

山东省工程建设标准

DB

DBJ 14-090-2012

J 12146-2012

**城镇道路高模量沥青混合料
设计与施工技术规范**

**Technical Code for Design and Construction of
High Modulus Asphalt Mixture in Urban Road**

2012-09-13 发布

2012-10-01 实施

山东省住房和城乡建设厅 发布

山东省工程建设标准

城镇道路高模量沥青混合料 设计与施工技术规范

Technical Code for Design and Construction of

High Modulus Asphalt Mixture in Urban Road

DBJ 14-090-2012

住房和城乡建设部备案号： J 12146-2012

主编单位：济南城建集团有限公司

山东建筑大学

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

施行日期：2012 年 10 月 01 日

2012 济 南

关于发布山东省工程建设标准
《城镇道路高模量沥青混合料设计与施工技术规范》的通知
鲁建标字[2012]33 号

各市住房和城乡建设委（建设局）、各有关单位：

由济南城建集团有限公司和山东建筑大学主编的《城镇道路高模量沥青混合料设计与施工技术规范》DBJ14-090-2012，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，住房和城乡建设部备案号为J12146-2012，现予以发布，自2012年10月1日起施行。其中第5.5.1条为强制性条文，必须严格执行。

本标准由山东省工程建设标准定额站负责管理，由济南城建集团有限公司负责具体内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅

2012年9月13日

前 言

为有效减少车辆荷载下沥青混合料的不可恢复残余变形，提高沥青路面的抗变形能力，延缓车辙、推移及拥包等高温病害的发生，延长沥青路面的使用寿命，济南城建集团有限公司联合山东建筑大学，总结多年来在高模量沥青混合料设计、施工与质量控制等方面的经验，并结合施工工法、QC 成果编制了《城镇道路高模量沥青混合料设计与施工技术规范》。本规范中主要针对采用高模量添加剂的混合料设计及施工工艺，参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关要求及适应高模量沥青混合料特点的评价体系而制订。

本规范共分 6 章和 1 个附录，主要内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.原材料技术指标；4.配合比设计；5.施工；6.施工质量管理和验收；附录：A.高模量沥青混合料配合比设计方法。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省工程建设标准定额站负责日常管理，由济南城建集团有限公司负责具体技术内容的解释。

若执行过程中对本规范有任何意见和建议，请寄送济南城建集团有限公司《城镇道路高模量沥青混合料设计与施工技术规范》编制管理组（地址：济南市天桥区汽车厂东路 29 号，邮编：250031，电话：0531-85829903，传真：0531-85829950，邮箱：cjgcgs@sina.com），以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员名单如下：

主编单位：济南城建集团有限公司

山东建筑大学

参编单位：济南汇通联合市政工程有限责任公司

济南市市政工程有限公司

济南城建设计研究院有限责任公司

济南泉建市政工程检测有限公司

山东易方达建设项目管理有限公司

山东汇友园林有限公司

主要起草人员：许 庚 任瑞波 王立志 耿立涛 徐 强 王 鹏 孙 杰
刘 锋 赵 菊 李晓东 李敏哲 杨 进 孙万臣 马 烽
王立强 王 翔 孙晓辉 杨茂和 刘传涛

主要审查人员：王 林 丁尚辉 姚占勇 邵玉振 毕玉峰 刘贵祥 王广洋
孙泽宝 李宏伟

目 次

1.总则	1
2.术语和符号	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3.原材料技术指标.....	5
3.1 一般规定	5
3.2 沥青胶结料.....	5
3.3 粗集料.....	6
3.4 细集料.....	7
3.5 填料.....	8
3.6 高模量添加剂	8
4.配合比设计	10
4.1 配合比设计原则	10
4.2 配合比设计标准	10
4.3 配合比设计	11
5.施工	13
5.1 施工准备	13
5.2 施工温度.....	13
5.3 混合料的拌和	14
5.4 混合料的运输	15
5.5 混合料的摊铺	16
5.6 混合料的压实及成型	16
5.7 接缝.....	18
5.8 开放交通	19

6.施工质量管理和验收.....20

6.1 一般规定20

6.2 施工过程中的质量管理与检查20

6.3 交工验收阶段的工程质量验收23

附录：A.高模量沥青混合料配合比设计方法.....24

A.1 一般规定24

A.2 确定工程设计级配范围26

A.3 材料选择与准备26

A.4 矿料配合比设计26

A.5 马歇尔试验28

A.6 确定最佳沥青用量（或油石比）30

A.7 配合比设计检验34

A.8 配合比设计报告34

本规范用词说明35

引用标准名录36

附：条文说明.....37

Contents

1.General provisions	1
2.Terms and symbols	2
2.1 Terms.....	2
2.2 Symbols.....	2
3.Technical standards of material.....	5
3.1 General requirement	5
3.2 Asphalt binder	5
3.3 Coarse aggregate	6
3.4 Fine aggregate	7
3.5 Filler	8
3.6 High modulus additive	8
4.Mixture design	10
4.1 Principles of mixture design.....	10
4.2 Standard of mixture design.....	10
4.3 Mixture design.....	11
5.Construction.....	13
5.1 Construction preparation	13
5.2 Construction temperature	13
5.3 Blending of mixture.....	14
5.4 Transportation of mixture	15
5.5 Paving of mixture	16
5.6 Compaction and shaping of mixture.....	16
5.7 Seaming.....	18
5.8 Open to traffic	19

6.Management and acceptance of construction quality	20
6.1 General requirement	20
6.2 Quality management and inspection of construction	20
6.3 Acceptance of construction quality	23
Appendix: A .Design of high modulus asphalt mixture	24
A.1 General requirement.....	24
A.2 Range of granular composition.....	26
A.3 Selection and preparation of material	26
A.4 Aggregate proportion design	26
A.5 Marshal experiment	28
A.6 Identification of the optimum asphalt content（or asphalt-aggregate ratio）	30
A.7 Verification of mixture design	34
A.8 Report of mixture design	34
Explanation of wording in this code	35
List of quoted standards	36
Addition: Explanation of provisions	37

1.总则

1.0.1 为规范添加剂型高模量沥青混合料在城镇道路建设中的应用,指导高模量沥青混合料设计及施工,确保高模量沥青路面施工质量,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以常规沥青混合料设计方法为基础,采用高模量添加剂工艺提高沥青混合料抗高温变形能力的城镇道路高模量沥青混合料设计与施工。

1.0.3 高模量沥青混合料施工应符合环境保护条例,同时确保施工安全,施工人员应享有符合国家规定的劳动保护条件。

1.0.4 铺筑高模量沥青混合料路面时,除应符合本规范外,尚应遵照国家相应标准和规范。

2.术语和符号

2.1 术语

2.1.1 沥青结合料 Asphalt Binder, Asphalt Cement

在沥青混合料中起胶结作用的沥青类材料（含添加的外掺剂、改性剂等）的总称。

2.1.2 改性沥青 Modified Bitumen（英），Modified Asphalt Cement（美）

参加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或者其他填料等外掺剂（改性剂），或采取对沥青轻度氧化加工等措施，使沥青或沥青混合料的性能得以改善而制成的沥青结合料。

2.1.3 高模量添加剂 High Modulus Additive

为提高沥青混合料模量而添加的高分子化合物。

2.1.4 沥青混合料 Bituminous Mixtures（英），Asphalt Mixtures（美）

由矿料与沥青结合料拌和而成的混合料的总称。

2.1.5 密级配沥青混合料 Dense-graded Asphalt Mixtures

按密实级配原理设计组成的各种粒径颗粒的矿料与沥青结合料拌和而成，设计空隙率较小（对不同交通及气候条件、层位可作适当调整）的密实式沥青混凝土混合料（以 AC 表示）和密实式沥青稳定碎石混合料（以 ATB 表示）。按关键性筛孔通过率的不同又可分为细型、粗型密级配沥青混合料等。粗集料嵌挤作用较好的也称嵌挤密实型沥青混合料。

2.1.6 高模量沥青混合料 High Modulus Asphalt Mixtures

本规范中所提及的高模量沥青混合料是指通过添加高模量添加剂，使得常规沥青混合料的动稳定度 DS 值（试验温度 60℃、轮压 0.7MPa）达到 8000 次/mm 以上，且 15℃、10Hz 条件下动态模量达到 15000MPa 以上，45℃、10Hz 条件下动态模量达到 2200MPa 以上，45℃、0.1Hz 条件下达到 550MPa 以上，同时满足这些条件的沥青混合料称为高模量沥青混合料。

2.2 符号

2.2.1 原材料

A—道路石油沥青

HMAC—高模量沥青混合料

2.2.2 试验

TFOT—沥青的薄膜加热试验, Thin Film Oven Test 之略语

RTFOT—沥青的旋转薄膜加热试验, Rolling Thin Film Oven Test 之略语

MS—马歇尔试验稳定度指标

FL—马歇尔试验流值指标

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, Volume of Air Voids 之略语

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 Aggregate 之略语

VFA—压实沥青混合料的沥青饱和度, 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胶结料部分的体积在 VMA 中所占的百分率, Voids Filled with Asphalt 之略语

OAC—沥青混合料的最佳沥青用量, Optimum Asphalt Content 之略语

γ_{sb} —矿料的合成毛体积相对密度

γ_i —各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的毛体积相对密度

P_i —配合比设计结果中各级矿料的百分比

γ_{sa} —矿料的合成表观相对密度

γ'_i —各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的表观相对密度

γ_{se} —合成矿料的有效相对密度

C—合成矿料的沥青吸收系数

ω_x —合成矿料的吸水率

γ_{ti} —相对于计算沥青用量 P_{bi} 时高模量沥青混合料的最大理论相对密度

P_h —高模量添加剂占沥青混合料总质量的百分比

γ_h —高模量添加剂的相对密度

γ_b —沥青的相对密度

P_{si} —沥青混合料中矿量质量百分比

P_{bi} —沥青混合料中沥青含量百分比

γ_f —沥青混合料试件的毛体积相对密度

P_{ba} —沥青混合料中被集料吸收的沥青结合料比例

P_{be} —沥青混合料中的有效沥青含量

FB—沥青混合料的矿料中 0.075mm 通过率与有效沥青含量的比值

SA—集料的比表面积

FA_i —相应于各种粒径的集料的表面积系数

DA—沥青膜有效厚度

3.原材料技术指标

3.1 一般规定

3.1.1 采石场在生产高模量沥青混合料所用碎石时，必须清除覆盖层及泥土夹层。生产碎石用的原石不得含有土块、杂物，集料成品不得堆放在泥土地上。

3.1.2 高模量沥青混合料的各种材料运至现场后必须取样进行质量检验，经过评定合格后使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。取样应符合现行试验规程的要求。

3.1.3 集料粒径规格以方孔筛为准。不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放，严格控制材料的变异性。

