

中国公路建设行业协会标准

T/CHCA ***-2023

公路隧道温拌阻燃高模量 沥青铺装技术规程

Technical Code of Warm Mixed Flame Retardant High Modulus Asphalt

Pavement in Highway Tunnels

(草案)

2023-**-**发布

2023-**-**实施

中国公路建设行业协会 发布

前 言

根据中国公路建设行业协会“关于下达《桥梁竖转施工及监控技术规程》等 14 项协会标准的编制通知(中路建协发[2022]52 号)”，由重庆中环建设有限公司为主编单位，江苏中路工程技术研究院有限公司、重庆巨能建设集团有限公司、江苏长路智造科技有限公司为参编单位，承担《公路隧道温拌阻燃高模量沥青铺装技术规程》（以下简称“本规程”）的编制工作。

本规程制定过程中，编制组对全国范围内的隧道沥青铺装设计、施工及运营情况进行了广泛调研，全面总结了我国隧道沥青铺装的设计经验，参考了我国沥青铺装的相关研究成果和技术资料，广泛征求了业内相关单位和专家的意见及建议。规程的编制以“安全环保耐久”为指导思想，充分考虑隧道温拌阻燃高模量沥青铺装的适用性，力求使本规程技术先进、指标合理、可操作性强。

本规程包括 8 章和 2 个附录，分别为：1 总则、2 引用规范与标准、3 术语和符号、4 铺装结构、5 原材料、6 配合比设计、7 施工工艺、8 施工质量管理与检查验收、附录 A SBS 改性沥青与高模量剂混合物制备方法、附录 B 高模量剂红外光谱法相似度。

本规程的管理权和解释权归中国公路建设行业协会，日常解释和管理工作由主编单位重庆中环建设有限公司有限公司、参编单位江苏中路工程技术研究院有限公司负责。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见函告本规程日常管理组，联系人：张辉（地址：江苏省南京市浦口区海桥路 8 号，邮编：211899，电话：025-86555197，电子邮箱：zh@sinoroad.com），以便下次修订时参考。

主编单位：重庆中环建设有限公司有限公司

参编单位：江苏中路工程技术研究院有限公司

重庆巨能建设集团有限公司

江苏长路智造科技有限公司

主编：贾家银

主要参编人员：周世均、张志祥、吴勇、张辉、任康、李猛、宋书一、陈李峰、沈仕宇、李春阳、雷一鸣、叶树成、吕浩、凡志均、冯畅、郭孝均、赵梦龙、佟蕾

主审：徐剑

主要审查人员：齐向军、徐宾宾、李正中、蒋鹤

目 次

1 总则	- 1 -
2 引用规范与标准	- 2 -
3 术语	- 3 -
4 铺装结构	- 4 -
5 原材料	- 5 -
5.1 防水粘结层	- 5 -
5.2 粘层	- 5 -
5.3 沥青结合料	- 5 -
5.4 集料	- 6 -
5.5 添加剂	- 7 -
6 配合比设计	- 9 -
6.1 一般规定	- 9 -
6.2 级配范围	- 9 -
6.3 配合比设计技术要求	- 9 -
6.4 目标配合比设计	- 10 -
6.5 生产配合比设计	- 12 -
6.6 生产配合比验证	- 13 -
7 施工工艺	- 14 -
7.1 一般规定	- 14 -
7.2 抛丸	- 14 -
7.3 防水粘结层施工	- 15 -
7.4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工	- 15 -
7.5 粘层施工	- 20 -
7.6 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料施工	- 21 -
8 施工质量管理与检查验收	- 24 -
8.1 一般规定	- 24 -
8.2 施工质量管理	- 24 -
8.3 检查验收	- 27 -
附录 A: SBS 改性沥青与高模量剂混合物制备方法	- 29 -
附录 B: 高模量剂红外光谱法相似度	- 30 -
附录 C: 高模量沥青混合料 HMM-13 目标配合比设计实例	- 32 -
本指南用词用语说明	- 35 -

1 总则

1.0.1 为指导公路隧道沥青铺装结构设计及施工，保障公路隧道沥青铺装施工及运营，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路隧道沥青铺装的建设、养护工程。

1.0.3 公路隧道沥青铺装应积极采用新技术、新材料、新工艺、新结构。

1.0.4 公路隧道温拌阻燃高模量沥青铺装除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 引用规范与标准

- (1) GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法
- (2) GB/T 1034 塑料 吸水性的测定
- (3) GB/T 16777 建筑防水涂料试验方法
- (4) GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法（DSC）第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定
- (5) GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率（MFR）和熔体体积流动速率（MVR）的测定 第1部分：标准方法
- (6) GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- (7) GB/T 8627 建筑材料燃烧或分解的烟密度试验方法
- (8) GB/T 9345.1 塑料 灰分的测定 第一部分：通用方法
- (9) JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- (10) JTG E40 公路土工试验规程
- (11) JTG E42 公路工程集料试验规程
- (12) JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- (13) JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- (14) CJJ 139 城市桥梁桥面防水工程技术规程

3 术语

3.1 温拌阻燃高模量沥青铺装 warm mix flame retardant high modulus asphalt pavement

铺设于隧道混凝土调平层之上,供车辆安全舒适行驶的铺装结构,由温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料上面层、温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料下面层、不粘轮乳化沥青粘层、二阶环氧树脂防水粘结层组成。

3.2 高模量剂 high modulus agent

用于提升沥青混合料模量的高分子聚合物。

3.3 温拌高模量沥青混合料 warm mix high modulus asphalt mixture

按照特殊级配组成的矿料与胶结料、高模量剂、温拌剂拌制而成的动态模量 > 14000MPa (15°C、10Hz)、空隙率为 1.5%~2.5%的沥青混合料。

3.4 不粘轮乳化沥青 trackless emulsified asphalt

一种特种乳化沥青,破乳后对行驶施工车辆轮胎及摊铺机履带不黏结,适用于层间黏结。

3.5 二阶环氧树脂粘结剂 two-stage epoxy adhesive

主要由环氧树脂和固化剂组成,起防止水侵蚀和粘结作用,在施工温拌高模量沥青混合料后可继续反应,并起到二次粘结作用。

4 铺装结构

温拌阻燃高模量沥青铺装结构包括二阶环氧树脂防水粘结层、温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料下面层、不粘轮乳化沥青粘层、温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料上面层。结构示意图见图 4-1。

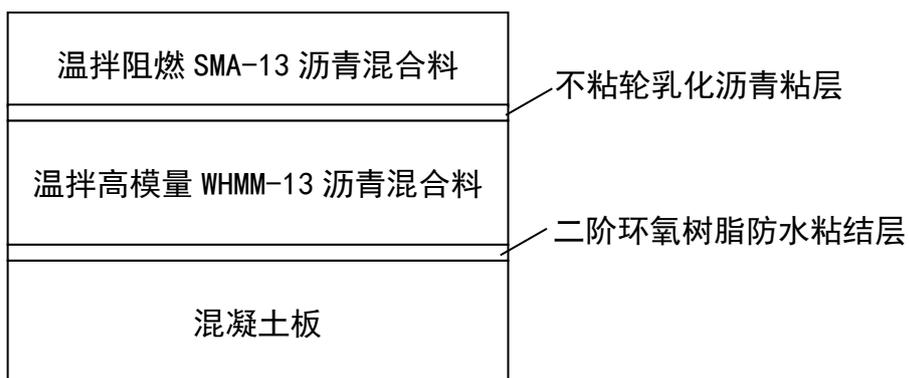


图 4-1 温拌阻燃高模量沥青铺装结构示意图

5 原材料

5.1 防水粘结层

5.1.0.1 二阶环氧树脂材料性能指标应符合表 5.1 要求。

表 5.1 二阶环氧树脂材料性能指标技术要求

类别	检测项目	技术要求	检测方法
控制类	拉伸强度 (23℃)	≥2MPa	GB/T 16777
	断裂伸长率 (23℃)	≥100%	
	不透水性	不透水	
	吸水率	≤0.3%	GB/T 1034
实测类	粘结强度 (23℃) (与混凝土板)	≥1MPa	GB/T 5210

