

团 体 标 准

T/SDHTS XXXXX-XXXX
代替 T/SDHTS XXXXX-XXXX

花岗岩沥青混合料设计与施工规程

Code of practice for design and construction of
granite asphalt mixture

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。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-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 术语和定义	1
4 原材料要求	2
4.1 一般规定	2
4.2 沥青	2
4.3 抗剥落剂	2
4.4 岩沥青改性剂	2
4.5 花岗岩粗集料	3
4.6 其他材料	3
5 花岗岩沥青混合料设计	3
5.1 一般规定	3
5.2 配合比设计	4
5.3 性能检测及技术要求	6
6 生产与施工	7
6.1 一般规定	7
6.2 花岗岩沥青混合料生产	7
6.3 花岗岩沥青混合料运输	8
6.4 花岗岩沥青混合料摊铺	8
6.5 花岗岩沥青混合料碾压	8
6.6 接缝处理及开放交通	8
7 施工质量管理与验证	8
附录 A 岩沥青改性剂干拌分散性试验方法	9
附录 B 沥青与花岗岩拉拔试验方法	10
附录 C 花岗岩沥青混合料拌制方法	12

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》的规则起草。

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：山东高速建设管理集团有限公司、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：侯福金、魏小康、马亚、许成虎、李岩、胡东明、李娜、刘正飞、李骏、贾元法、王汝瑞、高国华、周海防、范金成、史福泉、韩凌。

花岗岩沥青混合料设计与施工规程

1 范围

本文件规定了花岗岩沥青混合料的术语和定义、原材料、混合料设计、生产与施工、质量控制的要求。

本文件适用于各等级公路及城市道路的新建、改扩建及养护工程。

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，仅所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 F40 公路沥青路面施工技术规范

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 F80/1 公路工程质量检验评定标准

JT/T 533 沥青路面用纤维

JT/T 860.5 沥青混合料改性添加剂 第4部分：抗剥落剂

DB37/T 2536 岩沥青路用技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件基本原则和要求。

3.1

花岗岩粗集料 *granite coarse aggregate*

花岗岩属于火成岩的一类，酸性（ $\text{SiO}_2 > 63\%$ ）岩浆岩中的侵入岩。在沥青混合料中，花岗岩粗集料是指粒径大于 2.36mm 的花岗岩碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等。

3.2

花岗岩细集料 *granite fine aggregate*

花岗岩属于火成岩的一类，酸性（ $\text{SiO}_2 > 63\%$ ）岩浆岩中的侵入岩。在沥青混合料中，花岗岩细集料是指粒径小于 2.36mm 的花岗岩人工砂（包括机制砂）及石屑。

3.3

岩沥青改性剂 *the rock asphalt modifier*

在岩沥青中加入的天然或人工合成的有机或无机材料,经过一定的工艺制备而成的能够改善或提高沥青混合料路用性能的材料。

3.4

花岗岩沥青混合料 granite aggregate asphalt mixture

由花岗岩粗集料、花岗岩细集料、沥青结合料与其他矿料和改性剂等拌和而成的沥青混合料,分为普通花岗岩沥青混合料和改性沥青花岗岩混合料。

3.5

普通花岗岩沥青混合料 ordinary granite asphalt mixture

由花岗岩粗集料、花岗岩细集料、道路石油沥青与其他矿料和改性剂等拌和而成的沥青混合料。

3.6

改性沥青花岗岩混合料 modified asphalt granite mixture

由花岗岩粗集料、花岗岩细集料、改性沥青与其他矿料和改性剂等拌和而成的沥青混合料。

4 原材料要求

4.1 一般规定

4.1.1 原材料进场应提供厂家出示的合格证或质量检测证书。

4.1.2 原材料运至现场后应进行质量检验,经评定合格后方可使用。

4.2 沥青

4.2.1 在高等级公路中应用时宜采用70号A级道路石油沥青和SBS(I-D)改性沥青,其技术要求应符合JTG F40的有关规定。

4.3 抗剥落剂

4.3.1 抗剥落剂宜采用非胺类材料,相关技术要求见表1。

表1 抗剥落剂的相关技术要求

指标			单位	技术要求	试验方法
抗剥落剂	水分及挥发物质含量,不大于		%	10	JTG E20 T0612
	气味		-	无明显外散刺激性气味	-
	外观		-	色泽均匀	目测
添加抗剥落剂后的沥青	黏附性	老化前,不小于	级	5	JTG E20 T0616
		老化后,不小于	级	5	JTG E20 T0616
	老化后沥青拉拔强度比,不小于	普通沥青	%	85	附录B
		改性沥青	%	90	附录B

4.3.2 当条件不允许使用抗剥落剂时,允许消石灰、水泥替代部分矿粉和采用改性沥青方式,提高花岗岩沥青混合料的抗剥性能,消石灰、水泥和改性沥青的技术要求应符合JTG F40的有关规定。

4.4 岩沥青改性剂

4.4.1 岩沥青改性剂的技术要求应符合表2的规定。

表2 岩沥青改性剂技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
颜色	-	黑色	目测
外观	-	颗粒状、均匀	目测
密度	g/cm ³	-	JTG E20 T0603
含水率	%	≤2	JTG E20 T0612
干拌分散性	-	无颗粒残留	附录A

4.4.2 生产岩沥青改性剂的岩沥青原材料技术指标应满足表3的要求。

表3 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)	°C	≥190	JTG E20 T0606
针入度 (25°C)	0.1mm	0~5	JTG E20 T0604
灰分	%	≤10	JTG E20 T0614
闪点	°C	≥260	JTG E20 T0611
密度	g/cm ³	1.10~1.20	JTG E20 T0603
含水率	%	≤2	JTG E20 T0612

4.5 花岗岩粗集料

4.5.1 花岗岩粗集料应洁净、干燥、表面粗糙，不宜采用风化的集料类型，技术要求应符合表4的规定。

表4 花岗岩粗集料技术要求

检验项目		高速公路及一级公路		其他等级公路	测试方法
		上面层	中、下面层		
石料压碎值，%	不大于	20	22	28	JTG E42 T0316
洛杉矶磨耗损失，%	不大于	26	28	35	JTG E42 T0317
表观相对密度	不小于	2.60	2.50	2.45	JTG E42 T0304
吸水率，%	不大于	2.0	3.0	3.0	JTG E42 T0304
坚固性，%	不大于	12	12	-	JTG E42 T0314
针片状颗粒含量（混合料），%	不大于	15	18	20	JTG E42 T0312
其中粒径大于 9.5mm，%	不大于	12	15	-	
其中粒径小于 9.5mm，%	不大于	18	20	-	
水洗法<0.075mm 颗粒含量，%	不大于	1	1	1	JTG E42 T0310
软石含量，%	不大于	3	5	5	JTG E42 T0320
上面层石料磨光值，BPN	不小于	42	-	-	JTG E42 T0321

