

SMA-13 上面层(SBS 改性沥青)配合比优化设计及施工质量控制

王志刚

(路桥集团第一公路工程局三公司 北京市 101102)

摘 要: 以徐宿高速公路 SMA-13 上面层的配合比设计和施工控制为例, 简要阐述 SMA-13 上面层的配合比设计思路和质量控制手段。

关键词: 上面层; 配合比; 优化; 设计; 质量; 控制

1 沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)的特性及强度机理

沥青玛蹄脂碎石混合料是一种以沥青、矿粉、纤维稳定剂及少量的细集料组成的沥青玛蹄脂填充间断级配的粗集料骨架间隙而组成的沥青混合料, 沥青玛蹄脂碎石混合料的构成特性, 俗称“三多一少”, 即沥青用量多为 6% 左右, 矿粉用量多达 8%~12%, 4.75 mm 粒径以上粗骨料用量高达矿料用量的 70%~80%, 4.75 mm 粒径以下细集料仅占矿料总重的 20%~30%, 其中还含有 8%~12% 的矿粉, 实际细集料用量为 10%~20%, 相当少。所以, 沥青玛蹄脂碎石混合料的强度是依靠粗集料在沥青混合料中的骨架嵌挤作用和沥青玛蹄脂胶结料的粘结裹覆作用形成的, 因而它更具有很好的耐久性、抗高温稳定性、抗低温开裂性、抗滑性及较好的排水性能。下面以徐宿高速公路 TS21 标 SMA-13 上面层(SBS 改性沥青)施工为例来说明 SMA 的配合比优化设计和施工质量控制。

2 SMA-13 配合比设计

2.1 原材料选取

2.1.1 粗集料

SMA 的粗集料是指在 SMA 混合料中形成嵌挤起到骨架作用的集料部分, 对 SMA-13、SMA-16 是指粒径大于 4.75 mm 的集料, 对 SMA-10 是指粒径大于 2.36 mm 的集料。SMA 的高温稳定性是基于

含量甚多的粗集料之间的嵌挤作用, 在很大程度上取决于集料石质的坚韧性、颗粒形状和棱角性, 粗集料的这些性质是 SMA 成败与否的关键。所以在选取原材料时一定要选取压碎值小、针片状含量少、表面粗糙有一定棱角性的石料。

2.1.2 细集料

对 SMA-13 粒径小于 4.75 mm 的集料称细集料。细集料在 SMA 中的比例虽然很少, 但它是形成沥青玛蹄脂的重要组成部分, 用以填充 SMA 的粗集料骨架的间隙, 增强路面的防渗能力, 同时起到粘结作用, 一定要选取表面粗糙、洁净、有一定棱角性和嵌挤能力的机制砂。

2.1.3 填料

填料必须采用由石灰石等碱性岩石磨细的矿粉, 矿粉的主要作用是和沥青、纤维组成沥青玛蹄脂粘结剂, 提高沥青混合料的粘结力。回收粉中含有不少尘土, 同时粗细集料中的石粉经过明火燃烧、高温处理, 会变得发脆, 所以回收粉在上面层最好不用, 通过改进矿粉填加设备能够保证 0.075 mm 筛的通过量。表 1 为矿粉和回收粉对 SMA 混合料性能的影响(SBS 改性沥青)。

从表 1 可以看出, 随着矿粉用量的增加, 混合料的空隙率减小, 动稳定度显著提高, 使用回收粉的动稳定度要比使用石灰石矿粉的动稳定度低得多, 所以要想形成 SMA 结构, 矿粉的数量不能太少, 足够数量的矿粉是形成 SMA 的先决条件。

表 1 矿粉和回收粉对 SMA 混合料性能的影响

填料种类	填料用量 (粉胶比)/%	动稳定度 次/mm	马歇尔试验		
			稳定度 kN	流值/mm	空隙率 %
矿粉	6(1.0)	250	4.09	2.72	10.6
	9(1.5)	1 149	4.99	2.88	8.8
	12(2.0)	5 400	7.50	2.61	4.1
回收粉	6(1.0)	305	3.74	2.75	—
	9(1.5)	725	4.48	3.77	—
	12(2.0)	2 262	5.46	2.46	—

