

克拉玛依沥青改性工艺对比研究

袁野¹, 时敬涛¹, 李纯¹, 魏艳萍²

(1. 中石油燃料油有限责任公司研究院, 北京 100195; 2. 国路高科(北京)工程技术研究院有限公司, 北京 100089)

摘要: 为评价湿法、干法工艺对克拉玛依沥青的适用性, 分别采用常规 SBS 改性剂、干投型 SBS-T 改性剂制备改性沥青, 采用干法、湿法两种工艺拌制改性沥青混合料, 对其路用性能进行测试。结果显示, 在同一针入度等级的情况下, 使用干法改性剂制备的改性沥青的高低温指标优于湿法; 使用干法工艺制备的改性沥青及改性沥青混合料的性能指标能满足规范要求, 干法技术制备的改性沥青混合料的车辙动稳定度远高于湿法, 强度、抗疲劳性能和抗水损害性能也有所提升; 成品改性沥青在储存过程中性能指标发生一定变化, 通过结合料评价并不能完全表征这种变化; 对克拉玛依沥青改性时建议采用干法工艺。

关键词: 公路; 克拉玛依沥青; 干法; 湿法; 改性工艺; 改性沥青

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)05-0056-03

随着社会经济的快速发展, 机动车保有量和车辆载重逐年攀升, 对公路路面材料的质量要求日益严格, 重交沥青的性能指标已无法满足重载路面的需要。与重交沥青相比, SBS 改性沥青具有优异而均衡的高低温性能和抗老化能力, 已成为高等级公路特别是高速公路建设的必备材料。

以克拉玛依九区稠油为原料生产的克拉玛依沥青, 蜡含量低, 具有优异的低温性能和抗老化性能, 在中国公路建设中得到广泛应用, 是西北地区沥青的主要组成部分。但克拉玛依重交沥青中沥青质和芳香分偏低, 与 SBS 改性剂相容性较差, 化学配伍亲和能力不足, 与 SBS 共混形成的 SBS-沥青体系在高温储存时稳定性差, 难以通过常规的湿法工艺制备得到储存稳定的改性沥青产品。另外, 克拉玛依沥青较低的沥青质含量导致其制备的改性沥青的软化点等高温性能指标难以满足工程需要, 容易出现车辙等病害。干法工艺将沥青、改性剂、集料在拌和阶段一同加入拌和楼, 在高温和石料的快速挤压作用下完成沥青的改性。与湿法工艺相比, 干法工艺省去了成品改性沥青的制备过程, 能避免常规改性工艺难以解决的改性剂离析分层、热储存性能指标衰减等问题。该文评价干法工艺对克拉玛依沥青的适用性。

1 试验方案

1.1 试验原料

采用克拉玛依 90# 沥青, 其各项指标均符合

JTG F40-2004 的要求, 其中表征高温性能的软化点和表征低温性能的延度均远超标准要求, 说明其具有良好的高低温稳定性; 蜡含量为 1.6%, 低于标准 $\leq 2.2\%$ 的要求, 说明其感温性强, 其性质不易受到温度变化的影响(见表 1)。

表 1 克拉玛依 90# 沥青的性能指标

检测项目	检测指标	技术要求
针入度 (25 °C)/(0.1 mm)	87	80~100
软化点/°C	47	≥ 45
延度 (15 °C)/cm	>150	≥ 100
针入度指数	-0.34	-1.5~1.0
密度 (25 °C)/(g·cm ⁻³)	0.979	实测
蜡含量/%	1.6	≤ 2.2
闪点/°C	322	≥ 245
动力粘度 (60 °C)/(Pa·s)	328	≥ 160
质量损失/%	-0.1	± 0.8
TFOT 针入度比/%	77.6	≥ 57
残余物 软化点/°C	50.8	—
延度 (10 °C)/cm	95	≥ 8

干法改性剂采用国路高科工程技术研究院的 SBS-T, 其性能指标见表 2。

表 2 SBS-T 改性剂的性能指标

检测项目	检测结果	技术要求
外观	颗粒状, 均匀	颗粒状, 均匀
单个颗粒质量/g	0.25	≤ 0.5
灰分/%	0.36	≤ 1.0
干拌分散性	无颗粒残留	无颗粒残留