4.6 其他材料

4.6.1 花岗岩细集料、填料等的技术要求均应符合JTG F40的相关规定。

4.6.2 纤维应符合JTT 533的技术指标要求。

5 花岗岩沥青混合料设计

5.1 一般规定

5.1.1 花岗岩沥青混合料配合比设计分为目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段，其中目标配合比按流程图1进行设计。

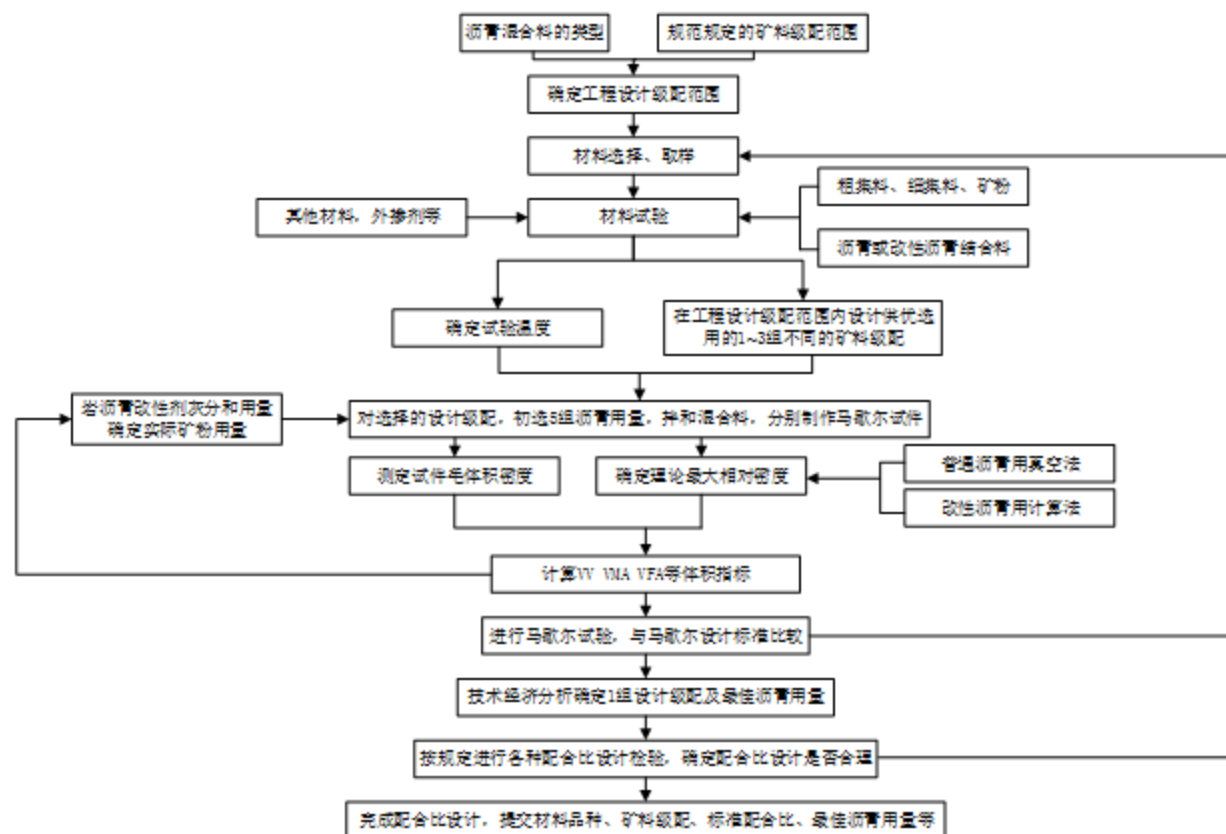


图1 配合比设计流程图

5.1.2 花岗岩沥青混合料的类型和级配范围应符合JTG F40的要求。

5.1.3 填料的掺量应根据岩沥青改性剂中灰分含量大小进行调整。

5.2 配合比设计

5.2.1 花岗岩沥青混合料宜按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中混合料配合比设计方法设计，根据马歇尔试件空隙率指标确定混合料的级配和最佳沥青用量。

5.2.2 抗剥落剂的掺量宜根据厂家说明书上推荐的掺量，按照表1的要求进行试验，根据试验结果确定掺量。

5.2.3 岩沥青改性剂掺量为矿料质量的0.3%~0.6%，具体掺量应按照公路等级、气候条件、交通条件、路面类型等，结合当地工程经验及经济性等因素综合确定。

5.2.4 对普通花岗岩沥青混合料，最大理论相对密度采用实测法，对改性沥青花岗岩混合料，最大理论相对密度采用计算法。

5.2.5 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。

按式（1）计算填料实际用量 m_a 。

$$m_a = m_b - m_c \times P_a \times P \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m_a ——填料质量，单位为克（g）；

m_b ——级配设计填料掺量，单位为克（g）；

m_c ——岩沥青掺量，单位为克（g）；

P ——岩沥青改性剂灰分含量，%；

P_a ——硬沥青掺量，%。

5.2.6 按式（2）计算矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 。

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

式中：

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n ——各种矿料成分的配合比；

P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的配合比；

γ_1 、 γ_2 ... γ_n ——各种矿料相应的毛体积相对密度，无量纲；

γ_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的毛体积相对密度，无量纲。

5.2.7 按式（3）计算矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 。

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

式中：

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n ——各种矿料成分的配合比；

P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的配合比；

γ_1 、 γ_2 ... γ_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_{yh} ——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。

5.2.8 并按照 JTG F40 公路沥青路面施工技术规范附录 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} 。

5.2.9 岩沥青改性剂中沥青的相对密度按照公式（4）计算。

$$\gamma_{yl} = \frac{P_{yl}}{\frac{100}{\gamma_l} - \frac{P_{yl}}{\gamma_{yh}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

γ_r ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲；
 γ_b ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲；
 γ_{fr} ——岩沥青改性剂中灰分的表观相对密度，无量纲；
 P_{yr} ——岩沥青改性剂中沥青含量，%；
 P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分，%。

5.2.10 计算沥青混合料最大理论相对密度。

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

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_{yl}}{\frac{100}{\gamma_{se}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_{yl}}{\gamma_{yl}}} \quad (5)$$

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_{yl} ——岩沥青改性剂中沥青用量，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_b ——沥青的相对密度，无量纲；
 γ_{fr} ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，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 。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_x + P_{yl}}{\frac{100}{\gamma_{se}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_x}{\gamma_x} + \frac{P_{yl}}{\gamma_{yl}}} \quad (6)$$

