



团 体 标 准

T/SDHTS XXXXX-XXXX

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料施工 技术规程

Technical standard for construction of rock powder composite
modified asphalt mixture

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

山东公路学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和符号	1
4 材料与制备	2
5 配合比设计	4
6 施工与质量验收	5
附录 A	8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东高速建设管理集团有限公司提出。

本文件由山东公路学会归口。

本文件起草单位：山东高速济南绕城西线公路有限公司、山东高速路用新材料技术有限公司、山东高速工程检测有限公司。

本文件主要起草人：岳宏智、马亚、高国华、王鑫洋、李骏、王扬、赵林、苏纪壮、张凯兴、周海防、徐润泽、韩凌、史福泉、张新雨、许懿

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料施工技术规范

1 范围

本文件提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的材料与制备、配合比设计、施工与质量检验要求。

本文件适用于各等级公路新建、改扩建及养护工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范
- JT/T 533 沥青路面用纤维
- JT/T 797 路用废胎橡胶粉
- JT/T 860.5 沥青混合料改性添加剂第5部分：天然沥青
- DB37/T 2536 岩沥青路用技术要求

3 术语和符号

3.1

岩沥青 rock asphalt

石油在岩石夹缝中经过自然界的综合作用生产的沥青类物质。

3.2

胶粉改性剂 ground rubber modifier

由废轮胎经过粉碎、磨细得到，并达到一定细度规格，用于改善沥青材料性能的轮胎胶粉的统称。

3.3

岩沥青—胶粉复合改性沥青 rock asphalt—rubber powder composite modified asphalt

岩沥青、胶粉、道路石油沥青、稳定剂等材料按照一定比例通过剪切、发育得到的沥青胶结料。

4 材料与制备

4.1 基质沥青

基质沥青与胶粉应有良好的配伍性，其质量应符合 JTG F40 的规定，宜采用 70 号或 90 号道路石油沥青。

4.2 岩沥青

岩沥青改性剂技术要求应符合 JT/T 860.5 和 DB37/T 2536 的规定。

4.3 胶粉改性剂

4.3.1 胶粉改性剂宜采用常温磨碎或粒化加工而成。

4.3.2 胶粉改性细度规格宜为 30 目—60 目。

4.3.3 胶粉改性剂的物理、化学性能技术要求应符合 JT/T 797 的规定。

4.3.4 胶粉改性剂应储存在通风、干燥的环境中，并采取防火、防潮措施。

4.4 岩沥青—胶粉复合改性沥青的加工

4.4.1 岩沥青—胶粉生产复合改性沥青宜在固定工厂集中加工；如加工设备和工艺条件符合要求，也可在拌和厂现场生产。

4.4.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青应采用间歇式生产加工设备，加工设备生产能力不宜小于 15 t/h。

4.4.3 岩沥青—胶粉复合改性沥青的主要加工设备应满足表 1 的要求。

表 1 岩沥青—胶粉复合改性沥青主要加工设备

设备名称	规格	技术要求
道路石油沥青储存罐	≥50 t	具有加热功能
快速升温装置	—	可将道路石油沥青的温度提高到沥青出口处的 190 °C±5 °C
预混罐	≥5 t	具有加热功能，控温精度±5 °C，具有立式搅拌功能
发育罐	≥20 t	具有加热功能，控温精度±5 °C，具有卧式搅拌功能
储存罐	≥50 t	具有加热功能，具有卧式搅拌功能
供热设备	≥1000 kW	具有自动控温系统
胶体磨	磨机间隙 0.1 mm—0.5 mm	磨机间隙可调

表 1 岩沥青—胶粉复合改性沥青主要加工设备（续）

设备名称	规格	技术要求
助剂储存罐	≥5 t	具有加热功能，具有立式搅拌功能

4.4.4 岩沥青—胶粉复合改性沥青的加工工艺见图 1。

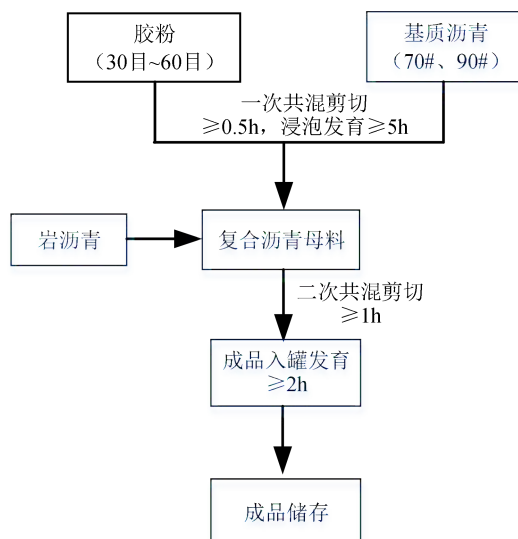


图 1 岩沥青—胶粉复合改性沥青加工流程图

4.4.5 岩沥青—胶粉复合改性沥青的加工宜采用剪切工艺生产，储存过程中应连续搅拌。

4.4.6 岩沥青—胶粉复合改性沥青加工温度和时间应符合表 2 的规定。

表 2 岩沥青—胶粉复合改性沥青加工温度和时间

加工工序	温度/℃	时间/h
道路石油沥青预热	140—160	—
加入胶粉后第一次混合剪切	160—180	≥0.5
发育罐内发育	180—190	≥5
加入岩沥青后第二次混合	180—190	≥1
岩沥青—胶粉复合改性沥青发育罐内发育	180—190	≥2

4.4.7 现场生产的复合改性沥青宜随配随用。生产设备应设有取样口供随机采集样品用，采集的试样宜立即在现场制样检测。

4.5 岩沥青—胶粉复合改性沥青

4.5.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青中胶粉改性剂掺量不宜低于道路石油沥青质量的 20%，岩沥青掺量宜为胶粉改性沥青质量的 10%—20%。

4.5.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 岩沥青—胶粉复合改性沥青技术要求

检测项目		单位	技术要求	检测方法
针入度 (25 °C, 100 g, 5 s)		0.1 mm	25—35	T0604
针入度指数 PI		—	≥0	T0604
延度 (5 °C, 5 cm/min)		cm	≥5	T0605
软化点 TR&B		°C	≥70	T0606
旋转黏度 (135 °C)		Pa·s	≤5	T0625
闪点		°C	≥230	T0611
弹性恢复 (25 °C)		%	≥65	T0662
溶解度		%	≥97.5	T0607
储存稳定性, 离析, 48 h 软化点差		°C	≤3	T0061
TFOT (或 RTFOT) 后残留物	质量变化范围	%	≤±1.0	T0610、T0609
	针入度比 (25 °C)	%	≥65	T0604
	延度 (5 °C)	cm	≥5	T0605
PG 等级		—	PG82—18	T0627、T0628