5.2 粘层

5.2.0.1 不粘轮乳化沥青材料性能应符合表 5.2 要求。

表 5.2 不粘轮乳化沥青材料性能指标技术要求

类别	检测项目	技术要求	检测方法	
控制类	恩格拉黏度 (25℃)	1~30	JTG E20 T 0622	
	破乳速度	快裂或中裂	JTG E20 T 0658	
	粒子电荷	阳离子 (+)	JTG E20 T 0653	
	贮存稳定性	1d	≤1%	JTG E20 T 0655
		5d	≤5%	
	筛上剩余量 (1.18mm)	≤0.2%	JTG E20 T 0652	
	蒸发残留物	残留物含量	≥50%	JTG E20 T 0651
		针入度 (25℃, 100g, 5s)	5~30 (0.1mm)	JTG E20 T 0604
		软化点	≥70℃	JTG E20 T 0606
		溶解度(三氯乙烯)	≥97.5%	JTG E20 T 0607
实测类	附着力拉拔强度 (25℃)	≥1.2MPa	GB/T 5210	
	附着力拉拔强度 (40℃)	≥0.7MPa		

5.3 沥青结合料

5.3.0.1 上、下面层沥青混合料用胶结料宜采用 SBS 改性沥青, SBS 改性沥青性能指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 要求。

5.4 集料

5.4.1 粗集料

5.4.1.1 上、下面层沥青混合料用粗集料应采用石质坚硬、清洁、不含风化颗粒、近似立方体颗粒的碎石。下面层采用石灰岩等碱性石料，上面层采用玄武岩或辉绿岩等石料，其性能指标应符合表 5.4.1 要求。

表 5.4.1 粗集料性能指标技术要求

检测项目	技术要求	检测方法
压碎值	≤24%	JTG E42 T 0316
洛杉矶磨耗损失	≤28%	JTG E42 T 0317
表观相对密度	≥2.6	JTG E42 T 0304
吸水率	≤2.0%	
对沥青的粘附性	≥4 级	JTG E20 T 0616
坚固性	≤12%	JTG E42 T 0314
针片状颗粒含量	≤12%	JTG E42 T 0312
水洗法<0.075mm 颗粒含量	≤1%	JTG E42 T 0302
软弱颗粒含量	≤3%	JTG E42 T 0320

5.4.2 细集料

5.4.2.1 细集料应采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当颗粒级配人工轧制的机制砂，石质宜与粗集料相同。细集料的规格应符合表 5.4.2-1 要求，性能指标应符合表 5.4.2-2 要求。

表 5.4.2-1 细集料规格要求

规格	粒径 (mm)	下列筛孔 (mm) 的通过百分率 (%)						
		4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16	0~3	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

表 5.4.2-2 细集料性能指标技术要求

检测项目	技术要求	检测方法
表观相对密度	≥2.5	JTG E42 T 0330
亚甲蓝值	≤25g/kg	JTG E42 T 0340
砂当量	≥60%	JTG E42 T 0334
水洗法<0.075mm 颗粒含量	≤15% (宜≤12.5%)	JTG E42 T 0327
棱角性 (流动时间法)	≥30s	JTG E42 T 0345

5.4.3 填料

5.4.3.1 填料应采用石灰岩或岩浆岩等碱性石料经磨细得到的矿粉，矿粉技术指标应符合

表 5.4.3 要求。

表 5.4.3 矿粉性能指标技术要求

检测项目		技术要求	检测方法
表观相对密度		≥2.5	JTG E42 T 0352
含水量		≤1%	JTG E40 T 0103
粒度范围	<0.6mm	100%	JTG E42 T 0351
	<0.15mm	90%~100%	
	<0.075mm	85%~100%	
外观		无团粒结块	目视
亲水系数		<1 (宜≤0.8)	JTG E42 T 0353
塑性指数		<4%	JTG E42 T 0354
酸碱度 (pH 值)		7~10	pH 试纸或 pH 计测定

5.5 添加剂

5.5.1 温拌剂

5.5.1.1 温拌剂宜采用降黏型温拌剂或表面活性型温拌剂，温拌剂性能指标应符合《沥青混合料改性添加剂 第 6 部分：温拌剂》(JT/T 860.6) 要求。

5.5.2 阻燃剂

5.5.2.1 阻燃剂宜采用氮磷系、镁铝系阻燃剂或以氮磷、镁铝为主要成分的复合型阻燃剂，阻燃剂、加入阻燃剂的沥青及沥青混合料的性能指标应符合表 5.5.2 要求。

表 5.5.2 阻燃剂、加入阻燃剂的沥青及沥青混合料技术要求

类别	检测项目	技术要求	检测方法
阻燃剂	外观	均匀且无结块	目视、手感
加入阻燃剂的 沥青	氧指数	≥23%	JT/T 860.3 或 GB/T 2406.2
	烟密度	≤75%	GB/T 8627
	针入度 (25°C, 100g, 5s) (比原沥青减小值)	≤15 (0.1mm)	JTG E20 T 0604
	软化点	不小于原沥青	JTG E20 T 0606
	闪点 (比原沥青增加值)	≥15°C	JTG E20 T 0611
加入阻燃剂的 沥青混合料	浸水残留稳定度	不小于原沥青混合料	JTG E20 T 0709
	冻融劈裂抗拉强度比		JTG E20 T 0729
	动稳定度		JTG E20 T 0719

5.5.3 高模量剂

5.5.3.1 高模量剂性能指标应符合表 5.5.3 要求。

表 5.5.3 高模量剂性能指标技术要求

检测项目	技术要求	检测方法
外观	颗粒（非粉末）状、均匀、饱满	目视
粒径	≤4.75mm	JTG E42 T 0327
密度	1.0g/cm ³ ~1.2g/cm ³	GB/T 1033.1
灰分	≤1.0%	GB/T 9345.1
熔点	110°C~140°C	GB/T 19466.3
熔融指数（140°C，2.16kg）	≥20g/10min	GB/T 3682.1
溶解度 ^a	≥98%	JTG E20 T 0607
相似度（红外光谱法） ^b	≥98%	GB/T 6040
<p>^a 溶解度测试采用 SBS 改性沥青与高模量剂按 5:1 质量比在 180°C 下搅拌制得的混合物，制备方法见附录 A。</p> <p>^b 相似度作为施工过程质量控制指标，指的是施工过程中测得的红外光谱与目标配合比设计阶段的标准图谱进行比较，得到的相似度用于评价高模量剂的来源及质量是否稳定。具体检测方法见附录 B。</p>		

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.0.1 上面层温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料配合比设计参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)。

6.1.0.2 下面层温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料配合比设计参照常规高模量 HMM-13 沥青混合料配合比设计,应符合以下规定:

- 1 配合比设计应包括目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段。
- 2 目标配合比应报监理单位进行混合料体积指标和冻融劈裂强度比验证,获批准后才能进行生产配合比设计。如果某种矿料产地、品种发生变化,应重新进行目标配合比设计。
- 3 每台拌和机均应进行生产配合比设计,报监理单位批准后,方可进行试拌和试铺。
- 4 在施工过程中,不应随意变更经批复的标准配合比。
- 5 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料采用旋转压实成型方法,应符合表 6.1 要求。

表 6.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料旋转压实成型要求

项目	技术要求
旋转压实角度	内部角 ($1.16^{\circ}\pm 0.02^{\circ}$)
旋转次数	80 次
转速	30 rev/min \pm 0.5 rev/min
竖向压力	0.6 MPa \pm 0.018 MPa
试件直径	150 mm \pm 0.1 mm
成型温度	150 $^{\circ}$ C~155 $^{\circ}$ C

6.2 级配范围

6.2.0.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的合成级配范围应符合表 6.2 要求。

表 6.2 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料设计级配控制点界限

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 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
WHMM-13	—	90~100	—	40~50	25~35	—	—	—	—	6~8