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_x ——纤维用量，以矿料质量的百分数计，%；
 P_{yl} ——岩沥青改性剂中沥青用量，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_b ——沥青的相对密度，无量纲；
 γ_{fr} ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲。

5.2.11 混合料试件各项体积指标空隙率VV、集料间隙率VMA、沥青饱和度VFA按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)附录B的方法计算。

5.2.12 花岗岩密级配(AC)沥青混合料配合比设计技术要求应符合表5的规定

表5 花岗岩密级配沥青混合料(AC)配合比设计技术要求

试验指标	单位	高速公路、一级公路		其他等级公路	行人道路
		重载交通	中轻交通		
击实次数（双面）	次	75		50	

试件尺寸	mm	Φ 101.6×63.5				
空隙率VV	%	2~4		2~5	2~4	
稳定度MS，不小于	kN	8		5	3	
流值	mm	1.5~4	2~4	2~4.5	2~5	
沥青饱和度VFA	%	65~75	55~70	70~85		
矿料间隙率VMA，不小于	相应于以下公称最大粒径（mm）的最小VMA及VFA技术要求（%）					
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75
	10	11	11.5	12	13	15

5.2.13 花岗岩SMA沥青混合料配合比设计技术要求应符合JTGF40的有关规定。

5.3 性能检测及技术要求

5.3.1 花岗岩沥青混合料应在配合比设计的基础上进行各种路用性能检测, 密级配AC及SMA沥青混合料技术指标应符合表6的规定。否则, 应更换材料或重新进行配合比设计。

表6 花岗岩沥青混合料技术指标要求

技术指标	单位	混合料类型				试验方法
		密级配AC沥青混合料		SMA沥青混合料		
浸水马歇尔试验残留稳定度比	%	普通沥青混合料	≥80	改性沥青混合料	≥85	JTG E20 T0709
		改性沥青混合料	≥85			
冻融劈裂试验残留强度比	%	普通沥青混合料	≥75	改性沥青混合料	≥80	JTG E20 T0729
		改性沥青混合料	≥80			
动稳定度	次/mm	普通沥青混合料	≥2000	改性沥青混合料	≥5000	JTG E20 T0719
		改性沥青混合料	≥5000			

表6 花岗岩沥青混合料技术指标要求 (续)

技术指标	单位	混合料类型				试验方法
		密级配AC沥青混合料		SMA沥青混合料		
低温弯曲试验破坏应变	$\mu\epsilon$	普通沥青混合料	≥ 2000	改性沥青混合料	≥ 2500	JTGE20 T0715
		改性沥青混合料	≥ 2500			
渗水系数	ml/min	≤ 120		≤ 80		JTGE20 T0730

5.3.2 花岗岩沥青混合料的抗车辙和水敏感性采用汉堡车辙试验进行验证。

6 生产与施工

6.1 一般规定

6.1.1 花岗岩混合料生产与施工设备与普通热拌沥青混合料相同。

6.1.2 正式开工前，应铺筑试验路段，进行花岗岩沥青混合料的试拌、试铺和试压试验，确定施工参数。

6.1.3 施工期内日最低气温应高于 10°C ，且不应在雨天施工。

6.2 花岗岩沥青混合料生产

6.2.1 花岗岩沥青混合料生产工艺流程见图2，纤维根据混合料的类型确定掺加。

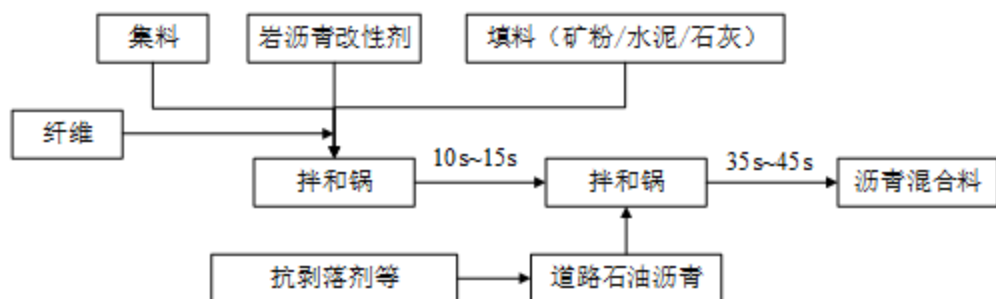


图2 花岗岩沥青混合料生产工艺流程图

6.2.2 花岗岩沥青混合料宜采用间歇式拌合机械拌制。

6.2.3 岩沥青改性剂的添加可根据现场实际情况选择人工或采用专用配套设备自动添加的方式。

6.2.4 花岗岩沥青混合料的施工温度宜参考室内试验结果确定。当缺乏足够试验数据时，参考表7的温度范围选择施工温度，并根据实际情况确定使用温度高值或低值。

表7 花岗岩沥青混合料的施工温度范围

单位为 $^{\circ}\text{C}$

施工工序		普通沥青混合料	SBS 改性沥青混合料
沥青加热温度		155~160	160~165
集料加热温度		集料加热温度比沥青温度高 10~30	
出料温度		150~170	170~185
贮存温度		贮料过程中温度降低不超过 10	
混合料废弃温度，高于		195	195
运输到场温度，不低于		150	165
摊铺温度，不低于	正常施工	140	160
	低温施工	155	
开始碾压的混合料内部温度，不低于	正常施工	135	150
	低温施工	150	

碾压终了的表面温度，不低于	正常施工	75	90
	低温施工	85	
开放交通的路表温度，不高于		50	50

6.3 花岗岩沥青混合料运输

6.3.1 花岗岩沥青混合料的运输按照 JTGF40 中相关要求执行。

6.4 花岗岩沥青混合料摊铺

6.4.1 开始摊铺时，有足够的运料车在施工现场等候，保证摊铺均匀、连续不间断地进行。

6.4.2 摊铺机熨平板开工前应提前 0.5h~1h 预热，避免摊铺时出现拉带裂纹。当采用改性沥青或者在较低气温时，应尽量避免在摊铺面进行人工补料等操作。

6.4.3 摊铺速度应根据混合料类型、摊铺层厚度、宽度、运距等予以调整选择。

6.5 花岗岩沥青混合料碾压

6.5.1 花岗岩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。当施工气温低、风大时，压路机数量应适当增加。

6.5.2 在不产生严重推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压都应紧跟摊铺机，在尽可能高的温度下进行。