3.1.4 集料进场宜在料堆平台卸料，经推土机推平后，铲运机从底部按顺序竖直装料，减小集料离析。

3.2 沥青胶结料

3.2.1 高模量沥青混合料所采用的沥青胶结料采用 A 级 70 号道路石油沥青，其质量应符合表 3.2.1 规定的技术要求。

表 3.2.1 A 级 70 号道路石油沥青技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
针入度（25℃,100g,5s）	0.1mm	60~80	T 0604
针入度指数 PI	-	-1.5~+1.0	T 0604
软化点（R&B）	℃	≤46	T 0606
60℃动力黏度	Pa·s	≤180	T 0620
10℃延度	cm	≤20	T 0605
15℃延度	cm	≤100	
蜡含量（蒸馏法）	%	≥2.2	T 0615
闪点	℃	≤260	T 0611
溶解度	%	≤99.5	T 0607
密度	g/cm ³	实测记录	T 0603
TFOT 或 RTFOT 后			T 0610 或 T 0609
质量变化	%	≥±0.8	
残留针入度比（25℃）	%	≤61	T 0604
残留延度（10℃）	cm	≤6	T 0605
残留延度（15℃）	cm	≤15	

3.2.2 沥青在运输、使用及储存过程中应有良好的防水措施，避免雨水或加热管道蒸汽进入沥青中。

3.3 粗集料

3.3.1 高模量沥青混合料所用粗集料主要为碎石。

3.3.2 粗集料应该洁净、干燥、表面粗糙，质量应符合表 3.3.2 的规定。当单一规格集料的质量指标达不到表中要求，而按照集料配合比得到集料混合料的质量指标符合要求时，工程上允许使用。对受热易变质的集料，宜采用经拌和机烘干后的集料进行检验。

表 3.3.2 高模量沥青混合料用粗集料质量技术要求

指标		单位	技术要求		试验方法
			快速路 主干路	其他等级 城市道路	
石料压碎值		%	≧26	≧30	T 0316
洛杉矶磨耗值		%	≧28	≧35	T 0317
表观相对密度		-	≧2.50	≧2.45	T 0304
吸水率		%	≧2.0	≧3.0	
坚固性		%	≧12	-	T 0314
针片状含量	混合料	%	≧15	≧20	T 0312
	其中粒径大于 9.5mm		≧12	-	
	其中粒径小于 9.5mm		≧18	-	
水洗法≦0.075mm 颗粒含量		%	≧1	≧1	T 0310
软石含量		%	≧3	≧5	T 0320
与沥青的粘附性		级	≧4	≧4	T 0663

3.3.3 粗集料与沥青的粘附性应符合表 3.3.2 的要求。当集料粘附性不满足要求时，可在混合矿料中掺加消石灰、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，也可采用改性沥青的措施，使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。掺加外加剂的剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。

3.3.4 粗集料的粒径规格应按表 3.3.4 的规格生产和使用。不符合规格要求的粗集料与其他矿料按照配合比掺配得到的混合料满足要求时允许使用。

表 3.3.4 高模量沥青混合料用粗集料规格

规格 名称	公称 粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		375	315	265	19	132	95	4.75	2.36	0.6
S6	15~30	100	90~100	-	-	0~15		0~5		
S7	10~30	100	90~100	-	-	-	0~15	0~5		
S8	10~25		100	90~100	-	0~15	-	0~5		
S9	10~20			100	90~100	-	0~15	0~5		
S10	10~15				100	90~100	0~15	0~5		
S12	5~10					100	90~100	0~15	0~5	
S13	3~10					100	90~100	40~70	0~20	0~5

续表 3.3.4

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S14	3~5						100	90~100	0~15	0~3

3.4 细集料

3.4.1 高模量沥青混合料用细集料包括天然砂、机制砂、石屑。

3.4.2 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 3.4.2 的规定。细集料的洁净程度，对于天然砂以小于 0.075mm 含量的百分数限定，对于石屑和机制砂以砂当量（适用于 4.75mm 以下）或亚甲蓝值（适用于 2.36mm 以下或 0.15mm 以下）表示。

表 3.4.2 沥青混合料用细集料质量技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法
		快速主干路	其他等级城市道路	
表观相对密度	-	≥2.50	≥2.45	T 0328
坚固性 (>0.3mm 部分)	%	≤12	-	T 0340
含泥量 (<0.075mm 的含量)	%	≥3	≥5	T 0333
砂当量	%	≤60	≤50	T 0334
亚甲蓝	g/kg	≥25	-	T 0349
棱角性 (流动时间)	s	≤30	-	T 0345

3.4.3 天然砂可采用河砂，通常宜采用粗、中砂，其规格应符合表 3.4.3 的要求。砂的含泥量超过规定时应水洗后使用。高模量沥青混合料中天然砂的掺量不宜超过矿料总量的 10%。

表 3.4.3 高模量沥青混合料用天然砂规格

筛孔尺寸 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)		
	粗砂	中砂	细砂
9.5	100	100	100
4.75	90~100	90~100	90~100
2.36	65~95	75~90	85~100
1.18	35~65	50~90	75~100
0.6	15~30	30~60	60~84
0.3	5~20	8~30	15~45
0.15	0~10	0~10	0~10
0.075	0~5	0~5	0~5

3.4.4 细集料中石屑宜满足表 3.4.4 中的规格要求，机制砂宜采用专用的制砂机制造，

并选用优质石料生产，其级配应符合表 3.4.4 中 S16 的要求。快速路和主干道的高模量沥青混合料宜将 S14 与 S16 组合使用，S15 在其他等级沥青路面中使用。

表 3.4.4 高模量沥青混合料用机制砂或石屑规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过下列筛孔 (mm) 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	2~20	0~10
S16	0~3	-	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

3.5 填料

3.5.1 高模量沥青混合料所用填料必须为石灰岩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 3.5.1 的要求。

表 3.5.1 高模量沥青混合料用矿粉质量技术要求

项目		单位	快速路 主干道	其他 等级道路	试验方法
表观密度		t/m ³	≥2.50	≥2.45	T 0352
含水量		%	≤1	≤1	T 0103 烘干法
粒度范围	≤0.6mm	%	100	100	T 0351
	≤0.15mm		90~100	90~100	
	≤0.075mm		75~100	70~100	
外观		-	无团粒结块	-	
亲水系数		-	≤1	-	T 0353
塑性指数		%	≤4	-	T 0354
加热安定性		-	实测记录	-	T 0355

3.5.2 用于快速路和主干道的高模量沥青混合料不得将拌和机除尘装置产生的粉尘作为填料回收使用，其他等级道路拌和机产生的粉尘可作为填料的一部分进行回收，但每盘用量不得超过填料总量的 25%。

3.6 高模量添加剂

3.6.1 本规范推荐的高模量添加剂属聚烯烃类化合物，质量应符合表 3.6.1 的技术要求。

表 3.6.1 高模量添加剂的质量技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
密度	kg/m ³	800~950	原油和液体或固体石油产品 GB/T13377
熔点	℃	>160	T0606
熔融指数	g/10min	1.5~4	GB/T 3682

3.6.2 高模量添加剂应存放在室内或有棚盖的地方，在运输及使用过程中应避免受潮及远离火源，防止日晒雨淋。

4.配合比设计

4.1 配合比设计原则

4.1.1 高模量沥青混合料配合比设计,应遵循现行规范关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比、生产配合比以及铺筑试验路验证三个阶段,确定矿料级配、最佳沥青用量及设计参数。

4.1.2 高模量沥青混合料配合比设计采用马歇尔方法,也可以采用 Superpave 方法进行设计,但应按本规范规定进行马歇尔试验及各项配合比技术指标检验,并报告该设计方法的试验结果。

4.1.3 按照压实层厚度确定高模量沥青混合料的公称最大粒径,应不大于压实层厚度的1/3。

4.2 配合比设计标准

4.2.1 高模量沥青混合料沿用现行《公路沥青路面施工技术规范》中的密实式沥青混凝土混合料级配设计范围,其级配范围应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 高模量沥青混合料矿料级配范围

混合料 类型 筛孔尺寸	通过各筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)				
	HMAC-10	HMAC-13	HMAC-16	HMAC-20	HMAC-25
31.5					100
26.5				100	90~100
19			100	90~100	75~90
16		100	90~100	78~92	65~83
13.2	100	90~100	76~92	62~80	57~76
9.5	90~100	68~85	60~80	50~72	45~65
4.75	45~75	38~68	34~62	26~56	24~52
2.36	30~58	24~50	20~48	16~44	16~42
1.18	20~44	15~38	13~36	12~33	12~33
0.6	13~32	10~28	9~26	8~24	8~24
0.3	9~23	7~20	7~18	5~17	5~17
0.15	6~16	5~15	5~14	4~13	4~13
0.075	4~8	4~8	4~8	3~7	3~7

4.2.2 高模量沥青混合料技术要求应符合表 4.2.2 的规定,并具有良好的施工性能。

表 4.2.2 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				
空隙率 VV	%	3.5~5				
稳定度 MS	kN	≤8				
流值 FL	mm	2~4				
相应于以下公称最大粒径的最小 VMA 及 VFA 技术要求						
公称最大粒径	mm	26.5	19	16	13.2	9.5
矿料间隙率 VMA	%	≤12	≤13	≤13.5	≤14	≤15
沥青饱和度 VFA	%	55~70	65~75			75~85

4.2.3 高模量沥青混合料配合比设计结果应在标准试验方法下进行各种路用性能的检验，检验结果应符合表 4.2.3 中各项指标要求。

表 4.2.3 高模量沥青混合料配合比设计检验指标

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	≤ 8000	T 0719
低温弯曲破坏应变（-10℃，5cm/min）		$\mu\epsilon$	≤ 2000	T 0715
水稳定性	浸水马歇尔残留稳定度	%	≤ 85	T 0709
	冻融劈裂试验残留强度比	%	≤ 80	T 0729
混合料试件渗水系数		ml/min	≥ 120	T 0730
动态模量	15℃、10Hz	MPa	≤ 15000	T 0738
	45℃、10Hz		≤ 2200	
	45℃、0.1Hz		≤ 550	

4.3 配合比设计

4.3.1 目标配合比阶段。用工程实际使用的材料，按照本规范附录 A 的设计方法，优选矿料级配、确定最佳沥青用量，符合配合比设计技术标准和配合比设计检验要求，以此作为目标配合比，供拌和机确定各冷料仓的供料比例、进料速度和试拌使用。

4.3.2 生产配合比阶段。按照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。同时选择适合的振动筛尺寸和安装角度，尽量使各热料仓的供料大体平衡。取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 和 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌，通过室内试验与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结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

4.3.3 铺筑试验路验证阶段。高模量沥青混合料配合比设计结果在施工前应铺筑试验段，根据试验目的确定，通常为 100m~200m，宜选择在正线上铺筑。

4.3.4 高模量沥青混合料路面试验段铺筑应包括下列试验内容：

- (1) 按生产配合比结果进行试拌，并取样进行马歇尔试验。
- (2) 检验各种施工机械的类型、数量级组合方式是否匹配。
- (3) 通过试拌确定拌和机的操作工艺，考察计算机打印装置的可信度。
- (4) 通过试铺确定透层油的喷洒方式和效果、摊铺、压实工艺，确定松铺系数等。
- (5) 从试验路段上钻取芯样测定空隙率的大小，验证高模量沥青混合料生产配合比设计，结合第 1 条提出生产用的标准配合比和最佳沥青用量。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。

①钻孔法检验沥青路面压实度水平；当采用核子密度仪时，需建立用钻孔法与核子密度仪无破损检测路面密度的对比关系，确定压实度的标准检测方法。核子仪等无破损检测在碾压成型后热态测定，取 13 个点的平均值为 1 组数据，一个试验段的数据应不少于 3 组。钻孔法在第 2 天或第 3 天以后测定，钻孔数不少于 12 个。

