

高模量抗疲劳沥青混合料设计与施工技术 规范

2021 - 05 - 20 发布

2021 - 08 - 20 实施

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 符号和缩略语..... 1

5 原材料..... 2

6 配合比设计..... 3

7 施工工艺..... 4

8 施工质量控制与检查验收..... 6

附录 A（规范性） 聚烯烃类高模量剂单个颗粒质量测定方法..... 9

附录 B（规范性） 改性天然沥青中无机物粒径测定方法..... 10

附录 C（规范性） 高模量抗疲劳沥青混合料目标配合比设计方法..... 11

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。

本文件由山西省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山西省公路局、交通运输部公路科学研究所。

本文件主要起草人：李永东、马融、秦海莲、王志军、常嵘、李思李、周震宇、左连滨、陈东、张志强、曾赟、张玲。

高模量抗疲劳沥青混合料设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了高模量抗疲劳沥青混合料的原材料要求、配合比设计、施工工艺和施工质量控制与检查验收。

本文件适用于各等级公路工程新建或改（扩）建沥青路面，其他道路沥青路面可参照执行。

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。

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

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

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 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 第一册 土建工程

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

3.1

聚烯烃类高模量剂

以聚烯烃类高分子聚合物为主要成分，经过一定的工艺制备成为均匀颗粒状的改性材料，可在沥青混合料拌和过程中快速、均匀熔融分散，显著提高沥青混合料的模量和耐疲劳性能。

3.2

改性天然沥青

通过添加石油沥青、添加剂等对天然沥青性能进行改善得到的一种改性沥青结合料。

3.3

高模量抗疲劳沥青混合料

一种低空隙率、高沥青用量的连续密集配沥青混合料，其动态模量（20℃、10Hz）不小于13000MPa，疲劳寿命（15℃、10Hz，控制应变230 $\mu\epsilon$ ）不小于100万次。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

HFM：高模量抗疲劳沥青混合料。

5 原材料

5.1 沥青结合料

5.1.1 沥青结合料宜采用 20 号道路石油沥青，或 35 号道路石油沥青掺加聚烯烃类高模量剂后形成的改性沥青，或改性天然沥青。

5.1.2 20 号道路石油沥青的技术要求见表 1。

表 1 道路石油沥青技术要求

指 标	单 位	35 号	20 号	试验方法
针入度 (25℃, 5s, 100g)	0.1mm	30~45	15~25	JTG E20 T 0604
针入度指数 PI	—	-1.5~+1.0	-1.5~+1.0	JTG E20 T 0604
软化点 ($T_{R&B}$)	℃	52~60	60~70	JTG E20 T 0606
动力粘度 (60℃)	Pa·s	≥500	≥1500	JTG E20 T 0620
延度 (25℃, 5 cm/min)	cm	≥50	≥20	JTG E20 T 0605
蜡含量 (蒸馏法)	%	≤2.2	≤2.2	JTG E20 T 0615
闪点	℃	≥260	≥260	JTG E20 T 0611
溶解度 (三氯乙烯)	%	≥99.0	≥99.0	JTG E20 T 0607
相对密度 (25℃)	—	实测	实测	JTG E20 T 0603
TFOT (或 RTFOT) 后				JTG E20
质量变化	%	≤±0.5	≤±0.3	T 0610 或 T 0609
残留针入度比 (25℃, 5s, 100g)	%	≥65	≥67	JTG E20 T 0604
软化点差	℃	≤8	≤8	JTG E20 T 0606

5.1.3 35 号道路石油沥青技术要求见表 1；聚烯烃类高模量剂技术要求见表 2；35 号道路石油掺加聚烯烃类高模量剂后形成的改性沥青技术要求见表 3。

表 2 聚烯烃类高模量剂技术要求

指 标	单 位	技术要求	试验方法
熔体质量流动速率 (190℃, 2.16kgf)	g/10min	≥1.5	GB/T 3682.1
灰分含量	%	≤5	JTG E20 T 0614
密度	g/cm ³	实测	GB/T 1033.1
单个颗粒质量	g	≤0.03	附录 A

