

一种雾封层材料的制备及性能研究

郭彦强*, 弥海晨, 徐鹏, 祁峰
(西安公路研究院, 陕西 西安 710065)

摘要:以 SK90#道路沥青为基质沥青,天然沥青和石油树脂为沥青改性剂, BE-3X 沥青乳化剂和烷基酚聚氧乙烯醚复配体系为沥青乳化剂,采用先改性后乳化方法制备了一种新型雾封层用改性乳化沥青材料,并对其性能进行测试。结果表明,制备的雾封层用改性乳化沥青具有较好的稳定性,路用性能良好,是一种具有应用前景的新型雾封层材料。

关键词:雾封层;改性乳化沥青;制备;性能

中图分类号:TU535

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)06-0101-04

Preparation and properties of fog seal material

GUO Yan-qiang*, MI Hai-chen, XU Peng, QI Feng

(Xi'an Highway Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: A new kind of modified emulsion asphalt for fog seal is prepared by the combination of modification and emulsion method, using SK90# road asphalt as base asphalt, natural asphalt and petroleum resins as modifier, mixture of BE-3X asphalt emulsifier and alkyl phenol polyoxyethylene as asphalt emulsifier. Its properties are also measured. The results show that the obtained fog seal coating has good stability and road performance, which is a promising and new type of fog seal material.

Key words: fog seal coating; modified emulsion asphalt; preparation; performance

沥青路面在全国公路网中占有很大的比重,受现有技术、材料及自然因素等方面的影响,导致已建成沥青路面性能降低,因此,公路养护势在必行。雾封层技术作为一种道路预防性养护技术,既能在一定范围内有效地恢复路面性能,又能有效地节约费用,具有很好的应用前景^[1-3]。

雾封层技术是将乳化沥青、改性乳化沥青或沥青路面养护剂等流体状的材料,经机械喷洒(小面积施工时也可采用人工刷涂的方式)在沥青路面上,在路表面形成一层薄的保护层,从而封闭路面孔隙,稳定松散集料,修复路面老化的一种预防性养护技术^[4-7]。雾封层用预防性养护材料按性质不同可分为普通乳化沥青类、改性乳化沥青类、再生剂类以及以上材料组合类等^[8-10]。普通乳化沥青类由于其性能单一,大量使用受到限制;再生剂类使用性能较好,但价格相对较高,增加了养护成本;而改性乳化沥青性价比高,得到广泛关注。但是现有雾封层材料在使用过程中存在稳定性差,与路面黏附性差,渗透性差,破乳速度慢,防水效果差,污染环境等问题^[11-15]。针对上述问题,笔者以 SK90#道路沥青为基质沥青,选择优良的沥青改性剂,通过乳化剂复配技术,采用先改性后乳化的方法制备了一种新型的雾封层用改性乳化沥青,并对其性能进行研究。

1 实验部分

1.1 试验材料和仪器

SK90#沥青、天然沥青、石油树脂、BE-3X 沥青乳化剂、烷基酚聚氧乙烯醚。

FM300 高剪切分散乳化机、JMS-50 胶体磨、Quanta 200 环境扫描电镜、BI-90Plus 激光粒度仪、EQUINX55 型傅里叶变换红外光谱仪、SYD-0752 湿轮磨耗仪、HDSS-II 沥青路面渗水试验仪、BM-II 型摆式仪。

1.2 试验过程

1.2.1 雾封层改性乳化沥青的制备

将一定量的 SK90#基质沥青加热到 130℃,依次缓慢加入改性剂天然沥青、石油树脂,搅拌混合均匀,得到改性沥青,150℃保温备用。分别称取 BE-3X 沥青乳化剂、烷基酚聚氧乙烯醚,加水搅拌至完全溶解,制备成复配乳化剂水溶液,加热至 70℃备用。启动胶体磨,加热水预热后,依次加入上述复配乳化剂水溶液和改性沥青,乳化,制备成雾封层用改性乳化沥青,供分析用。

