
中国公路建设行业协会标准 (T/CHCA)

《沥青路面厂拌热再生施工技术规范》

初稿

中国公路建设行业协会/山东省路桥集团有限公司

2017年5月

目次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号及代号	3
3	基本规定	4
4	材料	5
4.1	一般规定	5
4.2	沥青	5
4.3	集料	7
4.4	沥青混合料回收料（RAP）	9
4.5	再生剂	10
4.6	温拌剂	11
4.7	矿粉	11
4.8	纤维稳定剂	12
5	混合料设计	13
5.1	一般规定	13
5.2	矿料级配设计	14
5.3	配合比设计	15
5.4	性能验证	17
6	沥青路面厂拌热再生施工	19
6.1	一般规定	19
6.2	沥青混合料回收料（RAP）的回收	19
6.3	沥青混合料回收料（RAP）的预处理与堆放	19
6.4	混合料拌制	20
6.5	运输	22
6.6	摊铺	22
6.7	压实	22
6.8	养生和开放交通	22
7	质量控制	23
	附录 A 沥青混合料回收材料(RAP)取样与试验分析	27
	附录 B 沥青的回收方法（旋转蒸发器法）	30
	附录 C 厂拌热再生混合料配合比设计方法	36
	附录 D SMA 厂拌热再生沥青混合料配合比设计方法	42
	本规范用词说明	47

1 总则

1.0.1 为规范沥青路面厂拌热再生施工技术应用，提高沥青路面厂拌热再生施工技术水平，保证沥青路面厂拌热再生工程质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于各等级公路新建、改建、大中修养护工程中沥青路面厂拌热再生技术的应用。

1.0.3 沥青路面厂拌热再生技术应用应积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.4 沥青路面厂拌热再生技术除应符合本规范外，尚应符合国家、行业颁布的其它有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 沥青混合料回收料 reclaimed asphalt pavement (RAP)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧沥青混合料。

条文说明

本条对 RAP 的定义做出调整，明确其为沥青作为结合料的沥青路面旧料。

2.1.2 厂拌热再生 central plant hot recycling

将沥青混合料回收料 (RAP) 运至沥青拌和厂 (场、站)，经破碎、筛分，以一定的比例与新集料、填料、新沥青、再生剂 (必要时)、温拌剂 (必要时) 等拌制成热拌再生混合料铺筑路面的技术。

条文说明

厂拌热再生在国外通常称为 Hot Recycling，这是由于就地热再生技术出现较晚，热再生技术最初仅是指厂拌热再生。为了更好地地区分就地热再生和厂拌热再生，本规范将厂拌热再生的英文名称定为 Central Plant Hot Recycling。

2.1.3 再生混合料 recycled mixture

含有沥青混合料回收料 (RAP) 的混合料。

2.1.4 再生剂 rejuvenating agent

掺加到热再生沥青混合料中，用于恢复已老化沥青性能的化学添加剂。

2.1.5 温拌剂 warm mixture additive

添加到沥青或沥青混合料中，通过物理和化学作用，使沥青混合料能在相对较低的温度下正常施工，满足热拌沥青混合料技术要求的添加剂。

2.2 符号及代号

本规范各种符号、代号以及意义详见表2.2

表2.2 符号及代号

编号	符号或代号	意义
2.2.1	RAP	沥青混合料回收料
2.2.2	RA	再生剂

3 基本规定

3.0.1 厂拌热再生适用于各等级公路产生的沥青混合料回收料（RAP）的热拌再生利用。厂拌热再生混合料根据其实际性能和工程需要，可用于各等级公路沥青路面面层、柔性基层。

3.0.2 厂拌热再生可以使用含 SBS 改性沥青的沥青混合料回收料（RAP），但再生混合料性能应满足本规范的相应要求。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 沥青路面厂拌热再生混合料各种材料不得混杂堆放，使用前应进行质量检验，经评定合格后方可使用。

4.1.2 对于厂拌热再生，当 RAP 中集料质量不符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定，但新旧集料混合后的再生混合料质量符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定时，可以使用。

4.2 沥青

4.2.1 沥青路面厂拌热再生混合料使用的道路石油沥青应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定。

4.2.2 沥青必须按照种类、标号分别存储，在运输、存储和使用过程中应采取良好的防水措施。

4.2.3 厂拌热再生沥青面层用道路石油沥青应满足表 4.2-1、表 4.2-2 的质量要求。

表 4.2-1 厂拌热再生沥青面层用道路石油沥青技术要求

指标	单位	等级	沥青标号												试验方法 ^[1]			
			110 号			90 号			70 号 ^[3]									
针入度 (25℃,5s,100g)	0.1m m		100~120			80~100			60~80						T 0604			
适用的气候分区			2-1	2-2	3-2	1-1	1-2	1-3	2-2	2-3	1-3	1-4	2-2	2-3	2-4	附录 A ^[5]		
针入度指数 PI ^[2]		A	-1.5~+1.0												T 0604			
		B	-1.8~+1.0															
软化点(R&B) 不小于	℃	A	43			45			44			46			45			T 0606
		B	42			43			42			44			43			

		C	41	42					43					
60℃动力黏度 ^[2] 不小于	Pa·s	A	120	160			140		180		160			T 0620
10℃延度 ^[2] 不小于	cm	A	40	45	30	20	30	20	20	15	25	20	15	T 0605
		B	30	30	20	15	20	15	15	10	20	15	10	
15℃延度 不小于	cm	A、B	100										T 0615	
		C	60	50					40					
蜡含量(蒸馏法) 不大于	%	A	2.2										T 0611	
		B	3.0											
		C	4.5											
闪点不小于	℃		230	245					260					T 0607
溶解度不小于	%		99.5										T 0603	
密度(15℃)	g/cm ³		实测记录										T 0603	
TFOT(或 RTFOT)后 ^[4]													T 0610 或 T 0609	
质量变化不大 于	%		± 0.8										T 0609	
残留针入度比 不小于	%	A	55	57					61					T 0604
		B	52	54					58					
		C	48	50					54					
残留延度(10℃) 不小于	cm	A	10	8					6					T 0605
		B	8	6					4					
残留延度(15℃) 不小于	cm	C	30	20					15					T 0605

注：[1]试验方法按照现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规范》(JTG E20)规定的方法执行。用于仲裁试验求取PI时的5个温度的针入度关系的相关系数不得小于0.997。

[2]经建设单位同意，表中PI值、60℃动力粘度、10℃延度可作为选择性指标，也可不作为施工质量检验指标。

[3]70号沥青可根据需要要求供应商提供针入度范围为60~70或70~80的沥青。

[4]老化试验以TFOT为准，也可以RTFOT代替。

[5]气候分区见《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)附录A。

表 4.2-2 厂拌热再生沥青面层用聚合物改性沥青技术要求

指标	单位	SBS 类(I 类)				SBR 类(II 类)			试验方法 ^[1]
		I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	
针入度 25℃,100g,5s	0.1mm	>100	80-100	60-80	30-60	>100	80-100	60-80	T 0604
针入度指数 PI 不小于		-1	-1	0	0	-1	-1	-1	T 0604
延度 5℃,5cm/min 不小于	cm	50	40	30	20	60	50	40	T 0605
软化点 T _{R&B} 不小于	℃	45	50	55	60	45	48	50	T 0606
运动粘度 ^[1] 135℃ 不大于	Pa·s	3							T 0625 T 0619
闪点不小于	℃	230				230			T 0611
溶解度不小于	%	99				99			T 0607
弹性恢复 25℃ 不小于	%	55	60	65	75	—			T 0662
粘韧性不小于	N·m	—				5			T 0624
韧性不小于	N·m	—				2.5			T 0624
贮存稳定性 ^[2]									
离析,48h 软化点差 不大于	℃	2.5				—			T 0661
TFOT(或 RTFOT)后残留物									
质量变化不大于	%	±1.0							T 0610 或 T 0609
针入度比 25℃ 不小于	%	50	55	60	65	50	55	60	T 0604
延度 5℃ 不小于	cm	30	25	20	15	30	20	10	T 0605

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范》(JTG E20)中的“沥青旋转黏度试验方法(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。

4.3 集料

4.3.1 粗、细集料质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的有关规定。单一粗、细集料质量不能满足要求但集料混合料性能满足要求的，可以使用。

4.3.2 沥青路面厂拌热再生用粗、细集料质量应满足表 4.3-1、表 4.3-2、表

4.3-3、表 4.3-4 的要求。

表 4.3-1 厂拌热再生沥青面层用粗集料质量技术要求

指标	单位	高速公路和一级公路		其他公路	试验方法
		表面层	其他层次		
石料压碎值	%	≤26	≤28	≤30	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	≤30	≤35	T 0317
表观相对密度		≥2.6	≥2.5	≥2.45	T 0304
吸水率	%	≤2.0	≤3.0	≤3.0	T 0304
针片状颗粒含量	%	≤15	≤18	≤20	T 0312
坚固性	%	≤12	≤12	-	T 0314
软石含量	%	≤3	≤5	≤5	T 0320
水洗法<0.075mm 颗粒含量	%	≤1	≤1	≤1	T 0310

表 4.3-2 厂拌热再生沥青面层用细集料质量技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度		≥2.50	T 0328
坚固性 (>0.3mm 部分)	%	≥12	T 0340
砂当量	%	≥60	T 0334
含泥量 (≤0.075mm 含量)	%	≤3	T 0333
棱角性 (流动时间)	s	≥30	T 0345

表 4.3-3 厂拌热再生沥青面层用机制砂或石屑规格

规格	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	2~20	0~10
S16	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

