

玻璃纤维粉高黏超薄沥青磨耗层技术研究

冯元生¹, 邓温悌¹, 范远平¹, 陈罗东¹, 吕泉²

(1. 广东省公路建设有限公司江罗分公司, 广东 广州 510000; 2. 同济大学 道路与交通工程交通部重点实验室, 上海市 201804)

摘要: 以广东省江罗高速公路养护改造为背景, 研究设计特定配合比的高黏超薄沥青磨耗层。为了改善超薄磨耗层的结合料粘结集料的能力, 使磨耗层结构更稳定, 集料不易脱落, 延长路面使用寿命, 选择掺量为4%的SBS改性剂及掺量为3%、4%、5%的玻璃纤维粉, 进行研究分析及路用性能试验。试验结果显示玻璃纤维粉的掺入有效提升了超薄沥青磨耗层的黏度及路用性能, 当玻璃纤维粉掺量为5%时, 超薄沥青磨耗层60℃动力黏度比掺量为3%时提升了75.1%, 而且路用性能试验结果均满足现行规范要求。综上所述, 当SBS改性剂掺量为4%时, 玻璃纤维粉最佳掺量为5%。为养护改造工程提供一些相关的建议及试验数据作为参考。

关键词: 高黏超薄沥青磨耗层; SBS改性剂; 高黏改性剂; 玻璃纤维粉; 路用性能

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)04-0276-03

Research on Glass Fiber Powder High-viscosity Ultra-thin Asphalt Wear Layer Technology

FENG Yuansheng¹, DENG Wenti¹, FAN Yuanping¹, CHEN Luodong¹, LYU Quan²

(1. Jiangluo Branch of Guangdong Provincial Highway Construction Co., Ltd., Guangzhou 510000, China; 2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Taking the maintenance and reconstruction of the Jiangluo Expressway in Guangdong Province as the background, a high-viscosity ultra-thin asphalt wear layer with a specific mix ratio is studied and designed. To improve the ability of the ultra-thin wear layer binder to bond the aggregate, to make the structure of the wear layer more stable, the aggregate not easy to fall off, and the service life of the pavement extended, the SBS modifier with a dosage of 4% and the glass fiber powder with dosages of 3%, 4% and 5% are selected for the research analysis and pavement performance testing. The testing results show that the addition of glass fiber powder effectively improves the viscosity and pavement performance of the ultra-thin asphalt wear layer. When the glass fiber powder content is 5%, the dynamic viscosity of the ultra-thin asphalt wear layer at 60℃ is increased by 75.1% compared to when the content is 3%. Moreover, the pavement performance test results all meet the current standard requirements. In summary, when the SBS modifier dosage is 4%, the optimal dosage of glass fiber powder is 5%. Some correlative suggestions and experimental data are provided as the reference for the maintenance and reconstruction projects.

Keywords: high-viscosity ultra-thin asphalt wear layer; SBS modifier; high-viscosity modifier; glass fiber powder; pavement performance

1 工程概况

随着我国公路建设的不断发展, 大量的旧路面需要进行维修和改造。江罗高速公路也在其中, 该高速公路位于广东省, 起于江门终止与罗定, 主线路线全长约140 km, 为双向6车道, 设计时速为120 km/h。为响应国家提出的优质高效、绿色安全等要求, 本次高速公路预防性养护方案遵循少铣多罩

原则为基础, 积极响应经济绿色环保要求。因此, 本次养护多以加铺薄层罩面为主, 国内以有大量薄层罩面相关研究。但是该地区雨量充沛, 平均降雨量1380~1517 mm, 对路面的抗水损害能力要求较高。本文针对已上情况, 研究设计特定配合比的高黏超薄沥青磨耗层, 并对其进行路用试验。

2 原材料

2.1 基质沥青

基质沥青70#沥青及90#沥青都具有较和的稠度和黏结性, 有试验证明90#沥青与高黏改性剂的相容

收稿日期: 2024-10-11

作者简介: 冯元生(1979—), 男, 本科, 高级工程师, 从事高速建设及养护管理工作。

性更好,低温性能更好^[1]。但本次实际工程位于广东省,属亚热带季风气候,对低温性能要求较低,而 70#沥青的稳定更好,且经济造价更高。因此,基质沥青选择为 70#沥青。其性能检测指标见表 1。

表 1 基质沥青性能指标

检测项目	检测结果	规范标准
针入度(25℃,100 g,5 s)/0.1 mm	65	60~80
软化点/℃	48.2	≥46
延度(10℃)/cm	35	≥20
延度(15℃)/cm	>120	≥100
黏度(60℃)/(Pa·s)	203	≥180
TFOT后残留物		
质量损失/%	0.03	±0.8
延度(10℃)/cm	7	≥6
延度(15℃)/cm	69	≥15

