ICS 93.080.20
Q20

DB21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范

Technical Specifications for Design and Construction of Stone Matrix Asphalt

××××－××－××发布 ××××－××－××实施

辽宁省市场监督管理局 发布

前　　言

本规范按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本规范由辽宁省交通科学研究院有限责任公司提出。

本规范由辽宁省交通运输厅提出并归口管理。

本规范结合辽宁省公路建设的实际情况，对地方标准《沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范》（DB21/T1403-2006）进行了修订，修订后的规范共分 8 章，2 个附录，主要内容包括：范围，规范性引用文件，术语、符号及代号，一般规定，材料，配合比设计，施工工艺和施工质量管理与验收。

本规范与DB21/T1403-2006相比，主要变化如下：

——一般规定：删除了4.1 SMA16型应用推荐；

——粗集料：修改了5.1 SMA选用粗集料规格，将15-20mm规格修订成11.4-16mm，将10-15mm规格修订成8-11.4mm，将5-10mm规格修订成5.6-8mm；

——细集料：修改了5.1 SMA选用细集料规格，将机制砂一种规格修订成2.36-4.75mm,1.18-2.36mm和0-1.18mm三个规格；

——设计标准：修改了6.2矿料级配的VMA，将大于17%修订为必须大于18%，将最小油石比5.9-6.5%修订成6.8-7.2%；增加了SMA5矿料级配范围、配合比设计技术要求、配合比设计检验指标；

——施工温度：修改了7.1 SBS改性沥青SMA路面的施工温度范围：集料的加热温度由180-195℃修订成190℃-200℃，混合料最高温度（弃料温度）由不高于190℃修订成不高于195℃，碾压终了温度由不低于130℃修订成不低于120℃；

——施工工艺：修改了7.5压实工艺：将路面温度下降到90℃-100℃后，宜采用胶轮压路机进行辅助碾压修订成为防止SMA路面产生透水，宜采用胶轮压路机进行辅助碾压；

——施工管理控制要点：删除了8.2 SMA混合料矿料级配施工要求中对于筛孔2.36-4.75mm规格的要求。

各有关单位在执行过程中，如有问题和意见，请函告辽宁省交通运输厅（地址：沈阳市和平区十三纬路19号甲　邮编：110003，电话024-23867960）、辽宁省交通科学研究院有限责任公司（地址：沈阳市沈河区文萃路81号　邮编：110015，电话024-24512416），以便下次修订时研用。

本规范负责起草单位：辽宁省交通科学研究院有限责任公司

本规范主要起草人：李洪斌、刘云全、范兴华、朱建平、高立波、任俊达、周健楠、吴耀东、高明、吴玉辉。

目　　次

1　范围……1
2　规范性引用文件……1
3　术语、符号、代号……1
3.1　术语……1
3.2　符号及代号……2
4　一般规定……2
4.1　SMA 面层厚度……2
4.2　下承层要求……2
4.3　层间结合……2
5　材料……3
5.1　粗集料……3
5.2　细集料……3
5.3　填料……4
5.4　沥青结合料……5
5.5　纤维稳定剂……5
6　配合比设计……5
6.1　设计原则……5
6.2　设计标准……6
6.3　设计步骤……7
6.4　目标配合比设计检验……10
6.5　生产配合比设计及验证……10
7　施工工艺……11
7.1　施工温度……11
7.2　拌和……11
7.3　运输……12
7.4　摊铺……12
7.5　压实……13
7.6　接缝……13
7.7　开放交通及其它……13
8　施工质量管理和验收……13
8.1　试验段铺筑……14
8.2　施工质量管理要点……14
附录 A（资料性附录）　沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范用词说明……16
附录 B（资料性附录）　沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范条文说明……17

沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范

1 范围

本规范规定了沥青玛蹄脂碎石混合料（SMA）路面的材料、设计、施工及质量要求，适用于二级以上公路及市政道路，其它等级公路路面及机场跑道等可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG E60 公路路基路面现场测试规程
JTG D50 公路沥青路面设计规范
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

3 术语、符号、代号

下列术语和定义、符号、代号适用于本规范。

3.1 术语

3.1.1 沥青玛蹄脂碎石混合料（stone matrix asphalt）

由沥青结合料与少量的纤维稳定剂、细集料以及较多量的填料（矿粉）组成的沥青玛蹄脂填充于间断级配的粗集料骨架的间隙，组成一体形成的沥青混合料，简称SMA。

3.1.2 纤维稳定剂（fiber stabilizer）

在沥青玛蹄脂碎石混合料中起吸附沥青、增强结合料的粘结力和稳定作用的木质素纤维、矿物纤维、聚合物化学纤维等各类纤维的总称。

3.1.3 主骨料(main aggregate)

在SMA混合料中形成嵌挤结构，起到骨架作用的集料，对SMA13L是指大于4.75mm的集料，对SMA10是指大于2.36mm的集料，对于SMA5是指大于1.18mm的集料。

3.1.4 主骨料骨架间隙率（percent voids in main aggregate）

主骨料骨架部分以外的体积占试件总体积的百分率，以VCA表示。仅由主骨料在捣实状态下测定的VCA称为VCA_{DRC}，由压实SMA试件测定的VCA称为VCA_{mix}。

3.1.5 结合料（binder）

在沥青混合料中，把集料粘合在一起的胶结料，本规范指聚合物改性沥青。

3.2 符号及代号

本规范中的各种符号、代号及其意义见表1。

表 1 符号及代号

符号及代号	意　　义
SMA	沥青玛蹄脂碎石混合料，stone matrix asphalt 的略语。
VCA_{mix}	主骨料间隙率，压实沥青混合料试件内主骨料骨架部分以外的体积占试件总体积的百分率。voids in main aggregate of asphalt mix 的略语。
VCA_{DRC}	骨架捣实状态下的主骨料松装间隙率，voids in main aggregate 的略语。
VV	压实沥青混合料试件内矿料及沥青以外的空隙（不包括矿料自身内部的孔隙）的体积占试件总体积的百分率，volume of air voids 的略语。
VMA	压实沥青混合料试件内矿料部分以外的体积占试件总体积的百分率，即试件空隙率与沥青体积百分率之和，voids in mineral aggregate 的略语。
VFA	压实沥青混合料中的沥青饱和度，即试件矿料间隙中扣除被集料吸收的沥青以外的有效沥青结合料部分的体积在 VMA 中所占的百分率，voids filled with asphalt 的略语。