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料应采用 JTG F40 推荐的设计方法, 当采用其他设计方法时, 应进行马歇尔试验及配合比设计检验, 并报告不同设计方法的试验结果。

5.1.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料配合比设计时, 应考虑岩沥青成分对混合料级配的影响, 具体计算方法见附录 A。

5.2 材料

5.2.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料所使用的粗集料、细集料、填料应符合 JTG F40 的规定。

5.2.2 纤维稳定剂技术要求应符合 JT/T 533 的规定。

5.3 设计要求

5.3.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料可用于连续级配和间断级配, 常用类型及规格见表 4。

表 4 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料类型与规格

混合料类型	连续级配	间断级配
中粒式	AC—20	SMA—20
	AC—16	SMA—16
细粒式	AC—13	SMA—13
	AC—10	SMA—10
砂粒式	AC—5	SMA—5

5.3.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的矿料级配应在 JTG F40 推荐的级配范围内，SMA—5 沥青混合料的矿料级配范围应在 JTG 5142 推荐的范围内。

5.3.3 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料配合比应按图 2 进行设计。

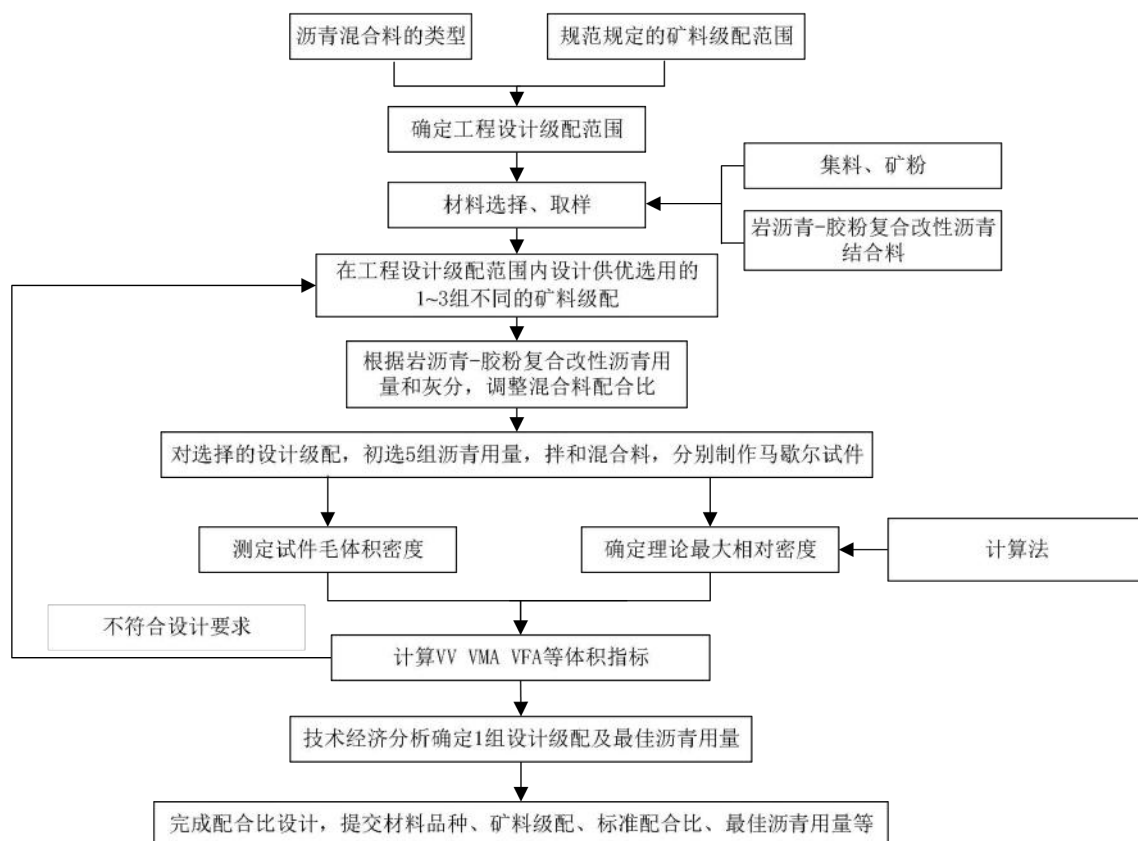


图 2 配合比设计流程图

5.3.4 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的马歇尔试验技术指标应满足 JTG F40 中的相关规定。

5.3.5 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料应在配合比设计结果的基础上，应按照 JTG E20 中试验方法检验高温稳定性和低温抗裂性，结果应符合表 5 的规定。其他指标应符合 JTG F40 中聚合物改性沥青的技术要求。

表 5 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料性能技术要求

技术性能		技术指标	单位	技术要求	试验方法
高温稳定性	连续级配	动稳定度	次/mm	≥3500	T0719
	间断级配			≥4000	
低温抗裂性		低温弯曲试验破坏应变	μ ε	≥2500	T0729

6 施工与质量验收

6.1 一般规定

6.1.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的施工准备应按照 JTG F40 的规定执行。

6.1.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的施工温度应根据实践经验并参照表 6 选择，路面温度低于 10 ℃、气温低于 15 ℃或寒冷季节与大风降温天气不得进行施工。

表 6 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的施工温度

施工工序	温度
胶粉改性沥青温度	170 ℃—180 ℃
集料加热温度	190 ℃—220 ℃
混合料拌和温度	175 ℃—185 ℃
成品料出料温度	170 ℃—180 ℃
摊铺机料斗内混合料温度	165 ℃—175 ℃
摊铺机熨平板正后方刚摊铺好的铺装层温度	155 ℃—165 ℃
初压开始温度	155 ℃—165 ℃
初压结束温度	145 ℃—155 ℃
复压结束温度	>125 ℃
开放交通温度	>50 ℃

6.2 拌和

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌制。

6.3 运输

6.3.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的运输车数量应与实际生产效率相匹配。

6.3.2 自卸卡车应配备覆盖混合料的不透水篷布，宜采用多层式保温篷布，篷布应遮盖严密。

6.3.3 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料运输至现场后应配专人逐车检测温度，检测结果应满足表 6 要求。

6.3.4 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的其他运输要求应按照 JTG F40 的规定执行。

6.4 摊铺

6.4.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料应采用摊铺机摊铺，不应在摊铺面上进行人工补料等操作。