②检测试验段的渗水系数。

4.3.5 确定施工级配允许波动范围。根据配合比设计结果及有关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。

4.3.6 试验段铺筑应由有关各方共同参加，及时商定有关事项，明确试验结论。铺筑结束后，施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告，取得业主或监理的批复。

4.3.7 经过设计确定的标准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检测，严格控制进场材料质量，如遇到材料发生变化并经检测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，使高模量沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定，必要时重新进行配合比设计。

4.3.8 集料与沥青混合料取样应符合现行试验规程的要求。

4.3.9 次干道及以下等级道路高模量沥青混合料的配合比设计可以按照相同步骤进行。当材料与道路等级完全相同时，也可以直接引用成功的经验。

5.施工

5.1 施工准备

5.1.1 高模量沥青混合料施工前，应保证其下承层清洁，平整度和强度应满足要求，不符合要求的不得铺筑高模量沥青混合料层。

5.1.2 高模量沥青混合料施工前必须检查各种材料的来源和质量。对经过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报告。对首次使用的集料，应检查生产单位的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况。所有材料都应按规定取样检测，经质量认可后方可订货。

5.1.3 各种材料都必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求的材料不得进场。对各种矿料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一“批”；对沥青是指从同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格沥青为一“批”。材料试样的取样数量与频度按现行试验规程的规定进行。

5.1.4 工程开始前，必须对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认，不符合本规范要求时材料不得进场。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，不符合要求的材料严禁使用。

5.1.5 施工前应对沥青拌和站、摊铺机、压路机等各种施工机械和设备进行调试，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，并得到监理的认可。

5.1.6 正式开工前，各种原材料的试验结果，及据此进行的目标配合比设计和生产配合比设计结果，应在规定的期限内向业主及监理提出正式报告，待取得正式认可后，方可使用。

5.2 施工温度

5.2.1 高模量沥青混合料适合在较高温度条件下施工，当气温低于 15℃及大风天气不得铺筑。高模量沥青混合料的施工温度可参照表 5.2.1 中建议范围。当摊铺层较薄或外界气温较低时取高值，反之可取低值。

表 5.2.1 高模量沥青混合料施工温度

工序	施工温度（℃）	测量部位
沥青加热温度	150~160	沥青加热罐
集料加热温度	190~200	热料提升仓
混合料出料温度	180~185	运料车
混合料最高温度（废弃温度）	200	运料车
混合料存储温度	≤180	运料车及存储罐
摊铺温度	≤175	摊铺机
初压温度	≤170	摊铺层内部

碾压终了温度	≤ 130	摊铺层内部
开放交通时路面温度	≥ 50	路表

5.2.2 在运料车测量高模量沥青混合料温度时，宜在车厢板侧板下方打孔，将温度计插入不小于 15cm 量取。碾压温度可借助金属螺丝刀在路面辅助温度计插入摊铺层内部测量得到。

5.3 混合料的拌和

5.3.1 沥青混合料必须在沥青拌和厂（场、站）采用拌和机械拌制。

（1）拌和厂的设置必须符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。

（2）拌和厂与工地现场的距离应充分考虑交通堵塞的可能，确保混合料的温度下降不超过要求，且不因颠簸造成混合料离析。（放到 5.4）

（3）拌和厂应具备完备的排水设施。各种集料必须分隔储存，细集料应设防雨顶棚，料场及场内道路应做硬化处理，严禁泥土污染集料。

5.3.2 高模量沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌制。

5.3.3 间歇式拌和机应符合以下要求：

（1）总拌和能力满足施工进度要求。拌和机除尘设备完好，能达到环保要求。

（2）冷料仓的数量满足配合比需要，通常不宜少于 5~6 个，还应具有添加高模量添加剂的设备。

5.3.4 用于生产高模量沥青混合料的拌和设备上各种传感器必须定期检定，周期不少于每年一次。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。

5.3.5 高模量混合料拌和机应配备计算机设备，拌和过程中逐盘采集并打印各个传感器测定的材料用量和沥青混合料拌和量、拌和温度等各种参数。每个台班结束时打印出一个台班的统计量，并按照沥青路面质量过程控制及总量检验方法进行高模量沥青混合料生产质量及铺筑厚度的总量检验。总量检验的数据有异常波动时，应停止生产，分析原因。

5.3.6 高模量沥青混合料的生产温度应符合表 5.2.1 中的要求。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，再正式加沥青拌和高模量沥青混合料。

5.3.7 拌和机的矿粉仓应配备振动装置以防止矿粉起拱。

5.3.8 拌和机须有二级除尘装置，经一级除尘部分可直接回收使用，二级除尘部分可进

入回收粉仓使用（或废弃）。对因除尘造成的粉料损失应补充等量的新矿粉。

5.3.9 高模量添加剂应由专门管道及送料器直接加入拌和锅。工程量小无自动添加设备时，也可以分装成塑料小包或由人工量取，与矿料同时加入拌和锅，并在喷入沥青前拌和均匀。

5.3.10 高模量沥青混合料拌和时间根据具体情况经试拌确定，以沥青及高模量添加剂均匀裹覆集料为度。间歇式拌和机每盘的生产周期不宜少于 55s，其中干拌时间 15s，加入沥青后的拌和时间不少于 40s，如果沥青或高模量添加剂裹覆不均匀，应适当延长拌和时间。

5.3.11 间歇式拌和机的振动筛规格应与矿料规格相匹配，最大筛孔宜略大于混合料的最大粒径，其余筛孔的设置应考虑混合料的级配稳定，并尽量使热料仓大体均衡，不同级配混合料必须配置不同的筛孔组合。

5.3.12 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度下降不得大于 10℃，且不得有沥青滴漏，高模量沥青混合料只限生产当天铺筑完成。

5.3.13 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。

5.4 混合料的运输

5.4.1 高模量沥青混合料宜采用较大吨位的运料车运输，但不得超载，或紧急制动、急弯掉头使透层、封层造成损伤。运料车的运力应稍有富余，施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。高等级城市道路等候的运料车多于 5 辆时开始摊铺，其他等级道路不少于 4 辆。

5.4.2 运料车每次使用前后必须清扫干净，在车厢板上涂一薄层防止沥青黏结的隔离剂或防黏结剂，但不得有余液积聚在车厢底部。从拌和机向运料车上装料时，应多次挪动汽车位置，平衡装料，以减少高模量混合料离析。运料车运输混合料宜用苫布覆盖保温、防雨、防污染。

5.4.3 运料车进入摊铺现场时，轮胎上不得沾有泥土等可能污染路面的脏物，否则宜设水池洗净轮胎后进入工程现场。高模量沥青混合料在摊铺地点凭运料单接收，若高模量混合料不符合施工温度要求，或已经结成团块、已遭雨淋的不得铺筑。

5.4.4 摊铺过程中运料车应在摊铺机前 100mm~300mm 处停住，空挡等候，由摊铺机推动前进开始缓缓卸料，避免撞击摊铺机，在有条件时，运料车每次卸料必须倒净，如有剩余应及时清除，防止硬结。

5.5 混合料的摊铺

5.5.1 高模量沥青混合料不得在气温低于 15℃，以及雨天、路面潮湿的情况下施工。

5.5.2 高模量沥青混合料每天施工开始阶段宜采用较高温度的高模量沥青混合料，宜连续施工。避免与可能污染沥青层的其他工序交叉干扰，以杜绝施工和运输污染。

5.5.3 高模量沥青混合料应采用沥青混合料摊铺机摊铺。摊铺机的受料斗应涂刷薄层隔离剂或防黏结剂。

5.5.4 铺筑快速路、主干道高模量沥青混合料层时，一台摊铺机的铺筑宽度对于双车道不宜超过 6m，对于 3 车道及以上不宜超过 7.5m，通常宜采用两台或更多台的摊铺机前后错开 10~20m，呈梯队方式同步摊铺，两幅之间应有 30mm~60mm 左右宽度的搭接，并躲开车道轮迹带，上、下层的搭接位置宜错开 200mm 以上。

5.5.5 摊铺机开工前应提前 0.5h~1h 预热熨平板不低于 100℃。铺筑过程中应选择熨平板的振捣或夯锤压实装置具有适宜的振动频率和振幅，以提高路面的初始压实度。熨平板加宽连接应仔细调节至摊铺的混合料没有明显的离析痕迹。

5.5.6 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度，减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在 2m/min~3m/min。当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时，应分析原因，予以消除。

5.5.7 摊铺机采用自动找平方式，下面层宜采用钢丝绳引导的高程控制方式，中、上面层宜采用平衡梁或雪橇式摊铺厚度控制方式。

5.5.8 高模量沥青混合料的松铺系数应根据混合料类型由试铺试压确定。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度及路拱、横坡。

5.5.9 摊铺机的螺旋布料器应相应于摊铺速度调整到一个稳定的速度均衡地转动，两侧应保持有不少于 2/3 高度的混合料，以减少在摊铺过程中混合料的离析。

5.5.10 用机械摊铺的混合料，不宜用人工反复修整。当不得不由人工工作局部找补或更换混合料时，需仔细进行，特别严重的缺陷应整层铲除。

5.5.11 在雨季铺筑沥青路面时，应加强与气象台（站）的联系，已摊铺的沥青层因遇雨未进行压实的应予铲除。

5.6 混合料的压实及成型

5.6.1 压实成型的沥青路面应符合压实度及平整度的要求。

5.6.2 高模量沥青混合料压实层的最大厚度不宜大于 80mm。

5.6.3 高模量沥青混合料路面施工应配备足够数量的压路机，选择合理的压路机组合方式即初压、复压、终压（包括成型）的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。快速路铺筑双车道高模量沥青路面的压路机数量不宜少于 5 台。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。

5.6.4 压路机应以慢而均匀的速度碾压，压路机的碾压速度应符合表 5.6.4 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，碾压区的长度应大体稳定，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。

表 5.6.4 压路机碾压速度 (km/h)

压路机 类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢筒式 压路机	2~3	4	3~5	6	3~6	6
轮胎 压路机	2~3	4	3~5	6	4~6	8
振动 压路机	2~3 (静压或 振动)	3 (静压或 振动)	3~4.5 (振动)	5 (振动)	3~6 (静压)	6 (静压)

5.6.5 压路机的碾压温度应符合本规范 5.2.1 的要求，并根据混合料种类、压路机类型、气温、层厚等情况经试压确定。在不产生严重推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压都应在尽可能高得温度下进行。同时不得在低温状况下作反复碾压以及振动碾压，避免石料棱角磨损、压碎，破坏集料嵌挤。

5.6.6 高模量沥青混合料的初压应符合下列要求：

(1) 初压应紧跟摊铺机后碾压，并保持较短的初压区长度，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，经实践证明采用振动压路机或轮胎压路机直接碾压无严重推移而有良好效果时，可免去初压，直接进入复压工序。

(2) 通常采用钢轮压路机静压或振动压实 1~2 遍。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。

5.6.7 复压紧跟在初压后进行，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 60m~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做全幅碾压，防止不同部位的压实度不均匀。

(2) 高模量沥青混合料的复压宜采用重型的轮胎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) 振动压路机的振动频率和幅度应调整至合适的水平。厚度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 100mm~200mm。振动压力机折返时应先停止振动。

