

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 238 – 2016
备案号 J 2273 – 2016

抗车辙沥青混合料应用技术规程

Technical specification for application of anti-rutting
asphalt mixture

2016 – 08 – 08 发布

2017 – 02 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1226 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《抗车辙沥青混合料应用技术规程》的公告

现批准《抗车辙沥青混合料应用技术规程》为行业标准，编号为 CJJ/T 238 - 2016，自 2017 年 2 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 8 月 8 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2013〕6 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结国内经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 原材料；4 配合比设计；5 施工；6 质量检验。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由济南城建集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送济南城建集团有限公司（地址：济南市天桥区汽车厂东路 29 号，邮编：250031）。

本 规 程 主 编 单 位：济南城建集团有限公司
浙江欣捷建设有限公司

本 规 程 参 编 单 位：山东建筑大学
贵阳市政建设有限责任公司
宁波市政工程建设集团股份有限公司
重庆建工第九建设有限公司
西安市第二市政工程公司
中太建设集团股份有限公司
石家庄市市政建设总公司
金磐集团有限公司
济南市市政工程有限公司
济南泉建市政工程检测有限公司
济南汇通联合市政工程有限责任公司
济南城建设计研究院有限责任公司

山东汇友园林有限公司

宁波宁大工程建设监理有限公司

吉林市市政建设有限责任公司

福建博成建筑工程有限公司

本规程主要起草人员：任瑞波 许 庚 孙 杰 王立志
徐 强 杜世培 赵 军 耿立涛
王 鹏 周朝阳 于海祥 严应斌
张宽锋 钱钢新 张国栋 吕守明
杨茂和 王立强 杨 进 郭振清
史红军 丁尚辉 朱相波 王维锋
张成凯 杨 辉 高 瑞 闫吉祥
赵瑞涛 管小军 刘世鹏 叶福全
本规程主要审查人员：张 汎 王 林 吴思刚 毕玉峰
郝培文 徐 波 王 甦 张红春
郑晓光

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	3
3.1	一般规定	3
3.2	沥青	3
3.3	粗集料	4
3.4	细集料	6
3.5	填料	8
3.6	抗车辙添加剂	9
4	配合比设计	10
4.1	一般规定	10
4.2	混合料设计要求	10
4.3	配合比设计	13
5	施工	15
5.1	施工准备	15
5.2	施工温度	15
5.3	搅拌	16
5.4	运输	17
5.5	摊铺	17
5.6	压实及成型	18
5.7	接缝	19
5.8	开放交通	19
6	质量检验	20

附录 A 沥青路面使用性能气候分区	24
附录 B 配合比设计方法	26
B.1 配合比设计流程	26
B.2 马歇尔试验	26
B.3 最佳沥青用量	28
附录 C 车辙试验方法	32
C.1 一般规定	32
C.2 试验机主要技术要求	32
C.3 试验方法与步骤	32
C.4 计算与报告	33
本规程用词说明	34
引用标准名录	35
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	Material	3
3.1	General Requirements	3
3.2	Asphalt	3
3.3	Coarse Aggregate	4
3.4	Fine Aggregate	6
3.5	Filler	8
3.6	Anti-rutting Additive	9
4	Mixture Design	10
4.1	General Requirements	10
4.2	Standard of Mixture Design	10
4.3	Mixture Design	13
5	Construction	15
5.1	Construction Preparation	15
5.2	Construction Temperature	15
5.3	Blending	16
5.4	Transportation	17
5.5	Paving	17
5.6	Compaction and Shaping	18
5.7	Seaming	19
5.8	Open to Traffic	19
6	Test of Quality	20

AppendixA	Asphalt Pavement Performance	
	Climate Zone	24
Appendix B	Method of Mixture Design	26
B. 1	Procedures of Mixture Design	26
B. 2	Marshal Experiment	26
B. 3	Optimum Asphalt Content	28
Appendix C	Rutting Test	32
C. 1	General Requirements	32
C. 2	Main Technical Requirements	32
C. 3	Method and Procedures	32
C. 4	Calculation and Report	33
	Explanation of Wording in This Specification	34
	List of Quoted Standards	35
	Addition: Explanation of Provisions	37

1 总 则

1.0.1 为规范抗车辙沥青混合料在城镇道路建设中的应用，指导抗车辙沥青混合料的设计、施工和质量检验，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级城镇道路抗车辙沥青混合料的设计、施工和质量检验。

1.0.3 抗车辙沥青混合料设计、施工和质量检验，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 抗车辙添加剂 anti-rutting additive

为提高沥青混合料抗车辙能力而添加的高分子化合物外掺剂。

2.1.2 抗车辙沥青混合料 anti-rutting asphalt mixture

指通过干法加入抗车辙添加剂，提高沥青路面高温稳定性的一种混合材料。

2.2 符 号

P_h ——抗车辙添加剂的用量，以矿料和沥青总质量的外掺百分率表示；

γ_h ——抗车辙添加剂的密度。

3 原 材 料

3.1 一 般 规 定

- 3.1.1 生产矿料用的原石不得含有土块、杂物，堆放集料成品的场地应进行硬化处理。
- 3.1.2 抗车辙沥青混合料的各种原材料运至搅拌站后，必须取样进行质量检验，经检验合格后方可使用。
- 3.1.3 集料粒径规格应以方孔筛为准；不同料源、品种和规格的集料不得混杂堆放。

3.2 沥 青

- 3.2.1 抗车辙沥青混合料宜采用 A 级普通道路石油沥青，其技术要求应符合表 3.2.1 的规定，沥青路面使用性能气候分区应执行本规程附录 A 的规定。

表 3.2.1 A 级普通道路石油沥青技术要求

指 标	单位	沥青标号				
		90 号				
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	80~100				
适用的气候分区		1-1	1-2	1-3	2-2	2-3
针入度指数 PI	—	-1.5~+1.0				
软化点(R&B)	℃	≥45			≥44	
60℃动力黏度	Pa·s	≥160			≥140	
10℃延度	cm	≥45	≥30	≥20	≥30	≥20
15℃延度	cm	≥100				
蜡含量(蒸馏法)	%	≤2.2				
闪点	℃	≥245				
溶解度	%	≥99.5				
密度(15℃)	g/cm ³	实测记录				
TFOT 或 RTFOT 后						
质量变化	%	±0.8				
残留针入度比(25℃)	%	≥57				
残留延度(10℃)	cm	≥8				

续表 3.2.1

指 标	单位	沥青标号						试验方法
		70 号				50 号		
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	60~80				40~60	T 0604	
适用的气候分区	—	1-3	1-4	2-2	2-3	2-4	1-4	—
针入度指数 PI	—	-1.5~+1.0						T 0604
软化点(R&B)	℃	≥46		≥45		≥49		T 0606
60℃动力黏度	Pa·s	≥180		≥160		≥200		T 0620
10℃延度	cm	≥20	≥15	≥25	≥20	≥15	≥15	T 0605
15℃延度	cm	≥100				≥80		
蜡含量(蒸馏法)	%	≤2.2						T 0615
闪点	℃	≥260						T 0611
溶解度	%	≥99.5						T 0607
密度(15℃)	g/cm ³	实测记录						T 0603
TFOT 或 RTFOT 后							T 0610 或	
质量变化	%	±0.8						
残留针入度比(25℃)	%	≥61				≥63		T 0604
残留延度(10℃)	cm	≥6				≥4		T 0605

注：表中试验方法按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

3.2.2 沥青在运输、使用及储存过程中应采取防水措施，雨水或加热管道蒸汽不得进入沥青中。

3.3 粗 集 料

3.3.1 抗车辙沥青混合料所采用的粗集料应优先使用碎石；当缺乏碎石料源时，可采用破碎砾石，破碎砾石破碎面的技术要求应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 破碎砾石破碎面的技术要求

路面结构层位	道路等级	具有一定数量破碎面砾石的含量(%)		试验方法
		1 个破碎面	2 个及 2 个以上破碎面	
表面层	快速路、主干路	100	90	T 0346
	其他等级道路	80	60	
中、下面层	快速路、主干路	90	80	
	其他等级道路	70	50	

注：表中试验方法按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.3.2 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙，其技术要求应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 粗集料技术要求

指 标		单位	技术要求			试验方法
			快速路、主干路		其他等级 道路	
			表面层	其他层位		
石料压碎值		%	≤26	≤28	≤30	T 0316
洛杉矶磨耗值		%	≤28	≤30	≤35	T 0317
表观相对密度		—	≥2.60	≥2.50	≥2.45	T 0304
吸水率		%	≤2.0	≤3.0	≤3.0	
坚固性		%	≤12	≤12	—	T 0314
针片状 含量	混合料	%	≤15	≤18	≤20	T 0312
	其中粒径大于或 等于 9.5mm		≤12	≤15	—	
	其中粒径小于 9.5mm		≤18	≤20	—	
水洗法小于 0.075mm 颗粒含量		%	≤1	≤1	≤1	T 0310
软石含量		%	≤3	≤3	≤5	T 0320

- 注：1 表中试验方法按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。
- 2 坚固性试验可根据需要进行。
- 3 对 S14 即公称粒径为 3mm~5mm 的粗集料，针片状颗粒含量可不作要求，小于 0.075mm 含量可放宽到 3%。

3.3.3 粗集料与沥青的黏附性、磨光值应符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 粗集料与沥青的黏附性、磨光值技术要求

雨量气候区		潮湿区	湿润区	半干旱	干旱区	试验方法
年降雨量（mm）		>1000	1000~500	500~250	≤250	本规程 附录 A
磨光值 PSV	快速路、主 干路表面层	≥42	≥40	≥38	≥36	T 0321

续表 3.3.3

雨量气候区		潮湿区	湿润区	半干旱	干旱区	试验方法
沥青与粗集料的黏附性	快速路、主干路表面层	≥5	≥4	≥4	≥4	T 0616
	其他等级道路和层位	≥4	≥4	≥4	≥4	T 0616

- 注：1 表中试验方法按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。
- 2 在本规程中凡用“~”表示的数字区间，上限数字包括上限数字本身，下限数字则不包括下限数字本身。如：1000~500 表示小于或等于 1000，大于 500。

3.3.4 粗集料的粒径规格应符合表 3.3.4 的要求。

表 3.3.4 粗集料粒径规格要求

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	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	—	—
S11	5~15	—	—	—	100	90~100	40~70	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
S14	3~5	—	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~3

3.4 细集料

3.4.1 抗车辙沥青混合料中的细集料宜采用机制砂、石屑或天然砂。

3.4.2 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并应满足级配要求，其技术要求应符合表 3.4.2 的规定。

表 3.4.2 细集料技术要求

指 标	单位	技术要求		试验方法
		快速、主干路	其他等级道路	
表观相对密度	—	≥ 2.50	≥ 2.45	T 0328
坚固性 ($>0.3\text{mm}$ 部分)	%	≤ 12	—	T 0340
含泥量 ($<0.075\text{mm}$ 的含量)	%	≤ 3	≤ 5	T 0333
砂当量	%	≥ 60	≥ 50	T 0334
亚甲蓝	g/kg	≤ 2.5	—	T 0349
棱角性 (流动时间)	s	≥ 30	—	T 0345

注：表中试验方法按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.4.3 天然砂应采用河砂，且宜为粗、中砂，其规格应符合表 3.4.3 的要求。当砂的含泥量超过规定时，应水洗后方可使用。抗车辙沥青混合料中天然砂的掺量不宜超过矿料总量的 15%。

表 3.4.3 天然砂规格要求

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 细集料中机制砂和石屑规格应符合表 3.4.4 的规定。机制砂宜采用专用的制砂机制造，并应选用优质石料生产，其级配

应符合表 3.4.4 中 S16 的要求。快速路和主干路的抗车辙沥青混合料宜将 S16 与本规程表 3.3.4 中 S14 组合使用，S15 宜在其他等级沥青路面中使用。

表 3.4.4 机制砂及石屑规格要求

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 抗车辙沥青混合料所用填料宜采用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，其技术要求应符合表 3.5.1 的规定。

表 3.5.1 矿粉技术要求

项 目		单位	快速路 主干路	其他 等级道路	试验方法
表观密度		t/m³	≥2.50	≥2.45	T 0352
含水量		%	≤1	≤1	T 0103
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

注：表中试验方法 T 0103 按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 执行，其余按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.5.2 抗车辙沥青混合料不得将搅拌机除尘装置产生的粉尘作