6.4.2 摊铺机开工前应提前 0.5 h—1 h 预热熨平板，预热温度宜为 110 ℃—115 ℃。

6.4.3 当摊铺宽度较宽时，宜采用多台摊铺机按梯队作业的方式摊铺。

6.4.4 应监测卸入摊铺机料斗前和熨平板后方摊铺层混合料的温度，摊铺温度应满足表 6 要求，当岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料在卸入摊铺机料斗前的温度低于 160 ℃时应予以废弃。

6.4.5 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的其他摊铺要求应按照 JTG F40 的规定执行。

6.5 压实及成型

- 6.5.1 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料路面施工配备的压路机数量应与摊铺能力相匹配。
- 6.5.2 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的碾压温度应符合表 6 的要求，并遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的要求。
- 6.5.3 压路机应以慢而均匀的速度碾压，并符合表 7 的要求。

表 7 压路机碾压速度

初压速度 (km/h)		复压速度 (km/h)		终压速度 (km/h)	
适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
2—3	3	3—4	4.5	3—6	6
振动或静压		振动 (SMA 采用)		静压	

6.5.4 其他压实要求应按照 JTG F40 的规定执行。

6.6 接缝处理及开放交通

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料路面的施工接缝及施工完成后路面的开放交通条件应按照 JTG F40 的规定执行。

6.7 质量管理与检查验收

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料路面施工质量与检查验收，按照 JTG F40 和 JTG F80/1 的相关规定执行。

附录 A
(规范性)

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料体积指标计算方法

A.1 目的与适用范围

本方法适用于确定岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的体积指标。

A.2 计算方法

A.2.1 在岩沥青改性剂掺量确定的条件下，用级配设计确定的填料用量减去岩沥青改性剂中的灰分，为填料实际用量。填料实际用量 m_a 按式(1)计算。

$$P_a = P_b - \frac{P_{ra}}{100 + P_{ra}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- P_a —— 填料实际配比 (%)
- P_b —— 级配设计填料配比 (%)
- P_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分的外掺比例 (%)

A.2.2 按式(2)计算矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 。

$$\gamma_{sb} = \frac{100 + P_{ra}}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n + P_{ra}}{\gamma_n + \gamma_{ra}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- P_1, P_2, \dots, P_n —— 各种矿料成分的配合比, $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 100$
- $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$ —— 各种矿料相应的毛体积相对密度, 无量纲
- γ_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分的毛体积相对密度, 无量纲

A.2.3 按式(3)计算矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 。

$$\gamma_{sa} = \frac{100 + P_{ra}}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n + P_{ra}}{\gamma_n + \gamma_{ra}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$ —— 各种矿料按试验规程方法测定的表观相对密度, 无量纲
- γ_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分按试验规程方法测定的表观相对密度, 无量纲

A.2.4 按照JTG F40 附录B中公式B.5.6—2、B.5.6—3 和B.5.6—4 计算合成矿料有效相对密度 γ_{se} 。

A. 2.5 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度按照公式（4）计算。

$$\gamma_{rb} = \frac{100 - P_{ra}}{\frac{100}{\gamma_{am}} - \frac{P_{ra}}{\gamma_{ra}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

γ_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度，无量纲

γ_{am} —— 岩沥青改性剂的相对密度，无量纲

γ_{ra} —— 岩沥青改性剂中灰分的相对密度，无量纲

P_{ra} —— 岩沥青改性剂中灰分含量（%）

A. 2.6 计算沥青混合料最大理论相对密度。

(1) 针对密级配沥青混合料，按照公式（5）计算混合料的最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_{rb}}{\frac{100}{\gamma_{sc}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_{rb}}{\gamma_{rb}}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

γ_t —— 混合料最大理论相对密度，无量纲

P_a —— 沥青混合料油石比（%）

P_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料外掺量，以矿料质量的百分数计（%）

γ_{sc} —— 矿料的有效相对密度，无量纲

γ_a —— 沥青的相对密度（25℃），无量纲

γ_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度，无量纲

(2) 针对SMA沥青混合料，按照公式（6）计算混合料的最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_x + P_{rb}}{\frac{100}{\gamma_{sc}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_x}{\gamma_x} + \frac{P_{rb}}{\gamma_{rb}}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

P_x —— 纤维用量，以矿料质量的百分数计（%）

γ_x —— 纤维相对密度，无量纲

A. 2.7 混合料试件各项体积指标空隙率VV、矿料间隙率VMA、沥青饱和度VFA按照JTG F40附录B的方法计算。

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料施工技术规范

编制说明

一、工作概况

(一) 任务来源

根据山东公路学会《关于发布第二批山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会〔2024〕8号），《岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料施工技术规范》为团体标准制定项目。

(二) 任务分工

山东高速建设管理集团有限公司：负责制定总体技术路线；设计工艺验证；组织协调；具体负责编制前言、1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义。

山东高速济南绕城西线公路有限公司：负责建设管理，项目应用；具体负责编制 6 施工与质量验收，审核 1 范围、2 规范性引用文件。

山东高速路用新材料技术有限公司：负责施工材料生产；具体负责编制 4 材料与制备，审核 3 术语和定义，审核前言、3 术语和定义。

山东高速工程检测有限公司：负责施工工艺设计；具体负责编制 5 配合比设计、6 施工与质量验收、附录 A。

(三) 编制原则

本标准的制订原则是依据 GB/T 1.1—2020 给出的原则和有关标准、政策法规进行编制的。制订本标准时充分考虑到满足我国的技术发展和生产需要，充分体现行业进步和发展趋势，符合国家产业政策，推动行业技术水平提高。标准文本格式、条款主要是根据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》进行编制。

1. 协调性原则。充分做好资料调研工作，做好与相关标准、规范的协调、衔接，保证本标准与《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）等相关行业标准统一性。

2. 可操作性原则。结合现有室内试验研究及已完工的实际工程，起草的条文应明晰、规范，便于

工程应用，试验方法内容应详细、明确，可操作性强。

3. 成熟性原则。标准须进行充分技术论证或试验验证，并在实际工程中加以验证，确保标准制订内容依据充分，理论正确，验证可信，确保技术成熟性、可靠性。

4. 指标合理性原则。标准中的指标应具有明确的针对性、实用性和现实性。

5. 代表性和先进性原则。标准必须能够满足道路工程对封层的基本性能要求，同时也必须结合实际工程，确保标准内容据实可行；同时能够引导封层工程质量的改进、完善，进而有利于行业的持续进步。

