

道 路

SMA 技术在路面中修施工中的应用

范兴华 李洪斌 刘守军

(辽宁省交通科学研究院, 沈阳 110015)

摘 要 本文通过 SMA 技术在高等级路面中修项目中应用的实例,详细介绍了 SMA 路面在中修工程中的材料、配合比、生产施工等过程,分析了施工中出现问题的原因和相应采取的措施,可为同类工程提供借鉴。

关键词 SMA 路面 路面中修 配合比 碾压 木质素纤维 开放交通时间

1 前 言

因 SMA 具有良好的路用性能,近年来逐渐在工程中得到推广应用。在 2003 年沈阳至铁岭、沈阳外环高速公路路面中修工程中有 62km 路面抗滑层采用了 SMA 结构。在局部路段单幅封闭交通施工的条件下,应用 SMA 技术在辽宁是首次,在国内也不多见。

2 沈铁、外环高速公路中修工程 SMA 基本情况

沈阳至铁岭高速公路、沈阳外环高速公路(以下简称沈铁高速公路、外环高速公路)作为北京至哈尔滨高速公路的一部分,1996 年通车以来,承受着繁重的交通运输,重载、超载车多,路面损坏比较严重。

2003 年辽宁省高速公路管理局决定对沈铁、外环高速公路路面进行中修,其中单幅 124km 采用 SMA 路面,大部分路段的中修方案为原路面铣刨 0.5cm,加铺 4cmSMA。

3 原材料、配合比设计及施工工艺

3.1 原材料

3.1.1 粗集料

沈铁、外环高速公路 SMA 使用的粗集料为铁岭三台子、铁岭兴达和黑山玄武岩,检测结果见表 1。

3.1.2 细集料

细集料为吉林中兴石厂机制砂和辽阳小屯机制砂,检测结果见表 2。

3.1.3 沥 青

所用沥青均为现场改性沥青,基质沥青为辽河欢喜岭和大连西太平洋 AH - 90 # 沥青,改性剂为燕山石化 4303 和岳阳石化道改 2 号 SBS,剂量为 5 %,改性沥青检测结果见表 3。

表 1 粗集料质量检测结果

项目	指 标	技术要求	三台子	兴 达	黑 山
			玄武岩 (沈铁一标)	玄武岩 (沈铁二标)	玄武岩 (外环一标)
石料压碎值	不大于 ( % )	22	12.1	13.3	11.9
洛杉矶磨耗损失	不大于 ( % )	30	12.3	12.1	10.3
视密度	不小于 ( g / cm <sup>3</sup> )	2.60	2.845	2.815	2.867
吸水率	不大于 ( % )	2.0	1.1	1.0	0.8
对沥青的粘附性	不小于	4 级	4	4	5
坚固性	不大于 ( % )	8	3.6	3.4	3.2
细长扁平颗粒含量	不大于 ( % )	10	8.7	7.1	7.3
水洗法 < 0.075mm					
颗粒含量	不大于 ( % )	1	0.1	0.1	0.1
软石含量	不大于 ( % )	1	0.3	0.5	0.4
石料磨光值	不小于 ( BPN )	42	45	47	47
石料冲击值	不大于 ( % )	28	3.4	3.1	3.4
风化石颗粒含量	不大于 ( % )	5	3.3	4.5	5.0

表 2 细集料质量检测结果

指 标	技术要求	吉林中兴	辽阳小屯	
视密度	不小于 (t/ m <sup>3</sup> )	2.50	2.663	2.726
坚固性 (>0.3mm 部分)				
不大于 ( % )	8	4.3	4.5	
砂当量	不小于 ( % )	60	91	93