6.5.3 根据混合料的级配类型、天气情况，选择合理的碾压工艺。

6.5.4 压路机的碾压速度符合 JTGF40 公路沥青路面施工技术规范相关规定的要求。

6.5.5 碾压过程中，振动压路机水箱中可加入适量的表面活性剂防止出现粘轮现象，胶轮压路机应以不粘轮为原则喷洒或涂抹隔离剂。

6.6 接缝处理及开放交通

接缝处理及开放交通严格按照 JTGF40 中相关要求执行。

7 施工质量管理与验证

7.1 花岗岩沥青混合料路面施工质量管理与验证，按照 JTGF40 公路沥青路面施工技术规范对热拌沥青混合料的相关规定执行。

7.2 生产验证和试验段铺筑后，应于实体路面钻芯取样，对芯样进行性能评价。

附录 A 岩沥青改性剂干拌分散性试验方法

A.1 目的与适用范围

本方法适用于测定岩沥青改性剂与集料干拌过程中的分散效果。

A.2 试验仪器

- (1) 烘箱：应有温度调节器。
- (2) 天平或电子天平：用于称岩沥青改性剂的，感量不大于 0.01g；用于称量矿料的，感量不大于 0.5g
- (3) 实验室用沥青混合料拌和机：能保证拌和温度并充分拌和均匀，可控制拌和时间。搅拌叶自转速
度 70 r/min~80r/min，公转速度 40 r/min~50r/min。
- (4) 其他：拌和铲、毛刷、搪瓷盘、标准筛等

A.3 准备工作

A.3.1 按照每档粗集料（2.36mm~4.75mm、4.75mm~9.5mm、9.5mm~19mm、19mm~26mm）质量
各 1500g 配置 6000g 粗集料，放入 180°C±5°C烘箱中保温。

A.3.2 按四分法称取岩沥青改性剂 100g。

A.3 将实验室用沥青混合料拌和机预热到 180°C±5°C。

A.4 试验步骤

A.4.1 将取好的粗集料放入实验室用沥青混合料拌和机，然后加入称量好的岩沥青改性剂。

A.3.2 开启拌和机，将粗集料和岩沥青改性剂干拌 15s。

A.3.3 将拌和后的粗集料与岩沥青改性剂一同放出，并过 4.75mm 标准筛。

A.3.4 用拌和铲翻拌 4.75mm 筛下物，并查看是否有未分散开的岩沥青改性剂颗粒。

附录 B 沥青与花岗岩拉拔试验方法

B.1 适用范围

B.1.1 本方法适用于测定沥青与花岗岩在规定温度和加载速率时粘附破坏的力学性质。

B.1.2 本方法适用于直径尺寸为 50mm，沥青膜厚度为 0.2mm 的试件。

B.1.3 试验温度无特殊规定为 25℃，恒温水槽温度为 40℃，加载速率为 0.7MPa/s，在加载过程中速率保持不变。

B.3 检测仪器

B.3.1 附着力测试仪：最大荷载满足不超过量程的 80%且不小于量程的 20%的要求，一般采用 20kN，分度值为 10N。

B.3.2 数据采集系统或 X—Y 记录仪：能自动采集传感器的电测信号，在数据采集系统中储存或在 X—Y 记录仪绘制最大荷载。

B.3.3 恒温水槽：用于试件保温，温度范围能满足试验要求，控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

B.3.4 环境箱：用于试件保温，温度范围能满足试验要求，控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

B.3.5 胶水：用于黏结集料与石板、锭子，其黏结强度大于沥青黏结强度。

B.4 试件准备

B.4.1 根据 JTG E20 中 T0609 方法老化后制备沥青试样，待沥青融化后加热到 150℃(改性沥青 170℃)，将一定量的沥青试样滴到直径为 50mm 标准尺寸集料表面，然后放上相同规格的集料，将沥青挤压成 0.2mm 的薄膜，刮掉多余的沥青，在室温条件下冷却不少于 2h，一组两个试件。

B.4.2 将试件下侧集料用胶水黏结于平整的石板上，将锭子平整地黏结到试件上侧集料表面。

B.4.3 其中一个试件放入已达到 40℃的水槽中保温 48h，另一试件在室温中放置 48h。

B.4.4 试件保温完成后放入 25℃环境箱中恒温不少于 2h。

B.5 试验步骤

B.5.1 从环境箱中取出试件，迅速套上套筒，连接拉拔装置。

B.5.2 开动附着力测试仪，以规定的加载速率向试件加载，直至上下集料从沥青面层断裂。记录加载过程中达到的最大拉拔力。

B.6 计算

B.6.1 根据附着力测试仪输出的最大荷载 P ，计算沥青与集料的粘附性抗拉强度 R ，按式 B.1 和式 B.2 求出浸水后试件的强度比 T 。

$$R = \frac{P}{\pi \times R^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$T = \frac{R_1}{R_2} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

R ——拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；

P ——最大荷载，单位为千牛（kN）；

r ——试件直径（50mm）；

T ——拉拔强度比，%；

R_1 ——浸水拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；

R_2 ——未浸水拉拔强度，单位为兆帕（MPa）。

B.7 报告

B.7.1 试验有效试件不得少于 3 个，取其平均值作为试验结果。当测定值中的某个数据与平均值之差大于标准差的 k 倍时，该数据舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试件数目为 3、4、5、6 时， k 值分别为 1.15、1.46、1.67、1.82。

B.7.2 试验结果均标注试件尺寸、试验温度、加载速率。

附录 C 花岗岩沥青混合料拌制方法

C.1 目的与适用范围

C.1.1 该方法适用于花岗岩沥青混合料的拌制，以供成型花岗岩沥青混合料试件。

C.2 仪器与拌和条件要求

C.2.1 试验仪器。

- (1) 烘箱：大、中型各 1 台，应有温度调节器。
- (2) 天平或电子天平：用于称沥青的，感量不大于 0.1g；用于称量矿料的，感量不大于 0.5g
- (3) 实验室用沥青混合料拌和机：能保证拌和温度并充分拌和均匀，可控制拌和时间。搅拌叶自转速度 70~80r/min，公转速度 40 r/min~50r/min。
- (4) 其他：拌和铲、毛刷、搪瓷盘、金属盘等

C.2.2 确定花岗岩沥青混合料沥青加热温度、集料加热温度、拌和温度与压实温度。

C.2.2.1 花岗岩沥青混合料拌和过程中温度控制应符合表 C.1 中的技术要求。

表C.1 温度控制技术要求

单位为℃

项目	石油沥青	SBS 类改性沥青
矿料加热温度	170~190	190~220
沥青加热温度	155~160	160~165
拌和温度	150~170	170~185
成型温度	150~160	165~175

