

# 不同类型改性沥青薄层罩面沥青混合料性能研究

王利军<sup>1</sup> 江宽<sup>2</sup> 董大伟<sup>2</sup> 施学军<sup>1</sup> 乔向军<sup>1</sup>

1 包头市市政设计有限责任公司 2 北化(包头)协同创新中心有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16918

**[摘要]** 本文利用马歇尔实验方法,采用高温车辙、小梁弯曲及水稳定性试验等验证了不同种类改性沥青在不同级配类型下制备薄层罩面的路用性能,并依托国道210线公路养护项目进行工程应用验证。结果表明,采用SBS改性沥青制备的AC-10型沥青混合料、橡胶复合改性沥青制备的SMA-10型沥青混合料及高粘高弹橡胶复合改性沥青制备的Nova Chip-B型沥青混合料的路用性能均满足规范要求;工程应用采用高粘高弹橡胶复合改性沥青制备的SMA-10型薄层罩面沥青混合料路用性能更优异。

**[关键词]** 薄层罩面; 改性沥青; 配合比设计; 高粘弹橡胶复合改性沥青混合料; 路用性能

中图分类号: TV432+.7 文献标识码: A

## Study on the Performance of Asphalt Mixtures for Different Types of Modified Asphalt Thin Overlays

Lijun Wang<sup>1</sup> Kuan Jiang<sup>2</sup> Dawei Dong<sup>2</sup> Xuejun Shi<sup>1</sup> Xiangjun Qiao<sup>1</sup>

1 Baotou Municipal Design Co., Ltd.

2 Beihua (Baotou) Collaborative Innovation Center Co., Ltd.

**[Abstract]** In this study, the Marshall test method was adopted, and high-temperature rutting test, beam bending test, and water stability test were used to verify the pavement performance of thin overlays prepared with different types of modified asphalt under various gradation types. Additionally, engineering application verification was conducted based on the highway maintenance project of National Highway 210. The results show that the pavement performance of AC-10 asphalt mixture prepared with SBS modified asphalt, SMA-10 asphalt mixture prepared with rubber composite modified asphalt, and Nova Chip-B asphalt mixture prepared with high-viscosity and high-elasticity rubber composite modified asphalt all meet the specification requirements. In engineering application, the SMA-10 thin overlay asphalt mixture prepared with high-viscosity and high-elasticity rubber composite modified asphalt exhibits more excellent pavement performance.

**[Key words]** thin overlay; modified asphalt; mix ratio design; high-viscosity and high-elasticity rubber composite modified asphalt mixture; pavement performance

### 引言

截至2021年,我国公路总里程达500多万公里,伴随我国公路的迅猛发展,很多沥青路面没有达到设计寿命就出现诸多病害,严重影响车辆行驶质量。科学合理的养护,既能有效提高路面的整体服务水平,又可以延长路面使用寿命。研究表明,在路面结构出现明显破坏前,对路面采取合理的预防性养护措施,可延长路面的使用寿命<sup>[1]</sup>。

针对道路养护,涌现出较多的新技术/工法,包括微表处<sup>[2]</sup>、稀浆封层<sup>[3]</sup>、薄层罩面<sup>[4]</sup>等。薄层罩面是一种预防性路面养护技术,其铺筑厚度为15-25mm,具有施工快速、节省材料、更新改造效率高等特点,逐步成为沥青路面主要养护措施之一<sup>[5]</sup>。

国内外众多学者针对薄层罩面技术进行了研究。张艳等<sup>[6]</sup>研究了活化胶粉高粘弹改性沥青混合料在超薄罩面中的适用性,并与高粘弹改性沥青和SBS改性沥青进行了性能对比<sup>[7]</sup>。沙盟<sup>[8]</sup>对SAC-10环氧沥青薄层罩面材料进行了系列试验,并与SBS改性沥青薄层罩面进行对比分析。结果表明,两种薄层罩面材料的水稳定性和抗滑性能较为接近,环氧沥青薄层罩面的高温稳定性、低温抗裂性和疲劳性能均优于SBS改性沥青薄层罩面。蔡莉莉等<sup>[9]</sup>研究了超韧改性沥青混合料薄层罩面的路用性能,结果表明超韧添加剂可以大幅度提高沥青混合料的高温稳定性、抗飞散性能和抗析漏性能。贾晓娟<sup>[10]</sup>探究不同胶结料和级配组成对薄层罩面沥青混合料路用性能的影响,结果表明4种沥青混合料均