表 3 掺加聚烯烃类高模量剂的沥青结合料技术要求

指 标	单 位	技术要求	试验方法
软化点差	℃	≥10	JTG E20 T 0606
延度（25℃，5 cm/min）	cm	≥10	JTG E20 T 0605
表观粘度（135℃）	Pa·s	≤3.0	JTG E20 T 0625

5.1.4 改性天然沥青技术要求见表 4。

表 4 改性天然沥青技术要求

试验项目		单位	技术要求			试验方法（JTG E20）
			I	II	III	
年极端最低气温及气候分区		℃	-21.5~-37.0	-9.0~-21.5	>-9.0	
		-	冬寒区	冬冷区	冬温区	
针入度（25 ℃，5 s，100 g）		0.1mm	25~40	20~35	15~25	JTG E20 T0604
软化点(T _{R&B})		℃	≥ 55	≥60	≥65	JTG E20 T0606
延度（25 ℃，5 cm/min）		cm	≥35	≥25	≥15	JTG E20 T0605
闪点		℃	≥260			JTG E20 T0611
相对密度（25 ℃）		-	实测			JTG E20 T0603
表观粘度（175℃）		Pa • s	≤3			JTG E20 T0625
灰分		%	≤25			JTG E20 T0614
无机物粒径	D _{av}	μ m	≤5			附录 B
	D ₉₀	μ m	≤12			
贮存稳定性离析，48 h 软化点差		℃	≤2.5			JTG E20 T0661

5.2 集料、填料

集料、填料应满足JTG F40的要求。

6 配合比设计

6.1 混合料矿料级配范围应符合表 5 的规定。

表 5 高模量抗疲劳沥青混合料（HFM）矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
HFM-16	-	100	95-100	82-96	66-84	44-64	30-44	20-32	15-25	11-20	8-14	6-8
HFM-20	100	90-100	82-93	73-86	59-76	41-60	28-40	18-30	15-25	11-20	8-14	6-8

6.2 配合比设计宜采用马歇尔成型试验方法，混合料技术要求应满足表 6 的规定。

表 6 高模量抗疲劳沥青混合料（HFM）马歇尔配合比技术要求

试 验 项 目		单位	技术要求		试 验 方 法
			HFM-16	HFM-20	
马歇尔试件尺寸		mm	φ 101. 6mm×63. 5mm		JTG E20 T 0702
马歇尔试件击实次数		—	两面击实 75 次		JTG E20 T 0702
空隙率 VV		%	2~4		JTG E20 T 0705
沥青饱和度 VFA		%	70~90		JTG E20 T 0705
稳定度，不小于		kN	15		JTG E20 T 0709
流值		mm	1. 5~5. 5		JTG E20 T 0709
矿料间隙率 VMA，不小于	设计空隙率 VV，%	%	—		—
	2		12	11. 5	JTG E20 T 0705
	3		13	12. 5	
	4		14	13. 5	
注：其他空隙率可按空隙率插值。					

6.3 混合料使用性能检验技术要求应满足表 7 的规定。

表 7 高模量抗疲劳沥青混合料（HFM）使用性能检验技术要求

检 验 项 目		单 位	技 术 要 求	试 验 方 法
车辙试验动稳定度（60℃，0.7MPa）		次/mm	≥ 4500	JTG E20 T0719
冻融劈裂残留强度比		%	≥ 80	JTG E20 T0729
低温弯曲破坏应变 （-10℃，50mm/min）	气候分区：1-3，2-3	$\mu\epsilon$	≥ 2000	JTG E20 T0715
	气候分区：2-2		≥ 2300	
动态模量（20℃，10Hz）		MPa	≥ 13000	JTG E20 T0738
四点弯曲疲劳试验 （15℃，10Hz，230 $\mu\epsilon$ 控制应变条件下）		万次	≥ 100	JTG E20 T0739