2.1.4 沥青

沥青材料的性质对路面使用性能有多方面的影响,在选取沥青品种时主要考虑高温抗车辙能力和低温抗裂能力,这两个方面在沥青品种选取时趋向相反,应综合平衡考虑。国内外权威机构多年来对沥青的研究表明,改性沥青抗车辙能力明显优于普通沥青,针入度低的普通沥青抗车辙能力优于针入度高的普通沥青,而针入度高的沥青抗低温开裂能力又高于针入度低的沥青。江苏省高速公路一般选取 AH70 沥青(PG64—22),从高温抗车辙能力和低温抗开裂能力两个角度综合考虑比较适合江苏气候条件,若在同时使用改性沥青就更如虎添翼。

2.1.5 纤维稳定剂

纤维具有加筋、分散吸附沥青、稳定、增粘等作用,对防止 SMA 沥青析漏的功效较好,对于木质纤维掺量为沥青混合料总量的 0.3%,目前一般采用风送式纤维送料机填加。

下面是徐宿高速公路 TS21 标各种原材料的情况。

集料:辉绿岩(产地:江苏盱眙吴桥采石厂)。

填料:石灰岩矿粉(产地:江苏徐州矿物局水泥厂)。

沥青:镇江科氏 SBS 改性沥青(AH70+3% SBS)(PG70—22)。

木质纤维:进口 ARBOCEL 牌天然木质纤维素(产地:德国 JRS 公司)。

抗剥落剂:PA—I 型(产地:西安,有多年使用经验)。

矿料试验结果如表 2,沥青试验结果如表 3,热料仓取原材料密度试验结果如表 4。

表 2 矿料试验结果(冷料)

规格	针片状 %	压碎值 %	<0.075 mm 含量/%	表观 相对密度	毛体积 相对密度
1 号(9.5~16 mm)	6.4	8.6	0.9	2.942	2.880
2 号(4.75~9.5 mm)	4.9		0.2	2.934	2.850
3 号(2.36~4.75 mm)			0.3	2.913	
4 号(<2.36 mm)			6.8	2.889	
矿粉				2.688	

表 3 沥青试验结果

检测项目	软化点/℃	针入度/0.1 mm	延度/cm
实测结果	77.5	68	40
技术要求	≥60	50~80	≥30

表 4 热料仓取原材料密度试验结果

材料名称	1 号料	2 号料	3 号料	4 号料	矿粉
表观密度/(g/cm ³)	2.938	2.936	2.895	2.883	2.688
毛体积密度/(g/cm ³)	2.859	2.835			

SMA 路面对石料要求非常严,首先石料的压碎值要低针片状含量要少,这样的石料才能经的起压路机振动碾压;其次石料一定要致密粗糙成立方体,这样才能保证混合料中的油膜厚度和粘结力,提高路面耐久性;然后要求石料的规格要稳定,以保证混合料级配的稳定性。

2.2 设计思路

根据对连徐线 CDE-26 标、AB-24 标 SMA-13 路面和汾灌 OPQ23 标 SMA-13 路面的回访及考察,发现两条高速公路通车后都发生了不同程度的车辙和泛油现象,因此我们这次配合比设计本着三条指导思想:一是降低 4.75 mm 筛的通过量,加强粗集料在沥青混合料中的骨架嵌挤作用;二是适当降低油石比,努力实现通过增大压实功来减小路面空隙率,提高路面的抗车辙能力;三是通过线外小型试铺,由实际铺筑路面的质量来确定配合比设计的准确性和合理性。

下面是连徐线 CDE-26 标、AB-24 标和汾灌线 OPQ23 标 SMA-13 配合比设计及施工质量检测数据。

(1)原材料(见表 5)。

表 5 原材料情况

标段	石料产地	沥青产地	石料密度/(g/cm ³)						木质素产地
			1 号		2 号		3 号	4 号	
			表观	毛体积	表观	毛体积	表观	表观	
TS21	吴桥采石厂	镇江科氏 SBS 改性沥青	2.942	2.880	2.934	2.850	2.913	2.889	德国 JRS 公司
AB24	安峰山玄武岩	镇江科氏 SBS 改性沥青	2.996	2.852	2.991	2.845	2.915	2.917	德国 JRS 公司
OPQ23	安峰山玄武岩	镇江科氏 SBS 改性沥青							德国 JRS 公司

