



T/CECS G XXXX: 2019

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料
应用技术规程

Technical specification for application of high modulus asphalt mixture modified by
direct-injection polymer modifier

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料 应用技术规程

Technical specification for application of high modulus asphalt mixture modified by
direct-injection polymer modifier

T/CECS G: XXXX-2019

主编单位：广东华路交通科技有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2019 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2017 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路[2017] 71 号）要求，由广东华路交通科技有限公司承担《道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料应用技术规程》（以下简称本规程）的制定工作。

编写组在全面总结国内外近年来道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料工程经验和科技成果的基础上，对道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料应用情况进行了广泛调研，充分吸收了国内外相关标准规范的先进技术方法和建设经验，并广泛征集了行业内外的意见和建议，完成了本规程的编写工作。

本规程分为 7 章，主要内容包括：总则、术语和符号、一般规定、材料、配合比设计、施工、施工质量管理与检查验收。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由广东华路交通科技有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或范倩（地址：广州市白云区丛云路 399 号；邮编：510420；传真：020-86330731；电子邮箱：daoluyjs@163.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：广东华路交通科技有限公司

参 编 单 位：广东合众路桥科技股份有限公司

广东银禧科技股份有限公司

中咨公路养护检测技术有限公司

苏交科集团股份有限公司

广东华南路桥实业有限公司

大连经济技术开发区规划建筑设计院

主 编：许新权

主要参编人员：吴传海 吕梅梅 李善强 傅 轶 舒李健 方 杨

李国福 侯 芸 郑怀宇 周 勇 伍 宇 董元帅

彭志宏 李 浩 严 超 康军沛 范 倩 王志祥

主 审：刘怡林

参与审查人员：李春风 郑南翔 王端宜 李连生 路凯冀 刘 宇

征求意见稿

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 一般规定	4
4 材料	6
4.1 聚合物改性剂	6
4.2 沥青结合料	6
4.3 粗集料	9
4.4 细集料	10
4.5 填料	11
5 配合比设计	13
5.1 设计原则	13
5.2 设计标准	13
5.3 配合比设计	15
6 施工	18
6.1 施工准备	18
6.2 混合料的拌制	19
6.3 混合料的运输	20
6.4 混合料的摊铺	20
6.5 混合料的压实及成型	21
6.6 接缝及开放交通	23
7 施工质量管理及检查验收	24
7.1 施工前的材料与设备检查	24
7.2 施工过程中质量管理与检查	24
7.3 交工验收检查项目及质量标准	27

1 总则

1.0.1 为规范道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料的应用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改扩建、养护工程沥青路面工程，城镇道路可参照使用。

1.0.3 直投式聚合物改性高模量沥青路面不得在气温低于 10℃，以及雨天、下承层潮湿的情况下施工。

1.0.4 直投式聚合物改性高模量沥青路面施工应有良好的劳动保护，确保安全。沥青拌和厂应具备防火设施，配制和使用高模量改性剂和液体石油沥青的全过程严禁烟火。

1.0.5 直投式聚合物改性高模量沥青混合料应用技术除符合本规程外，尚应符合国家、行业颁布的现行有关标准、规范的规定。

规范性引用文件：

GB/T 1033 塑料密度与相对密度试验方法

GB/T 3682 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定

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 F40 公路沥青路面施工技术规范

JT/T 860.1 沥青混合料改性添加剂

GB/T3614 道路用高模量抗疲劳沥青混合料

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 直投式 Direct-injection

采用可精确计量的机械投放方式,在已加入一定级配集料的拌缸中直接投放改性材料并拌和均匀,再加入沥青、矿粉等拌和的工艺技术。

2.1.2 聚合物改性剂 Polymer Modifier

以一种或多种聚合物、纤维为原料,经适当的工艺加工处理后,可通过拌和熔融或分散在沥青中以改善或提高沥青性能的高分子化合物。

2.1.3 高模量沥青混合料 High Modulus Asphalt Mixture

经过适宜的高模量技术或材料改性后,45℃、10Hz 条件下的动态模量可达到 3000Mpa 及以上的沥青混合料。

2.1.4 直投式聚合物改性高模量沥青混合料 High Modulus Asphalt Mixture Modified by Direct-injection Polymer Modifier

采用直投式方法将聚合物改性剂拌和分散到沥青混合料中,得到的性能达到一定技术指标要求的高模量沥青混合料。

2.1.5 熔融指数 Melt Flow Index

在 190℃和 2.16kg 负荷下,聚合物改性剂熔体在 10min 内通过标准毛细血管的质量值,单位为 g/10min。

2.2 符号

本规范各种符号、代号以及意义详见表 2.2。

表 2.2 符合及代号

编 号	符号或代号	意义
2.2.1	HM	高模量沥青混合料
2.2.2	TFOT	薄膜加热试验
2.2.3	RTFOT	旋转薄膜加热试验
2.2.4	MS	马歇尔稳定度
2.2.5	FL	马歇尔试验的流值
2.2.6	VV	压实沥青混合料的空隙率, 即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, Volum of Air Voids 之略语
2.2.7	VMA	压实沥青混合料的矿料间隙率, 即试件全部矿料部分以外的体积占试件总体积的百分率, Voids in Mineral Aggregates 之略语
2.2.8	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 之略语
2.2.9	Superpave	高性能沥青路面, Superior Performing Asphalt Pavement 的缩写
2.2.10	PSV	集料磨光值