为填料回收使用。

3.6 抗车辙添加剂

3.6.1 抗车辙添加剂技术要求应符合表 3.6.1 的规定。

表 3.6.1 抗车辙添加剂技术要求

项 目	单位	技术要求	试验方法
密度	kg/m³	800~1100	GB/T 1033.1
熔融指数 (190℃，2.16kg)	g/10min	≥1.5	GB/T 3682
吸水率	%	≤0.5	GB/T 1034

- 注：1 表中密度指标试验方法按现行国家标准《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 1033.1 执行。
- 2 表中熔融指数试验方法按现行国家标准《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 执行。
- 3 表中吸水率试验方法按现行国家标准《塑料 吸水性的测定》GB/T 1034 执行。

3.6.2 抗车辙添加剂掺量应根据试验验证后确定，且抗车辙沥青混合料应满足本规程设计要求。

3.6.3 抗车辙添加剂应存放在室内或有棚盖的地方。在运输、存储、使用过程中应避免受潮，并远离火源。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 抗车辙沥青混合料宜采用连续密级配沥青混凝土组成设计，类型与规格应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 抗车辙沥青混合料类型与规格

混合料类型	混合料符号	公称最大粒径 (mm)	最大粒径 (mm)
粗粒式	AC-25	26.5	31.5
中粒式	AC-20	19	26.5
	AC-16	16	19
细粒式	AC-13	13.2	16
	AC-10	9.5	13.2

4.1.2 各层抗车辙沥青混合料类型与规格的选用应满足其路面结构层位功能要求。

4.1.3 沥青面层集料的公称最大粒径宜从表面层往下逐渐增大，压实层厚度宜为公称最大粒径的 2.5 倍~3 倍。

4.2 混合料设计要求

4.2.1 抗车辙沥青混合料应在对同类道路配合比设计和使用情况调查基础上，选用符合要求的材料，进行配合比设计。

4.2.2 抗车辙沥青混合料的矿质混合料级配应符合表 4.2.2 规定的级配范围。

表 4.2.2 抗车辙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 (%)				
	AC-10	AC-13	AC-16	AC-20	AC-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

4.2.3 抗车辙沥青混合料应采用马歇尔配合比设计方法，并应符合本规程附录 B 的规定，技术指标应符合表 4.2.3 的规定，并应有良好的施工性能。当采用其他方法设计抗车辙沥青混合料时，应按本规程的规定进行马歇尔试验及各项配合比设计的检验。

表 4.2.3 抗车辙沥青混合料马歇尔试验技术指标

试验指标	单位	技术指标
击实次数 (双面)	次	75
试件尺寸	mm	$\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$
空隙率 (VV)	%	3~5
稳定度 (MS)	kN	≥ 8
流 值 (FL)	mm	2~4

续表 4.2.3

试验指标		单位	技术指标				
矿料 间隙率 (VMA) (%) ≥	设计空隙率 (%)	相应于以下公称最大粒径（mm）的 最小 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			70~85	

4.2.4 抗车辙沥青混合料配合比设计结果应按下列要求进行检验：

1 应在试验温度为 70℃、轮压为 1.0MPa、试验时间为 60min 条件下进行车辙试验，动稳定度不应小于 3000 次/mm，试验方法应按本规程附录 C 执行。

2 应在规定的试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验，检验抗车辙沥青混合料的水稳定性，并应符合表 4.2.4-1 的规定。

表 4.2.4-1 抗车辙沥青混合料水稳定性检验技术要求

检验项目	单位	技术要求	试验方法
残留马歇尔稳定度	%	≥85	T 0709
冻融劈裂残留强度比	%	≥80	T 0729

注：表中试验方法按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

3 应在规定的试验条件下（-10℃、50mm/min）进行低温弯曲试验，测定破坏强度、破坏应变和劲度模量，并应根据应力应变曲线形状评价抗车辙沥青混合料的低温抗裂性能。其中破坏应变宜符合表 4.2.4-2 的规定。

表 4.2.4-2 抗车辙沥青混合料低温弯曲试验破坏应变（ $\mu\epsilon$ ）技术要求

气候条件与 技术指标	年极端最低气温（℃）及分区				试验方法
	≤ -37.0	$-21.5 \sim -37.0$	$-9.0 \sim -21.5$	> -9.0	
	冬严寒区	冬寒区	冬冷区	冬温区	
破坏应变 （ $\mu\epsilon$ ）	≥ 2600	≥ 2300	≥ 2000		T 0715

注：表中试验方法按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

4 宜利用轮碾机成型车辙试件，脱模架起进行渗水试验，渗水系数不应大于 120 mL/min，试验方法应按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 的 T 0730 执行。

4.3 配合比设计

4.3.1 抗车辙沥青混合料设计应符合下列步骤和要求：

- 1 目标配合比设计阶段。应按本规程附录 B 的方法，优选矿料级配、确定最佳沥青用量，作为目标配合比。
- 2 生产配合比设计阶段。应取样测试各热料仓的矿料级配，确定各热料仓的比例，供搅拌机控制室使用。应结合室内试验与搅拌机取样试验，综合确定生产配合比的最佳沥青用量，最佳沥青用量与目标配合比设计结果的差值宜为 $\pm 0.2\%$ 。
- 3 生产配合比验证阶段。应按生产配合比结果进行试拌、铺筑试验段、确定标准配合比。

4.3.2 抗车辙沥青混合料路面试验段铺筑应符合下列规定：

- 1 应按生产配合比结果进行试拌，并取样进行马歇尔试验。
- 2 应检验各种施工机械的类型、数量及组合方式的匹配性。
- 3 应通过试拌确定搅拌机的操作工艺，检验计算机打印装置的可信度。
- 4 应通过试验段确定摊铺、压实工艺、松铺系数等。

5 应从试验段上钻取芯样测定空隙率，应验证抗车辙沥青混合料生产配合比设计。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。

6 应采用钻孔法检验沥青路面压实度；当采用无核密度仪时，应建立用钻孔法与无核密度仪检测的路面密度对比关系，确定压实度的标准检测方法。无破损检测应在碾压成型后热态测定，取 13 个点的平均值为 1 组数据，一个试验段的数据不应少于 3 组。钻孔法应在第 2 天或第 3 天后测定，钻孔数不应少于 12 个。

7 应检测试验段的渗水系数。

4.3.3 最终确定的抗车辙沥青混合料配合比应符合本规程关于各项路用性能的技术检验。对不符合本规程技术要求的，应更换材料或重新进行配合比设计。

4.3.4 通过各项检验的配合比设计结果应出具配合比设计报告，内容应包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择、原材料质量试验结果、矿料级配及曲线、最佳沥青含量，以及各项体积指标、配合比设计检验结果等。矿料级配曲线应按规定的方法绘制。

4.3.5 应确定施工级配允许波动范围。应根据配合比设计结果及本规程表 6.0.2 要求中各筛孔的允许波动范围，制定施工用的级配控制范围。

4.3.6 试验段铺筑结束后，应对各项试验内容提出完整的试验段施工、检测报告。

4.3.7 经过试验段确定的标准配合比及施工参数在施工过程中不得随意变更。生产过程中应加强跟踪检测，应控制进场材料质量。当材料发生变化并经检测抗车辙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，必要时应重新进行配合比设计。

5 施 工

5.1 施 工 准 备

5.1.1 抗车辙沥青混合料施工前，路面的下承层应保持清洁，平整度和强度应满足要求。

5.1.2 施工前应对沥青搅拌站、摊铺机、压路机等各种施工机械和设备进行调试，应对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行检查和标定。

5.1.3 当原材料试验、配合比设计结果符合本规程要求后方可开工。

5.2 施 工 温 度

5.2.1 抗车辙沥青混合料施工的环境最低气温不应低于 15℃，路表温度不应低于 10℃。雨、雪、五级大风等恶劣天气及路面潮湿的情况下严禁施工。

5.2.2 抗车辙沥青混合料施工温度，可根据实际情况按表 5.2.2 确定。

表 5.2.2 抗车辙沥青混合料施工温度

工 序	施工温度 (°C)			测量部位
	50 号	70 号	90 号	
沥青加热温度	160~170	155~165	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	175~185			运料车
混合料废弃温度	≥195			运料车
混合料存储温度	≥175			运料车及存储罐
摊铺温度	≥170			摊铺机

续表 5.2.2

工 序	施工温度 (°C)			测量部位
	50 号	70 号	90 号	
初压温度	≥ 165			摊铺层内部
碾压终了温度	≥ 110			摊铺层内部
开放交通时路面温度	≤ 50			路表

注：当摊铺层较薄或外界气温较低时取高值，反之取低值。

5.3 搅 拌

5.3.1 抗车辙沥青混合料宜采用间歇式搅拌机拌制，并应符合下列规定：

- 1 搅拌能力应满足施工进度要求。
- 2 冷料仓的数量不宜少于 5 个，且应配置抗车辙添加剂的投放设备。
- 3 冷料供料装置应经标定得出集料供料曲线。
- 4 振动筛规格应与矿料规格相匹配，不同级配混合料应配置不同的筛孔组合。
- 5 搅拌设备上各种传感器必须定期检定，不应少于每年一次。
- 6 搅拌机的矿粉仓应配备振动装置。

5.3.2 抗车辙沥青混合料的生产温度应符合本规程表 5.2.2 中的要求。烘干集料的残余含水量不得大于 0.3%。

5.3.3 抗车辙添加剂应由专用管道及送料器直接加入搅拌锅。

5.3.4 抗车辙沥青混合料搅拌时间应根据具体情况经试拌确定，沥青及抗车辙添加剂应均匀裹覆集料。间歇式搅拌机每盘干拌时间不应少于 15s，加入沥青后的搅拌时间不少于 40s；当沥青或抗车辙添加剂裹覆不均匀时，应延长搅拌时间。

5.3.5 沥青混合料出厂时，应逐车检测沥青混合料的重量和温度。

5.4 运 输

5.4.1 抗车辙沥青混合料宜采用较大吨位的运料车运输，进入现场后不得紧急制动、急弯掉头。施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。

5.4.2 运料车每次使用前后必须清扫干净，并应在车厢板上涂隔离剂，但不得有余液积聚在车厢底部。当从搅拌机向运料车上装料时，应按前、后、中的顺序来回挪动汽车位置，平衡装料。运料车应采取保温、防雨和防污染措施。

5.4.3 当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杂物。不得使用遭雨淋、结成团块及不符合施工温度要求的混合料。

5.4.4 摊铺过程中运料车应在摊铺机前 100mm~300mm 处停住并空挡等候，由摊铺机推动前进并缓慢卸料。

5.5 摊 铺

5.5.1 抗车辙沥青混合料应采用履带式摊铺机摊铺，受料斗应涂刷薄层隔离剂。

5.5.2 快速路、主干路宜采用两台及以上的摊铺机联合摊铺，两幅之间应有 30mm~60mm 宽度的搭接，并应避开车道轮迹带，上下层的搭接位置宜错开 200mm 及以上。

5.5.3 摊铺机开工前应提前 0.5h~1h 预热熨平板至 120℃ 以上。铺筑过程中应调节熨平板的振捣或夯锤压实装置至适宜的振动频率和振幅。熨平板加宽连接应调节至摊铺的混合料无明显的离析痕迹。

5.5.4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续摊铺，不得随意变换速度或中途停顿。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，应及时消除。

5.5.5 摊铺机应采用自动找平方式，下面层宜采用钢丝绳引导的高程控制方式，中面层和表面层应采用平衡梁式或雪橇式摊铺

厚度控制方式。匝道等小半径弯道宜采用滑靴自动找平方式。

5.5.6 摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱及横坡。

5.5.7 摊铺机螺旋布料器的转动速度应稳定、均衡，并应与摊铺速度相适应，螺旋布料器的两侧应保持不少于 2/3 高度的混合料。

5.6 压实及成型

5.6.1 抗车辙沥青混合料压实层的最大厚度不宜大于 100mm。

5.6.2 路面施工配备的压路机数量应与摊铺能力相匹配。

5.6.3 压路机碾压速度及方式应符合表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 压路机碾压速度 (km/h) 及方式

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮压路机	2~3	3	3~4.5	5	3~5	5
	振动		振动		静压	
胶轮压路机	—		3~4	4	—	

5.6.4 混合料的碾压温度应符合本规程第 5.2.2 条的规定，碾压工艺应符合下列规定：

1 初压应紧跟摊铺机后进行，应采用钢轮压路机振动碾压 2~3 遍。初压后应检查平整度和路拱；当平整度和路拱有严重缺陷时，应进行修整乃至返工。

2 复压应紧跟初压后进行，宜采用 25t 及以上胶轮压路机碾压 4~6 遍。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。