(2)施工配合比及合成密度(见表 6)。

表 6 施工配合比及合成毛体积密度

标段	施工配合比	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%					合成毛体积密度	VCA _{mix}	油石比/%
		16	13.2	9.5	4.75	0.075	g/cm ³		
CDE26	1 号:2 号:3 号:4 号:矿粉=40:32:5:13:10	100	95.4	59.2	28	8.6	2.842		6.2
AB-24	1 号:2 号:3 号:4 号:矿粉=38:37:4:10:11	100	93.6	65.1	26.9	10.5	2.843	41.3	6.3
OPQ23	1 号:2 号:3 号:4 号:矿粉=33:41:2.5:12.5:11	100	94.06	62.8	26.6	10.3	2.842	41	6.3

(3)马歇尔试验结果(见表 7)。

表 7 马歇尔试验结果

标段	最大理论密度/(g/cm ³)	实测密度(g/cm ³)	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	粗集料骨架间隙率/%
CDE26	2.589	2.488	3.9	17.5	77.7	42.04
AB-24	2.572	2.469	4.0	18.2	78	
OPQ23	2.611	2.482	4.2			
技术要求			3~4.5	>17.0	75~85	<VCA _{DRC}

(4)路面检测结果(见表 8)。

表 8 路面检测结果

标段	马氏压实度/%	路面空隙率/%	构造深度/mm	渗水系数/ml/min
CDE26	98.3	5.4	1.11	基本不渗水
AB-24	98.8	5.2	1.02	基本不渗水
OPQ23	99.8	4.9	1.0	基本不渗水
技术要求	≥98	3.5~6	0.8~1.2	≤50

(5)碾压方案比较(见表 9)。

表 9 碾压方案比较

标段	初压	复压	终压
CDE26	前静压后退振压 1 遍	静压 2 遍	静压 1 遍
AB-24	前静压后退振压 1 遍	振压 1 遍	静压 2 遍
OPQ23	前静压后退振压 1 遍	振压 1 遍	静压 2 遍

从以上试验检测数据可以看出,无论室内马歇尔试验结果,还是成型路面检测,均符合《江苏省高速公路改性沥青路面 SMA-13 上面层施工指导意见(SBS 改性沥青)》的要求,但通车后都不同程度地产

生了车辙和泛油现象,所以我们在配合比设计中重点把握以下几个方面。

(1)石料高温状态下在拌和、碾压过程中都会有部分磨耗或破碎,与室内试验相比,4.75 mm 筛通过量偏细 3%(芯样和混合料抽提试验对比),因而在配合比设计时 4.75 mm 筛通过率要控制在 25%左右,0.075 mm 筛通过率控制在 10%左右,1 号料和 2 号料比例在 75%以上。

(2)根据合成矿料的毛体积相对密度 2.834,结合 SMA-13 上面层 SBS 改性沥青施工指导意见暂定油石比为 6.0%。

(3)进行线外小型试铺来验证配合比的可靠性。

2.3 级配和油石比的选取

根据北京已成功的 SMA 路面的级配,选定 4.75 mm 筛的通过率为 22%、25%和 28%等 3 个档次,0.075 mm 筛的通过率为 10%左右,分别按这 3 种级配测定 4.75 mm 粒径以上粗集料的毛体积相对密度和合成矿料的毛体积相对密度,具体见表 10。

表 10 粗集料密度

组别		A	B	C	级配范围 %
目标配合比		31 : 53.5 : 0 : 4 : 11.5	31 : 50 : 0 : 7.5 : 11.5	31 : 47 : 0 : 11 : 11	
矿料级配 (通过筛孔 mm 的质量百分率 / %)	16	100	100	100	100
	13.2	93.34	93.34	93.34	90~100
	9.5	68.39	68.49	68.58	50~75
	4.75	22.48	25.54	28.16	22~32
	2.36	15.56	18.94	21.81	16~27
	1.18	14.48	16.91	18.84	14~24
	0.6	13.64	15.34	16.51	12~20
	0.3	12.9	13.94	14.49	10~16
	0.15	12.04	12.62	12.72	9~13
合成毛体积密度 γ_{sb} g/cm ³		2.841	2.842	2.845	
4.75 mm 粒径以上粗集料毛体积相对密度 P_{ca}		2.861	2.861	2.861	
4.75 mm 粒径以上粗集料松方相对密度 ρ_s		1.658	1.670	1.667	
VCA_{DRC}		42.1	41.7	41.8	