（四）编制工作过程

1. 前期准备阶段（2020年8月~2024年1月）

2020年8月，依托山东省交通科技项目《基于软硬沥青界面增强的高性能橡胶沥青混凝土开发与成套应用技术研究》课题提出的岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料路面，应用岩沥青—胶粉复合改性沥青代替SBS改性沥青用作沥青路面筑路材料，并于2023年5月起陆续铺筑试验段2处，通车运营后，经跟踪检测路面各项指标评价等级均为优秀，经受住了夏季高温多雨、冬季低温多雪气候的验证，证明该技术的可行性。2024年1月，由编制单位向山东公路学会提出申请的《岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料施工技术规范》标准获得山东公路学会批准立项。编制组结合现阶段主管部门的发文、要求以及工程应用等进行了深入分析和研究，完成已有标准、文献资料的收集、分析和总结。

2. 立项及起草阶段（2024年1月~2024年5月）

2024年1月，明确工作后立即成立了编制组，基于软硬沥青界面增强的高性能橡胶沥青混凝土开发与成套应用技术研究的实际工作，收集研究课题成果资料和相关工程应用资料，进行梳理和分析，经编制组内部讨论、审议和修改，于2024年5月完成草稿。

3. 初审阶段（2024年5月~2024年7月）

在充分调研和分析总结的基础上，编制组在草稿的基础上确定标准的各项技术指标，经过讨论和改进，形成初稿，于2024年7月5日组织初稿审查会，根据审查会专家意见对标准内容进行了修改完善。

二、主要技术内容及其确定依据

本规程主要技术内容的依据主要为《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）、《沥青路面用纤维》（JT/T 533）、《路用废胎橡胶粉》（JT/T 797）、《沥青混合料改

性添加剂第5部分：天然沥青》(JT/T 860.5)、《公路沥青路面养护技术规范》(JTG 5142)、《橡胶沥青路面技术标准》(CJJ/T 273)、《岩沥青路用技术要求》(DB 37/T 2536)的有关规定，结合课题研究内容与试验路的结果而确定。

本规程提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的材料与制备、配合比设计、施工与质量检验要求。具体的技术内容及依据说明如下：

(一) 材料与制备

1. 岩沥青改性剂

本部分依据《沥青混合料改性添加剂第5部分：天然沥青》(JT/T 860.5)和《岩沥青路用技术要求》(DB37/T 2536)规定了岩沥青的技术要求，岩沥青应满足表1技术要求。

表1 岩沥青技术要求

检验项目	单位	技术要求	试验方法
颜色	—	黑色、深褐色	目测
细度	目	200~800	GB/T 19077.1
软化点 (R&B)	℃	≥190	JTG E20
针入度 (25℃)	0.1mm	0~5	JTG E20
灰分	%	≤10	JTG E20
闪点	℃	≥260	JTG E20
密度 (25℃)	g/cm ³	1.10~1.20	JTG E20
含水率	%	≤2	JTG E20

2. 胶粉改性剂

本部分依据 JT/T 797 规定了胶粉改性剂的技术要求。依据 CJJ/T 273 增添了胶粉改性剂细度的技术要求。采用荧光显微镜在 800x 下对不同细度胶粉复合改性沥青在不同发育时间下粒度进行了测试，试验结果如下表所示。

表2 不同发育时间下胶粉粒度试验结果

样品	粒度 (μm)
60目—2h	66
60目—4h	48
60目—6h	19
50目—2h	127
50目—4h	92
50目—6h	56
50目—8h	24
40目—3h	115
40目—5h	65
40目—7h	35
40目—9h	17
30目—2h	133

30目—4h	97
30目—6h	65
30目—8h	36
30目—10h	18

3. 岩沥青—胶粉复合改性沥青的加工

(1) 设备

调研了山东省主要沥青生产厂家的沥青加工设备，对各组成部分的设备规格参数进行了统计，经数学统计分析，提出了复合改性沥青生产设备的工艺参数要求，山东省95%的设备具有生产复合改性沥青的能力。

(2) 加工

结合不同细度胶粉改性剂的发育时间，本部分提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青的流程及其各工艺的要求，复合改性沥青加工过程中首先将胶粉通过胶体磨，对其进行粉磨，后进入预混罐使胶粉与基质沥青进行充分混合，进入发育罐对其进行发育，发育过程中加入稳定剂等外加剂和岩沥青，发育完成后进入储存罐。复合改性沥青储存过程中应进行连续搅拌，防止离析。此外，为保证复合改性沥青充分发育对各加工过程的温度进行规定。

4. 岩沥青—胶粉复合改性沥青

本部分主要依据室内试验结果得出，不同岩沥青掺量下复合改性沥青各指标试验结果如表3—5所示，不同岩沥青掺量下复合改性沥青的PG分级试验结果如图1—3所示。

表3 岩沥青—胶粉（20%）复合改性沥青试验结果

检测项目	单位	岩沥青掺量 (%)	试验结果
针入度 (25 °C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	5	66
		10	45
		15	40
		20	35
		25	28
针入度指数 PI	—	5	0.24
		10	0.17
		15	0.09
		20	0.12
		25	0.08
延度 (5 °C, 5 cm/min)	cm	5	11
		10	9
		15	6
		20	5
		25	3
软化点 TR&B	°C	5	60.0
		10	65.5

			15	69.5
			20	73.5
			25	78.0
旋转黏度 (135 °C)	Pa · s		5	2.3
			10	2.9
			15	3.4
			20	3.8
			25	4.1
闪点	°C		5	298
			10	305
			15	315
			20	315
			25	330
弹性恢复 (25 °C)	%		5	88
			10	83
			15	77
			20	75
			25	70
溶解度	%		5	98.6
			10	98.2
			15	97.9
			20	97.5
			25	97.3
储存稳定性, 离析, 48 h 软化点差	°C		5	1.8
			10	2.1
			15	2.4
			20	3.0
			25	3.3
TFOT (或 RTFOT) 后残留物	质量变化范围	%	5	-0.082
			10	-0.075
			15	-0.062
			20	-0.066
			25	-0.070
	针入度比 (25 °C)	%	5	73.5
			10	72.8
			15	67.9
			20	67.5
			25	66.3
	延度 (5 °C)	cm	5	10
			10	8
			15	6
			20	4
			25	4

表 4 岩沥青—胶粉 (25%) 复合改性沥青试验结果

检测项目	单位	岩沥青掺量 (%)	试验结果
针入度 (25 °C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	5	51
		10	34
		15	28
		20	25
		25	20
针入度指数 PI	—	5	0.16
		10	0.12
		15	0.10
		20	0.09