4 一般规定

4.1 SMA 面层厚度

设计时应根据公路等级、交通量及其组成、沥青品种和质量以及气候条件等因素，按表2推荐厚度，结合论证地选用SMA结构类型如SMA13L、SMA10、SMA5。SMA铺筑层的压实厚度不宜小于公称最大粒径的2倍—2.5倍，以减少离析，便于压实。

表 2 SMA 面层推荐厚度

SMA 面层推荐厚度 cm	推荐级配类型
3-4	SMA13L
2-3	SMA10
—	SMA5

4.2 下承层要求

铺筑SMA面层前，应检查下卧沥青层或防水层的质量，不符合要求的不得铺筑SMA面层。旧沥青路面或下卧层已被污染时，必须清洗或经铣刨处理后方可铺筑SMA混合料。

4.3 层间结合

设计时应采取技术措施，使各结构层不产生层间滑移，加强路面结构各层之间的紧密结合，提高路面结构整体性和耐久性。

在SMA结构层与下面层之间，均应设粘层沥青。粘层沥青宜采用改性乳化沥青，材料规格及质量标准应符合《公路沥青路面施工技术规范》的要求，其用量为0.3 L/m²—0.5L/m²，或根据粘层沥青的种类通过试铺确定。

5 材料

5.1 粗集料

5.1.1 粗集料（4.75mm 以上的集料）应为质地坚硬、具有棱角、表面粗糙、形状接近立方体、有良好嵌挤能力的破碎石料。

5.1.2 在生产粗集料进行细破作业时，严禁采用颚式破碎机。

5.1.3 SMA 面层对粗集料的质量技术要求见表 3，规格要求见表 4。

表 3 SMA 面层用粗集料质量技术要求

指　　标	技 术 要 求	试验方法
石料压碎值（%）	≤22	JTG E42 (T0316)
洛杉矶磨耗损失（%）	≤28	JTG E42 (T0317)
表观密度（t/m³）	≥2.7	JTG E42 (T0304)
吸水率（%）	≤1.5	JTG E42 (T0304)
对基质沥青的粘附性（级）	≥4	JTG E42 (T0616)
坚固性（%）	≤8	JTG E42 (T0314)
细长扁平颗粒含量（%）	≤10	JTG E42 (T0312)
水洗法<0.075mm 颗粒含量（%）	≤1	JTG E42 (T0310)
软石含量（%）	≤1	JTG E42 (T0320)
石料磨光值（PSV）	≥42	JTG E42 (T0321)
具有一定数量破碎面颗粒的含量 具有一个破碎面的颗粒（%） 具有 2 个或 2 个以上破碎面的颗粒（%）	 100 ≥90	JTG E42 (T0346)

①在 250℃烘箱加热 1h 后，其压碎值与加热前的差值应不大于 2%。

表 4 SMA 面层用粗集料规格

规 格 mm	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）						
	16.0	11.4	9.5	8.0	5.6	4.75	2.36
11.4-16.0	100	0-20					
8.0-11.4	100	85-100		0-20	0-5		
5.6-8.0		100		90-100	0-15		0-5
3-5			100			90-100	0-15

5.2 细集料

5.2.1 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有一定的棱角。

5.2.2　细集料应采用机制砂，机制砂宜采用优质石灰岩由细集料破碎机生产制造。

5.2.3　SMA 使用细集料的质量应符合表 5 的规定，规格要求见表 6。

表 5　SMA 面层用细集料质量技术要求

指　　标	技术要求	试验方法
表观相对密度(t/m^3)	≥2.50	JTG E42（T0328）
坚固性（>0.3mm 部分）(%)	≤8	JTG E42（T0340）
含泥量（小于 0.075mm 的含量）(%)	≤3	JTG E42（T0333）
砂当量（%）	≥60	JTG E42（T0334）
亚甲蓝值（g/kg）	≤25	JTG E42（T0346）
棱角性（s）	≥30	JTG E42（T0345）

表 6　SMA 面层用细集料规格

规格(mm)	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
2.36-4.75	100	90-100	0-10	0-5				
1.18-2.36		100	85-100	0-15	0-5			
0-1.18			100	80-100	50-80	20-50	5-30	0-10

5.3　填料

5.3.1　填料必须采用由石灰石磨细的矿粉。矿粉必须保持干燥，能从石粉仓自由流出。

5.3.2　SMA 严禁使用回收粉尘。

5.3.3　矿粉的质量应符合表 7 的要求。

表 7　SMA 面层用填料质量技术要求

指　　标		技 术 要 求	试验方法
表观密度　(t/m^3)		≥2.50	JTG E42（T0352）
含水量（%）		≤1.0	JTG E42（烘干法）
粒 度 范 围 (%)	<0.6mmm	100	JTG E42（T0351）
	<0.15mmm	90-100	
	<0.075mmm	75-100	
外　　观		无团粒结块	JTG E42（筛分、目测）
亲水系数		<1.0	JTG E42（T0353）
塑性指数		< 4	JTG E42（T0354）

5.4　沥青结合料

5.4.1　沥青结合料必须具有较高的粘度，与集料有良好的粘附性，以保证有足够的高温稳定性和低温韧性。对高速公路、一级公路应采用聚合物改性沥青。

5.4.2 用于改性沥青的基质沥青，应符合辽宁省地方标准《SBS 改性沥青混合料设计与施工技术规范》的技术要求。

5.4.3 改性沥青的质量应符合表 8 的聚合物改性沥青技术要求。

表 8 改性沥青质量技术要求

指　　标		技术要求	试验方法
针入度 25℃,100g,5s（0.1mm）		≥50	JTG E20（T0604）
针入度指数 PI		≥-0.2	JTG E20（T0604）
延度 5℃，5cm/min（cm）		≥45	JTG E20（T0605）
软化点 TR&B（℃）		≥70	JTG E20（T0606）
运动粘度 135℃（Pa·s）		≤3	JTG E20（T0625）
闪点（℃）		≥230	JTG E20（T0611）
溶解度（%）		≥99	JTG E20（T0607）
离析、软化点差（℃）		≤2.5	JTG E20（T0661）
RTFOT 后残留物	质量损失（%） 针入度比 25℃（%） 延度 5℃（cm）	±1.0 ≥60 ≥25	JTG E20（T0610） JTG E20（T0604） JTG E20（T0605）

