

水性环氧树脂改性乳化沥青的研究及应用

陈峰阳 张海舰 张井亮 杨子俊 高俊亮 姚 亮 李万捷*

(太原市路邦科技有限公司,太原 030000)

摘 要 以水性环氧树脂为改性剂,对乳化沥青进行改性,考查了不同水性环氧树脂添加量下改性乳化沥青的物理性能,并结合抗滑复合封层材料的实际性能要求,确定了最佳添加量。同时,采用红外光谱法、差示扫描热量法、热重分析法对水性环氧树脂改性乳化沥青的结构和性能进行了表征。结果表明,当水性环氧树脂的添加量为 30% 时,改性后乳化沥青的硬度、附着力、剥离强度、拉拔强度和低温柔韧性都得到了大幅提高,耐热性和抗冻性也有明显的改善;红外光谱显示,水性环氧树脂和乳化沥青进行了理想的复合杂化。以该水性环氧树脂改性乳化沥青为胶粘料完成的抗滑复合封层施工,经检测,路面的抗滑性能和防水性能都明显提高。

关键词 水性环氧树脂,改性乳化沥青,抗滑复合封层

中图分类号 TU535

文献标识码 A

文章编号:1006-3536(2021)05-0249-03

DOI:10.19817/j.cnki.issn 1006-3536.2021.05.056

Waterborne epoxy resin modified emulsified asphalt and its application

Chen Fengyang Zhang Haijian Zhang Jingliang Yang Zijun Gao Junliang
Yao Liang Li Wanjie

(Taiyuan Robon Technology Co.,Ltd.,Taiyuan 030000)

Abstract Waterborne epoxy resin was used to modify emulsified asphalt. The physical properties of modified emulsified asphalt with different waterborne epoxy resin dosage were investigated. The optimum dosage was determined according to the actual performance requirements of antiskid composite sealing material. The structure and properties of emulsified asphalt modified by waterborne epoxy resin were characterized by infrared spectroscopy, DSC and TG. The results shown that the hardness, adhesion, peeling strength, tensile strength and low temperature flexibility of the modified asphalt were greatly improved when the content of waterborne epoxy resin was 30%, and the heat resistance and frost resistance were also obviously improved. Infrared spectrum shown that the waterborne epoxy resin and emulsified asphalt was ideally hybrid. The waterborne epoxy resin was used to modify the emulsified asphalt. The antiskid and water-proof properties of the pavement constructed with antiskid composite seal were obviously improved.

Key words waterborne epoxy resin, modify emulsified asphalt, antiskid composite seal

近二十年来,我国的公路建设一直处于高速发展阶段。随着时间的推移和设施总量的增加,我国公路养护需求呈现快速的增长趋势。因此,改进路面养护技术,研发新型路面养护材料,具有重要的社会效益和社会价值^[1-2]。目前国际通用的道路养护技术有雾封层、稀浆封层和微表处等^[3]。这些传统养护技术的主要材料大多为乳化沥青,但普通乳化沥青存在粘结强度低、柔韧性差、强度不够、易老化、不稳定等缺点^[4-5]。而水性环氧树脂常温固化后具

有耐高温性好、粘结力强、收缩性小、抗变形能力强,以及与乳化沥青混合稳定性好等优点,因此可用水性环氧树脂改性乳化沥青^[6]。

本研究采用水性环氧树脂对乳化沥青进行改性,通过不同水性环氧树脂添加量下乳化沥青的基本性能实验,确定水性环氧树脂的最佳添加量。并制备水性环氧树脂改性乳化沥青抗滑复合封层材料,具有施工效率高、渗透性好,与原路面的粘结强度高,以及耐磨性好、使用寿命长等优势。

收稿日期:2019-12-28;修回日期:2021-02-22

作者简介:陈峰阳(1989-),男,工程师,主要研究方向为路用高分子材料的合成研究及应用。

通讯作者:李万捷(1957-),男,工学博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为高分子材料研究与应用开发,E-mail:liwanjie@tyut.edu.cn。

1 实验部分

1.1 原料与仪器

非离子型水性环氧树脂乳液(固含量 50%~52%,环氧值 0.23~0.25mol/100g)、改性四乙烯五胺水性环氧固化剂(固含量 50%~52%,胺值 0.22~0.24mol/100g)、阳离子型乳化石油沥青(固含量 50%~52%),均来自太原市路邦科技有限公司。