表 4.3-4 厂拌热再生沥青面层用粗集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)												
		106	75	63	53	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S ₁	40~75	100	90~100	—	—	0~15	—	0~5						
S ₂	40~60		100	90~100	—	0~15	—	0~5						
S ₃	30~60		100	90~100	—	—	0~15	—	0~5					
S ₄	25~50			100	90~100	—	—	0~15	—	0~5				
S ₅	20~40				100	90~100	—	—	0~15	—	0~5			
S ₆	15~30					100	90~100	—	—	0~15	—	0~5		
S ₇	10~30					100	90~100	—	—	—	0~15	0~5		
S ₈	10~25						100	90~100	—	0~15	—	0~5		
S ₉	10~20							100	90~100	—	0~15	0~5		
S ₁₀	10~15								100	90~100	0~15	0~5		
S ₁₁	5~15								100	90~100	40~70	0~15	0~5	
S ₁₂	5~10									100	90~100	0~15	0~5	
S ₁₃	3~10									100	90~100	40~70	0~20	0~5
S ₁₄	3~5										100	90~100	0~15	0~3

4.4 沥青混合料回收料 (RAP)

4.4.1 沥青混合料回收料 (RAP) 应按照表 4.4-1 所示实测沥青混合料回收料 (RAP) 技术指标, 用于再生混合料设计。

表 4.4-1 RAP 实测指标要求

材料	检测项目	试验方法
RAP	含水量	本规范附录A

	RAP矿料级配	
	沥青含量	
	砂当量	
RAP中的沥青	针入度	抽提，《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ052）
	60℃黏度	
	软化点	
	15℃延度	
RAP中的粗集料	针片状颗粒含量	抽提，《公路工程集料试验规程》（JTGE42）
	压碎值	
RAP中的细集料	棱角性	

4.4.2 沥青混合料回收料（RAP）应满足表 4.4-2 所示的技术要求。

表 4.4-2 RAP 实测指标要求

材料	类别	检测项目	技术要求	试验方法
预处理后的 RAP	RAP	含水量（%）	≤3	本细则附录A
	RAP中4.75mm以下部分	砂当量（%）	≥55	
	RAP中的沥青	25℃针入度（0.1mm）	≥15	抽提，《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ052）

4.5 再生剂

4.5.1 根据旧沥青老化程度、沥青含量、沥青混合料回收料（RAP）掺配比例、再生剂与沥青的配伍性、改善效果等，综合选择再生剂品种。

4.5.2 沥青再生剂质量宜满足表 4.5 的要求。

表 4.5 再生剂质量要求

检验项目	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	RA-250	RA-500	试验方法
60℃黏度（cSt）	50~175	176~900	901~4500	4501~12500	12501~37500	37501~60000	T 0619
闪点（℃）	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	T 0633
饱和分含量（%）	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	T 0618

芳香分含量 (%)	实测	实测	实测	实测	实测	实测	T 0618
薄膜烘箱试验前 后粘度比	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	T 0619
薄膜烘箱试验前 后质量变化 (%)	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	T 0609 或 T 0610
15℃密度 (g/cm ³)	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	T 0603

注：原则上优先使用较高针入度标号的新沥青（90-A、110-A 或更高针入度等级）掺配调和。当 RAP 掺配比例较高或高标号沥青供应困难时，应考虑使用再生剂。

4.6 温拌剂

4.6.1 厂拌热再生采用的温拌剂为表面活性剂。

4.6.2 温拌剂的技术要求见表 4.6。

表 4.6 温拌剂技术要求

指标	单位	技术要求	
		“干法”（直投）添加型	“湿法”（与沥青预混）添加型
外观	-	液体、无悬浮和沉淀物	液体、无悬浮和沉淀物
胺值	mg/g	-	400~600
有效固含量	%	≥5.0	≥99.0
PH 值（25℃）	-	9.5±1.0	-

4.7 矿粉

4.7.1 厂拌热再生混合料中使用的矿粉技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

4.7.2 矿粉的技术指标符合表 4.7 的要求。

表 4.7 矿粉质量技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观密度	g/cm ³	≥2.5	T 0352
含水量	%	≤1.0	T 0103
粒度范围	<0.6mm	%	100
	<0.15mm	%	90~100
	<0.075mm	%	75~100
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

4.8 纤维稳定剂

4.8.1 厂拌热再生混合料为 SMA 时，应采用纤维稳定剂，纤维稳定剂宜采用木质素纤维，其用量为混合料总重的 4~6%，

4.8.2 木质纤维的技术要求应满足表 4.8。

4.8.3 也可采用聚酯纤维、矿物纤维作为稳定剂，其技术指标应满足相关规范要求。

表 4.8 木质素纤维技术要求

项目	单位	指标	试验方法 T0J1
纤维长度	mm	≤6	显微镜观测
灰分含量	%	18±5	高温 590~600℃ 燃烧后测定残留物
PH 值	-	7.5±1.0	水溶液 PH 试纸或 PH 计测定
吸油率，不小于	-	纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量
含水率，不大于	%	5	105℃ 烘箱烘 2h 后冷却称量

5 混合料设计

5.1 一般规定

5.1.1 应在对沥青混合料回收料（RAP）充分调查分析的基础上，根据工程要求、公路等级、交通等级、使用层位、气候条件等因素，充分借鉴成功经验，选用符合要求的材料，进行再生混合料设计。

条文说明

厂拌热再生适用于各等级公路沥青混合料回收料（RAP）的热拌再生利用，再生后的沥青混合料根据其性能和工程情况，可用于各等级公路的沥青面层及柔性基层。应选择符合要求的沥青混合料回收料（RAP）和适宜的掺配比例。

5.1.2 厂拌热再生沥青混合料设计应以沥青混合料回收料（RAP）中的矿料与新矿料的合成级配作为级配设计依据。

沥青混合料回收料（RAP）最大粒径应不大于再生沥青混合料的公称最大粒径，不应有超粒径材料，不允许直接使用未经处理的沥青混合料回收料（RAP）。根据再生混合料的公称最大粒径合理选择筛孔尺寸，将处理后的沥青混合料回收料（RAP）筛分成不少于两档的材料，为精确控制混合料级配，一般要求把旧沥青材料筛分为三档。

5.1.3 厂拌热再生混合料设计应以再生沥青中占比最高的结合料类型作为判断结合料类型的依据。

条文说明

如果厂拌热再生混合料中旧沥青与新加沥青种类不一致，判断结合料类型时以再生沥青中占比例最高的结合料类型为准。早期道路的沥青一般以普通沥青以及普通改性沥青为主，一般再生后的路面我仍然按照早期道路材料的标准执行，近些年修建的道路以 SBS 改性沥青和 SMA 路面为主，再生标准应当及时调整。

5.2 矿料级配设计

5.2.1 厂拌热再生的混合料类型、工程设计级配范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的相关规定。

5.2.2 厂拌热再生工程设计级配范围应满足表 5.2-1、表 5.2-2、表 5.2-3、表 5.2-4 的要求。

表 5.2-1 密级配沥青混合料矿料级配范围

级配类型		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	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
粗粒式	AC-25	100	90~100	75~90	65~83	57~76	45~65	24~52	16~42	12~33	8~24	5~17	4~13	3~7
	AC-20		100	90~100	78~92	62~80	50~72	26~56	16~44	12~33	8~24	5~17	4~13	3~7
中粒式	AC-16			100	90~100	76~92	60~80	34~62	20~48	13~36	9~26	7~18	5~14	4~8
	AC-13				100	90~100	68~85	38~68	24~50	15~38	10~28	7~20	5~15	4~8
细粒式	AC-10					100	90~100	45~75	30~58	20~44	13~32	9~23	6~16	4~8

表 5.2-2 沥青玛蹄脂碎石混合料矿料级配范围

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
中粒式	SMA-20	100	90~100	72~92	62~82	40~55	18~30	13~22	12~20	10~16	9~14	8~13	8~12
	SMA-16		100	90~100	65~85	45~65	20~32	15~24	14~22	12~18	10~15	9~14	8~12
细粒式	SMA-13			100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12
	SMA-10				100	90~100	28~60	20~32	14~26	12~22	10~18	9~16	8~13

表 5.2-3 密级配沥青稳定碎石混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)														
		53	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
特粗式	ATB-40	100	90~100	75~92	65~85	49~71	43~63	37~57	30~50	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6

	ATB-30		100	90~100	70~90	53~72	44~66	39~60	31~51	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6
粗粒式	ATB-25			100	90~100	60~80	48~68	42~62	32~52	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6

表 5.2-4 大粒径透水性沥青混合料矿料级配范围

级配类型	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	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
LSPM-25	100	100	70-98	50-85	32-62	20-45	6-29	6-18	3-15	2-10	1-7	1-6	1-4	
特粗式 LSPM-30	100	90~100	70~95	40~76	28~58	19~39	6~29	6~18	3~15	2~10	1~7	1~6	1~4	

5.3 配合比设计

5.3.1 本规范使用马歇尔击实方法进行沥青路面厂拌热再生混合料的成型。

5.3.2 厂拌热再生混合料性能应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中相应热拌沥青混合料类型的技术要求。

5.3.3 基质沥青厂拌热再生混合料马歇尔试验技术要求见表 5.3-1。

表 5.3-1 密级配沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验指标	单位	高速公路、一级公路				其他等 级公路	行人道 路	
		夏炎热区(1-1、1-2、1-3、 1-4区)		夏热区及夏凉区(2-1、2-2、 2-3、2-4、3-2区)				
		中轻交通	重载交通	中轻交通	重载交通			
击实次数(双面)	次	75				75	50	
试件尺寸	mm	φ101.6mm×63.5mm						
空隙率	深约 90mm 以内	%	3~5	4~6	2~4	3~5	3~6	2~4
VV	深约 90mm 以下	%	3~6		2~4	3~6	3~6	-
稳定度 MS 不小于	kN	8				5	3	
试验指标	单位	高速公路、一级公路				其他等 级公路	行人道 路	
		夏炎热区(1-1、1-2、1-3、 1-4区)		夏热区及夏凉区(2-1、2-2、 2-3、2-4、3-2区)				