5.5 纤维稳定剂

5.5.1 SMA 一般应使用纤维稳定剂，纤维稳定剂宜为松散的絮状木质素纤维，外观为纤维状物体，无杂质。

5.5.2 木质素纤维的质量应符合表 9 的要求：

表 9 SMA 用木质纤维素质量技术要求

检测项目	纤维长度 mm	灰分 %	含水量 %	PH 值	吸油率 倍
性能指标	≤6	18±5 无挥发物	<5	7.5±1.0	≥5.0

6 配合比设计

6.1 设计原则

6.1.1 SMA 混合料的配合比设计应遵循现行规范关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比、生产配合比及试拌、试铺验证的三个阶段，确定标准配合比的矿料级配及最佳沥青用量。

6.1.2 SMA 配合比设计采用马歇尔试件体积设计方法，应遵循下列原则：

6.1.2.1 SMA 必须具有互相嵌挤紧密的主骨料骨架，形成石—石嵌挤结构。对 SMA13L，SMA 的主骨料骨架是 4.75mm 以上的粗集料；对 SMA10，SMA 的主骨料骨架是 2.36mm 以上的粗集料。矿料级配的 VMA 必须大于 18%，马歇尔试件的 VCA_{mix} 必须小于主骨料骨架捣实状态下的 VCA_{DRC}。

6.1.2.2　填充在 SMA 的主骨料骨架间隙中的沥青玛蹄脂必须符合最小沥青用量的要求，马歇尔试件的空隙率必须在要求的范围内。

6.2　设计标准

6.2.1　SMA 的矿料级配采用间断级配，其范围应符合表 10 的要求。

6.2.2　SMA 的配合比设计应符合表 11 的技术要求。

表 10　SMA 混合矿料级配范围

筛　孔（mm）	通 过 范 围（%）		
	SMA13L	SMA10	SMA5
16.0	100		
13.2	—	100	
11.4	85～95		
9.5		90-100	100
8.0	40～59		
5.6	20～35		
4.75	18～32	30-60	90-100
2.36	17～25	20-30	25-35
1.18	15～23	14-26	22-32
0.6	12～18	12-22	18-27
0.3	10～16	10-18	15-23
0.15	9～14	9-16	13-19
0.075	8～10	8-13	12-15

表 11　SMA 马歇尔试验配合比设计技术要求

试 验 项 目	技术要求	
	SMA13L、SMA10	SMA5
试件成型方式	马歇尔双面击实 50 次	
油石比（%）	6.8～7.2	—
空隙率 VV（%）	3.5～4.5	1.5～3
粗集料骨架间隙率 VCA_{mix}	≤VCA_{DRC}	
矿料间隙率 VMA（%）	≥18	
沥青饱和度 VFA（%）	75～85	80～90
稳定度　（KN）	≥6.0	＞10.0
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失（%）	≤0.15	
肯塔堡飞散试验的混合料损失（%）	≤15	

6.2.3　SMA 设计配合比检验应符合表 12 各项指标的要求。试验方法应遵照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的规定进行。

表 12　SMA 配合比设计检验指标

检 验 项 目	技术要求		试验方法
	SMA13L、SMA10	SMA5	
车辙试验动稳定度（次/mm）	≥5500	＞1500	JTG E20 （T0719）
水稳定性： 残留马歇尔稳定度（%） 冻融劈裂试验残留强度比（%）	≥85 ≥80		JTG E20 （T0709） JTG E20 （T0716）
渗水系数（ml/min）	≤80	—	JTG E20 （T0730）
构造深度（mm）	0.9～1.3	—	JTG E20 （T0731）

6.3 设计步骤

6.3.1 SMA 混合料目标配合比设计按图 1 流程图的步骤进行。SMA 路面的工程设计级配范围采用本规范表 10 规定的矿料级配范围。对于 SMA5，以 1.18mm 作为主骨料骨架的分界筛孔；对于 SMA10，以 2.36mm 作为主骨料骨架的分界筛孔；对于 SMA13L，以 4.75mm 作为主骨料骨架的分界筛孔。