2.2 集料

集料选用福建产的玄武岩石料。检测后技术指标:表观相对密度为 2.924;毛体积相对密度为 2.781;吸水率为 1.73%。矿粉表观相为 2.685。设计级配见表 2。

表 2 高黏超薄沥青磨耗层设计级配

筛孔尺寸/ mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
设计级配	100	99.7	34.1	25.7	20.7	15.2	11.6	8.3	5.4
级配范围	100	85~100	25~40	23~30	12~22	8~16	6~12	5~10	4~7

2.3 改性剂

改性剂选择为易于分散在沥青做中的线型 SBS 改性剂。相比星型 SBS 改性剂更容易分散于沥青中,且掺入基质沥青后,能显著提高改性沥青的高温性能。本次设计的高黏超薄沥青磨耗层,其关键在于保证抗水损害能力同时还具有良好的黏附性及耐久性。以 OGFC 技术要求中的 60℃动力黏度不小于 20 000 为标准,有研究显示 SBS 改性剂的掺量不小于 7% 时,其 60℃动力黏度才能达到技术要求,而 SBS 改性剂最佳掺量为 4%~5%,当掺量过大会影响其路用性能及耐久性,同时也会增加施工难度及成本,且长期存储时会出现离析分层等现象^[2-3]。因此,在 SBS 改性剂最佳掺量为 4% 情况下需添加热塑性弹性体类、橡胶类、纤维类等改性剂^[4-5]。

2.4 纤维改性剂

纤维类改性剂具备分散作用、吸附作用、稳定作用等。本次试验选择的纤维为玻璃纤维粉,玻璃纤维粉是由玻璃纤维原丝经短切、研磨筛分而成,掺入改性沥青后不但能增强强度及耐疲劳性能,还可以增加沥青与集料之间的黏附性,提高高温稳定性和

粘结性能及抗水损害能力。玻璃纤维粉相比其它纤维分散性和稳定性较好,避免了搅团现象的发生,且取材方便、成本较低。本次试验改性剂选择为玻璃纤维粉。

确定 SBS 改性剂掺量为 4%,将玻璃纤维粉分为 0.3%、0.4%、0.5%,3 种不同掺量加入 SBS 改性沥青中。按试验规范对其三大性能指标及 60℃动力黏度进行试验,试验技术指标以 OGFC 技术要求为标准。试验结果见表 3。

表 3 不同掺量玻璃纤维粉对改性沥青性能影响

掺量	针入度 25℃/ 0.1 mm	软化点/ ℃	延度 15℃/ cm	动力黏度 60℃/(Pa·s)
3/%	53.3	79.6	54.7	16 638
4/%	49.8	85.4	55.1	23 843
5/%	45.5	91.2	55.9	29 130
技术指标	≥40	≥80	≥50	≥20 000

由表 2 可知,当玻璃纤维粉的掺量增大,改性沥青的针入度呈现出逐渐降低的趋势,不同种掺量玻璃纤维粉针入度的试验结果显示技术指标都满足相关要求。软化点、延度、60℃动力黏度呈现出随着掺量增大而逐渐上升的趋势。其中玻璃纤维粉当掺量为 3% 时,软化点和 60℃动力黏度都低于相关技术要求。

3 路用性能

3.1 高温性能

采用车辙试验对高黏超薄沥青磨耗层的高温性能进行测试。按 4%、5% 不同掺量的玻璃纤维粉分别制作 300 mm×300 mm,厚度 50 mm 的试件,试验温度设置为 70℃,按照相关试验规程进行试验。试验结果见图 1。

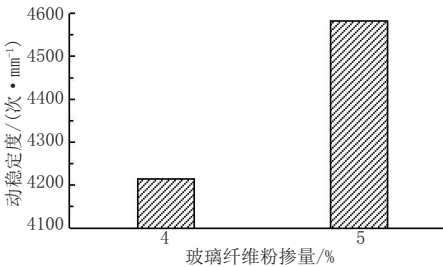


图 1 不同玻璃纤维粉掺量下车辙试验结果

由图 1 所示,两种掺量的试验结果都均满足重交通量路段不低于 3 000 次/mm 的要求。掺量为 5% 的玻璃纤维粉的高黏超薄沥青磨耗层的动稳定度越高,其原因是玻璃纤维粉均匀分散在高黏改性沥青中,相互交织形成三维网状结构。这种结构能够增加沥青分子之间的连接力和约束作用,使沥青在受

到外力作用时不易发生流动和变形,增强了沥青的内聚力。

3.2 水稳定性能

本工程对高黏超薄沥青磨耗层的抗水损害能力要求较高,因此,试验将采用浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验及汉堡车辙水稳性能试验,3种试验来测试其水稳定性能。浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验结果见表4。

