

不同级配抗车辙剂改性沥青混合料路用性能研究

杨建国
中路启明交通科技有限公司 山西太原 030025

摘 要：基于四种常用级配（AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16），对抗车辙剂改性沥青混合料的性能进行了试验及应用研究。室内试验表明：四种常用级配下沥青混合料的路用性能在掺入抗车辙剂后均有较好提升，其中高温稳定性能提升最为显著，提升幅度可达 5~6 倍；间断级配（SMA-13、SMA-16）的高低温性能及水稳定性能均要优于连续级配（AC-13、AC-16），其中 SMA-13 的低温抗裂性能、水稳定性能最佳，SMA-16 的高温稳定性能最佳；抗车辙剂联混合物的最佳量为 0.4%，抗车辙剂与改性沥青混合物（0.4%）改性沥青混合料 SMA-13 作为沥青路面上面层后，路面实际路用性能优异。

关键词：级配；抗车辙改性剂；沥青混合料；路用性能；工程应用

引言

沥青路面具有噪音低、舒适型高、施工方便、后期维护成本低等特点，目前已被广泛应用于高等级公路中，但我国交通重载大、交通流量大，致使普通沥青路面容易出现车辙与裂缝等病害^[1-2]。国内外先行研究表明，在普通基质沥青混合料中添加抗车辙剂可有效提高混合料的高低温性能，提升幅度可达数倍以上，同时可以改善水稳定性能^[3-5]。但目前已有研究多为定性研究，相关工程应用多采用经验法确定级配类型与抗车辙剂掺量。

本文基于四种常用级配（AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16），对抗车辙剂改性沥青混合料的相关性能进行了试验及应用研究，为抗车辙剂在不同级配沥青混合料中的应用提供了参考，具有重要意义。

1. 屋内测验

1.1 测验材料

1.1.1 沥青：采用 AH-90 新疆卡拉梅石油沥青，主要性能见表 1。

表 1 AH-90 石油沥青主要性能检测结果

指标	测值	规范要求 ^[6]
延度（15℃）/cm	147	≥ 100
密度（15℃）/g·cm ⁻³	1.029	实测
针入度（25℃）/10-1mm	89	80-100
软化点/℃	53	≥ 45
闪点/℃	286	≥ 245

1.1.2 骨料：选自玄武岩，矿粉为石灰岩碎石，相关性能见表 2。

表 2 骨料与矿粉相关测验结果

碎石种类	指标	检测结果	规范标准 ^[6]
粗集料	坚固性 /%	9.3	≤ 12
	针片状含量 /%	8.3	≤ 15
	压碎值 /%	13.9	≤ 26
	磨光值（BPN）	63	≥ 42
	洛杉矶磨耗损失 %	11.2	≤ 28
细集料	坚固性 /%	6.5	≤ 12
	砂当量 /%	75	≥ 65
矿料	含水率 /%	0.85	≤ 1
	亲水系数	≤ 1	≤ 1
	表观相对密度	2.81	≥ 2.5

1.1.3 抗车辙剂：选用西安天虹交通科技有限公司生产的“抗辙王颗粒”，主要性能见表 3。

表 3 抗车辙剂性能指标

粒径 /mm	密度 /g·cm ⁻³	熔点 /℃	拉伸强度 /MPa	软化点 /℃
≤ 6	1.05	146.7	27.9	164

1.2 配合比设计

常用的持续集配（AC-13、AC-16）和间断级配（SMA-13、SMA-16）进行配合比设计，

1.2.1 矿料级配

四种沥青混合料级配设计如表 4 所示。

表 4 矿料通过率及级配表

级配类型 19		集料通过以下筛孔 (mm) 质量百分率 /%										
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AC-13 型	设计级配	100	100	95	75	54	35	28	20	15	10	5
	级配范围	100	100	90~100	68~85	38~68	24~50	15~38	10~28	7~20	5~15	4~8
AC-16 型	设计级配	100	95	85	70	48	30	25	20	14	8	6
	级配范围	100	90~100	76~92	60~80	34~62	20~48	13~36	9~26	7~18	5~14	1~8
SMA-13 型	设计级配	100	100	95	64	26	20	20	15	13	12	10
	级配范围	100	100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12
SMA-16 型	设计级配	100	92	78	55	25	18	16.5	16.4	13.8	12	10
	级配范围	100	90~100	65~82	45~65	20~32	15~24	14~24	12~18	10~15	9~14	8~12

1.2.2 油石比设计

出, AC-13、AC-16、SMA-13 和 SMA-16 的最佳油比分别分析马歇尔试验结果 (表 5) 从各种指标的关系可以看 为 5%、4.7%、5.6% 和 5.4%。