表1 改性沥青技术指标

试验项目	单位	SBS 改性沥青	橡胶复合改性沥青	高粘弹复合改性沥青	试验方法	
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	73	54	52	T 0604	
软化点(环球法)	℃	76.0	74.6	97.0	T 0606	
运动粘度	Pa.s	1.5/135℃	2.4/175℃	2.2/165℃	T 0625	
延度(5cm/min, 5℃)	cm	46.0	24.7	38.7	T 0605	
60℃动力粘度	Pa.s	12000	65300	431000	T0620	
RTOFT	针入度比(25℃)	%	75.0	79.0	77.2	T 0604
	延度(5cm/min, 5℃)	cm	30.0	18.0	29.2	T 0605

表2 集料筛分结果

混合料级配类型	通过筛孔的质量百分率 (%)									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-10	100.0	100.0	98.2	48.2	33.4	25.4	17.5	14.0	10.2	6.3
SMA-10	100.0	100.0	100.0	47.6	26.4	21.3	16.7	14.7	12.5	9.9
Nova Chip-B	100.0	100.0	97.4	29.2	24.7	19.1	13.5	11.0	8.2	5.3

表3 沥青混合料的体积指标及力学性能

级配	油石比	毛体积相对密度	VV	VMA	VFA	稳定度	流值	析漏损失率	飞散损失
单位	%	---	%	%	%	KN	mm	%	%
AC-10	5.2	2.479	4.0	15.0	73.4	13.7	3.1	---	---
SMA-10	5.3	2.850	4.4	16.6	73.6	15.0	2.7	0.01	5.4
Nova Chip-B	4.3	2.295	11.7	20.7	43.8	11.6	2.2	0.01	12.4

表4 沥青混合料的动稳定度

混合料类型	油石比/%	动稳定度(mm/次)				
		1	2	3	平均	变异系数/%
AC-10	5.2	5780	5207	5575	5521	5.3
SMA-10	5.3	7593	8077	8630	8100	6.4
Nova Chip-B	4.3	5413	5478	4667	5186	8.8

表现出较好的水稳定性。苏忠高<sup>[11]</sup>评价了Type-B、SMA-10和OGFC-10等9种超薄层沥青混合料的水稳定性,结果表明SMA-10高黏弹沥青混合料的综合性能最优。张四恒等<sup>[12]</sup>选用不同沥青及级配种类的路用性能研究。结果表明,矿料级配类型为SMA-10时,SBS改性沥青薄层罩面的路用性能最优。

本文结合G210线K274+221—K284+662段薄层罩面养护项目,对常规I-C型SBS改性沥青、橡胶复合改性沥青及高粘高弹橡胶复合改性沥青在其薄层罩面级配类型下的混合料性能进行研究,采用马歇尔实验方法,以高温稳定性、水稳定性及低温抗裂性作为评价指标,分析三种沥青在不同种类薄层罩面矿料级配下的性能,并对工程实际应用进行指导,促进薄层罩面的合理应用。

## 1 原材料与实验方法

### 1.1 改性沥青

北京路德永泰环保科技有限公司生产的SBS改性沥青、橡胶复合改性沥青和高粘高弹复合改性沥青<sup>[13]</sup>的技术指标如表1所示。

### 1.2 集料

粗集料:内蒙古慕成道路工程有限公司产的石灰岩石料和包头钢铁集团有限责任公司产的钢渣;细集料:内蒙古慕成道路工程有限公司产的机制砂;填料:内蒙古成鑫环保材料有限公司产的矿粉。技术指标满足JTG F40-2004《公路工程沥青基沥青混合料试验规程》。

## 2 沥青混合料配合比设计

### 2.1 混合料级配

本文分别采用AC-10、SMA-10和Nova Chip-B型沥青混合料级配作为研究对象。各档集料的筛分结果如表2所示。

### 2.2 马歇尔实验

按照《公路沥青路面施工技术规范》要求,以马歇尔体积指标及力学强度指标确定3种级配沥青混合料的最佳沥青用量。其中,AC-10型沥青混合料的沥青胶结料采用SBS改性沥青,SMA-10型沥青混合料的沥青胶结料采用橡胶复合改性沥青,Nova Chip-B型沥青混合料的沥青胶结料采用高粘高弹橡胶复合改性沥青。三种沥青混合料的体积指标及力学性能指标如表3所示。

## 3 沥青混合料路用性能

依据上述配合比设计结果,采用三种级配的最佳油石比,成型三类改性沥青混合料试件,进行高温稳定性、水稳定性、低温抗开裂性能等试验,分析评价其路用性能。

### 3.1 高温稳定性

三种沥青混合料的耐高温稳定性实验结果如表4所示。

从表4可以看出,采用SBS改性沥青的AC-10沥青混合料的60℃动稳定度为5521次/mm,采用橡胶复合改性沥青的SMA-10沥青混合料的60℃动稳定度为8100次/mm,采用高粘高弹橡胶复合改性沥青的Nova Chip-B型沥青混合料的60℃动稳定度为5186次/mm。三种沥青对应的三种级配混合料的高温稳定性均满足规范要求。

