

高寒阴湿地区不同改性方式沥青混合料路用性能研究

王伟俊¹ 蔡乾东² 党学庆¹ 程可飞²

(1. 甘肃省甘南公路管理局, 甘肃 甘南 747000; 2. 陕西长大博源公路养护科技有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要: 本文依托高寒阴湿地区干线公路改造工程, 针对橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR 与 SBS 改性沥青两种不同改性方式下的沥青混合料路用性能、施工特性及适用性进行了研究。通过对比分析表明, 橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR 能够快速实现改性, 性能显著, 施工便捷, 在高寒阴湿地区自然气候条件、施工环境下更具推广优势, 具有积极的现实意义。

关键词: 高寒阴湿; 改性剂 MaR; SBS 改性沥青; 路用性能

中图分类号: U414

文献标识码: B

长期以来, 针对高寒阴湿地区干线公路沥青路面通常采用 100 号以上的高标号沥青作为粘结料, 以防止沥青路面在低温环境中较早产生开裂现象。近年来, 随着二级公路路网的不断发展, 大量车辆分流至干线公路现象日益突出, 且超载现象严重, 重载车辆逐渐增多, 由此导致干线公路沥青路面产生大量车辙损坏, 影响了交通行驶安全, 极大的缩短了路面使用寿命和服务质量。

目前, 采用改性沥青混合料来提高沥青路面抗车辙性能效果显著。关于改性沥青混合料的生产, 大多数是先生成 SBS 改性沥青再拌制混合料, SBS 改性沥青通常采用工地现场改性或工厂改性生产的方式, 但考虑到甘南高寒阴湿地区处于特殊的地理环境, 海拔高, 草原气候, 常年气温较低、降雨频繁等, 俗称“一天经四季”之说, SBS 改性沥青在使用过程中经常面临温度损失快、存储时间长、容易产生离析等问题。因此, 一种基于普通沥青与沥青拌合站的拌缸平台, 通过在普通沥青混合料拌和过程中直接投放橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR 实现快速改性的技术得以应用。本文依托甘南高寒阴湿地区的 G213 线维修改造工程, 为解决沥青路面抗车辙问题, 首次采用橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR、SBS 改性沥青制备改性沥青混合料, 通过对不同改性方式沥青混合料的路用性能、施工特性及适用性进行分析, 旨在探索一条适合高寒阴湿地区的改性沥青混合料技术解决途径, 提升干线公路沥青路面综合路用性能。

1 配合比设计

1.1 原材料

(1) 沥青。本项目沥青采用镇海 90[#]A 级道路石

油沥青、SBS I-C 级改性沥青, 不同种类沥青的各项指标检测结果见表 1、表 2。

表 1 镇海 90[#]A 级石油沥青试验结果

序号	检测项目	标准要求	试验结果
1	针入度(25℃, 100g, 5s) /0.1mm	80~100	92.5
2	延度(15℃, 5cm/min) /cm	≥100	143
3	软化点(环球法) /℃	≥44	47.1
4	密度/(g/cm ³)	实测值	1.029
	质量变化/%	≤±0.8	0.28
5	RTFOT 后 残留针入度比/%	≥57	60.8
	15℃残留延度/cm	≥20	21.7

表 2 SBS I-C 级改性石油沥青试验结果

序号	试验项目	技术要求	检测结果
1	密度(15℃) (g/cm ³)	实测记录	1.036
2	针入度(25℃, 100g, 5s) (0.1mm)	60~80	73.4
3	5℃延度(5cm/min) /cm	≥30	48.5
4	软化点(R&B) /℃	≥55	74.3
5	运动粘度(135℃) (Pa·s)	≤3	1.99
6	25℃弹性恢复率/%	≥65	87.7
	质量变化/%	-1.0~+1.0	0.28
7	RTFOT 残留针入度比(25℃) /%	≥60	71.8
	残留延度(5℃) /cm	≥20	22.5

(2) 集料。集料由甘南州尔海料场生产, 细集料采用硬质碎石石灰岩轧制的机制砂, 填料为石灰岩轧制的碎石石料经研磨得到的矿粉, 集料各项性能检测结果如表 3、表 4、表 5。

(3) 橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR

橡塑复合型改性剂(简称 MaR) 基于沥青混合料改性技术而开发的新一代改性剂产品。MaR 采用橡胶、树脂、高分子聚合物、纳米级材料、矿物材料及助剂等高分子化合物在相应温度、压力条件下复合、混炼、粉碎而成的新型材料。

基金项目: 甘肃省交通运输厅科技项目《高寒地区二级公路重载交通沥青路面车辙防治技术与应用研究》

作者简介: 王伟俊(1970-), 男, 甘肃舟曲人, 高级工程师, 主要从事公路养护与管理。

表3 粗集料性能指标检测结果

检测项目	技术要求	检测结果				
		22~33	15~22	10~15	5~10	3~5
压碎值/%	≤30	17.3	16.9	16.1		
磨耗值/%	≤35	18.2	17.8	17		
表观相对密度	≥2.45	2.624	2.691	2.709	2.719	2.946
表干相对密度	实测值	2.583	2.598	2.672	2.672	2.816
毛体积相对密度	实测值	2.502	2.517	2.651	2.644	2.818
吸水率/%	≤3.0	0.71	0.72	0.80	1.05	1.54
针片状颗粒含量/%	≤20	5.1	5.2	8.3	76	