		1-4 区)		2-3、2-4、3-2 区)			
		中轻交通	重载交通	中轻交通	重载交通		
流值 FL	mm	2~4	1.5~4	2~4.5	2~4	2~4.5	2~5
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)的最小 VMA 及 VFA 技术要求(%)					
		26.5	19	16	13	9.5	4.75
	2	10	11	12	12	13	15
	3	11	12	13	13	14	16
	4	12	13	14	14	15	17
	5	13	14	15	15	16	18
6	14	15	16	16	17	19	
沥青饱和度 VFA(%)		55~70	65~75		70~85		

注：本表适用于公称最大粒径 $\leq 26.5\text{mm}$ 的密级配沥青混合料。

5.3.4 SMA 沥青厂拌热再生混合料马歇尔试验技术要求见表 5.3-2。

表 5.3-2 沥青玛蹄脂混合料马歇尔试验技术要求

试验项目	单位	技术要求		试验方法
		不使用改性沥青	使用改性沥青	
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$		T 0702
马歇尔试件击实次数 ^[1]		两面击实 50 次		T 0702
空隙率 VV ^[2]	%	3~4		T 0705
矿料间隙率 VMA ^[2] 不小于	%	17		T 0705
粗集料骨架空隙率 VCA _{mix} ^[3] 不大于		VCA _{DRC}		T 0705
沥青饱和度 VFA	%	75~85		T 0705
稳定度 ^[4] 不小于	kN	5.5	6	T 0709
流值	mm	2~5	—	T 0709
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失	%	不大于 0.2	不大于 0.1	T 0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失	%	不大于 20	不大于 15	T 0733
或浸水飞散试验				

注：①对集料坚硬不易击碎，通行重载交通的路段，宜将击实次数增加为双面各75次。

②对高温稳定性要求较高的重交通路段或炎热地区，设计空隙率允许放宽到4.5%，VMA允许放宽到

16.5%(SMA-16)或16%(SMA-19), VFA允许放宽到70%。

③试验粗集料骨架间隙率VCA的关键性筛孔, 对SMA-19、SMA-16是指4.75mm, 对SMA-13、SMA-10是指2.36mm。

④稳定度难以达到要求时, 容许放宽到 5.0kN(非改性)或 5.5kN(改性), 但动稳定度检验必须合格。

5.4 性能验证

5.4.1 厂拌热再生沥青混合料配合比设计完成后应按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中热拌沥青混合料相关规定进行性能验证, 路用性能应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)对基质沥青混合料、改性沥青混合料的技术要求。

5.4.2 厂拌热再生混合料的高温稳定性、水稳定性、低温性能技术指标见表 5.4-1、5.4-2、5.4-3。

表 5.4-1 沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区所要求的动稳定度(次/mm)									试验方法
七月平均最高气温(°C) 及气候分区		>30				20~30				<20	
		1.夏炎热区				2.夏热区				3.夏凉区	
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	
普通沥青混合料不小于		800		1000		600		800		600	T 0719
改性沥青混合料不小于		2400		2800		2000		2400		1800	
SMA 混合料	非改性不小于	1500									
料	改性不小于	3000									

表 5.4-2 沥青混合料水稳定性检验技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区的技术要求(%)				试验方法
年降雨量(mm)及气候分区		>1000	500~1000	250~500	<250	
		1.潮湿区	2.湿润区	3.半干区	4.干旱区	
浸水马歇尔试验残留稳定度(%)不小于						
普通沥青混合料		80		75		T 0709

改性沥青混合料		85	80	
SMA 混合料	普通沥青	75		
	改性沥青	80		
冻融劈裂试验的残留强度比(%)不小于				
普通沥青混合料		75	70	T 0729
改性沥青混合料		80	75	
SMA 混合料	普通沥青	75		
	改性沥青	80		

表 5.4-3 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	相应于下列气候分区所要求的破坏应变										试验方法
	<-37.0		-21.5~-37.0			-9.0~-21.5		>-9.0			
	1.冬严寒区		2.冬寒区			3.冬冷区		4.冬温区			
年极端最低气温(°C) 及气候分区	1-1	2-1	1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4	2-4		
普通沥青混合料不小于	2600		2300			2000				T 0728	
改性沥青混合料不小于	3000		2800			2500					

6 沥青路面厂拌热再生施工

6.1 一般规定

厂拌热再生应选择符合要求的 RAP 和适宜的 RAP 掺配比例，厂拌热再生混合料应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中热拌沥青混合料的技术要求。

6.2 沥青混合料回收料 (RAP) 的回收

6.2.1 可选用冷铣刨、机械开挖等方式获取沥青混合料回收料 (RAP)。

6.2.2 选用冷铣刨时，应事先确定铣刨速度、深度等铣刨参数，并在施工过程中保持铣刨参数的稳定，严格控制材料变异。必要时通过试验段确定铣刨参数。

6.2.3 获取沥青混合料回收料 (RAP) 时不得混入杂物。

6.3 沥青混合料回收料 (RAP) 的预处理与堆放

6.3.1 沥青混合料回收料 (RAP) 应通过必要的破碎、筛分等工艺进行预处理。不允许使用未经预处理的沥青混合料回收料 (RAP)。

6.3.2 根据再生混合料的最大公称粒径合理选择筛网尺寸，将处理后的沥青混合料回收料 (RAP) 筛分成不少于 2 档的材料，其中最小筛网的孔径不宜超过 10mm。

条文说明

RAP 细料对厂拌热再生的性能有较大影响。目前工程实践中一般将 RAP 分成 2 档，为严格控制材料变异性，有条件时 RAP 宜筛分成 3 档。

6.3.3 经过预处理的沥青混合料回收料 (RAP)，可用装载机等将其转运到堆料场均匀堆放，转运和堆放过程中应避免沥青混合料回收料 (RAP) 离析。

6.3.4 经过预处理的沥青混合料回收料 (RAP) 应在防雨棚下堆放，及时使用避免长时间的堆放。沥青混合料回收料 (RAP) 堆料高度不宜超过 3m。

条文说明

RAP 容易吸水，RAP 含水量增高会显著影响热再生生产效率。为避免或减轻 RAP 在重力作用下结块、聚团，提出了堆高的要求。

6.3.5 经过预处理的沥青混合料回收料（RAP）在取料时应从堆料的一端开始在全高范围内铲料。

6.4 混合料拌制

6.4.1 厂拌热再生沥青混合料宜选用间歇式拌和设备进行拌制。间歇式再生拌和机搅拌工艺流程见图。

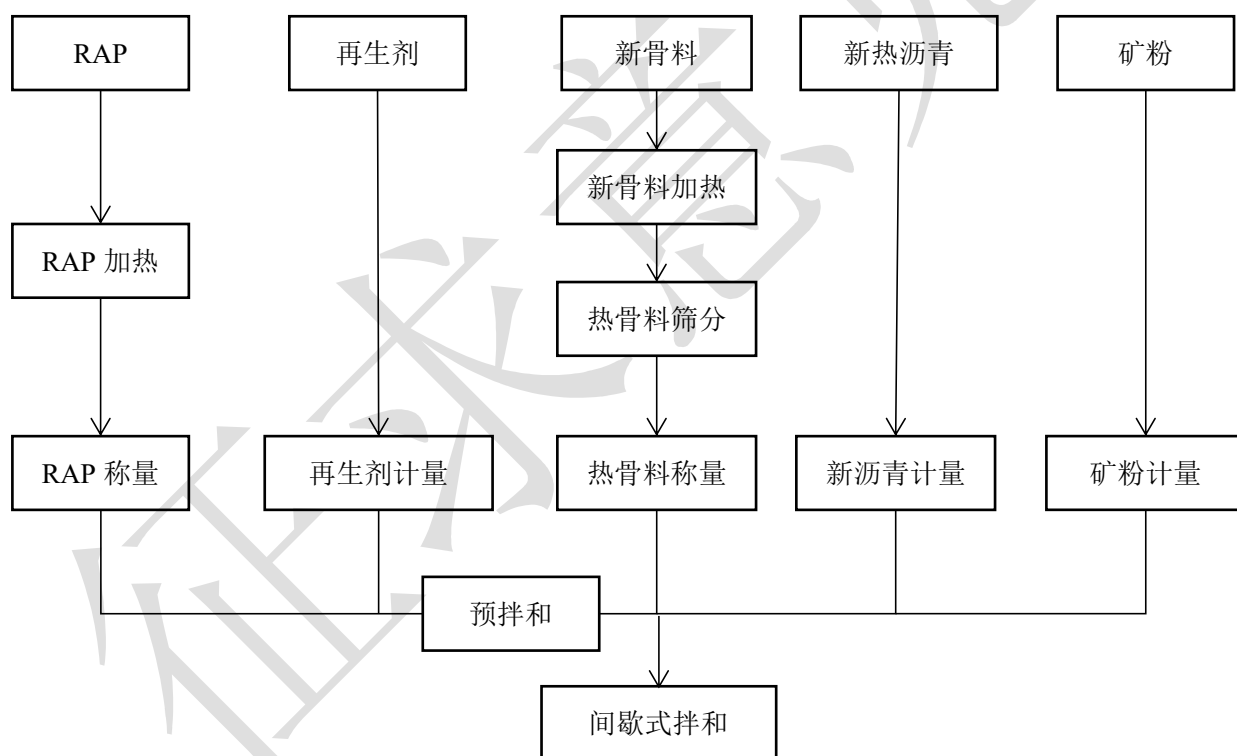


图 6.4.1 间歇式再生拌和机搅拌工艺流程

6.4.2 间歇式厂拌热再生拌和设备在符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）相关规定的基礎上，还应满足以下要求：