6.3 配合比设计技术要求

6.3.0.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的配合比设计应符合表 6.3 要求。

表 6.3 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料配合比设计技术指标要求

检测项目	技术标准	检测方法
空隙率	1.5%~2.5%	JTG E20, T 0705
冻融劈裂强度比 TSR	≥80%	JTG E20, T 0729
60°C车辙动稳定度	≥8000 次/mm	JTG E20, T 0719
70°C车辙动稳定度	≥3000 次/mm	与 JTG E20, T 0719 相同, 试验温度为 70°C
小梁低温抗裂试验的弯曲破坏应变	≥1900μ ϵ	JTG E20, T 0715
动态模量	15°C、10Hz	14000MPa~18500MPa
	45°C、10Hz	2000MPa~6000MPa
注：提出两个温度下的动态模量指标，满足其中任意一个条件即可。		

6.4 目标配合比设计

6.4.0.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料目标配合比设计流程应符合图 6.4 要求。

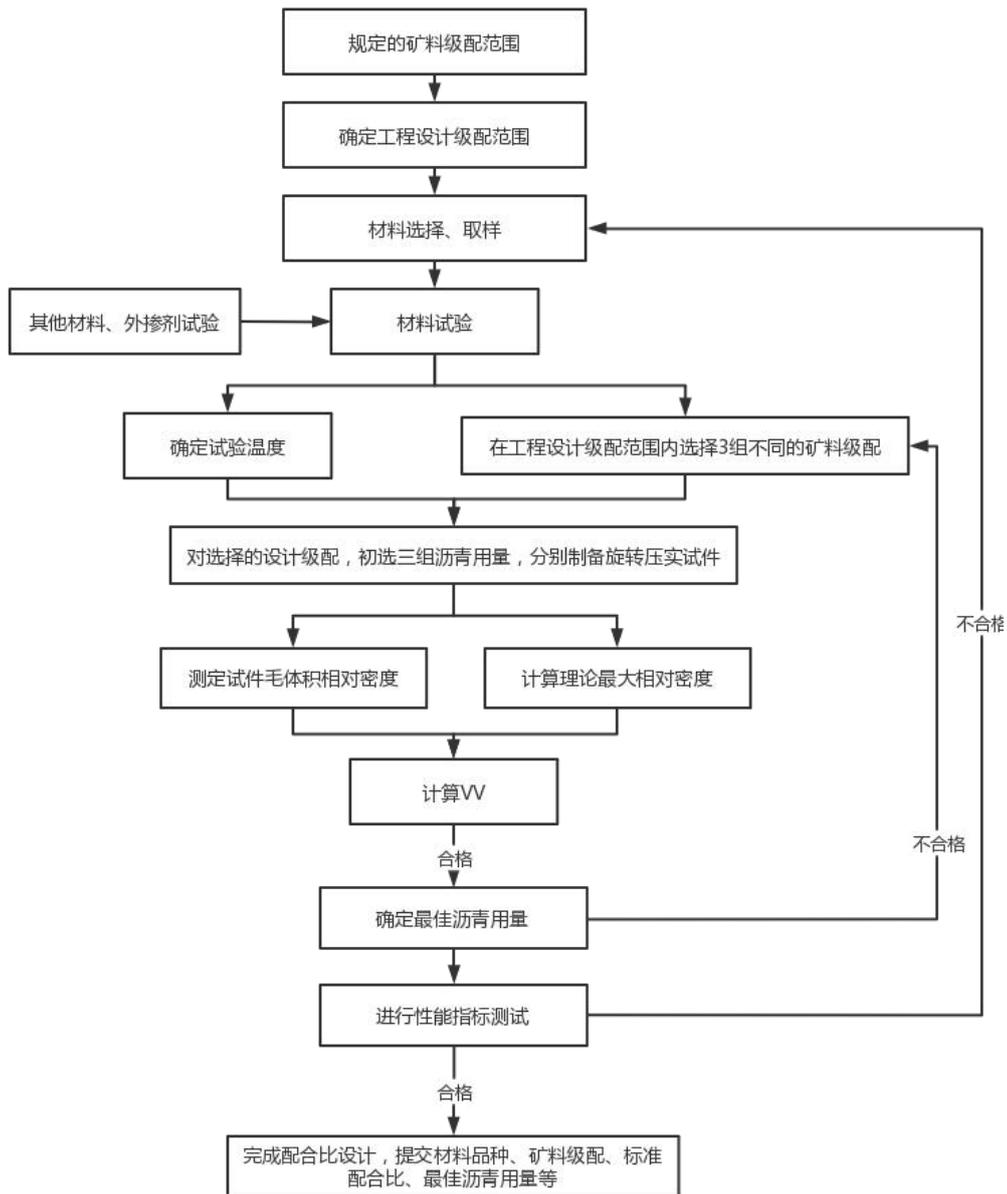


图 6.4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合物目标配合比设计流程图

6.4.0.2 确定目标级配。初选粗中细三个级配，根据经验选择初试沥青用量，用旋转压实仪成型试件。初选的三个级配中至少有一个级配，如有多个级配满足体积指标，应选择空隙率较小的一组作为设计级配，其沥青混合料的体积指标应符合表 6.3 要求。建议改性沥青油石比 4.2%，高模量剂掺量为矿料质量的 1%。

温拌高模量 WHMM-13 沥青混合物设计时沥青用量计算应考虑高模量剂，总沥青用量按公式（6.4-1）计算。

$$P_b = \frac{m_1+m_2}{m_3} \dots\dots\dots(6.4-1)$$

式中：

P_b ——总沥青用量 (%)；

m_1 ——改性沥青质量 (g)；

m_2 ——高模量剂质量 (g)；

m_3 ——温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料总质量 (g)。

温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料理论最大相对密度按公式 (6.4-2) 计算。

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{P_{si} + P_{ba} + P_h}{\gamma_{se} + \gamma_{ba} + \gamma_h}} \dots\dots\dots(6.4-2)$$

式中：

γ_t ——温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料理论最大相对密度 (无量纲)；

P_{ba} ——改性沥青用量 (%)；

P_{si} ——矿料含量 (%)；

P_h ——高模量剂含量 (%)；

γ_{se} ——矿料的有效相对密度，无量纲；

γ_{ba} ——改性沥青的相对密度，无量纲；

γ_h ——高模量剂的相对密度，无量纲。

6.4.0.3 确定沥青用量。按目标级配，以初试沥青用量、初试沥青用量 $\pm 0.2\%$ （调整改性沥青用量），分别制备三组旋转压实试件，进行体积指标检测，确定最佳沥青用量。

6.4.0.4 沥青混合料性能验证。根据体积指标得到最佳沥青用量后，进行性能检测，结果应符合表 6.3 要求。

6.5 生产配合比设计

6.5.0.1 确定各热料仓矿料和矿粉的用量。应从二次筛分后进入各热料仓的矿料取样进行筛分，根据筛分结果，通过计算，使生产合成级配接近目标配合比设计的级配曲线。生产配合比合成级配应符合表 6.5 要求。

表 6.5 生产配合比合成级配要求

筛孔尺寸	合成级配与目标配合比级配差值
0.075mm	$\pm 1\%$
2.36mm	$\pm 2\%$
4.75mm	$\pm 3\%$
13.2mm	$\pm 3\%$

6.5.0.2 确定最佳沥青用量。取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 和 OAC $\pm 0.2\%$ ，取

以上计算的混合料，用试验室的小型拌和机拌制沥青混合料进行旋转压实试验，检验沥青混合料体积性质，确定最佳沥青用量。生产配合比确定的最佳沥青用量与目标配合比确定的最佳沥青用量之差应不超过 0.2%。

6.5.0.3 生产配合比设计检验。按以上生产配合比和最佳沥青用量，用室内小型拌和机拌制温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料，进行冻融劈裂试验，检验冻融劈裂强度比，应符合表 6.3 要求。

6.6 生产配合比验证

6.6.0.1 采用生产用拌和机对生产配合比进行试拌，设置拌和机各项参数，如矿料加热温度、沥青加热温度、冷料仓进料比例及进料速度。

6.6.0.2 试拌后的沥青混合料应进行旋转压实试验，以及沥青含量、筛分试验，混合料级配与生产配合比之差应符合表 6.5 要求。

6.6.0.3 试拌后的沥青混合料各项技术指标经检验合格后，铺筑试铺路段。否则，应分析原因改正后再次进行拌和机试拌，直至试拌沥青混合料满足相关技术规定。

6.6.0.4 应通过试拌决定。

- 1 拌和机的操作方式：上料速度、拌和数量、拌和时间和拌和温度等；
- 2 验证配合比设计，确定正式生产用的矿料配合比和沥青用量；
- 3 高模量剂添加方式和计量检验。