			25	0.06	
延度 (5 °C, 5 cm/min)	cm		5	9	
			10	8	
			15	6	
			20	5	
			25	2	
软化点 TR&B	°C		5	62.0	
			10	71.5	
			15	78.5	
			20	82.5	
			25	88.0	
旋转黏度 (135 °C)	Pa · s		5	2.8	
			10	3.5	
			15	4.0	
			20	4.8	
			25	5.3	
闪点	°C		5	296	
			10	301	
			15	308	
			20	315	
			25	323	
弹性恢复 (25 °C)	%		5	91	
			10	83	
			15	78	
			20	71	
			25	63	
溶解度	%		5	98.4	
			10	98.0	
			15	97.8	
			20	97.5	
			25	97.0	
储存稳定性, 离析, 48 h 软化点差	°C		5	2.0	
			10	2.3	
			15	2.7	
			20	3.2	
			25	3.6	
TFOT (或 RTFOT) 后残留物	质量变化范围	%	5	-0.076	
			10	-0.082	
			15	-0.033	
			20	-0.054	
			25	-0.061	
	针入度比 (25 °C)	%		5	73.4
				10	72.7
				15	66.4
				20	67.1
				25	65.1
	延度 (5 °C)	cm		5	12
				10	9
15				7	
20				5	
25				4	

表 5 岩沥青—胶粉 (30%) 复合改性沥青试验结果

检测项目	单位	岩沥青掺量 (%)	试验结果
------	----	-----------	------

针入度 (25 °C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	5	47	
		10	33	
		15	26	
		20	23	
		25	20	
针入度指数 PI	—	5	0.24	
		10	0.22	
		15	0.19	
		20	0.11	
		25	0.07	
延度 (5 °C, 5 cm/min)	cm	5	8	
		10	6	
		15	5	
		20	4	
		25	—	
软化点 TR&B	°C	5	68.5	
		10	74.5	
		15	79.5	
		20	85.0	
		25	90.0	
旋转黏度 (135 °C)	Pa • s	5	2.9	
		10	3.7	
		15	4.2	
		20	4.9	
		25	5.3	
闪点	°C	5	285	
		10	294	
		15	305	
		20	311	
		25	320	
弹性恢复 (25 °C)	%	5	84	
		10	80	
		15	76	
		20	72	
		25	67	
溶解度	%	5	98.2	
		10	98.0	
		15	97.3	
		20	97.4	
		25	97.2	
储存稳定性, 离析, 48 h 软化点差	°C	5	2.2	
		10	2.6	
		15	2.9	
		20	3.3	
		25	3.5	
TFOT (或 RTFOT) 后残留物	质量变化范围	%	5	—0.083
			10	—0.079
			15	—0.054
			20	—0.067
			25	—0.070
	针入度比 (25 °C)	%	5	73.8
			10	72.9
			15	68.5
			20	67.7
			25	66.2

	延度 (5 °C)	cm	5	9
			10	9
			15	6
			20	6
			25	3

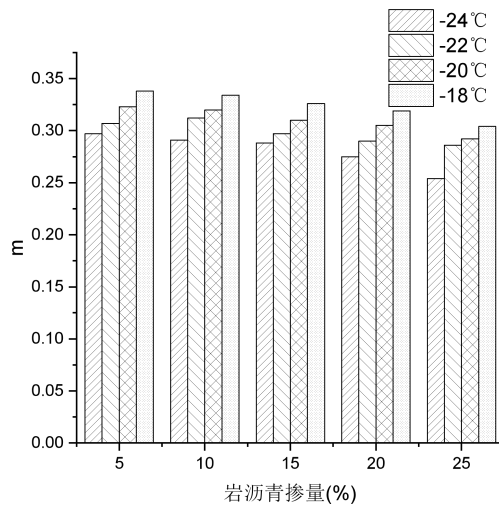
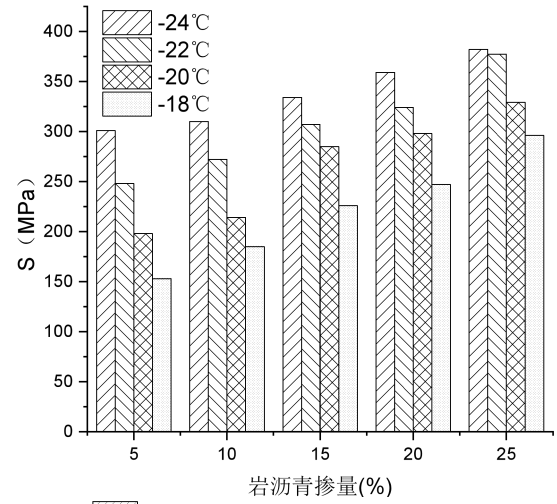
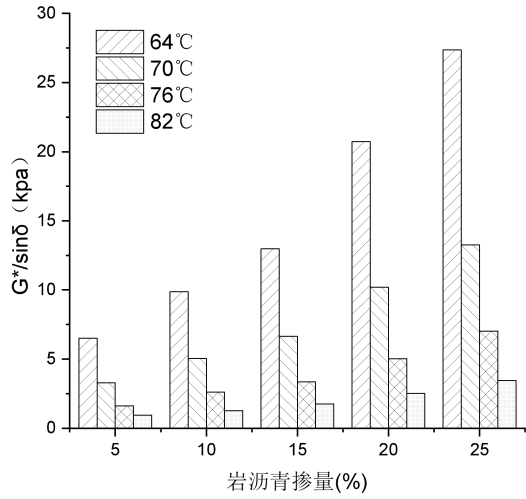