6.3.2 取具有代表性的集料和矿粉，按《公路工程集料试验规程》规定的方法进行筛分。

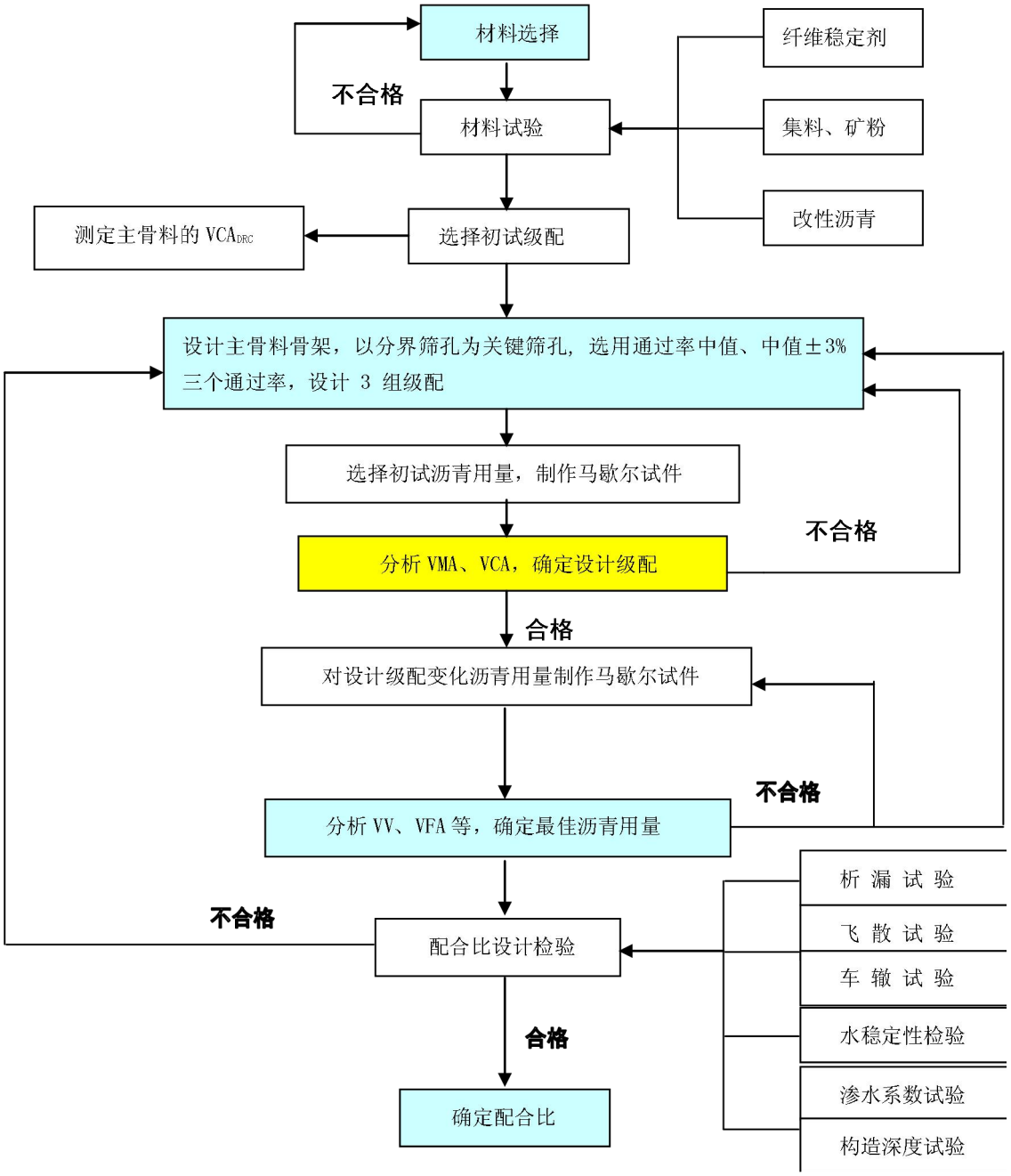

图 1　SMA 体积法设计流程图

6.3.3　按试验规程规定的方法精确测定各种矿料的相对密度，其中粗集料、细集料测定毛体积相对密度和表观相对密度，矿粉测定表观相对密度。

6.3.4　调整各种矿料比例设计 3 个不同粗细的初试级配，3 个级配的分界筛孔通过率应分别为中值、中值±3%左右，必须符合所选择的标准级配范围的要求，3 个级配的矿粉数量宜相同，使 0.075mm 通过率为 10%左右，并计算初试级配的平均毛体积相对密度 γ_{sb}。

$$\gamma_{sb}=\frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1}+\frac{P_2}{\gamma_2}+\frac{P_3}{\gamma_3}+.....+\frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (1)$$

式中：P1、 P2 、P3……、Pn为各种矿料的比例，其和为100；相应的毛体积相对密度为γ_1、γ_2 、γ_3 ……、γ_n（矿粉为表观相对密度）。

初试级配矿料混合料的合成表观相对密度γ_{sa}为：

$$\gamma_{sa}=\frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1}+\frac{P_2}{\gamma'_2}+\frac{P_3}{\gamma'_3}+.....+\frac{P_n}{\gamma'_n}} \quad (2)$$

式中：P1、 P2 、P3……、Pn为各种矿料的比例，其和为100；相应的表观相对密度为γ'_1、γ'_2 、γ'_3 ……、$\gamma'n$。

合成矿料的有效相对密度γ_{se}为：

$$\gamma_{se}=C\times\gamma_{sa}+(1-C)\times\gamma_{sb} \quad (3)$$

$$C=0.033w_x^2-0.2936\ w_x+0.9339 \quad (4)$$

$$w_x=(1/\gamma_{sb}-1/\gamma_{sa})\times100 \quad (5)$$

式中：C—合成矿料的沥青吸收系数，由式（4）求得；

w_x—合成矿料的吸水率，（%），按式（5）求得。

6.3.5 按《公路工程集料试验规程》规定，用捣实法测定大于分界筛孔的主骨料的松方毛体积相对密度γ_s,按式（6）计算各组初试级配的主骨料骨架间隙率VCA_{DRC}。

$$VCA_{DRC}=(1-\gamma_s/\gamma_{ca})\times100 \quad (6)$$

式中：γ_{ca}—分界筛孔以上粗集料的平均毛体积相对密度，按式（7）计算；

γ_s—按本方法测定的粗集料的松方毛体积相对密度。

$$\gamma_{ca}=\frac{P_1+P_2+.....+P_n}{\frac{P_1}{\gamma_1}+\frac{P_2}{\gamma_2}+\frac{P_3}{\gamma_3}+.....+\frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (7)$$

式中：P1、 P2 …… 、Pn 为各种粗集料比例；相应的毛体积相对密度为γ_1、γ_2 ……、γ_n。

6.3.6 根据初试级配的平均毛体积相对密度的大小，选择制作马歇尔试件的初试油石比。

6.3.7 按照选择的初试油石比和矿料级配制作 SMA 试件，三个初试级配各做一组，每组不少于 3 个，用表干法测毛体积相对密度。对于 SBS 改性沥青 SMA 混合料，最大理论相对密度按公式（8）进行计算。

$$\gamma_t=\frac{100+P_a+P_x}{\frac{100}{\gamma_{se}}+\frac{P_a}{\gamma_a}+\frac{P_x}{\gamma_x}} \quad (8)$$

式中：Pa—试件的油石比，(%)；

Px—纤维用量，以矿料质量百分数计，由占沥青混合料总量的百分数换算得到，(%)；

γ_{se}—矿料的有效相对密度，由式（3）得到；

γ_{a}—沥青结合料的相对密度；

γ_{x}—纤维稳定剂的相对密度。

6.3.8 分别按公式 （9）、（10）、（11）、（12）计算马歇尔试件的空隙率（VV）、主骨料骨架间隙率（VCA_{mix}）、矿料间隙率（VMA）、有效沥青的饱和度（VFA）。

$$VV = (1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_t}) \times 100 \qquad (9)$$

式中：γ_{f}—沥青混合料试件的实测毛体积相对密度，由表干法测定。

$$VCA_{mix} = (1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{ca}} \times P_{ca}) \times 100 \qquad (10)$$

式中：P_{ca}—沥青混合料中主骨料的比例，即大于分界筛孔的颗粒含量占沥青混合料的比例，（%）。

$$VMA = (1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{Sb}} \times P_S) \times 100 \qquad (11)$$

式中：Ps—沥青混合料中全部矿料的比例，即 100/（100+Pa+Px），(%)。

$$VFA = \frac{VMA - VV}{VMA} \times 100 \qquad (12)$$

6.3.9 从 3 组初试级配的试验结果中选择设计级配时，必须符合 VCA_{mix}<VCA_{DRC} 及 VMA>18%的要求，当有 1 组以上的级配同时符合要求时，以分界筛孔通过率大的级配为设计级配。