- (1) 配备不少于 2 个沥青混合料回收料（RAP）冷料仓；

(2) 配备独立的沥青混合料回收料 (RAP) 加热滚筒, RAP 加热滚筒出料口应安装测温装置, 控温精度优于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$;

(3) 配备独立的沥青混合料回收料 (RAP) 热料缓冲储料仓;

(4) 配备沥青混合料回收料 (RAP) 配料装置和计量装置, 计量精度优于 $\pm 2\%$;

(5) RAP 供给系统的供料能力、燃烧器的供热能力、RAP 烘干滚筒的生产能力应满足设备最大生产能力的要求;

(6) 燃烧器的设计应确保沥青混合料回收料 (RAP) 不与火焰直接接触;

(7) RAP 烘干加热滚筒内应设置避免 RAP 粘附滚筒内壁的专门装置。

条文说明

在工程实践中, 当 RAP 掺加比例小于 10% 时, 常温的 RAP 可直接进入到拌和锅与热集料、热沥青等拌和生产厂拌热再生沥青混合料, 此时可不需要独立的 RAP 加热滚筒和热料缓冲储料仓。

连续式拌和设备在我国尚不普及, 本规范暂不提出要求。

6.4.3 厂拌热再生沥青混合料的生产温度与拌和时间应根据拌和设备的加热干燥能力、沥青混合料回收料 (RAP) 含水量、再生沥青混合料的级配、再生沥青的黏温曲线等综合确定, 以不加剧沥青混合料回收料 (RAP) 的再老化, 提高生产能力, 降低能耗, 并生产出均匀稳定的沥青混合料为原则。

(1) 使用间歇式拌和设备时, 应适当提高新集料的加热温度, 一般控制在 $185\sim 195^{\circ}\text{C}$, 最高不宜超过 200°C ;

(2) 使用间歇式拌和设备时, 干拌时间一般比普通热拌沥青混合料延长 $5\sim 10\text{s}$, 总拌和时间比普通热拌沥青混合料延长 15s 左右;

(3) 再生混合料出料温度应比相应类型的热拌沥青混合料高 $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$, 但最高不应超过 195°C 。

条文说明

为控制厂拌热再生沥青混合料的老化，本规范对拌和温度设置了上限。

6.4.4 厂拌热再生沥青混合料拌制的其它要求，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）对热拌沥青混合料路面的有关规定。

6.5 运输

厂拌热再生沥青混合料的运输，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）对热拌沥青混合料路面的有关规定。

6.6 摊铺

6.6.1 厂拌热再生沥青混合料的摊铺温度宜比热拌沥青混合料高 $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

6.6.2 厂拌热再生沥青混合料摊铺的其他要求，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）对热拌沥青混合料路面的有关规定。

6.7 压实

6.7.1 厂拌热再生沥青混合料的压实温度宜比热拌沥青混合料高 $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

6.7.2 厂拌热再生沥青混合料压实的其他要求，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）对热拌沥青混合料路面的有关规定。

6.8 养生和开放交通

6.8.1 厂拌热再生沥青路面的养生和开放交通，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）对热拌沥青混合料路面的有关规定。

7 质量控制

7.0.1 沥青路面厂拌热再生施工过程的材料质量检查应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)对热拌沥青混合料路面的有关规定

7.0.2 厂拌热再生沥青混合料路面的施工质量标准与控制,与热拌沥青混合料路面基本相同,可按表执行。

表 7.0.2 热拌沥青混合料的频度和质量要求

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		符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定	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		符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的规定	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			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	$\pm 2\%$ (2%)	—	计算机采集数据计算
	$\leq 2.36\text{mm}$		$\pm 5\%$ (4%)	—	
	$\geq 4.75\text{mm}$		$\pm 6\%$ (5%)	—	
	0.075mm	逐盘检查,每天汇总 1 次取平均值评定	$\pm 1\%$	—	《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)附录 G 总量检验
	$\leq 2.36\text{mm}$		$\pm 2\%$	—	
	$\geq 4.75\text{mm}$		$\pm 2\%$	—	
	0.075mm	每台拌和机每天 1~2 次,以 2 个试样的平均值评定	$\pm 2\%$ (2%)	$\pm 2\%$	T 0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	$\leq 2.36\text{mm}$		$\pm 5\%$ (3%)	$\pm 6\%$	
	$\geq 4.75\text{mm}$		$\pm 6\%$ (4%)	$\pm 7\%$	
沥青用量(油石比)	逐盘在线监测		$\pm 0.3\%$	—	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		$\pm 0.1\%$	—	《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)附录 F 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		$\pm 0.3\%$	$\pm 0.4\%$	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《公路沥青路面施工技术规范》 (JTGF40-2004)的规定	T 0702、T 0709
浸水马歇尔试验	必要时(试件数同马歇尔试验)		T 0702、T 0709
车辙试验	必要时(以3个试件的平均值 评定)		T 0719

7.0.3 在施工过程中应对沥青混合料回收料(RAP)的检查频度与质量要求按表7.0.3项目进行。

表 7.0.3 厂拌热再生施工过程中 RAP 的检查频度与质量要求

检查项目		检测频度		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	高速公路、一级公路	其他等级公路	
RAP 含水量		每日 1 次	每日 1 次	≤3%	≤3%	附录 A
RAP 中集料毛体积密度		每 3000 吨 RAP 1 次	每 5000 吨 RAP 1 次	实测	实测	T0722, T0304, T0330
RAP 矿料级配	≤0.075mm	每日 1 次	每 2-3 日 1 次	±2%	±3%	T0722, T0303, T0327
	0.075mm 以上筛孔通过百分率	每日 1 次	每 2-3 日 1 次	±6%	±8%	
RAP 沥青含量		每日 1 次	每 2-3 日 1 次	±0.4%	±0.5%	T0722
RAP 沥青	25℃ 针入度	每 3000 吨 RAP 1 次	每 5000 吨 RAP 1 次	±5	±7	T0722, T0604
	粘度, Pa.s, 60℃	3000 吨/次	5000 吨/次	±10%	±15%	T0620

注：表中的沥青含量、矿料级配、回收沥青技术指标等允许偏差均是再生沥青混合料配合比设计时采用的回收料的技术指标相比较的允许偏差。

条文说明

为了保证材料的有效加热，尤其应注意严格控制 RAP 含水量。水的比热容为 4182 焦耳/(千克·℃)，是沥青的 2.5 倍，是石料的 5 倍多（沥青、玄武岩、砂的比热容分别为

1675、854、796 焦耳/(千克·℃)),而且水的汽化热为 2260 千焦/千克,使水在其沸点(100℃)蒸发为水蒸气所需要的热量五倍于把等量水从一摄氏度加热到一百摄氏度所需要的热量,因此,含水量高的 RAP 将严重影响再生混合料的拌制。按照本细则规定的 RAP 掺配比例不超过 10%时无需配备 RAP 烘干加热系统计算,RAP 最高含水量为 4.15%,考虑到工程实际中存在的多种其他影响因素,本细则规定冷料仓内 RAP 含水量应不大于 3%

7.0.4 沥青路面厂拌热再生混合料部分施工质量指标的现场检验管理按表进行,其余检测项目按《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)进行。

表 7.0.4 沥青混合料路面施工过程中工程质量的控制标准

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	
外观		随时	表面平整密实,不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油疔、油包等缺陷,且无明显离析		目测
接缝		随时	紧密平整、顺直、无跳车,		目测
		逐条缝检测评定	3mm	5mm	T 0931
施工 温度	摊铺温度	逐车检测评定	符合本规范规定		T 0981
	碾压温度	随时	符合本规范规定		插入式温度计实测
厚度 ^①	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%	设计值的 8% 设计值的 10%	施工时插入法量测松 铺厚度及压实厚度 (JTG F40-2004)附录 G 总量检验
	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	-	
	总厚度	每 2000m ² 一点单点评定	设计值的-5%	设计值的-8%	T 0912
	上面层	每 2000m ² 一点单点评定	设计值的-10%	设计值的-10%	
压实度 ^②		每 2000m ² 检查 1 组逐个试件 评定并计算平均值	实验室标准密度的 97% (98%) 最大理论密度的 93% (94%) 试验段密度的 99% (99%)		T 0924、T 0922 (JTG F40-2004)附录 E
平整度 (标准差)	上面层	连续测定	1.2mm	2.5mm	T 0932
	中面层	连续测定	1.5mm	2.8mm	
	下面层	连续测定	1.8mm	3.0mm	
	基层	连续测定	2.4mm	3.5mm	
宽度	有侧石	检测每个断面	±20mm	±20mm	T 0911
	无侧石	检测每个断面	不小于设计宽度	不小于设计宽度	
纵断面高程		检测每个断面	±10mm	±15mm	T 0911
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	T 0911

沥青层层面上的渗水系数 ^③	每 1km 不少于 5 点, 每点 3 处 取平均值	120mL/min(普通密级配沥青混合料) 80mL/min(SMA 混合料)	T 0971
--------------------------	-------------------------------	--	--------