1.2 试验方法

1.2.1 干法改性沥青的制备及表征

为了验证干法工艺对沥青的改性效果,以克拉玛依 90[#] 沥青、SBS-T 改性剂为原料进行模拟湿法的干法改性沥青制备及表征。方法如下:1) 用电子天平称量 500 g 基质沥青试样放于盛样器中,在烘箱中加热至 180 ℃;2) 按比例称取一定质量的干法 SBS 改性剂,加入沥青中并用玻璃棒搅拌均匀;3) 用剪切机按 5 000 r/min 的速率剪切 20 min,剪切温度为(185±5) ℃;4) 关闭剪切机,将制备好的干法 SBS 改性沥青立即浇模进行指标测试。

1.2.2 干法改性沥青混合料的制备及表征

添加 6% SBS-T 模拟湿法工艺制备成品 SBS 改性沥青以确定最佳油石比,级配选用常见的 AC-16(见表 3),试验中将各规格料按照标准筛孔筛成各粒径精确配料。

表 3 AC-16 的目标级配

筛孔尺寸/ mm	通过百分 率/%	筛孔尺寸/ mm	通过百分 率/%
19.00	100	1.180	25
16.00	95	0.600	18
13.20	84	0.300	13
9.50	70	0.150	10
4.75	48	0.075	6
2.36	36		

按照马歇尔方法,通过试验确定最佳油石比为 4.5%。干法 SBS 改性沥青混合料试件成型方法如下:1) 用烘箱将沥青及集料分别加热至 150、185 ℃;2) 将 SBS-T 和热集料干拌 60 s;3) 加入预定用量的沥青拌和 90 s;4) 加入矿粉,拌和 90 s;5) 混合料拌制完毕后放入 175 ℃烘箱中恒温养生 1 h,取出立即成型试件。

2 试验结果与分析

2.1 改性沥青性能对比

进行干法、湿法两种改性剂制备的改性沥青性能对比,其中:湿法改性沥青选择以克拉玛依 90[#] 重交沥青生产的 I-C SBS 聚合物改性沥青,干法改性沥青中加入有效含量与湿法改性沥青所含改性剂相同的 SBS-T。两种改性沥青的性能指标见表 4。

实际使用时,受运输半径和天气的影响,通过湿法制备的成品改性沥青在拌和前往往往需经过长时间的热储存过程,SBS 改性沥青作为一个热力学不稳

定体系,在该过程中其性质可能会发生变化,进而对改性沥青混合料的路用性能产生不良影响。为模拟实际使用情况下湿法改性沥青的应用效果,将成品改性沥青在 163 ℃情况下储存 72 h,对其性能进行全面评价,结果见表 4。

表 4 湿法、干法两种工艺制备的改性沥青性能指标对比

检测项目	湿法改性沥青		干法改性沥青	技术要求
	新鲜	储存后		
针入度(25 ℃)/ (0.1 mm)	72	71	69	60~80
软化点/℃	58	49.2	64	>55
延度(5 ℃)/cm	34.1	32.1	45.2	≥30
运动粘度(135 ℃)/ (Pa·s)	1.81	2.12	1.99	≤3
弹性恢复(25 ℃)/%	83	76	96	≥60
RTFO 质量变化/%	-0.65	-0.12	-0.55	±1
针入度比/%	68	82	78	≥60
残余物延度(5 ℃)/cm	22	21	24	≥20

由表 4 可知:1) 在加入改性剂掺量相同的情况下,两种改性沥青的各项性能指标均符合相关技术要求,且针入度基本相仿。就表征高温性能的软化点来说,湿法改性沥青刚好满足行业标准大于 55 ℃的要求,处于较低水平,这是因为克拉玛依基质沥青中的沥青质含量较低,制备得到的 SBS 改性沥青难以形成稳定的胶体结构,SBS 改性剂难以发挥其全部功效;干法改性沥青的软化点比湿法改性沥青提高约 10%,这可能和 SBS-T 中含有的快速交联体系有关,这种交联体系在很大程度上弥补了克拉玛依沥青组分的不足。低温性能方面,两种改性沥青的低温延度虽然都能符合技术要求,但也存在较大差异,干法改性沥青明显优于湿法改性沥青,其值超出标准要求 50%,说明对于克拉玛依沥青,干法改性沥青的低温性能优于湿法改性。RTFO 残余物中,表征抗老化性能的针入度比和低温延度两种沥青基本一致,干法改性沥青的表现均较好,具有较为优异的抗老化性能。2) 成品改性沥青在储存后各项性能发生不同程度变化,其中运动粘度略有增加,说明体系变得更粘稠,针入度、延度的变化幅度仍在能接受的范围内,表征高温性能的软化点衰减较严重,可能是由于 SBS 改性剂受热分解,之前形成的 SBS 交联结构在热储存过程中受到破坏。