6.3.10 根据所选择的设计级配和初试油石比试验的结果，以 0.2%—0.3%为间隔，调整 3 个以上不同的油石比，制作马歇尔试件。

6.3.11 进行马歇尔稳定度试验，检验稳定度和流值是否符合要求。

6.3.12 根据希望的设计空隙率，综合考虑其它体积指标确定最佳油石比。

6.4 目标配合比设计检验

6.4.1 SMA 配合比设计后，应进行谢伦堡沥青析漏试验和肯塔堡飞散试验，检验设计的最佳沥青用量是否合适。

6.4.2 SMA 必须进行车辙试验，对混合料的高温稳定性进行检验。

6.4.3 SMA 应进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验，检验混合料的水稳定性。

6.4.4 SMA 应进行渗水试验，检验混合料的密实性。

6.4.5 SMA 应进行构造深度试验，检验混合料的抗滑性。

6.5 生产配合比设计及验证

6.5.1 生产配合比设计及验证，应根据目标配合比设计的结果，按《公路沥青路面施工技术规范》的规定进行。

6.5.2 生产配合比应从二次筛分后的热料仓取料进行，筛分料的单位时间进料量要与实际生产时的进料量相当。设计方法与目标配合比设计方法相同，矿料级配与沥青用量应力求与目标配合比设计相近，以减少试验工作量。设计级配及油石比必须经过配合比设计检验及试验段铺筑认定。

6.5.3 生产过程中对确定的生产配合比不得随意变更。当进场材料发生变化或生产出的 SMA 的体积指标以及马歇尔稳定度试验指标不符合要求时，应及时调整配合比，使 SMA 混合料质量符合要求并保持相对稳定，必要时应重新进行配合比设计。

6.5.4 生产过程中必须保证 SMA 矿料级配、油石比、体积指标以及马歇尔稳定度试验指标的检验频率，确保配合比的准确性。

7 施工工艺

7.1 施工温度

改性沥青SMA混合料施工温度应参照表13规定，并根据沥青品种、粘度、气候条件及运距选择。

表 13 SBS 改性沥青 SMA 路面的施工温度范围

项　　目	SBS 改性沥青
沥青加热温度	160—165
改性沥青现场制作温度	165—170
集料加热温度	190—200
SMA 混合料出厂温度	170—185
混合料最高温度(弃料温度)	不高于 195
运输到达现场温度	降低不超过 10
摊铺温度	不低于 160
初压温度	不低于 150
碾压终了温度	不低于 120
注：表中温度单位℃	

7.2 拌和

7.2.1 生产 SMA 应采用间歇式沥青拌和机拌和。拌和机必须配备有材料配比和施工温度的自动检测和记录设备。当采用现场制作的改性沥青时，应按规定的技术要求进行生产。需要短时间储存时，应进行不间断地搅拌，在储存期间改性沥青不得降低使用效果。

7.2.2 SMA 混合料宜采用松散的絮状纤维。纤维应存放在室内或有棚盖的地方，妥善保管，在运输及使用过程中应防止受潮。纤维宜采用专用的纤维添加设备自动加入拌和机的拌和锅中，添加纤维应与间歇式拌和机的拌和周期自动同步进行。

7.2.3 特殊情况经业主同意，也可由人工称取一定质量的纤维直接投入拌和机拌和。人工添加松散絮状纤维时必须预先用塑料袋包装,每包的纤维质量恰好与每一锅混合料需要的添加量相等(或分成两包)。包装纤维用的塑料袋应能在拌和过程中遇热熔化，建议采用低密度塑料袋。

7.2.4 纤维稳定剂的掺加比例以沥青混合料总量的质量百分率计算，使用松散纤维，用量为混合料总量的 0.3%—0.4%，掺加纤维的质量允许误差为±5%。

7.2.5 纤维必须在喷洒沥青前加入拌和缸中，纤维与粗细集料、矿粉应经过适当的干拌，干拌时间为 15 秒，喷入沥青后的湿拌时间为 40 秒-45 秒，保证纤维能充分均匀地分散在混合料中，并与沥青结合料充分拌和。由于增加拌和时间，投放矿粉时间加长等原因而减少拌和机生产率的影响，应在计算拌和能力时充分考虑到，以保证不影响摊铺速度，造成停顿。

7.2.6 用于 SMA 的改性沥青可以采用外购成品，也可以现场制作。当改性沥青采用成品时，应对其质量予以检验确认。当为现场制作时，改性剂必须存放在室内，不得受潮，存放期间改性剂不得发生老化。

7.2.7 拌和时，矿粉投入能力应与其它矿料投入速度相匹配，并符合配合比设计数量的需要。

7.2.8 沥青混合料出厂由专人检查，如发现结合料老化、拌和不匀、离析、花白料、混合料降温过多以及其它影响产品质量的情况时，不准使用。

7.2.9 拌和的 SMA 混合料可在储料仓中存放，贮存期间降温不应超过 10℃，不得发生沥青析漏现象，并不得超过 24 小时。

7.3 运输

7.3.1 运料车应与摊铺能力、运距相适应，形成不间断的供料。运料车在开始运输前，应在车厢及底板上涂刷一层隔离剂，使 SMA 混合料不致与车厢粘结。

7.3.2 运料车应前后移动三次装料，防止混合料离析。

7.3.3 混合料运输过程中必须加以覆盖，以防止混合料降温超标和结壳。

7.3.4 运料车在运输途中，不得随意停歇。

7.3.5 运料车到达现场后，应检查 SMA 混合料温度，必须满足摊铺温度要求。

7.3.6 运料车卸料必须倒净，否则必须及时清除。

7.4 摊铺

7.4.1 在摊铺之前对铺筑表面缺陷应及时进行处理并清扫干净，对于污染的路面，必须洒布改性乳化沥青粘层油，用量为 0.3 L/m^2-0.5L/m^2。

7.4.2 摊铺机宜采用具备自动找平装置、熨平板具备振动夯实功能的履带式沥青混凝土摊铺机。摊铺机开始摊铺前应对熨平板预热至 100℃以上。当摊铺路幅较宽时，宜采用两台摊铺机前后相距 5m—10m 梯形作业，以减少离析。