表 3 改性沥青质量检测结果

试验项目	投不 要求	西太 (沈铁一标)	辽河 (沈铁二标)	辽河 (外环一标)	
针入度 25 ,100g,5s(0.1mm)	最小	50	61.6	62.3	63.4
针入度指数 PI	最小	- 0.2	0.074	0.121	0.113
延度 5 ,5cm/ min(cm)	最小	45	45.0	47.8	48.5
软化点 T <sub>R 88</sub> ( )	最小	70	76.5	74.8	74.5
运动粘度 135 (Pa · s)	最大	3	1.312	1.029	1.033
闪点( )	最小	230	370	292	292
溶解度( %)	最小	99	99.9	99.9	99.9
离析、软化点差( )	最大	2.5	0.6	0.8	0.8
弹性恢复 25 ( %)	最小	85	98.0	98.0	97.0
质量损失( %)	最大	1.0	0.07	0.08	0.08
RTFOT后					
针入度比 25 ( %)					
残留物	最小	60	67	68	70
延度 5 (cm)	最小	20	28.7	27.3	26.5

3.1.4 纤维稳定剂

所用纤维稳定剂为辽宁省交通科学研究院生产的松散絮状木质素纤维,经交通部公路科学研究所

检测,结果见表4。纤维用量为混合料总量的0.3%,采用北京肯特莱公司和北京国创公司生产的添加设备自动添加。

表4 路用纤维性能检测结果

检测项目	纤维长度	灰分 (%)	含水量 (%)	热损失 (%)	PH值	吸油率 (倍)
检测结果	<6mm	14.8	4.0	5.45	7.32	5.34
技术要求	<6mm	18 ±5	<5	<6	7.5 ±1.0	5.0 ±1.0

### 3.2 目标配合比设计

#### 3.2.1 级配和油石比

采用 SMA16,级配和油石比见表5。

表5 SMA16 混合料设计级配

筛孔(mm)	沈铁一标	沈铁二标	外环一标	通过范围 (%)
19.0	100	100	100	100
16.0	92.9	93.1	92.3	90 ~ 100
13.2	75.0	75.5	71.7	65 ~ 85
9.5	48.0	49.6	47.0	40 ~ 60
4.75	25.1	25.4	24.8	20 ~ 30
2.36	19.4	20.8	23.1	16 ~ 26
1.18	17.1	17.5	20.2	14 ~ 22
0.6	14.9	14.6	16.3	12 ~ 18
0.3	13.1	12.5	12.7	10 ~ 15
0.15	12.1	11.4	11.9	8 ~ 14
0.075	10.9	10.2	10.3	7 ~ 12
油石比 (%)	6.0	6.1	5.7	—

#### 3.2.2 检测结果

表6 目标配合比 SMA 混合料检测结果

检测项目	单位	技术要求	试验结果		
			沈铁一标	沈铁二标	外环一标
谢伦堡沥青漏试验的 结合料损失	%	不大于0.1	0.04	0.05	0.06
肯塔堡飞散试验的 混合料损失(20°)	%	不大于20	3.41	4.56	5.23
车辙试验动稳定度	次/mm	大于5500	5980	5800	5688
水稳定性:残留马歇尔稳定度	%	80以上	87.7	85.4	90.3
冻融劈裂试验残留强度比	%	80以上	90.2	91.7	91.5
渗水系数	ml/min	<30	基本不透水	基本不透水	基本不透水
构造深度	mm	>0.8	1.02	1.05	1.05

### 4 施工工艺

施工温度见表7。

SMA 混合料拌和采用间歇式拌和机,干拌时间为15s,喷入沥青后的湿拌时间为45s。SMA 混合料的摊铺速度为2~3m/min。这些都是常规的施

工要求,在此不再赘述。

表7 SBS 改性沥青 SMA 路面的施工温度范围(°C)

工 序	温 度(°C)	测量部位
改性沥青现场制作温度	170 ~ 175	沥青加热罐
改性沥青加工最高温度	180	沥青加热罐
集料加热温度	190 ~ 200	热料提升斗
SMA 混合料出厂温度	175 ~ 185	运料车
混合料最高温度	不高于190	运料车
混合料贮存温度	降低不超过10	贮存罐及运料车
运输到达现场温度	降低不超过15	运料车
摊铺温度	不低于160	摊铺机
初压温度	不低于150	摊铺层内部
碾压终了温度	不低于130	碾压层内部
开放时间温度	不高于50	路面内部或路表面

