

中国产成品高黏沥青的排水沥青混合料 PA-13 性能研究

时敬涛^{1,2}, 安丰伟³, 李纯¹, 王体宏¹, 张生泉⁴, 徐金玉³

(1. 中石油燃料油有限责任公司研究院, 北京市 100195; 2. 中国石油大学(华东)重质油国家重点实验室;
3. 苏交科集团股份有限公司 新型道路材料国家工程实验室; 4. 中石油燃料油有限责任公司生产技术处)

摘要: 为了探索中国产低成本高黏改性沥青用于海绵城市的建设, 该文对采用南美重油生产的成品高黏沥青技术指标进行检测, 并设计了排水沥青混合料 PA-13。从水损害、高、低温性能、渗水性能等方面与其他市售高黏改性沥青及混合料性能进行比较。结果表明: 中国产成品高黏沥青及混合料性能与进口产品基本相当, 可以取代进口产品在排水路面进行应用, 以降低工程造价、更好地服务于海绵城市的建设。

关键词: 成品高黏沥青; 排水沥青混合料; 配合比设计; 路用性能

排水沥青混合料空隙率大, 内部连通孔隙多, 可快速排除路面雨水, 被广泛应用于海绵城市道路建设中, 可有效减少雨天路面水雾, 提高行车安全性同时又可减少噪声污染。

由于排水沥青混合料粗集料用量较多, 采用普通沥青会存在黏结性、抗车辙和变形能力差等问题, 同时为防止车轮荷载冲击作用下引起表面骨料飞散, 排水性沥青混合料多使用高黏改性沥青。高黏改性沥青主要有外掺高黏添加剂型和成品高黏沥青两种类型, 但是受部分进口原材料影响, 目前高黏沥青价格昂贵, 给排水沥青路面的大范围推广应用带来了较大的影响。另外, 添加剂型高黏沥青, 在施工时受拌和时间的影

响, 易存在拌和不均匀或者溶解不充分的现象, 严重时会影响工程质量。

采用南美重油生产的成品高黏沥青, 由于改性材料和制备工艺已国产化, 成本远低于进口高黏改性沥青, 该文对国产成品高黏改性沥青性能进行评价, 同时进行排水沥青混合料设计, 并与其他产品进行对比分析, 以期为中国海绵道路建设的推广应用提供支持。

1 高黏改性沥青性能评价

对南美重油为原料生产的成品高黏沥青技术指标进行了检测, 结果如表 1 所示。

表 1 高黏改性沥青技术指标

技术指标	单位	试验结果			技术要求	
		中国产成品 高黏沥青	某添加剂型 高黏沥青	TPS 高 黏沥青	JTG F40—2004	《排水沥青路面设计与施工 技术细则(征求意见稿)》
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)	0.1 mm	59	49	43	≤40	≤40
软化点 $T_{R\&B}$	℃	90.0	96.9	84.5	≤80	≤90
延度(5 ℃, 5 cm/min)	cm	37	43	—	—	≤30
溶解度	%	99.23	99.50	—	—	≤99
动力黏度(60 ℃)	Pa·s	486 723	807 641	30 900	≤20 000	≤50 000
布氏黏度(170 ℃)	Pa·s	1.450	2.029	—	—	≥3.0
弹性恢复(25 ℃)	%	99	98	97	—	≤95

收稿日期: 2020-01-20(修改稿)

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号: 2016YFE0108200); 江苏省交通科学研究计划项目(编号: 2016Y03)

作者简介: 时敬涛, 男, 硕士, 高级工程师。

续表 1

技术指标		单位	试验结果			技术要求	
			中国产成品 高黏沥青	某添加剂型 高黏沥青	TPS 高 黏沥青	JTG F40-2004	《排水沥青路面设计与施工 技术细则(征求意见稿)》
RTFOT(或	质量变化	%	-0.367	0.04	—	≧±0.6	≧±1.0
TFOT)后	残留针入度比(25℃)	%	84.7	81.6	—	—	≧65
残留物	残留延度(5℃)	cm	30	34	—	—	≧20

从表 1 可以看出:中国产成品高黏沥青各指标均满足 JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》中 OGFC 沥青混合料用高黏改性沥青和《排水沥青路面设计与施工技术细则(征求意见稿)》中高黏度改性沥青的技术要求。与某添加剂型高黏改性沥青相比,各项技术指标基本相当,与 TPS 高黏改性沥青相比,具有更高的黏度。