3 终压应紧跟在复压后进行，并应选用钢轮压路机，静压不宜少于 2 遍，应无明显轮迹。

5.6.5 碾压过程中碾压轮应保持清洁，可对钢轮涂刷隔离剂或防粘剂，但严禁刷柴油。

5.6.6 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 沥青路面施工应接缝紧密、连接平顺，不得产生接缝离析。上下层的纵向热接缝应错开 150mm 及以上，冷接缝应错开 300mm~400mm。相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位 1m 及以上。

5.7.2 当采用梯队摊铺作业时，纵缝应采用热接缝，并应预留 100mm~200mm 与后续摊铺沥青混合料一同碾压。

5.7.3 表面层接缝应采用平接缝，以下各层可采用斜接缝，层较厚时也可做阶梯形接缝。

5.7.4 冷接缝应对茬面涂少量沥青并预热。

5.8 开 放 交 通

5.8.1 抗车辙沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却至表面温度低于 50℃后，方可开放交通。

5.8.2 铺筑好的抗车辙沥青路面应在通车前控制交通，并应采取路面保护措施。

6 质量检验

主控项目

6.0.1 原材料质量检验应符合下列规定：

1 A 级道路石油沥青的品种、标号应符合国家现行有关标准和本规程第 3 章的有关规定。

检查数量：按同一生产厂家、同一品种、同一标号、同一批号连续进场的沥青每批次（每 100t 为 1 批）抽检 1 次。

检验方法：查出厂合格证、检验报告，并进场复检。

2 沥青混合料所选用的粗集料、细集料、填料、抗车辙添加剂等的质量及规格应符合本规程第 3 章的有关规定。

检查数量：按不同品种产品进场批次，每批检查 1 次。

检验方法：观察、核查检验报告，并复检。

6.0.2 沥青混合料的质量检验应符合表 6.0.2 的规定。

表 6.0.2 沥青混合料质量检验

项 目		允许偏差		检查数量	检验方法
		城市快速路、主干路	其他等级道路		
搅拌温度	沥青、集料的加热温度	符合本规程规定		逐盘检测评定	传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	符合本规程规定		逐车检测评定	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	传感器自动检测、显示并打印

续表 6.0.2

项 目		允许偏差		检查数量	检验方法
		城市快速 路、主干路	其他等级 道路		
矿料 级配 (筛孔)	0.075mm	$\pm 2\%$	—	逐盘在线检测	计算机采集数据 计算
	2.36mm	$\pm 5\%$	—		
	4.75mm	$\pm 6\%$	—		
	0.075mm	$\pm 1\%$	—	逐盘检查, 每 天汇总 1 次取平 均值评定	总量检验
	2.36mm	$\pm 2\%$	—		
	4.75mm	$\pm 2\%$	—		
	0.075mm	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	每台搅拌机每天 1~2 次, 以 2 个 试样的平均值评定	T 0725
	2.36mm	$\pm 5\%$	$\pm 6\%$		
	4.75mm	$\pm 6\%$	$\pm 7\%$		
沥青用量 (油石比)		$\pm 0.3\%$	—	逐盘在线监测	计算机采集数据 计算
		$\pm 0.1\%$	—	逐盘检查, 每 天汇总 1 次取平 均值评定	总量检验
		$\pm 0.3\%$	$\pm 0.4\%$	每台搅拌机每 天 1~2 次, 以 2 个试样的平均值 评定	T 0722、T0721
马歇尔试验: 空隙率、稳定 度、流值		符合本规程规定		每台搅拌机每 天 1~2 次, 以 4~6 个试件的平 均值评定	本规程附录 B T 0709
浸水马 歇尔试验		符合本规程规定		每台搅拌机每 天 1~2 次, 以 4~6 个试件的平 均值评定	T 0702、T 0709

续表 6.0.2

项 目	允许偏差		检查数量	检验方法
	城市快速 路、主干路	其他等级 道路		
车辙试验	符合本规程规定		每台搅拌机每天 1~2 次, 以 3 个 试件的平均值评定	本规程附录 C

注: 表中试验方法 T 0981 按现行行业标准《公路路基路面现场测试规程》JTG E60 执行, 其余按现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

6.0.3 抗车辙沥青混合料面层质量检验的主控项目应符合下列规定:

1 沥青混合料面层压实度不应小于 96%。

检查数量: 每 1000m²测 1 点。

检验方法: 取芯检测。

2 每一层的厚度及面层总厚度应符合设计规定, 允许偏差为 +10mm~ -5mm。

检查数量: 每 1000m²测 1 点。

检验方法: 钻孔取芯, 用钢尺量。

3 弯沉值不应大于设计规定。

检查数量: 每车道、每 20m, 测一点。

检验方法: 弯沉仪检测。

一 般 项 目

6.0.4 抗车辙沥青混合料面层质量检验的一般项目应符合下列规定:

1 表面应平整、坚实, 接缝紧密, 无枯焦; 不应有明显轮迹、推挤裂缝、脱落、烂边、油斑、掉渣等现象, 不得污染其他构筑物。面层与路缘石、平石及其他构筑物应接顺, 不得有积水现象。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

2 抗车辙沥青混合料面层允许偏差应符合表 6.0.4 的规定。

表 6.0.4 抗车辙沥青混合料面层允许偏差

项 目		允许偏差		检验频率			检验方法	
				范围	点数			
纵断高程（mm）		±15		20m	1		用水准仪测量	
中线偏位（mm）		≤20		100m	1		用经纬仪测量	
平整度（mm）	标准差 σ 值	快速路、 主干路	1.5	100m	路宽 （m）	<9	1	用 测 平 仪 或 3m 直尺检测
		次干路、 支路	2.4			9~15	2	
						>15	3	
	最大间隙	次干路、 支路	5	20m	路宽 （m）	<9	1	用 3m 直尺和塞 尺连续量取两尺， 取最大值
9~15						2		
>15						3		
宽度（mm）		不小于设计值		40m	1		用钢尺量	
横坡		±0.3%且不反坡		20m	路宽 （m）	<9	2	用水准仪测量
						9~15	4	
						>15	6	
井框与路面高差 （mm）		≤5		每座	1		十字法，用直尺、塞尺量取最大值	
抗滑	摩擦系数	符合设计要求	200m	1		摆式仪		
	构造深度	符合设计要求	200m	全线连续		横向力系数车		
沥青层层面上的 渗水系数		120mL/min		200m	3		T 0971	

- 注：1 测平仪为全线每车道连续检测每 100m 计算标准差 σ ；无测平仪时可采用 3m 直尺检测。平整度、抗滑性能也可采用自动检测设备进行检测。
- 2 中面层、底面层仅进行中线偏位、平整度、宽度、横坡的检测。
- 3 渗水系数适用于公称最大粒径等于或小于 19mm 的沥青混合料，在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定，且仅适用于要求密水的密级配沥青混合料。
- 4 表中试验方法 T 0971 按现行行业标准《公路路基路面现场测试规程》JTG E60 执行。

附录 A 沥青路面使用性能气候分区

A.0.1 应采用工程所在地最近 30 年内年最热月的平均日最高气温的平均值作为气候区划的一级指标，高温气候分区宜按表 A.0.1 执行。

表 A.0.1 高温气候分区标准

高温气候区	1	2	3
气候区名称	夏炎热区	夏热区	夏凉区
最热月平均最高气温 (°C)	>30	20~30	<20

A.0.2 应采用工程所在地最近 30 年内的极端最低气温作为气候区划的二级指标，分区标准见表 A.0.2。

表 A.0.2 低温气候分区标准

低温气候区	1	2	3	4
气候区名称	冬严寒区	冬寒区	冬冷区	冬温区
极端最低气温 (°C)	<-37.0	-37.0~-21.5	-21.5~-9.0	>-9.0

A.0.3 应采用工程所在地最近 30 年内的年降水量的平均值作为气候区划的三级指标，分区标准见表 A.0.3。

表 A.0.3 雨量气候分区标准

雨量气候区	1	2	3	4
气候区名称	潮湿区	湿润区	半干区	干旱区
年降雨量 (mm)	>1000	1000~500	500~250	<250

A.0.4 沥青路面温度分区可由高温和低温组合而成，宜按表 A.0.4 划分。第一个数字代表高温分区，第二个数字代表低温分区，数字越小表示气候因素越严重。

表 A.0.4 沥青路面温度分区

气候区名称		最热月平均最高气温 (℃)	年极端最低气温 (℃)
1-1	夏炎热冬严寒	>30	<-37.0
1-2	夏炎热冬寒		-37.0~-21.5
1-3	夏炎热冬冷		-21.5~-9.0
1-4	夏炎热冬温		>-9.0
2-1	夏热冬严寒	20~30	<-37.0
2-2	夏热冬寒		-37.0~-21.5
2-3	夏热冬冷		-21.5~-9.0
2-4	夏热冬温		>-9.0
3-1	夏凉冬严寒	<20	<-37.0
3-2	夏凉冬寒		-37.0~-21.5
3-3	夏凉冬冷		-21.5~-9.0
3-4	夏凉冬温		>-9.0

附录 B 配合比设计方法

B.1 配合比设计流程

B.1.1 抗车辙沥青混合料目标配合比设计流程宜按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 中的有关要求进行。

B.1.2 抗车辙沥青混合料配合比设计的试验方法应符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 和《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 的规定。

B.1.3 当抗车辙沥青混合料采用小型沥青混合料搅拌机进行时, 搅拌温度及试件制作温度应符合本规程的要求。

B.2 马歇尔试验

B.2.1 马歇尔试验技术标准应按本规程第 4 章的规定执行。

B.2.2 当制作抗车辙沥青混合料试件时, 原材料的加热温度应按本规程施工温度执行, 室内试件成型温度宜为 180℃~185℃。

B.2.3 矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 应按下式计算:

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (\text{B.2.3})$$

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

$\gamma_1、\gamma_2 \dots \gamma_n$ ——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。

B.2.4 矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 应按下式计算:

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \quad (\text{B.2.4})$$

式中: $\gamma'_1、\gamma'_2 \dots \gamma'_n$ ——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。

B. 2. 5 矿料的合成有效相对密度应按下列公式计算：

$$\gamma_{se} = C \times \gamma_{sa} + (1 - C) \times \gamma_{sb} \quad (\text{B. 2. 5-1})$$

$$C = 0.033\omega_x^2 - 0.2936\omega_x + 0.9339 \quad (\text{B. 2. 5-2})$$

$$\omega_x = \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} - \frac{1}{\gamma_{sa}} \right) \times 100 \quad (\text{B. 2. 5-3})$$

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；

ω_x ——合成矿料的吸水率；

γ_{sb} ——矿料的合成毛体积相对密度；

γ_{sa} ——矿料的合成表观相对密度。

B. 2. 6 抗车辙沥青混合料的最大理论相对密度应按下列公式计算：

$$\gamma_{ti} = \frac{100 + P_h}{\frac{P_{si}}{\gamma_{se}} + \frac{P_{bi}}{\gamma_b} + \frac{P_h}{\gamma_h}} \quad (\text{B. 2. 6-1})$$

$$P_{si} + P_{bi} = 100 \quad (\text{B. 2. 6-2})$$

式中： γ_{ti} ——相对于计算沥青用量 P_{bi} 时抗车辙沥青混合料的最大理论相对密度；

P_h ——抗车辙添加剂的用量，以沥青与矿料总质量的外掺百分比表示（%）；

γ_h ——抗车辙添加剂的密度，经过实测得到；

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（%）；

γ_b ——沥青的相对密度。

B. 2. 7 抗车辙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 等体积指标应按照下列公式计算，并应进行体积组成分析：

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_i}{\gamma_t} \right) \times 100 \quad (\text{B. 2. 7-1})$$

$$VMA = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{sb}} \times P_s\right) \times 100 \quad (\text{B. 2. 7-2})$$

$$VFA = \frac{VMA - VV}{VMA} \times 100 \quad (\text{B. 2. 7-3})$$

$$P_s = 100 - P_b \quad (\text{B. 2. 7-4})$$

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_f ——测定的试件毛体积相对密度；

γ_t ——抗车辙沥青混合料的最大理论相对密度，由本规程式（B. 2. 6-1）得到；

P_s ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分比（%）。

B. 2. 8 进行抗车辙沥青混合料的马歇尔试验，应测定马歇尔稳定度及流值。

B. 3 最佳沥青用量

B. 3. 1 应以沥青用量（沥青含量或油石比）为横坐标、马歇尔试验的各项指标为纵坐标，将试验结果绘制成曲线图。

B. 3. 2 应根据曲线图的变化趋势，按下列要求确定抗车辙沥青混合料的最佳沥青用量：

1 在空隙率-沥青用量曲线图中，以期望设计空隙率对应的沥青用量作为设计用量，如图 B. 3. 2-1 所示。

2 在矿料间隙率-沥青用量曲线图中，设计用量下的矿料间隙率应大于本规程表 4. 2. 3 马歇尔试验技术标准的最小值，同时该沥青用量宜处于 VMA 凹形曲线中最小值的贫油侧，如图 B. 3. 2-2 所示。