综上,干法改性剂对沥青具有良好的改性效果,且在相同的有效 SBS 掺量下,其高温稳定性、低温

抗裂性、抗老化性能均优于常规的湿法改性沥青,且不受热储存过程的影响,具有良好的应用前景。

2.2 改性沥青混合料性能对比

进行干法、湿法改性沥青混合料路用性能评价,

其中干法改性沥青混合料的制备方法见 1.2.2 节,湿法改性沥青混合料采用新鲜湿法改性沥青、储存后湿法改性沥青通过常规拌和方法得到。两种工艺制备的改性沥青混合料的性能见表 5。

表 5 湿法、干法两种工艺制备的改性沥青混合料性能指标对比

检测项目	湿法改性沥青混合料		干法改性沥青混合料	技术要求
	新鲜	储存后		
空隙率/%	4.0	4.3	4.1	2~4.5
稳定度/kN	8.7	8.1	10.7	≥8
残留稳定度/%	82.4	80.2	87.2	≥80
动稳定度/(次·mm ⁻¹)	3 410	2 986	4 459	≥3 000
低温弯曲试验破坏应变/με	4 321	2 873	4 978	≥3 000

由表 5 可知:1) 干法和以新鲜改性沥青通过湿法制备的改性沥青混合料的各项性能指标均符合相关技术要求,相比而言,干法混合料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性优于湿法混合料。2) 与新鲜改性沥青相比,使用储存 72 h 后的改性沥青拌制的混合料的路用性能下降较严重,反映高温稳定性的动稳定度下降幅度超过 12%,已不能满足标准要求,这与之前沥青结合料评价结果一致。低温性能方面,表征抗裂性能的低温弯曲试验破坏应变在热储存后也有较明显的衰减,说明低温性能受到损害,这与沥青结合料的变化趋势并不相符。由于沥青混合料的路用性能评价结果比沥青结合料评价更直接,也更具有可信度,虽然克拉玛依改性沥青在热储存后结合料的低温性能未发生明显变化,但制备得到的混合料的低温抗裂性能下降明显,已难以满足实际工程需要。说明成品改性沥青在储存过程中其性质会发生一定变化,这种变化会对其路用性能造成不良影响,而沥青结合料指标评价并不能完全表征这种变化。

与湿法相比,干法工艺不但能省去改性沥青的加工过程,降低能源消耗,还能避免成品改性沥青的热储存过程,使其路用性能在摊铺前一直维持在较高水平,是克拉玛依沥青较为适合的改性工艺。

3 结论

(1) 干法改性剂对沥青具有良好的改性效果,在相同的有效 SBS 掺量下,其高温稳定性、低温抗裂性、抗老化性能明显优于常规的湿法改性沥青,且不受热储存过程的影响。

(2) 在热储存过程中,成品改性沥青的路用性

能会受到损失,通过沥青结合料评价并不能对这种损失进行有效表征,应以沥青混合料评价结果为准。

(3) 干法制备的改性沥青混合料的车辙动稳定度远高于湿法制备的改性沥青混合料,其强度、抗疲劳和抗水损害性能也有所提升,在运输距离较远的地区建议采用干法工艺对克拉玛依沥青进行改性。

参考文献:

- [1] 张德勤.石油沥青的生产与应用[M].北京:中国石化出版社,2001.
- [2] 沈金安.改性沥青与 SMA 路面[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [3] 王金勤,朴文华,杨克红.克拉玛依道路沥青的 PG 性能等级评价[J].石油沥青,2006,20(1).
- [4] 徐鸥明,韩森,李洪军.克拉玛依重交通 90[#] 及其 SBS 改性沥青紫外线老化研究[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2007,31(1).
- [5] 高华.利用克拉玛依稠油沥青制备 SBS 改性沥青[D].青岛:青岛科技大学,2007.
- [6] 张艳莉,王金勤,杨克红,等.克拉玛依沥青与 SBS 相容性研究[J].石油沥青,2013,27(4).
- [7] 周巧英,刘平,李传夫.影响 SBS 改性克拉玛依沥青改性效果原因分析[J].湖南交通科技,2013,39(2).
- [8] 刘莹,王涵,郭娜,等.干法工艺生产改性沥青混合料的发展现状[J].石油沥青,2017,31(2).
- [9] 朱荣芳,唐国奇.基于动态力学的直投改性技术机理及应用研究[J].公路与汽运,2017(5).
- [10] 郝培文,张宜洛,江建坤,等.改性工艺参数对 SBS 改性沥青性能影响研究[J].重庆交通学院学报,2001,20(2).

收稿日期:2018-11-06