C.3 拌制步骤

- (1) 将各种规格的矿料置 105℃±5℃的烘箱中烘干至恒重（一般不少于 4h）
- (2) 将烘干分级的粗、细集料，按设计及配要求称其质量，填料单独放入小盆里；然后置烘箱中加热至要求温度备用。
- (3) 提前预热沥青混合料拌和机，加热至要求温度。
- (4) 取沥青试样用烘箱加热至规定温度。
- (5) 先将加热到要求的集料、岩沥青改性剂和纤维（若配合比设计中有）在沥青混合料拌和机干拌 15s。
- (6) 加入需要数量的沥青拌和 90s。
- (7) 加入填料，拌和 90s。

经上述步骤，即可完成花岗岩沥青混合料的拌制。

《花岗岩沥青混合料设计与施工规程》 团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据《关于发布第一批山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会〔2023〕6号）《花岗岩沥青混合料设计与施工规程》纳入2023年度山东公路学会团体标准编制计划（第18项）。

本标准由山东公路学会提出并组织实施，由山东公路学会归口。

（二）制定背景

1.主要起草单位

山东高速建设管理集团有限公司、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。

2.主要起草人

侯福金、魏小康、马亚、许成虎、李岩、胡东明、李娜、刘正飞、李骏、贾元法、王汝瑞、高国华、周海防、范金成、史福泉、韩凌。

3.任务分工

山东高速建设管理集团有限公司主要负责标准的立项需求调研、标准编制进度把关、协助征集相关方意见等事项。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主要负责标准文本及编制说明的起草修改完善、征求意见的汇总、归纳和处理。其中：侯福金担任标准起草组组长，全面组织、协调标准的编制工作。魏小康、马亚、许成虎、李岩对标准技术内容以及与公共机构相关标准总协调进行把关。胡东明、李娜、刘正飞、李骏、贾元法、王汝

瑞、高国华、周海防、范金成负责标准起草编写、对各相关方的意见和建议进行总结、归纳和处理，以及标准编制进度把控。韩凌负责标准制定过程中的试验及数据采集，史福泉负责组织召开标准研讨会。

（三）起草过程

1.前期准备

2018年8月，依托山东省交通科技项目《胶东地区花岗岩应用于高速公路沥青路面成套技术研究》课题提出的花岗岩沥青路面，应用花岗岩代替石灰岩与玄武岩用作沥青路面筑路材料，铺筑花岗岩沥青路面2km，通车运营近4年，经检测路面各项指标评价等级均为优秀，经受住了胶东地区夏季高温多雨、冬季低温多雪气候的验证，证明该花岗岩沥青路面设计方法是可行的。2022年12月，由编制单位向山东公路学会提出申请的《花岗岩沥青混合料设计与施工规程》标准获得山东公路学会批准立项。起草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.起草标准

2022年12月起，起草组基于胶东地区花岗岩沥青路面成套技术研究与应用的实际工作，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2023年7月完成初稿。

2023年12月19日，山东公路学会在济南组织召开了《花岗岩沥青混合料设计与施工规程》（初稿）团标标准专家审查会。来自山东大学、山东交通学院、山东建筑大学、山东高速集团创新研究院、

山东省交通规划设计院集团有限公司单位共 5 名专家组成了审查委员会。审查会委员会听取了起草组关于标准编制的情况汇报，对标准内容逐条进行了审查，起草组根据反馈意见对标准进行了进一步的修改和完善。

二、编制原则、主要内容及其确定依据

（一）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。

(二) 主要技术内容确定依据

本草案主要技术内容的主要依据为《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011)、《公路工程集料试验规程》(JTGE42-2005)、《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80/1-2017)、《沥青路面用纤维》(JT533-2020)、《沥青混合料改性添加剂》(JT/T860.5-2014)的第4部分：抗剥落剂与《岩沥青路用技术要求》(DB37T2536-2014)的有关规定，结合课题研究内容与试验路的结果而确定。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

(一) 试验验证的分析、综述报告

本规程规定了花岗岩沥青混合料的术语和定义、材料要求、混合料设计、试验评价方法、施工、质量控制。具体的技术内容及依据说明如下：

1. 范围

本文件规定了花岗岩沥青混合料的术语和定义、原材料、混合料设计、生产与施工、质量控制的要求。

本文件适用于各等级公路及城市道路的新建、改扩建及养护工程。

花岗岩沥青混合料的应用，除应符合本文件规定外，尚应符合国家其他的标准规范规定。

2.规范性引用文件

本章给出本标准涉及的 6 本规范性文件。

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

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

JT/T 860.5 沥青混合料改性添加剂 第 4 部分：抗剥落剂

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

DB37/T 2536 岩沥青路用技术要求

3.术语和定义

本部分给出了花岗岩粗集料、花岗岩细集料、岩沥青改性剂、花岗岩沥青混合料、普通花岗岩沥青混合料、改性沥青花岗岩混合料的术语和定义。

4.材料要求

4.1 本部分规定了原材料的一般规定。

4.2 沥青

4.2.1 本部分依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定了 70 号 A 级道路石油沥青和 SBS (I-D) 改性沥青的技术要求。

4.3 抗剥落剂

4.3.1 本部分依据《沥青混合料改性添加剂 第4部分：抗剥落剂》（JT/T 860.5）规定了抗剥落剂的技术要求，并增添了老化后沥青与集料间的拉拔强度比，拉拔强度比试验参照附录B。

4.3.2 规定其他抗剥落措施材料的技术要求符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG/T F20）中的规定。

4.4 岩沥青改性剂

本部分依据《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）和《岩沥青路用技术要求》（DB37/T 2536）规定了岩沥青改性剂和岩沥青的技术要求，岩沥青改性剂是由岩沥青和其他助剂混合生产而成，岩沥青改性剂和岩沥青应满足表1和表2技术要求。

表1 岩沥青改性剂技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
颜色	-	黑色	目测
外观	-	颗粒状、均匀	目测
密度	g/cm ³	-	JTG E20 T0603
含水率	%	≤2	JTG E20 T0612
软化点	°C	160~180	JTG E20 T0606
干拌分散性	-	无颗粒残留	附录A

表2 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）	°C	≥190	JTG E20 T0606
针入度（25°C）	0.1mm	0~5	JTG E20 T0604
灰分	%	≤10	JTG E20 T0614
闪点	°C	≥260	JTG E20 T0611

表2 岩沥青技术要求（续）

检验项目	单位	技术要求	试验方法
密度（25°C）	g/cm ³	1.10~1.20	JTG E20 T0603
含水率	%	≤2	JTG E20 T0612

4.5 粗集料

依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定了花岗岩粗集料的技术要求,同时,对省内各地区的花岗岩进行了检测,综合各地区的花岗岩的物理性能,设定了花岗岩的压碎值。山东部分地区花岗岩压碎值见表3,根据试验结果规定用作上面层的压碎值不大于20%,用作中、下面层的石料压碎值不大于22%,与现行规范相比,压碎值指标提高(JTG F40中上面层26%,其他层位28%),主要考虑到花岗岩的岩性特性,在混合料碾压过程中,花岗岩集料易碎,造成花岗岩集料裸露,影响路面的抗水损害性能。