3 在沥青饱和度-沥青用量曲线图中，设计用量下混合料的沥青饱和度 VFA 应在本规程表 4. 2. 3 马歇尔试验技术标准范围之内，如图 B. 3. 2-3 所示。

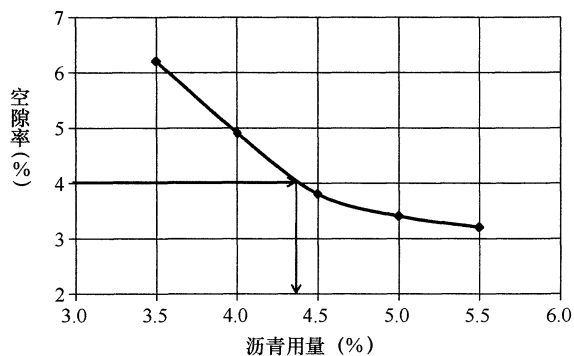


图 B. 3. 2-1 确定设计用量

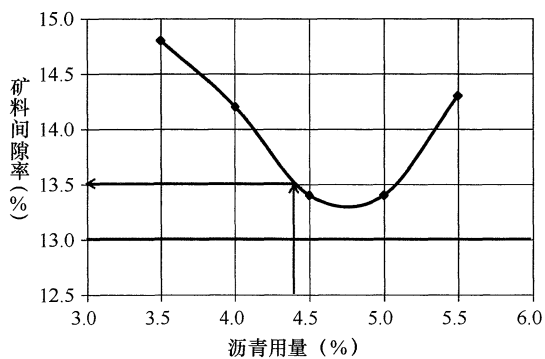


图 B. 3. 2-2 检验矿料间隙率指标

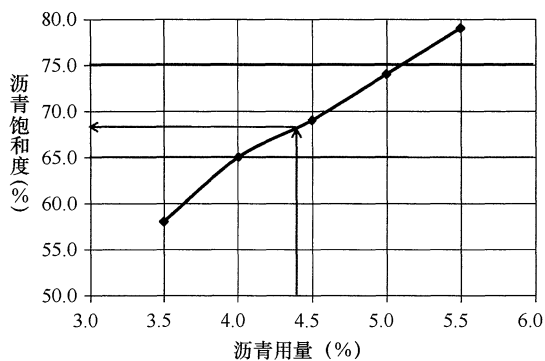


图 B. 3. 2-3 检验沥青饱和度指标

4 设计沥青用量下混合料的马歇尔稳定度 MS 和流值 FL 应满足本规程表 4.2.3 的要求。

5 当检验得到的混合料矿料间隙率 VMA 、沥青饱和度 VFA 、马歇尔稳定度 MS 和流值 FL 均满足马歇尔技术指标时, 设计用量应确定为最佳沥青用量 OAC ; 当不能同时满足马歇尔技术指标时, 应调整级配或沥青用量后重新进行马歇尔试验。

B.3.3 根据工程实际情况、交通状况以及气候条件, 可适当调整最佳沥青用量 OAC , 并应提出不同沥青用量条件下的各项试验结果的报告。

B.3.4 抗车辙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应按下列公式计算:

$$P_{ba} = \frac{\gamma_{se} - \gamma_{sb}}{\gamma_{se} \times \gamma_{sb}} \times \gamma_b \times 100 \quad (\text{B.3.4-1})$$

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (\text{B.3.4-2})$$

$$P_s = 100 - P_b \quad (\text{B.3.4-3})$$

式中: P_{ba} ——抗车辙沥青混合料中被集料吸收的沥青结合料比例 (%);

P_{be} ——抗车辙沥青混合料中的有效沥青含量 (%);

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 (%).

B.3.5 有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按下列公式计算:

$$V_{be} = \frac{\gamma_f \times P_{be}}{\gamma_b} \quad (\text{B.3.5-1})$$

$$V_g = 100 - (V_{be} + VV) \quad (\text{B.3.5-2})$$

B.3.6 检查最佳沥青用量时的粉胶比和有效沥青膜厚度应符合下列规定:

1 沥青混合料的粉胶比范围宜为 0.8~1.2, 并应按下式计算:

$$FB = \frac{P_{0.075}}{P_{be}} \quad (\text{B. 3. 6-1})$$

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；

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

2 各种集料粒径的表面积系数应按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 中要求采用，集料的比表面积和沥青膜有效厚度应符合下列公式要求：

$$SA = \Sigma(P_i \times FA_i) \quad (\text{B. 3. 6-2})$$

$$DA = \frac{P_{ae}}{\gamma_b \times SA} \times 10 \quad (\text{B. 3. 6-3})$$

$$P_{ae} = m_e/m_s \times 100 = P_{be}/P_s \times 100 \quad (\text{B. 3. 6-4})$$

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；

DA——沥青膜有效厚度（ μm ）；

P_{ae} ——有效油石比（%）。

附录 C 车辙试验方法

C.1 一般规定

C.1.1 本方法适用于测定抗车辙沥青混合料的动稳定度指标，供混合料配合比设计时的高温稳定性检验使用，也可以用于现场沥青混合料的质量控制。

C.1.2 本方法中车辙试验的温度为 70°C ，轮压为 1.0MPa ，试验时间为 60min 。计算动稳定度的时间取试验开始后 $45\text{min}\sim 60\text{min}$ 之间。

C.1.3 本方法适用于轮碾成型机成型的 $300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 50\text{mm}$ 的板式试件。

C.2 试验机主要技术要求

C.2.1 应采用橡胶制试验轮，行走次数宜为 $42\text{次}/\text{min}\pm 1\text{次}/\text{min}$ 。

C.2.2 环境箱应具备自动检测并记录的温度传感器和控温设备，可保持温度为 $70^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 可同时保温不少于 3 块试件。

C.2.3 加载装置，使 70°C 环境下试验轮与试件的接触压强为 $1.0\text{MPa}\pm 0.05\text{MPa}$ 。

C.2.4 试件变形测量装置，自动采集试件辙槽变形并记录，测量范围为 $0\sim 130\text{mm}$ ，精度不低于 0.01mm 。

C.3 试验方法与步骤

C.3.1 应将试件连同试模一起，置于已达到 $70^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的环境中，保温不得少于 5h ，并不得超过 12h 。

C.3.2 应将试件连同试模移置于车辙仪试验台上，使试验轮行走轨迹位于试件中间，行走方向与试件碾压方向一致。

C.3.3 完全降下并启动试验轮，使其往返行走，至试验时间结束或最大变形达到 25mm 时应停止。

C.4 计算与报告

C.4.1 从试验采集变形数据中读取 45min (t_1) 时刻变形 d_1 、60min (t_2) 时刻变形 d_2 ，准确至 0.01mm。当未到 60min 变形已达 25mm 时，则以达 25mm (d_2) 变形时刻为 t_2 ，将其前 15min 为 t_1 ，此时刻的变形值为 d_1 。

C.4.2 抗车辙沥青混合料的动稳定度 (70℃、1.0MPa) 应按下式计算：

$$DS = \frac{(t_2 - t_1) \times N}{d_2 - d_1} \times C_1 \times C_2 \quad (\text{C.4.2})$$

式中：DS——抗车辙沥青混合料的动稳定度 (次/mm)；

d_1 ——对应于时间 t_1 的变形量 (mm)；

d_2 ——对应于时间 t_2 的变形量 (mm)；

C_1 ——试验机类型系数，曲柄连杆驱动加载轮往返运行方式为 1.0；

C_2 ——试件系数，实验室制备宽 300mm 的试件为 1.0；

N ——试验轮往返碾压速度，通常为 42 次/min。

C.4.3 抗车辙沥青混合料车辙试验报告应符合下列规定：

1 同一沥青混合料或同一路段取样，至少应做 3 个试件的平行试验。当 3 个试件动稳定度变异系数不大于 20% 时，应取其平均值作为试验结果；当变异系数大于 20% 时，应分析原因，并应追加试验。

2 试验报告应注明试验温度、试验轮接地压强、试件密度、空隙率及试件制作方法等。

C.4.4 重复性试验动稳定度变异系数不应大于 20%。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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”；

4) 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 《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 1033.1
- 2 《塑料 吸水性的测定》GB/T 1034
- 3 《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
- 4 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20
- 5 《公路土工试验规程》JTG E40
- 6 《公路工程集料试验规程》JTG E42
- 7 《公路路基路面现场测试规程》JTG E60
- 8 《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40

中华人民共和国行业标准

抗车辙沥青混合料应用技术规程

CJJ/T 238 - 2016

条 文 说 明

制 订 说 明

《抗车辙沥青混合料应用技术规程》CJJ/T 238-2016，经住房和城乡建设部 2016 年 8 月 8 日以第 1226 号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校、监理等单位有关人员在使⤵用本规程时能正确理解和执行条文的规定，《抗车辙沥青混合料应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行过程中需注意的有关事项进行了说明，但条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	40
2	术语和符号	42
2.1	术语	42
3	原材料	44
3.1	一般规定	44
3.2	沥青	44
3.3	粗集料	45
3.4	细集料	46
3.6	抗车辙添加剂	47
4	配合比设计	49
4.1	一般规定	49
4.2	混合料设计要求	50
4.3	配合比设计	59
5	施工	62
5.2	施工温度	62
5.3	搅拌	62
5.4	运输	63
5.5	摊铺	63
5.6	压实及成型	63
5.7	接缝	63
5.8	开放交通	64
6	质量检验	65
附录 B	配合比设计方法	66

1 总 则

1.0.1 车辙是城镇道路沥青路面的主要病害形式之一，随着城市交通量的增大、大型公共车辆的增多以及交通流渠化的不断增强，使得沥青路面在开放交通、投入运营后不久就出现车辙、拥包和波浪等高温病害。车辙病害，特别是高等级城市道路的车辙病害，严重影响城镇道路沥青路面的使用和服务质量，是目前道路工作者需要重点解决的问题。

近年来，抗车辙沥青混合料越来越多地应用于车辙病害的维修工作，通过添加抗车辙添加剂，提高沥青混合料的高温稳定性和抗车辙能力，大大减少了车辙、拥包、波浪等高温病害的发生，延长养护周期，在很多工程中取得了非常好的效果。然而很多单位对抗车辙沥青混合料的认识还不够准确，不能很好地掌握其设计、施工要点，极大地限制了抗车辙沥青混合料的推广和应用。制定本规程的目的，是为了保证抗车辙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。

车辙是行车荷载重复作用下沥青路面累计产生的永久性变形，多呈带状凹槽，一般产生在车轮经常碾压的轮迹带上，温度相同情况下，车辙发展的程度和荷载大小以及作用时间有关。城镇道路交通特点导致了部分区段车辙病害严重，主要表现在：第一，城市交通行车速度较低，信号灯路口多，车辆低速行驶或静止这种长作用周期荷载现象居多，此时路面结构中最大剪应力多出现在路表面下 8cm~10cm 处，大约是中面层位置；第二，信号灯及公交车停靠站台或港湾处，车辆的频繁刹车和启动，增大了车轮对路面作用处的合成剪应力，特别是路表面剪应力增大，是造成车辙和拥包的主要原因；第三，在长、大纵坡路段，车辆在上坡和下坡过程中，荷载的不均匀分布和动力作用的叠加，是

坡道产生车辙的主要因素。因此，抗车辙沥青混合料主要用于城镇道路中、表面层，坡道、道路交叉口及公交港湾等车辙病害严重区段。设计时应考虑道路的交通量、路面坡度，是否有信号灯或公交车停靠站台等频繁出现低速、刹车、启动的情况，或其他普通沥青混合料无法满足抗车辙要求的路段、层位，选用抗车辙沥青混合料并根据本规程指导施工。

1.0.2 技术方面，一直以来国内外学者对提高沥青路面抗车辙性能做过很多的研究。主要是通过对材料的控制或调整，采用高质量的粗细集料和改性沥青，控制沥青用量，调整级配或使用抗车辙添加剂来提高混合料的抗车辙性能。有关单位在采用相同集料和沥青的前提下，以 AC-16、AC-20、AC-25 的粗细不同级配和使用抗车辙添加剂两种方式，评价调整级配和抗车辙添加剂对沥青混合料抗车辙性能的影响效果。结果表明，两种方式都能提高动稳定度指标，但使用抗车辙添加剂的方式明显优于调整级配的方式；随着公称最大粒径的增大，调整级配和使用抗车辙添加剂对高温稳定性的改善效果都有所减弱，但后者下降趋势明显缓于前者，也就是说使用抗车辙添加剂对粒径规格的变化不敏感。