注：①表中厚度检测频度指高速公路和一级公路的钻坑频度，其他等级公路可酌情减少状况，且通常采用压实度钻孔试件测定。上面层的允许误差不适用于磨耗层。

②括号中的数值是对 SMA 路面的要求，对马歇尔成型试件采用 50 次或者 35 次击实的混合料，压实度应适当提高要求。进行核子仪等无破损检测时，每 13 个测点的平均数作为一个测点进行评定是否符合要求。实验室密度是指与配合比设计相同方法成型的试件密度。以最大理论密度作标准密度时，对普通沥青混合料通过真空法实测确定，对改性沥青和 SMA 混合料，由每天的矿料级配和油石比计算得到。

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，应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、SMA 混合料。不适用于 OGFC 混合料，表中渗水系数以平均值评定，计算的合格率不得小于 90%。



附录 A 沥青混合料回收材料(RAP)取样与试验分析

A.1 现场取样

A.1.1 现场取样适用厂拌热再生工程的前期调查。

A.1.2 现场取样频率和方法如下：

(1) 分析路面结构和路面维修记录，根据路面情况是否相同或者接近将施工路段划分为若干个子路段，每个子路段长度不宜大于 5000m，且不宜小于 500m，或者每个子路段面积不宜大于 50000m²，且不宜小于 5000m²。

(2) 按照《公路路基路面现场测试规范》(JTJ 059) T 0991 随机取样方法确定取样点位置。

(3) 厂拌热再生每个子路段取样断面不少于 2 个，可采用铣刨机铣刨方法获得样品。

(4) 根据需要，取得足够数量的沥青混合料回收材料 (RAP)。

条文说明

厂拌热再生主要是用拌合场的铣刨料进行设计。现场取料仅建议使用铣刨机铣刨的方式获得，因为钻取的芯样和机械切割的样品室内击碎后的级配可能和铣刨的级配存在较大的差别。此外，本规范将取样断面减少为不少于2个。

A.2 拌和场料堆取样

A.2.1 拌和场料堆取样适用于厂拌热再生工程的前期调查，以及混合料设计用沥青混合料回收材料(RAP)的获取。

A.2.2 取样方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 粗集料料堆取样法。对于沥青混合料回收料 (RAP)，取样前应去除表面 15cm~25cm 深度范围内的部分。

A.2.3 根据需要，取得足够数量的沥青混合料回收材料(RAP)。

A.3 试样缩分

A.3.1 分料器法：将试样拌匀，通过分料器分成大致相等的两份，再取其中的一份分成两份，缩分至需要的数量为止。

A.3.2 四分法：将所取试样置于平板上，在自然状态下拌和均匀，大致摊平，然后从摊平的试样中心沿互相垂直的两个方向把试样向两边分开，分成大致相等的四份，取其中对角的两份重新拌匀，重复上述过程，直至缩分至所需的数量。

A.4 沥青混合料回收材料(RAP)评价

A.4.1 含水量

根据烘干前后回收沥青路面材料（RAP）质量的变化，按照式（A.4.1）计算回收沥青路面材料（RAP）的含水量 w 。试验方法参照《公路工程集料试验规范》（JTGE42）T 0305，烘箱加热温度调整为60℃恒温。

$$w = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100\% \dots\dots\dots \text{（式A.4.1）}$$

式中： m_w —回收的旧沥青混合料质量（g）；

m_d —回收的旧沥青混合料烘干至恒重的质量（g）。

A.4.2 级配

对回收沥青路面材料（RAP）进行筛分试验，确定回收沥青路面材料（RAP）的级配。试验方法参照《公路工程集料试验规范》（JTGE42）T 0327，材料加热温度调整为60℃恒温，采用干筛法。

A.4.3 砂当量

用4.75mm筛筛除回收沥青路面材料（RAP）中的粗颗粒，进行砂当量指标检测。试验方法按照《公路工程集料试验规范》（JTGE42）T 0334。

A.4.4 沥青混合料回收材料(RAP)的沥青含量和沥青性能测试

(1) 按照本规范附录B旋转蒸发器法从沥青混合料中回收沥青。如果采用其他方法，需要进行重复性和复现性试验，并进行空白沥青标定。

(2) 检测沥青含量和回收沥青的25℃针入度、60℃黏度、软化点、15℃延度等指标。

(3) 具有下列情形之一的，必须进行空白沥青标定：更换阿布森沥青回收设备（使用阿布森回收法）时；更换三氯乙烯品种或供应商时；回收沥青性能异常时；沥青混合料来源发生变化时。

(4) 精度与允许误差

重复性试验的允许误差为：针入度 ≤ 5 (0.1mm)、黏度 \leq 平均值的10%、软化点 $\leq 2.5^{\circ}\text{C}$ ，复现性试验的允许误差为：针入度 ≤ 10 (0.1mm)、黏度 \leq 平均值的15%、软化点 $\leq 5.0^{\circ}\text{C}$ ，如果超出允许误差范围，则应弃置回收沥青，重新标定、回收。

A.4.5 沥青混合料回收材料(RAP)的矿料级配和集料性质测试

(1) 将抽提试验后得到的矿料烘干，待矿料降到室温后，用标准方孔筛进行筛析试验，确定沥青混合料回收材料(RAP)中的旧矿料级配。沥青混合料回收材料(RAP)的沥青含量与级配也可以采用燃烧法确定，若在燃烧过程中，集料由于高温导致破碎，则不适宜采用该法。

(2) 沥青混合料回收材料(RAP)中集料性质，按照相关的部颁规范标准进行检测。

条文说明

美国 NCHRP Report 752 研究认为，除非含有加热后出现较多质量损失的石料，燃烧法在检测的沥青含量比抽提法更准。

附录 B 沥青的回收方法（旋转蒸发器法）

B.1 目的与使用范围

B.1.1 本方法采用旋转蒸发器法从石油沥青混合料中回收沥青，对沥青路面或沥青混合料用溶液抽提，再将抽提液中的溶剂除去，且在操作过程中不改变混合料中沥青的性质。若实验条件不具备，也可采用传统的阿布森法。

B.1.2 按本方法从沥青路面或沥青混合料中回收的沥青，可供评定石油沥青混合料中沥青的老化程度，及分析沥青路面的破坏原因，进行再生沥青混合料的配合比设计等使用。根据需要对回收沥青测定各种性质及化学组分。本方法不适用于煤沥青混合料。

B.2 仪器与材料

B.2.1 旋转蒸发器沥青回收装置，如图 B.2.1 所示，由下列部分组成：

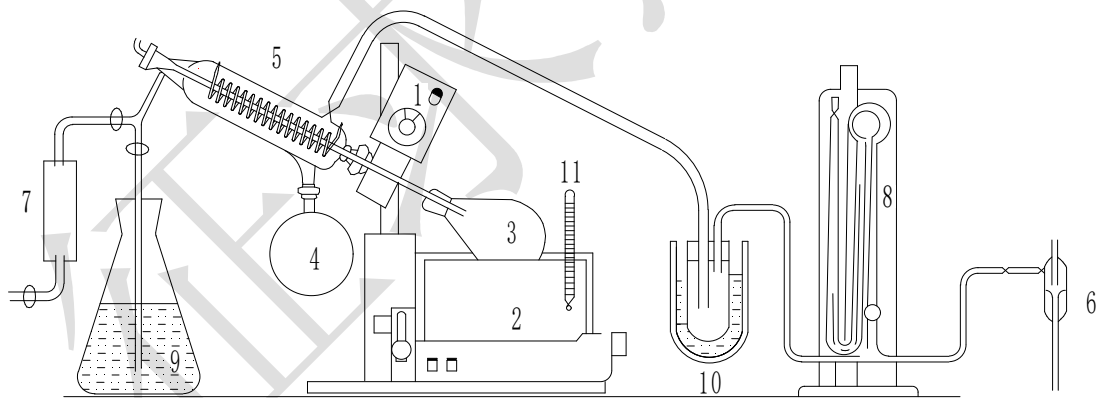


图 B.2.1 旋转蒸发器沥青回收装置

1-电源及旋转速度控制器；2-加热装置；3-旋转烧瓶；4-溶剂回收烧瓶；5-冷凝器；6-抽气机或真空泵；7-气体流量计；8-真空计；9-沥青抽提液；10-凝气井；11-温度计

1 旋转烧瓶：容量 1000mL，置于加热装置（油浴）上，可通入二氧化碳气体。

2 蒸馏烧瓶：回收溶剂的冷凝器及1000mL溶剂回收烧瓶。

- 3 减压抽气装置:可用真空泵或抽气机,能形成负压小于6.67kPa(50mmHg)。
- 4 凝气井:冷凝回收溶剂,冷凝液可用甲醇及干冰的混合液。
- 5 气体流量计:量程2000mL/min。

B.2.2 离心式沥青混合料抽提仪。

B.2.3 高速离心分离器:可装置4个以上的离心管,离心力不小于770倍重力加速度。

B.2.4 离心管:容量在250mL以上。

B.2.5 减压过滤器。

B.2.6 油浴加热器,有调温装置(控温精度 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$),不宜采用电热保温套。

B.2.7 溶剂:三氯乙烯,工业用。

B.2.8 其它:坩埚(有柄)、玻璃棒、烧杯等。

B.3 方法与步骤

B.3.1 准备工作

1. 准备沥青回收料试样,一次用量应预计可获得回收沥青试样120g,不足沥青试验项目需要时可分次回收后混合使用。如果沥青混合料不干燥,宜采用太阳晒干或电风扇吹干水分后再用微波炉或在恒温烘箱内加热,使其成松散状态,但加热温度宜控制在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$,从开始加热至试样松散的时间控制在 $35\text{min}\pm 5\text{min}$ 之内。用于质量仲裁检验的样品,重复加热的次数不超过两次。

2. 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规范》(JTGE20)T0722方法将沥青混合料用离心法抽提出沥青溶液。