6.4 目标配合比设计步骤见附录 C。

6.5 生产配合比设计和生产配合比验证按照 JTG F40 进行。

7 施工工艺

7.1 一般规定

7.1.1 沥青路面施工应采用积极有效的精细化施工管理、交通管制及“零污染”措施，提升施工质量。

7.1.2 本文件关于高模量抗疲劳沥青混合料施工工艺未尽事项应符合 JTG F40 的有关要求。

7.2 施工温度

7.2.1 路面施工最低气温应不低于 15℃，在雨天、路面潮湿的情况下不得施工。施工温度参照表 8。

表 8 高模量抗疲劳沥青混合料施工温度推荐值

施工工序	施工温度（℃）
沥青加热温度	170~190

施工工序	施工温度（℃）
集料加热温度	190~200
混合料出场温度	170~185
混合料废弃温度	>195
摊铺温度	≥160
初压温度	≥155
终压温度	≥120
开放交通时路面温度	≤50

7.2.2 沥青混合料内部温度宜采用具有金属探测针的插入式数显温度计测量，表面温度宜采用表面接触式温度计测量。

7.3 混合料拌和

7.3.1 沥青混合料的拌和宜采用间歇式拌和机。拌和时间应根据具体情况经试拌确定，以沥青均匀裹覆集料为度。每盘的生产周期不宜少于 45s（其中干拌时间不少于 10s）。采用高模量剂时混合料干拌时间延长 5s 以上；采用改性天然沥青时混合料湿拌时间宜延长 5s 以上。

7.3.2 采用外掺高模量剂的沥青混合料方案时，外掺高模量剂应采用专门的自动同步添加装置，具备自动上料进入拌和锅、自动高精度计量等功能；外掺高模量剂先与集料进行干拌，后加入沥青进行湿拌。

7.3.3 间歇式拌和机宜备有保温性能好的成品储料仓，贮存过程中混合料温降不得大于 10℃；混合料不宜长时间贮存，应严格控制生产温度，做到随拌随用。

7.4 压实与成型

7.4.1 施工前配备足够数量的压路机，压路机数量应根据工程量、路面宽度、路面厚度、工期等综合确定；一个作业面的压路机数量、种类宜符合表 9 的规定。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加或改变碾压工艺。

表 9 一个作业面的压路机配置(台)

路面宽度	压路机配置			总台数
	双钢轮振动（或振荡） 压路机（初压、终压）	轮胎压路机 （复压）	双钢轮振动（或振荡） 压路机（复压）	
路面宽度<9m	1	1	1	3
路面宽度9m~13m	1	2	2	5
路面宽度13m~18m	1~2	2~3	2~3	5~8
路面宽度>18m	两个车道1台	两个车道1台	两个车道1台	—

7.4.2 混合料摊铺碾压前，路缘石应提前安装就位或采用钢模稳固支撑作业。

7.4.3 选择合理的压路机组合方式及初压、复压、终压(包括成型)的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。碾压方案应符合表 10 的规定。压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料推移。高模量抗疲劳沥青混凝土碾压区长度控制在 50m 以内，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。

表 10 混合料碾压方式

碾压阶段	压路机类型	碾压遍数（遍）	碾压速度（km/h）
------	-------	---------	------------

碾压阶段	压路机类型	碾压遍数（遍）	碾压速度（km/h）
初压	≥12t 双钢轮压路机	前静后振 2	2~3
复压	≥25t 轮胎压路机	3~6	3~5
终压	≥12t 双钢轮压路机	1~2	4~6

7.4.4 沥青混凝土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。铺筑好的沥青层应严格控制交通，做好保护，保持整洁，不得造成污染。

8 施工质量控制与检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 施工中应加强工程质量动态管理，对施工过程中发现的质量问题，应及时反馈，并对工艺流程及设备配置进行相应的调整。