1.3 性能测试

1.3.1 粒径大小及分布

利用 Philips-FEI 公司生产的 Quanta 200 型扫

描电子显微镜对雾封层改性乳化沥青液颗粒大小进行检测。将雾封层改性乳化沥青用水稀释到质量分数为 5%，将少量乳液滴在扫描电镜样品台上，使其自然干燥，表面经喷金处理后观察。

利用布鲁克海文仪器公司生产的 BI-90Plus 激光粒度仪对雾封层改性乳化沥青乳液颗粒粒径分布进行检测。将雾封层改性乳化沥青用水稀释到质量分数为 0.05% 进行测试。

1.3.2 雾封层改性乳化沥青的抗老化性能分析

利用德国 Bruker 公司生产的 EQUINX55 型傅里叶变换红外光谱仪对雾封层改性乳化沥青再生性能进行测试。将雾封层改性乳化沥青蒸发残留物加入到沥青中，混合物和沥青使用薄膜烘箱老化，利用衰减全反射红外光谱分别测定混合物和沥青薄膜烘箱老化后的红外光谱。

1.3.3 雾封层改性乳化沥青的表干性能

将雾封层改性乳化沥青涂刷在马歇尔试件上，每隔 30 min 检测 1 次，用拇指触摸表面，然后按压，旋转 90°，以完全不粘手指所需时间为表干时间。以拇指按压旋转 90°，油膜不被破坏所需时间为实干时间。

1.3.4 雾封层改性乳化沥青耐磨性能测试

将雾封层改性乳化沥青涂刷在试件上，按照 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料实验规程》中的《T0752—2011 稀浆混合料湿轮磨耗实验》的方法，评价试件表面雾封层改性乳化沥青的耐磨性。

1.3.5 雾封层改性乳化沥青封水性能分析

将雾封层改性乳化沥青涂刷在试件上，按照

(上接第 100 页)

发生，导致液烃收率降低而轻烃的收率增加，但仍高于 Ga、Zn 单组份负载的催化剂。

3 结论

通过不同反应温度下对 Ga、Zn 双组分负载催化剂的考察得出，甲醇芳构化反应在温度为 400℃ 时液烃收率最高，并且随着反应时间的延长，镓、锌负载催化剂较单一镓或单一锌负载催化剂的活性高，这是由于镓、锌在催化剂的表面与其酸性中心产生了协同效应，并且镓、锌双组分负载催化剂具有良好的加氢脱氢能力，减少了氢转移作用的发生，在一定程度上可以抑制催化剂结炭，降低轻烃生成量，有效地提高液烃收率。

双组份改性催化剂既克服了单一镓组份负载催

JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料实验规程》中的《T0730—2011 沥青混合料渗水试验》的方法，评价试件表面涂刷雾封层改性乳化沥青的封水性能。

1.3.6 雾封层改性乳化沥青路面性能测试试验

采用人工涂刷的方式，将雾封层改性乳化沥青涂刷在道路上，根据 JTG E60—2008《公路路基路面现场测试规程》试验方法，1 d 后，对涂刷雾封层改性乳化沥青前后路面的颜色、渗透性能、封水性能以及对路面摩擦系数的影响进行测试。

2 结果与讨论

2.1 雾封层改性乳化沥青粒径大小及分布

乳化沥青中颗粒的粒径越小，其储存稳定性越好。从乳化沥青颗粒凝聚沉降速度的角度进行分析，影响储存稳定性的主要因素为乳液颗粒的大小。乳化沥青是热力学不稳定体系，沉降破乳是必然的结果。根据斯托克斯公式：

$$\mu = [2gr^2(d_1 - d_2)]/9\eta$$

式中， μ 为微粒沉降的速度； g 为重力加速度； r 为微粒半径； d_1 为沥青的密度； d_2 为水相的密度，($d_1 > d_2$)； η 为水相的黏度。

从颗粒沉降速度公式可以看出，对于给定的乳化沥青， η 相对恒定，沥青与水之间的密度差 ($d_1 - d_2$) 基本不变。那么影响乳液稳定性的因素只有乳液中颗粒的大小。 r 的值愈小，沥青微粒的沉降速度 μ 就愈小，乳化沥青的稳定性就愈高。