3 一般规定

3.0.1 聚合物改性剂分为 SBS 类（Ⅰ类）、SBR 类（Ⅱ类）、PE 类（Ⅲ类）、EVA 类（Ⅲ类）以及两种或两种以上的合成。

3.0.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料适用于各种沥青路面的上、中、下面层，特别适用于大型货车及大客车日均单车道交通量 ≥ 1500 辆的重载交通路段、大纵坡路段及年极端最低气温 $> -10^{\circ}\text{C}$ 的非冬严寒地区。推荐的适用条件见表 3.0.2。

表 3.0.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的适用条件

适用条件		路面结构		
		上面层	中面层	下面层
交通量	日均单车道交通量 ≥ 2000 辆	宜	宜	可
	日均单车道交通量 < 2000 辆	可	可	可
交通荷载	大货车及大客车日均单车道交通量 ≥ 1500 辆	宜	宜	可
	中型以上各种货车及大客车日均单车道交通量 < 1500 辆	可	可	可
气候	年极端最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	可	可	可
	年极端最低气温 $> -10^{\circ}\text{C}$	宜	宜	可
大纵坡路段	纵坡大于 3%	宜	宜	可

3.0.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的各项性能应符合表 3.0.3 的技术要求。

表3.0.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的关键技术指标

检验项目		单位	技术指标	试验方法
动态模量 45℃, 10Hz	不小于	MPa	3000	T 0738
车辙试验动稳定度 60℃, 0.7MPa	不小于	次/mm	6000	T 0719
车辙试验动稳定度 70℃, 0.7MPa	不小于	次/mm	3000	T 0719
低温弯曲破坏应变	不小于	με	2500	T 0715
疲劳寿命 15℃, 10Hz, 230με	不小于	万次	100	T 0739
水稳定性: 浸水马歇尔残留稳定度	不小于	%	85	T 0709
冻融劈裂试验残留强度比	不小于	%	85	T 0729
混合料加速老化后: 浸水马歇尔残留稳定度	不小于	%	75	T 0734
冻融劈裂试验残留强度比	不小于	%	75	

条文说明

动态模量是高模量沥青混合料的关键指标之一。采用高模量沥青混合料主要目的之一是提高沥青混合料高温条件下的变形协调能力。随着沥青路面温度的提高, 沥青混合料的模量降低, 沥青面层内的剪应变和压应力均相应提高。研究表明: 高温条件下沥青混合料的模量提高可减少沥青层内 50-60%的剪应变和压应变, 抑制沥青层内变形, 提高沥青路面的抗车辙能力。参考《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》(GB/T 36143)、《沥青混合料改性添加剂 第1部分: 抗车辙剂》(JT/T 860.1) 等标准的规定, 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的动态模量(45℃, 10Hz) 不小于 4000MPa; 车辙试验动稳定度(70℃, 0.7MPa) 不小于 3000 次/mm。另外, 从高模量沥青混合料的成功应用经验及其他性能保证方面, 制定了沥青混合料水稳定性能、低温性能、抗疲劳性能及耐老化性能的相关指标及标准, 以保证道路直投式聚合物改性高模量沥青混合料的路用性能。

4 材料

4.1 聚合物改性剂

4.1.1 聚合物改性剂宜采用与沥青相容性好的材料制备，且应不含对人体有害物质、无异常刺激性气味。其各项性能应符合表 4.1.3 的技术要求。

表4.1.1 聚合物改性剂的技术要求

指 标	单 位	技术要求		试验方法
外观	—	颗粒均匀、无结块		目测
熔点	℃	≤140		GB/T 19466.3
熔融指数	g/10min	≥1.0		GB/T 3682
低温断裂伸长率 (-40℃/4H)	年极端最低气温 (℃) 及气候分区	≤-10	> -10	GB/T 1040.1/2
		冬严寒区	非冬严寒区	
	%	≥300	≥150	
热老化后低温断 裂伸长率残留比	%	≥75	≥85	GB/T 7141

4.1.2 直投式聚合物改性剂的添加量以聚合物改性剂与沥青混合料总质量的百分比计算，聚合物改性剂的添加量范围为 0.1~0.6%，必要时可适当增加用量。

4.2 沥青结合料

4.2.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的沥青结合料宜采用 A 级 70 号、90 号道路石油沥青，对模量要求极高的情况下可采用 SBS 改性沥青。