(4) 对路面边缘、加宽及港湾式公交车停靠站点等大型压路机难于碾压的部位，宜采用小型振动压路机或振动夯板作补充碾压。

5.6.8 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。需要终压时可选用双轮钢筒式压路机或已经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。

5.6.9 碾压轮在碾压过程中应保持清洁，如有混合料黏轮应立即清除。对钢轮可涂刷隔离剂或防黏结剂，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黏剂，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。

5.6.10 压路机不得在未碾压成型路段上转向、调头、加水或停留。在当天成型的路面上，不得停放各种机械设备或车辆，不得散落矿料、油料等杂物。

5.7 接缝

5.7.1 高等级城市道路高模量沥青混合料路面施工纵向接缝应采用梯队热接缝，其他等级沥青路面冷接缝施工中，应特别注意混合料碾压对温度的要求，纵接缝施工要求混合料温度取允许范围上限为宜，熨平板加热温度满足本规范要求，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。

5.7.2 高模量沥青混合料路面施工的横向接缝要求参考现行《公路沥青路面施工技术规范》执行。

5.8 开放交通

5.8.1 高模量沥青混合料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。需要提早开放交通时，可洒水冷却降低混合料温度。

5.8.2 铺筑好的高模量沥青层应在严格控制交通，做好保护，保持整洁，不得造成污染，严禁在沥青层上堆放施工产生的土或杂物，严禁在已铺筑高模量沥青层上制作水泥砂浆。

6.施工质量管理和验收

6.1 一般规定

6.1.1 高模量沥青混合料施工必须根据全面质量管理的要求,建立健全有效的质量保证体系,进行全过程质量控制,对各工序的施工质量进行检查评定,确保达到规定的质量标准,确保施工质量的稳定性。

6.1.2 除施工企业进行自检外,工程监理应按有关规定进行质量检查与认可,政府质量监督部门及工程建设单位应对工程质量进行监督。

6.1.3 本规程规定的技术要求是高模量沥青混合料施工质量管理和交工验收的依据。

6.1.4 所有与工程建设有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格,必须如实记录和保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目,可在原始记录和数据上注明,但不得销毁。

6.1.5 高模量沥青路面施工应加强过程质量控制,实行动态质量管理。施工质量管理与检查验收应包括工程施工前,施工过程中质量管理与质量控制,以及各施工工序间的检查及工程交工后的质量检查验收。

6.2 施工过程中的质量管理与检查

6.2.1 高模量沥青面层必须在得到开工令后方可开工。

6.2.2 施工单位在施工过程中应随时对施工质量进行自检。监理应按规定要求自主地进行试验,并对承包商的试验结果进行认定,如实评定质量,计算合格率。当发现有质量低劣等异常情况时,应立即追加检查。施工过程中无论是否已经返工补救,所有数据均必须如实记录,不得丢弃。

6.2.3 高模量沥青混合料生产过程中,必须按照表 6.2.3 规定的检查项目与频度,对各种原材料进行抽样试验,其质量应符合本规范规定的技术要求。每个检查项目的平行试验次数或以此试验的试样数必须按相关试验规程的规定执行,并以平均值评价是否合格。未列入表中的材料的检查项目和频度按材料质量要求确定。

表 6.2.3 施工过程中材料质量检查的项目和频度

材料	检查项目	检查频率	平行试验次数或一次试验的试样数
粗集料	外观（石料品种，含泥量等）	每进场批次	-
	针片状颗粒含量	400m ³ 或 600t	3
	颗粒组成部分（筛分）	400m ³ 或 600t	2
	压碎值	400m ³ 或 600t	2
	洛杉矶磨耗损失	400m ³ 或 600t	2
	含水量	400m ³ 或 600t	2
细集料	颗粒组成	400m ³ 或 600t	2
	砂当量	400m ³ 或 600t	2
	含水量	400m ³ 或 600t	2
	松方单位重	400m ³ 或 600t	2
矿粉	外观	每进场批次	-
	<0.075mm 含量	400m ³ 或 600t	2
	含水量	400m ³ 或 600t	2
石油沥青	针入度	同厂、同品种、同标号、同批号连续进场每 100t 为 1 批	3
	软化点	同厂、同品种、同标号、同批号连续进场每 100t 为 1 批	2
	延度	同厂、同品种、同标号、同批号连续进场每 100t 为 1 批	3
	含蜡量	同厂、同品种、同标号、同批号连续进场每 100t 为 1 批	2~3

6.2.4 沥青混合料拌和厂必须按以下步骤对高模量沥青混合料生产过程控制，并按表 6.2.4 规定的项目和频率检查沥青混合料产品的质量，如实计算产品的合格率。单点检查评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验的要求。

（1）于料堆和皮带运输机处随时目测各种材料的质量和均匀性，检查泥块及超粒径碎石，检查冷料仓有无窜仓。随时目测各种材料的质量和均匀性，目测混合料拌和是否均匀、有无花白料、油石比是否合理，检查集料和混合料的离析情况。

（2）检查控制室拌和机各项参数的设定值、控制屏的显示值，核对计算机采集和打印

记录的数据与显示值是否一致。

(3) 检测混合料的材料加热温度、混合料出厂温度，取样抽提、筛分检测混合料的矿料级配、油石比。抽提筛分应至少检查 0.075mm、4.75mm、9.5mm、公称最大粒径及中间粒径等 5 个筛孔的通过率。

(4) 取样成型试件进行马歇尔试验，测定空隙率、VMA、VFA、稳定度、流值，计算合格率。

表 6.2.4 高模量沥青混合料的频度和质量要求

项目		检查频度及单点检测评价方法	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	符合本规范规定	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	符合本规范规定	传感器自动检测、显示并打印；出厂时逐车按 T0981 人工检测
矿料级配	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±5%	
	≥4.75mm		±6%	
	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	每台拌和机每台 1~2 次，以 2 个试样的平均值测定	±2%	T0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36mm		±5%	
	≥4.75mm		±6%	
沥青用量（油石比）		逐盘在线检查	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每台汇总 1 次取平均值评定	±0.1%	总量检验
		每台拌和机每台 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定	±0.3%	抽提 T0722、T0721
马歇尔试验：空隙率、稳定度、流值		每台拌和机每台 1~2 次，以 4~6 个试样的平均值评定	符合本规范规定	
浸水马歇尔试验		必要时（试件数同马歇尔试验）	符合本规范规定	
车辙试验动稳定度（60℃，0.7MPa）		以 3 个试件的平均值评定	≤8000 次/mm	T 0719

6.2.5 高模量沥青混合料铺筑过程中必须随时对铺筑质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许差应符合现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》中的相关要求。

6.3 交工验收阶段的工程质量验收

高模量沥青混合料施工项目交工验收阶段的工程质量检查与验收应按照现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1）执行。

附录：A.高模量沥青混合料配合比设计方法

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于高模量密级配沥青混合料。

A.1.2 高模量热拌沥青混合料的配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定高模量沥青混合料的原材料品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量和体积指标设计值等。

A.1.3 本规范采用马歇尔试验配合比设计方法。采用其他方法时，应按照本规范规定进行马歇尔及各项路用性能指标检验，并报告不同设计方法的试验结果。

A.1.4 高模量沥青混合料的目标配合比设计宜按照图 A.1.4 流程图进行。

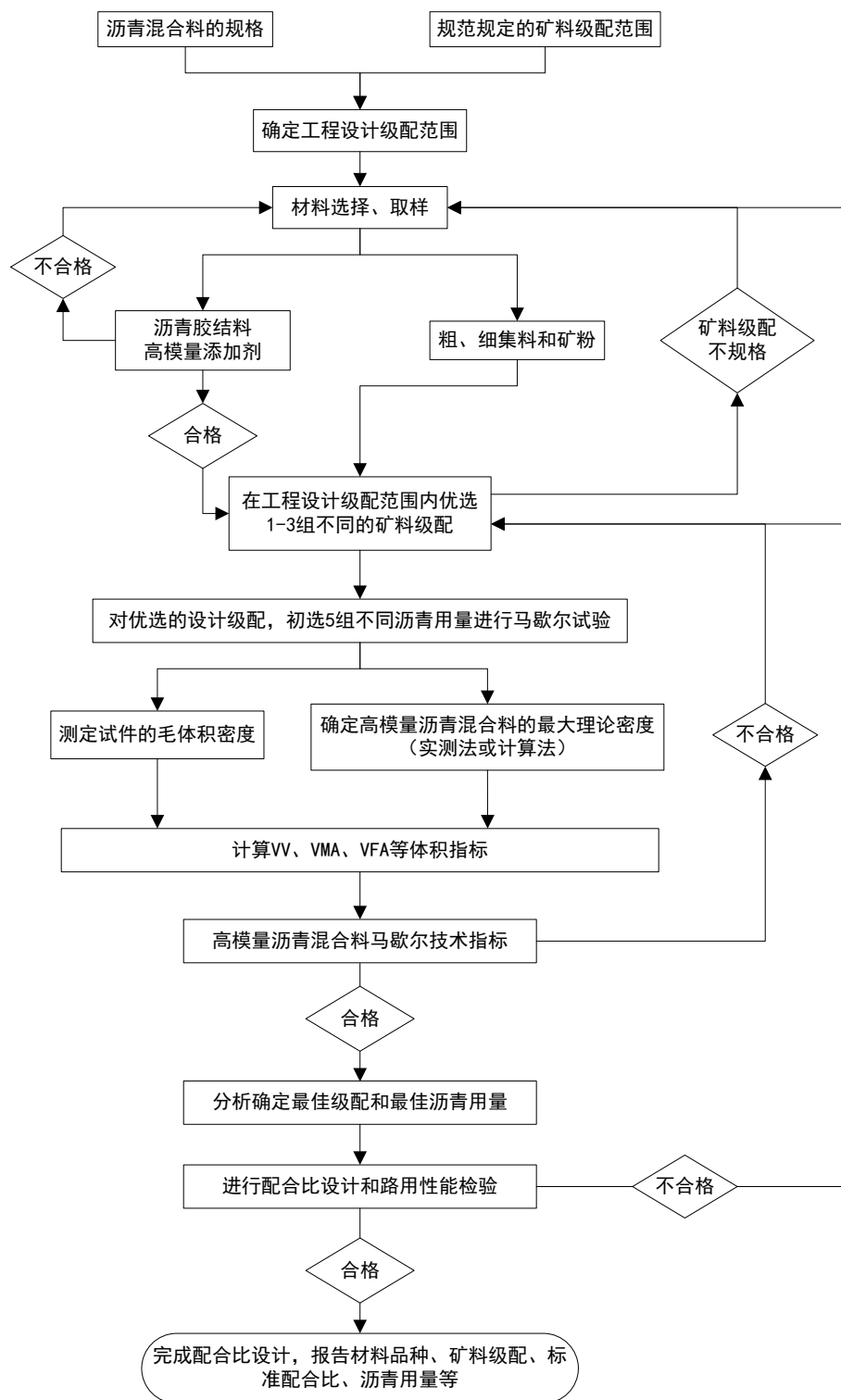


图 A.1.4 高模量沥青混合料目标配合比设计流程图

A.1.5 高模量沥青混合料配合比设计的试验方法必须遵照现行试验规程的方法执行。高模量沥青混合料采用小型沥青混合料拌和机进行。高模量沥青混合料的拌和温度和试件制作温度应符合本规范的要求。