图 1 复合改性沥青中胶粉改性剂掺量为 20% 下的 PG 分级试验结果

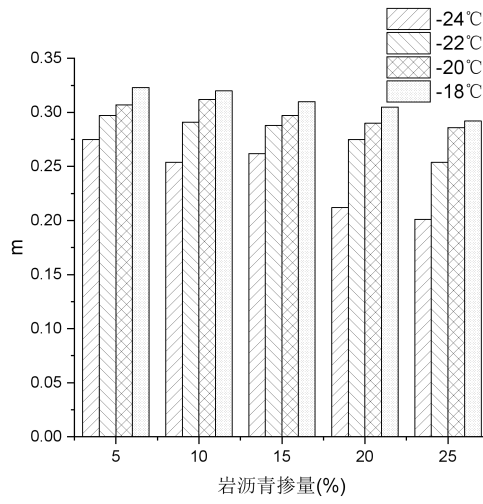
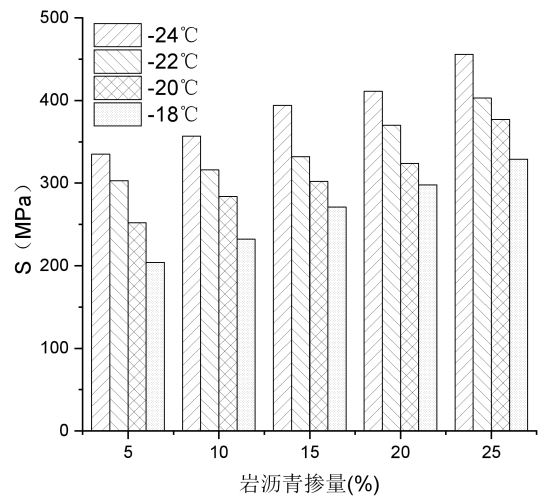
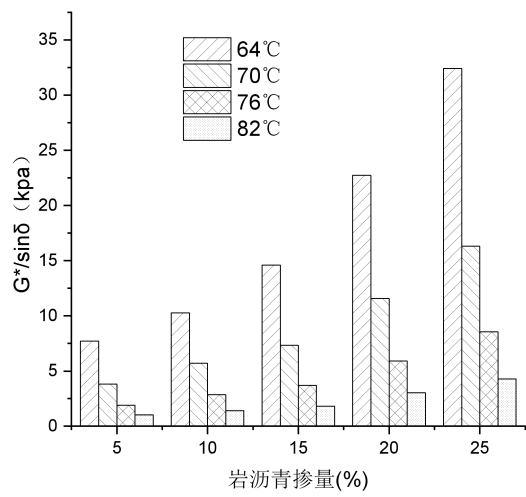
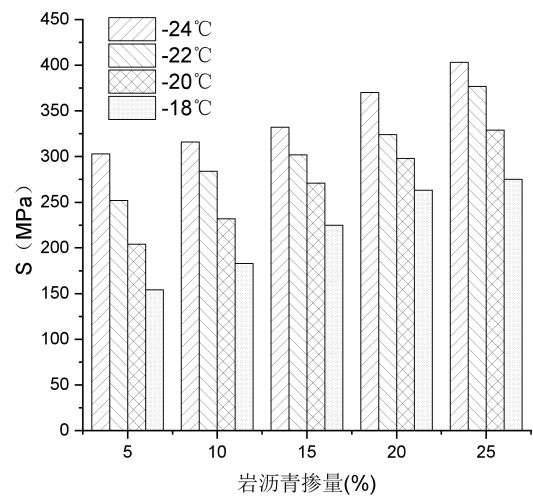
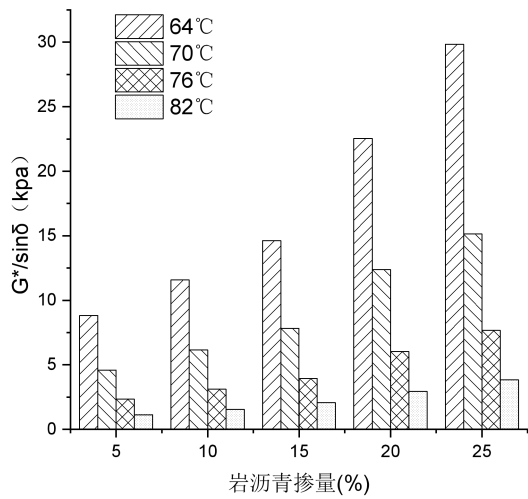


图 2 复合改性沥青中胶粉改性剂掺量为 25% 下的 PG 分级试验结果



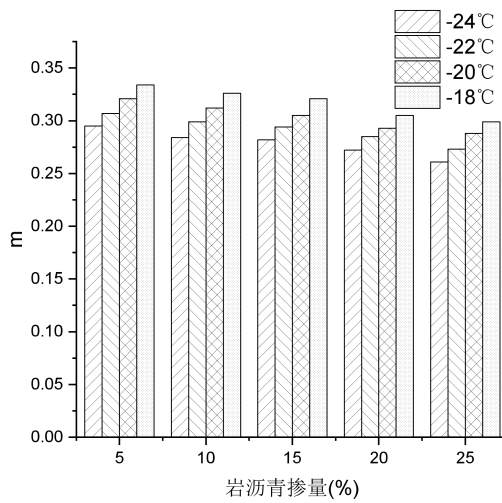


图3 复合改性沥青中胶粉改性剂掺量为30%下的PG分级试验结果

(二) 配合比设计

1. 一般规定

对岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料的配合比设计方法及依据进行了说明，其应符合 JTGF40 的相关规定。此外提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料体积指标计算方法。岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料设计过程中应考虑岩沥青灰分对混合料级配的影响，具体计算方法如下：

(1) 在岩沥青改性剂掺量确定的条件下，用级配设计确定的填料用量减去岩沥青改性剂中的灰分，为填料实际用量。填料实际用量 m_a 按式 (1) 计算。

$$P_a = P_b - \frac{P_{ra}}{100 + P_{ra}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- P_a —— 填料实际配比 (%)
- P_b —— 级配设计填料配比 (%)
- P_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分的外掺比例 (%)

(2) 按式 (2) 计算矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 。

$$\gamma_{sb} = \frac{100 + P_{ra}}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n + P_{ra}}{\gamma_n}} \quad (2)$$

式中：

- P_1, P_2, \dots, P_n —— 各种矿料成分的配合比, $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 100$
- $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ —— 各种矿料相应的毛体积相对密度, 无量纲

γ_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分的毛体积相对密度，无量纲

(3) 按式 (3) 计算矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 。

$$\gamma_{sa} = \frac{100 + P_{ra}}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n + P_{ra}}{\gamma_n + \gamma_{ra}}} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$ —— 各种矿料按试验规程方法测定的表观相对密度，无量纲

γ_{ra} —— 岩沥青改性剂灰分按试验规程方法测定的表观相对密度，无量纲

(4) 按照JTG F40附录B中公式B. 5. 6—2、B. 5. 6—3和B. 5. 6—4计算合成矿料有效相对密度 γ_{se} 。

(5) 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度按照公式 (4) 计算。

$$\gamma_{rb} = \frac{100 - P_{ra}}{\gamma_{am} - P_{ra}} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

γ_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度，无量纲

γ_{am} —— 岩沥青改性剂的相对密度，无量纲

γ_{ra} —— 岩沥青改性剂中灰分的相对密度，无量纲

P_{ra} —— 岩沥青改性剂中灰分含量 (%)