4.2.2 石油沥青的质量应符合表 4.2.2 规定的技术要求。

表4.2.2 石油沥青的技术要求

指标	单位	70 号	90 号	试验方法
适用气候		非冬严寒区	冬严寒区	
针入度 (25℃, 5s, 100g)	0.1mm	60~80	80~100	T 0604
针入度指数 PI	—	-1.5~+1.0	-1.5~+1.0	T 0604
软化点 (R&B) 不小于	℃	45	44	T 0606
60℃动力粘度 不小于	Pas	160	140	T 0620
15℃延度 不小于	cm	100	100	T 0605
10℃延度 不小于	cm	25	30	
蜡含量 (蒸馏法) 不大于	%	2.2	2.2	T 0615
闪点 不小于	℃	260	245	T 0611
溶解度 不小于	%	99.5	99.5	T 0607
密度 (15℃)	g/cm ³	实测记录	实测记录	T 0603
TFOT (或 RTFOT) 后				
质量变化 不大于	%	±0.8	±0.8	T 0610 或 T 0609
残留针入度比 不小于	%	61	57	T 0604
残留延度 (10℃) 不小于	cm	6	8	T 0605
残留延度 (15℃) 不小于	cm	15	20	

注：老化试验以 TFOT 为准，也可以 RTFOT 代替。

条文说明

石油沥青技术指标采用《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中 A 级 70 号与 90 号沥青的最低要求。

4.2.3 采用聚合物改性沥青时，各类聚合物改性沥青的质量应符合表 4.2.3 的技术要求，当使用列表以外的聚合物及复合改性沥青时，需通过试验验证制定相应的技术要求。

表 4.2.3 聚合物改性沥青技术要求

指标	单位	SBS 类（Ⅰ类）				SBR 类（Ⅱ类）			EVA、PE 类（Ⅲ类）				试验方法
		Ⅰ-A	Ⅰ-B	Ⅰ-C	Ⅰ-D	Ⅱ-A	Ⅱ-B	Ⅱ-C	Ⅲ-A	Ⅲ-B	Ⅲ-C	Ⅲ-D	
针入度 25℃，100g，5s	0.1mm	>100	80~100	60~80	40~60	>100	80~100	60~80	>80	60~80	40~60	30~40	T0604
针入度指数 PI，不小于	—	-1.2	-0.8	-0.4	0	-1.0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	T0604
延度 5℃，5cm/min，不小于		50	40	30	20	60	50	40	—				T0605
软化点 T _{R&B} ，不小于	℃	45	50	55	60	45	48	50	48	52	56	60	T0605
运动粘度 ^[1] 135℃，不大于	Pa.s	3											T0625 T0619
闪点，不小于	℃	230				230			230				T0611
溶解度，不小于	%	99				99			—				T0607
弹性恢复 25℃，不小于	%	55	60	65	75	—			—				T0662
粘韧性，不小于	N.m	—				5			—				T0624
韧性，不小于	N.m	—				2.5			—				T0624
贮存稳定性 ^[2] 离析， 48h 软化点差，不大于	℃	2.5				—			无改性剂明显析出、凝聚				T0661
TFOT（或 RTFOT）后残留物													
质量变化，不大于	%	±1.0											T0610 或 T0609
针入度比 25℃，不小于	%	50	55	60	65	50	55	60	50	55	58	60	T0604
延度 5℃，不小于	cm	30	25	20	15	30	20	10	—				T0605

注: 1.表中 135℃运动粘度可采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)中的“沥青旋转粘度试验方法(布洛克菲尔德黏度计法)”进行测定。若在不改变改性沥青物理力学性质并符合安全条件的温度下易于泵送和拌和,或经证明适当提高泵送和拌和温度时能保证改性沥青的质量,容易施工,可不要求测定。

2.贮存稳定性指标适用于工厂生产的成品改性沥青。现场制作的改性沥青对贮存稳定性指标可不作要求,但必须在制作后,保持不间断的搅拌或泵送循环,保证使用前没有明显的离析。

条文说明

聚合物改性沥青的性能指标参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定,试验方法均采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)中的有关规定。

4.3 粗集料

4.3.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料用粗集料包括碎石、破碎砾石。粗集料必须由具有生产许可证的采石场生产或施工单位自行加工。

4.3.2 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙,其质量应符合表 4.3.2 的要求。

表 4.3.2 沥青混合料用粗集料质量技术要求

技术指标	单位	抗滑表层	其他层次	试验方法
石料压碎值,不大于	%	26	28	T0316
洛杉矶磨耗损失,不大于	%	28	30	T0317
表观相对密度,不小于		2.60	2.50	T0304
吸水率,不大于	%	2.0	3.0	T0304
坚固性,不大于	%	12	12	T0314
针片状颗粒(混合料)含量,不大于	%	15	18	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	T0310
软石含量,不大于	%	3	5	T0320

注:1.坚固性试验可根据需要进行。

2.对 S14 即 3~5mm 规格的粗集料,针片状颗粒含量可不作要求,<0.075mm 含量可放宽到 3%。

条文说明

粗集料的质量参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定,试验方法均采用《公路工程集料试验规程》(JTG E42)的有关规定。

4.3.3 用于表面层的粗集料与沥青的黏附性、磨光值应符合表 4.3.3 的要求。当

使用黏附性不符合要求的粗集料时，宜掺加消石灰、水泥或用饱和石灰水处理后使用，必要时可同时在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂，使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。