雾封层改性乳化沥青中乳液颗粒的 SEM 照片如图 1 所示。

化剂制作成本过高的缺陷，又降低了单一锌组份改性催化剂结炭速度过快的趋势，具有较好的工业应用前景。

参考文献

- [1] 徐如人. 分子筛与多孔材料化学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 250-251.
- [2] 孙书红, 王宁生, 闫伟健. ZSM-5 沸石合成与改性技术进展[J]. 工业催化, 2007, 15(6): 6-10.
- [3] 周建宏, 赵云, 宋金富, 等. 改性纳米 HZSM-5 沸石催化剂上 C5~C8 混合烷烃的芳构化反应[J]. 催化学报, 2008, 29(7): 665-670.
- [4] 刘维桥, 雷卫宁, 尚通明, 等. Ga 改性的 HZSM-5 分子筛甲醇芳构化催化反应性能[J]. 化工进展, 2011, 30(12): 2637-2641.
- [5] 王金英, 李文怀, 胡津仙. ZnHZSM-5 上甲醇芳构化反应的研究[J]. 燃料化学学报, 2009, 37(5): 607-612. ■

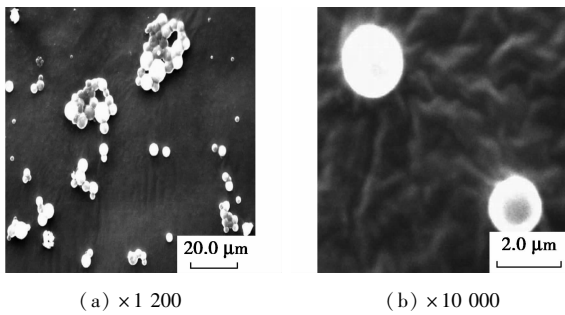


图1 雾封层改性乳化沥青中乳液颗粒的SEM照片

由图1可知,雾封层改性乳化沥青中乳液颗粒较小,其直径在 $2.0\ \mu\text{m}$ 左右,且各颗粒的边缘清晰,乳液的分散效果良好。

雾封层改性乳化沥青乳液粒径分布图如图2所示。

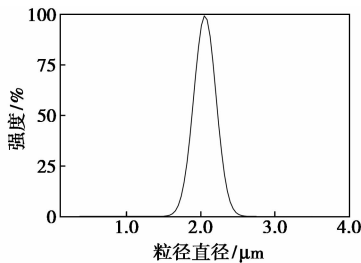


图2 雾封层改性乳化沥青乳液粒径分布图

由图2可知,雾封层改性乳化沥青中乳液颗粒较小,粒径分布为 $1.5\sim 2.5\ \mu\text{m}$,粒径分布均匀,一致性好。乳化剂的乳化性能越好,沥青越容易被分散乳化,乳化后的颗粒直径越小,乳液越稳定。在制备改性乳化沥青的实验中,选择了BE-3X沥青乳化剂和烷基酚聚氧乙烯醚复配体系为沥青乳化剂,制备的雾封层改性乳化沥青中颗粒的粒径小,同时也说明乳化剂发挥了优良的乳化效果。

乳化沥青储存稳定性是影响乳化沥青性质的重要指标之一。经试验测得雾封层改性乳化沥青的存储稳定性:1 d为0.8%;5 d为3.3%,试验结果满足规范要求,制备的雾封层改性乳化沥青存储稳定性较好。

2.2 雾封层改性乳化沥青的抗老化性能分析

沥青老化后,沥青中含 $\text{C}=\text{O}$ 的化合物逐渐增多。羰基的伸缩振动吸收在红外光谱中特征明显,基本在 $1900\sim 1650\ \text{cm}^{-1}$ (主要是在 $1700\ \text{cm}^{-1}$ 左右)范围内,很少受其他基团的干扰。因此,可以用红外光谱中 $\text{C}=\text{O}$ 在这一范围内吸收的改变判断其抗老化性能。同时,沥青的老化还生成亚砷,亚砷在 $1060\sim 1030\ \text{cm}^{-1}$ 范围内具有较强的吸收峰,有时