7 施工工艺

7.1 一般规定

7.1.0.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料需在隧道混凝土调平层施工完毕且验收合格后进行施工。

7.1.0.2 每道工序施工完工后应按规定进行质量检测，合格后才能进入下道施工工序。经检查不合格时应返工。

7.2 抛丸

7.2.0.1 水泥混凝土板应采用抛丸处理，抛丸设备应采用无尘抛丸机，并配合小型抛丸机及手持式磨光机，施工前对设备进行检查。

7.2.0.2 水下隧道内空气湿度大，应采用开通射流风机、喷火烤枪、热再生加热车等方法对混凝土板进行烘干处理。

7.2.0.3 多台抛丸机作业采用并行直线连续抛丸方式，两台机作业宽度重叠 1cm~5cm，且搭接的部位不出现高低差。

7.2.0.4 抛丸处理后的表面须有均匀的粗糙度和良好的清洁度，处理后尽快进行防水粘结层的施工。

7.2.0.5 水泥混凝土板处理质量验收要求应符合表 7.2 要求。

表 7.2 水泥混凝土板处理质量验收要求

检测项目	检测频率	技术要求		检测方法
浮浆及杂物	全面	无浮浆、杂物等		目视
构造深度	5 处/1000m ²	≥0.45mm		JTG E20 T 0731
粗糙度	全面	0.5mm~1.0mm		CJJ 139 附录 A
含水率	5 处/1000m ²	<4%		含水率检测仪（精度 0.5%）；每一测点连续读取数据三次，取平均值
平整度	5 处/1000m ²	5.0mm		JTG 3450 T 0931
裂缝	全面	≤3mm	扩缝灌浆	裂缝测宽仪
		3mm~15mm	条带补缝	
		≥15mm	全深度补块	

7.3 防水粘结层施工

7.3.1 施工准备

7.3.1.1 施工前应对工作面进行清洁处理，清除油污、水分及其他污染物。

7.3.1.2 环氧树脂粘结剂在洒布前应采用动力搅拌器充分搅拌均匀。

7.3.2 试验段

7.3.2.1 防水粘结层实施面积不宜小于 100 m²。

7.3.2.2 通过防水粘结层试验段应确定材料的混合料比例、施工工艺和洒布量等。

7.3.3 施工工艺

7.3.3.1 环氧树脂粘结剂施工应采用机械洒布为主，人工刮涂、辊涂为辅的施工方法，洒布前应对隧道内易受洒布飞溅影响的部位进行防护。

7.3.3.2 洒布应均匀，对于漏涂、龟裂、流坠、针眼和气泡等缺陷应及时修补。

7.3.3.3 洒布量宜为 0.5kg/m²~0.6kg/m²。

7.4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工

7.4.1 施工准备

7.4.1.1 料场及材料准备应符合以下规定：

- 1 料场场地应硬化，设置挡墙和排水沟，粗、细集料应堆放在防雨大棚内，细集料、矿粉不应受潮。废弃材料应集中堆放。
- 2 材料储量应满足连续施工的需要。
- 3 高模量剂应搭棚储存，不得阳光曝晒，做好防潮处理，小包装堆垛层数不超过 8 层，吨包单层堆垛，防止结团。

7.4.1.2 下承层的检查与准备应符合以下规定：

- 1 渗水的检查与处理。对下承层渗水系数超过标准的路段应确定处理范围，应进行封水处理。
- 2 对下承层表面的污染物进行清扫，必要时用水冲洗。对油污染处，应局部凿除面层，用相同材料修补。
- 3 防水粘结层洒布后应进行交通管制。

7.4.1.3 施工前应配备齐全的施工机械和配件，并进行保养和试机工作，温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工主要机械设备配备应符合表 7.4.1 要求。

表 7.4.1 机械设备配置要求

设备名称	数量	备注
间歇式沥青拌和机 ^a	1 台	-
矿粉研磨机	1 台	-
沥青混合料摊铺机	2~3 台	-
双钢轮振动压路机	2~3 台	12t 及以上
轮胎压路机	2~3 台	30t 及以上
小型振动压路机	1 台	-
非接触式平衡梁装置	2~3 套	-
自卸汽车	20 辆	20t 及以上
注：对于单幅三车道、单幅四车道，机械设备配备，按照车道数适当增加。		
^a 建议采用 5000 型拌合机，配备 80t 以上热储料仓，应配备良好的二级除尘装置和高模量剂添加装置。进料仓不少于 5 个，矿粉仓应配备振动装置。拌合机应配备高模量剂专用投料系统。		

7.4.2 试铺段

7.4.2.1 试铺段宜选在主线直线段，长度不少于 300m。

7.4.2.2 确定施工机械配置、施工工艺、施工组织管理。

7.4.2.3 按生产能力确定施工机械配置，如机械数量与组合方式。

7.4.2.4 确定施工工艺：

- 1 摊铺温度、摊铺速度、振捣夯实的强度、自动找平方式；
- 2 压实机械的组合、压实顺序、碾压温度、碾压速度及遍数；
- 3 施工缝处理方法；
- 4 松铺系数。

7.4.2.5 确定施工产量及作业段的长度，修订施工组织计划。

7.4.2.6 检查材料及施工质量。

7.4.2.7 确定施工组织及管理体系、质保体系、人员、机械设备、检测设备、通讯及指挥方式。

7.4.3 混合料拌合

7.4.3.1 沥青、集料加热温度应符合表 7.4.3-1 要求，沥青混合料出厂温度为 140℃~150℃。沥青混合料在贮料仓储存后，其温度下降不超过 10℃。

表 7.4.3-1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料拌和温度控制要求

检测项目	温度要求
沥青加热温度	145°C~155°C
集料加热温度	145°C~160°C

7.4.3.2 根据每锅搅拌量确定高模量剂单次投料量，应采用可计量的专用投料系统进行投料，计量结果可连接信息平台，应在进料口处设置筛网，剔除结块的高模量剂。

7.4.3.3 逐盘打印沥青及各种矿料的用量和拌和温度，定期对拌和机的计量和测温装置进行校核。

7.4.3.4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料拌和时间及加料次序应参照表 7.4.3-2 要求。

表 7.4.3-2 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料拌和时间及加料次序要求

加矿料	加温拌剂、加高模量剂（采用 SBS 改性沥青 + 高模量剂时）	干拌 15s~20s	加沥青	湿拌 40s~50s	出料
总生产时间 55s~70s					

7.4.3.5 检查温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的均匀性，避免花白料、冒青烟和离析等现象。

7.4.3.6 生产日的每天上午、下午各取一组混合料试样做旋转压实试验、马歇尔试验和抽提筛分试验，检验沥青用量、矿料级配和混合料体积指标，每 5 个生产日应进行一次冻融劈裂强度、动稳定度试验。

7.4.3.7 混合料出场时应逐车检测温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的重量和温度。

7.4.3.8 每天生产结束后，根据拌和机打印的拌和数据，进行总量校核并计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。

7.4.4 混合料运输

7.4.4.1 运输车辆进入隧道后开启雾灯，拌和机向运料车卸料时，料车应“前、后、中”移动，分多次装料。

7.4.4.2 采用插入式数显温度计检测温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的出厂温度和运到现场温度，到场温度应符合表 7.4.4 要求，插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱底面约 300mm。

表 7.4.4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料运输温度控制要求

检测项目	温度要求
混合料到场温度	≥135°C

7.4.4.3 摊铺机前方宜有不少于 5 辆运料车等候卸料。

7.4.4.4 运料车应采用厚篷布覆盖、车厢侧面保温等措施。

7.4.4.5 运料车进入摊铺现场时，轮胎上不应粘有泥土等污染物。

7.4.4.6 摊铺过程中，运料车不应撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，靠摊铺机推动前进。

