

# 钢桥面铺装用新型高黏沥青及沥青混合料的研究

任瑞波<sup>1</sup>, 马世东<sup>1</sup>, 徐强<sup>1</sup>, 姜益顺<sup>2</sup>, 李宁<sup>3</sup>, 赵品晖<sup>1</sup>

(山东建筑大学 交通工程学院, 济南 250101; 2. 山东省路桥集团有限公司, 济南 250021;  
3. 青岛市交通规划设计院有限公司, 青岛 266102)

**摘要:** 本文使用的新型速溶高黏改性剂在 185℃ 温度下, 只通过搅拌就可以溶化, 不需要进行剪切。文章介绍适用于钢桥面铺装用实验室自主研发的新型高黏沥青的性能试验与高黏沥青混合料的研究。沥青性能试验表明, 高黏沥青具有较高的黏结性并且不影响施工和易性。与 SBS 改性沥青相比, 具有较高的弹性恢复能力, 能够更好地适应钢桥面的变形, 流变性能良好。沥青混合料试验结果表明高黏沥青混合料路用性能有优异。实际工程应用结果证明, 高黏沥青混合料作为钢桥面铺装材料的适用性。

**关键词:** 桥面铺装; 高黏沥青; 沥青混合料; 路用性能

**中图分类号:** U414 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0151—03

近几十年来, 随着公路桥梁建设迅速发展, 我国建设大量的大跨径桥梁。对于桥梁建设, 在桥面铺装材料的开发应用尚未给予足够重视。目前国内针对大型钢桥开发的高黏沥青技术应用效果较好<sup>[1,2]</sup>。

国内对高黏沥青的应用相对较晚, 早期的一些工程中主要采用 TPS 改性剂<sup>[3,4]</sup>。在近几年, 国内学者投入大量的精力进行高黏沥青开发工作<sup>[5]</sup>。由于其优异的路用性能, 国内在一些大型桥面铺装中逐渐采用高黏沥青技术<sup>[6,7]</sup>。与普通改性沥青相比, 高黏沥青具有更高的黏韧性, 用于黏结层时效果显著<sup>[8,9]</sup>; 由于高黏沥青黏度高, 用以制备的沥青混合料在施工性能和综合性能等

方面都具有优势<sup>[10]</sup>。

本文旨在研究自主开发的新型高黏沥青的性能, 设计适合大型钢桥桥面铺装的 SMA-10 混合料, 并对其综合路用性能及实际应用进行研究。

## 1 高黏沥青的制备

### 1.1 原材料

本试验使用的基质沥青为齐鲁 70#A 级道路石油沥青, 其基本技术指标试验结果如表 1 所示。高黏改性剂为实验室自主研发高黏改性剂, 在 185℃ 温度下, 只通过搅拌就可以溶化, 不需要进行剪切。与市面常见高黏

于传统信号配时方案, 单位时间内车辆通过率有效提升。由于实验条件限制, 本研究使用模拟数据作为验证, 未来可以使用真实交通大数据做进一步研究。此外, 未来研究可以对信号灯配时优化问题中交通公平性的衡量方式做进一步探索。

参考文献:

- [1] 郝林倩. 基于多目标优化算法的交叉路口信号灯配时模型研究 [J]. 智能计算机与应用, 2021, 11(03): 154-157+163.
- [2] 吴啸宇, 李慧慧, 林娟娟, 房新. 基于人工鱼群算法的交通信号灯配时优化模型 [J]. 南京理工大学学报, 2022, 46(01): 40-47.
- [3] 王瞳, 刘洋. 5G 智能交通背景下交通信号灯配时优化研究——基于灰色预测模型和遗传算法 [J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(07): 185-191.
- [4] 杨海荣, 罗大庸. 交叉口信号实时滚动优化模型及算法 [J]. 控制与决策, 2014, 29(4): 645-650.

[5] 朱铭琳, 赵润林. 单点交通信号控制系统的优化设计与仿真 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(10): 253-257.

[6] 林晓言, 张泽华, 王梓利. 中国交通公平性测度研究——基于交通基尼系数的分析 [J]. 宏观经济研究, 2019, (05): 154-167.

[7] 席东其, 朱乐, 张改, 石飞. 基于手机信令数据的城市交通公平性评价——以昆山市为例 [J]. 现代城市研究, 2021, (06): 35-43.

[8] 王嘉文, 邹林志, 杭佳宇. 考虑人车交互的两相位信号控制交叉口的配时优化方法 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20(01): 80-82.

[9] 王一鸣, 邓琛, 邓高旭. 基于模糊控制的智能交通信号控制系统设计 [J]. 电子科技, 2017, 30(8): 84-87.