在 SMA 碾压方式上,我们采取了两种不同的碾压工艺组合,即 SMA 混合料摊铺后的碾压方式为:沈铁二标、外环一标,初压采用静压0.5遍,振动碾压0.5遍,复压采用振动碾压3遍,终压静压1遍消除轮迹;沈铁一标采用初压振动碾压1遍,复压采用振动碾压2.5遍,终压静压1遍消除轮迹的方式。振动碾压时,相临碾压带重叠宽度为10~20cm,并遵循“高温、紧跟、匀速、慢压、高频、低幅、先边、后中”的原则。

### 5 SMA 路面施工

#### 5.1 初期施工情况

2003年6月,沈铁两个标段按照设计配比分别铺筑完成了第一个封闭段共计单幅7km的 SMA 路面,随即开放交通,并道双向行驶,一周后发现部分路段出现了部分沥青上移,使路表面沥青油膜偏多,但现场检测构造深度94%以上大于0.8mm。

经我们认真调查分析(检测结果见表8~10)其主要原因是:开放时间过早,且单幅双向行驶,交通量大,重载、超载严重,气温偏高;4.75mm 筛孔与2.36mm 筛孔通过率差值偏大,达到8%,没有形成间断级配,达到粗集料嵌挤形成主要受力骨架的结构;油石比偏大,生产初期改性沥青质量(主要反映在软化点、针入度指标上)不稳定。

表8 生产级配及油石比检测结果

施 工 单 位		通过下列筛孔(mm)的质量百分率 (%)										油石比
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
沈铁一标	设计级配	92.3	71.5	43.5	26.0	20.0	17.2	14.6	12.8	11.8	9.8	6.0
	生产检测	94.9 ~ 96.6	70.7 ~ 76.3	45.6 ~ 48.2	25.4 ~ 26.8	18.6 ~ 20.6	16.2 ~ 19.7	14.0 ~ 15.7	12.2 ~ 13.3	10.8 ~ 12.6	8.5 ~ 10.4	5.8 ~ 6.1
沈铁二标	设计级配	92.5	72.2	50.1	25.8	19.7	17.0	15.2	12.3	11.2	10.2	5.9
	生产检测	95.2 ~ 98.3	70.6 ~ 78.4	47.2 ~ 53.1	25.7 ~ 30.1	19.0 ~ 21.9	16.2 ~ 20.1	14.3 ~ 16.6	12.1 ~ 15.2	9.8 ~ 14.3	8.0 ~ 11.9	5.7 ~ 6.1

表9 SMA 生产取样马歇尔试验结果

项 目	空隙率 (%)	VMA (%)	VFA (%)	稳定表 (kN)	流值 (mm)	构造深度 (mm)	动稳定度 (次/mm)
技术要求	3 ~ 4.5	>17	75 ~ 85	>6	2 ~ 5	>0.8	>5500
检测结果	3.5 ~ 4.3	16.7 ~ 17.3	75.1 ~ 79.6	7.0 ~ 8.47	2.26 ~ 3.7	1.0 ~ 1.4	5511 ~ 5999

表 10 SMA 路面取芯试验结果

项 目	压实度 ( % )
技术要求	98
检测结果	98.5 ~ 100.0

5.2 正常施工

根据上述对初期施工产生问题的分析,我们采取了如下措施:

(1)严格控制原材料质量。改性沥青的质量必须符合要求;玄武岩非破碎面颗粒的含量必须控制在 5 % 以内;机制砂级配符合设计文件 S16 要求,并严格控制机制砂中 0.074mm 以下颗粒的含量。