A.1.6 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤进行。

A.2 确定工程设计级配范围

A.2.1 高模量沥青路面工程的混合料设计级配范围由工程设计文件或招标文件规定，宜在本规范表 4.2.1 规定的级配范围内，根据城市道路等级、工程性质、气候条件、交通条件、材料品种等因素，通过对条件大体相当的工程使用情况进行调查研究后调整确定，必要时允许超出规范级配范围。经确定的工程设计级配范围是配合比设计的依据，不得随意变更。

A.2.2 按照本规范中表 4.2.1 推荐的设计级配范围，调整工程设计级配取值区间，确保高模量沥青混合料路面满足耐久、稳定、密水、抗滑等要求，并考虑施工性能，使沥青混合料容易摊铺和压实，避免造成严重的离析。

A.3 材料选择与准备

A.3.1 配合比设计的各种矿料必须按现行《公路工程集料试验规程》规定的方法，从工程实际使用的材料中取代表性样品。进行生产配合比设计时，取样至少应在干拌 5 次以后进行。

A.3.2 配合比设计所用的各种材料必须符合本地气候和交通条件的需要，其质量应符合本规范第三章规定的技术要求。当单一规格的集料某项指标不合格，但不同粒径规格的材料按级配组成的集料混合料指标能符合规范要求时，允许使用。

A.4 矿料配合比设计

A.4.1 高模量沥青混合料配合比设计宜借助电子计算机的电子表格进行试配设计。

A.4.2 矿料级配曲线按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T0725 的方法绘制(图 A.4.2)，并可以参考 Superpave 方法中控制点、限制区的概念进行辅助调整级配。以原点与通过集料最大粒径 100% 的点连线作为沥青混合料的最大密度线(见表 A.4.2.1，计算示例见表 A.4.2.2)。

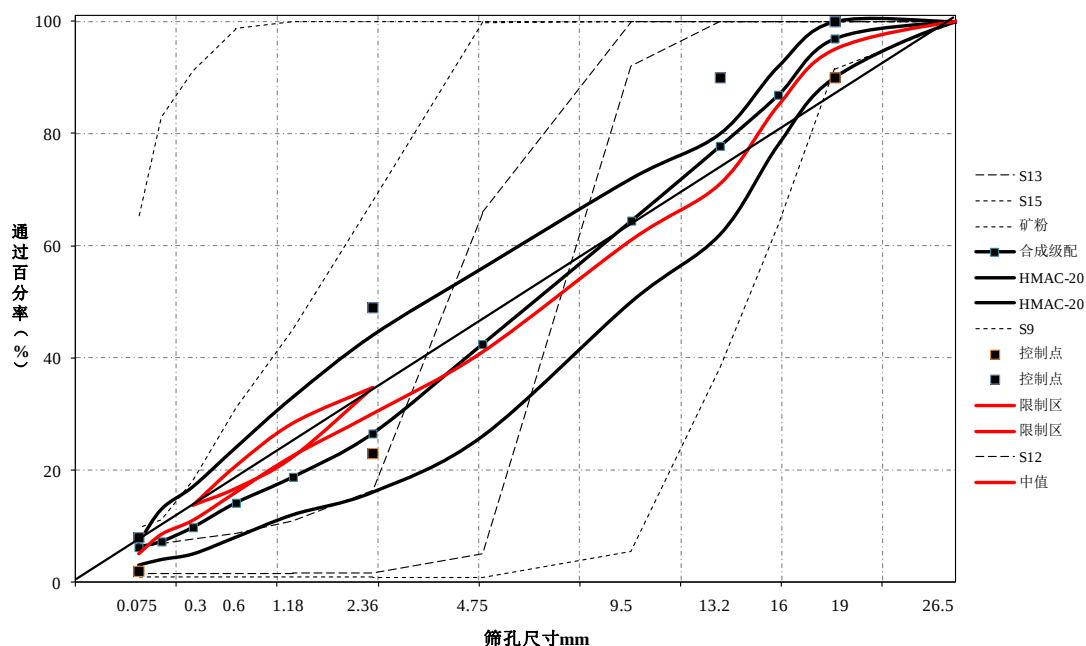


图 A.4.2 矿料级配曲线示例

表 A.4.2.1 泰勒曲线的横坐标

di	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
X=di0.45	0.312	0.426	0.582	0.795	1.077	1.472	2.016	2.754
di	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63
X=di0.45	3.193	3.482	3.762	4.370	4.723	5.109	5.969	6.452

表 A.4.2.2 矿料级配设计计算表示例

筛孔(%)	S9 (%)	S12 (%)	S13 (%)	S15 (%)	矿粉 (%)	合成 级配	工程设计级配范围		
							中值	下限	上限
26.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
19	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	96.9	95.0	90.0	100.0
16	63.6	100.0	100.0	100.0	100.0	86.9	85.0	78.0	92.0
13.2	38.3	100.0	100.0	100.0	100.0	77.8	71.0	62.0	80.0
9.5	5.5	92.0	99.9	100.0	100.0	64.5	61.0	50.0	72.0
4.75	0.9	5.1	65.8	99.8	100.0	42.5	41.0	26.0	56.0
2.36	0.9	1.6	16.4	68.0	100.0	26.5	30.0	16.0	44.0
1.18	0.9	1.5	11.0	45.0	100.0	18.8	22.5	12.0	33.0
0.6	0.9	1.5	8.8	31.0	98.7	14.1	16.0	8.0	24.0
0.3	0.9	1.5	7.6	18.1	91.1	9.8	11.0	5.0	17.0
0.15	0.9	1.5	6.8	11.0	82.9	7.3	8.5	4.0	13.0
0.075	0.8	1.4	6.3	6.4	64.9	5.2	5.0	3.0	7.0
配合比	36	19	11	31	3	100	~	~	~

A.4.3 在工程设计级配范围内计算 1~3 组粗细不同的配合比，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。设计合成级配不得有太多的锯齿形交错，且

在 0.3~0.6mm 范围内不出现“驼峰”。当反复调整不能满足范围要求时，应更换材料重新设计。

A.4.4 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 VMA，初选一组满足或接近设计要求的级配作为设计级配。

A.5 马歇尔试验

A.5.1 配合比设计马歇尔试验技术标准按本规范第 4 章的规定执行。

A.5.2 制作高模量沥青混合料试件时，原材料的加热温度按本规范施工温度规定执行，室内试件成型温度宜为 180℃~185℃。

A.5.3 矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 按照公式 (A.5.3) 计算。

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (\text{A.5.3})$$

式中， P_1 、 P_2 ... P_n —各级矿料成分的配合比，其和为 100；

γ_1 、 γ_2 ... γ_n —各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的毛体积相对密度。

A.5.4 矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 按照公式 (A.5.4) 计算。

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \quad (\text{A.5.4})$$

式中， P_1 、 P_2 ... P_n —各级矿料成分的配合比，其和为 100；

γ'_1 、 γ'_2 ... γ'_n —各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的表观相对密度。

A.5.5 矿料的合成有效相对密度按照公式 (A.5.5.1—A.5.5.3) 计算。

$$\gamma_{se} = C \times \gamma_{sa} + (1 - C) \times \gamma_{sb} \quad (\text{A.5.5.1})$$

$$C = 0.033\omega_X^2 - 0.2936\omega_X + 0.9339 \quad (\text{A.5.5.2})$$

$$\omega_X = \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} - \frac{1}{\gamma_{sa}} \right) \times 100 \quad (\text{A.5.5.3})$$

式中， γ_{se} —合成矿料的有效相对密度；

C —合成矿料的沥青吸收系数，可由矿料的合成吸水率 ω_x 按照公式 (A.5.5.2) 计算；

ω_x —合成矿料的吸水率，按照公式 (A.5.5.3) 计算；

γ_{sb} —矿料的合成毛体积相对密度，按照公式 (A.5.3) 计算；

γ_{sa} —矿料的合成表观相对密度，按照公式 (A.5.4) 计算。

A.5.6 高模量沥青混合料的最大理论密度采用真空法实测。当不具备符合要求的最大理论密度测试设备时，可采用公式 (A.5.6) 进行计算：

$$\gamma_{ti} = \frac{100 + P_h}{\frac{P_{si}}{\gamma_{se}} + \frac{P_{bi}}{\gamma_b} + \frac{P_h}{\gamma_h}} \quad (\text{A.5.6})$$

式中， γ_{ti} —相对于计算沥青用量 P_{bi} 时高模量沥青混合料的最大理论相对密度，无量纲；

P_h —高模量添加剂的用量，以沥青与矿料总质量的外掺百分比表示，%；

γ_h —高模量添加剂的相对密度；

P_{si} —沥青混合料中矿料质量百分比，以全部矿料质量占沥青与矿料总质量的百分比表示，%；

P_{bi} —沥青混合料中沥青含量百分比，以沥青质量占沥青与全部矿料总质量的百分比表示， $P_{si} + P_{bi} = 100$ ，%；

γ_{se} —矿料的有效相对密度，按公式 (A.5.5.1) 计算，无量纲；

γ_b —沥青的相对密度 (25°C/25°C)，无量纲。

A.5.7 高模量沥青混合料试件的空隙率 VV 、矿料间隙率 VMA 、有效沥青饱和度 VFA 等体积指标按照公式 (A.5.7.1—A.5.7.3) 计算，进行体积组成分析。

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_t} \right) \times 100 \quad (\text{A.5.7.1})$$

$$VMA = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{sb}} \times \frac{P_s}{100} \right) \times 100 \quad (\text{A.5.7.2})$$

$$VFA = \frac{VMA - VV}{VMA} \times 100 \quad (\text{A.5.7.3})$$

式中， VV —试件的空隙率，%；

VMA —试件的矿料间隙率，%；

VFA —试件的有效沥青饱和度（有效沥青含量占 VMA 的体积比例），%；

γ_t —测定的试件毛体积相对密度，无量纲；

γ_t —高模量沥青混合料的最大理论相对密度，由 A.5.6 得到；

P_s —各种矿料占沥青混合料总质量的百分比，即 $P_s=100-P_b$ ，%；

γ_{sb} —矿料混合料的合成毛体积密度，按公式（A.5.3）表示。

A.5.8 进行高模量沥青混合料的马歇尔试验，测定马歇尔稳定度及流值。

A.6 确定最佳沥青用量（或油石比）

A.6.1 以沥青含量（或油石比）为横坐标，以马歇尔试验的各项指标为纵坐标，将试验结果绘制曲线图。确定符合本规范规定的高模量沥青混合料技术标准的沥青用量范围 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 。选择的沥青用量范围必须涵盖设计空隙率的要求范围，并使密度及稳定度曲线出现峰值。如果没有涵盖设计空隙率的全部范围，试验必须扩大沥青用量范围重新进行。各项体积指标曲线图示例如 A.6.1 所示。