表4 细集料性能指标检测结果

序号	试验项目	技术要求	检测结果
1	表观相对密度	≥2.45	2.882
2	含泥量 < 小于0.075mm 颗粒含量) /%	≤5	4.6
3	砂当量(%)	≥50	67

表5 矿粉性能指标检测结果

序号	试验项目	技术指标	检测结果
1	表观密度(g/cm ³)	≥2.5	2.689
2	含水率/%	≤1	0.001
3	粒度范围	小于0.6mm 颗粒含量/%	100
		小于0.15mm 颗粒含量/%	90~100
		小于0.075mm 颗粒含量/%	70~100

表6 ATB-25 级配设计结果

筛孔	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
规范上限	100	100	80	68	62	52	40	32	25	18	14	10	6
规范下限	100	90	60	48	42	32	20	15	10	8	5	3	2
规范中值	100	95	70	58	52	42	30	24	18	13	10	7	4
ATB-25	100	97.2	64.4	56.2	49.9	42.4	30.8	21.1	14.8	10.7	8.0	6.2	3.3

1.3 不同改性方式沥青混合料的制备

(1) MaR 改性剂投放及拌和。一般情况下,在3%以下长大坡路段, MaR 的外掺剂量定为0.3%,在3%以上长大坡路段, MaR 的外掺剂量定为0.5%。MaR 改性剂的投放工艺分自动投料机和人工投放两种方式,本项目采用人工投放方式,首先按照拌缸所拌混合料的质量反算每缸所需投入的改性剂质量,提前将改性剂分袋装好,拌和时直接人工投放。



图2 MaR 改性剂按剂量分袋投放

MaR 改性沥青混合料拌投料顺序依次为,先投放加热矿料,再投放 MaR 改性剂,拌和8~10s后再投沥青,最后投放矿粉,拌和楼一个拌和生产周期约50s。

(2) SBS 改性沥青的制备及拌和。本次采用的 SBS I-C 改性沥青为现场加工生产,生产设备主要包括导热油加温系统,基质沥青卸车、存储系统,基质沥青快速升温系统,改性剂添加系统,改性沥青剪切主机、改性沥青



图1 橡塑复合型改性剂 MaR

该产品吸收了相容改性技术与温拌技术的优点,直接对沥青混合料快速产生物理与化学作用,在沥青胶浆与集料之间能够形成良好的拉丝、桥接与裹覆效果,有效增加沥青膜厚度,提高沥青胶浆的粘结性能。采用橡塑复合技术,既保证了沥青混合料高温时的“刚”性,又提高沥青混合料低温“韧”性,同时兼顾了抗水损性能,提高沥青路面耐久性能、延长道路使用寿命。

1.2 级配

本项目所用 ATB-25 级配各筛孔通过率见表6,根据马歇尔试验方法确定的最佳油石比为3.9%。

发育、存储及发运系统组成,改性沥青产能达20T/h。其中改性沥青中 SBS 为线型高聚物,其掺量为4.5%。SBS 改性沥青混合料拌和温度为165~175℃。

2 不同改性方式下沥青混合料路用性能

(1) 车辙试验。为检验不同改性方式混合料的高温抗车辙能力,室内制作经轮碾成型的300mm×300mm×100mm 的车辙板试件,在0.7MPa、60℃条件下进行车辙试验,改性沥青混合料动稳定度检测结果见表7。

表7 不同改性方式下车辙试验结果

沥青混合料类型	变形量/ mm	动稳定平均值/ 次·mm ⁻¹	变异系数/%	技术要求
基质+0.5% MaR	0.078	8330	2.22	≥5000
SBS 改性沥青	0.086	7554	9.50	

由表7中可知,不同改性方式下,沥青混合料动稳定度值均能满足技术要求。沥青混合料快速改性技术和 SBS 改性沥青技术两种改性方式下,前者动稳定度较后者高出约10.3%,说明该改性技术能更好的提高沥青路面抗车辙能力。

(2) 冻融劈裂试验。为检验沥青混合料水稳定

性制作用击实法成型的高 63.5mm ± 1.3mm、直径 101.5mm 的马歇尔试件,击实次数为双面 75 次。对其进行冻融劈裂试验,劈裂强度检测结果见表 8。

表 8 不同改性方式下冻融循环劈裂试验结果

沥青混合料类型	基质 + 0.5% SBS 改性		技术要求
	MaR	沥青	
冻融循环前劈裂强度平均值/MPa	1.57	1.31	
冻融循环后劈裂强度平均值/MPa	1.34	1.14	
残留强度比/%	85.4	87.0	≥80%