抗车辙添加剂是一种对提高抗车辙能力最立竿见影的优良外掺剂，有着诸多的优点：第一，性能优越，使用抗车辙添加剂的混合料，其高温稳定性多数能超过改性沥青 SMA 的水平；第二，使用方便，直接在沥青混合料搅拌过程中投入拌缸，无论是人力添加还是设备添加，其质量控制都易于掌握；第三，存储安全，对存储条件无特殊要求，可在常温下储存；第四，与沥青材料的匹配性较好，适用于国内外常用的各种品牌和标号的沥青；第五，不需要特殊的设备和人员，生产过程中几乎不会产生损耗；第六，在路用性能大幅提高的基础上增加少量的投资，提高沥青路面整体性价比。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 抗车辙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，受热融化并与矿料搅拌均匀，提高沥青混合料的模量水平，减少不可恢复变形，起到防止或减缓车辙等高温病害的作用。

20 世纪 70 年代石油危机的出现，促使欧美等国家的科技人员进行改性沥青的开发，主要针对改性设备、改性剂两个方面，到目前为止，开发出了 PE、EVA、SBS 和 SBR 等多种典型的改性产品，工程应用也得到了快速的拓展。然而，聚合物改性也出现过很多的问题，如添加稳定剂的品种、剂量、反应时间、温度、加入顺序以及各相物质之间配伍性等诸多因素都会对化学反应产生影响，从而影响成品改性沥青的储存稳定性和路用性能。为了克服这些困难，道路工作者开发出新的添加剂（抗车辙添加剂），抗车辙添加剂不同于以往的 SBS 改性剂，它可以直接添加到混合料中，并具有以下明显的优势：

1 由工厂批量预制，使用和存储方便。不存在 SBS 改性剂等需要工地现场改性的缺点，可以充分地保证改性质量。

2 使用方便，可直接定量投入拌合楼中，保证了按设计要求投放，并最大限度保证沥青混合料的改性结果。

2.1.2 广义上的抗车辙沥青混合料是指通过一定的技术工艺使得沥青混合料的抗车辙性能在原来的基础上有所提高，而提高抗车辙沥青混合料高温稳定性的技术手段和方法多种多样，如采用岩改或湖改等天然改性沥青、高黏改性沥青、橡胶改性沥青等使

用特种沥青的工艺；调整矿料级配，增加粗集料含量等材料设计措施；添加高强、轻质、耐久的纤维类材料；使用抗车辙添加剂工艺。各种工艺对矿料、沥青及其他材料的技术要求有很大的差别，沥青混合料设计方法和生产工艺也存在很大差异，在本规程中很难作出统一的规定。因此，本规程给出的抗车辙沥青混合料的定义为采用干法外掺抗车辙添加剂的沥青混合料，本规程的各项条文也是限于对此工艺下抗车辙沥青混合料的约束。

3 原 材 料

3.1 一 般 规 定

3.1.2 在沥青路面建设中，材料起着至关重要的作用。有些新建道路之所以出现早期破坏，材料质量差或不稳定是其中重要的原因。集料的质量差是目前道路建设中特别突出的问题，如含泥量大、粉尘多、针片状含量高、不符合工程设计规定的级配范围等，经常不能达到要求，或经常出现大的波动导致原设计方案不适用而造成损失。国内集料多半取自社会料场，企业、个体矿山破碎厂并存，各料场质量、规格参差不齐。因此，材料的进场一定要严格把关，以试验数据为准，严格控制质量，防止因使用不符合要求的材料而出现工程质量问题。

材料的取样，对检测结果、材料设计具有重要的影响，甚至高于试验操作及仪器误差的影响水平，取样的科学性、公正性和代表性，直接决定了检测结果的准确度，影响到材料设计的合理性，进而影响到各项措施的制定和实施，最终影响工程质量。因此，本规程中原材料取样的位置和方法应按照国家现行有关试验规程的要求。沥青样品的取样按行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 - 2011 中 T 0601 沥青取样法的规定执行，抗车辙添加剂取样按 T 0701 沥青混合料取样法的规定执行；矿料粗集料样品的取样按行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 - 2005 中 T 0301 粗集料取样法的规定执行，细集料样品的取样按粗集料方法执行。

3.2 沥 青

3.2.1 沥青混合料的抗剪强度主要取决于黏聚力 c 和摩擦角 φ 两大参数，抗车辙添加剂在高温搅拌过程中融化，与沥青一起在

矿料间隙中形成各种形状，并随温度的降低逐渐凝固。添加剂本身较强的黏塑性使得沥青胶浆具有强劲的约束力，增强了集料间相互嵌挤的骨架结构强度，实际上是增强了沥青混合料的黏聚力；另一方面，一部分添加剂在搅拌过程中拉丝成为纤维，互相搭接、缠绕在一起，形成一个类似于纤维网的立体结构，将矿料颗粒牢固地限制在网格内，同时限制了颗粒之间的相对滑动，也是黏聚力增强的体现。因此，通过添加剂工艺得到的抗车辙沥青混合料主要依靠抗车辙添加剂和沥青的共同作用来提高高温稳定性。

全国范围内，由于气候因素逐渐形成常用的普通道路石油沥青，包括 50 号、70 号和 90 号，其中 50 号沥青在夏季炎热的南方使用较多。在行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 中 PI 指数、60℃动力黏度和 10℃延度为选择性指标。在近几年的实际工程应用中发现，抗车辙沥青混合料的低温抗裂性与上述指标有很强的关联性。几乎所有低温指标优秀的沥青搅拌而成的抗车辙沥青混合料低温弯曲指标也很好。目前比较好的抗车辙添加剂也只能做到不降低混合料的低温性能，因此把上述指标列为必选，严格控制，保证抗车辙沥青混合料的综合技术性质。

3.3 粗 集 料

3.3.1 在集料的众多技术指标中，反映材料来源的如密度、压碎值、磨光值等属于料源特性，反映加工水平的如级配组成、棱角性、破碎面等属于加工特性，但同时和料源特性有很大关系。料源特性往往受到产地和成本的限制，可选择和变更的余地不大。在我国部分地区碎石材料的选用就有很大的限制，从外地运送碎石材料造成经济成本的提高是不科学的。因此，其他矿料如经破碎后的砾石材料满足破碎面要求时也可以应用在城市道路工程中。本规程中，采用破碎砾石的沥青混合料，在添加抗车辙添加剂后满足所有技术要求即可。

3.3.2 本规程中的粗集料技术要求沿用行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 的要求。该要求在全国范围内应用多年，基本上是合理的。许多指标相对于国外更为严格。但是在实际工程中使用的质量却经常不符合要求，因此要在集料的生产和管理水平上提高要求。

3.3.3 国外许多规范对集料与沥青的黏附性并不作要求，只要求沥青混合料满足水稳定性要求即可。所以黏附性仅仅是对初选集料品类的参考指标。进行黏附性试验的判定时，气候分区的制定依然与行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 中公路沥青路面使用性能气候分区标准相同。当集料黏附性不满足要求时，可在混合矿料中掺加适量的消石灰、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。

消石灰是目前工程中最主要的抗剥落材料，当抗车辙沥青混合料的水稳定性不满足要求时，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 1%~2%。市面上的抗剥落剂也能起到抗剥落效果，但经研究发现大多数影响沥青路面的长期性能，一般建议工程慎重采用。

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，本规程对于粗集料粒径规格的要求与行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 相同，满足规范要求的粗集料有利于进行配合比设计，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程的要求。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

3.4.1 细集料包括机制砂、石屑和天然砂。一般情况下，机制砂无论从洁净程度还是级配规格上，都是比较理想的集料类型，一般优先推广使用。其次是石屑，这种材料是在石料破碎过程中

表面剥落或撞下的棱角、细粉，一般粉尘含量较多。而天然砂是在自然条件下由岩石风化而来的细小岩石颗粒。与人工机制砂和石屑相比，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，且一般与沥青的黏附性不佳。工程实践证明，在普通沥青混合料中使用天然砂对抗车辙性能有不利影响，不宜较多使用。抗车辙添加剂对沥青胶浆的强化作用以及对集料的网状固化作用，虽能弥补其对高温稳定性的损伤，但也不建议使用，因此一般将天然砂用量控制在 15% 以下。

3.4.2 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 0~4.75mm）或亚甲蓝值（适用于 0~2.36mm 或 0~0.15mm）表示。细集料的坚固性试验可根据需要决定是否进行。

3.4.4 近年来，细集料的洁净程度出现越来越差的趋势，许多料场生产的细集料，特别是石屑中，0.075mm 以下含量甚至超过了 20%，严重影响了沥青混合料配合比设计和最终的工程质量，需要加强措施进行细集料的进场控制。

3.6 抗车辙添加剂

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黏流特性，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。熔融指数越大，表征抗车辙添加剂在搅拌时的融化、分散性就越好，反之就越差。

熔融指数的最常使用的测试标准是 ASTM D 1238，该测试标准的量测仪器是熔液指数计（MeltIndexer）。测试的具体操作过程是：将待测高分子（塑料）原料置入小槽中，槽末接有细管，细管直径为 2.095mm，管长为 8mm。加热至某温度（常为

190℃) 后, 原料上端由活塞施加某一定重量向下压挤, 量测该原料在 10min 内所被挤出的重量, 即为该塑料的流动指数。

国家标准《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 - 2000 对该测定方法有明确规定。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 从沥青混合料级配类型方面讲，SMA 混合料由于粗骨料的嵌挤作用，可以将混合料本身能够发生的流动变形最大限度地减小，因此表现出较好的高温稳定性，实验室内动稳定度指标多在 4000 次/mm~6000 次/mm 之间，但一般只使用改性沥青，且沥青用量较高。在 AC 类沥青混凝土中添加抗车辙剂也可以将动稳定度显著提高，甚至超过 SMA 的水平，同时性价比较高，既保证较好的适用性，又避免像 SMA 类混合料在骨料、纤维以及改性沥青方面增加投资，可以普遍适用于各等级城镇道路沥青路面的各个层次。

4.1.2 沥青面层各层位中，表面层沥青混合料在荷载作用下处于三向压缩状态，是路面结构直接暴露于大气中，受环境因素影响最大的层位，因此相应的要求主要有：抗滑、抗低温开裂、抗水损坏以及抗车辙作用，特别在城市低速交通中，抗车辙性能要求更高。中面层在荷载作用下处于竖向压缩状态，对抗高温车辙起着关键作用，属于主抗车辙区。下面层在荷载作用下处于拉伸状态，对抗疲劳开裂起着关键作用，属于主抗疲劳区，但抗车辙也起一定作用。因此可根据具体路段的地理位置、车辙病害的程度及出现层位分析决定是否选用抗车辙沥青混合料。

4.1.3 沥青混合料的压实厚度与集料的公称最大粒径的关系，近几年已经在行业内达成了共识，以不小于公称最大粒径的 2.5 倍~3 倍这个标准，在控制沥青混合料离析和保证压实度方面收到了较好的效果。

4.2 混合料设计要求

4.2.2 全国范围内，用于筑路的砂石材料在级配状况、棱角性方面偏差较大，因此在抗车辙沥青混合料配合比设计中，级配范围的选定沿用行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 中相关要求，兼顾不同料源、不同技术水平、不同经济基础等，此范围基本上能够涵盖全国不同料源矿料所能设计出的合理 AC 沥青混凝土级配曲线，因此不可能有很好的针对性，很难满足某一项具体工程的要求。在执行本规程范围时，需考虑当地的实际情况和经验作出适当的调整，在此范围内设计不同级配曲线，经过试验确定最佳级配和沥青含量，使其符合抗车辙沥青混合料有关技术指标和路用性能要求。

还有一个普遍存在的问题就是进行配合比设计的材料和施工时大规模应用的材料之间的不一致性，造成了很多不必要的损失，因此要求材料采购和进场检测时应注意杜绝这样的问题。

4.2.3 抗车辙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。

室内搅拌抗车辙沥青混合料时，将抗车辙添加剂与矿料一起投入搅拌锅中，干拌一个周期（90s），结束后加入沥青，湿拌一个周期（90s），最后加入矿粉搅拌一个周期（90s），完成抗车辙沥青混合料的室内制备，具体流程见图 1。

