难被破坏,进而提升拉拔性能;(3)固化剂用量过量后,MMA树脂过度交联增加涂层的脆性,导致拉拔性能下降。同时涂层内应力增加,在拉拔过程中会与外力叠加,使得涂层在较低的拉拔力作用下出现破坏,降低涂层实际承受拉拔力。涂料拉拔强度不应小于2.5 MPa,因此建议固化剂用量不低于1.5%。

3.4 对涂层附着力和柔韧性的影响

通过试验判断涂料在不同固化剂掺量下的附着力和柔韧性等级,结果见表1。

表1 不同固化剂掺量涂料的附着力和柔韧性

性能	固化剂掺量				
	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
附着力/级	5	4	3	3	6
柔韧性/mm	3	2	2	3	4

从表1可以看出,固化剂掺量为1%和3%时,涂料附着力不满足规范不大于4级的要求。固化剂含量从1.0%增加到1.5%后,涂料的附着力和柔韧性均有所提高,固化剂含量3%时附着力和柔韧性均下降。分析原因可能为:固化剂掺量开始增加时,和树脂发交联反应程度增加,附着性和柔韧性增加。固化剂过量时,交联过度涂层脆性增加,导致附着力和柔韧性下降。综合附着力和柔韧性,建议固化剂用量范围1.5%~2.5%。

4 结 语

本文研究了固化剂掺量对双组分标线涂料性能的影响,得出如下结论。

(1)固化剂掺量增加,涂料的不粘胎时间逐渐减少。其掺量会影响反应速度、涂料喷涂的均匀性和玻璃珠的沉降速度等,在确定固化剂用量时,需结合施工现场要求、环境温度和涂料性能等综合确定。

(2)涂料的磨耗损失随固化剂掺量的增加先减少后增加,掺量为2.0%时磨耗损失达到最小此后磨耗增加。

(3)固化剂掺量增加,涂料的拉拔强度先增加后减少,当掺量为2.0%时拉拔强度达到最大此后强度降低,从拉拔强度来看固化剂的用量不应低于1.5%。

(4)涂料的附着性和柔韧性随固化剂掺量的增加先增加后减少,综合考虑附着性和柔韧性,固化剂的建议用量为1.5%~2.5%。

(5)固化剂掺量对标线涂层性能的影响是综合的,掺量过低固化反应不完全,掺量过高涂料变硬变脆,过高或过低对耐磨性、黏结性等均有不利影响,综合考虑涂料各项性能,建议固化剂掺量范围为2%~2.5%。

参考文献:

[1] 钱华信,梁映平,吴晓明,等.双组分道路交通标线研究进展[J].科学技术与工程,2021(21):14892-14900.

[2] 郑宝庆.道路交通标线涂料的应用研究进展[J].涂料工业,2023(6):83-88.

[3] 魏勇.环保耐久型道路标线涂料的配方设计及性能研究[D].西安:长安大学,2023.

[4] 郑宝庆.道路交通标线涂料的应用研究进展[J].涂料工业,2023(6):83-88.

[5] 徐勤力,徐昊,饶兴兴.固化剂对双组分丙烯酸聚氨酯涂料性能影响的研究[J].涂层与防护,2021(9):48-55.

[6] 梁映平.高亮耐久型双组分交通标线涂料组成设计及耐久性评价[D].西安:长安大学,2022.

[7] HADIZADEH E, PAZOKIFARD S, MIRABEDINI S M, et al.

(下转第335页)