表3 山东部分地区花岗岩压碎值

料源取样地点	压碎值/%
招远	19.8
乳山	18.7
青岛	26.8
日照	28.6
淄博	27.5

4.6 其他材料

4.6.1 依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定了细集料、填料的技术要求。

4.6.2 依据《沥青路面用纤维》(JT/T 533)规定了纤维的技术要求。

5 花岗岩沥青混合料设计

5.1 一般规定

本部分主要规定了花岗岩沥青混合料的配合比设计步骤、矿料级配范围、填料的掺量。

5.2 配合比设计

5.2.1 花岗岩沥青混合料级配依据规范 JTG F40 中对应类型沥青混合料级配要求进行级配设计，首先在规范规定条件下成型马歇尔试件，根据马歇尔试件孔隙率指标确定混合料的级配和最佳沥青用量。

5.2.2 抗剥落剂的掺量根据试验结果确定。

5.2.3 花岗岩沥青混合料中岩沥青改性剂掺量应按照公路等级、气候条件、交通条件、路面类型等，结合当地工程经验及经济性等因素综合确定，由试验数据（表 4）得出，一般掺量为 0.3%~0.6%。

表4 不同岩沥青改性剂掺量花岗岩沥青混合料试验结果

岩沥青改性剂掺量/%	技术指标	单位	混合料类型		
			AC-20-70#	AC-20-SBS	SMA-13-SBS
0.2	浸水马歇尔试验残留稳定度比	%	78	84	78
	冻融劈裂试验残留强度比	%	73	80	81
	动稳定度	次/mm	1673	5155	5565
	低温弯曲试验破坏应变	$\mu\epsilon$	2389	2807	2718
0.4	浸水马歇尔试验残留稳定度比	%	84	86	88
	冻融劈裂试验残留强度比	%	80	83	87
	动稳定度	次/mm	1869	5372	6271
	低温弯曲试验破坏应变	$\mu\epsilon$	2307	2735	2684

表4 不同岩沥青改性剂掺量花岗岩沥青混合料试验结果（续）

岩沥青改性剂掺量/%	技术指标	单位	混合料类型		
			AC-20-70#	AC-20-SBS	SMA-13-SBS
0.6	浸水马歇尔试验残留稳定度比	%	86	89	90
	冻融劈裂试验残留强度比	%	83	87	90
	动稳定度	次/mm	2347	5573	6472
	低温弯曲试验破坏应变	$\mu\epsilon$	2174	2654	2548

0.8	浸水马歇尔试验残留稳定度比	%	89	91	91
	冻融劈裂试验残留强度比	%	85	89	90
	动稳定度	次/mm	2668	5817	7254
	低温弯曲试验破坏应变	$\mu\epsilon$	1674	2421	2374

5.2.4 对非改性的普通花岗岩沥青混合料，最大理论相对密度采用实测法，对改性沥青或 SMA 花岗岩混合料，最大理论相对密度采用计算法。

5.2.5 岩沥青改性剂中含有一定量的灰分，特将岩沥青改性剂中的灰分视作填料计算，因此矿料级配中填料实际用量需要减去硬沥青中的灰分，按公式 1 计算。

$$m_a = m_b - m_c \times P_a \times P \dots \dots \dots (1)$$

式中：

m_a —填料实际用量，单位为克（g）；

m_b —混合料设计填料用量，单位为克（g）；

m_c —预拌混合料质量，单位为克（g）；

P_a —硬沥青掺量，%

P —硬沥青灰分含量，%。

5.2.6 岩沥青改性剂中灰分视作矿料的一部分，因此在计算矿料合成毛体积相对密度时应考虑岩沥青改性剂灰分的影响，按式（2）计算矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 。

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

式中：

P_1 、 P_2 、...、 P_n ——各种矿料成分的配合比；

P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的配合比；

$\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$ ——各种矿料相应的毛体积相对密度。

γ_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的毛体积相对密度。

5.2.7 计算矿料合成表观相对密度时也应考虑岩沥青改性剂灰分的影响，按式（3）计算矿料的合成表观相对密度 γ_{sb} 。

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

式中：

P_1, P_2, \dots, P_n ——各种矿料成分的配合比；

P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分的配合比；

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

γ_{yh} ——岩沥青改性剂灰分按试验规程方法测定的表观相对密度。

5.2.8 并按照《公路沥青路面施工技术规范》（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} 。

5.2.9 在采用计算法计算混合料最大理论相对密度时，岩沥青改性剂中沥青部分按照外加剂方式进行计算，因此需要得出岩沥青改性剂中沥青的相对密度，岩沥青改性剂中沥青的相对密度按照公式（4）计算。

$$\gamma_{yl} = \frac{P_{yl}}{\frac{100}{\gamma_l} - \frac{P_{yl}}{\gamma_{y\delta}}} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

γ_{yl} ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲；

γ_t ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲；

γ_{yt} ——岩沥青改性剂中灰分的表观相对密度，无量纲；

P_{yt} ——岩沥青改性剂中沥青含量，%；

P_{yh} ——岩沥青改性剂灰分，%。

5.2.10 计算沥青混合料最大理论相对密度。密级配沥青混合料与 SMA 沥青混合料计算方式在纤维添加方面存在差异，因此计算方式也存在不同。

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

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

式中：

γ_t ——混合料最大理论相对密度；

P_a ——沥青混合料油石比，%；

P_{yt} ——岩沥青改性剂中沥青用量，以矿料质量的百分数计，%

γ_{se} ——矿料的有效相对密度；

γ_b ——沥青的相对密度 (25℃/25℃)，无量纲。

γ_{yt} ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，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 。

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

式中：

γ_t ——混合料最大理论相对密度；

P_a ——沥青混合料油石比，%；

P_X ——纤维用量，以矿料质量的百分数计，%

P_{yl} ——岩沥青改性剂中沥青用量，以矿料质量的百分数计，%

γ_{se} ——矿料的有效相对密度；

γ_b ——沥青的相对密度，无量纲。

γ_{yl} ——岩沥青改性剂中沥青的相对密度，无量纲；

5.2.11 混合料试件各项体积指标孔隙率VV、集料间隙率VMA、沥青饱和度VFA按照JTG F40 公路沥青路面施工技术规范附录B的方法计算。

5.2.12 花岗岩沥青混合料的拌和因需添加岩沥青改性剂，建议拌和、成型试件流程为：拌制花岗岩混合料时，将岩沥青改性剂和集料（纤维）拌合均匀，然后依次加入掺有抗剥落剂的沥青（改性沥青）、填料。混合料拌制完毕后放入达到摊铺时温度的烘箱中2h。模拟混合料的运输过程，同时验证添加抗剥落剂后混合料的耐老化性能。