3. 将全部沥青抽提液分装入离心管中,用大容量、高速离心机分离抽提液中的细微颗粒的矿粉部分,施加离心力不小于770倍重力加速度以上,离心分离的时间不少于30min。

4. 将干净的抽提液取出一部分置减压过滤器的滤纸上过滤，一边抽气一边向滤纸上加新的三氯乙烯溶剂洗净。仔细观察滤纸上还有没有矿粉颗粒，检验高速离心分离机清除矿粉是否干净。如果试验室没有配置减压过滤器，可采用马沸炉等高温加热器，把抽提液进行高温加热，并对燃烧后的灰烬进行称重，从而检测分离机清除矿粉等细微颗粒集料是否干净。如不干净，则重复 B.3.1 延长分离时间，直至确认抽提液中没有矿粉为止。

B.3.2 试验步骤

1. 将抽提液全部（350~400mL）倒入一个洁净的 1000mL 旋转烧瓶中，用少量溶剂清洗后也并入瓶中。

2. 开动真空泵或者抽气机，使整个系统形成负压，真空度为 94.7kPa（710mmHg），即使绝对负压在 6.67kPa（50mmHg）以下。

3. 开动旋转烧瓶，在不浸入加热油浴的状态下，以 50r/min 的速度旋转 5~10min。

4. 在保持上述速度旋转的状态下，缓慢地将旋转烧瓶底部浸入已达 50℃±5℃的油浴中，烧瓶内的溶剂开始蒸发。当冷凝装置冷却的溶液流入溶剂回收烧瓶达到稳定状态后，逐渐增加旋转速度。并增大旋转烧瓶浸入油浴的加热面积，加快蒸馏速度。直至无溶剂汽凝回收时，蒸馏结束，将旋转速度降低至 20r/min。

5. 旋转烧瓶继续保持旋转状态，同时将油浴升温，在 15min 内上升至 155℃±2℃，并在此状态下保持 15min，然后开放二氧化碳阀门，以 1000mL/min 的流速通过 2min。

6. 关闭二氧化碳阀门，逐渐使旋转烧瓶内恢复常压，停止旋转烧瓶旋转，离开油浴，拆开装置。

7. 迅速倒出烧瓶内的残留沥青，进行回收沥青的各项试验。

8. 对回收沥青进行黏度、针入度、软化点、延度、组分分析等各项试验方法与原样沥青的试验方法相同。

B.4 试验标定和检验

B.4.1 沥青回收时容易产生误差，通过重复进行原样沥青标定，以减少试验误差。

首先选择一种基质沥青，检测其性能，包括针入度、延度、软化点和 60℃黏度等指标。由于三氯乙烯和沥青二次老化对沥青针入度影响最大，可只检测沥青针入度指标来分析三氯乙烯是否蒸馏干净或者是否发生沥青的二次老化现象。然后取沥青试样，溶于三氯乙烯溶剂，配成 1:5 浓度的溶液（为确保标定试验的可对比性，必须使重复性试验过程中的沥青的三氯乙烯溶液的浓度保持一致），并按照旋转蒸发器试验方法进行回收沥青。最后检测回收沥青的针入度指标，并与原样沥青进行比较，如果两次试验结果在试验允许的误差范围内，则证明掌握沥青回收的技术要点；如果试验结果超出误差范围，则分析原因，并进行多次重复性试验。如果回收沥青与原样沥青相比针入度偏高，说明三氯乙烯没有蒸发完全，应适当延长加热时间，检查二氧化碳通气量是否充足；反之，则需要检查加热时间是否过长，加热温度是否在回收后期过高等（采用加热套加热这种情况时有发生，油浴加热几乎不会发生）。

B.4.2 对比试验

为进一步检验沥青回收试验结果的准确性，应进行复现性对比试验。

B.5 报告

报告应注明回收沥青的方法，并综合报告回收沥青的各项性质测定结果。

B.6 精密度或允许误差

B.6.1 针入度试验

1. 当试验结果小于 50（0.1mm）时，重复性试验的允许误差为 2（0.1mm），复现性试验的允许误差为 4（0.1mm）。
2. 当试验结果等于或大于 50（0.1mm）时，重复性试验的允许误差为平均值的 4%，复现性试验的允许误差为平均值的 8%。

B.6.2 延度试验

当试验结果小于100cm时，重复性试验的允许误差为平均值的20%；复现性试验的允许误差为平均值的30%。

B.6.3 软化点试验

1. 当试样软化点小于80℃时，重复性试验的允许误差为1℃，复现性试验的允许误差为4℃。

2. 当试样软化点等于或大于80℃时，重复性试验的允许误差为平均值的2℃，复现性试验的允许误差为平均值的8℃。

B.6.4 布氏旋转黏度试验（布洛克菲尔德黏度计法）

重复性试验的允许误差为平均值的3.5%；复现性试验的允许误差为平均值的14.5%。

B.7 沥青回收试验技术要点

B.7.1 现行规范规定采用加热套对回收溶液加热，由于电热保温套惯性加热时间较长，而且容易出现加热不均匀，经常出现抽提液温度与加热套的设定温度有较大出入的情况，特别是回收抽提液在三氯乙烯蒸馏后期阶段，很难控制加热温度，经常出现烧瓶内的温度计温度上升过快，使回收沥青的二次老化，或者担心沥青的再次老化而导致三氯乙烯溶剂未蒸馏干净。因此，建议采用具有精确控温功能的油浴进行加热，确保蒸馏后期可以有效控制蒸馏瓶内温度，而且受热更加均匀，避免了沥青老化。

B.7.2 离心法抽提沥青溶液，主要是将回收料的集料，包括大部分的矿粉从三氯乙烯溶液中分离出来，它的干净程度直接影响下一步的试验精度。因此，采用良好的大功率、大容量且高转速（3000r/min 以上）的抽提仪将是首选。否则，抽提溶液不干净，将影响回收沥青针入度、软化点和延度等技术参数的测定。

B.7.3 通入二氧化碳气体后的持续加热时间控制。加热时间不足容易造成溶剂残留，即使是 0.5%的残留量也会对针入度等的测定结果产生较大影响，加热时间过长必然造成沥青老化。研究中采用的新鲜沥青针入度为 65（0.1mm），

采用不同的持续加热时间回收沥青直到回收的沥青针入度在 $65\pm 2(0.1\text{mm})$ 为止，并注意观察试验过程中的蒸馏现象，证实对于不同浓度、不同试样数量， 160°C 加热时间无法按现行规范控制。试验证明，此段加热时间应控制在 $25\sim 30\text{min}$ 左右，至目测判定最后一滴溶剂已经滴落且无烟雾发生时刻止应立即停止加热。

B.7.4 为了避免误差，保证回收沥青的一致性，沥青溶液的浓度为 1: 5 左右（沥青质量：溶剂质量），这样可以保证每次回收的沥青大约为 120g。沥青溶液浓度太大，容易造成溶剂残留；浓度太小，增加试验时间，容易造成沥青老化。

B.7.5 供回收沥青抽提用的溶剂建议采用加有稳定剂的工业用三氯乙烯。

附录 C 厂拌热再生混合料配合比设计方法

C.1 一般规定

C.1.1 本方法适用于厂拌热再生密级配沥青混合料及沥青稳定碎石混合料的配合比设计。

C.1.2 厂拌热再生混合料的配合比设计一般采用马歇尔设计方法进行配合比设计，应通过目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段，确定 RAP 的掺配比例、矿料级配、最佳沥青用量。