(6) 计算沥青混合料最大理论相对密度。

1) 针对密级配沥青混合料，按照公式 (5) 计算混合料的最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_{rb}}{\frac{100 - P_a - P_{rb}}{\gamma_a} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_{rb}}{\gamma_{rb}}} \dots \dots \dots (5)$$

式中：

γ_t —— 混合料最大理论相对密度，无量纲

P_a —— 沥青混合料油石比 (%)

P_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料外掺量，以矿料质量的百分数计 (%)

γ_{se} —— 矿料的有效相对密度，无量纲

γ_a —— 沥青的相对密度 (25℃)，无量纲

γ_{rb} —— 岩沥青改性剂中胶结料的相对密度，无量纲

2) 针对SMA沥青混合料，按照公式 (6) 计算混合料的最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_b + P_c}{\frac{100}{\gamma_s} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_b}{\gamma_b} + \frac{P_c}{\gamma_c}}$$

(6)

式中：

P_i ——纤维用量，以矿料质量的百分数计（%）

γ_i ——纤维相对密度，无量纲

(7) 混合料试件各项体积指标空隙率VV、矿料间隙率VMA、沥青饱和度VFA按照JTG F40附录B的方法计算。

2 材料

岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料所用集料和填料性能应符合JTG F40的要求，沥青玛蹄脂碎石用纤维应符合JT/T 533的要求。

3 设计要求

本部分主要依据《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）规定了复合改性沥青混合料可应用的类型，结合JTG 5142中相关内容增加了岩沥青—胶粉复合改性沥青的应用类型砂粒式沥青混合料（SMA—5），以推动岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料在养护工程中的应用。

复合改性沥青混合料配合比设计流程与常规沥青混合料设计相比存在一定的差异，本部分对复合改性沥青混合料配合比设计流程进行了优化，提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料配合比设计流程，如图4所示。

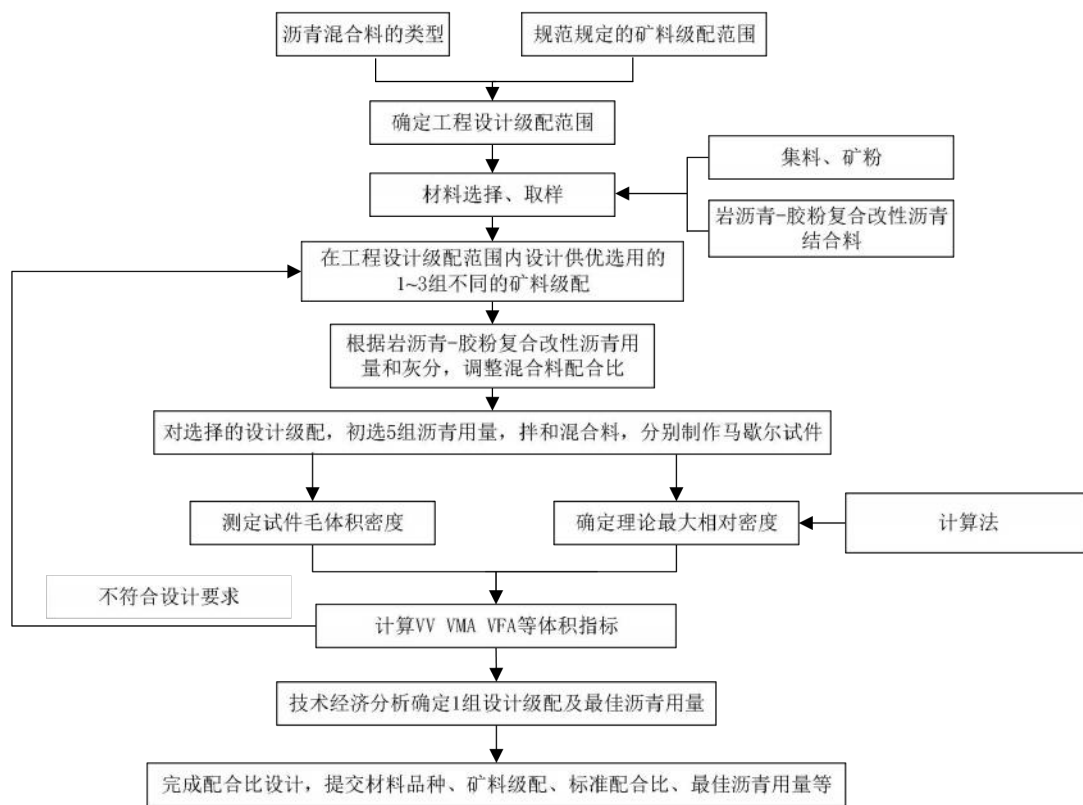


图 4 复合改性沥青混合料配合比设计流程

复合改性沥青混合料类型应按照公路等级、气候条件、交通条件等进行选择，混合料最佳沥青用量应根据马歇尔试验确定，对10种类型的混合料，每种混合料采用粗、中、细三种级配进行车辙动稳定度试验，试验结果如图5和图6所示。