7.4.4.7 沥青铺装层施工时，运输车辆不应在隧道内掉头、紧急制动。

7.4.5 混合料摊铺

7.4.5.1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料摊铺温度应符合表 7.4.5 要求。

表 7.4.5 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料摊铺温度控制要求

检测项目	温度要求
混合料摊铺温度	≥130℃

7.4.5.2 摊铺应均匀、缓慢、连续不间断，摊铺速度应根据摊铺厚度、摊铺宽度确定，宜控制在 2m/min~ 3m/min。

7.4.5.3 摊铺前熨平板应预热至不低于 100℃。熨平板应拼接紧密，不应存有缝隙。夯锤振级应采用中强夯等级，使铺面的初始压实度不小于 85%。

7.4.5.4 摊铺的混合料压实前，人员不应踩踏。一般不宜人工整修，若出现局部离析等特殊情况，应在技术人员指导下，找补或更换混合料。

7.4.5.5 应采用非接触式平衡梁控制摊铺厚度。摊铺层的纵向接缝应采用斜接缝，后台摊铺机跨缝 5cm~10cm 摊铺。两台摊铺机距离不应超过 5m，且尽量接近。

7.4.5.6 调整螺旋布料器两端的自动料位器，使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。螺旋布料器内混合料料位应大于 2/3 且在全宽范围内一致。

7.4.5.7 摊铺过程中，应随时检测松铺厚度，发现异常应立即调整。

7.4.5.8 保证摊铺机料斗不脱料，减少摊铺机料斗在摊铺过程中拢料。应对运料车的尾料进行收集废弃。

7.4.6 混合料碾压

7.4.6.1 混合料碾压温度应符合表 7.4.6-1 要求。

表 7.4.6-1 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料碾压温度控制要求

检测项目	温度要求
初压温度	≥125℃
碾压终了温度	≥80℃

7.4.6.2 压路机应以缓慢、均匀的速度碾压，压路机型号、碾压类型、碾压变数、碾压速度应符合表 7.4.6-2 要求。

表 7.4.6-2 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料碾压要求

碾压顺序	压路机型号	碾压类型	碾压遍数	碾压速度
初压	双钢轮压路机	前静后振	1 遍~2 遍	2km/h~3km/h
复压	胶轮压路机	静压	4 遍~6 遍	4km/h~5km/h
终压	双钢轮压路机	静压	1 遍~2 遍	3km/h~4km/h

7.4.6.3 宜采用隔离剂防止压路机粘轮，不应使用柴油、机油等作为隔离剂，轮胎压路机宜配备自动喷洒隔离剂装置。

7.4.6.4 碾压时应将驱动轮朝向摊铺机，碾压路线及方向不应突然改变。压路机起动、停止应减速缓行，折返应呈梯形，不应在同一断面上。

7.4.6.5 应对初压、复压、终压段落设置明显标志。

7.4.6.6 应对松铺厚度、碾压顺序、碾压遍数、碾压速度及碾压温度进行检查。

7.4.6.7 压实完成 12 小时后且表面温度低于 50℃，施工车辆可通行。

7.4.7 施工缝处理

7.4.7.1 纵向施工缝处理要求如下：

1 摊铺机梯队摊铺时，应在前部已摊铺混合料部分留下 10cm~20cm 宽暂不碾压作为后高程基准面，并有 5cm~10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后作跨接缝碾压以消除缝迹；

2 应消除螺旋布料器两端部位的粗集料集中现象，避免出现接缝部位条带状离析；

3 与下承层的纵缝应错开不少于 15cm；

4 两台摊铺机前后距离应尽量缩短，使接缝两边混合料碾压时温度差尽量减小；

5 在接缝位置宜适当增加碾压遍数；

6 增加接缝部位压实度和渗水系数的检测频率，产生明显离析、压实度不合格、渗水系数严重超标的段落或部位应挖除重铺。

7.4.7.2 横向施工缝处理要求

1 全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，采用人工凿除或切割机割齐后铲除，并清理干净。继

续摊铺时在切缝处涂上少量黏层沥青，摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺；碾压时用钢轮压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层；

- 2 横向施工缝不应设在变形缝处，以确保变形缝两边路表的平顺；
- 3 与下承层的横缝应错开 1m 以上。

7.5 粘层施工

7.5.1 施工准备

7.5.1.1 进场材料应进行取样检测，其性能指标应符合表 5.2 要求。

7.5.1.2 施工前应将不粘轮乳化沥青搅拌均匀。

7.5.1.3 应采用沥青洒布车洒布，使用前应对循环泵和喷嘴进行检查，确保循环泵正常运转，喷嘴无堵塞现象，管道无污染，以保证管道畅通，并对洒布机械洒布量进行标定。

7.5.1.4 施工前应对不粘轮乳化沥青进行加热，且加热温度应控制在 50°C~70°C 范围内，加热过程中，导热油温度应不高于 80°C。

7.5.1.5 施工前应进行试洒，确定不粘轮乳化沥青材料的洒布量、均匀性、破乳时间和实干时间。试洒面积宜不低于 100m²。

7.5.1.6 应对周边设施采取防污染保护措施。

7.5.1.7 施工前应配备齐全的施工机械和配件，并进行保养和试机工作，层间粘结层主要施工机械设备配备应符合表 7.5 要求。

表 7.5 层间粘结层施工机械设备配置要求

设备名称	数量	备注
沥青洒布车	1 台	-
鼓风机	1~2 台	-

注：本表要求的设备配置数量适用于单幅双车道，对于单幅三车道、四车道，机械设备配备按照车道数适当增加。

7.5.2 试验段

7.5.2.1 粘层实施面积不宜小于 100 m²。

7.5.2.2 通过粘层试验段应确定材料的施工工艺和洒布量等。

7.5.3 施工工艺

7.5.3.1 按照确定的洒布量和洒布工艺洒布，洒布量应为 0.4kg/m²~0.5kg/m²。

7.5.3.2 洒布应均匀，不得有洒花漏空或成条状，也不得有堆积。喷洒不足时要补洒，喷洒过量处人工刮除或人工洒布细砂吸除。

7.5.3.3 洒布时粘层油温度为 30℃~50℃，纵横向搭接宽度为 1cm~5cm。

7.5.3.4 洒布车洒布完一个车道停车后，必须用油槽接住排油管滴下的乳化沥青，以防局部乳化沥青过多。

7.5.3.5 完成粘层喷洒后，封闭交通。

7.6 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料施工

7.6.1 施工准备

7.6.1.1 料场及材料准备应符合以下规定：

1 料场场地应硬化，设置挡墙和排水沟，粗、细集料应堆放在防雨大棚内，细集料、矿粉、木质素纤维不应受潮。废弃材料应集中堆放。

2 材料储量应满足连续施工的需要。

7.6.1.2 下承层的检查与准备应符合以下规定：

1 渗水的检查与处理。对下承层渗水系数超过标准的路段应确定处理范围，喷洒防水材料。

2 对下承层表面的污染物进行清扫，必要时用水冲洗。对油污染处，应局部凿除面层，用相同材料修补。

3 层间粘结层洒布后应进行交通管制。

7.6.1.3 施工前应配备齐全的施工机械和配件，并进行保养和试机工作，上面层温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料施工主要机械设备配备应符合表 7.4.1 要求。

7.6.2 试铺段

温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料施工前应进行试验段试铺，相关要求应符合温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料试铺段要求。

7.6.3 混合料拌合

7.6.3.1 沥青、集料加热温度应符合表 7.6.3-1 要求。

表 7.6.3-1 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料拌和温度控制要求

检测项目	技术要求
------	------

沥青加热温度	165°C~175°C
矿料加热温度	155°C~165°C

7.6.3.2 拌和时间由试拌确定，应使沥青混合料拌和均匀，集料全部裹附沥青。温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料拌和时间及加料次序应参照表 7.6.3-2 要求。

表 7.6.3-2 温拌阻燃沥青混合料 SMA-13 拌和时间及加料次序要求

加矿料	加温拌剂、加阻燃剂	干拌 15s~20s	加沥青、加纤维	湿拌 40s~50s	出料
总生产时间 55s~70s					

7.6.3.3 注意目视检查混合料的均匀性、混合料有无花白、冒青烟和离析、析漏等现象。

7.6.3.4 生产日的每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验和抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和混合料体积指标，每 5 个生产日应进行一次残留稳定度试验。