C.1.3 厂拌热再生混合料的目标配合比设计宜按照图 C.1 的框图的步骤进行。

C.1.4 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤进行。

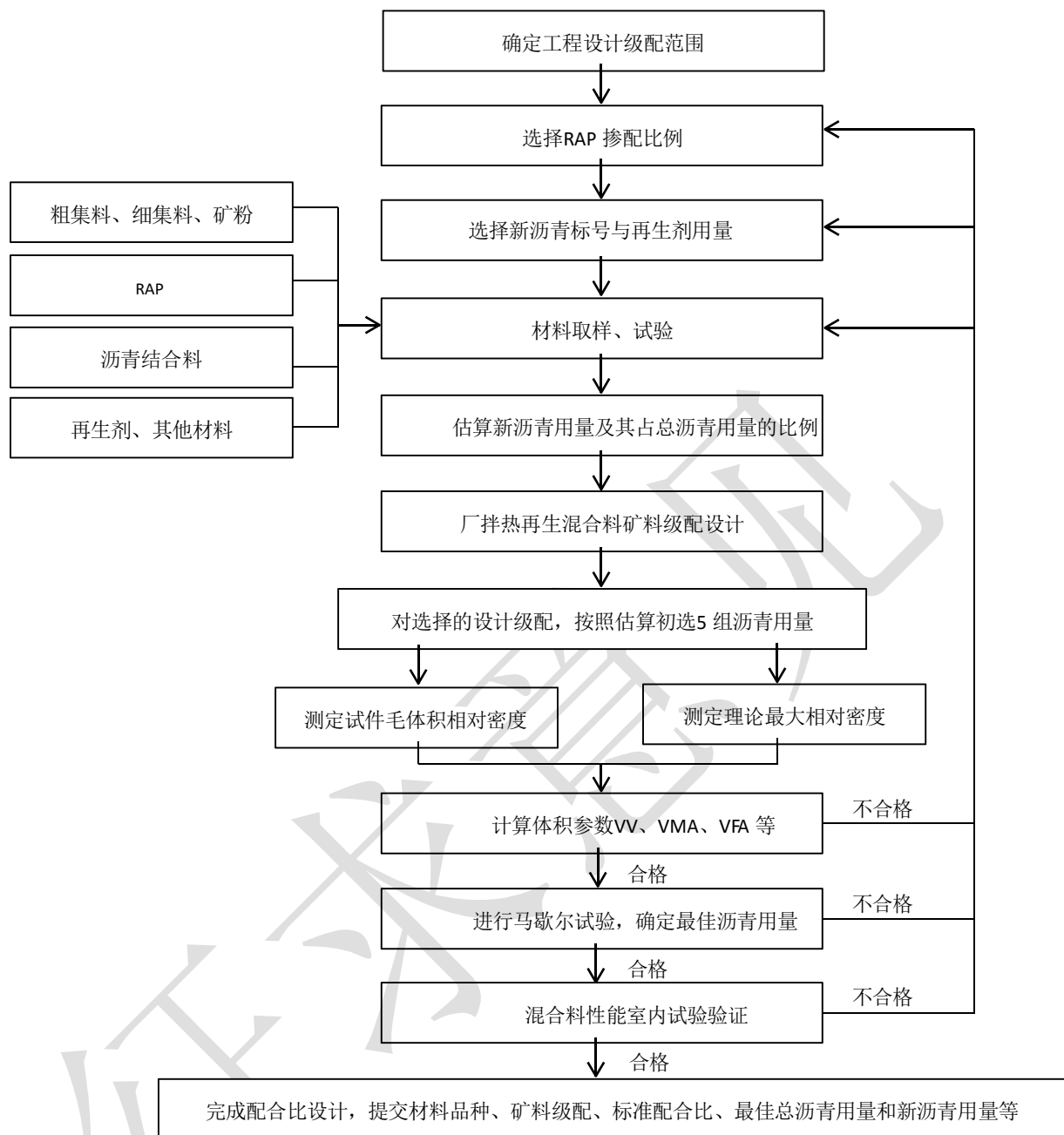


图 C.1 厂拌热再生混合料目标配合比设计流程图

C.2 确定工程设计级配范围

根据公路等级、气候条件、交通特点，充分借鉴成功经验，确定工程设计级配范围。工程设计级配范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定的相应热拌沥青混合料级配范围。

C.3 确定沥青混合料回收料 (RAP) 掺配比例

旧料 (RAP) 的掺配比例是指掺用旧料质量占再生沥青混合料质量的比值。

旧料掺配比例受再生形成的沥青混合料的类型、材料本身特点、再生设备类型及水平等因素的制约影响，同时根据工程实际需要，进行选择沥青混合料回收料（RAP）的掺配比例。

C.4 选择新沥青标号和再生剂用量

C.4.1 确定再生沥青目标标号

厂拌热再生混合料，目标标号根据公路等级、混合料使用的层位、工程的气候条件、交通量、设计车速等条件，选取与当地同等条件道路的一致沥青标号作为再生沥青目标标号。沥青混合料回收料（RAP）掺配比例较大时，也可以根据实际情况，适当降低沥青目标标号一个等级。

C.4.2 确定新沥青标号

1. 根据沥青混合料回收料（RAP）的性质、掺配比例，参照表C.4.2选择新沥青。

表 C.4.2 再生混合料新沥青选择

建议新沥青等级	RAP 含量 (%)			回收收沥青等级
	<20	<15	<10	
沥青选择不需要变化	<20	<15	<10	P≥30
选择新沥青标号比正常高半个等级，即针入度 10(0.1mm)	20~30	15~25	10~15	P=20~30
根据新旧沥青混合调和法则确定	>30	>25	>15	P=10~20

注：表中的 P 代表 25℃ 的针入度（0.1mm）

2. 需要根据新、旧沥青混合调和法则确定新沥青标号的，按照式C.4.2确定新沥青（再生剂的）黏度。

$$\lg \lg \eta_{mix} = (1 - \alpha) \lg \lg \eta_{old} + \alpha \lg \lg \eta_{new} \dots \dots \dots \text{ (式 C.4.2)}$$

式中： η_{mix} — 混合后沥青的 60℃ 黏度（Pa·s）；

η_{old} — 混合前旧沥青的 60℃ 黏度（Pa·s）；

η_{new} — 混合前新沥青或再生剂的 60℃黏度 (Pa. s)；

α — 新沥青的比例， $\alpha=P_{\text{nb}}/P_{\text{b}}$ 。

条文说明

调和公式有多种，为与其他国外规范保持一致，修改为单对数公式，计算更简便。

3 根据黏度 η_{new} 确定新沥青标号。如需新沥青和再生剂配合使用，新沥青与再生剂的掺配比例可按照上式计算。应首先选择合适标号的新沥青，存在下列情形之一的可使用再生剂：

- 1) 计算得到所需的新沥青标号过高，市场供应存在问题。
- 2) 沥青混合料回收料 (RAP)掺配比例较大或者沥青混合料回收料 (RAP)中旧沥青含量较高。
- 3) 根据计算得到的新旧沥青掺配比例和再生剂掺量，进行新旧沥青掺配试验，验证再生沥青标号。
- 4) 测试60℃黏度有困难的，可采用针入度指标。

条文说明

采用现行再生规范中软沥青调和方式进行老化沥青的再生时，由于调和过程中，软沥青很难深入到裹覆于集料表面的老化沥青膜中，试验室的调和结果不能代替实际工程中的拌合效果。所以本规范首先建议选用再生剂对老化沥青进行性能恢复，对于新沥青的选择，应按照普通新拌沥青混合料的方法，依据气候特点、工程特点进行选择，没有必要调整新沥青的标号。

C.5 估算新沥青用量 P_{nb} 及其占总沥青用量的比例

C.5.1 估计再生混合料的沥青总用量。沥青混合料回收料 (RAP)掺量不超过 20% 时，热再生混合料的总沥青用量与没有掺加沥青混合料回收料 (RAP)的沥青混合料基本一致，可以根据工程材料特性、气候特点、交通量等条件，结合当地的工程经验进行估计。也可按下式估计沥青总沥青总用量：

$$P_b = 0.035a + 0.045b + Kc + F \dots\dots\dots (\text{式 C.5.1})$$

式中：P_b—估计的混合料中的总沥青用量（%）；

K—系数；K=0.18，当 0.075mm 筛孔通过率为 6%~10%的时候；K=0.20，当 0.075mm 筛孔通过率等于或小于 5%的时候；

- a — 2.36mm 筛孔以上集料的比例（%）；
- b — 通过 2.36mm 筛孔且留在 0.075mm 筛孔上集料的比例（%）；
- c — 通过 0.075mm 筛孔矿料的比例（%）；
- F — 常数；F=0~2.0，取决于集料的吸水率，缺乏资料时采用 0.7。

C.5.2 估算新沥青用量 P_{nb}

按照下式计算再生混合料的新沥青用量 P_{nb}：

$$P_{nb} = P_b - P_{ob} \times \frac{n}{100} \dots\dots\dots (\text{式 C.5.2})$$

式中：P_b— 热再生混合料的总沥青用量(%)；

P_{ob}— RAP 中的沥青含量（%）；

N— RAP 掺配比例（%）。

C.5.3 不同档的沥青混合料回收料(RAP)，其沥青含量需要分别计算再加和。

C.6 矿料配合比设计

C.6.1 根据沥青混合料回收料（RAP）的老化程度、含水率、沥青混合料回收料（RAP）矿料的级配变异情况以及工程的实际情况、沥青混合料类型、拌和设备的类型与加热干燥能力、新集料的性质等，确定新集料与沥青混合料回收料（RAP）的掺配比例。

C.6.2 将粗、细沥青混合料回收料（RAP）中的矿料分别作为再生混合料中的一种矿料进行矿料配合比设计。

C.7 确定最佳新沥青用量

C.7.1 以估算的新沥青用量 P_{nb} 为中值，用 P_{nb}、P_{nb}±0.5，P_{nb}±1.0 这 5 个沥青用量水平，按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的马歇尔设计方法确定最佳新沥青用量 OAB。

C.7.2 马歇尔试件制备方法

1. 将沥青混合料回收料(RAP)置于烘箱中加热至 110~130℃，加热时间不宜超过 2h，避免沥青混合料回收料 (RAP)进一步老化。

2. 根据新再生沥青的黏温曲线确定混合料的拌和与成型温度，新集料加热温度宜高出拌和温度 10~15℃。

条文说明

本规范采用再生沥青（新沥青、老化沥青和再生剂）进行黏度试验，确定拌和成型温度。

3. 再生混合料拌和时的投料顺序是将沥青混合料回收料 (RAP)加入到拌锅，接着加入再生剂，均匀的洒在 RAP 上，然后将粗、细新集料倒入拌和机拌锅，并进行适当地干拌，然后加入新沥青和矿粉，进行湿拌，最终拌和至均匀为止，总拌和时间一般控制在 3min。

4. 将一个试样所需的混合料倒入预热的试模中，成型方法与热拌沥青混合料相同。

C.8 配合比设计检验

按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)热拌沥青混合料配合比设计方法的有关规定进行配合比设计检验。

C.9 配合比设计报告

热再生混合料配合比设计报告应包括：沥青混合料回收料 (RAP) 试验结果、回收沥青路面材料 (RAP) 掺量确定、混合沥青的试验结果、工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与新材料试验结果、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。

附录 D SMA 厂拌热再生沥青混合料配合比设计方法

D.1 一般规定

D.1.1 本方法适用于厂拌热再生沥青玛蹄脂混合料的配合比设计。

D.1.2 SMA 厂拌热再生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、生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料回收料（RAP）的掺配比例、新材料的品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量。

D.1.3 热再生混合料配合比设计时，沥青混合料回收料（RAP）应从处理后的沥青混合料回收料（RAP）料堆取样。使用其他取样方式进行的混合料设计，还应用料堆取样的沥青混合料回收料（RAP）按照本方法设计检验。