为多重峰。

老化后基质沥青及老化后雾封层用改性乳化沥青蒸发残留物和沥青的混合物的红外光谱图如图3所示。由图3可知,加入雾封层改性乳化沥青蒸发残留物的基质沥青经过薄膜老化后,其中的羰基化合物和亚砷吸收峰强度增加的幅度小于基质沥青薄膜老化后的相应峰。这表明,雾封层改性乳化沥青蒸发残留物中,减少了沥青中羰基化合物和亚砷的生成,沥青的抗氧化老化性能增加。因此,雾封层改性乳化沥青相比普通乳化沥青具有一定的抗老化功能。

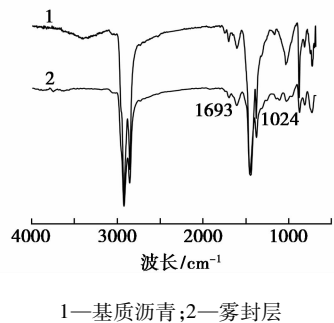


图3 老化后基质沥青和混合物的红外光谱图

2.3 雾封层改性乳化沥青的表干性能分析

将雾封层改性乳化沥青均匀涂刷在马歇尔试件上,每隔30 min检测1次,用拇指触摸表面,然后按压。测试结果表明,制备的雾封层改性乳化沥青在6 h左右即可达到实干,可以更好地适应快速开放交通的要求。

2.4 雾封层改性乳化沥青耐磨性能分析

分别将雾封层改性乳化沥青和普通乳化沥青均匀涂刷在马歇尔试件上,涂刷时雾封层改性乳化沥青很容易在试件表面涂刷均匀。涂刷雾封层改性乳化沥青试件烘干后表面形成一层颜色均匀的亮黑色膜;涂刷普通乳化沥青试件烘干后表面黑亮,但不均匀,部分集料表面上只有棕黄油膜。试件耐磨性实验结果如表1所示。

表1 试件耐磨性实验结果

样品名称	空白试件	雾封层改性乳化沥青	普通乳化沥青
磨损率	1/25	1/25	4/25

由表1可知,空白马歇尔试件经磨耗后,表面本身粗集料裸露比较多,裸露率为1/25;表面涂刷普通乳化沥青的试件经磨耗后,表面磨耗较大,裸露率为4/25;表面涂刷雾封层改性乳化沥青的试件经磨耗后,只有少量的集料切面裸露,裸露率为1/25,颜色消退较少,具有优良的耐磨耗效果。

2.5 雾封层改性乳化沥青封水性能分析

涂刷样品试件渗水系数实验结果如表 2 所示。

表 2 涂刷样品试件渗水系数实验结果

样品名称	涂刷前渗水系数/ (mL·min ⁻¹)	涂刷后渗水系数/ (mL·min ⁻¹)	降低比例
普通乳化沥青	93.0	15.0	2.6
	648.0	393.0	1.6
雾封层改性 乳化沥青	120.0	0	—
	685.0	240.0	2.9

由表 2 可知,雾封层改性乳化沥青可显著降低试件的渗水系数。当试件渗水系数较大时,试件涂刷雾封层改性乳化沥青后,可将渗水系数减小到一半以下。当试件渗水系数较小时,试件涂刷雾封层改性乳化沥青后可将试件的渗水系数值降低到 0,完全发挥封水效果。试验结果表明,雾封层改性乳化沥青能有效地封闭路面缝隙,防止路面水损害的发生,雾封层改性乳化沥青具有优良的预防路面水损害效果。