8.1.2 高模量抗疲劳沥青混凝土路面的交工验收质量检查与验收应按照 JTG F80/1 执行。

8.1.3 施工过程中的施工原始记录、试验检测与计算数据、汇总表格，必须如实记录和保存。对施工中的关键工序或重要部位宜拍摄照片或进行录像，作为实态记录及保存资料的一部分。

8.2 施工质量控制

8.2.1 施工过程中的原材料质量管理与检查应符合 JTG E42、JTG E20 和 JTG F40 规范中关于原材料的质量管理与检查验收方法及技术要求。

8.2.2 施工过程中混合料的检验项目和频率应满足表 11 的要求。

表 11 高模量抗疲劳沥青混合料检验的频率和质量要求

检验项目		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
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	符合本标准规定	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	符合本标准规定	出厂时逐车按 T0981 人工检测
		逐盘测量记录，每天取平均值评定	符合本标准规定	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	±1.5%	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%	JTG F40 附录 G 总量检验
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
	0.075mm	每台拌合机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定	±1.5%	T0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36mm		±4%	
	≥4.75mm		±5%	

检验项目	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
沥青用量（油石比）	逐盘在线检测	$\pm 0.3\%$	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	$\pm 0.1\%$	JTG F40附录G 总量检验
	每台拌合机每天1~2次，以2个试样的平均值评定	$\pm 0.2\%$	抽提T0722，T0721
马歇尔试验、空隙率、稳定度、留置、VMA	每台拌合机每天1~2次，以6个试样的平均值评定	符合本标准规定	JTG E20 T0702、JTG E20 T0709、JTG F40附录B、附录C
水稳定性试验	必要时	符合本标准规定	JTG E20 T0709
车辙试验	必要时	符合本标准规定	JTG E20 T0719
动态模量	必要时	符合本标准规定	JTG E20 T0738
四点弯曲疲劳试验	必要时	符合本标准规定	JTG E20 T0739
注：“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量质疑，提出需要检查时。			

8.2.3 沥青路面铺筑过程中必须随时对铺筑质量进行检查，质量检查的内容、频度、允许差应符合表12的要求。

表 12 沥青混合料路面施工中工程质量的控制标准

检查项目		检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
外观		随时	表面平整密实，无明显轮迹、裂缝、推挤、油汀、油包等缺陷，且无明显离析	目测
接缝		随时	紧密平整、顺直	目测
		逐条缝检测评定	3mm	JTG E60 T0931
施工温度	摊铺温度	逐车检测评定	符合本标准要求	JTG E60 T0981
	碾压温度	随时	符合本标准要求	JTG E60 T0981
厚度	每一层次	随时 厚度50mm以下 厚度50mm以上	设计值的5% 设计值的8%	施工时插入法量测松铺厚度 及压实厚度
	每一层次	1个台班区段的平均值 厚度50mm以下 厚度50mm以上	-3mm -5mm	总量检验
	总厚度	每2000m ² 一点单点评定	设计值的-5%	JTG E60 T0912
压实度		每2000m ² 检查一组 逐个试件评定并计算平均值	试验室标准密度的98%	JTG E60 T0924
平整度（标准差）		连续测定	1.0mm	JTG E60 T0932
宽度	有侧石	检测每个断面	±20mm	JTG E60 T0911
	无侧石	检测每个断面	不小于设计断面	JTG E60 T0911
纵断面高程		检测每个断面	±10mm	JTG E60 T0911

检查项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
横坡度	检测每个断面	$\pm 0.3\%$	JTG E60 T0911
渗水系数	每1km不少于5点，每点3处取 平均值	$\leq 50\text{ml/min}$	JTG E60 T0917

8.2.4 施工过程中其它质量控制要求，应符合 JTG F40 有关热拌沥青混合料的相关规定。

附 录 A

(规范性)