7.4.3 SMA 混合料的摊铺速度应调整到与供料速度平衡，必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。摊铺过程中不得随意变换速度或中途停顿。摊铺机的摊铺速度通常为 2m/min-3m/min，容许放慢到 1m/min-2m/min。

7.4.4　为了做到均匀、连续不间断地摊铺，在摊铺机前至少有 4 辆以上的运料车等候卸料。卸料时在距摊铺机前 20cm—30cm 处空档停车，不得碰撞摊铺机。铺筑中由摊铺机顶推车辆同步前进。

7.4.5　摊铺过程中，摊铺机螺旋送料器应不停顿地匀速转动，两侧应保持有不少于送料器 2/3 高度的混合料，并保持在摊铺机全宽度断面上均匀一致，不发生离析。

7.4.6　当路表面温度低于 15℃时，不宜摊铺改性沥青 SMA 混合料。

7.4.7　SMA 混合料的松铺系数应通过试铺确定。

7.4.8　当遇雨或下层潮湿时，不得摊铺 SMA；对未经压实即遭雨淋的 SMA 应全部清除。

7.5　压实

7.5.1　SMA 混合料必须在摊铺后在尽可能高的温度状态下碾压，不得等候。不得在低温状态下反复碾压，防止磨掉石料棱角，压碎石料，破坏集料嵌挤。碾压温度应符合表 13 的要求。

7.5.2　SMA 混合料宜用 10t 以上钢轮压路机初压，静压 0.5 遍或 1 遍后，再使用振动压路机振压，经试验证明直接使用振动压路机初碾不造成推挤拥包时，也可直接用振动压路机碾压。如发现初压有明显推拥，应检查混合料的矿料级配及油石比是否合适。

7.5.3　SMA 面层复压宜采用振动压路机碾压。压路机的吨位以不压碎集料，又能达到规定的压实度为度，钢轮压路机的吨位不宜小于 12 吨。终压宜紧接在复压后静压。通常宜采用初压 1 遍，复压 2 遍—3 遍，终压 1 遍的组合方式。

7.5.4　SMA 面层初压、复压不得采用轮胎压路机碾压，以防搓揉过度造成沥青玛蹄脂挤到表面而达不到压实效果。

7.5.5　为防止 SMA 路面产生透水，宜采用胶轮压路机进行辅助碾压。

7.5.6　采用振动压路机碾压 SMA 应遵循“高温、紧跟；匀速、慢压；高频、低幅；先边、后中”的方针。即压路机必须紧跟在摊铺机后面碾压，并采取高频率、低振幅的方式碾压。

7.5.7　SMA 的碾压速度不得超过 5Km/h。

7.5.8　振动压路机轮迹的重叠宽度为 20cm—30cm。

7.5.9　压路机应该紧跟摊铺机向前推进地碾压，碾压段长度大体相同,以 25 米—30 米为宜。

7.5.10　为了防止混合料粘附在轮子上，应适量喷水使轮子保持潮湿，且应呈雾状。

7.5.11　SMA 混合料未压实前，严禁压路机停留或转急弯调头等。

7.5.12　SMA 的碾压应严格控制碾压遍数，防止过度碾压，在压实度达到 98%以上或者现场取样的空隙率不大于 6%后，宜终止碾压。

7.6　接缝

7.6.1　SMA 混合料的铺筑应避免产生纵向冷接缝，横向施工缝应采用平接缝。

7.6.2　应特别注意横向接缝处的平整度。

7.7　开放交通及其它

SMA路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于50℃后，方可开放交通。SMA路面施工结束48小时内，严禁车辆掉头、急刹。

8 施工质量管理和验收

8.1 试验段铺筑

SMA路面施工前，必须铺筑试验段，长度不小于200m，以检查混合料是否符合要求，验证矿料级配及油石比，试验铺筑方法，压实工艺，检查SMA表面的构造深度和透水情况。

8.2 施工质量管理要点

8.2.1 为提高 SMA 路面的平整度，应遵照以下规定：

8.2.1.1 保证下承层的平整度达到要求。

8.2.1.2 表面层应采用非接触式平衡梁控制摊铺厚度。

8.2.1.3 保证连续摊铺，不得停机换车，不得中途停顿，必须保证足够数量的运料车供料。

8.2.1.4 碾压要保持均衡，速度要慢，折返时关闭振动，方向要渐渐地改变。

8.2.1.5 在桥涵、通道等构造物的接头处，匝道以及港湾式紧急停车带等摊铺机和压路机难以按正常施工工艺施工的部位，要辅以小型机械或人工仔细操作，以免影响大局。

8.2.1.6 除了迫不得已的情况外，所有工序都必须由机械连续稳定的进行，避免人工修补找平。

8.2.1.7 所有施工机械不能在未冷却的路面上停留。

8.2.2 除按常规检查材料质量外，对 SMA 路面，应重点检查下列项目：

8.2.2.1 材料品种及规格、压碎值、洛杉矶磨耗值、磨光值、软石含量、针片状颗粒含量、风化面颗粒含量。

8.2.2.2 基质沥青及改性沥青质量。

8.2.3 成品改性沥青应具有出厂产品质量检验单，进场后，应按照规定取样检查，确认符合质量标准后方可使用。

8.2.4 现场改性沥青，应随机取样，检查确认是否符合改性沥青质量标准要求。

8.2.5 现场改性沥青试件制作必须在现场取样后立即进行，不得二次加热，以防改性沥青离析。

8.2.6 沥青混合料拌和厂的质量管理和检查

8.2.6.1 随时检查沥青、集料的加热温度，逐车检查并记录 SMA 混合料的出厂温度。

8.2.6.2 每日取样 2 次—3 次，检查混合料的矿料级配和油石比。

8.2.6.2.1 通过各筛孔的质量百分率与标准配合比的容许误差不得超过表 14 的要求。

表 14 SMA 混合料矿料级配施工要求

筛　　孔(mm)	与标准配合比的容许差(%)
0.075	±1
≤4.75	±2
≥9.5	±3

8.2.6.2.2　抽提试验测定的油石比的容许误差为±0.2%。

8.2.6.2.3　对具有自动打印装置的拌和机，应随时检查每个料仓的称量是否符合要求。

8.2.6.3　每日取样 2 次—3 次，制作试件，进行马歇尔试验，测定密度和空隙率、VMA、VCA、VFA 等体积指标，各项指标应符合要求。试件密度应采用表干法测定。