2 排水沥青混合料设计

2.1 原材料

采用中国产成品高黏沥青、玄武岩粗集料、石灰岩细集料和木质素纤维(掺量为沥青混合料质量的 0.1%)进行排水沥青混合料 PA-13 配合比设计。各

种矿料、沥青密度试验结果见表 2、3,各种矿料的筛分结果见表 4。

表 2 矿料密度试验结果

材料	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率/%
1# 料	2.944	2.842	1.64
2# 料	2.943	2.835	1.83
细集料	2.732	2.618	1.59
矿粉	2.734	—	—

表 3 高黏沥青及纤维密度试验结果

材料	相对密度
改性沥青	1.019
木质素纤维	1.10

表 4 各种矿料的筛分试验结果

矿料	通过下列筛孔(方孔筛:mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1# 料	100	80.8	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2# 料	100	100	96.6	5.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
细集料	100	100	100	99.5	72.2	54.3	34.1	22.4	16.6	13.3
矿粉	100	100	100	100	100	100	100	97.6	90.5	81.0

2.2 矿料级配确定

根据级配范围,试配 3 组不同的矿料级配作为初选级配,级配组成见表 5。

根据 14 μm 沥青膜厚度和集料表面积预估沥青用量,其估算沥青用量=假定膜厚×集料表面积。

集料表面积=0.41+0.41a+0.82b+1.64c+2.87d+6.14e+12.29f+32.77g。其中:a、b、c、d、e、f、g 分别为 4.75、2.36、1.18、0.6、0.3、0.15 和 0.75 mm 筛孔的通过百分率。

按照初选级配和油石比 5.0%,双面各击实 50 次制作马歇尔试件,测定空隙率(VV)和马歇尔稳定度,

测试结果见表 6。

选级配 B 为优选级配,其空隙率 VV 和马歇尔稳定度均满足要求。

2.3 最佳油石比确定

按照优选级配 B 称取矿料,按±0.5%、±1%变化油石比,分别进行肯塔堡飞散和谢伦堡析漏试验(表 7)。根据试验结果绘制谢伦堡析漏和肯塔堡飞散试验结果与油石比的关系图(图 1),图中以飞散试验结果的拐点为最小沥青用量(OAC₁),以析漏试验结果的拐点为最大沥青用量(OAC₂),在 OAC₁~OAC₂ 的范围内参照马歇尔试验结果,确定最佳油石比为 5.0%。

表 5 3 组不同的矿料级配组成

级配类型	通过下列筛孔(方孔筛:mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配 A	100	90.3	52.2	16.3	11.5	9.6	7.4	6.0	5.1	4.4
级配 B	100	90.7	54.1	20.2	14.4	11.7	8.7	6.9	5.8	4.9
级配 C	100	91.1	56.0	24.1	17.3	13.9	10.1	7.8	6.5	5.4
级配上限	100	100	71.0	30.0	20.0	17.0	14.0	12.0	9.0	7.0
级配下限	100	90.0	40.0	10.0	9.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0

表 6 初选级配马歇尔试验结果

项目	油石比/ %	试件毛体积 相对密度	计算理论最 大相对密度	空隙率 VV/%	马歇尔稳 定度/kN
级配 A	5.0	2.056	2.640	22.1	4.81
级配 B	5.0	2.123	2.632	19.3	7.76
级配 C	5.0	2.149	2.625	18.1	5.42
要求	—	—	—	18—25	≥5

表 7 不同油石比的沥青混合料马歇尔试验结果

项目	油石比/ %	毛体积相 对密度	计算理论最 大相对密度	空隙率/ %	谢伦堡析 漏/%	肯塔堡飞 散/%
混合料 PA-13	4.0	2.035	2.673	23.9	0.02	27.7
	4.5	2.093	2.652	21.1	0.04	18.2
	5.0	2.123	2.632	19.3	0.10	9.6
	5.5	2.165	2.613	17.1	0.20	7.1
	6.0	2.221	2.594	14.4	0.35	5.3
要求	—	—	—	18~25	≤0.8	≤15

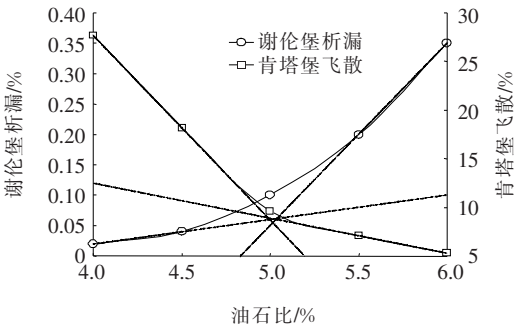


图 1 谢伦堡析漏和肯塔堡飞散与油石比的关系图

2.4 混合料性能验证

以确定的矿料级配和最佳油石比拌制混合料,分别进行浸水肯塔堡飞散试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验、车辙试验、低温小梁弯曲试验和渗水试验,试验结果见表 8。