聚烯烃类高模量剂单个颗粒质量测定方法

A.1 范围

本试验适用于确定聚烯烃类高模量剂单个颗粒质量。

A.2 试验仪器

电子天平：感量不大于0.001g。

A.3 方法与步骤

A.3.1 缩分出两组样品，每组不少于10颗。

A.3.2 采用感量为0.001g的电子天平，称量每组样品质量，计算每组单个颗粒质量，准确至0.001g。

A.4 试验结果

取两组单个颗粒质量的算术平均值作为试验结果

附录 B

(规范性)

改性天然沥青中无机物粒径测定方法

B.1 适用范围

本方法适用于改性天然沥青中无机物粒径的测定。

B.2 仪器与材料技术要求

- B.2.1 电子天平：感量0.1g。
- B.2.2 烧杯：250mL。
- B.2.3 烘箱：室温~300℃，精度0.5℃。
- B.2.4 量筒：100mL。
- B.2.5 激光粒度仪及配套软件。
- B.2.6 滴管、玻璃棒等。
- B.2.7 柴油或三氯乙烯（分析纯）。

B.3 方法与步骤

B.3.1 准备工作

- B.3.1.1 按 JTG E20 中 T0602 试验方法准备沥青试样。
- B.3.1.2 将沥青试样置于烘箱中，加热至流动状态。
- B.3.1.3 打开激光粒度仪及配套软件，在软件中录入试验信息（样品名称、分散介质、检测单位、样品折射率等）。
- B.3.1.4 进入检测界面，取柴油或三氯乙烯作为分散介质润洗粒度仪，开启循环及超声清洗，片刻后关闭超声清洗，观察配套软件背景柱形图，若不满足测定条件需排出介质，重新加入新的介质，重复清洗步骤，直至背景满足测定要求，并截取背景。

B.3.2 试验步骤

- B.3.2.1 从烘箱中取出沥青，搅拌均匀后，取 (5 ± 0.5) g 试样于烧杯中，加入分散介质，充分搅拌至沥青完全溶解，制成质量分数为 $(5 \pm 0.5)\%$ 的悬浊液。
- B.3.2.2 搅动悬浊液，并用滴管吸取中间位置的试样，滴入激光粒度仪中，直至光学浓度值介于 10%~30%之间（15%~20%为佳），并开启超声分散。观察 D_{av} 、 D_{10} 、 D_{50} 、 D_{90} 的数值，待数值稳定后，读取 50 组~100 组数据。

B.4 试验结果

计算各组数据的算术平均值，绘制粒度分布曲线图，并给出 D_{av} 和 D_{90} 试验结果。

附录 C

(规范性)

高模量抗疲劳沥青混合料目标配合比设计方法

C.1 适用范围

本方法适用于采用马歇尔试验进行高模量抗疲劳沥青混合料的目标配合比设计。

C.2 方法与步骤

C.2.1 材料检测，并应符合本标准的规定。

C.2.2 按表5的矿料级配范围，调整各档矿料比例，选定初始级配。

C.2.3 根据经验或在4.5%~7.0%范围内预估油石比，并以预估油石比、预估油石比 $\pm 0.5\%$ 、预估油石比 $\pm 1\%$ ，制备五组不同油石比试件。

C.2.4 按照JTG E20中T0702规定的击实法，双面击实75次成型试件。

C.2.5 测定试件的空隙率VV、矿料间隙率VMA、毛体积密度、饱和度VFA、马歇尔稳定度MS、流值FL，绘制各项指标与油石比关系曲线图，计算最佳沥青用量OAC。

C.2.6 检验最佳沥青用量OAC下混合料的空隙率VV、矿料间隙率VMA、稳定度MS、流值FL、车辙试验动稳定度、低温弯曲破坏应变、冻融劈裂强度比、马歇尔残留稳定度。各项技术指标应满足表6、表7的要求。