8.2.6.4　SMA 的拌和，应加强下列几方面的管理：

a)　矿粉的加入量；
b)　纤维的添加时机和添加量；
c)　混合料的拌和时间和出厂温度。

8.2.6.5　每天混合料拌和结束后，应统计当天出库纤维总量，并填表备查，以控制纤维用量。

8.2.7　施工质量管理和检查

8.2.7.1　随时检查沥青混合料的施工温度。

8.2.7.2　每天根据 SMA 混合料出料量、摊铺面积、压实度计算当天摊铺厚度，结合取芯厚度对厚度指标进行双控。

8.2.7.3　路面钻孔取样，检查压实度和空隙率。SMA 混合料的压实度应不小于马歇尔标准密度的 98%或最大理论密度的 94%，现场芯样的空隙率不大于 6%。

8.2.7.4　必须配备专职技术人员严格控制碾压遍数，观察碾压情况，既达到压实度要求，又防止过碾压。

8.2.7.5　经常检测路面渗水情况。宜在碾压成型的路面上倒少量水，观察水的渗透情况，应基本上不透水或透水很慢。

8.2.7.6　用铺砂法检测路表构造深度，要求交工时构造深度不小于 0.8mm。

8.2.7.7　SMA 的施工质量检验应符合表 15 的要求。表中未列出的项目包括：厚度、宽度、纵断面高程、横坡、弯沉等均与一般沥青路面的要求相同。

表 15　SMA 路面施工质量检验要求

项　目	检查频率	质量要求或允许误差	检验方法
外　观	随时	无油斑、离析、轮迹、透水等现象	目测
接　缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目测或 JTG E60（T0931）
施工温度	1 次/车	符合表 13 的要求	数显式温度计
车辙试验	次/20000m^2	不小于设计要求	拌和厂取样成型送试验室 试验
交工时构造深度	次/1500m^2	大于 0.8mm	JTG E60（T0961）
竣工时构造深度	次/1500m^2	大于 0.55mm	JTG E60（T0961）
压实度	每 2000m^{2}检查一处	不小于马歇尔试验密度的 98%	JTG E60（T0922）
空隙率	每 2000m^{2}检查一处	不大于 6%	JTG E60（T0922）
渗水系数	每 2000m^{2}检查一处	宜不大于 80ml/min	JTG E60（T0971）
平整度	每日铺筑的路段测定 1 次	不大于设计要求	JTG E60（T0932）

附　录　A
（资料性附录）
沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范用词说明

为了准确地掌握规范条文，对执行规范严格程度的用词作如下规定：

a)　表示很严格，非这样做不可的词
　　正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

b)　表示严格，在正常情况均应这样做的用词
　　正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

c)　表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词
　　正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”
　　表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

附　录　B
（资料性附录）
沥青玛蹄脂碎石混合料设计与施工技术规范条文说明

B.1　范围

为促进公路技术进步，提高路面的使用品质（服务水平），综合经济性能，保证SMA路面的施工质量，根据辽宁省的工程实践和研究成果，特制定本规范。

铺筑SMA面层时，应根据公路等级及实际情况执行本规范。本规范没有规定的，应按国家行业标准《公路沥青路面设计规范》、《公路沥青路面施工技术规范》等有关规范的规定执行。

B.3 术语、符号、代号

SMA为Stone　Matrix　Asphalt 三个英文单词的首写字母，中文意思为沥青玛蹄脂碎石混合料。

B.4 一般规定

SMA路面在高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害、抗老化、抗滑等方面，均优于传统的沥青混凝土路面。但SMA的成本高于传统的沥青混凝土，投资大，根据道路的使用年限及公路造价等因素，SMA宜用于二级及以上公路的表面层以及有特殊使用要求的路面，以充分发挥SMA混合料的优点。对新建路面的表面层宜选用SMA13L，SMA10适用于旧路面的薄层罩面，SMA5适用于大桥桥面铺装的防水层。

B.5 材料

B.5.1 粗集料

根据我省的使用经验，SMA混合料一般使用玄武岩或辉绿岩，其他岩石符合表4的规定时，也可使用。

SMA集料嵌挤作用的好坏，主要取决于粗集料的坚韧性、颗粒形状和棱角性。尤其粗集料的针片状含量应尽量小，因为针片状颗粒对混合料的密实度、均匀性及抗滑性及骨架的强度均有明显影响。

对于高速公路和一级公路，考虑到风化面颗粒与沥青的粘附性差，沥青膜容易剥落，用于SMA的粗集料风化面颗粒含量（含有一个或以上风化面颗粒的质量与粗集料总质量之比）应小于10%。高速公路用的粗集料应进行水洗后才允许使用。

同JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》对粗集料的质量技术要求相比，本规范对SMA用粗集料的压碎值、坚固性、细长扁平颗粒含量、软石含量、磨光值等指标提出了更高要求，并规定了5.6mm-8mm、8mm-11.4mm、11.4mm-16mm三档粗集料的规格。

B 5.2 细集料

细集料在SMA中只占很少的比例，在13%左右，但细集料对SMA性能的影响却不可轻视，由于机制砂是采用坚硬岩石反复破碎制成，具有良好的棱角性和嵌挤性能，有利于提高混合料的高温稳定性,因此SMA混合料应使用机制砂。

B 5.3 填料

矿粉是沥青混合料中的填充料，不但起到填充矿料间隙的作用，还能大量吸附沥青，形成粘结集料的胶浆。SMA中矿粉的表面积远大于其它矿料颗粒的总面积，因此矿粉能吸附绝大部分沥青，成为SMA的活性成分，对SMA的性能影响很大。

工程实践和室内试验均证明，使用回收粉尘的混合料的性能明显降低，尤其SMA的矿粉用量又很大，回收粉尘将大大降低其路用性能，因此本规范规定SMA路面严禁使用回收粉尘。

B 5.4 沥青结合料

用于SMA的沥青结合料，要有较高的粘度和良好的感温性能。我省的SMA路面，在高速公路和一级公路上，应使用SBS改性沥青。根据我省应用改性沥青的工程实践，对改性沥青的一些指标如针入度指数、软化点、低温延度、弹性恢复等提出了更高要求。