### 3.2 浸水马歇尔实验

三种沥青混合料的残留稳定度试验结果如表5所示。

表5 沥青混合料的浸水马歇尔稳定度

混合料类型	稳定度/KN		残留稳定度比/%
	浸水30min	浸水48h	
AC-10	14.11	12.18	86.3
SMA-10	15.6	13.7	87.8
Nova Chip-B	12.1	10.38	85.8

从表5可以看出,采用SBS改性沥青的AC-10沥青混合料的残留稳定度为86.3%,采用橡胶复合改性沥青的SMA-10沥青混合料的残留稳定度为87.8%,采用高粘高弹橡胶复合改性沥青的Nova Chip-B型沥青混合料的残留稳定度为85.8%。三种沥青对应的三种沥青混合料的抗水害能力均满足规范要求。

### 3.3 冻融劈裂试验

三种沥青混合料的冻融劈裂试验结果如表6所示。

表6 沥青混合料的冻融劈裂实验结果

混合料类型	劈裂强度/MPa		冻融劈裂强度比/%
	非条件	条件	
AC-10	1.011	0.915	90.5
SMA-10	1.279	1.15	89.9
Nova Chip-B	0.61	0.52	85.3

由表6可知,采用I-C型SBS改性沥青的AC-10沥青混合料的冻融劈裂残留强度比为90.5%,采用橡胶复合改性沥青的SMA-10沥青混合料的冻融劈裂残留强度比为89.9%,采用高粘高弹橡胶复合改性沥青的Nova Chip-B型沥青混合料的冻融劈裂残留强度比为85.3%。三种沥青对应的三种沥青混合料的抗冻融水害能力均满足规范要求。三种沥青在各自的级配混合料下均具备较好的抗水及冰雪冻融损害的能力。

### 3.4 小梁弯曲试验

对三种沥青混合料试件进行小梁弯曲平行试验,并计算相关指标,结果如表7所示。

表7 沥青混合料小梁弯曲实验结果

混合料类型	抗弯拉强度/MPa	破坏应变/ $\mu\epsilon$	劲度模量/MPa
AC-10	7.21	2967.23	2368.26
SMA-10	9.03	3123.54	2886.82
Nova Chip-B	6.86	2788.14	2127.43

从表7可以看出,采用SBS改性沥青的AC-10沥青混合料的极限弯拉应变最大为2967.23  $\mu\epsilon$ ,采用橡胶复合改性沥青的SMA-10沥青混合料的极限弯拉应变最大为3123.54  $\mu\epsilon$ ,采用高粘高弹橡胶复合改性沥青的Nova Chip-B型沥青混合料的极限弯拉应变最大为2788.14  $\mu\epsilon$ ,说明三种沥青对应的三种沥青混合料均具备较好的低温抗开裂性能。

4 工程应用情况

(1)工程概况。工程选取G210线K274+221—K284+662段公路养护项目,铺筑20余公里高粘高弹复合改性沥青SMA-10薄层罩面。

(2)原材料。根据项目要求,选用高粘高弹橡胶复合改性沥青作为沥青胶结料,其技术指标如8。热闷钢渣作为集料,技术指标满足JTG F40-2004《公路工程沥青基沥青混合料试验规程》。

表8 高粘高弹橡胶复合改性沥青性能指标

项目	技术要求	检测结果
25℃针入度 (0.1mm)	30~60	47
5℃延度 (cm)	≥30	46.2
软化点 (℃)	≥80	95.3
60℃动力粘度/Pa.s	≥100000	421000
TFOT (RTFOT) 后残留物		
针入度比 (25℃)	≥65	78.2
延度 (5cm/min, 5℃)	≥20	28.2

(3)配合比设计。依据JTG F40-2004确定沥青混合料SMA-10的设计级配,根据经验选取不同油石比进行马歇尔试验,并确定最佳油石比。沥青混合料体积、力学性能指标及路用性能如图1、表9-10所示。