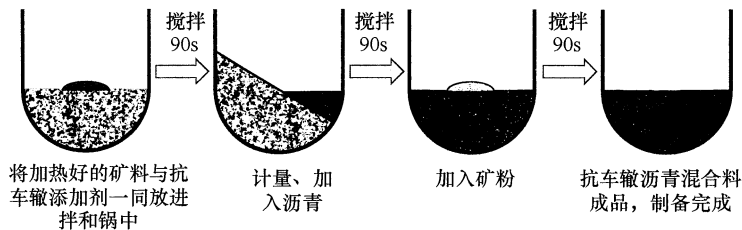


图 1 抗车辙沥青混合料室内拌制流程

4.2.4 抗车辙沥青混合料工艺的主要作用是通过提高沥青混合

料的高温模量，减小重复荷载下产生的不可恢复变形，即所谓的车辙变形。在现行行业技术规范体系下，就体现为沥青混合料的动稳定度这一关键指标，也是抗车辙沥青混合料技术要求的第一指标，同时在应用时可以参考动态模量和抗剪强度等新近研究的成果。

1 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。行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 - 2011 中规定的车辙试验标准条件为 60°C 、 0.7MPa 。有关单位曾经对国内常用的抗车辙添加剂产品做过系统的试验分析，按照各自产品的推荐用量，测试了 AC 沥青混凝土在 60°C 、 0.7MPa 试验条件下的动稳定度指标，绝大多数结果达到了 10000 次/mm 以上，远远超出了目前车辙试验系统所能精准反映抗车辙性能的测试范围，图 2 为 60°C 、 0.7MPa 试验条件下动稳定度结果统计分析。

然而在夏季炎热地区，沥青路面温度经常达到了 70°C 左右，同时城市部分车辆如大型公交车轮压也普遍提高到了 1.0MPa ，甚至是 1.2MPa 左右，因此室内标准试验条件（ 60°C 、 0.7MPa ）已经不能模拟城镇沥青路面高温、重载的使用条件。编制组提出将试验温度改为 70°C ，试验轮荷载改为 1.0MPa ，在测定中添加各种抗车辙材料的 AC-10、AC-13、AC-16、AC-20 和 AC-25 沥青混合料动稳定度系列试验，并进行统计分析，图 3 为 70°C 、 1.0MPa 试验条件下动稳定度结果统计分布图。该试验条件下得出的动稳定度结果绝大多数在 2000 次/mm~6000 次/mm 范围内，符合试验规程对该指标的精度要求。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抗车辙沥青混合料高温重载条件下（ 70°C ， 1.0MPa ）下的动稳定度指标，约为 3000 次/mm。北京某路段维修工程中也曾对抗车辙沥青混合料提出的技术要求为 70°C 、 1.0MPa 下动稳定度不小于 3000 次/mm，与上述试验结果一致，因此本规程最终将抗

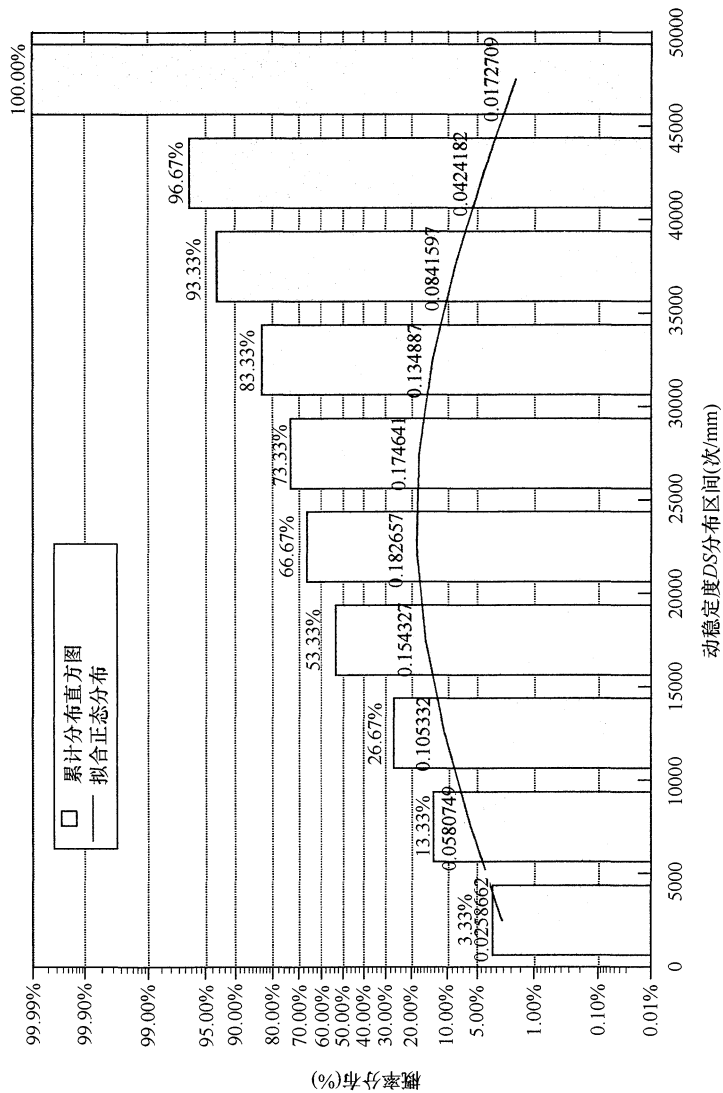


图 2 60℃、0.7MPa 动稳定度分布统计

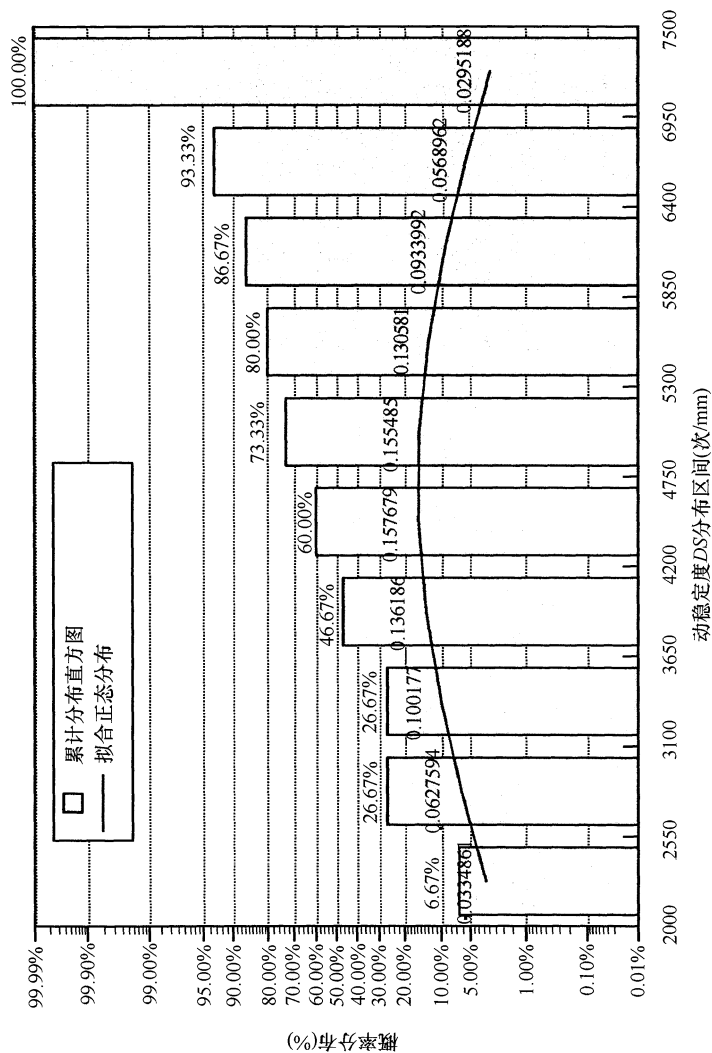


图 3 70°C、1.0MPa 动稳度分布统计

车辙沥青混合料动稳定度（70℃、1.0MPa）定为大于等于 3000 次/mm。其中，高温重载条件下（70℃、1.0MPa）的车辙试验方法见本规程附录 C。

2 此外，沥青混合料是一种黏弹性材料，其在力学荷载下的响应除了与静力作用的影响之外，还与行车荷载作用时间、大小、频率以及重复效应等有关，具有一定的应力依赖性。考虑沥青路面的实际工作状态，使用重复荷载下的动态模量作为沥青路面材料设计的控制参数和性能指标更加科学合理。大量的试验研究也表明，沥青混合料的动态力学响应试验结果与路面实际产生的永久变形有着较好的相关性。

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，与路面车辙的产生具有较好的相关性。辽宁省地方标准《高模量沥青混合料施工技术规范》DB 21/T 1754 - 2009 中采用了动态模量指标。在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》DBJ 14 - 090 - 2012 中考虑采用高模量沥青混合料技术提高沥青路面抗车辙能力时，也将动态模量这一指标引入，有关单位进行了大量的试验，将 15℃/10Hz、45℃/10Hz 和 45℃/0.1Hz 动态模量数据进行分布统计后采用 90%保证率所对应的下限值作为技术标准，统计分析图见图 4~图 6。