从表 10 可以看出,3 种级配的合成毛体积相对密度均在 2.84 以上。按照江苏省施工指导意见中改性沥青 SMA-13 马歇尔试验配合比设计技术要求的规定,合成集料毛体积相对密度在 2.8 时油石比不小于 6.0%,在 2.9 时油石比不小于 5.7%。根据此要求,结合北京和江苏 SMA 路面成功和失败的经验教训,同时根据室内马歇尔试验结果和设计思路,选择 B 级配为最佳级配、6.0% 的油石比为最佳油石比,试验结果见表 11。

从表 11 可以看出,粗集料的骨架间隙率 VCA_{mix} 均小于相对应的 VCA_{DRC} ,说明该种级配形成了石-石嵌挤结构,矿料间隙率 VMA 大于 17%,说明有足够的间隙供玛蹄脂填充,但空隙率和饱和度两项指标不满足要求。要想降低空隙率提高饱和度,只能是提高油石比或增加 4.75 mm 筛的通过率,但是油石比需提高到 6.3% 以上时才能满足空隙率在 4.5% 之内饱和度到 75% 以上,这样无疑会重导以前 SMA 路面的覆辙,造成路面通车后泛油和车辙。图 1 为 VMA 、 VCA_{mix} 及 VCA_{DRC} 之间的关系图。

表 11 试验结果

油石比 / %	最大理论密度 g/cm ³	实测毛体积密度 g/cm ³	空隙率 / %	矿料间隙率 / %	饱和度 / %	粗集料骨架 间隙率 VCA_{mix} / %
6.0	2.601	2.456	5.6	18.4	69.9	40
6.3	2.590	2.473	4.5	18.2	75	39.6

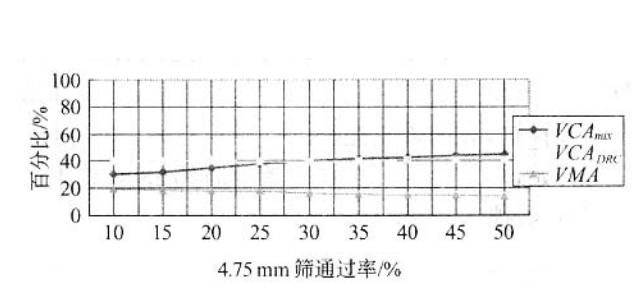


图 1 SMA-13 试验指标曲线

从图 1 可以看出,当 4.75 mm 筛通过率达到 29% 时, VCA_{mix} 等于 VCA_{DRC} ,如果 4.75 mm 筛通过率大于 29%, VCA_{mix} 大于 VCA_{DRC} ,SMA 的骨架嵌挤结构被破坏,也就不是真正的 SMA 了。为保证路面有足够的构造深度,我们在生产配合比设计时使 9.5 mm 的通过率在中值左右并大胆的以 6.0% 的油石比试拌且在服务区匝道上做了试铺段。

试拌和线外小型试铺的试验结果(见表 12)。

表 12 试拌和线外小型试铺的试验结果

设计油石比/%	6.0	矿料级配 1 号 : 2 号 : 3 号 : 4 号 : 矿粉 = 40 : 40 : 2 : 8 : 10 $\gamma_{sb}=2.834$									
实测油石比/%	6.03	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%									
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1~18	0~6	0~3	0~15	0.075
生产级配		100	93.0	62.8	26.6	20.0	17.5	15.5	13.8	12	10
实测级配		100	94.6	62.9	26.1	20.5	18.8	16.7	14.4	12.8	9.4

马歇尔试验结果见表 13。

表 13 马歇尔试验结果

理论密度 g/cm ³	实测密度 g/cm ³	空隙率/%	饱和度/%	矿料间隙率 %	稳定度/kN	流值 0.1 mm	VCA _{min} /%	VCA _{DRC} /%
2.597	2.463	5.2	71.2	18.0	10.44	38.3	40.3	41.7
要求		3~4.5	75~85	≥17.0	≥6.0	20~50	≤VCA _{DRC}	