表 5 马歇尔试验结果

级配类型	初选油石比 /%	毛体积相对密度	最大理论密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	VMA/%	MS/kN	VFA/%	VV/%	FL/mm
AC-13 型	4	2.316	2.513	16.10	11.49	66.12	5.72	2.94
	4.5	2.335	2.494	16.08	11.20	67.86	5.53	3.04
	5	2.348	2.478	16.20	10.64	70.23	5.43	3.11
	5.5	2.346	2.466	16.49	9.91	73.88	5.38	3.15
AC-16 型	4	2.327	2.508	16.53	9.50	66.47	5.98	2.98
	4.5	2.351	2.490	16.45	9.48	68.69	5.19	3.24
	5	2.363	2.473	16.58	9.38	73.21	4.59	3.44
	5.5	2.362	2.463	16.90	9.21	76.29	4.03	3.58
SMA-13 型	5.3	2.343	2.477	17.80	12.31	70.13	4.47	2.83
	5.5	2.352	2.472	17.73	12.28	72.04	4.18	2.84
	5.7	2.360	2.466	17.68	12.24	74.76	4.01	3.12
	5.9	2.362	2.455	17.65	12.19	76.99	3.89	3.70
SMA-16 型	5.3	2.373	2.466	17.19	8.98	77.21	3.82	3.40
	5.6	2.376	2.457	17.30	8.88	79.82	3.45	3.42
	5.9	2.377	2.447	17.46	8.68	81.42	3.19	3.46
	6.2	2.378	2.437	17.68	8.39	81.89	3.15	3.51

1.3 试验方法

相关规范^[7], 进行了试验, 以分析 4 种不同抗车辙剂含量的防车辙剂含量分别为 0%、0.3%、0.4% 和 0.5%。根据 普通质量沥青混合物的道路性能。具体测试程序如表 6 所示。

表 6 屋内试验方案

项目	试件尺寸	试验目的	评价指标
高温车辙试验	300mm × 300mm × 50mm	高温稳定性	动稳定度
低温小梁弯曲试验	250mm × 35mm × 30mm	低温抗裂性	弯拉破坏应变
冻融劈裂试验	Φ 101.6mm × 63.5mm	水稳定性	冻融劈裂强度比

2. 屋内测验结果

2.1 高温安定性

车辙试验温度 60℃, 车轴载荷 0.7 MPa, 试验结果如图 1 所示。

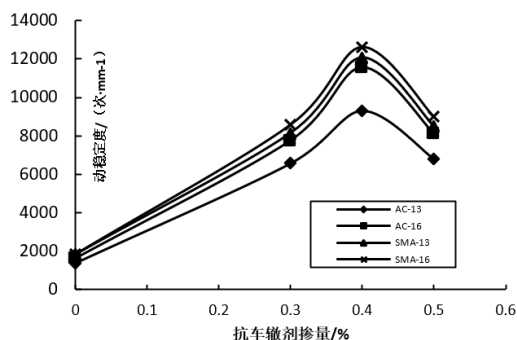


图 1 测验结果

图 1 试验结果表明, 四种常用级配的动稳定度均得到了显著提高, 具体表现为动态稳定性首先增加, 然后随着反向路由剂剂量的增加而减少, 在 0.4% 剂量下最大反向连接在 0.4% 掺量下达到最大值, 抗车辙剂掺量由 0% 提升到 0.4% 后, AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16 混合料的动稳定度分别提升了约 577%、611%、565%、596%, 表明抗车辙剂对于四类级配高温稳定性能改善效果相当, 性能提升十分显著, 然而, 当使用的防车辙剂量超过 0.4% 时, SMA-16 的动态稳定性显著降低, 这是由于抗车辙剂过量后, 混合料中的沥青占比相对降低, 不足以有效包裹在集料表面, 集料与沥青之间的粘结力随之降低, 高温稳定性开始降低。综合分析: 综合经济效益, 最佳防车辙剂用量为 0.4%, 提高高温稳定性。

2.2 耐低温抗裂性能

梁弯曲测验温度 -10℃, 负载速度 50mm/min, 结果见图 2。

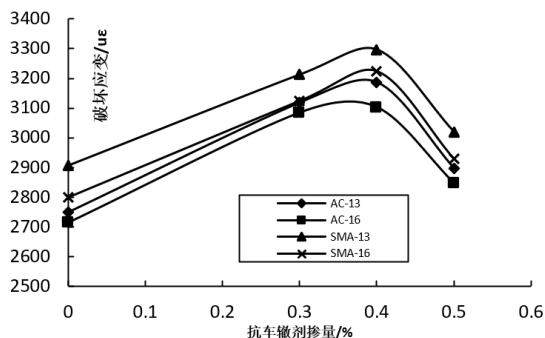


图 2 低温小梁弯曲试验结果

由图 2 可知, 抗车辙剂掺量由 0% 提升到 0.5% 的过程中, AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16 混合料的弯拉破坏应变均先增后降, 且均在掺量为 0.4% 时达到最大值, 此时弯拉破坏应变分别提升了约 16%、14%、13%、15%, 低温抗裂性能有较好的提升, 四种级配中 SMA-13 的当低温下的最佳抗裂性, 车辙剂含量大于 0.4% 达到 0.5% 时, 与车辙剂含量为 0% 的混合物相比, 四个阶段的弯曲拉伸断裂变形减少, 低温抗裂性能无明显提升。