表 4.3.3 粗集料与沥青的黏附性、磨光值技术要求

年降雨量 (mm)		>1000	1000~500	500~250	<250	试验方法
粗集料的磨光值 PSV, 不小于	表面层	42	40	38	36	T0321
粗集料与沥青的黏附性, 不小于	表面层	5	4	4	3	T 0616
	其他层次	4	4	3	3	T 0663

4.3.4 粗集料规格应符合表 4.3.4 的要求。

表 4.3.4 粗集料规格要求

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S8	10~25	100	90~100	0~10	0~5					
S9	10~20		100	90~100	—	30~50	0~10	0~5		
S9F	10~18			100	90~100	50~70	0~10	0~5		
S10	10~15				100	90~100	0~15	0~5		
S12	5~10					100	90~100	0~15	0~5	
S14	3~5						100	90~100	0~15	0~3

条文说明

粗集料规格要求参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定制定，并结合实际经验增加了 S9F 规格及要求。

4.4 细集料

4.4.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料用细集料包括机制砂、石屑。细集料必须由具有生产许可证的采石场生产或施工单位自行加工。

4.4.2 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其质量应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 沥青混合料用细集料质量技术要求

指标	单位	技术指标	试验方法
表观相对密度, 不小于	—	2.50	T0328
坚固性 (>0.3mm 部分), 不小于	%	12	T0340
砂当量, 不小于	%	60	T0334
亚甲蓝值, 不大于	g/kg	25	T0349
棱角性 (流动时间), 不小于	s	30	T0345

4.4.3 石屑或机制砂采用石场破碎时通过 4.75mm 或 2.36mm 的筛下部分, 其规格应符合表 4.4.3 的要求。

表 4.4.3 细集料规格要求

规格名称	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率(%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~30	0~10
S16	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

条文说明

细集料规格要求参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定, 并结合实际经验确定。

4.5 填料

4.5.1 沥青混合料的矿粉必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉, 原石料中的泥土杂质应除净。矿粉应干燥、洁净, 能自由地从矿粉仓流出, 其质量应符合表 4.5.1 的要求。

表 4.5.1 沥青混合料用矿粉质量要求

项目	单位	技术指标	试验方法
表观密度, 不小于	t/m ³	2.50	T0352
含水量, 不大于	%	1	T0103 烘干法
粒度范围<0.6mm	%	100	T0351
<0.15mm	%	90~100	
<0.075mm	%	75~100	
外观	—	无团粒结块	
亲水系数	—	<1	T0353
塑性指数	%	<4	T0354
加热安定性	—	实测记录	T0355

条文说明

填料的质量参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。试验方法均采用《公路工程集料试验规程》（JTG E42）的有关规定。

4.5.2 拌和机的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用。在沥青混合料中添加水泥或粉煤灰作为填料时，其用量不得超过填料总量的 50%，粉煤灰的烧失量应小于 12%，与矿粉混合后的塑性指数应小于 4%，其余质量要求与矿粉相同。

5 配合比设计

5.1 设计原则

5.1.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料配合比设计，参照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比、生产配合比以及试拌试铺验证三个阶段，确定矿料级配及最佳沥青用量。

5.1.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料配合比设计采用马歇尔法，也可以采用 GTM 或 Superpave 设计方法进行配合比设计。

5.1.3 进行配合比设计试验时，试验室应按照以下方法制备直投式聚合物改性高模量沥青混合料。

- (1) 用烘箱将沥青、集料和矿粉加热至预定温度并保温 2~5h;
- (2) 将预定添加量的高模量改性剂与热集料干拌 10~30s;
- (3) 加入预定用量的沥青拌和 90~120s;
- (4) 加入矿粉再次拌和 90~120s 后立即成型试样,成型温度不得低于 150℃。

5.1.4 进行配合比试验时聚合物改性剂添加量应与工程设计添加量一致，允许误差范围为±5%。

5.2 设计标准

5.2.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料级配宜采用密级配，其级配范围应符合表 5.2.1 的规定。

表5.2.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料矿料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	通过各筛孔的质量百分率(%)				
	HM-10	HM-13	HM-16	HM-20	HM-25
31.5					100
26.5				100	95~100
19.0			100	95~100	80~90
16.0		100	95~100	78~92	65~85
13.2	100	95~100	70~90	65~85	55~75
9.5	90~100	55~75	50~70	48~72	43~63
4.75	45~75	24~45	26~44	23~53	22~48
2.36	30~58	15~35	18~35	16~44	16~40
1.18	20~44	12~25	15~29	12~32	12~31
0.6	13~32	8~17	12~23	10~24	8~24
0.3	9~23	5~14	8~18	7~18	5~16
0.15	6~16	5~10	5~13	4~12	4~12
0.075	4~8	4~8	4~8	3~7	3~7

条文说明

直投式聚合物改性高模量沥青混合料矿料级配范围参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定,并结合实际经验确定。

5.2.2 本规程采用马歇尔试验配合比设计方法,直投式聚合物改性高模量沥青混合料技术要求应符合表 5.2.2 的规定。若采用其他方法设计直投式聚合物改性高模量沥青混合料,应按本规程规定进行马歇尔试验和配合比设计检验,报告不同设计方法的试验结果。