(2)生产级配 4.75mm 筛孔通过量在 25 % 左右,误差范围  $\pm 2\%$ ,4.75 ~ 2.36mm 筛孔之间控制

在  $4 \pm 1\%$ 。

(3)SMA 施工结束 72h 后可单向开放交通,再过一周之后方可并道双向行驶。

(4)施工中避免混合料离析,保证摊铺、碾压温度,严格控制碾压遍数,既达到规定的压实度,又严防过度碾压。

此外,我们又对沥青用量和矿粉用量向下进行了微调。

调整后 SMA 混合料各项检测结果见表 11 ~ 13。

采取以上措施以后,铺筑完成并已通车的路面,经过室内试验及路上检测,各项技术指标均符合要求,状况良好。

表 11 调整后的生产级配和油石比检测结果

施 工 单 位		通过下列筛孔(mm)的质量百分率( % )										油石比
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
沈铁一标	设计级配	91.9	75.2	46.0	25.3	21.9	18.4	15.6	12.4	10.5	9.0	5.8
	生产检测	92.5 ~ 94.5	72.4 ~ 75.6	46.2 ~ 48.9	24.2 ~ 26.5	20.2 ~ 22.1	16.7 ~ 18.7	14.2 ~ 16.1	11.8 ~ 13.9	10.2 ~ 12.4	8.7 ~ 10.1	5.79 ~ 5.88
沈铁二标	设计级配	95.3	71.7	44.5	25.1	20.7	18.1	15.4	11.7	10.2	9.2	5.7
	生产检测	95.0 ~ 97.3	70.8 ~ 75.6	45.2 ~ 48.5	24.3 ~ 25.9	20.8 ~ 21.8	17.8 ~ 19.9	14.4 ~ 16.5	12.8 ~ 14.0	9.3 ~ 13.0	8.2 ~ 9.8	5.6 ~ 5.81
外环一标	设计级配	93.1	73.4	46.0	25.3	21.8	18.5	14.1	11.9	10.3	9.0	5.7
	生产检测	91.7 ~ 93.5	69.9 ~ 74.9	43.5 ~ 47.5	23.9 ~ 25.3	20.6 ~ 22.4	16.2 ~ 19.6	13.1 ~ 14.2	10.1 ~ 11.8	9.3 ~ 10.6	8.0 ~ 8.5	5.6 ~ 5.71

表 12 SMA 生产取样马歇尔试验结果

项 目	空隙率 ( % )	VMA ( % )	VFA ( % )	稳定度 (kN)	流值 (mm)	动稳定度 (次/mm)
技术要求	3 ~ 4.5	>17	75 ~ 85	>6	2 ~ 5	>5500
检测结果	3.8 ~ 4.4	17 ~ 18.3	75.7 ~ 78.3	6.13 ~ 8.58	2.18 ~ 3.9	5528 ~ 6359

表 13 SMA 路面检测结果

项 目	压实度 ( % )	摩擦系数 (BPN)	构造深度 (mm)	渗水系数 (ml/min)
技术要求	98	>45	>0.8	<80
检测结果	98.2 ~ 99.5	63 ~ 67	1.01 ~ 1.42	17 ~ 21.3

在施工过程中,我们还发现部分施工缝处存在透水现象。经调查分析,主要原因是接缝处新摊铺的 SMA 温度低、相应碾压温度低,压实度不够造成的。我们立即采取措施,适当提高熨平板温度和混合料温度,压路机紧跟摊铺作业面,严格控制施工工艺,基本解决了透水问题。

6 纤维的试验比较

为了比较不同木质素纤维的 SMA 路面的性能,我们还用德国 JRS 公司生产的木质素纤维铺筑了单幅 7km SMA 试验路,通过与辽宁纤维的 SMA 路面的试验数据和路用效果对比,未见差异。检测

结果见表 14 ~ 16。

表 14 两种纤维 SMA 生产取样筛分试验结果

筛 孔 (mm)	筛 分 级 配	
	应用辽宁纤维	应用德国纤维
19	100	100
16	92.8	98.0
13.2	69.3	74.9
9.5	44.2	47.1
4.75	23.1	23.6
2.36	18.4	19.1
1.18	16.2	15.9
0.6	14.2	13.6
0.3	13.6	12.5
0.15	12.3	12.2
0.075	8.9	9.2

表 15 两种纤维 SMA 生产取样马歇尔试验结果

项 目	油石比 ( % )	空隙率 ( % )	VMA ( % )	VFA ( % )	稳定度 (kN)	流值 (mm)	动稳定度 (次/mm)
技术要求	5.7 $\pm$ 0.3	3 ~ 4.5	>17	75 ~ 85	>6	2 ~ 5	>5500
检测 辽宁	5.60	4.20	19.4	78.3	8.41	3.07	5859
结果 德国	5.78	4.20	19.4	78.4	7.41	1.76	5731