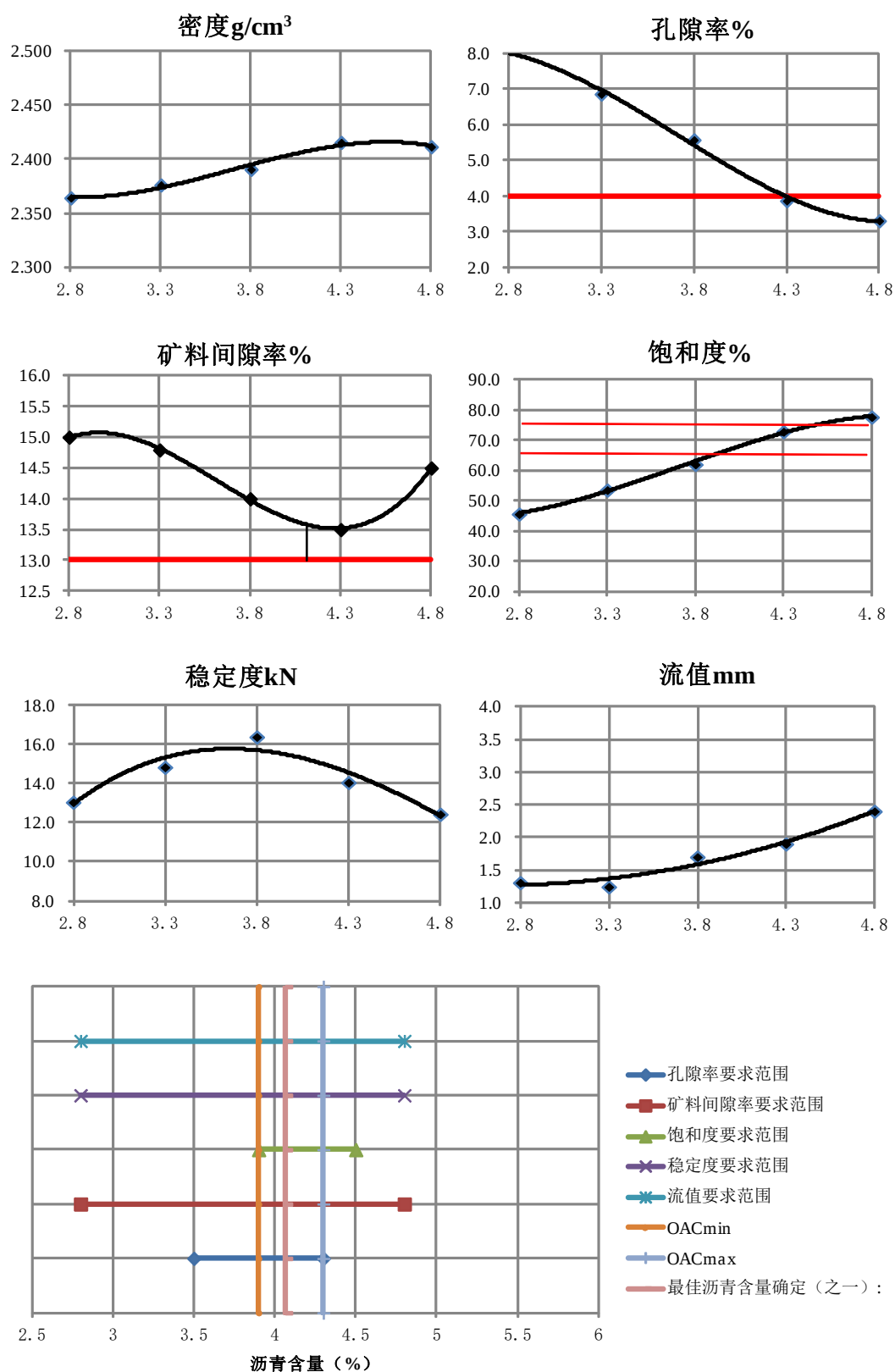


图 A.6.1 马歇尔试验结果示例

A.6.2 根据试验曲线的走势，按照以下方法确定沥青混合料的最佳沥青用量 OAC_1 。

(1) 在曲线上求取相应于毛体积密度最大值、马歇尔稳定度最大值、目标空隙率 (或

中值)、沥青饱和度范围的中值的沥青用量 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 。按照公式 (A.6.2.1) 取平均值作为 OAC_1 。

$$OAC_1 = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) / 4 \quad (A.6.2.1)$$

(2)如果在所选择的沥青用量范围未能涵盖沥青饱和度的要求范围,可按公式(A.6.2.2)求取 3 者的平均值作为 OAC_1 。

$$OAC_1 = (a_1 + a_2 + a_3) / 3 \quad (A.6.2.2)$$

(3)对所选择试验的沥青用量范围,密度或稳定度没有出现峰值(最大值经常出在曲线的两端)时,可直接以目标空隙率所对应的沥青用量 a_3 作为 OAC_1 ,但 OAC_1 必须介于 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 的范围内,否则应重新进行配合比设计。

A.6.3 以各项指标均符合技术标准(不含 VMA)的沥青用量范围 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 的中值作为 OAC_2 。

$$OAC_2 = (OAC_{min} + OAC_{max}) / 2 \quad (A.6.3)$$

A.6.4 通常情况下取 OAC_1 和 OAC_2 的中值作为计算的最佳沥青用量 OAC 。

$$OAC = (OAC_1 + OAC_2) / 2 \quad (A.6.4)$$

A.6.5 由上述各步计算得到的最佳沥青用量 OAC ,在图中得出所对应的空隙率和 VMA 值,检验是否能满足本规范中关于最小 VMA 值得要求。 OAC 宜位于 VMA 凹形曲线最小值的贫油一侧。

A.6.6 检查图中相应于此 OAC 的各项指标是否符合马歇尔试验技术标准。

A.6.7 根据工程实际情况、交通状况以及气候条件,适当调整最佳沥青用量 OAC 。

A.6.8 高模量沥青混合料中沥青胶结料被集料吸收的比例及有效沥青含量按照公式 (A.6.8.1) 和 (A.6.8.2) 计算。

$$p_{ba} = \frac{\gamma_{se} - \gamma_{sb}}{\gamma_{se} \times \gamma_{sb}} \times \gamma_b \times 100 \quad (A.6.8.1)$$

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (A.6.8.2)$$

式中, P_{ba} —高模量沥青混合料中被集料吸收的沥青结合料比例, %;

P_{be} —高模量沥青混合料中的有效沥青含量，%；

γ_{se} —矿料的有效相对密度，按式（A.5.5.1）计算，无量纲；

γ_{sb} —矿料的合成毛体积相对密度，按式（A.5.3）

γ_b —沥青的相对密度（25℃/25℃），无量纲；

P_b —沥青含量，%；

P_s —各种矿料占沥青混合料总质量的百分率之和，即 $P_s=100-P_b$ ，%。

有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按公式（A.6.8.3）及公式（A.6.8.4）计算。

$$V_{be} = \frac{\gamma_f \times P_{be}}{\gamma_b} \quad (\text{A.6.8.3})$$

$$V_g = 100 - (V_{be} + VV) \quad (\text{A.6.8.4})$$

A.6.9 检查最佳沥青用量时的粉胶比和有效沥青膜厚度。

（1）按照公式（A.6.9.1）计算沥青混合料的粉胶比，应符合 0.6~1.6 的要求。

$$FB = \frac{P_{0.075}}{P_{be}} \quad (\text{A.6.9.1})$$

式中， FB —粉胶比，沥青混合料的矿料中 0.075mm 通过率与有效沥青含量的比值，无量纲；

$P_{0.075}$ —矿料级配中 0.075mm 的通过率（水洗法），%；

P_{be} —有效沥青含量，%。

（2）按照公式（A.6.9.2）的方法计算集料的比表面积，按照公式（A.6.9.3）估算沥青膜有效厚度。各种集料粒径的表面积系数按表 A.6.9 采用。

$$SA = \sum (P_i \times FA_i) \quad (\text{A.6.9.2})$$

$$DA = \frac{P_{be}}{\gamma_b \times SA} \times 10 \quad (\text{A.6.9.3})$$

式中， SA —集料的比表面积， m^2/kg ；

P_i —各种粒径的通过百分率，%；

FA_i —相应于各种粒径的集料的表面积系数，如表 A.6.9 所列；

DA —沥青膜有效厚度， μm ；

P_{be} —有效沥青含量，%；

γ_b —沥青的相对密度（25℃/25℃），无量纲。

表 A.6.9 集料的表面积系数计算示例

筛孔尺寸 (mm)	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	集料比表面积总和 SA(m ² /kg)
表面积系数 FA _i	0.0041	—	—	—	—	0.0041	0.0082	0.0164	0.0287	0.0614	0.1229	0.3277	
通过百分率 P _i (%)	100	96.9	86.9	77.8	64.5	42.5	26.5	18.8	14.1	9.8	7.3	6.2	
比表面 FA _i ×P _i (m ² /kg)	0.41	—	—	—	—	0.17	0.22	0.31	0.40	0.60	0.90	2.03	5.045

A.7 配合比设计检验

A.7.1 高模量沥青混合料配合比设计结果应符合本规范关于各项路用性能的检验。不符合要求的高模量沥青混合料，可更换材料或重新进行配合比设计。

A.7.2 配合比设计检验应按计算确定的设计最佳沥青用量在标准试验条件下进行。按照 A.6 的方法将计算的设计沥青用量调整后作为最佳沥青用量，或者改变试验条件时，各项技术要求均应适当调整，不宜照搬。

A.8 配合比设计报告

A.8.1 配合比设计报告应包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量，以及各项体积指标、配合比设计检验结果等。试验报告的矿料级配曲线应按规定的方法绘制。

A.8.2 当按 A.6.7 调整沥青用量作为最佳沥青用量，宜报告不同沥青用量条件下的各项试验结果，并提出对施工压实工艺的技术要求。

本规范用词说明

1.为方便在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

（1）表示很严格，非这样做不可的：

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：

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：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2.条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《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》 GB/T 3682
2. 《原油和液体或固体石油产品 密度或相对密度的测定 毛细管塞比重瓶和带刻度双毛细管比重瓶法》 GB/T 13377
3. 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 JTG E20
4. 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
5. 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
6. 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
7. 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1

城镇道路高模量沥青混合料 设计与施工技术规范

(DBJ 14-090-2012)

条文说明

目 次

1.总则	40
2.术语和符号	41
2.1 术语.....	41
3.原材料技术指标.....	42
3.2 沥青胶结料.....	42
3.3 粗集料.....	42
3.4 细集料.....	42
3.6 高模量添加剂	42
4.配合比设计	44
4.1 配合比设计原则	44
4.2 配合比设计标准	44
5.施工	48
5.2 施工温度	48
5.3 混合料的拌和	48
5.5 混合料的摊铺	48
附录：A.高模量沥青混合料配合比设计方法.....	49
A.5 马歇尔试验	49
A.6 确定最佳沥青用量（或油石比）	50

Contents

1.General provisions	40
2.Terms and symbols	41
2.1 Terms.....	41
3.Technical standards of material.....	42
3.2 Asphalt binder	42
3.3 Coarse aggregate	42
3.4 Fine aggregate	42
3.6 High modulus additive	42
4.Mixture design	44
4.1 Principles of mixture design.....	44
4.2 Standards of mixture design	44
5.Construction.....	48
5.2 Construction temperature	48
5.3 Blending of mixture.....	48
Appendix : A .Design of high modulus asphalt mixture	49
A.5 Marshal experiment	49
A.6 Identification of the optimum asphalt content (or asphalt-aggregate ratio)	50