根据上述统计分析结果，推荐抗车辙沥青混合料动态模量技术指标控制标准见表 1，可以作为抗车辙沥青路面结构设计和材料设计时的重要参考。

表 1 抗车辙沥青混合料动态模量技术标准

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

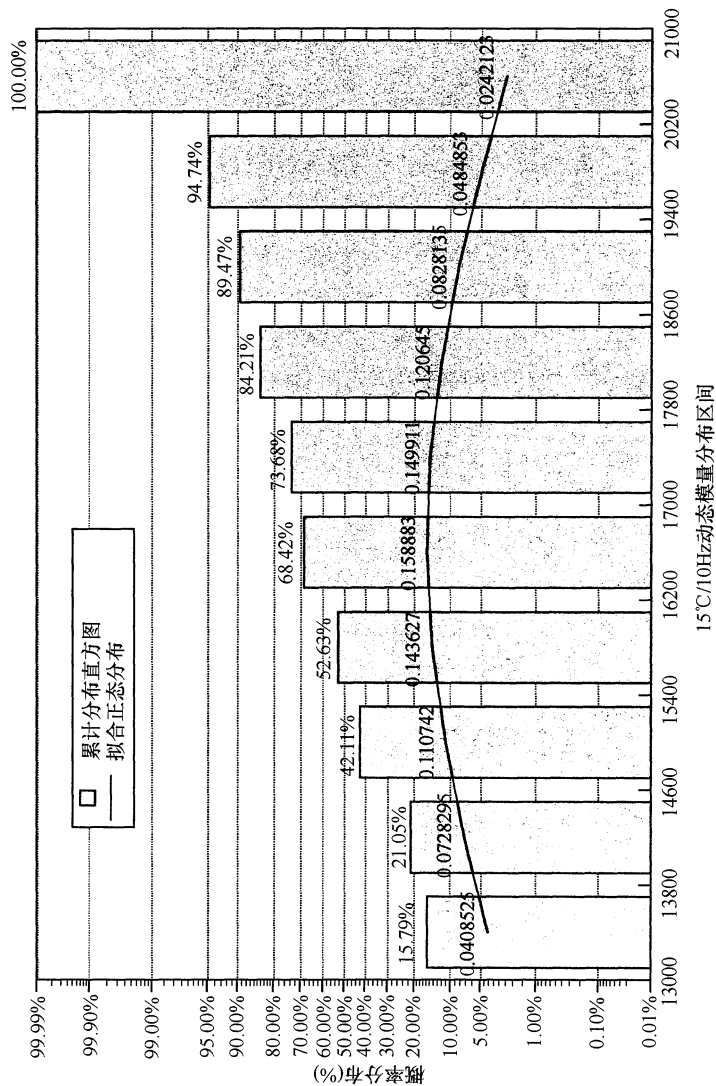


图 4 15°C/10Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

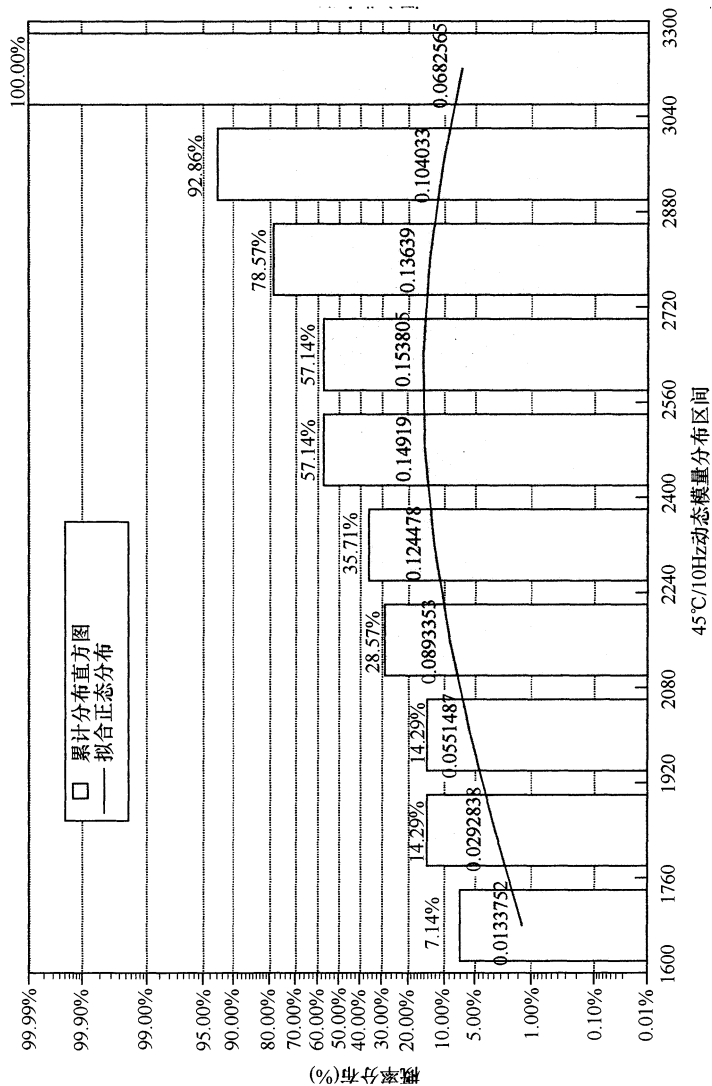


图 5 45°C/10Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

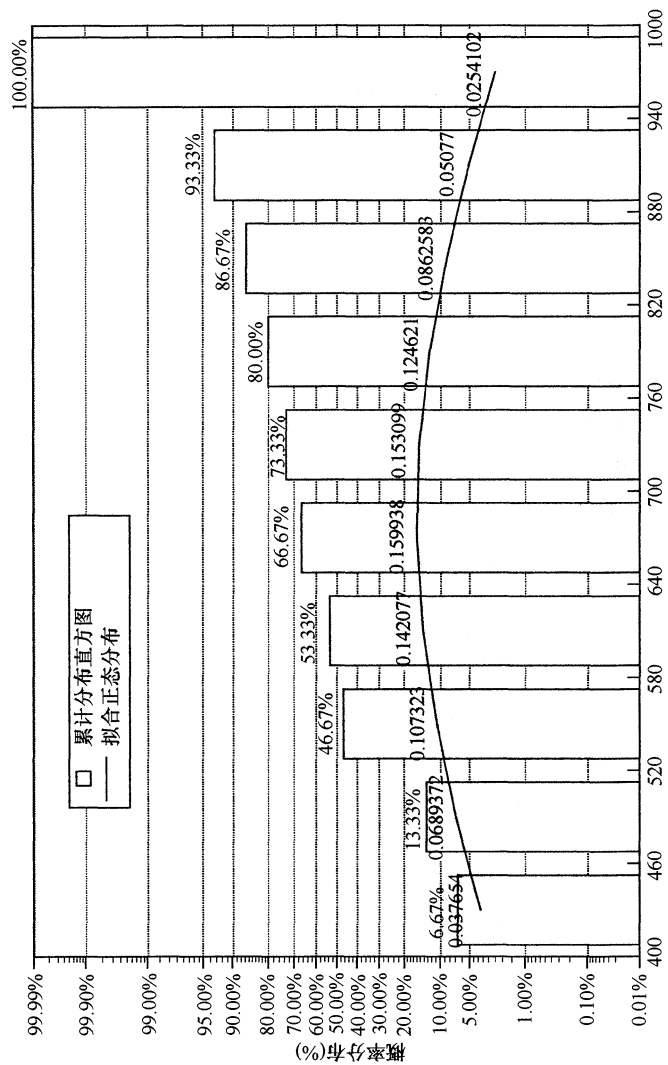


图 6 45°C/0.1Hz 动态模量累计概率分布直方图及正态分布曲线

3 行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169-2012 中提出沥青混合料结构层容许抗剪强度指标验算,同时特重交通道路应采取措施提高沥青混合料的抗剪强度,其中抗剪验算取 60℃ 下沥青混合料的抗剪强度。车辙、推移等高温病害与沥青层的抗剪能力不足有很大的关系。在车辆的重复荷载作用下,沥青路面结构层内部长期处于一个重复剪切作用状态,累计产生剪切流动变形,宏观表现为车辙的出现。如何从根本上提高沥青混合料高温抗剪切能力成为道路界关注的问题。

三轴试验最接近沥青路面的三向受力状态,是能比较好的反映混合料力学特性的评价指标,各国采用三轴试验得到材料的黏聚力 c 、内摩角 φ 值评价沥青混合料的高温抗剪切性能,但设备昂贵、试验要求高、操作复杂、时间长,不宜广泛采用。有关单位采用单轴贯入和无侧限抗压强度试验测定沥青混合料的 c 、 φ 值评价抗剪切能力,得出比较满意的结果。在《济南市城市道路沥青路面典型结构研究》中沿用这一方法,得出了改性沥青混合料和高模量沥青混合料能显著提高抗剪切能力,并在此基础上采用重复单轴贯入试验研究沥青混合料的剪切疲劳特性,分析得出 60℃ 下抗车辙沥青混合料在抵抗重复荷载引起剪切变形具有非常好的效果,为今后抗车辙沥青路面抗剪疲劳结构验算提供有利依据。

抗车辙添加剂通过本身较强的黏塑性和在沥青混合料中形成拉丝网络结构,变相地增强了沥青胶结料的黏聚力,在大大减小了矿料颗粒之间相对位移的同时,也增强了沥青与矿料之间的黏附作用,相当于在搅拌过程中对沥青进行了改性。在大量的试验研究和工程实践的数据积累共 56 组数据中,AC 类抗车辙沥青混合料冻融劈裂残留强度比平均值达到了 92%,最小值为 83%;残留马歇尔稳定度平均值达到了 95%,最小值为 86%。由此数据可以看出抗车辙添加剂的使用能在原有基础上大大提高沥青混合料水稳定性,普遍达到或超过了普通改性沥青的水平。在本规程编制过程中,经过多次组织讨论,最终将抗车辙沥青混合料水

稳定性检验的技术要求定为：残留马歇尔稳定度不小于 85%，冻融劈裂残留强度比不小于 80%。

4.3 配合比设计

4.3.1 沥青混合料的配合比设计是道路建设中十分重要的工作，是本规程的核心内容之一。配合比设计满足本规程的要求只是一个最低的标准，并不代表是最优的设计。好的设计应该具有良好的使用性能、施工操作性，并且经得起实践的考验。抗车辙沥青混合料的配合比设计，应该遵循现行规范关于热拌沥青混合料设计的目标配合比、生产配合比以及试拌试铺验证的三个阶段，确定矿料级配及最佳沥青用量。三个阶段各自解决配合比设计中的不同问题，缺一不可。在大量工程实践中发现，严格按照该流程进行设计时，可以很好地将设计结果、搅拌站稳定性以及施工机械进行有效联合，保证较好的施工质量。

1 目标配合比设计阶段。此阶段用于确定原材料进行混合料设计时各自用量，并验证设计结果的各项路用性能。使用工程实际使用的材料按附录 C 的方法，优选矿料级配、确定最佳沥青用量，验证符合配合比设计技术标准和检验要求后，作为目标配合比，供搅拌机确定各冷料仓的供料比例、进料速度及试拌使用。

2 生产配合比设计阶段。此阶段用于得出实际生产时各档热仓料的掺配比例，并标定搅拌站各个计量参数是否准确，实际上是配合比设计中最为重要的阶段。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，供搅拌机控制室使用。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，通过室内试验与搅拌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宜为 $\pm 0.2\%$ 。

3 生产配合比验证阶段。搅拌机按照生产配合比结果进行试

拌、铺筑试验段，根据试验目的确定路段长度，一般为 100m～200m，宜选择在正线上铺筑。在此阶段，总结搅拌、运输、摊铺和碾压过程中出现的问题，将目标配比、生产配比以及施工机械之间的配套衔接进行调整。

4.3.4 矿料级配曲线按行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011 T0725 的泰勒曲线方法绘制（图 7），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 2，计算示例见表 3）。

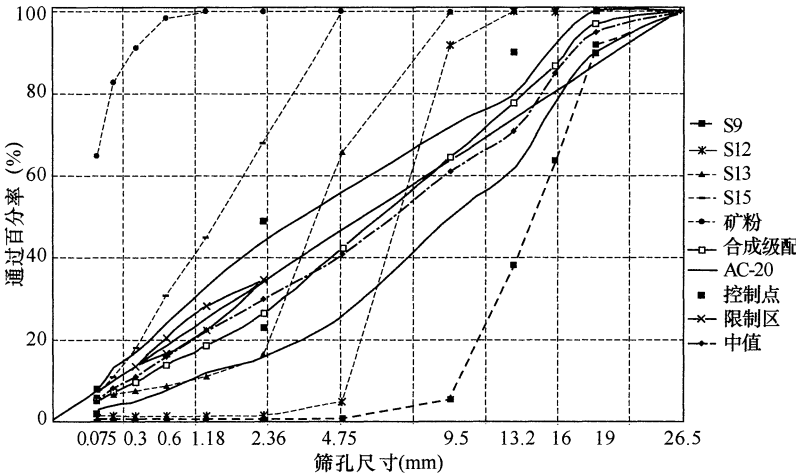


图 7 矿料级配曲线示例

表 2 泰勒曲线的横坐标

d_i	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
$X=d_i^{0.45}$	0.312	0.426	0.582	0.795	1.077	1.472	2.016	2.754
d_i	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63
$X=d_i^{0.45}$	3.193	3.482	3.762	4.370	4.723	5.109	5.969	6.452

表 3 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	—	—	—

5 施 工

5.2 施 工 温 度

5.2.1 抗车辙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。抗车辙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，将加快抗车辙沥青混合料在摊铺现场的降温速度，进入塑性压实温度区，严重影响抗车辙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会导致严重的早期损坏。

5.2.2 施工温度是沥青路面施工的重要参数。普通沥青混合料根据沥青的黏温曲线确定，改性沥青混合料不再适用于此方法，如 SBS 改性沥青一般在普通沥青混合料温度基础上提高 20℃ 左右。同样，抗车辙添加剂自身的熔融指数及熔点决定了抗车辙沥青混合料在搅拌时的温度要求，此时的施工温度不再取决于所用的沥青的黏度，而是根据加入的抗车辙添加剂的性质，沥青的温度依然按照普通混合料搅拌时的加热水平，以防止加热阶段的老化。而抗车辙添加剂的配方技术应能保证在适宜的温度下搅拌及施工不会造成沥青的老化。本规程参考了国内外大部分抗车辙添加剂的建议施工温度推荐表 5.2.2，实际工程中根据实际情况进行选择，距离较远、气温较低时取高限；运距较近、气温较高时取低限。不可片面地为保证抗车辙沥青混合料到达现场的温度而盲目提高搅拌、出场温度，造成沥青老化，影响沥青路面的耐久性。

5.3 搅 拌

5.3.3 抗车辙添加剂的添加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。选用抗车辙沥青混合料的路段或层位一般是车辙病害的高发位置，如果几盘混合料没有加入抗车辙添加剂，在路面施工完成的通车使用阶段将会出现极大的反差，没有加入添加剂的普通沥青混合料会很快出现比较严重的车辙。

5.3.4 抗车辙添加剂能不能均匀地分散在混合料中，对于路面的整体使用性能至关重要，因此要求抗车辙沥青混合料的搅拌应有足够的干拌以及湿拌时间。搅拌时间太短，容易造成沥青胶结料裹覆不均匀，或抗车辙添加剂黏团、分散性差；搅拌时间太长，可能会导致混合料过黏，难以压实。

5.4 运 输

5.4.3 为了解决沥青路面施工过程中的交叉污染，进入施工现场的运料车轮胎应冲洗干净。

5.4.4 热拌沥青混合料的运输摊铺机前方有卸料车等候卸车是保证摊铺机连续摊铺的条件。

5.5 摊 铺

5.5.2 采用两台以上摊铺机成梯度方式进行摊铺，搅拌站的生产能力要跟上，还应控制好两台摊铺机的接缝。

5.6 压实及成型

5.6.3 热拌沥青混合料的初压、复压、终压三个阶段中，复压最为重要。目前用于复压的压路机有轮胎压路机和钢轮振动压路机，一般都能达到要求。但从实际效果看，用轮胎压路机更容易掌握，效果更好，为此宜优先采用轮胎压路机。