线外小型试铺检测结果见表 14。

表 14 线外小型试铺检测结果

	马歇尔密度 压实度/%	最大理论密度 压实度/%	空隙率/%	构造深度/mm	渗水系数 ml/min	外观
实测	99.6	95.1	4.9	1.1	基本不渗水	无石料压碎现象 无玛蹄脂上浮现象
要求	≥98	94~96.5	3.5~6	0.8~1.2	≤50	
	碾压方案	初压		复压		终压
		强振 1 遍		强振 2~3 遍		静压 1 遍

从以上结果可以看出,马歇尔试验空隙率和饱和度不能满足指导意见要求,但小型试铺各项指标都符合指导意见要求,而且振动压路机强振 3 遍以上无推移现象,无石料压碎现象,也无玛蹄脂上浮现象,并且构造深度在 1.1 mm 时路面也不渗水,所以我们认为 1 号:2 号:3 号:4 号:矿粉=40:40:2:8:10,油石比 6%的配合比设计合理,可以用于主线试铺。

2.4 设计检验

江苏省科研院按上面生产配合比拌和的混合料进行了性能检测。

(1)水稳定性检验结果(见表 15)。

表 15 水稳定性检验结果

马歇尔稳定度/kN	浸水马歇尔 稳定度/kN	残留稳定度/%	要求/%
9.56	8.81	92.2	≥85
条件劈裂 抗拉强度/MPa	非条件劈裂 抗拉强度/MPa	强度比/%	要求/%
0.584 1	0.659 8	88.5	≥80

(2)高温性能检验(60℃)结果见表 16。

表 16 高温性能检验结果

动稳定度/(次/mm)				要求 次/mm	变异系数 %	要求/%
1	2	3	平均值			
3 938	4 846	4 325	4 370	>3 000	10.4	<20

(3)低温小梁弯曲试验结果见表 17。

表 17 低温小梁弯曲试验结果

最大荷载/kN	跨中挠度/mm	抗弯拉强度 MPa	劲度模量 MPa	破坏应变 με
1 298.9	0.615 2	10.603	3 230.0	3 385.9

3 SMA-13 混合料的拌和

(1)拌和温度:沥青加热温度 170~175℃,由于大量冷矿粉的掺入,集料加热温度在 210~220℃,混合料出厂温度为 180~190℃。出厂温度由试验室安排专人检测,发现温度不在此范围及时给拌和楼反馈。

(2)拌和时间 and 拌和数量:骨料进入拌缸的同时,木质素也进入拌缸,开始干拌,几秒后,矿粉和沥青进入拌缸,在沥青放完 8 s 后,矿粉放完,同时拌缸计时开始,从放骨料到拌缸开始计时约 23 s,总生产时间 66 s,拌和产量 147 t/h,拌和流程见图 2。

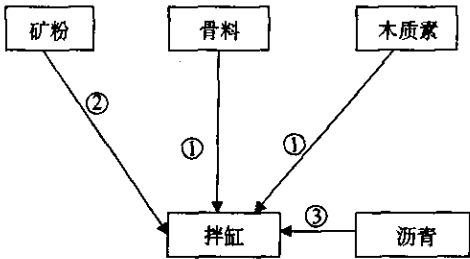


图 2 拌和流程

(3)木质素纤维填加方式,人工将木质素纤维投入纤维填加设备中,利用机械将纤维打碎,再利用空压机将打碎的纤维吹入拌缸和骨料、矿粉、沥青一起

搅拌均匀,木质素纤维填加数量为沥青混合料总重量的 0.3%。

(4)抗剥落剂填加方式,根据沥青储罐中沥青的数量,按沥青质量的 0.4%投入热熔沥青中,用强制搅拌法使抗剥离剂掺配均匀。

(5)由于 SMA-13 属于间断级配,从 4.75 mm 筛孔断开,所以 SMA-13 路面 3 号料需求量相当少,所以集料供应商在加工石料时通过技术处理或人为地把粒径为 2.36~4.75 mm 之间的石料掺到 2 号料中,导致生产过程中粒径为 2.36~4.75 mm 之间的石料从拌和机中溢出,就需预备装载机及时清掉废料仓中的 3 号料。

(6)细集料一定要搭棚覆盖以免受潮,因为 SMA 混合料需要的细集料非常少,不超过 15%,所以冷料仓的斗门开启度很小,如果细集料遭雨淋,就会造成集料干湿程度不同,遇到湿料时下得慢遇到干料时下得快,这样会严重影响 4.75 mm 筛的通过率控制的精度;另外 1 号料和 2 号料用量大,我们各设置 2 个冷料仓供料。