B 5.5 纤维稳定剂

纤维稳定剂的种类很多，大体上可分为木质素纤维、矿物纤维、有机纤维三大类，通常使用的是木质素纤维稳定剂。木质素纤维有颗粒和松散絮状两种形态，目前国内生产的为松散絮状产品。对松散纤维和颗粒纤维的比较试验可以发现，松散纤维的拌和均匀性要优于颗粒纤维，吸油能力强。但在运输、储存、使用过程中要充分保持纤维的干燥。颗粒纤维便于运输、储存，在没有机械靠人工填加的情况下，颗粒纤维的填加要方便的多。但对于颗粒纤维来说，在较短的时间内，能否在混合料中分散开尚有待证明。因此本规范规定宜采用松散絮状纤维稳定剂。

木质素纤维试验检测方法：

a) 纤维长度：显微镜观测；
b) 灰分：取 5g 试样，在 575℃中放置 2h，冷却后称取残留物的质量。
c) PH 值：取 5g 纤维加在 100ml 水中，保持 30min 测定。
d) 吸油率：样品 5g，油中浸泡 5min 以上，吸滤 20min。
e) 含水率：纤维样品 10g，放入 121℃烘箱中干燥 2h 后测定水分的损失。

B 6 配合比设计

B 6.1 设计原则

SMA混合料的配合比设计程序和普通沥青混凝土的设计一样，都要经过目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段。

VMA对SMA是非常重要的指标，没有足够的VMA，混合料就没有足够的空隙用以填充沥青玛蹄脂，与普通密级配沥青混合料不同的是对各种最大公称粒径的VMA，均要求大于18%。对于普通公路应用SMA技术时，VMA可适当降低。

考虑到SMA是嵌挤型的间断级配，因此对于SMA13L混合料，2.36mm和5.6mm筛孔之间限制在4%以内，以保证间断级配的形成。

B 6.2 设计标准

JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》取消了对SMA混合料最小沥青用量的规定，但本规范仍保留了该项指标。沥青用量多是SMA的一个显著特点，大部分国家的规范都有一个最小沥青用量的规定，这是因为SMA的耐久性与沥青用量的关系极大，当沥青用量较正常的用量减少时，则沥青膜变薄，混合料的延伸能力降低，脆性增加；如沥青用量偏少，将使混合料的空隙率增大，沥青膜暴露较多，加速了老化作用。同时增加了渗水率，加强了水对沥青的剥落作用。

根据我们的工程实践，对改性沥青SMA混合料的车辙试验动稳定度指标，由原来规定的大于3000次/mm提高到大于5500次/mm，残留马歇尔稳定度提高到85%以上。

B 6.3 设计步骤

对于SBS改性沥青SMA混合料，由于使用了大量的改性沥青，又加入了纤维作为稳定剂，SMA混合料在水中、溶剂中的分散比较困难，测定有一定的难度，因此本规范规定可用计算法得到改性沥青SMA混合料的最大理论密度。

B 7 施工工艺

B 7.1 施工温度

对于表13中规定的施工温度范围，应根据工程实际情况进行选择，运距较远、气温较低时取高限；运距较近、气温较高时取低限。但不可为了保证高温状态碾压容易达到压实度而片面强调SMA混合料出厂温度，造成沥青老化，影响路面的耐久性和使用寿命。

B 7.2 拌和

SMA与普通的热拌沥青混合料生产的最大的不同是各个料仓之间可能不平衡。因为SMA为间断级配，粗集料粒径单一、量多，细集料很少，矿粉用量多。为此应该详细安排筛孔、料斗、料仓。

SMA的矿粉需要量大，一个螺旋升送器往往来不及供料，要在矿粉设备及人力安排上特别注意。

木质素纤维的填加应采用机械自动填加，最好是带有自动重量计量装置的填加设备，以保证填加纤维的时机和数量。对于小规模的工程无填加设备可采用人工填加，但应避免晚投、漏投、少投现象。

拌和SMA混合料必须保证足够的干拌、湿拌时间，不可为了增加产量缩短拌和时间，造成木质素纤维不能充分均匀分散在混合料中，路面出现油斑。

B 7.3 运输

SMA混合料的运输应充分考虑到摊铺的要求，保证足够数量的运料车等候卸料。车厢内涂刷的隔离剂建议采用肥皂水或洗衣粉水。

B 7.4 摊铺

SMA混合料的摊铺速度应与供料速度、碾压速度协调一致，避免出现摊铺机等料的现象和压路机不能在高温状态下紧跟碾压的现象。

由于SBS改性沥青SMA混合料比较粘，所以摊铺速度不宜过快，从摊铺实践看，摊铺速度在2 m/min-3m/min为宜，但一般不宜超过3m/min，过快粒间易出现拉疏现象，表面颗粒间有距离，显得不密实。一般来说摊铺速度与很多因素有关，如上坡速度可快些，下坡应慢些；温度高可快些，温度低（高、低都应在规定的温度指标内）应慢些；摊铺机振捣效果好可快些，振捣效果差可慢些等等。

B 7.5 压实

SMA混合料的初压可以采用静压的方式，也可直接用振动压路机振动碾压。当SMA混合料油石比较大、料温较高时，采用静压的方式较好；当油石比较小，料温较低时，宜采用振动压路机直接振动碾压，以保证达到足够的压实度。

为了保证骨架在温度降低收缩后仍具有内支撑力，宜采用轮胎压路机进行辅助碾压。使用胶轮碾压可以使表面开口现象得以减轻，防止冬季雪水冻融对路面的破坏，此外，胶轮碾压还可以模拟重车车轮的作用使路面早期压密变形提前均匀完成。

B 7.6 接缝

接缝设置的原则：应力求将接缝减到最少，必须设缝时应尽量采用热接缝。

接缝的修整与处理：因接缝处往往是质量较薄弱的地方，因此，应派有经验的人员对接缝进行修整与处理，把各种缺陷降到最低程度。

B 8 施工质量管理和验收

B 8.1 试验段铺筑

铺筑试验段后，应该提出配合比设计及试验段铺筑报告，确定标准配合比及最佳油石比，经主管部门批准，下达开工令后才能正式铺筑。

SMA 施工难度较大，施工工艺不当，有一定的风险，所以规定必须通过试验段取得经验以后，才能较大规模的铺筑 SMA 工程。

B 8.2 施工质量管理要点

拌和站的质量管理至关重要，SMA混合料的矿料级配和油石比必须符合设计要求。表15规定了SMA矿料级配施工要求，由于SMA对级配的波动非常敏感，因此各个筛孔的通过量误差范围限制的也非常严格。