**基金项目:** 上海高校青年教师培养资助计划; 上海理工大学博士启动基金项目 (BSQD202109)。

改性剂相比, 具有高温易溶化、分散更均匀的特点, 沥青改性效果更好。稳定剂采用实验室常用的硫磺稳定剂, 可以促进改性剂与沥青之间更好融合, 减少高黏沥青离析并提升改性沥青的部分性能。

表1 基质沥青技术指标

试验项目	试验结果	技术指标	试验方法
针入度 (25°C)/(0.1mm)	71.5	60-80	GB/T 0604
延度 (5cm/min, 10°C)/cm	21.4	<15	GB/T 0605
软化点/°C	47.9	<46	GB/T 0606
60°C动力黏度/(Pa·s)	249.3	<160	GB/T 0620

## 1.2 改性沥青制备工艺

将基质沥青先在烘箱加热, 然后在电热套中加热至185°C, 保持温度不变, 加入高黏改性剂, 在搅拌机中均匀搅拌50min, 高黏改性剂完全溶化后加入稳定剂, 185°C恒温发育2.5h, 即制得高黏沥青。

## 2 高黏沥青的性能试验

### 2.1 基本性能试验

#### 2.1.1 基本物理性能试验

根据中国 JTG E20-2011 试验规程对实验室自主研发的高黏沥青进行各种沥青试验, 以评估其物理力学性能。其技术指标见表2。由表2看出, 与SBS改性沥青相比, 高黏沥青的针入度较小, 表明高黏沥青高温性能越好; 5°C下高黏沥青的延度值较大, 说明其抗拉性能更好, 抵抗低温开裂的能力更强。此高黏沥青的离析软化点差为1.2°C, 离析较小, 说明稳定剂的加入确实提高了高黏沥青的储存稳定性, 满足高黏沥青施工运输和储存的要求。高黏沥青的60°C动力黏度高达191300Pa·s, 远远大于SBS改性沥青。在高黏沥青的60°C动力黏度很高的情况下, 175°C布氏黏度在0.5Pa·s左右, 满足施工和易性要求, 保证了沥青的施工质量。

表2 高黏沥青的主要技术指标

试验项目	单位	高黏沥青	SBS改性沥青	试验方法
针入度 (25°C, 100g, 5s)	0.1mm	43.6	53.5	T0604
延度 (5cm/min, 5°C)	cm	28.7	25.2	T0605
软化点 (R&B)	°C	84.9	67.2	T0606
贮存稳定性离析 (48h 软化点差)	°C	1.2	1.3	T0661
60°C动力黏度	Pa·s	191300	14990	T0620
175°C布氏黏度	Pa·s	0.525	0.486	T0625

### 2.2 流变性能试验

#### 2.2.1 温度扫描试验

通过动态剪切流变仪 (DSR) 对高黏沥青和SBS改性沥青进行温度扫描试验。动态剪切流变仪 (DSR) 采用10rad/s的加载速率, 测得高黏沥青满足PG-82的要求, 测试结果见表3。

表3 高黏沥青高温性能试验结果

指标	试验温度	单位	试验结果	技术要求
原样沥青				
G*/sinδ	76°C	kPa	3.73	≥1.00
	82°C		2.62	
旋转薄膜烘箱残留物				
G*/sinδ	76°C	kPa	4.63	≥2.20
	82°C		4.53	

#### 2.2.2 弯曲梁流变试验

采用弯曲梁流变仪 (BBR) 来测量很低温度下沥青的蠕变性质, 不同沥青 BBR 试验结果如表4所示。

表4 不同沥青 BBR 试验结果

试验温度	参数	高黏沥青	SBS改性沥青
-12°C	S (MPa)	118	189
	m	0.324	0.311
-18°C	S (MPa)	207	422
	m	0.305	0.272
-24°C	S (MPa)	456	-
	m	0.261	-

由表4可以得出, 相同温度下, 高黏沥青的S值要小于SBS改性沥青, m值大于SBS改性沥青, 说明相比SBS改性沥青, 高黏沥青消解自身温度应力的能力更强, 低温性能更优。该高黏沥青蠕变劲度满足-28°C的要求, 达到了PG分级中PG-28的要求。

## 3 沥青混合料路用性能研究

### 3.1 高温稳定性

本研究采用60°C车辙试验对沥青混合料的高温稳定性进行评价, 试验结果如图1所示。

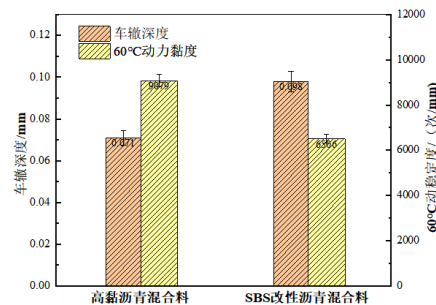


图1 沥青混合料高温车辙试验结果

对比车辙试验结果可以发现, 高黏沥青混合料的车辙深度较低, 动稳定度值更高。表明高黏沥青混合料具有较好的高温稳定性。

### 3.2 低温抗裂性能

本文采用低温小梁弯曲试验进行研究, 试验结果如图 2 所示。

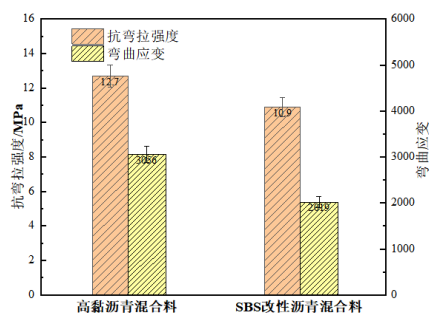


图 2 沥青混合料低温抗裂性试验结果

由图 2 可知高黏沥青混合料的抗弯拉强度比 SBS 改性沥青混合料高 16.5%，弯曲应变比 SBS 改性沥青混合料大 51.4%。高黏沥青混合料表现出更好的抗低温开裂能力。