摆杆阻尼实验仪(QHB)、电动漆膜附着力测试仪(QFD)、漆膜冲击测试仪(QCJ-50/100)和漆膜弹性试验器(QTX),天津市世博伟业化玻仪器有限公司;微机控制电子万能试验机(ETM504C,30kN),深圳万测试验设备有限公司;红外光谱仪(FI-TR 8400),日本岛津株式会社;差示扫描热量仪(DSC-6),美国 Peakin Elmer 公司;热重分析仪(TG209F3),德国 Netzsch 公司。

1.2 水性环氧树脂改性乳化沥青的制备

先将阳离子型乳化石油沥青和水性环氧树脂乳液混合进行机械搅拌,充分搅拌均匀后,再按照一定配比将水性环氧固化剂加入上述混合料中,搅拌均匀即得水性环氧树脂改性乳化沥青^[7-8],其中水性环氧树脂的添加量分别为 15%(wt,质量分数,下同)、25%、30%和 50%。

1.3 抗滑复合封层材料试件的制作

将水性环氧树脂改性乳化沥青按照实际施工时

的喷洒量均匀涂刷在混凝土板上,然后再将配套级配的抗滑集料按量均匀撒布,固化成型即得到抗滑复合封层材料试件。

1.4 性能测试

按照 GB/T 1720、GB/T 1730、GB/T 1731、GB/T 1732、GB/T 1733、GB/T 1735、DL/T 5193、JTJ 052 分别测定水性环氧树脂改性乳化沥青的附着力、硬度、柔韧性、耐冲击性、耐水性、耐热性、拉拔强度和剥离强度等性能。

2 结果与讨论

2.1 物理性能分析

对水性环氧树脂改性乳化沥青的物理性能进行实验,分别测试其附着力、硬度、柔韧性、耐冲击性、耐水性和耐热性等性能,并与纯环氧树脂和未改性的乳化沥青进行对比,结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,水性环氧树脂的加入改变了乳化沥青的物理性能。随着水性环氧树脂加入量的增加,改性乳化沥青的硬度逐渐增大,附着力、剥离强度和拉拔强度逐渐增强,耐热性和抗冻性都得到明显改善。但是当水性环氧树脂的添加量为 50%时,改性乳化沥青的耐冲击性有所降低,这是因为过多水性环氧树脂的加入,增加了改性乳化沥青的常温脆性。所以,结合以上物理性能的差异,以及抗滑复合封层材料对改性乳化沥青的实际性能需求,本研究确定水性环氧树脂的最佳添加量为 30%。

表 1 不同水性环氧树脂添加量下改性乳化沥青的物理性能

项目	纯乳化沥青	纯环氧树脂	水性环氧树脂添加量/%			
			50	30	25	15
涂层摆杆硬度(80 μ m 厚) $\geq$	0.025	0.600	0.225	0.080	0.044	0.036
附着力/级	3	1	1	1	2	3
剥离强度/级	2	5	5	5	4	3
耐冲击性(25 $^{\circ}$ C、1kg $\times$ 50cm)	无裂纹	无裂纹	有裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹
曲率半径/mm(25 $^{\circ}$ C)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
耐水性(7d)	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落
耐盐性(3%氯化钠,7d)	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落	不起泡,不脱落
耐热性(100 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C)	流淌	无流淌,无滑动	无流淌,无滑动	无流淌,无滑动	无流淌,无滑动	滑动、无流淌
抗冻性(-25 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C)	开裂	不开裂	不开裂	不开裂	不开裂	开裂
拉拔强度/MPa	1.993	5.078	3.325	2.770	2.415	2.335

2.2 FT-IR 分析

图 1 为水性环氧树脂改性乳化沥青的 FT-IR 谱图,由图可知,水性环氧树脂和乳化沥青之间形成了分子间物理或化学改性,水性环氧树脂改性乳

沥青在 1606cm⁻¹、1581cm⁻¹和 1508cm⁻¹处有明显的环氧树脂固化物的特征吸收峰,1376cm⁻¹和 718cm⁻¹处有明显的沥青组分的特征吸收峰。说明二者进行了理想的复合杂化。