7.6.3.5 混合料不得在储料仓中长时间储存，以不发生沥青析漏为度，且不得储存过夜。

7.6.3.6 每天生产结束后，根据拌和机打印的拌和数量，进行总量校核并计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。

7.6.4 混合料运输

温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料运输要求参照温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料相关要求执行。

7.6.5 混合料摊铺

7.6.5.1 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料摊铺温度应符合表 7.6.5 要求。

表 7.6.5 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料摊铺温度控制要求

检测项目	温度要求
混合料摊铺温度	≥140°C

7.6.5.2 采用非接触式平衡梁控制摊铺厚度和平整度。

7.6.5.3 其余摊铺要求参照温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料摊铺的相关要求执行。

7.6.6 混合料碾压

7.6.6.1 初压、复压应用钢轮振动压路机碾压，不应使用胶轮压路机进行碾压，碾压应遵循紧跟、慢压、高频、低幅原则进行。不得在低温状态下反复碾压，防止磨掉石料棱角、压碎石料。

7.6.6.2 在初压和复压过程中，应采用钢轮振动压路机，并列成梯队压实，不采用首尾相接的纵列方式。初压段的长度控制在 20m~30m 为宜，复压段长度控制在 30m~50m 为宜。

7.6.6.3 压路机以均匀速度碾压。压路机合理的碾压速度随初压、复压、终压及压路机的类型而别，参照表 7.6.6-1 通过试铺确定。

表 7.6.6-1 压路机碾压速度要求

压路机类型	初压	复压	终压
静载钢轮压路机	2km/h~3km/h	2.5km/h~5km/h	2.5km/h~5km/h
振动钢轮压路机	2km/h~4km/h	4km/h~5km/h	—

7.6.6.4 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料碾压温度应符合表 7.6.6-2 要求。

表 7.6.6-2 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料碾压温度控制要求

检测项目	技术要求
初压温度	≥130℃
碾压终了温度	≥90℃

7.6.6.5 不得向压路机轮表面喷洒油类或油水混合液，需要时可喷洒清水或含有隔离剂的水溶液，喷洒须呈雾状，以不粘轮为度。禁止使用柴油和机油的水混合物喷洒。

7.6.6.6 应对松铺厚度、碾压顺序、碾压遍数、碾压速度及碾压温度设专岗检查。严格控制路面碾压遍数，在压实度达到马歇尔密度的 98%以上时，不再作过度碾压。

7.6.6.7 边缘、角落难以压实的部位，应采用小型压路机及人工操作的机动夯锤夯实。

7.6.6.8 其他碾压要求参考温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料碾压的相关要求执行。

7.6.7 施工缝处理

温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料施工缝处理应参照温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工缝处理要求执行。

8 施工质量管理与检查验收

8.1 一般规定

8.1.0.1 公路隧道沥青铺装施工应根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定，达到规定的质量标准，确保施工质量的稳定性。

8.1.0.2 本规程规定的技术要求是工程施工质量管理和交工验收的依据。

8.1.0.3 施工的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格、影像资料等应如实保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目，可在原机理和数据上注明，但不得销毁。

8.2 施工质量管理

8.2.1 防水粘结层

二阶环氧树脂防水粘结层施工过程中，应对原材料进行抽样试验，其质量应符合表 8.2.1-1 规定。

表 8.2.1-1 二阶环氧树脂防水粘结层施工质量检查标准

检测项目	检测频率	技术要求	检测方法
洒布量	1 次/100m	符合设计要求	JTG 3450 T 0982
拉伸强度 (23℃)	1 次/d	≥3MPa	GB/T 16777
断裂伸长率 (23℃)		≥100%	GB/T 16777
粘结强度 (23℃) (与混凝土板)	3 点/5000m ²	≥1.2MPa	GB/T 5210
均匀性	随时	均匀一致，无气泡、异物，无漏涂	目视

8.2.2 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料

8.2.2.1 宜采用信息化管控手段，使用拌和机生产管控模块、运输车辆管控模块、摊铺机施工管控模块和压路机智能压实管控模块，实现施工过程全监控，实时查询施工情况及历史数据。

8.2.2.2 沥青结合料项目及频率应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 要求。高模量剂检查项目及频率应符合表 8.2.2-1 要求。

表 8.2.2-1 高模量剂检测项目及检测频率

检测项目	检测频率	技术要求	检测方法
外观	施工单位外委检测不少于每 500 吨检测 1 次，监理、现场管理	符合本文件表 5.6.3-1 要求	符合本文件表 5.6.3-1 要求
粒径			

密度	机构试验室共同见证外委检测		
灰分			
熔点			
熔融指数 (140°C, 2.16kg)			
溶解度	每生产日 1 次		
相似度 (红外光谱法)			

8.2.2.3温拌高模量WHMM-13沥青混合料的质量检查包括油石比、矿料级配、空隙率；混合料出厂温度、到场温度、摊铺温度、初压温度、碾压终了温度、混合料拌和均匀性。

8.2.2.4面层质量检查包括厚度、平整度、宽度、高程、横坡度、压实度、压实度均匀性指数、渗水系数、中线平面偏位、摊铺的均匀性。

8.2.2.5温拌高模量WHMM-13沥青混合料施工质量检查标准应符合表8.2.2-2、表8.2.2-3要求。

表 8.2.2-2 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工质量检查标准（混合料）

检测项目		检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
施工温度		1 次/车	应符合表 27 要求	JTG 3450 T0981
矿料级配， 与生产设计 标准级配的 差	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±4%	
	≥4.75mm		±5%	
	0.075mm	逐盘检查，每天汇总 1 次，取平均值评定	±1%	总量检验
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
	0.075mm	每台拌和机每天上、下午各 1 次	±2%	JTG E20 T0725
	≤2.36mm		±3%	
≥4.75mm	±4%			
综合油石比，与生产设计的差		逐盘在线检测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每天汇总 1 次，取平均值评定	±0.1%	总量检验
		每日每机上、下午各 1 次	-0.1%，+0.2%	JTG E20 T0722
旋转压实试验空隙率		上、下午各一次	应符合表 6.3.1-1 要求	JTG E20 T0736
车辙试验		必要时	应符合表 6.3.1-1 要求	JTG E20 T0719

表 8.2.2-3 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料施工质量检查标准（成品路面）

检测项目	检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
外观	随时	无油斑、离析、轮迹等现象	目视
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目视、三米直尺
压实度	1 次/200m/车道	最大理论密度 97%~99%	JTG3450 T 0924
厚度	1 次/200m/车道	相比设计值不低于 4mm	JTG3450 T 0912
平整度	每车道连续检测	$\sigma \leq 1.5\text{mm}$	JTG 3450 T 0932
宽度	2 处/100m	不小于设计宽	JTG 3450 T 0911

纵断面高度	3处/100m	±15mm	
横坡度	3处/100m	±0.3%	
中线平面偏位	4点/200m	±20mm	
渗水系数	1次/200m/车道	≤20ml/min	JTG 3450 T 0971
注：渗水系数合格率应不小于90%，当合格率不满足要求时应加倍频率检测，如仍不满足，应对该段路面进行处理。			

8.2.2.6在日常施工时，理论最大相对密度以每天总量检验的平均筛分结果及油石比平均值计算获得理论最大相对密度，并与生产配合比设计值进行验证。当差值不大于0.005时，仍采用生产配合比确定的理论最大相对密度；当差值大于0.005时，应分析原因，论证后取值。

8.2.2.7施工单位应每5个生产日或认为有必要时进行拌和机热料仓筛分和密度试验，对原材料和生产配合比合成级配进行复核。

8.2.2.8应采用插入式数显温度计检测沥青混合料的出厂温度、到场温度、摊铺温度、初压温度、复压温度。

8.2.2.9现场温度检测为每台摊铺机纵向50米测定一组，每横向测定3点，位置为摊铺机中心线和距两侧边缘50cm三点。

8.2.2.10摊铺温度、初压温度和复压温度应在同一位置测试。

8.2.2.11温拌高模量WHMM-13沥青混合料的施工温度控制范围应符合表8.2.2-4要求。

表 8.2.2-4 温拌高模量 WHMM-13 沥青混合料的施工温度

沥青加热温度	145℃~155℃
混合料出厂温度	140℃~150℃
混合料到场温度	≥135℃
混合料摊铺温度	≥130℃
混合料初压温度	≥125℃
碾压终了温度	≥80℃