4 SMA-13 混合料的运输

SMA-13 混合料的运输应注意以下几个问题。

(1)要采用大吨位的运输车运输,运输前在车厢及重板上喷洒一层油水混合物,使混合物不致与车厢粘结,这项工作一定要安排专人操作。若车厢里的油水混合物没有清理干净,在碾压过程中就会把玛蹄脂带到路面表面,而且表面散发发软。因为这种情况在摊铺和复压之前很难发现,处理起来非常困难。

(2)在任何情况下,运输车在运输过程中都应加盖篷布,以防表面混合料降温结硬壳。我们采用的是两层篷布之间夹一层棉被,并在摊铺过程中也不揭篷布,施工效果非常明显,温度对照见后。

(3)要及时清掉运料车剩余的残留物。

(4)到场温度要控制在 180℃ 以上,前场安排专人检测到场温度,发现温度低于此要求也及时反馈到拌和楼。

5 SMA-13 混合料的摊铺和碾压

项目分别于 6 月 14 日、6 月 16 日和 6 月 19 日做 3 次试铺段,下面简要介绍 3 次试铺的情况。

(1)第一次试铺 K24+680~K24+940 右幅。

配合比:振动筛 1 号(12~20 mm):2 号(5~12 mm):3 号(3~5 mm):4 号(0~3 mm):矿粉

=41.5:38:2:8:10.5;油石比 6.0%;4.75 mm 筛通过率 25%;摊铺速度为 2.3 m/min;混合料到场温度 182℃,采用单层篷布覆盖,摊铺时揭开篷布,摊铺完温度 163℃,松铺系数 1.15,松铺厚度 4.5 cm,熨平板振级 5 级,夯锤振级 4 级,纵缝处两机搭接宽度 35 cm,厚度控制采用 18 m 长接触式平衡梁。碾压方案:2 台 DD—110 压路机成梯队来回强振 2 遍,2 台洒井压路机来回强振 1 遍,静压 1 遍,在碾压一开始,靠中央分隔带一侧的 DD—110 压路机先骑纵缝来回强振一遍,并保证纵缝处要多碾压 1 遍,使纵缝接缝美观并且不渗水。

混合料试验结果见表 18(马歇尔空隙率范围放宽为 3%~5%)。

表 18 混合料试验结果

油石比/%	马氏密度 g/cm ³	空隙率 %	矿料间系数 %	饱和度 %	粗集料骨架 间隙率/%
6.17	2.468	5.0	17.9	72.1	40.2
6.0~6.3		3~5	≥17	75~85	<41.7

矿料级配见表 19。

表 19 矿料级配

通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%					
16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075
100	93.7	62.8	25.9	20.4	10.4
100	90~100	50~75	22~32	16~27	8~12

路面检测结果见表 20。

表 20 路面检测结果

平整度 mm	马氏压实度 %	理论压实度 %	路面空隙率 %	构造深度 mm	渗水系数 ml/min
0.44	99.9	94.9	5.1	1.2	正常路段 不渗水
<0.8	≥98	94~96.5	3.5~6	0.8~1.2	≤50
外观	无石料压碎现象,无玛蹄脂上浮现象;				

下面一些部位存在不同程度的渗水现象:

- ①两摊铺机接缝左右各 50 cm 范围内;
- ②靠近路缘石 50 cm 范围内直渗;
- ③靠近路肩 50 cm 范围内直渗;
- ④摊铺机中间部位;
- ⑤摊铺机拢料摊铺的部位。

分析:①、②和③是因为螺旋布料器把混合料从摊铺机中间输送到两侧,造成料温降低较多,约差 8℃,另外由于平衡梁的影响使压路机不能及时碾压两方面因素的影响造成该处渗水;④是因为固定螺旋布料器的支架挡料造成级配离析;⑤是因为拢料的料温低,而且级配也存在离析,造成摊铺后渗