表 5.2.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料马歇尔试验技术标准

试 验 指 标		单位	技术标准				
击实次数（双面）		次	75				
试件尺寸		mm	φ101.6mm×63.5mm				
设计空隙率 VV	90mm 以内	%	4.0~6.0				
	90mm 以下	%	3.0~6.0				
稳定度 MS		kN	≥8				
流值 FL		mm	2~4				
矿料间隙率 VMA （%） 不小于	设计空隙率 （%）	相应于以下公称最大粒径(mm)的 VMA 技术要求					
		26.5	19	16	13.2	9.5	
	3	11	12	12.5	13	14	
	4	12	13	13.5	14	15	
	5	13	14	14.5	15	16	
沥青饱和度 VFA（%）		55~70	65~75				

注：对于多雨潮湿地区，以 4%为目标空隙率进行配合比设计；干旱地区，以 4.5%为目标空隙率进行配合比设计。

条文说明

直投式聚合物改性高模量沥青混合料马歇尔试验技术标准参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

5.2.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料性能检验，各项指标均应符合表 3.0.3 规定的技术要求。

5.3 配合比设计

5.3.1 配合比设计应按以下步骤进行。

（1）目标配合比设计阶段。用工程实际使用的材料按《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中规定的马歇尔设计方法，优选矿料级配、确定最佳沥青用量并进行性能验证，符合配合比设计技术标准和配合比设计检验的要求，以此作为目标配合比，供拌和机确定各冷料仓的供料比例、进料速度及试拌使用。

（2）确定直投式聚合物高模量改性剂用量。当目标配合比设计阶段确定了

最佳油石比和选择聚合物高模量改性剂外掺时，油石比保持不变，直接按沥青混合料的 0.3~0.5% 外掺加入。

(3) 生产配合比设计阶段。对间歇式拌和机，应按规定方法取样测试各热料仓的材料级配，确定各热料仓的配合比，供拌和机控制室使用。同时选择适宜的筛孔尺寸和安装角度，尽量使各热料仓的供料大体平衡。并取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 、 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌，通过室内试验及从拌和机取样试验综合确定生产配合比的最佳沥青用量，由此确定的最佳沥青用量与目标配合比设计的结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

(4) 生产配合比验证阶段。拌和机按生产配合比结果进行试拌、铺筑试验段，并取样进行马歇尔试验，同时从路上钻取芯样观察空隙率的大小，由此确定生产用的标准配合比。标准配合比的矿料合成级配中，至少应包括 0.075mm、2.36mm、4.75mm 及公称最大粒径筛孔的通过率接近优选的工程设计级配范围的中值。对确定的标准配合比，宜再次进行车辙试验和水稳定性检验。

(5) 确定施工级配允许波动范围。根据标准配合比及施工质量管理要求中各筛孔的允许波动范围，制订施工用的级配控制范围，用以检查沥青混合料的生产质量。

5.3.2 级配设计

(1) 宜在本规程推荐的级配范围内计算 1~3 组粗细不同的配比，绘制设计级配曲线，分别位于工程设计级配范围的上方、中值及下方。设计的合成级配不得有太多的锯齿形交错，且在 0.3mm~0.6mm 范围内不出现“驼峰”。当反复调整不能满意时，应更换材料。

(2) 根据当地的实践经验选择适宜的沥青用量，分别制作几组级配的马歇尔试件，测定 VV 、 VFA 、 VMA ，初选一组满足或接近设计要求的级配作为设计级配。

5.3.3 确定最佳沥青用量

(1) 按《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40 中规定的热拌沥青混合料配合比设计方法的规定进行不同油石比的马歇尔试验，确定最佳沥青用量。

(2) 配合比设计马歇尔试验技术标准按本规程 5.2.2 的规定执行，沥青混合料试件的制作温度按表 5.3.3 的规定执行。

表 5.3.3 材料加热及试件成型温度

项 目	温 度 (℃)
矿料加热温度	180~190
沥青加热温度	150~160
击实成型温度	155~165

5.3.4 配合比设计检验。目标配合比设计完成后，应按表 3.0.3 的要求检验相关技术指标。

5.3.5 生产配合比设计和试拌试铺

(1) 直投式聚合物改性高模量沥青混合料应根据目标配合比设计的结果，按照本规程规定的要求进行生产配合比设计和试拌试铺检验。

(2) 生产配合比应以二次筛分后的热料仓材料级配为基础进行，生产配合比设计步骤与目标配合比设计方法相同，矿料级配、沥青用量应与目标配合比设计相近。

(3) 经生产配合比设计确定的油石比必须经过配合比设计检验。

5.3.6 经设计确定的配合比在施工过程中不得随意变更。生产过程中应加强跟踪监测，严格控制进场材料的质量。若原材料发生变化并导致直投式聚合物改性高模量沥青混合料的矿料级配、马歇尔技术指标不符合要求时，应及时调整配合比，保证直投式聚合物改性高模量沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定。

6 施工

6.1 施工准备

6.1.1 聚合物改性剂、沥青结合料在运输、储存和使用过程中应有良好的防水措施，避免受潮或雨水进入。

6.1.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料铺筑前的基层或下卧层的质量应符合要求，旧路面或下卧层应清洁无污染。