花岗岩密级配（AC）沥青混合料配合比设计技术要求应符合表5的规定。与现行规范相比，花岗岩沥青混合料的空隙率要求在2-4%，在实际施工过程中，现场碾压的压实度达到98%以上，现场沥青路面的实际空隙在4-6%，这样可以防止水渗入沥青路面，保证沥青路面的抗水损害能力。

5.2.13 根据《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）规定花岗

岩 SMA 沥青混合料技术要求。

5.3 性能检测及技术要求

5.3.1 花岗岩沥青混合料应在配合比设计的基础上进行各种路用性能检测，密级配 AC 及 SMA 沥青混合料技术指标应符合表 7 的规定。否则，应更换材料或重新进行配合比设计。与现行规范相比，普通沥青混合料的动稳定度要求值不低于 2000 次/mm，改性沥青混合料的动稳定度要求值不低于 5000 次/mm。其次，在水稳定性方面，对表征 SMA 沥青混合料水稳定性的浸水马歇尔试验残留强度比和冻融劈裂试验残留强度比的最低值比规范要求提高 5%。沥青混合料在添加岩沥青改性剂后，能对混合料的动稳定度进一步提高，因此，将动稳定度值提高。以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例，采用招远和乳山的花岗岩作为集料，添加岩沥青改性剂，AC-20 掺量为 0.6%，SMA-13 掺量 0.4%，抗剥落剂掺量为沥青的 1%，室内试验结果如表 4 所示：

表4 花岗岩沥青混合料试验结果

集料地点	混合料类型	浸水马歇尔试验残留稳定度比/%	冻融劈裂试验残留强度比/%	动稳定度/(次/mm)
招远	AC-20-70#	86	82	2210
	AC-20-SBS	89	86	5450
	SMA-13-SBS	90	88	5930
乳山	AC-20-70#	87	84	2610
	AC-20-SBS	90	88	5760
	SMA-13-SBS	92	89	6430

5.3.2 花岗岩沥青混合料的长期耐久性采用汉堡车辙试验进行验证。相比于现行标准，增添了花岗岩沥青混合料的长期耐久性试验方法与技术要求。采用汉堡车辙试验评价混合料的耐久性，高温浸水与循环荷载多重耦合作用下，判定花岗岩沥青混合料的耐久性。一是对混合料出现剥落拐点的碾压次数提出要求，二是对其最大碾压次数和碾压深度进行限定。同样的，以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例，采用招远和乳山的花岗岩作为集料，添加岩沥青改性剂，AC-20 掺量为 0.6%，SMA-13 掺量 0.4%，抗剥落剂掺量为沥青的 1%，采用旋转压实，成型汉堡车辙试件，空隙率在 4%—6%，室内试验结果见表 5：

表5 花岗岩沥青混合料汉堡车辙试验结果

集料地点	混合料类型	试验温度/°C	剥落点	最大车辙深度/mm
招远	AC-20-70#	50	大于 10000	10.8
	AC-20-SBS	60	大于 10000	8.6
	SMA-13-SBS	60	大于 10000	7.9

表5 花岗岩沥青混合料汉堡车辙试验结果（续）

集料地点	混合料类型	试验温度/°C	剥落点	最大车辙深度/mm
乳山	AC-20-70#	50	大于 10000	10.3
	AC-20-SBS	60	大于 10000	8.4
	SMA-13-SBS	60	大于 10000	8.2

6 生产与施工

6.1 一般规定

6.1.1 根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 规定花岗岩沥青混合料生产和施工设备与普通热拌沥青混合料相同。

6.1.2 根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定正式开工前,应铺筑试验路段,进行花岗岩沥青混合料的试拌、试铺和试压试验,确定施工参数。

6.1.3 根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)和本文件规定的花岗岩沥青混合料施工温度,确定花岗岩沥青混合料施工期内日最低气温应高于 15°C ,且不应在雨天施工。

6.2 花岗岩沥青混合料生产

6.2.1 根据 JTG F40 中混合料的拌和规定,确定花岗岩沥青混合料的生产工艺流程,如图 2 所示。

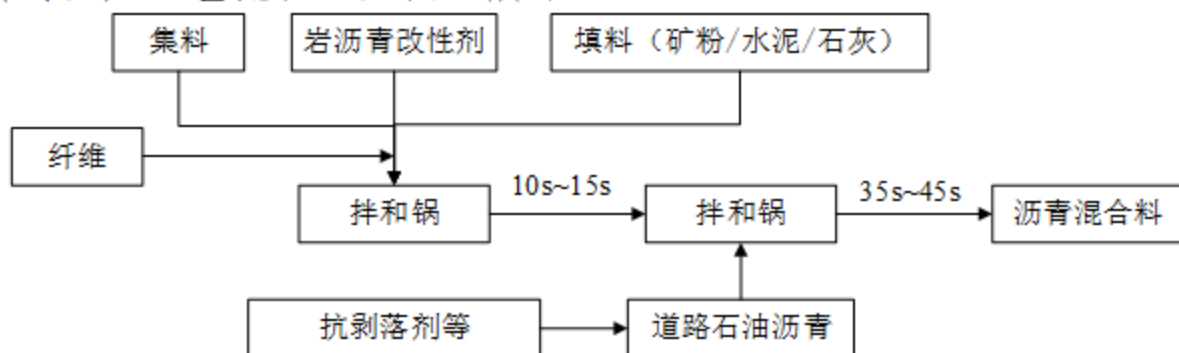


图 2 花岗岩沥青混合料生产工艺流程图

6.2.2 省内拌和站基本上均采用间歇式拌和机械,因此本文件建议生产时宜采用间歇式拌合机械拌制。

6.2.3 花岗岩沥青混合料拌和过程中岩沥青改性剂的添加方式可根据实际工程量选择,若工程量较小,采用人工投放的方式,若工程量较大,宜采用专用配套设备自动添加的方式。

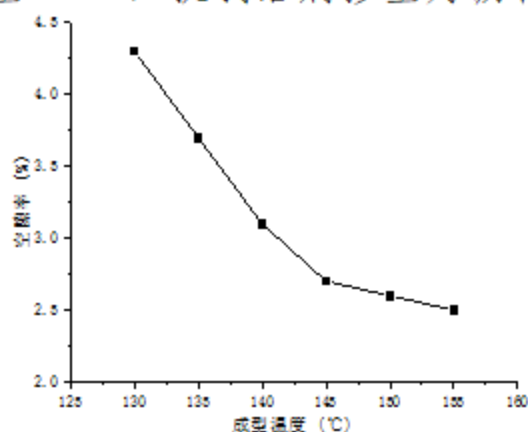
6.2.4 花岗岩沥青混合料的拌和温度因岩沥青改性剂添加量不同,施工时温度有所变化,宜根据室内试验结果确定,可参考表 6 中规定温度确定施工温度。