表4 不同掺量下浸水马歇尔和冻融劈裂试验结果		
玻璃纤维粉掺量	MS _D /%	TSR/%
4/%	89.76	80.17
5/%	91.31	86.29
技术指标	≥85	≥80

由表4可知,玻璃纤维粉的掺量增大,残留马歇尔稳定度和冻融劈裂强度比都呈现出较提升趋势。其原因是玻璃纤维粉的掺入改善了沥青与集料之间的界面结合力,使沥青更好地包裹集料,提高混合料的整体性,增加了界面结合力。

汉堡车辙水稳性能试验是为了检验沥青混合料在水分存在的情况下抵抗松散、剥落等损坏的能力。水分会削弱沥青与集料之间的粘结力,导致路面出现坑槽、松散等病害。试验结果见图2。

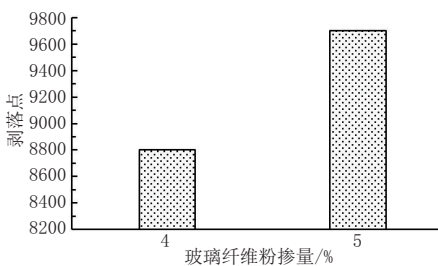


图2 不同玻璃纤维粉掺量汉堡车辙试验剥落点对比图

如图2所示,玻璃纤维掺量为4%时沥青混合料剥落点为8 800,掺量为5%时沥青混合料剥落点为9 700。由此可知玻璃纤维粉的掺入可以提升沥青混合料的抗水损害的能力,其原因是玻璃纤维粉的掺入提高了沥青集料之间的黏附力,较高的黏度意味着沥青混合料具有更强的抵抗流动的能力,能够更好地保持混合料的整体性使,良好的界面结合力可以减少沥青与集料的分离。

3.3 低温性能

采用小梁低温弯曲试验测试高黏超薄沥青磨耗层的低温性能。按试验规范制作棱柱体小梁试件,因本次工程在广东省境内,试验温度设置为-10℃,按试验规范进行试验。试验结果见图3。

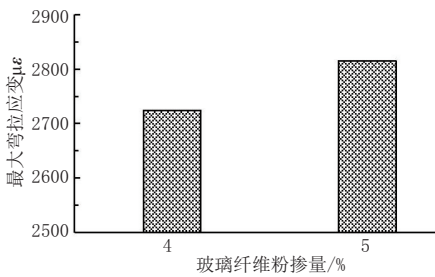


图3 不同玻璃纤维粉掺量最大弯拉应变试验结果图

从图3可知,4%和5%掺量的玻璃纤维粉的最大弯拉应变差别并不大,其原因可能是玻璃纤维粉对沥青混合料的增强作用已经接近饱和,4%和5%可能处于这个相对饱和的区域,所以对最大弯拉应变的影响不明显。但试验结果均满足不小于2 500 με的要求。

4 结 论

(1)为了提高高黏超薄沥青磨耗层的60℃动力黏度,当SBS改性剂掺量为4%时,试验结果显示玻璃纤维粉掺量为4%、5%时,60℃动力黏度分别为23 843、29 130 Pa·s,均满足其效果技术要求;

(2)分别对玻璃纤维粉掺量为4%、5%进行高温性能、水稳定性能、低温性能试验。试验结果显示两种掺量都有效的提升了其路用性能,其中车辙试验动稳定度和汉堡车辙试验剥落点玻璃纤维粉掺量5%比掺量4%分别提升了8.73%和10.2%,而小梁低温弯曲试验最大弯拉应变差别并不大。当SBS改性剂掺量为4%时,玻璃纤维粉的最佳掺量为5%;

(3)根据综上所述,玻璃纤维粉的掺入可以有效提高高黏超薄沥青磨耗层的黏度及路用性能,同时降低了施工难度及成本。为本次工程提供一些参考数据。

参考文献:

[1] 林杰.SBS改性沥青技术性能评价与质量控制研究[D].西安:长安大学,2011.

[2] 郭洪江.基于固有与改善性能的SBS改性剂最佳掺量确定[J].黑龙江交通科技,2023,46(5):21-23.

[3] 蒋俊.改性沥青中SBS改性剂的掺量分析[J].湖南交通科技,2004(4):6-7.

[4] 赵群.增塑剂对天然沥青改性沥青及其混合料性能影响研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2019.

[5] 李水平,范维玉,杨孟龙,等.SBS改性沥青性能实验研究[J].石油大学学报(自然科学版),2002(4):87-89.

[6] 赵云飞.纤维对水泥稳定碎石材料性能影响的实验研究[D].合肥:合肥工业大学,2021.