8.2.2.12施工过程中应加强对路面离析的检测，发现问题及时分析解决。

8.2.3 粘层

不粘轮乳化沥青粘层施工过程中，应对原材料进行抽样试验，其质量应符合表8.2.3规定。

表 8.2.3 不粘轮乳化沥青粘层施工质量检查标准

检测项目		检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
蒸发残留物	残留物含量	每2~3天一次	≥50%	JTG E20 T 0651
	针入度(25℃, 100g, 5s)		5~30(0.1mm)	JTG E20 T 0604
	软化点		≥70℃	JTG E20 T 0606

检测项目	检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
洒布量	1次/1000 m ²	设计值±0.1	JTG 3450 T 0982
外观	随时	均匀, 无堆积、无露白、无气泡、 无异物	目视

8.2.4 粘层

施工过程中温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料铺装施工质量检查标准应符合表 8.2.4 要求。

表 8.2.4 温拌阻燃 SMA-13 沥青混合料铺装施工质量检查标准

检测项目	检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
外观	随时	观察集料粗细、均匀性、离析、 油石比、色泽、冒烟、有无花白 料、油团等	目视
混合料出厂温度	1次/车	符合设计要求	数显式温度计测量
矿料级配	逐盘在线检测	4.75mm: ±6% 2.36mm: ±5% 0.075mm: ±2%	计算机采集数据 计算
油石比	逐盘在线检测	±0.2%	
矿料级配	每台拌和机每天上下午各1次	4.75mm: ±5% 2.36mm: ±4% 0.075mm: ±2%	JTG E20 T 0722
油石比	每台拌和机每天上下午各1次	±0.2%	JTG E20 T 0722
稳定度、流值、密度、空隙率	每台拌和机每天上下午各1次	符合设计要求	JTG E20 T 0709
车辙试验	必要时	符合设计要求	JTG E20 T 0719
接缝	随时	紧密平整、顺直、无跳车	目视
摊铺温度	逐车检测	符合设计要求	数显式温度计测量
碾压温度	随时	符合设计要求	数显式温度计测量
压实度	1次/500m/车道	单点检验≥98% (马歇尔密度), 相对于最大理论密度 94%~96.5%	JTG 3450 T 0924
厚度	1次/500m/车道	相比设计值不低于 4mm	JTG 3450 T 0912
平整度	每车道连续检测	$\sigma \leq 1.2\text{mm}$	JTG 3450 T 0932
宽度	2处/100m	不小于设计值	JTG 3450 T 0911
渗水系数	1次/200m/车道	≤50ml/min	JTG 3450 T 0971
摆式摩擦系数	1处/200m	≥45	JTG 3450 T 0964
构造深度	1处/200m	≥0.55mm	JTG 3450 T 0961

8.3 检查验收

工程完工后, 应对铺装全线进行验收检查, 验收质量标准应符合表 8.3 要求。

表 8.3 检查与验收质量标准

检测项目		检测频率	技术要求或允许偏差	检测方法
外观		随时	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油汀、油包等缺陷，且无明显离析	目视
面层总厚度	代表值	每 1km5 点	设计值的-5%	JTG 3450 T0912
	合格值	每 1km5 点	设计值的-10%	
上面层厚度	代表值	每 1km5 点	设计值的-10%	JTG 3450 T0912
	合格值	每 1km5 点	设计值的-15%	
压实度		每 1km5 点	单点检验 $\geq 98\%$ （马歇尔密度），相对于最大理论密度 94%~96.5%	JTG 3450 T0924
平整度		每车道连续检测	$\sigma \leq 1.2\text{mm}$	JTG 3450 T0932
渗水系数		每 1km 不少于 5 点，每点 3 处取平均值评定	$\leq 50\text{ml/min}$	JTG 3450 T0971
纵断面高程		每 1km20 个断面	$\pm 15\text{mm}$	JTG 3450 T0911
中线偏位		每 1km20 个断面	$\pm 20\text{mm}$	JTG 3450 T0911
横坡度		每 1km20 个断面	$\pm 0.3\%$	JTG 3450 T0911
构造深度		每 1km5 点	$\geq 0.55\text{mm}$	JTG 3450 T0961
摆式摩擦系数		每 1km5 点	≥ 45	JTG 3450 T0964
注：代表值的计算方法按照 JTG F40 附录 E 进行。				

附录A：SBS改性沥青与高模量剂混合物制备方法

A.0.1 一般规定

- (1) 本方法使用于 SBS 改性沥青与高模量剂混合物的制备。

A.0.2 试验仪器

- (1) 电子天平：感量不大于 0.1g，量程 800g~1000g。
- (2) 电热鼓风箱：200℃，精度±3℃，装有温度控制调节器。
- (3) 沥青盛样器皿：金属锅或瓷器坩。
- (4) 玻璃棒。

A.0.3 方法与步骤

- (1) 用电子天平称量 500gSBS 改性沥青试样放于盛样器中，置于 180℃烘箱中加热至熔融状态。

- (2)用电子天平称量 100g 高模量剂试样加入熔融状态的 SBS 改性沥青中并搅拌 1min，然后在 180℃的烘箱中保温 30min。

- (3) 将保温完成后的混合物取出，用玻璃棒快速搅拌 1min 至均匀。

附录B：高模量剂红外光谱法相似度

B.0.1 一般规定

- (1) 本方法适用于高模量剂红外光谱相似度识别。
- (2) 傅里叶变换红外光谱仪作业环境温度应为 15°C~35°C、相对湿度不大于 65%。
- (3) 傅里叶变换红外光谱仪等具应经法定计量部门检校合格并在有效期内。

B.0.2 仪器设备要求

- (1) 傅里叶变换红外光谱仪：分辨率不低于 0.5cm^{-1} ，波数范围： $4000\text{cm}^{-1}\sim 400\text{cm}^{-1}$ ，信噪比不低于 30000:1。
- (2) ATR 附件：傅里叶变换红外光谱仪应配备 ATR 附件，ATR 附件晶片宜采用硒化锌或锗材料制作。
- (3) 水银温度计：测温范围 $0^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 或 $0^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、分度值 1°C 。
- (4) 灰刀或平头铲：无毛刺。
- (5) 其他仪器：附录 A 中制样所需仪器。

B.0.3 材料要求

- (1) 清洗剂：宜采用无水乙醇或者丙酮。
- (2) 高模量剂相似度检测基准样品质量应符合目标配合比设计的要求。

B.0.4 基准样品光谱建立

- (1) 启动傅里叶红外光谱仪进行自检，自检合格后待用，并设定检测波数范围： $4000\text{cm}^{-1}\sim 400\text{cm}^{-1}$ ，分辨率： 4cm^{-1} 。
- (2) 按附录 A 的方法制备 SBS 改性沥青与高模量剂的混合物，备用。
- (3) 采用清洗剂清洁 ATR 晶片，待液体完全挥发后进行背景扫描测试。
- (4) 使用加热后的平头铲蘸取一定量融化的混合物样品均匀涂在 ATR 晶片表面，确保完全覆盖并无气泡产生。涂抹过程中平头铲应放平，不要和晶体接触。
- (5) 将 ATR 晶片放置于红外光谱样品架中，将样品架放入红外光谱仪样品室进行测试，保存测试结果作为标准光谱图。