C.2.7 检验最佳沥青用量OAC下混合料的动态模量和疲劳寿命，其技术指标应满足表7的要求。

C.2.8 出具目标配合比设计报告。

C.2.9 设计步骤流程图见图C.1。

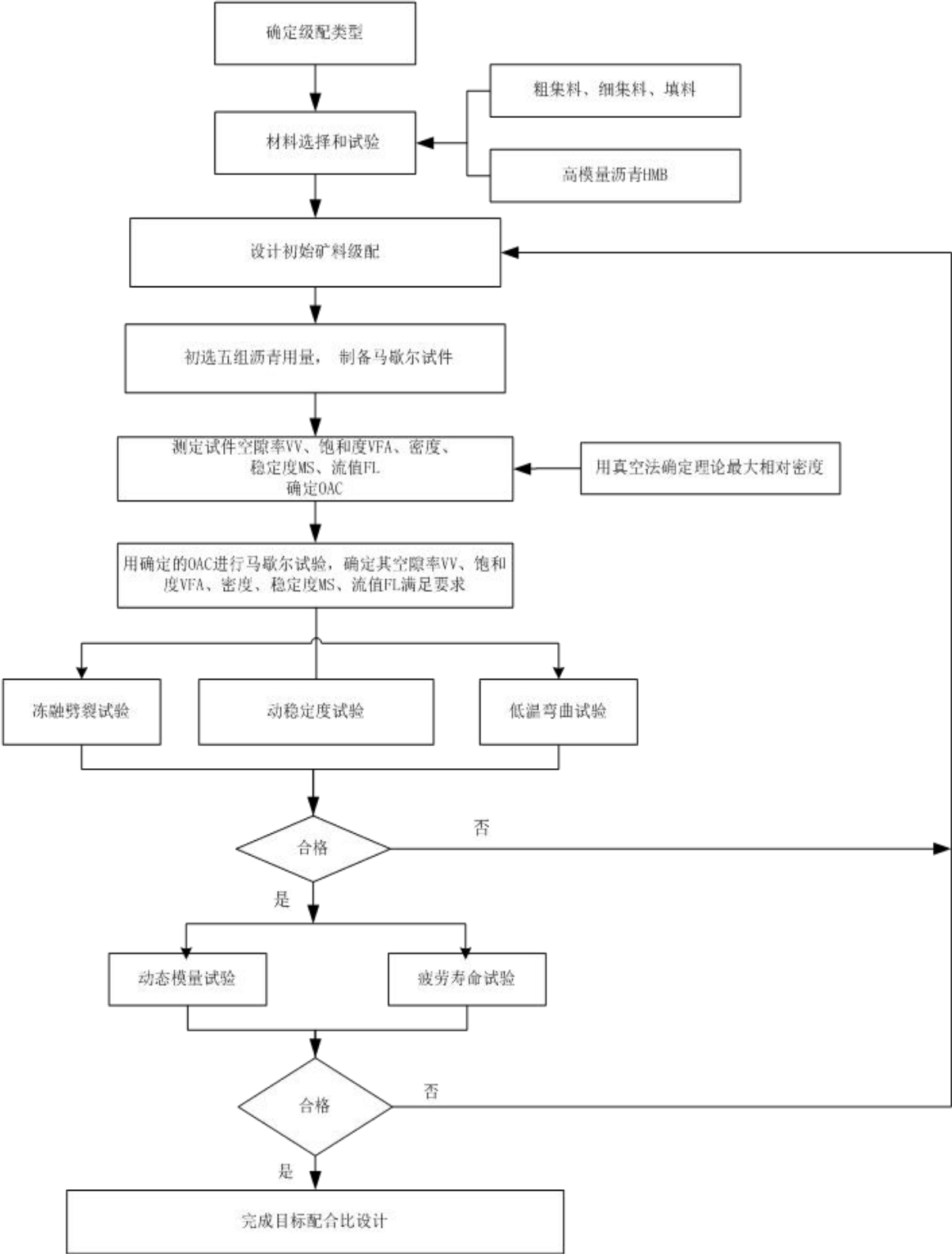


图 C.1 高模量抗疲劳沥青混合料 (HFM) 目标配合比设计试验流程图