表 16 SMA 路面取芯试验结果

项 目		压实度( %)
技 术 要 求		98
检 测 结 果	辽 宁	99.35
	德 国	99.40

# 高等级公路混凝土桥面铺装破坏的原因及防治

刘 军

(辽宁省路桥建设总公司, 沈阳 110022)

**摘 要** 陈述高等级公路混凝土桥面铺装破坏的状况, 分析了其破坏的原因, 提出了防治措施。

**关键词** 高等级公路 桥面铺装 混凝土

高等级公路桥梁桥面铺装, 一般采用沥青混凝土面层加防水层加防水混凝土的模式。近年来, 我省几条高速公路通车运营时间不长, 有些桥梁的桥面铺装相继产生了破坏, 主要是开裂、破损、坑槽、唧浆等病害, 严重影响了高速公路运营的安全性和舒适性。桥面铺装破坏是高等级公路病害中最为严重的一种, 且有着越来越严重的趋势, 现已引起了有关领导及广大工程技术人员的极大关注。如何认真分析清楚桥面铺装层破坏的原因并采取相应防治措施, 值得我们深入研究。

## 1 高级公路桥面混凝土铺装层破坏的状况

通过调查及检测, 发现桥面铺装层破坏的根本

原因是由于混凝土铺装层的破坏而导致桥上沥青混凝土出现拥包、裂纹、坑槽等破损现象。

桥面混凝土破坏处主要有如下几种性状: 一是混凝土桥面产生网状及纵横向裂纹; 二是混凝土厚度薄; 三是混凝土强度低; 四是混凝土与梁板结合差。通过钻芯取样发现, 部分芯样在取芯过程中已破碎, 能取出的芯样普遍产生环向开裂, 混凝土表面松散, 浮浆较多, 骨料集中在下层, 钢筋网位置不准确等。破坏区混凝土强度低且不均匀, 整体性差。

## 2 桥面混凝土破坏的原因及防治对策

### 2.1 混凝土强度和厚度方面的原因

(1) 混凝土强度低, 厚度薄, 是桥面破损的重要

## 7 小 结

根据沈铁、外环 SMA 路面的施工, 我们技术总结如下:

(1) SMA 所用粗集料外观应接近立方体, 严格控制细长扁平颗粒含量, 非破碎面颗粒含量小于 5%, 水洗应彻底。

(2) SMA 所用细集料级配应符合 S16 的要求。

(3) SMA 所用改性沥青的质量必须稳定, 符合设计要求。

(4) SMA 所用木质素纤维在存储期间, 应保持干燥, 严格控制含水量。

(5) 生产过程中 4.75mm 筛孔通过量在 25% 左右, 误差范围  $\pm 2\%$ , 4.75 ~ 2.36mm 筛孔之间控制在  $4 \pm 1\%$ 。4.75mm 以上筛孔通过量应控制在  $\pm 3\%$  的误差范围, 4.75mm 以下筛孔通过量应控制在

$\pm 2\%$  的误差范围。

(6) 施工中避免混合料离析, 保证摊铺、碾压温度, 压路机的喷水应呈雾状。严格控制碾压遍数, 保证足够的压实度, 以避免路面产生透水现象, 同时又严防过度碾压。

(7) 对于中修工程, SMA 施工结束 72h 后可单向开放交通, 再过一周之后方可并道双向行驶。

(8) 辽宁地区 SMA 路面的油石比根据所用玄武岩的密度, 宜控制在 5.8 ~ 6.0% 范围内较为合适。

(9) SMA 压实时建议采用先静压 0.5 ~ 1 遍, 然后振动压实的工艺。

(10) 施工中, 在混合料温度下降到 70 ~ 90 时, 建议尝试采用胶轮压路机碾压, 加速 SMA 表面颗粒的重新分布, 封闭表面空隙, 可使其发挥良好的防水作用。

## SMA Applied on Pavement Maintenance

**Abstract** The materials gradation construction of SMA in the high - graded pavement maintenance are put forward in this paper. It also analyzed the problems and provided the corresponding measures which will guide the same construction.

**Keywords** SMA pavement Compaction cellulose fiber time to open traffic