水,另外,由于摊铺速度慢,温度散失快,造成整体空隙率高。

(2)第二次试铺K24+010~K24+680。

由于路面空隙率5.1%,构造深度1.2 mm,我们对级配进行了微调,4.75 mm 筛通过率在25%~26%之间,配合比1号:2号:3号:4号:矿粉=42:37:2:9:10,油石比6.1%。另外,上午提高摊铺速度到3 m/min,尽量缩短2个摊铺机距离以保证纵缝处尽可能早碾压。另外又调来一台德国产12 t 戴纳派克振动压路机增大压实功,缩短有效压实时间。

碾压方案:2台DD—110压路机并列强振2遍,戴纳派克强压路机振1遍,洒井压路机静压1~2遍。

混合料试验结果见表21。

表 21 混合料试验结果

油石比 %	马氏密度 g/cm ³	空隙率 %	矿料间系率 %	饱和度 %	粗集料骨架 间隙率/%
6.17	2.471	4.7	17.8	73.6	40.2
6.0~6.3		3~5	≥17	75~85	<41.7

矿料级配见表22。

表 22 矿料级配

通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%					
16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075
100	92.5	62.2	26.4	20.3	9.4
100	90~100	50~75	22~32	16~27	8~12

路面检测结果见表23。

表 23 路面检测结果

平整度 mm	马氏压实度 %	理论压实度 %	路面空隙率 %	构造深度 mm	渗水系数 ml/min
0.47	99.5	94.8	5.2	1.1	正常路段 不渗水
<0.8	≥98	94~96.5	3.5~6	0.8~1.2	≤50
外观	无石料压碎现象,无玛蹄脂上浮现象。				

第一次试铺的几个渗水部位虽然有所好转,但依然存在渗水现象。

(3)第三次试铺K23+417~K24+010。

从前两次试铺可以看出,要想提高路面整体空隙率,改善几处薄弱环节的渗水情况只能是从降低施工过程中的温度损失着手,我们在保证配合比、摊铺机参数和碾压方案不变的前提下,采取了以下措施来降低施工过程中的温度损失。

①运料车由单层篷布改为双层,篷布之间夹一层棉被,以减少运输过程中的温度损失。

②在摊铺过程中运料车不揭篷布,以减小摊铺过程中的温度损失。

③挪动平衡梁位置,使前后摊铺机之间的距离缩到最小,拆除平衡梁之间的支架,保证压路机碾压时能更靠近摊铺机。

6月16日和6月19日两次施工过程中的温度损失对照表24。

表 24 温度损失对照

检测项目	单层篷布覆盖且摊铺时 揭篷布		双层篷布之间夹棉被覆 盖且摊铺时不揭篷布	
		降温速度 C/min		降温速度 C/min
出场温度/C	185		186	
到场温度/C	182		184	
摊铺完温度/C	163	1	170	0.7
初压结束温度/C	148	4	157	3.5
复压第一遍 压完时温度/C	138	3	141	4.8
复压第二遍 压完时温度/C	128	2	134	2
摊铺速度 m/min	3			

从表24可以看出,摊铺时不揭篷布比揭篷布温度少损失为0.3℃/min,铺一车大约18 min 可少损失5℃。因为挪动了平衡梁位置,且去掉了支撑,使压路机碾压更靠近摊铺机,摊铺完到初压结束可减少温度损失0.5℃/min。

混合料试验结果见表25。

表 25 混合料试验结果

油石比 %	马氏密度 g/cm ³	空隙率 %	矿料间系率 %	饱和度 %	粗集料骨架 间隙率/%
6.18	2.472	4.7	17.8	73.6	40.1
6.0~6.3		3~5	≥17	75~85	<41.7

矿料级配见表26。

表 26 矿料级配

通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%					
16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075
100	92.1	62.6	25.4	20.5	10.6
100	90~100	50~75	22~32	16~27	8~12

路面检测结果见表27。

表 27 路面检测结果

平整度 mm	马氏压实度 %	理论压实度 %	路面空隙率 %	构造深度 mm	渗水系数 ml/min
0.44	99.9	95.2	4.8	1.1	不渗水
<0.8	≥98	94~96.5	3.5~6	0.8~1.2	≤50
外观	无石料压碎现象,无玛蹄脂上浮现象。				