表6 花岗岩沥青混合料的施工温度范围

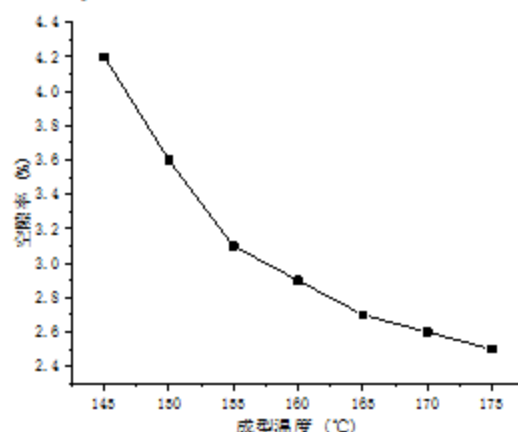
单位为 $^{\circ}\text{C}$

施工工序		普通沥青混合料	SBS 改性沥青混合料
沥青加热温度		160~165	160~165
集料加热温度		集料加热温度比沥青温度高 10~30	
出料温度		150~170	170~185
贮存温度		贮料过程中温度降低不超过 10	
混合料废弃温度, 高于		195	195
运输到场温度, 不低于		150	165
摊铺温度, 不低于	正常施工	140	160
	低温施工	155	
开始碾压的混合料内部温度, 不低于	正常施工	135	150
	低温施工	150	
碾压终了的表面温度, 不低于	正常施工	75	90
	低温施工	85	
开放交通的路表温度, 不高于		50	50

以 AC-20 混合料和 SMA-13 混合料为例, 采用招远和乳山的花岗岩作为集料, 添加岩沥青改性剂, AC-20 掺量为 0.6%, SMA-13 掺量 0.4%, 抗剥落剂掺量为沥青的 1%。



(a) 普通沥青



(b) 改性沥青

图 3 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3）发现，混合料采用道路石油沥青时，提高沥青混合料出料和施工温度 5°C ，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。

6.3 花岗岩沥青混合料运输

花岗岩沥青混合料的运输按照 JTGF40 中相关要求执行。

6.4 花岗岩沥青混合料摊铺

依据 JTGF40 公路沥青路面施工技术规范中相关规定设定花岗岩沥青混合料摊铺工艺。

6.5 花岗岩沥青混合料碾压

依据 JTGF40 公路沥青路面施工技术规范中相关规定设定花岗岩沥青混合料碾压工艺。

本文件提出建议碾压工艺，压实工艺为：采用双钢轮压路机初压，胶轮压路机或双钢轮压路机随后复压，复压过程适当增加压路机的碾压次数，双钢轮压路机终压收光，采用小型振动压路机碾压路缘石或边角位置。

6.6 接缝处理及开放交通

接缝处理及开放交通严格按照 JTGF40 中相关要求执行。

7 施工质量管理与检查验收

7.1 花岗岩沥青混合料路面施工质量管理与验证，按照 JTGF40 公路沥青路面施工技术规范对热拌沥青混合料的相关规定执行。

7.2 生产验证和试验段铺筑后，应于实体路面钻芯取样，对芯样进行性能评价。

（二）技术经济论证

本标准制定了花岗岩沥青混合料的设计与施工方法，用花岗岩集料代替传统施工工艺的石灰岩和玄武岩，从混合料的材料和设计两个方面解决因花岗岩集料与沥青粘附性差导致的混合料水稳定性差的问题，通过试验结果证明，按照本规程的方法进行设计、施工的花岗岩沥青混合料水稳定性能够满足规范技术要求，打破酸性集料不能应用于沥青混合料的壁垒。此外，花岗岩母材成本更低，生产出的花岗岩集料价格较石灰岩集料和玄武岩集料优势明显，能够大幅度降低工程施工成本，同时也缓解石灰岩集料和玄武岩集料短缺与工程需求大的矛盾，增大工程在集料方面的可选范围。

（三）预期的经济效益、社会效益和生态效益

（1）经济效益

经调研，花岗岩成品价格在 80-100 元/吨，按照 100 元/吨价格计算，石灰岩集料到场价格大概 120 元/吨，玄武岩集料到场价格为 220 元/吨，按照高速公路双向 6 车道路面结构层 4cm(SMA-13)+6cm(AC-20)+8cm(AC-25) 计算，结构层全部使用花岗岩集料和石粉，每公里路面大概需要使用 1300 吨玄武岩和 4800 吨石灰岩，因此，在集料方面每公里路面可以节省 25.2 万元，全面推广后可为工程节约大量的成本。

（2）社会效益

花岗岩的利用可以带动当地集料生产、加工产业发展，形成加工、销售、运输产业链，增加当地人员就业，对改善民生、推动经济发展、促进社会和谐进步具有重要的社会效益。

（3）生态效益

花岗岩因其与沥青粘附性原因难以应用到道路面层中，传统的

解决方式大多采用回填、堆放或其他低附加值方式，浪费不可再生资源。如若解决花岗岩粘附性问题，将其应用到路面结构层，不仅解决尾矿的处理问题，还缓解工程集料原材短缺与工程需求急剧增加的矛盾，同时，使用花岗岩代替玄武岩和石灰岩，减少不可再生资源的开采，降低环境污染、保证矿山安全生产、实现资源高价值利用具有重要的作用，具有重要的环境效益。

四、与国家标准、行业标准、地方标准同类标准技术内容的对比情况

（一）与国家标准的关系

没有与本标准密切相关的推荐性国家标准和强制性国家标准。

（二）与行业标准的关系

与本标准密切相关的行标有《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）、《公路工程集料试验规程》（JTG E42）、沥青混合料改性添加剂（JT/T 860.5）。

（三）与地方标准的关系

没有与本标准密切相关的地方标准。

五、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

（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）、《山东省交通运输厅关于印发山东省交通运输科技创新“十四五”发展规划的通知》（鲁交发〔2021〕9号）、《山东省交通运输厅关于印发山东省交通运输节能

环保“十四五”发展规划的通知》（鲁交发〔2021〕8号）等。本标准符合上述法律及政策文件的要求。

（二）与国际标准的关系

没有与本标准密切相关的国际标准。

（三）与国家标准的关系

没有与本标准密切相关的推荐性国家标准和强制性国家标准。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准无重大分歧意见。

七、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利内容。

八、其他应当说明的事项

无