6.1.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料施工各节点的温度控制应符合表 6.1.3 的要求。当摊铺层较薄或外界气温较低时宜取高限，反之宜取低值。

表6.1.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料各节点温度控制

序 号	各节点温度控制	温度控制范围	测量部位
1	集料加热温度	180℃~190℃	热料提升斗
2	沥青加热温度	140℃~160℃	沥青加热罐
3	混合料出料温度	170℃~180℃	运料车
4	混合料到场温度	≥170℃	运料车
5	混合料废弃温度	≥190℃	运料车
6	摊铺温度	≥160℃	摊铺机
7	初压温度	≥150℃	摊铺层内部
8	复压温度	≥130℃	摊铺层内部
9	碾压终了温度	≥120℃	摊铺层内部
10	开放交通温度	≤50℃	路表

6.1.4 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的温度应采用具有金属探测针的插入式数显温度计测量。在运料车上测量温度时，宜在车厢板侧板下方打一个小孔插入不少于 15cm 量取。碾压温度可借助金属螺丝刀在路面辅助温度计测针插入摊铺层内部测量得到。

6.1.5 直投式聚合物改性高模量沥青路面在正式施工前应铺筑试验段。试验段

的长度应根据试验目的确定，通常为 300~600m，必要时可适当增加长度。试验段宜选在正线上铺筑，铺筑的相关要求和试验内容参照现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

6.2 混合料的拌制

6.2.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料必须在沥青拌和厂（场、站）采用拌和机械拌制，拌和厂应具有完备的排水设施。各种集料必须分隔贮存，集料应设防雨顶棚，料场及场内道路应作硬化处理，严禁泥土污染集料。

6.2.2 拌制直投式聚合物改性高模量沥青混合料的拌和机应具有可添加聚合物改性剂的投料口。直投式聚合物改性高模量沥青混合料拌和机应至少配备 6 个冷仓、5 个热料仓。

6.2.3 拌和设备的各种传感器必须定期检定，检定周期不小于每年一次，施工过程中应每两周自校一次。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。

6.2.4 聚合物改性剂的投放方式应采用机械投料装置，投料装置称量精度的允许偏差为 $\pm 5\%$ ，投放时长应不超过 3s。

6.2.5 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的生产温度应符合表 6.1.3 的规定。烘干集料的残余含水量不得大于 1%。每天开始几盘集料应提高加热温度，并干拌几锅集料废弃，再正式加聚合物改性剂和沥青拌和直投式聚合物改性高模量沥青混合料。

6.2.6 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的拌和时间应经过试拌确定，以沥青均匀裹覆集料为准。间歇式拌和机每盘的生产周期在 50~70s，其中加入聚合物改性剂后的干拌时间不小于 10s，加入沥青后的湿拌时间为 35~45s。

6.2.7 间隙式拌和机宜备有保温性能好的成品储料仓，贮存过程中直投式聚合

物改性高模量沥青混合料温降不得大于 10℃，且不能有沥青滴漏。高模量沥青混合料的贮存时间不宜超过 24h。

6.2.8 直投式聚合物改性高模量沥青混合料出厂时应逐车检测沥青混合料的重量和温度，记录出厂时间，签发运料单。

6.3 混合料的运输

6.3.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料宜采用大吨位的自卸车运输，车辆数量应根据运输距离、摊铺速度确定，摊铺机前方应有不少于 5 辆运料车等候卸料为宜，以确保现场连续摊铺的需要。运输到摊铺现场的混合料，如温度不符合要求或遭雨淋，应作废弃处理。

6.3.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的运料车运输混合料必须用苫布或帆布覆盖保温、防雨、防污染。运料车向摊铺机卸料前，覆盖物不应掀开，防止表面的混合料降温过多。

6.3.3 卸料过程中，运料车在摊铺机前 10cm~30cm 处停住，运料车不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，靠摊铺机推动前进。

6.4 混合料的摊铺

6.4.1 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的摊铺应选择性能良好的大功率摊铺设备。对中、上面层的摊铺宜采用大功率全幅摊铺机进行全断面一次摊铺，减少纵向热接缝；采用两台或多台数摊铺机摊铺时，前后错开 10~20m 成梯队方式同步摊铺，摊铺机间应有 30~60mm 左右宽度的搭接，搭接应避开车道轮迹带，上下层的搭接位置宜错开 200mm 以上。

6.4.2 直投式聚合物改性高模量沥青路面摊铺温度应符合表 6.1.3 的规定，每天施工开始阶段宜采用施工温度上限。摊铺速度宜控制在 2~4m/min。

6.4.3 直投式聚合物改性高模量沥青路面的其他摊铺要求参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

6.5 混合料的压实及成型

6.5.1 直投式聚合物改性高模量沥青路面施工应配备足够数量的压路机，对于 2~3 个行车道宽度的摊铺面作业面，应至少配备三台双钢轮压路机（12~14t）和三台胶轮压路机（26t 以上），摊铺面宽、气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。