5.7 接 缝

5.7.2 由于沥青路面的纵向接缝质量不好易造成纵向开裂渗水，影响路面寿命，应严格控制接缝质量。

5.7.4 为保证切缝两侧粘结成为一个整体，应在切割后用水清洗干净，干燥后涂刷粘层油。

5.8 开 放 交 通

5.8.1 抗车辙沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却至表面温度低于 50℃后，方可开放交通。采用洒水加速冷却容易出现表面温度低于 50℃，而内部温度高于 50℃，通车易出车辙。

6 质量检验

6.0.3 施工压实度的检查应以现场钻孔法为准，当钻孔检验的各项指标持续稳定并达到质量控制要求时，经主管部门同意，钻孔频度可适当减少，控制碾压遍数。沥青路面的成败与否，压实是最重要的工序。许多沥青路面发生早期损坏，大多数都与压实不足有关。因此压实度的评定至关重要。本规程要求压实度为96%，应对沥青路面的碾压工艺和沥青混合料的保温措施进行过程控制。

6.0.4 沥青路面的平整度是施工队伍人员素质、操作水平、组织管理水平的综合反映，它不仅取决于面层本身，还应从基层甚至路槽开始时加强平整度控制，严格工序验收，才能保证路面平整度。

附录 B 配合比设计方法

B.1 配合比设计流程

B.1.1 配合比设计是本规程的核心内容，设计流程的合理安排有助于全面掌握材料的基本参数，便于对设计结果的合理调节。在行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 规定的基础上推荐按图 8 进行。

参照行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 中热拌沥青混合料配合比设计流程的思路，抗车辙沥青混合料的配合比设计可以按照图 8 中所推荐的流程进行。其中初试 3 组级配不仅可以优选确定适合的级配曲线，还可以掌握生产过程中级配的波动所可能带来的结果偏差，有利于在搅拌站试拌结果不理想时正确调整热料仓的配比，提高搅拌站调整的效率。不同沥青用量下马歇尔试验结果的变化规律能够帮助设计者准确找到最佳沥青用量，既能保证各项指标满足马歇尔技术指标要求，又不至于因沥青用量过高或过低造成沥青路面使用过程中病害的过早出现。因此，如果能按上述流程进行抗车辙沥青混合料的配合比设计，基本能够保证设计指标和路用性能符合使用要求。

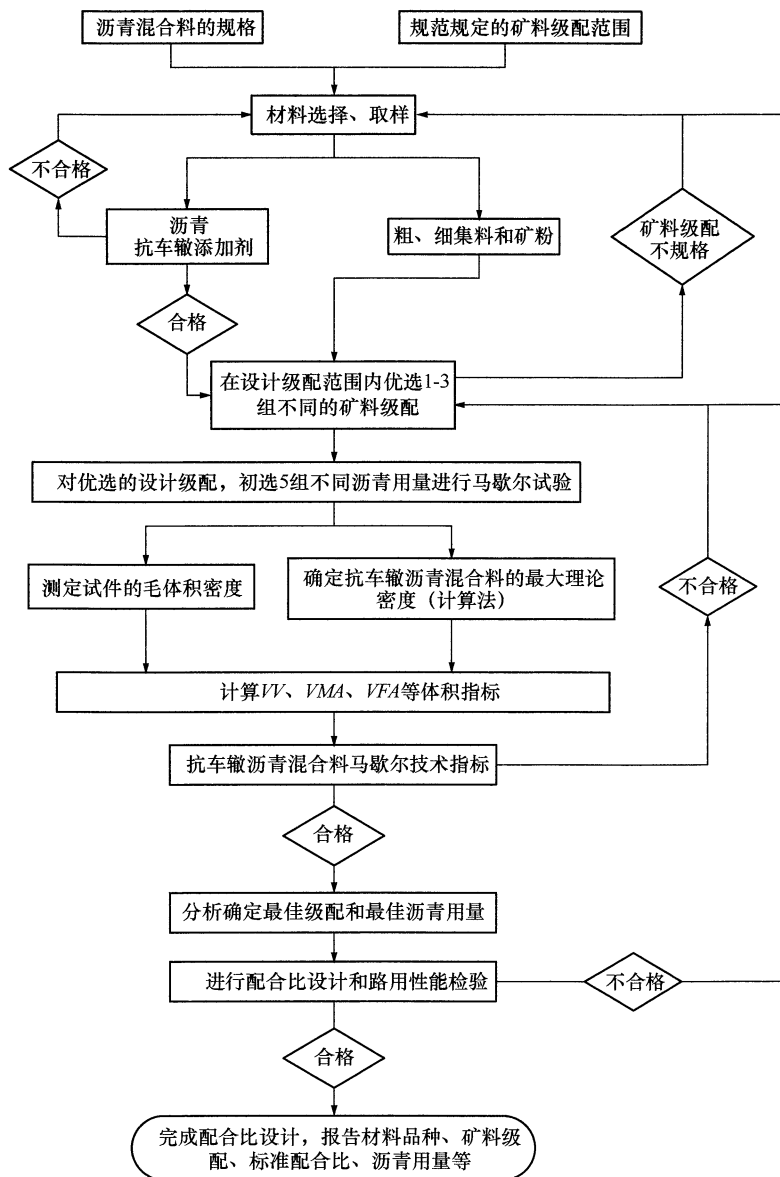


图 8 抗车辙沥青混合料目标配合比设计流程

B.2 马歇尔试验

B.2.3 按照公式 (B.2.3) 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 $\gamma_1=2.702$, $\gamma_2=2.716$, $\gamma_3=2.638$, $\gamma_4=2.698$, $\gamma_5=2.709$, 于是得到:

$$\begin{aligned}\gamma_{sb} &= \frac{100}{\frac{36}{2.702} + \frac{19}{2.716} + \frac{11}{2.638} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} \\ &= 2.696\end{aligned}\quad (1)$$

B.2.4 按照公式 (B.2.4) 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 $\gamma'_1=2.735$, $\gamma'_2=2.758$, $\gamma'_3=2.697$, $\gamma'_4=2.698$, $\gamma_5=2.709$, 于是得到:

$$\begin{aligned}\gamma_{sa} &= \frac{100}{\frac{36}{2.735} + \frac{19}{2.758} + \frac{11}{2.697} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} \\ &= 2.723\end{aligned}\quad (2)$$

B.2.5 按照公式 (B.2.5-1) 进行合成有效相对密度 γ_{se} 的计算, 代入本条文说明上述步骤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:

$$\begin{aligned}\gamma_{se} &= 0.830 \times 2.723 + (1 - 0.830) \times 2.696 \\ &= 2.718\end{aligned}\quad (3)$$

$$\begin{aligned}C &= 0.033 \times 0.367^2 - 0.2936 \times 0.367 + 0.9339 \\ &= 0.830\end{aligned}\quad (4)$$

$$\omega_x = \left(\frac{1}{2.696} - \frac{1}{2.723} \right) \times 100 = 0.367\quad (5)$$

B.2.6 按照公式 (B.2.6) 确定抗车辙沥青混合料最大理论密度时, 例如抗车辙添加剂的用量 P_h 为 0.35% , 相对密度 γ_h 为 0.87 , 抗车辙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 1.024，代入本规程附录 B.2.5 中计算得到的合成有效相对密度可以得到：

$$\gamma_{ti} = \frac{100 + 0.35}{\frac{95.9}{2.718} + \frac{4.1}{1.024} + \frac{0.35}{0.87}} = 2.528 \quad (6)$$

B.2.7 抗车辙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 (B.2.7-1~B.2.7-3) 计算，例如标准试件的毛体积相对密度 γ_f 为 2.427，代入本条文说明中计算得到的最大理论相对密度，得到：

$$VV = \left(1 - \frac{2.427}{2.528}\right) \times 100\% = 4\% \quad (7)$$

$$VMA = \left(1 - \frac{2.427}{2.696} \times \frac{95.9}{100}\right) \times 100\% = 13.7\% \quad (8)$$

$$VFA = \frac{13.7 - 4}{13.7} \times 100\% = 70.8\% \quad (9)$$

B.3 最佳沥青用量

B.3.2 在以往的马歇尔设计方法中，以 OAC_1 和 OAC_2 的平均值作为最佳沥青用量，其中 OAC_1 为密度最大值、稳定度最大值、目标空隙率（或中值）、沥青饱和度范围中值所对应沥青用量的平均值， OAC_2 为满足除矿料间隙率外其他指标沥青用量范围中值。大量试验表明，对所选试验沥青用量范围内，密度和稳定度经常不能出现峰值。这种情况在工程中十分常见，说明不是单纯试验误差造成。这种情况下以目标空隙率所对应沥青用量 OAC_1 来计算。

在 Superpave 设计法中，直接以目标空隙率（4%）所对应的沥青用量作为设计用量，检验此沥青用量下其他体积参数能否满足设计要求。该方法简单易行、数据明确，已经越来越多的应用到配合比设计实际工作中。

B.3.4 抗车辙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 (B.3.4-1) 和 (B.3.4-2) 计算，例如已知

矿料的合成有效相对密度 γ_{se} 为 2.718, 合成毛体积相对密度 γ_{sb} 为 2.696, 沥青胶结料的相对密度 γ_b 为 1.024, 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:

$$P_{ba} = \frac{2.718 - 2.696}{2.718 \times 2.696} \times 1.024 \times 100\% = 0.307\% \quad (10)$$

$$P_{be} = 4.1\% - 0.307\% \times 95.9\% = 3.80\% \quad (11)$$

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 (B.3.4-3) 及公式 (B.3.4-4) 计算。

$$V_{be} = \frac{2.427 \times 3.80\%}{1.024} = 9.0\% \quad (12)$$

$$V_g = 100\% - (9.0\% + 4.0\%) = 87\% \quad (13)$$

B.3.5 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 (B.3.5-1) 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:

$$FB = \frac{5.2}{3.8} = 1.36 \quad (14)$$

2 按照公式 (B.3.5-2) 的方法计算集料的比表面积, 按照公式 (B.3.5-3) 估算沥青膜有效厚度, 可以得到:

$$P_{ae} = \frac{3.8}{95.9} \times 100\% = 4.0\% \quad (15)$$

$$DA = \frac{4.0}{1.024 \times 5.045} \times 10 = 7.743\mu m \quad (16)$$

FA_i 为相应于各种粒径的集料的表面积系数, 如表 4 所列。

表 4 集料的表面积系数

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
表面积 系数 FA_i	0.0041	—	—	—	—	0.0041	0.0082	0.0164	0.0287	0.0614	0.1229	0.3277

沥青膜有效厚度, 概念的本质应该是有效沥青的体积除以矿

料总的表面积。因此就有：

$$DA = \frac{V_{\text{有效}}}{S_{\text{集料}}} = \frac{\frac{m_{\text{有效}}}{\gamma'_b \times \rho_w}}{m_{\text{集料}} \times SA} = \frac{m_{\text{有效}}}{m_{\text{集料}}} \times \frac{1}{\gamma'_b \times \rho_w \times SA} \quad (17)$$

其中 γ'_b 是沥青的相对密度，实际密度 $\gamma_b = \gamma'_b \times \rho_w$ 。这时就可以看出上式等号右边第一项实际上就是有效沥青油石比的概念。将进一步将各项单位计算写入公式，有：

$$\begin{aligned} DA &= \frac{m_{\text{有效}}(\text{g})}{m_{\text{集料}}(\text{g})} \times \frac{1}{\gamma_b \times \rho_w(\text{g/cm}^3) \times SA(\text{m}^2/\text{kg})} \\ &= \frac{P_{\text{ae}}}{100} \times \frac{1}{\gamma_b \times \rho_w \times SA} \times \frac{\text{cm}^3 \times \text{kg}}{\text{g} \times \text{m}^2} \\ &= \frac{P_{\text{ae}}}{\gamma_b \times SA} \times \frac{1}{100} \times \frac{10^{12} \times \mu\text{m}^3 \times 10^3 \times \text{g}}{\text{g} \times 10^{12} \times \mu\text{m}^2} \\ &= \frac{P_{\text{ae}}}{\gamma_b \times SA} \times 10 \end{aligned} \quad (18)$$

可见，原沥青路面施工规范中沥青膜有效厚度的计算是错误的，应采用有效油石比 P_{ae} 来进行计算，在本规程中应予以改正。