表 8 表明:所设计的 PA-13 改性沥青混合料的抗水损害性能、高温稳定性能、低温抗裂性能均满足技

术要求,具有良好的路用性能。

表 8 PA-13 混合料性能试验结果

试验项目	单位	试验结果	技术要求
浸水肯塔堡飞散	%	12.5	≤20
残留稳定度	%	86.3	≥85
冻融劈裂残留强度比	%	88.1	≥80
动稳定度	次/mm	6 267	≥6 000
低温弯曲破坏应变	με	2 918.8	≥2 800
渗水时间(5 000 mL)	s	40	≤60

3 排水沥青混合料性能对比

将中国产成品高黏改性沥青混合料 PA-13 与某高黏改性沥青和 TPS 高黏改性沥青 PA-13 混合料的路用性能进行比较,混合料技术指标比较见表 9。

表 9 混合料技术指标比较

沥青类型	残留稳定度/%	冻融劈裂残留强度比/%	渗水时间 (5 000 mL)/s	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	低温弯曲破坏应变/ $\mu\epsilon$
中国产成品高黏沥青	86.3	88.1	40	6 267	2 918.8
某高黏改性沥青	88.2	87.9	41	7 778	2 989.4
TPS 高黏改性沥青	88.6	84.6	46	7 058	3 559.0

从表 9 可以看出:中国产成品高黏沥青混合料 PA-13 与其他品牌高黏沥青混合料的性能基本相当,已达到目前市场上同类产品的技术水平。

4 应用前景分析

中国产成品高黏沥青 PA-13 混合料,各项路用性能均满足排水路面技术要求,且常规热拌沥青混合料施工机具便可施工,无需额外增加机具及工序。从造价方面看,中国产成品高黏沥青,其改性剂材料及制备工艺已国产化,每吨材料生产成本与 SBS 改性沥青相比仅增加 500 元左右,以 SBS 改性沥青 4 500 元/t、高黏改性剂 35 000 元/t 进行测算,每吨成品高黏改性沥青造价为 5 000 元左右,添加剂型高黏沥青(改性剂与 SBS 改性沥青掺配比例大约为 8:92)为 7 000 元左右,与添加剂型高黏改性沥青相比可节约成本 28%左右,其经济效益显著,有着较好的应用推广价值。

5 结论

- (1) 采用南美重油生产的成品高黏沥青各项技术指标均满足排水沥青路面高黏度改性沥青技术要求,与某添加剂型高黏改性沥青和 TPS 高黏改性沥青相比,已达到同等水平。
- (2) PA-13 混合料路用性能试验表明,中国产成品高黏沥青排水混合料具有良好的抗水损害性能、高低温稳定性能、渗水性能等。
- (3) 对采用不同高黏改性沥青设计的排水混合料性能进行比较,结果表明,中国产成品高黏沥青设计的

排水混合料 PA-13 路用性能与某市售高黏改性沥青及 TPS 高黏改性沥青排水混合料 PA-13 路用性能相当,基本处在同一水平。

(4) 采用南美重油生产的成品高黏沥青,材料和工艺已国产化,成本远低于进口高黏沥青,试验结果表明沥青及混合料性能与进口产品基本相当,可以取代进口产品在排水路面中进行应用。

参考文献:

- [1] 徐皓,倪富健,陈荣生,等.排水性沥青混合料耐久性[J].交通运输工程学报,2005(2).
- [2] 李立寒,王浩仰,耿韩.排水性沥青混合料抗车辙能力及其敏感性分析[J].建筑材料学报,2013(4).
- [3] 杨春景,刘冉冉.粗细集料比对排水性沥青混合料性能的影响[J].公路工程,2015(2).
- [4] 杨青莹,韩娟.多聚磷酸与 TPS 复合改性沥青及排水性沥青混合料耐久性试验研究[J].公路工程,2016(3).
- [5] 谭瑞梅.高黏改性剂在 OGFC 沥青混合料中的应用[D].长安大学硕士学位论文,2011.
- [6] 文湘.透水性沥青混合料耐久性研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2012.
- [7] 王敏敏.开级配排水性沥青混合料配合比设计方法研究[J].公路工程,2016(5).
- [8] JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [9] JTG/T XXX-XXXX 排水沥青路面设计与施工技术细则(征求意见稿)[S].
- [10] 孙雅珍,顾章义,王金昌,等.高黏沥青砂的松弛特性研究[J].中外公路,2017(4).
- [11] 高桂海,熊梅,钱波.不同外掺纤维增量排水沥青混合料性能研究[J].中外公路,2019(6).