6.5.2 直投式聚合物改性高模量沥青路面的压实层厚度不宜小于集料公称最大粒径的 2.5 倍。

6.5.3 碾压速度、碾压遍数、碾压方式等应符合表 6.5.3 的规定。实际施工时，应通过试验段的验证，确定合理的压路机组合方式及初压、复压、终压的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。

表6.5.3 推荐碾压工艺

路面类型	压实工序	压路机类型	自重	速度 km/h	遍数	碾压方式	重叠 轮幅
直投式聚合物改性高模量沥青混合料	初压	钢轮	12~14t	1.5~3	1~2	静压	1/3~1/2 轮宽
	复压	钢轮	12~14t	3~4	2~3	振压	1/3~1/2 轮宽
		胶轮	25t 以上	4~5	3~4	静压	1/3~1/2 轮宽
	终压	钢轮机	12~14t	3~4	2	静压至无轮迹	—

6.5.4 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的初压应符合下列要求：

（1）初压应在紧跟摊铺机后碾压，并保持不大于 15m 的初压区长度，以尽快使表面压实，减少热量散失。对摊铺后初始压实度较大，经实践证明采用钢轮振压时或胶轮静压时无严重推移且有良好效果，则可免去初压直接进入复压工序。

（2）碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机，从外侧向中心碾压，在超高路段则由低向高碾压，在坡道上应将驱动轮从低处向高处碾压。

（3）初压后应检查平整度、路拱，有严重缺陷时进行修整乃至返工。

6.5.5 复压应紧跟在初压后进行，并应符合下列要求：

（1）复压应紧跟在初压后开始，且不得随意停顿。压路机碾压段的总长度

应尽量缩短，通常不超过 60~80m。采用不同型号的压路机组合碾压时宜安排每一台压路机作全幅碾压。防止不同部位的压实度不均匀。

(2) 直投式聚合物改性高模量沥青混凝土的复压宜优先采用重型的胶轮压路机进行搓揉碾压，以增加密水性，其总质量不宜小于 25t，吨位不足时宜附加重物，使每一个轮胎的压力不小于 15kN，冷态时的轮胎充气压力不小于 0.55MPa，轮胎发热后不小于 0.6MPa，且各个轮胎的气压大体相同，相邻碾压带应重叠 $1/3 \sim 1/2$ 的碾压轮宽度，碾压至要求的压实度为止。

(3) 钢轮压路机的振动频率宜为 35~50Hz，振幅宜为 0.3~0.8mm。层厚较大时选用高频率大振幅，以产生较大的激振力，厚度较薄时采用高频率低振幅，以防止集料破碎。相邻碾压带重叠宽度为 100~200mm。钢轮压路机折返时应先停止振动。

(4) 对路面边缘、加宽及港湾式停车带等大型压路机难于碾压的部位，宜采用小型钢轮压路机或振动夯板作补充碾压。

6.5.6 直接铺筑在半刚性基层上的直投式聚合物改性高模量沥青混凝土的终压应采用胶轮压路机。终压应紧接在复压后进行，采用胶轮压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

6.5.7 下卧层为沥青混凝土的直投式聚合物改性高模量沥青混凝土施工碾压时，终压应紧接在复压后进行，如经复压后已无明显轮迹时可免去终压。终压可选用钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

6.5.8 碾压轮在碾压过程中应保持清洁，有混合料沾轮应立即清除。对钢轮可涂刷隔离剂或防粘结剂，但严禁刷柴油。当采用向碾压轮喷水（可添加少量表面活性剂）的方式时，必须严格控制喷水量且成雾状，不得漫流，以防混合料降温过快。轮胎压路机开始碾压阶段，可适当烘烤、涂刷少量隔离剂或防粘结剂，也可少量喷水，并先到高温区碾压使轮胎尽快升温，之后停止洒水。轮胎压路机轮胎外围宜加设围裙保温。

6.5.9 压路机的碾压路线及碾压方向不得突然改变而导致混合料推移。碾压段的长度应大体稳定，两端的折返位置应随摊铺机前进而推进，横向不得在相同的断面上。

6.6 接缝及开放交通

6.6.1 直投式聚合物改性高模量沥青路面纵向接缝施工中，应特别注意对混合料碾压温度的要求，纵接缝施工时混合料温度宜取允许范围上限，施工碾压速度要快，应控制在混合料温度降至 130℃ 前完成接缝处碾压施工。

6.6.2 直投式聚合物改性高模量沥青路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃，方可开放交通。禁止通过洒水冷却降低沥青路表面温度。

6.6.3 直投式聚合物改性高模量沥青路面的其他接缝及开放交通要求参照现行标准《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

7 施工质量管理及检查验收

7.1 施工前的材料与设备检查

7.1.1 施工前必须检查各种材料的来源和质量,所有材料都应按规定取样检测,经评定合格方可使用。若无检测条件,可采用有资质的检测机构提供的检测报告或商检报告代替现场检测。对经招标程序购进的沥青、集料等重要材料,供货单位必须提交最新检测的正式检验报告。进场的各种材料的来源、品种、质量应与招标及提供的样品一致,不符要求的材料严禁使用。