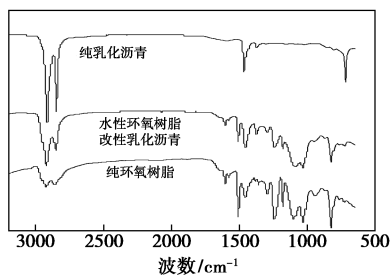


图1 水性环氧树脂改性乳化沥青 FT-IR 谱图

2.3 DSC 分析

图2为水性环氧树脂改性乳化沥青的DSC谱图,由图可知,当纯乳化沥青由 -30°C 加热到 200°C 时,其DSC曲线有较大波动。这是由于沥青结构比较复杂,随着温度的升高,某些结构吸热发生变化;当温度升到 120°C 时发生突变,转变成流动态,直到 200°C 时保持不变。当在乳化沥青中加入水性环氧树脂改性后,其DSC曲线和纯乳化沥青有显著不同。当温度由 -30°C 升到 200°C 时,在 40°C 左右时发生吸热现象,可能是环氧固化物中发生了相的转变;进一步升高温度时,水性环氧树脂改性乳化沥青未出现纯沥青的粘流态,说明水性环氧树脂对乳化沥青的改性明显提高了沥青的耐热性。

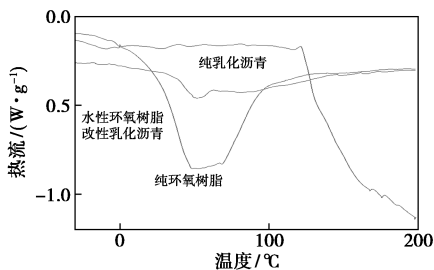


图2 水性环氧树脂改性乳化沥青的DSC谱图

2.4 TG 分析

图3为水性环氧树脂改性乳化沥青的TG图,由图可知,纯环氧树脂的初始分解温度约为 200°C ,1%失重分解温度约为 247°C ;纯乳化沥青受热后的初始分解温度约为 175°C ,1%失重分解温度约为 238°C ;水性环氧树脂改性乳化沥青的初始分解温度

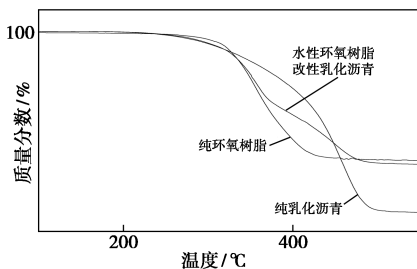


图3 水性环氧树脂改性乳化沥青的TG曲线图

约为 197°C ,1%失重分解温度约为 241°C 。可见,乳化石油沥青通过水性环氧树脂改性后,耐热性能有了明显提高,具有实际应用意义。

3 工程应用

3.1 项目概述

和榆高速公路为沥青混凝土路面,经多年大量重载车辆加速加载,该路段部分路面出现中度松散,横纵向裂缝较多,且有部分为网状裂缝,带有较多明显的早期裂缝。而且路面表面集料被磨光,部分路面细集料剥落,抗滑性能严重衰减,路面美观度降低。

3.2 施工方法

根据路面的相关数据和工艺要求,先使用路面抛丸机对路面进行再造路表微观纹理及洁净处理,然后采用同步撒布工艺,以上述水性环氧树脂改性乳化沥青为胶结料,与抗滑集料同步撒布在各种路表,为原路面提供抗滑、防水、防腐和防火等全面保护。抗滑复合封层撒布采用自主研发生产的智能复合封层车,全自控操作,撒布均匀,施工质量精度高,快捷高效,封路时间短,对行车影响较小。

3.3 项目路面性能评价

和榆高速抗滑复合封层路面性能检测数据见表2,由表可知,原路面抗滑性能欠佳,摆式摩擦系数(BPN)在36左右;而抗滑复合封层处治后,路面的BPN超过76,提升2倍,抗滑性能大幅提升。通过一年的定期跟踪检测,BPN长期维持在65左右。分析原因,抗滑复合封层在不影响原路面标高的前提下,形成一种“砂纸化”构造,有效地增加了路面的微观构造度。从和榆高速业主方了解到,自2018年5月施工完成到2019年7月,施工路段未发生任何交通事故。该技术投入成本较低,全程机械化施工,

表2 和榆高速抗滑复合封层路面性能检测数据

部位	指标						
	BPN			构造深度/ mm		渗水系数/ ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	
和榆高速 (右幅)	封层前	封层后	一年后	封层前	封层后	封层前	封层后
K73+700	38	76	70	0.45	0.52	150	0
K73+800	38	76	66	0.46	0.53	320	0
K73+950	41	75	70	0.45	0.52	462	0
K74+130	30	75	74	0.33	0.54	455	0
K74+300	51	76	66	0.38	0.53	286	0

(下转第256页)