- 薄弱部位渗水情况:
- ①纵缝部位基本不渗水;
 - ②摊铺机中间部位也基本不渗水;
 - ③靠路缘石及路肩 50 cm 部位渗水比以前改善,现在正在寻求好的解决办法。
- 根据第三次试铺我们总结了以下几点。
- ①必须保证到场温度在 180℃以上,并且在运输和摊铺过程中不揭篷布,最好采用两层篷布之间夹一层棉被的保温措施。
 - ②配合比设计时马歇尔空隙率应设计到 4.0%~5% 的范围内,以保证设计出较粗的级配和较低的油石比提高抗车辙能力减小泛油。
 - ③摊铺机的熨平板和夯锤尽可能采用较大的震级,保证铺面的初始压实度在 85%以上。
 - ④在保证连续摊铺的前提下尽可能采用较快的摊铺速度,以减少从摊铺到碾压这段时间的温度散失。
 - ⑤尽可能地缩短两台摊铺机之间的距离,保证两机搭接的纵缝是真正的热接缝。
 - ⑥为提高路面平整度,目前采用的平衡梁已达到 18 m,但摊铺机后的平衡梁过长会影响压路机及时碾压,所以改性沥青 SMA 路面建议采用非接触式平衡梁。
 - ⑦保证纵缝提前碾压并多碾压一遍。
 - ⑧保证压路机碾压尽可能地靠近摊铺机,以减少碾压前温度损失的过多。
 - ⑨初压尽可能采用大吨位的压路机在高温状态振动碾压,以提高压实效率且避免石料被压碎。
- (4)试验和检测。
- ①试验。

SMA 混合料的质量控制重点是检测混合料试件的密度和空隙率、VMA、VCA、VFA 等 4 大体积指标,应使其保持一定的稳定性。由于 SMA 混合料对级配要求非常严,可能级配发生小的波动就会造成施工质量大的波动,所以,我们在取混合料时特别小心。取样前在下面垫一张光面纸,把混合料倒到光面纸上,等冷却后掰开进行抽提试验,试验时要特别注意矿粉的数量,以免使油石比结果失真,只有试验结果真实可靠,才能有效地指导施工。

- ②检测。
- SMA 路面在中国起步较晚,还没有真正形成一套理论,所以主要还要看路面的使用效果,因而要加强施工过程检测,看成型路面的各项指标是否满足要求。在检测过程中既要保证正常的检测频率又要

加强对薄弱环节的检测控制,发现问题及时反馈。

6 几点体会

- (1)以往 SMA 路面压实遍数少,害怕过度碾压会造成玛蹄脂上浮,产生油斑。主要是配合比设计时空隙率靠油填充,4.75 mm 筛的通过量过大,因而压路机少振动或不振动就可达到规定的压实度和路面空隙率。但通车后在重载交通的作用下,空隙率很快地减小,出现了车辙和泛油现象。现在一改以前做法,适当降低油石比,增加粗集料用量,减小 4.75 mm 筛通过率,增大压实功,使通车后路面空隙率减小较慢,提高抗车辙能力。
- (2)在配合比设计时虽然由于油石比小造成马歇尔空隙率和饱和度指标不满足要求,但主要还是应以成型路面的实测指标为依据,通过增大压实功来降低路面空隙率,保证大吨位的振动压路机强振不推移且有足够的构造深度而不渗水。
- (3)对于配合比设计时控制级配和油石比的各种体积指标,应根据当地的气候条件和原材料综合考虑。尤其是空隙率指标,在选取时一定要慎重,要根据当地路面的主要病害进行选取,空隙率过小会产生车辙和泛油,过大了路面会透水。
- (4)SMA 混合料对温度的敏感性非常高,在确定了施工配合比和施工工艺后,能否控制好施工温度就成为 SMA 路面能否成功的关键。如果完全按照江苏省施工指导意见的要求进行控制,那么 SMA 路面就有可能渗水,那就不是真正的 SMA。我们采用的施工温度和江苏省施工指导意见要求的施工温度对照表见表 28。

表 28 项目内控温度和指导意见要求温度

项目	项目内控温度 C	指导意见要求温度 C	备注
沥青加热温度/C	170~175	160~170	
集料加热温度/C	210~220	180~190	
混合料出厂温度/C	180~190	170~180, 超过 185 废弃	后规定废弃 温度 190
运到现场温度/C	≥175	≥165	
摊铺温度/C	≥170,低于 160 作为废料	≥160,低于 140 作为废料	
初压开始温度/C	≥160	≥150	
复压最低温度/C	≥130	≥130	
碾压终了温度/C	≥100	≥110	