由表 8 可知,冻融劈裂残留强度比均满足技术要求。不同改性方式下残留强度比 SBS 改性沥青高于基质沥青参加 0.5% MaR 改性剂,对比冻融循环前后劈裂强度可知, MaR 改性技术下劈裂强度值均高出 SBS 改性沥青的劈裂强度值,冻融前后分别高出约 19.8% 和 17.5%。冻融后混合料快速改性技术下劈裂强度衰减较大,从而冻融劈裂残留强度比前者略低于后者约 1.8%,这说明 MaR 中的组分对残留强度比改善略有逊色。

(3) 浸水马歇尔试验。为检验沥青混合料稳定度,制作击实法成型的高 63.5mm ± 1.3mm、直径 101.5mm 的马歇尔试件,击实次数为双面 75 次。在水浴 60℃ 条件下对其分别保温 0.5h 和 48h,并进行稳定度试验,残留稳定度检测结果见表 9。

表 9 不同改性方式下马歇尔稳定度试验结果

沥青混合料类型	基质 + 0.5% MaR		技术要求
	SBS 改性 沥青	沥青	
0.5h 水浴保温稳定度平均值/kN	11.94	11.87	
48h 水浴保温稳定度平均值/MPa	10.91	11.06	
残留稳定度/%	91.4	93.2	≥85%

从表 9 可见,不同改性方式下沥青混合料稳定度和残留稳定度均满足技术要求。沥青混合料快速改性和 SBS 改性沥青技术 2 种不同改性方式下,30min 稳定度前者高出后者 0.6%,48h 稳定度后者高出前者 1.4%,对比残留稳定度可知,SBS 改性沥青技术较 MaR 改性技术略高出约 2.0%。2 者在浸水残留稳定度方面基本相当。

3 不同改性方式的适用性分析

通过对 2 种不同改性方式的对比分析可知,粉粒状高分子聚合物沥青混合料改性剂 MaR,通过在拌和过程中直接投放至拌缸,一方面对普通沥青混合料实现了快速改性,另一方面对改性沥青混合料实现了增强改性作用,可显著提高沥青薄膜厚度,增强沥青胶浆与矿料的粘结性能,从而较大程度的提高了沥青路面抗车辙、抗水损、抗开裂及耐久性能,该新型改性方式与传统 SBS 改性沥青技术相比工艺简单、施工便捷。

对于 SBS 改性沥青混合料和 MaR 沥青混合料改

性技术 2 种不同改性方式下 2 者相关技术特性对比见表 10。

表 10 MaR 混合料改性与 SBS 改性沥青混合料适用性分析

项目	SBS 改性沥青	MaR 混合料改性剂
路用性能	满足现行规范要求	在改善其他路用性能下,抗车辙性能优于 SBS 改性沥青
施工组织	普通沥青与改性沥青储罐的转换时间和工艺很难把握,且管理上无法监控	投放时间和剂量按需分配,灵活把控,不增加其他施工安排
施工配置	现场改性需要专门场地和电力等配置;成品供应则需采取装卸、运输、保温、防储存离析等措施,另需配备专用存储罐和连接设施	人工直接投放或配置一台自动投料机投放即可,不增加其他设备投入
施工进度	现场加工时需要足够的设备安装和调试时间,成品改性时受运距和运输周期影响明显	供应周期短而快,到场即用
质量管理	管理单位对改性剂掺量不易控制	掺量自动监控,随时可查
经济效益	施工过程极易产生大量间接成本,影响因素较多,且控制难度大。	施工过程不产生任何间接成本,直接成本低于 SBS 改性沥青混合料的造价
高寒地区的适应性	高寒地区海拔高、温差大、降雨频繁,停工或待工时,成品改性沥青不宜长期存储,时间过长时品质衰减,易造成废料或清退成本	在保证普通沥青的基础上,不受工期或天气影响,随用随投,质量控制方便,无损耗成本

由表 10 分析对比可知, MaR 混合料改性技术不仅达到改性沥青混合料路用性能的相关技术要求,而且在适应高寒阴湿地区自然气候及施工环境下更具优势。

4 结论

通过对 SBS 改性沥青、橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR 两种不同改性方式路用性能试验分析可知,2 者均对沥青混合料的路用性能提高显著。通过对应用工艺、施工特性及区域适用性的分析可知,橡塑复合型沥青混合料改性剂 MaR 可快速实现改性,在高寒阴湿地区自然气候条件、施工环境下,具有施工便捷、性能显著、经济合理等优势,具有积极现实意义,应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 王伟俊,蔡乾东,等.《高寒地区二级公路重载交通沥青路面车辙防治技术与应用研究》示范试验路段报告.西安:陕西长大博源公路养护科技有限公司,2015.
- [2] 吴敏刚,蔡乾东,等.高等级公路沥青路面养护维修技术读本.北京:人民交通出版社,2011.
- [3] 蔡乾东,杨江伟,等.橡塑复合型改性剂 MaR 产品手册.西安:陕西长大博源科技公司,2015.