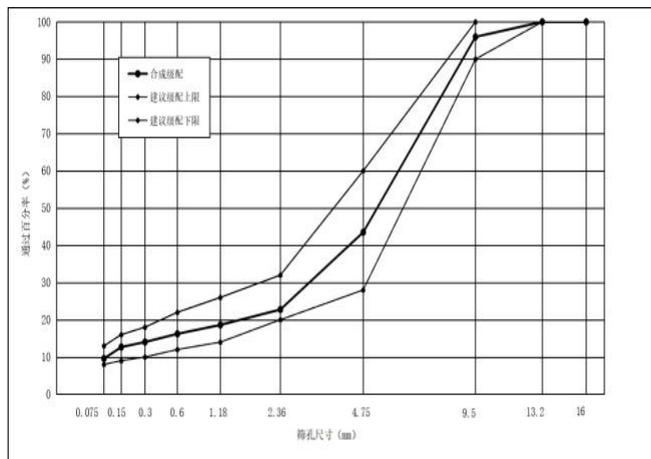


图1 SMA-10薄层罩面矿料级配曲线

表9 SMA-10沥青混合料体积性能指标

检测项目	单位	技术要求	检测结果
毛体积相对密度	g/cm3	---	2.995
VV	%	3月4日	3.6
VMA	%	≥17	17.8
VFA	%	75~85	79.5
稳定度	kN	≥6	11.5
流值	mm	2~5	4.9
谢伦堡沥青析漏	%	≤0.1	0.06
肯塔堡飞散试验的混合料损失	%	≤15	7.3

表10 SMA-10沥青混合料路用性能指标

试验项目	单位	技术要求	检测结果
车辙试验	次/mm	≥2400	>6000
水稳定性	浸水马歇尔残留强度比	≥80	96.2
	冻融劈裂残留强度比	≥75	90.3
低温弯曲破坏应变	$\mu\epsilon$	≥2800	3498
渗水系数	ml/min	≤80	52.2

(4)摊铺施工。SMA-10型高粘高弹橡胶复合改性沥青混合料现场施工工艺按照橡胶复合改性沥青施工工艺执行,无需对现场拌和、摊铺和碾压设备进行改造,只需微调拌和、摊铺和碾压温度,现场摊铺施工效果如图2所示。





图2 SMA-10高粘高弹橡胶复合改性沥青混合料施工

## 5 结论

本文利用马歇尔实验方法验证了SBS改性沥青制备的AC-10型沥青混合料、橡胶复合改性沥青制备的SMA-10型沥青混合料及高粘高弹橡胶复合改性沥青制备的Nova Chip-B型沥青混合料的路用性能,并依托G210线公路养护项目进行工程应用验证。三类改性沥青制备的不同级配类型的薄层罩面沥青混合料路用性能均满足规范要求;采用高粘高弹橡胶复合改性沥青制备的SMA-10型薄层罩面沥青混合料路用性能更优异。高黏高弹橡胶复合改性沥青混合料的强度、抗水损性能及高温抗车辙性能更优异,高黏高弹橡胶复合改性沥青作为胶结料可提升薄层罩面的使用耐久性。

### [基金项目]

2022年住房和城乡建设部科学技术计划(项目编号:2022-K-152;项目名称:复合改性橡胶沥青钢渣薄层罩面在内蒙古地区道路预防性养护的应用研究)。

### [参考文献]

[1]李弢,张培林,毛新华,等.考虑交通流动动态分布的路面养护最优决策[J].中国公路学报,2019,32(11):227-233.

[2]郑木莲,高源,刘富强,等.沥青微表处路用性能研究进展[J].中国科技论文,2020,15(12):1447-1458.

[3]李贵林.稀浆封层沥青路面路用性能研究[J].科学技术创新,2025,(03):113-116.

[4]李石亮,毕硕松.薄层罩面技术在公路沥青路面养护中的应用[J].交通世界,2024,(22):63-65.

[5]苏晓龙.隧道路面养护工作中薄层罩面技术的应用[J].交通世界,2019,(10):80-81.

[6]张艳,魏定邦,赵静卓,等.活化胶粉类高粘弹改性沥青超薄罩面应用技术研究[J].中国建材科技,2024,33(2):100-104.

[7]郑立宝,郭利扬,薛晓飞,等.基于不同沥青胶结料的抗滑防水超薄罩面性能评价[J].中外公路,2018,38(3):48-51.

[8]沙盟.SAC-10环氧沥青薄层罩面路用性能研究[J].西部交通科技,2024,(7):96-98.

[9]蔡莉莉,吴春颖,李健,等.超韧改性沥青混合料薄层罩面性能研究[J].湖南交通科技,2024,50(1):1-5.

[10]贾晓娟.基于不同胶结料和级配类型的超薄罩面沥青混合料性能评价[J].福建交通科技,2021,(4):1-7.

[11]苏忠高.不同类型超薄层沥青混合料的水稳定性研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2016,35(2):40-44.

[12]张四恒,黄运军,邵景干,等.矿料级配与沥青对薄层罩面路用性能的影响[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2022,19(3):59-68.

[13]董大伟,凌天清,江宽,等.废轮胎橡胶粉在高粘改性沥青中的应用性研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2020,(39):78-84.

### 作者简介:

王利军(1970-),男,汉族,内蒙古包头人,本科,院长、高级工程师,研究方向:市政道路桥梁的勘察设计 with 道路材料新技术应用。