1.总则

1.0.1 本条规范规定了制定本规范的目的，是为了保证高模量沥青混合料的施工质量，使路面材料研究的新成果能够更好地服务于城镇道路建设。

1.0.2 城镇道路高模量沥青混合料适用于大交通量、长纵坡段城镇道路沥青路面，以及信号灯路口、公交车停靠站点等对沥青混合料面层动稳定度要求较高路段。

2.术语和符号

2.1 术语

2.1.3 高模量添加剂是由多种高分子聚合物及助剂在特定工艺下混炼而成的接枝化合物，有效成分为聚乙烯、聚丙烯、马来酸酐、防老剂、抗氧化剂、分散剂等。在生产沥青混合料的过程中投入到矿料中，受热融化并与矿料拌和均匀，提高沥青混合料的模量水平，起到防止车辙等高温病害的作用。

2.1.6 高模量沥青混合料主要解决城市道路沥青路面的高温变形类病害，各温度下的动态模量和标准试验条件下的动稳定度DS的大小是高模量沥青混合料的主要控制指标。其中，10Hz 的加载频率相当于行车速度为 65km/h，0.1Hz 的加载速度相当于慢速行车的情形。

3.原材料技术指标

3.2 沥青胶结料

3.2.1 高模量沥青混合料主要依靠高模量添加剂和沥青结合料的共同作用来提高抵抗高温变形类病害，沥青胶结料可采用常用的 70 号道路石油沥青。

(1) 在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中 PI 指数、60℃动力黏度和 10℃延度为选择性指标，在本规范中考虑到上述两项指标与高模量沥青混合料高低温路用性能的相关性比较大，故列为必选指标。

(2) 老化试验以 TFOT 为准，也可以 RTFOT 代替。

3.3 粗集料

3.3.2 坚固性试验可根据需要进行。对 S14 即 3mm~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%。

3.3.3 在高模量沥青混合料中沥青与集料粘附性不满足要求时，可以添加消石灰等代替部分矿粉，通常添加量为矿料总质量的 2%。

3.3.4 粗集料的粒径规格是除质量技术要求外的重要指标，本规范对于粗集料粒径规格的要求与现行《公路沥青路面施工技术规范》相同，满足规范要求的粗集料有利于配合比设计，并保证施工质量连续稳定。若具体施工项目管理有新规定的，其规定不宜低于本规范的要求。不符合规格要求的材料不得进场，不同规格的材料不得混放。

3.4 细集料

3.4.2 细集料的坚固性试验可根据需要决定是否进行。

3.4.3 天然砂是在自然条件下由岩石风化而来的细小岩石颗粒。与人工机制砂相比，天然砂原材料稳定性差，化学成分复杂，清洁度较低，且同一细度模数下级配波动较大，不宜较多使用，结合工程实际经验，将天然砂用量控制在 10%以下。

3.4.4 当生产石屑采用喷水抑制扬尘工艺时，应特别注意含粉量不得超过表中要求

3.6 高模量添加剂

3.6.1 熔融指数，全称熔液流动指数或熔体流动指数，是指塑胶材料加工时的流动性的数值，定义为：在规定条件下，一定时间内挤出的热塑性物料的量，也即熔体每 10min 通过标准口径毛细管的质量，用 MFR 表示，单位为 g/10min。该指标可表征热塑性塑料在熔融状态下的粘流特性，对保证热塑性塑料及其制品的质量，对调整生产

工艺，都有重要的指导意义。

4.配合比设计

4.1 配合比设计原则

4.1.2 高模量沥青混合料配合比设计中，当以 Superpave 设计方法时，空隙率按照 4% 进行控制。

4.2 配合比设计标准

4.2.1 高模量沥青混合料配合比设计中，级配范围的选定沿用现行《公路沥青路面施工技术规范》中相关要求，并在此范围内经试验确定最佳级配曲线，使其符合高模量沥青混合料有关技术指标和路用性能。

4.2.2 高模量沥青混合料配合比设计中，马歇尔试验方法同热拌沥青混合料配合比设计中试验方法相同。

室内拌和高模量沥青混合料时，将高模量添加剂与矿料一起投入拌和锅中，干拌一个周期（90s），结束后加入沥青，湿拌一个周期（90s），最后加入矿粉拌和一个周期（90s），完成高模量沥青混合料的室内制备。

4.2.3 高模量沥青混合料配合比设计检验指标应以动稳定度指标和各温度/频率下的动态模量值作为主要控制标准，其他指标以不导致沥青混合料出现早期损坏为依据，可沿用现行《公路沥青路面施工技术规范》中相关要求执行。随着近年来高模量沥青混合料工程项目与专项科研数据的不断积累，统计得出高模量沥青混合料动稳定度及动态模量标准如下：

（1）动稳定度

采用车辙试验机测定沥青混合料的动稳定度指标在我国道路行业的设计和施工单位已经相当普及，试验过程简单易行、操作方便。但是所测定动稳定度结果离散型较大，为保证本规范所提动稳定度指标的合理性，在大量试验数据统计回归的基础上，选取较大保证率（95%）系数所对应的下限值作为高模量沥青混合料标准条件（60℃，0.7MPa）下的动稳定度指标，如图 4.2.3.1，约为 8000 次/mm。

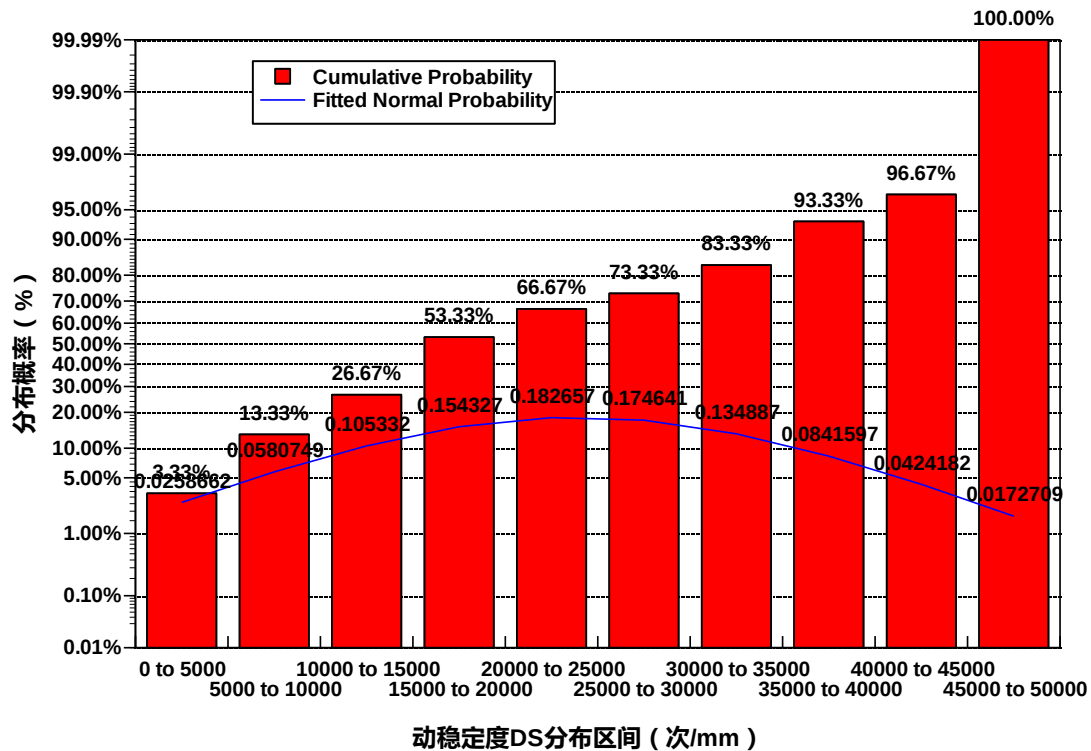


图 4.2.3.1 高模量沥青混合料动稳定度指标累计概率直方图及正态分布曲线

(2) 动态模量

动态模量测试采用沥青混合料基本性能测试系统，条件控制精准，数据稳定性及重现性较好，因此采用 90%保证率随对应的下限值作为技术标准，如图 4.2.3.2~图 4.2.3.4 所示。