### 3.3 水稳定性能

研究采用冻融劈裂试验 TSR 值评价沥青混合料的水稳定性。TSR 值越高, 抗水损害能力越强。表 5 所示的高黏沥青混合料的 TSR 值比 SBS 改性沥青混合料的 TSR 值高约 11%。91.57% 的数值表明, 即使在冻融循环过程中, 高黏沥青混合料试件只是出现了很小的水损害。

表 5 冻融劈裂试验数据汇总

混合料类型	冻融前强度平	冻融后强度平	TSR/%
	均值 RT1/MPa	均值 RT2/MPa	
高黏沥青混合料	1.19	1.09	91.57
SBS 沥青混合料	0.99	0.82	82.83

## 4 工程应用

本研究开发的高黏沥青于 2021 年, 在东营胜利黄河大桥桥面铺装改造工程中得到应用。根据国内外钢桥面铺装的工程经验和最新的科研成果, 修补方案为上层 4cm 厚高黏 SMA-10+ 下层 5.5cm 厚超高性能混凝土 (UHPC)。

表 6 现场观测数据

试验项目	检测结果	技术标准
空隙率 (%)	4	3-4.5
构造深度 (mm)	0.8	≥0.5
摩擦系数 (BPN)	72	-
渗水系数 (ml/min)	40	≤80

现场观测结果显示高黏沥青混合料 SMA-10 由于粗集料与细集料比例合理, 相应的表面构造深度满足要求; 高黏沥青混合料 SMA-10 的空隙率、渗水系数、摩擦性能均能够满足钢桥面铺装的要求, 使得面层具有良好抗滑性和耐磨性能。现场铺装效果较好, 证明高黏沥青作为钢桥桥面铺装材料的适用性。

## 5 结论

本文介绍一种用于钢桥面铺装的高黏沥青和高黏沥青混合料。在实验室对自主研发的高黏沥青进行性能试验评价, 并在实际桥面铺装改造工程中进行应用。在此基础上, 得出以下结论:

(1) 自主研发的高黏沥青只需通过搅拌可以制得, 不需要进行剪切, 并且有很好的高低温性能, 储存稳定性良好。

(2) 混合料试验表明, 高黏沥青混合料具有良好的路用性能。高黏沥青混合料的 60℃ 动稳定度、弯曲应变、TSR 分别高于 SBS 改性沥青混合料 39.5%、51.4%、11%。

(3) 实际工程应用良好证明高黏沥青作为钢桥面铺装材料的实用性。

### 参考文献:

- [1] 莫恩华. 研究大跨径桥梁钢桥面的铺装设计 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2019, 11): 127-128, 152.
- [2] 吕大春, 曾梦澜, 刘斌清, 等. TPS 高黏改性沥青 Superpave 使用性能研究 [J]. 公路工程, 2019, 44(6): 191-195, 265.
- [3] 李鹏. 新型 TPS 在排水沥青路面中的应用研究 [J]. 中国科技纵横, 2019, 9): 132-133.
- [4] 刘新权, 丁庆军, 姚永永, 等. 高粘度改性沥青配制钢箱梁桥面 SMA 铺装层的研究 [J]. 公路, 2007, 09): 97-100.
- [5] Hu J, Ma T, Zhu Y, et al. High-viscosity modified asphalt mixtures for double-layer porous asphalt pavement: Design optimization and evaluation metrics [J]. Construction and Building Materials, 2021, 271.
- [6] 庄伟龙. 高粘度改性沥青的制备与性能研究 [D]. 福州大学, 2016.
- [7] Luo Y, Zhang K, Li P, et al. Performance evaluation of stone mastic asphalt mixture with different high viscosity modified asphalt based on laboratory tests [J]. Construction and Building Materials, 2019, 225: 214-222.
- [8] 李立寒, 耿韩, 孙艳娜. 高黏度沥青黏度的评价方法与评价指标 [J]. 建筑材料学报, 2010, 13(03): 352-356.
- [9] Hu X, Li S, Yao H, et al. Gradation Design and Performance Evaluation of High Viscosity Asphalt Mixtures [J]. Advances in Civil Engineering, 2020, 2020.
- [10] 张锐, 黄晓明, 侯曙光. 新型沥青添加剂 TPS 的性能 [J]. 交通运输工程学报, 2006, 04): 36-40.