B.0.5 沥青相似度比对

- (1) 将比对混合物样品按 4 的试验步骤测试得到红外光谱。

(2) 采用设备对应红外光谱分析软件，计算比对样品与基准样品红外光谱的相似度值。

B.0.6 数据处理和结果判定

(1) 同一比对样品应进行 3 次平行试验，3 次测定值误差均不超过 3 次测定值平均值的 3%时，取 3 次测试结果的平均值作为比对样品的相似度值；

(2) 若有 1 个测定值误差超过 3 次测定值平均值的 3%时，则舍去该测定值，取其他 2 个测定值的平均值作为比对样品的相似度值；

(3) 若有 2 个测定值误差超过 3 次测定值平均值的 3%时，则重新进行测试。

(4) 比对样品与高模量剂相似度检测基准样品红外光谱的相似度值 $\geq 98\%$ 时，应视为比对样品与高模量剂相似度检测基准样品一致。

附录C：高模量沥青混合料HMM-13目标配合比设计实例

C.0.1 原材料试验

(1) 本次目标配合比设计所用沥青、集料、矿粉及高模量剂均为委托单位提供，且符合要求。

(2) 本次目标配合比设计所添加高模量剂的掺量为矿料质量的 1.0%，应选择符合要求的高模量剂并提供光谱基准图。

(3) 集料为石灰岩，规格为 10-15mm、5-10mm、3-5mm 和 0-3mm，依次为 1#、2#、3#和 4#料；沥青为 SBS 改性沥青。

(4) 依据要求进行了集料、矿粉、高模量剂和沥青的密度试验，试验结果见表 C.0.1；各种矿料的筛分结果见表 C.0.2。

表 C.0.1 矿料及沥青相对密度试验结果

材料名称	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率(%)
1#料	2.754	2.713	0.54
2#料	2.744	2.696	0.66
3#料	2.748	2.687	0.82
4#料	2.704	2.606	1.40
矿粉	2.732	/	/
沥青相对密度	1.031		
高模量剂密度	1.093		

表 C.0.2 各种集料和矿粉的筛分试验结果

筛孔 集料	通过筛孔(方孔筛, mm)百分率(%)									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#料	100	90.0	20.0	3.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2#料	100	100	92.8	1.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3#料	100	100	100	91.7	2.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
4#料	100	100	100	99.8	88.2	60.6	35.9	20.2	14.6	11.4
矿粉	100	100	100	100	100	100	100	100	100	91.6

C.0.2 矿料级配组成设计

依据高模量沥青混合料级配范围，优选级配进行旋转压实试验，确定混合料的压实特性。表 C.0.3 为矿料配合比组成，表 C.0.4 为合成级配明细表。

表 C.0.3 矿料配合比组成

级配类型	矿料比例 (%)
------	----------

	9.5-16mm	4.75-9.5mm	2.36-4.75mm	0-2.36mm	矿粉
级配 1	32.0	21.0	11.0	33.0	3.0
级配 2	38.0	19.0	10.0	30.0	3.0
级配 3	38.0	22.0	11.0	26.0	3.0

表 C.0.4 矿料级配明细表

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的百分率(%)													
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
级配 1	100	100	100	100	96.8	72.9	47.3	32.4	23.1	14.9	9.8	7.9	6.6	
级配 2	100	100	100	100	93.9	69.6	42.3	28.4	20.6	14.0	9.5	7.8	6.2	
级配 3	100	100	100	100	96.2	68	40.4	26.2	18.9	12.4	8.4	6.9	5.8	
目标级配范围	上限	/	/	/	/	100	/	50	35	/	/	/	/	8
	下限	/	/	/	/	90	/	40	25	/	/	/	/	6

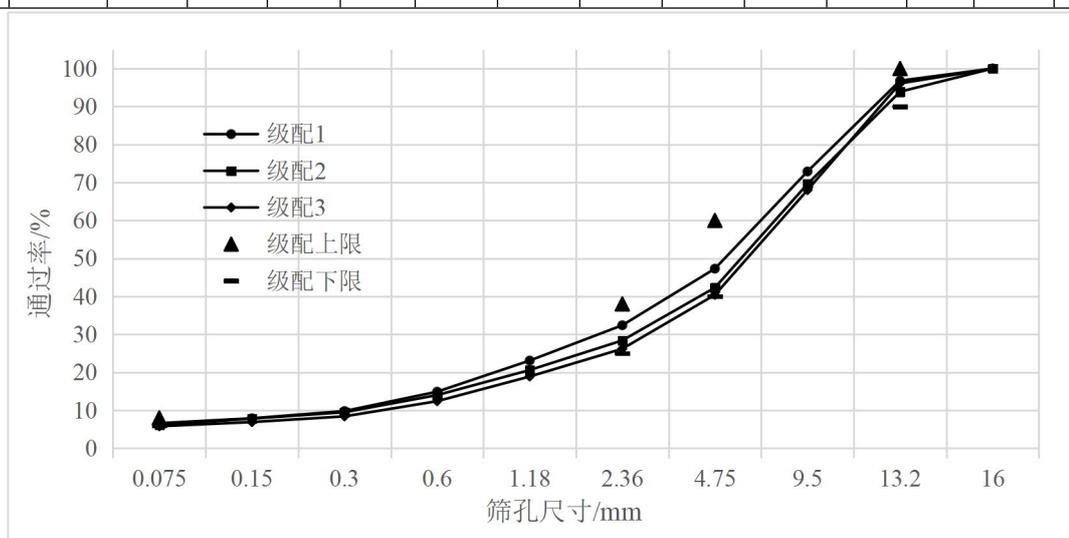


图 C.0.1 矿料级配合成曲线

C.0.3 旋转压实试验

根据沥青混合料旋转压实技术要求进行旋转压实试验，旋转压实设备要求如表 C.0.5 所示。试验结果汇总如表 C.0.6 所示。

表 C.0.5 旋转压实设备要求

试验方法	旋转压实仪试验
试验参数	EN 12697-31
旋转压实角度	内部角 (1.16°±0.02°)
旋转次数	80 次
转速	30±0.5rev/min
竖向压力	0.6±0.018 MPa
试件直径	150mm±0.1mm

表 C.0.6 旋转压实试验结果汇总

体积指标 级配	油石比 (%)	试件毛体积相对密度	计算理论最大相对密度	空隙率 VV (%)
------------	---------	-----------	------------	------------

级配 1	4.2	2.478	2.501	0.9
级配 2	4.2	2.461	2.503	1.7
级配 3	4.2	2.427	2.506	3.2
技术要求	/	/	/	1.5~2.5

根据表 C.0.6 的旋转压实结果，选择级配 2 为设计级配，选择 4.0%、4.2%、4.4% 的油石比进行下一步试验，确定最佳油石比，结果见表 C.0.7。

表 C.0.7 旋转压实试验结果汇总

油石比 (%)	试件毛体积相对密度	计算理论最大相对密度	空隙率 VV (%)
4.0	2.451	2.516	2.6
4.2	2.461	2.503	1.7
4.4	2.474	2.496	0.9
技术要求	/	/	1.5~2.5

根据表 C.0.7 的旋转压实结果，确定 4.2% 为最佳油石比。

C.0.4 沥青混合料性能验证

以油石比 4.2%，根据上述确定的矿料级配配制沥青混合料测定各项性能，结果见表 C.0.8。

表 C.0.8 沥青混合料性能验证结果统计表

试验项目	要求指标	试验结果	结果判断	
毛体积相对密度	-	2.461	-	
实测理论最大相对密度	-	2.503	-	
空隙率 VV (%)	1.5~2.5	1.7	合格	
冻融劈裂抗拉强度比 (%)	≥80	82.0	合格	
动稳定度 (60°C) (次/mm)	≥8000	11595	合格	
动稳定度 (70°C) (次/mm)	≥3000	6060	合格	
低温弯曲破坏应变 (με)	≥1900	1913	合格	
动态模量	(15°C、10Hz) (MPa)	14000~18500	14860	合格
	(45°C、10Hz) (MPa)	2000~6000	3050	合格

各项试验结果均符合设计文件中的相关技术指标要求。

C.0.5 结论

经设计，该 HMM-13 沥青混合料目标配合比油石比为 4.2%，高模量剂掺量为矿料质量的 1%，综合油石比评定为 5.2%，矿料级配组成为粗集料(9.5-16.0mm):粗集料(4.75-9.5mm):粗集料(2.36-4.75mm):细集料(0-2.36mm):矿粉=38%:19%:10%:30%:3%。

本指南用词用语说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 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”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”；
- 3) 当引用本指南中的其他规定时，表述为“应符合本指南第×章的有关规定”、“应符合本指南第×.×节的有关规定”、“应符合本指南第×.×.×条的有关规定”或“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行”。