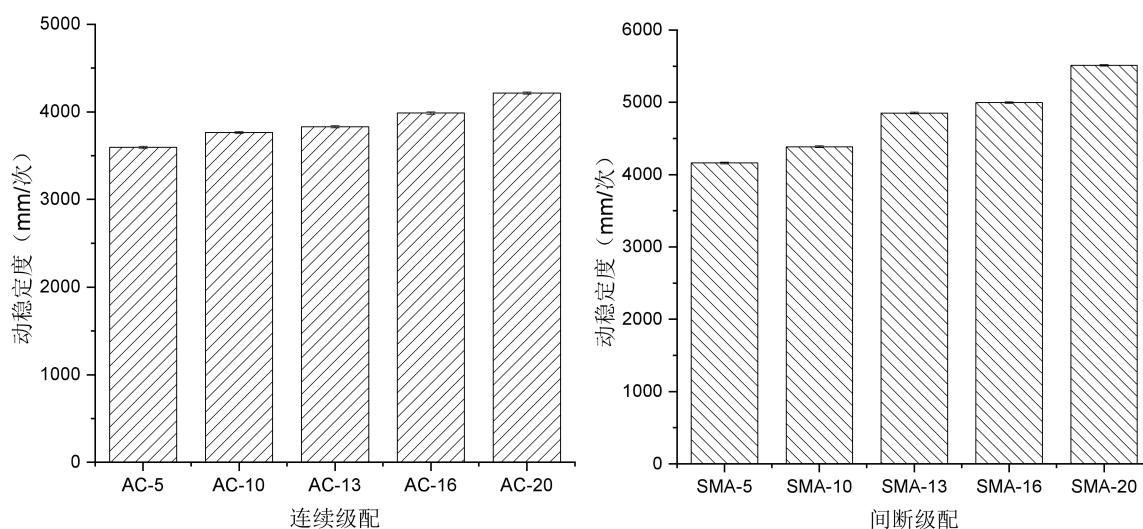


图 5 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料动稳定度试验结果

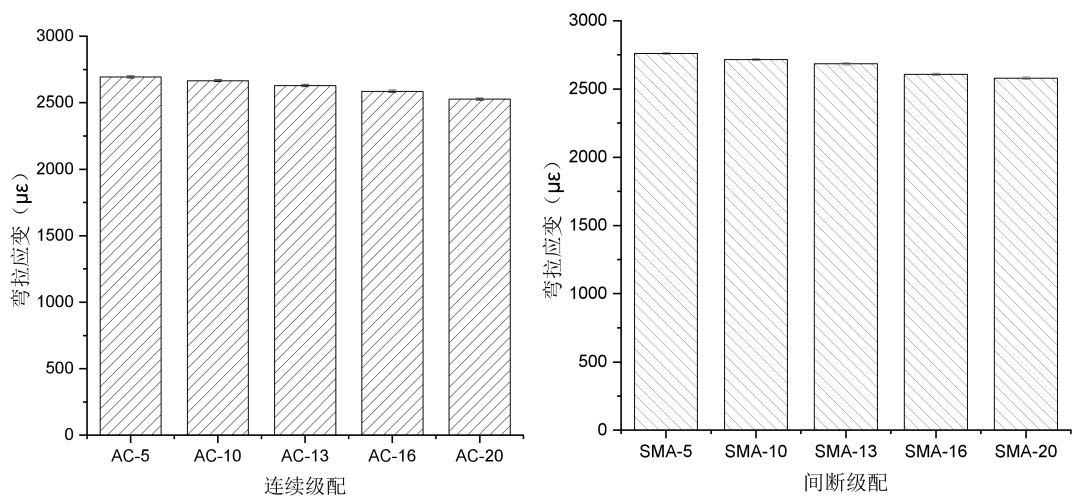


图 6 岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料低温试验结果

(三) 施工

本部分主要依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)进行编写,根据工程应用过程中可能出现的问题,增加了相关注意事项,由于胶粉改性沥青的温度敏感性较强,在总结相关工程经验的基础上,提出了各施工环节中的温度范围。

以AC—20混合料和SMA—13复合改性沥青混合料为例,击实成型温度与沥青混合料马歇尔试样孔隙率间的关系图如图7所示。

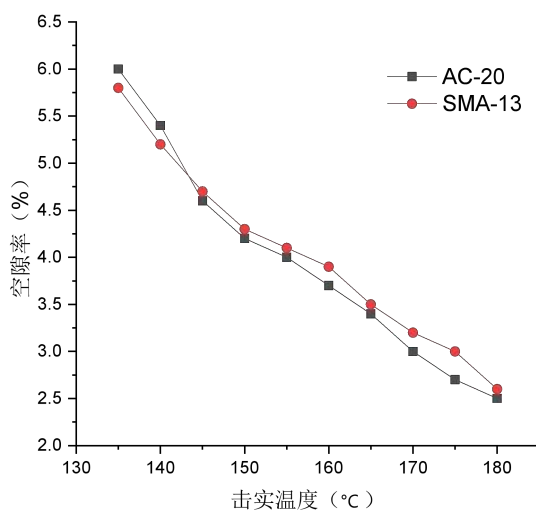


图 7 击实成型温度与空隙率关系曲线

从试验结果可以看出,普通沥青混合料加入岩沥青改性剂后会增大沥青粘度,增加混合料施工难度,根据试验结果(图7)发现,混合料采用复合改性沥青生产制备混合料时,提高沥青混合料出料和

施工温度5℃，以此达到压实效果；采用改性沥青的混合料出料和施工温度较高，加入岩沥青改性剂后对沥青粘度影响较小，出料和施工温度与公路沥青路面施工技术规范中要求相同。

三、技术经济论证

本文件提出了岩沥青—胶粉复合改性沥青混合料生产制备及施工质量控制标准及注意事项，有效推动了该技术的发展，能够提升沥青路面施工质量，延长道路使用寿命。

（一）经济效益

经调研，废胶粉价格在2500元/吨—2800元/吨，道路石油价格约为3800元/吨，胶粉价格取2800元/吨，改性沥青加工费约100元/吨，废胶粉掺量为改性沥青总质量的25%，则每吨胶粉改性沥青的价格为3700元/吨。岩沥青价格约为3500元，其掺量约为沥青质量的15%，则复合改性沥青价格约为4225元/吨，经调研，SBS改性沥青市场价4500元/吨—5200元/吨，基于此，每吨复合改性沥青较常规SBS改性沥青可节约225元以上。

（二）社会及环境效益

采用废弃胶粉生产指标胶粉改性沥青能够消耗大量废旧轮胎，缓解废旧轮胎堆积利用难的社会问题，减少其堆积过程中占用大量土地、堆积过程中有害物质释放等环境问题。此外还可缓解筑路材料短缺问题，减少不可再生资源的开采，社会及环境效益显著。

四、与有关法律、行政法规及相关国家标准、行业标准、地方标准同类标准的关系

（一）与现行法律及政策文件的关系

与本标准密切相关的法律及政策文件有：《交通强国建设纲要》（中发〔2019〕39号）、《交通运输部关于印发《绿色交通“十四五”发展规划》的通知》（交规划发〔2021〕104号）、《山东省贯彻〈交通强国建设纲要〉实施意见》（鲁发〔2020〕12号）、《加快建设交通强国五年行动计划（2023—2027年）》（交规划发〔2023〕21号）、《山东省人民政府关于印发山东省“十四五”综合交通运输发展规划的通知》（鲁政字〔2021〕127号）、《关于印发2024年“促进经济巩固向好、加快绿色低碳高质量发展”政策清单》（鲁政发〔2023〕13号）等。本标准符合上述法律及政策文件的要求。

（二）与相关国家标准、行业标准、地方标准同类标准的关系

与本标准密切相关的行标有《路用废胎橡胶粉》（JT/T 797）、《沥青混合料改性添加剂第5部分：天然沥青》（JT/T 860.5）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142）、《橡胶沥青路面技术标准》（CJJ/T 273），本标准内容与上述标准均未有冲突。

五、标准涉及专利情况

无。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况

未采用国际标准和国外先进标准。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本规程在编制过程中无重大分歧意见。

八、其他应予说明的事项

无