D.1.4 SMA 热再生混合料的配合比设计采用马歇尔试件的体积设计方法进行，马歇尔试验的稳定度和流值并不作为配合比设计接受或者否决的唯一指标。

D.1.5 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤进行。

D.2 材料选择与确定

D.2.1 对用于配合比设计的各种材料按附录 C 规定选择，其质量必须符合本规范关于材料部分的技术要求。

D.2.2 确定沥青混合料回收料（RAP）掺配比例、新沥青标号和再生剂用量应按附录 C 规定选择。

D.2.3 除已有成功经验证明使用非改性的普通沥青能符合使用要求者外，SMA 宜采用改性石油沥青，且采用比当地常用沥青更硬标号的沥青。

D.3 估算新沥青用量 P_{nb} 及其占总沥青用量的比例

估算再生混合料的沥青总用量，可以根据工程材料特性、气候特点、交通量等条件，结合当地的工程经验进行估算。具体可参照附录 C 规定来计算。

D.4 设计矿料级配的确定

D.4.1 设计初试级配

1. SMA 路面的工程设计级配范围宜直接采用本规范关于矿料级配范围。公称最大粒径等于或小于 9.5mm 的 SMA 混合料,以 2.36mm 作为粗集料骨架的分界筛孔,公称最大粒径等于或大于 13.2mm 的 SMA 混合料以 4.75mm 作为粗集料骨架的分界筛孔。

2. 在工程设计级配范围内,调整各种矿料比例设计 3 组不同粗细的初试级配,3 组级配的粗集料骨架分界筛孔的通过率处于级配范围的中值、中值±3%附近,矿粉数量均为 10%左右。

D.4.2 初试级配的矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 、合成表观相对密度 γ_{sa} 、有效相对密度 γ_{se} 计算。

(1) 矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb}

铣刨料中的集料需要用抽提后的级配进行混合料设计铣刨料的骨料可以分为粗集料、细集料和粉料。由于热再生中铣刨料一般分为 2 档以上,且每档铣刨料中都含有粗细集料,由于铣刨料的变异性较大,因此将,每一档铣刨料分为粗集料和细集料,其中的粉料按照矿粉进行计算。

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_{R1粗}}{\gamma_{R1粗}} + \frac{P_{R1细}}{\gamma_{R1细}} + \dots + \frac{P_{Ri粗}}{\gamma_{Ri粗}} + \frac{P_{Ri细}}{\gamma_{Ri细}}} \dots\dots\dots \text{(式D.4.2-1)}$$

式中: P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n 为各种新矿料成分的配比, $P_{R1粗}$ 、 $P_{R1细}$ 分别为铣刨料分档 1 中的粗集料和细集料在混合料中占得比例, $P_{Ri粗}$ 、 $P_{Ri细}$ 为铣刨料第 i 档中的粗集料和细集料在混合料中占得比例,所有以上比例和为 100; γ_1 、 γ_2 、 \dots 、 γ_n 、 $\gamma_{R1粗}$ 、 $\gamma_{R1细}$ 、 \dots 、 $\gamma_{Ri粗}$ 、 $\gamma_{Ri细}$ 为各种矿料相应的毛体积相对密度,粗集料按 T 0304 方法测定,机制砂及石屑可按 T 0330 方法测定,也可以用筛出的 2.36mm~4.75mm 部分的毛体积相对密度代替,矿粉(含消石灰、水泥)以表观相对密度代替。

(2) 矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} :

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n} + \frac{P_{R1粗}}{\gamma'_{R1粗}} + \frac{P_{R1细}}{\gamma'_{R1细}} + \dots + \frac{P_{Ri粗}}{\gamma'_{Ri粗}} + \frac{P_{Ri细}}{\gamma'_{Ri细}}} \dots\dots\dots(\text{式D.4.2-2})$$

式中： γ'_1 、 γ'_2 、 $\dots\dots\gamma'_n$ 、 $\gamma'_{R1细}$ 、 $\gamma'_{R1粗}$ 、 $\dots\dots$ 、 $\gamma'_{Ri细}$ 、 $\gamma'_{Ri粗}$ 为各种矿料按试验规范方法测定的表观相对密度。

(3) 矿料的有效相对密度 γ_{se}

$$\gamma_{se} = C \cdot \gamma_{sa} + (1 - c) \cdot \gamma_{sb} \dots\dots\dots(\text{式D.4.2-3})$$

式中：C值得计算按照JTG F40-2004

D.4.3 把每个合成级配中小于粗集料骨架分界筛孔的集料筛除，按《公路工程集料试验规范》T 0309的规定，用捣实法测定粗集料骨架的松方毛体积相对密度 γ_s ，计算粗集料骨架混合料的平均毛体积相对密度 γ_{CA} 。

$$\gamma_{CA} = \frac{P_1 + P_2 + \dots\dots + P_n + P_{R1粗} + \dots\dots + P_{R1粗}}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots\dots + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_{R1粗}}{\gamma_{R1粗}} + \dots\dots + \frac{P_{Ri粗}}{\gamma_{Ri粗}}} \dots\dots\dots(\text{式 D.4.3})$$

式中： P_1 、 P_2 、 $\dots\dots P_n$ 为粗集料骨架部分各种集料在全部矿料级配混合料中的配比， $P_{R1粗}$ 、 $\dots\dots P_{Ri粗}$ 为各档铣刨料中的粗骨料在混合料中的配比， γ_1 、 γ_2 、 $\dots\dots\gamma_n$ 为各种粗集料相应的毛体积相对密度。

D.4.4 按式4.4计算各组初试级配的捣实状态下的粗集料松装间隙率 VCA_{DRC} 。

$$VCA_{DRC} = \left(1 - \frac{\gamma_s}{\gamma_{CA}}\right) \times 100 \dots\dots\dots(\text{式D.4.4})$$

式中： VCA_{DRC} —— 粗集料骨架的松装间隙率(%)；

γ_{CA} —— 粗集料骨架的毛体积相对密度；

γ_s —— 粗集料骨架的松方毛体积相对密度 (g/cm^3)。

D.4.5 预估新建工程SMA混合料的适宜的油石比 P_a 或沥青用量为 P_b ，作为马歇尔试件的初试油石比。

D.4.6 按照选择的初试油石比和矿料级配制作SMA试件，马歇尔标准击实的次数为双面50次，根据需要也可采用双面75次，一组马歇尔试件的数目不得少于4~6个。SMA马歇尔试件的毛体积相对密度由表干法测定。

D.4.7 按式D.4.7的方法计算不同沥青用量条件下SMA混合料的最大理论相对密度，其中纤维部分的比例不得忽略。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a + P_x}{\frac{100}{\gamma_{se}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_x}{\gamma_x}} \dots\dots\dots \text{(式 D.4.7)}$$

式中： γ_{se} —矿料的有效相对密度，由 4.2 确定；

P_a —沥青混合料的油石比，(%)；

γ_a —沥青结合料的表观相对密度；

P_x —总纤维用量，为铣刨料中纤维同外加纤维之和，以沥青混合料总量的百分数代替，(%)；

γ_x —纤维稳定剂的密度，由供货商提供或由比重瓶实测得到。

D.4.8 按式4.8计算SMA马歇尔混合料试件中的粗集料骨架间隙率VCA_{mix}，试件的集料各项体积指标空隙率VV、集料间隙率VMA、沥青饱和度VFA应按《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)附录B的方法计算。

$$VCA_{mix} = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{ca}} \times P_{CA} \right) \times 100 \dots\dots\dots \text{(式D.4.8)}$$

式中： P_{CA} ——沥青混合料中粗集料的比例，即大于 4.75mm 的颗粒含量 (%)；

γ_{ca} ——粗集料骨架部分的平均毛体积相对密度，由式4.3确定；

γ_f ——沥青混合料试件的毛体积相对密度，由表干法测定；

D.4.9 从3组初试级配的试验结果中选择设计级配时，必须符合VCA_{mix}<VCADRRC及VMA>16.5%的要求，当有1组以上的级配同时符合要求时，以粗集料骨架分界集料通过率大且VMA较大的级配为设计级配。

D.5 确定设计沥青用量

D.5.1 根据所选择的设计级配和初试油石比试验的空隙率结果，以0.2%~

0.4%为间隔，调整3个不同的油石比，制作马歇尔试件，计算空隙率等各项体积指标。一组试件数不宜少于4~6个。

D.5.2 进行马歇尔稳定度试验，检验稳定度和流值是否符合本规范规定的技术要求。

D.5.3 根据希望的设计空隙率，确定油石比，作为最佳油石比OAC。所设计的SMA混合料应符合本规范关于混合料性能规定的各项技术标准。

D.5.4 如初试油石比的混合料体积指标恰好符合设计要求时，可以免去这一步，但宜进行一次复核。

D.6 配合比设计检验

SMA混合料的配合比设计还必须进行谢伦堡析漏试验及肯塔堡飞散试验。配合比设计检验应符合本规范的技术要求。不符合要求的必须重新进行配合比设计。

D.7 配合比设计报告

SMA热再生混合料配合比设计报告应包括：回收沥青路面材料（RAP）试验结果、回收沥青路面材料（RAP）掺量确定、混合沥青的试验结果、工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与新材料试验结果、矿料级配、最佳沥青用量，以及各项性能指标、配合比设计检验结果等。

本规范用词说明

为便于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进行说明。对执行规范条文严格程度的用词，采用以下写法：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面用词采用“必须”，反面用词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面用词采用“应”，反面用词采用“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用词：

正面用词采用“宜”，反面用词采用“不宜”。

4. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。