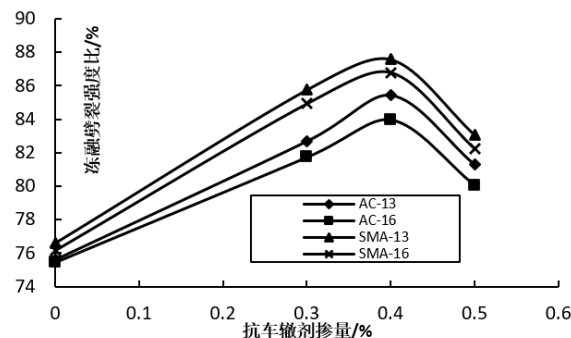


图 3 冻融劈裂测验结果

由图 3 可知, 抗车辙剂掺量由 0% 提升到 0.5% 的过程中, AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16 混合料的冻融劈裂强度比均先增后降, 且均在掺量为 0.4% 时达到最大值, 此时冻融劈裂强度比分别提升了约 13%、11%、14%、14%, 达到了 84%~88%, 其中 SMA-13 的水稳定性能最佳。

3. 工程应用

3.1 工程概况

某高速公路建成于 2009 年 4 月, 采用沥青路面结构, 该公路 K876+800~K877+900 作为试验路段由于处于高温地区、重要交通节点及重载交通过境段, 出现了较严重的车辙、裂缝及坑槽病害, 2019 年 6 月开始启动该高速公路的养护维修, 根据旧路检测结果对该公路 K876+800~K877+900 段制定以下维修方案: 原道路车行道铣刨 4cm 厚路面上面层后对局部中面层破损的路段进行修补, 最后加铺新沥青混合料, 具体加铺方案如图 3 所示, 路面上面层采用抗车辙剂改性沥青混合料 SMA-13, 配合比设计、施工现场所用材料 (抗车辙剂、集料、沥青等) 均同室内试验, 抗车辙剂掺量取 0.4%。

4cm 厚 SMA-13 上面层	} 旧路铣刨 4cm 厚上面 层后新铺沥青混合料
6cm 厚 AC-20 中面层 (原路面结构)	
8cm 厚 AC-25 下面层 (原路面结构)	
半刚性基层 (原路面结构)	

图 3 旧路加铺方案 (铣刨 4cm 厚原路面结构)

3.2 性能测验

现场混合物取样的性能随机抽检, 结果见表 7。

表 7 现场混合物取样和测试结果

动稳定度 / 次 $\cdot \text{mm}^{-1}$	弯曲破坏应变 / $\mu \varepsilon$	冻融劈裂强度比 / %
12145	3307	89.3

由表 7 可知, 现场试验结果均很好的满足规范^[6]要求, 待公路 K876+800~K877+900 段上面层完成后, 对其测验检测, 结果见表 8。

表 8 SMA-13 结果

构造深度 / mm	抗滑值 (BPN)	压实度 / %	渗水系数 / $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$	平整度 / mm
0.92	72	99.7	14.5	0.56

由表 8 可知, 该公路 K876+800~K877+900 段现场施工质量良好, 性能好, 各项验收指标较好的规范^[6]与设计要求。

3.3 持续观察和评估

该公路 K876+800~K877+900 段养护维修完成通车两年内, 对其长期路用性能进行了持续观测, 观测结果表明: 旧路完成养护维修通行两年内, 路面平整度高, 无车辙、裂缝等缺陷, 整体道路使用性能优异。

4. 结论

(1) 四种常用级配下 (AC-13、AC-16、SMA-13、SMA-16) 添加车辙改性剂后, 沥青混合物的高温 and 低温性能以及水稳定性得到有效改善, 使用的车辙剂量为 0.4%,

效果最佳。

(2) 耐车辙改性沥青混合物中, SMA-13、SMA-16 的高低温度性能、水稳定性能均要优于 AC-13、AC-16; 其中 SMA-16 的高温稳定性能最佳, SMA-13 的低温抗裂性能与水稳定性能最佳。

(3) 采用抗车辙剂 (0.4% 掺量) 改性沥青混合料 SMA-13 作为沥青路面上面层后, 路面实际路用性能优异。

参考文献:

- [1] 樊长昕, 王威. 抗车辙剂改性沥青混合料动稳定度变异性研究 [J]. 山西交通科技, 2021, (03): 48-50.
- [2] 马红梅, 贾永平. 不同种路用抗车辙剂应用性能分析 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2019, 15(10): 12-16.
- [3] 吴应升, 曹帆, 李旖. AC-16 混合料对抗车辙剂的路用性能响应分析 [J]. 西部交通科技, 2016, (09): 17-20.
- [4] 王晨. 基于重载交通下沥青混合料抗车辙性能研究 [D]. 华北理工大学, 2021.
- [5] 奚龙飞. 抗车辙剂 LY 在沥青混合料中的应用研究 [D]. 长安大学, 2017.
- [6] 交通运输部公路科学研究院. JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [7] 交通运输部公路科学研究院. JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.

作者简介:

杨建国 (1982—), 男, 汉族, 山西省朔州市应县人, 2006 年毕业于西南交通大学、土木工程专业、本科学士, 高级工程师, 主要从事公路工程勘察设计工作。