7.1.2 聚合物改性剂的检验以批为单位,连续生产的同一品种为一批,每批不超过 10t。每批随机抽取 4 包,从 4 包中各抽取 0.5kg 样品,进行均匀混合。先检验外观和物理性能,物理性能应符合表 4.1.1 的技术指标。合格后,再进行沥青混合料性能检测。

7.1.3 沥青结合料以同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格沥青为一批,每批次入场前对全部指标进行检测,应符合表 4.2.2 的技术要求。在施工过程中每 2~3 天需抽检一次,检测针入度、软化点及延度,应符合本规程要求。

7.1.4 各种矿料以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一批,每批次入场前对全部指标进行检测,应符合现行标准的相关规定。在生产过程中不定时检测矿料的外观、颗粒组成及含水量。

7.1.5 施工前应对沥青拌和楼、摊铺机、压路机等各种施工机械设备进行调试,对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行认真检查、标定。

7.2 施工过程中质量管理与检查

7.2.1 聚合物改性剂的检验项目、频度及质量要求应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 聚合物改性剂的检验项目、频度及质量要求

项 目	检查频度及检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
外观	随时	观察聚合物改性剂颜色、颗粒尺寸是否均匀、有无结块等现象	目测
添加量	逐盘检测评定	符合本规程规定	传感器自动检测、显示
熔点	必要时	符合本规程规定	GB/T 19466.3
熔融指数	必要时	符合本规程规定	GB/T 3682
低温断裂伸长率 (-40℃/4H)	必要时	符合本规程规定	GB/T 1040.1/2
热老化性能	必要时	符合本规程规定	GB/T 7141

7.2.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料施工过程中的检验项目、频度及质量要求符合表 7.2.2 的规定。

征求意见稿

表 7.2.2 直投式聚合物改性高模量沥青混合料的检验项目、频度及质量要求

项 目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
混合料外观		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、油团等各种现象		目测
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合本规程规定		传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合本规程规定		传感器自动检测、显示并打印, 出厂时逐车按 T 0981 人工检测
		逐盘测量记录, 每天取平均值评定	符合本规程规定		传感器自动检测、显示并打印
矿料级配(筛孔)	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±4%	±5%	
	≥4.75mm		±5%	±6%	
	0.075mm	逐盘检查, 每天汇总 1 次取平均值评定	±1%	±1%	总量检验
	≤2.36mm		±2%	±2%	
	≥4.75mm		±2%	±2%	
	0.075mm	每台拌和机每天 1~2 次, 以 2 个试样的平均值评定	±2%	±2%	T 0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36mm		±3%	±6%	
	≥4.75mm		±4%	±7%	
沥青用量(油石比)		逐盘在线监测	±0.2%	±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%	±0.2%	总量检验
		每台拌和机每天 1~2 次, 以 2 个试样的平均值评定	±0.2%	±0.4%	抽提 T 0722、T 0721
马歇尔试验: 空隙率、稳定度、流值		每台拌和机每天 1~2 次, 以 4~6 个试件的平均值评定	符合本规程规定		T 0702、T 0709
浸水马歇尔试验		必要时	符合本规程规定		T 0702、T 0709
试件渗水系数		必要时	符合本规程规定		T 0730
低温弯曲		必要时	符合本规程规定		T 0715
车辙试验		必要时	符合本规程规定		T 0719
动态模量		必要时	符合本规程规定		T 0738
疲劳寿命		必要时	符合本规程规定		T 0739

注: 1.单点检验是指试验结果以一组试验结果的报告值为一个测点的评价依据, 一组试验(如马歇尔试验、车辙试验)有多个试样时, 报告值的取用按《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》的规定执行。

2.油石比抽提试验应事先进行空白试验标定, 提高测试数据的准确度。

7.3 交工验收检查项目及质量标准

直投式聚合物改性高模量沥青混合料路面压实度、渗水系数的质量要求应符合表 7.3 的规定。其它检查项目尚应参照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定。

表 7.3 直投式聚合物改性高模量沥青混合料路面交工检查项目与验收质量标准

检查项目		检查频度 (每一车行道)	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
压实度	代表值 不小于	每 1km 5 点	实验室标准密度的 98% 最大理论密度的 94%		T 0924
	极值 不小于	每 1km 5 点	实验室标准密度的 96% 最大理论密度的 92%		T 0924
渗水系数 不大于		每 1km 不少于 5 点, 每点 3 处取 平均值评定	100mL/min (上面层) 150mL/min (中面层) 200mL/min (下面层)	100mL/min (上面层) 200mL/min (中面层) 300mL/min (下面层)	T 0971

条文说明

压实度与渗水系数是影响沥青路面性能及耐久性的重要指标,随着碾压设备进步,目前工程上使用的胶轮压路机的吨位一般都大于 26t,甚至超过 30t,路面的压实质量也逐渐提升,随着摊铺机性能的改进,沥青路面摊铺的均匀性也大幅度提升,因此路面的压实度和渗水系数的控制水平均逐步提高。根据工程经验,从提高路面的耐久性考虑,适当提高了压实度和渗水系数的标准。