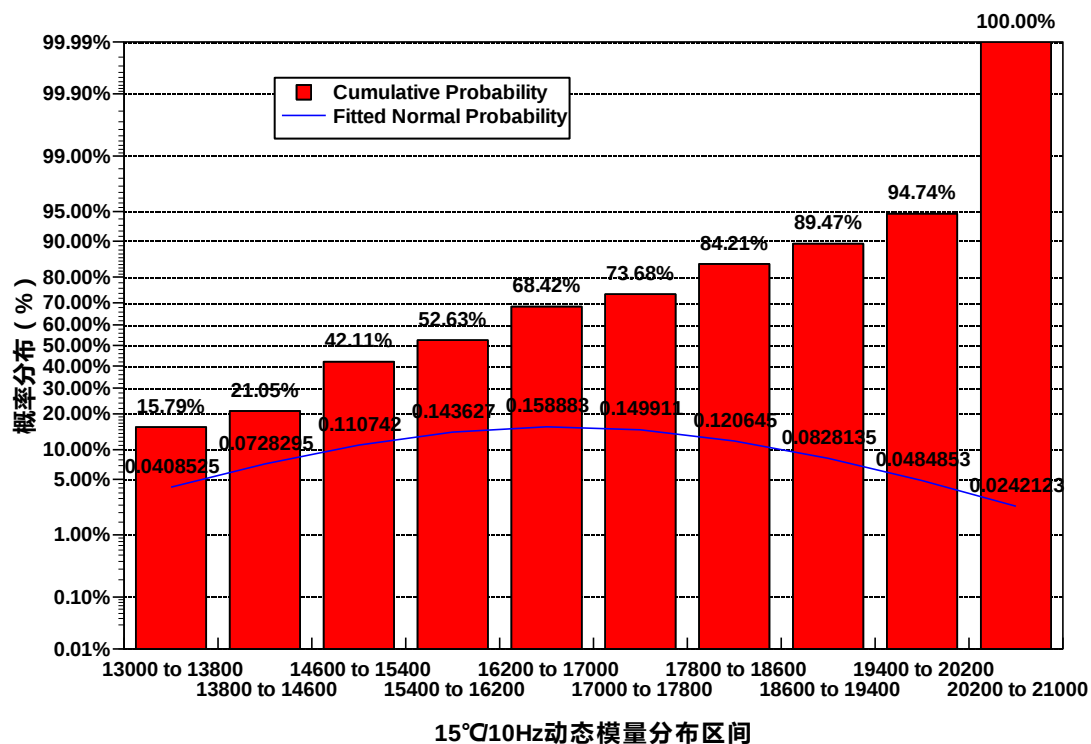


图 4.2.3.2 15℃/10Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

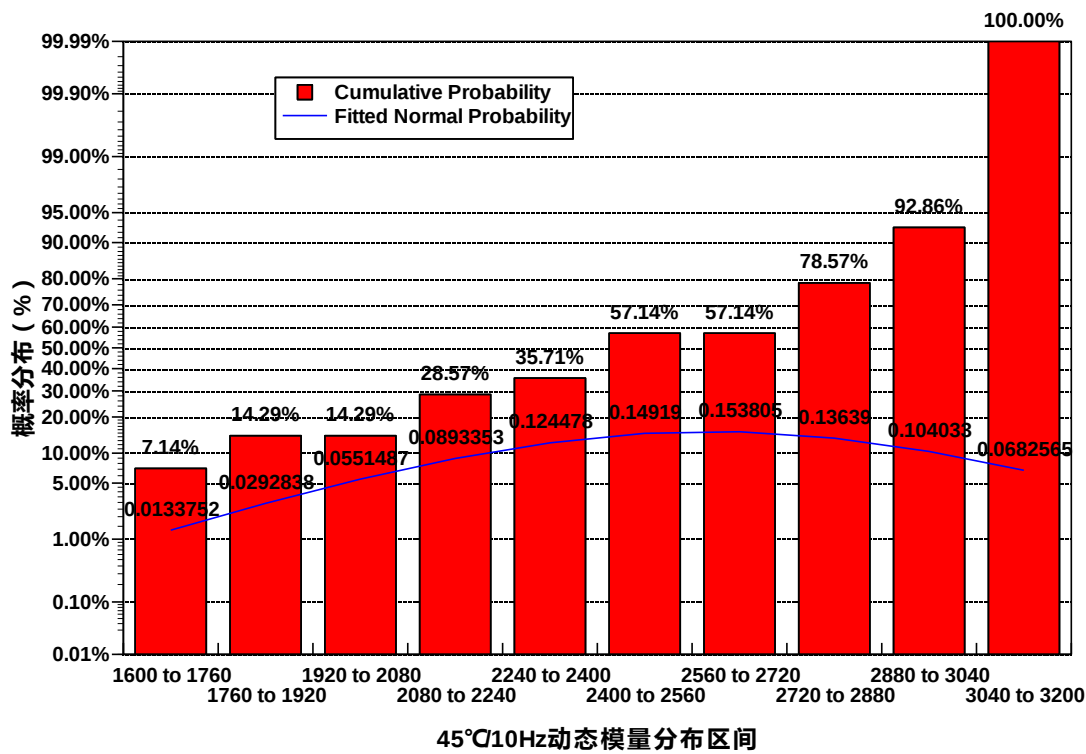


图 4.2.3.3 45℃/10Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

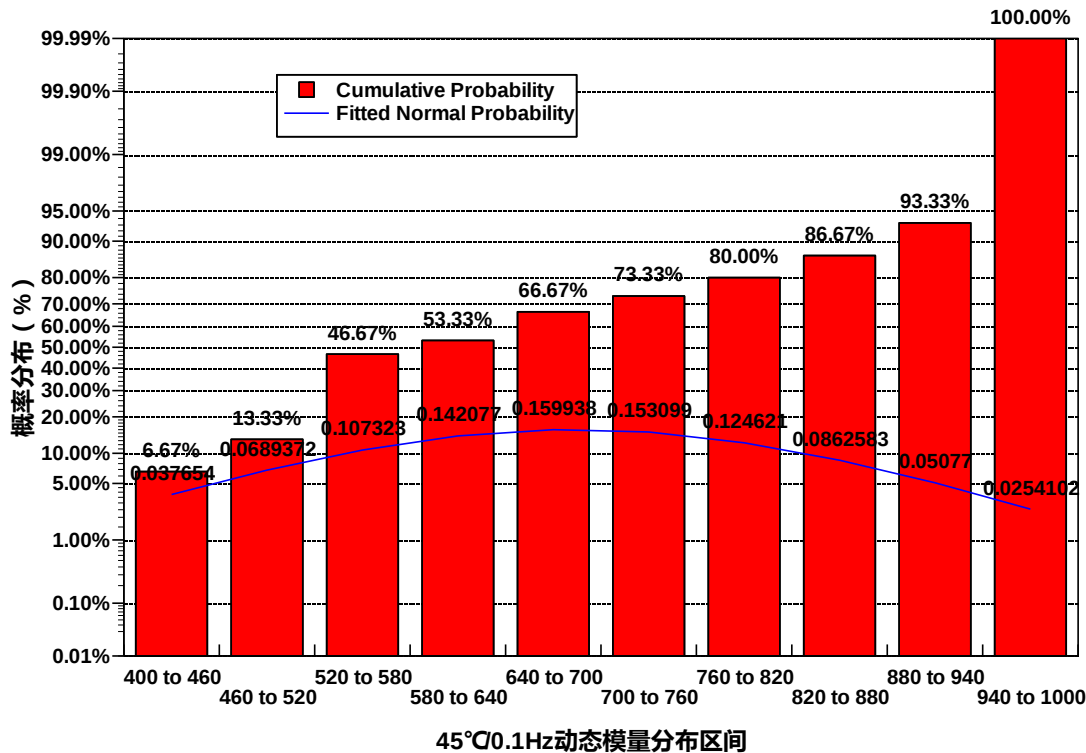


图 4.2.3.4 45℃/0.1Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

由上述分布统计得出高模量沥青混合料动态模量技术指标控制标准见表 4.2.3。

表 4.2.3 高模量沥青混合料动态模量技术标准

温度 (°C) / 频率 (Hz)	动态模量 (MPa)
15°C/10Hz	15000
45°C/10Hz	2200
45°C/0.1Hz	550

5.施工

5.2 施工温度

5.2.1 高模量沥青混合料施工温度范围，可在表 5.2.1 的基础上，根据工程实际情况进行选择，距离较远、气温较低时取高限；运距较近、气温较高时取低限。不可片面的为保证高模量沥青混合料到达现场的温度而盲目的提高拌和、出场温度，造成沥青老化，影响沥青路面的耐久性。

5.3 混合料的拌和

5.3.9 高模量添加剂应尽量采用专用机械自动计量加入。人工加入时，应配备足够的人员及可靠信号指示装置，防止漏加或少加。

5.3.10 高模量沥青混合料的拌和必须有足够的干拌以及湿拌时间。拌和时间太短，容易造成沥青胶结料裹覆不均匀，或高模量添加剂黏团、分散性差；拌和时间太长，可能会导致混合料过黏，难以压实。

5.5 混合料的摊铺

5.5.1 本条为强制性条文。高模量沥青混合料规定不得在低于最低气温和雨天、路面潮湿情况下施工是十分重要的。高模量沥青混合料摊铺和碾压温度要求高于普通沥青混合料，如在寒冷的气候条件或雨天及潮湿环境下施工，将加快高模量沥青混合料在摊铺现场的降温速度，严重影响高模量沥青路面的压实效果，开放交通后在车辆和其他自然环境条件下导致不必要的早期损坏。

附录：A.高模量沥青混合料配合比设计方法

A.5 马歇尔试验

A.5.3 按照公式 (A.5.3) 进行合成毛体积相对密度 γ_{sb} 的计算, 例如其中各档矿料比例 $P_1=36\%$, $P_2=19\%$, $P_3=11\%$, $P_4=31\%$, $P_5=3\%$, 各档矿料毛体积相对密度 $\gamma_1=2.702\text{g/cm}^3$, $\gamma_2=2.716\text{g/cm}^3$, $\gamma_3=2.638\text{g/cm}^3$, $\gamma_4=2.698\text{g/cm}^3$, $\gamma_5=2.709\text{g/cm}^3$, 于是得到:

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{36}{2.702} + \frac{19}{2.716} + \frac{11}{2.638} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} = 2.696\text{g/cm}^3$$

A.5.4 按照公式(A.5.4)进行合成表观相对密度的计算, 例如其中各档矿料比例 $P_1=36\%$, $P_2=19\%$, $P_3=11\%$, $P_4=31\%$, $P_5=3\%$, 各档矿料表观相对密度 $\gamma'_1=2.735\text{g/cm}^3$, $\gamma'_2=2.758\text{g/cm}^3$, $\gamma'_3=2.697\text{g/cm}^3$, $\gamma'_4=2.698\text{g/cm}^3$, $\gamma_5=2.709\text{g/cm}^3$, 于是得到:

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{36}{2.735} + \frac{19}{2.758} + \frac{11}{2.697} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} = 2.723\text{g/cm}^3$$

A.5.5 按照公式 (A.5.5.1-A.5.5.3) 进行合成有效相对密度 γ_{se} 的计算, 代入本条文说明 A.5.3 和 A.5.4 中计算得到的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 、合成表观相对密度 γ_{sa} , 得到:

$$\gamma_{se} = 0.830 \times 2.723 + (1 - 0.830) \times 2.696 = 2.718\text{g/cm}^3$$

$$C = 0.033 \times 0.367^2 - 0.2936 \times 0.367 + 0.9339 = 0.830$$

$$\omega_x = \left(\frac{1}{2.696} - \frac{1}{2.723} \right) \times 100 = 0.367$$

A.5.6 当采用计算法确定高模量沥青混合料最大理论密度时, 按照公式 (A.5.6) 进行计算, 例如高模量添加剂的用量 P_h 为 0.35%, 相对密度 γ_h 为 0.87g/cm^3 , 高模量沥青混合料沥青含量 P_{bi} 为 4.1%, 沥青胶结料的相对密度 γ_b 为 1.024g/cm^3 , 代入本条文说明 A.5.5 中计算得到的合成有效相对密度可以得到:

$$\gamma_{ti} = \frac{100 + 0.35}{\frac{95.9}{2.718} + \frac{4.1}{1.024} + \frac{0.35}{0.87}} = 2.528\text{g/cm}^3$$

A.5.7 高模量沥青混合料试件的空隙率 VV、矿料间隙率 VMA、有效沥青饱和度 VFA

等体积指标按照公式（A.5.7.1—A.5.7.3）进行计算，例如标准试件的毛体积密度 γ_t 为 2.427g/cm^3 ，代入本条文说明 A.5.6 中计算得到的最大理论密度，得到：

$$VV = \left(1 - \frac{2.427}{2.528}\right) \times 100 = 4\%$$

$$VMA = \left(1 - \frac{2.427}{2.696} \times \frac{95.9}{100}\right) \times 100 = 13.7\%$$

$$VFA = \frac{13.7 - 4}{13.7} \times 100 = 70.8\%$$

A.6 确定最佳沥青用量（或油石比）

A.6.8 高模量沥青混合料中沥青胶结料被集料吸收的比例及有效沥青含量按照公式（A.6.8.1）和公式（A.6.8.2）进行计算，例如已知矿料的合成有效相对密度 γ_{se} 为 2.718g/cm^3 ，合成毛体积相对密度 γ_{sb} 为 2.696g/cm^3 ，沥青胶结料的相对密度 γ_b 为 1.024g/cm^3 ，各档矿料占沥青混合料总质量的百分率之和 P_s 为 95.9%，可以得到：

$$p_{ba} = \frac{2.718 - 2.696}{2.718 \times 2.696} \times 1.024 \times 100 = 0.307\%$$

$$P_{be} = 4.1 - \frac{0.307}{100} \times 95.9 = 3.80\%$$

有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按公式（A.6.8.3）及公式（A.6.8.4）计算：

$$V_{be} = \frac{2.427 \times 3.80}{1.024} = 9.0\%$$

$$V_g = 100 - (9.0 + 4.0) = 87\%$$

A.6.9 检查最佳沥青用量时的粉胶比和有效沥青膜厚度。

（1）按照公式（A.6.9.1）计算沥青混合料的粉胶比，已知有效沥青含量 P_{be} 为 3.8%，可以得到：

$$FB = \frac{5.2}{3.8} = 1.36$$

（2）按照公式（A.6.9.2）的方法计算集料的比表面积，按照公式（A.6.9.3）估算沥青膜有效厚度，由表 A.6.9 计算得到相应于各种粒径的集料的表面积系数 FA_i 和集料的比表面积 SA ，可以得到：

$$DA = \frac{3.8}{1.024 \times 5.045} \times 10 = 7.356 \mu m$$