2.6 雾封层改性乳化沥青路面性能测试试验

雾封层改性乳化沥青路面性能测试结果如表 3 所示。

由表 3 可见,制备的雾封层改性乳化沥青具有优良的封水性和耐磨性,在沥青路面表面的渗透深度大于 2 mm,路面防水性能大幅度提高,渗水系数提高率超过 50%,有效地防止了路面水损害,涂刷雾封层材料后路面摩擦系数损失率小于 10%,相关性能均符合标准,拓展了雾封层用改性乳化沥青预防性养护材料的范围。

表 3 路面性能测试结果

试验项目	质量要求	实测结果	试验方法
路面颜色	一致,黑色	一致,黝黑	目测
渗透性能/%	≥2 mm	≥5 mm	试件钻芯取样
渗水系数/(mL·min ⁻¹) 提高率/%	涂刷前	222.0	T 0971
	50 涂刷后	75.0	
	提高率	≥66	
路面摩擦系数摆置/mm 损失率/%	涂刷前	74	T 0964
	10 涂刷后	70	
	损失率	<5	

3 结论

(1)以 SK90#道路沥青为基质沥青,天然沥青和石油树脂为沥青改性剂,BE-3X 沥青乳化剂和烷基酚聚氧乙烯醚复配体系为沥青乳化剂,采用先改

性后乳化方法制备了一种新型雾封层用改性乳化沥青。

(2)制备的雾封层改性乳化沥青粒径较小,存储稳定性好,相比普通乳化沥青具有一定的抗老化功能,在 6 h 左右即可达到实干,可以更好地适应快速开放交通的要求。

(3)制备的雾封层改性乳化沥青耐磨性好,施工后表面固结性能良好,不易被车轮粘掉;具有良好的封水功能,防止沥青路面水损害,保护路面结构,延长道路使用寿命,改善路容路貌,是一种具有应用前景的新型雾封层。

参考文献

- [1] 虞明远. 我国高速公路的现状与发展对策[J]. 公路交通科技, 1993, 10(3): 61-66.
- [2] 陈萍. 高速公路路面早期损坏及防治措施[J]. 交通标准化, 2006, (6): 22-23.
- [3] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008: 1-3.
- [4] Thenoux G, Gonz A R. Energy consumption comparison for different asphalt pavements rehabilitation techniques used in Chile[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2007, 49(4): 325-339.
- [5] Tigdemir, Karasahin M, Sen Z. Investigation of fatigue behaviour of asphalt concrete pavement with fuzzy-logic approach[J]. International Journal of Fatigue, 2002, 24(8): 903-910.
- [6] Gonza J M, Canet J M, Miro S O. A viscoplastic constitutive model with strain rate variables for asphalt mixtures-numerical simulation[J]. Computational Materials Science, 2007, 38(4): 543-560.
- [7] 杨明, 苏卫国. 预防性养护雾封层措施实验路工程实践[J]. 公路, 2006, (11): 205-210.
- [8] Estevez M. Use of coupling agents to stabilize asphalt-rubber-gravel composite to improve its mechanical properties[J]. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(15): 1359-1362.
- [9] Mallick R B, Jrue G H. Use of foamed asphalt in recycling incinerator ash for construction of stabilized base course[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2004, 42(3): 239-248.
- [10] Widyatmoko I. Mechanistic-empirical mixture design for hot mix asphalt pavement recycling[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(2): 77-87.
- [11] Widyatmoko I. Mechanistic-empirical mixture design for hot mix asphalt pavement recycling[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(2): 77-87.
- [12] 杨胜利. 雾封层技术喷洒高度、散度角和间距的关系及其影响[J]. 公路交通技术, 2009, (3): 56-58.
- [13] Estevez M. Use of coupling agents to stabilize asphalt-rubber-gravel composite to improve its mechanical properties[J]. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(15): 1359-1362.
- [14] Niazi Y, Jalili M. Effect of Portland cement and lime additives on properties of cold in-place recycled mixtures with asphalt emulsion[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23(3): 1338-1343.
- [15] 张敬义, 达建文, 高淑美, 等. 阳离子型丁苯胶乳改性乳化沥青的研制[J]. 石油沥青, 2002, 16(4): 21-22. ■