

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 2979—2017

公路沥青路面就地再生施工技术规范

Technical Specification for Construction of Asphalt Pavement In-place Recycling

2017-08-18 发布

2017-09-18 实施

山东省质量技术监督局 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 3

5 材料 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 回收沥青路面材料（RAP） 3

 5.3 沥青 4

 5.4 集料 5

 5.5 水泥 7

 5.6 矿粉 7

 5.7 沥青再生剂 7

 5.8 水 7

 5.9 纤维稳定剂 8

 5.10 石灰 8

6 沥青路面就地再生混合料设计 8

 6.1 一般规定 8

 6.2 就地热再生混合料设计 9

 6.3 乳化沥青就地冷再生混合料设计 9

 6.4 泡沫沥青就地冷再生混合料设计 9

 6.5 无机结合料稳定冷再生混合料设计 10

7 沥青路面就地热再生施工 11

 7.1 施工准备 11

 7.2 再生施工 11

 7.3 摊铺 12

 7.4 压实 12

 7.5 开放交通 12

 7.6 施工质量控制 12

 7.7 检查验收 13

8 沥青路面就地冷再生施工 13

 8.1 施工准备 13

 8.2 再生施工 14

8.3	摊铺	14
8.4	压实	14
8.5	接缝	14
8.6	养生	15
8.7	施工质量控制	15
8.8	检查验收	18
附录 A（规范性附录）	回收沥青路面材料取样方法	19
附录 B（规范性附录）	沥青的回收方法（旋转蒸发器法）	22
附录 C（规范性附录）	沥青路面就地热再生混合料设计方法	26
附录 D（规范性附录）	乳化（泡沫）沥青就地冷再生混合料设计方法	31
附录 E（规范性附录）	无机结合料稳定就地冷再生混合料设计方法	34
附录 F（规范性附录）	泡沫沥青发泡试验	36

前 言

本规程按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本规程由山东省交通运输厅提出并归口。

本规程起草单位：山东省路桥集团有限公司、山东省沥青路面再生工程技术研究中心、山东省高速公路养护有限公司。

本规程主要起草人：李志、张建民、刘长溪、穆明浩、吕彬、陈常杰、刘东美、邢锋锋、明照通、靳先国、宋石华、王德亮、陈彩军、周勇、王永涛、姜鲁宁、林树明、高震、古金龙、李少武。

引 言

为了更好地满足公路行业对沥青路面再生技术的迫切需求，编写组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考相关先进标准，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包括：再生混合料用材料技术要求，旧路面材料的回收处理及试验要求，再生混合料的设计及技术要求，就地再生施工工艺及质量控制、验收标准以及相关试验方法等。

各有关单位在使用过程中，若出现不当之处或有好的意见和建议，请及时函告山东省路桥集团有限公司（地址：山东省济南市经五路330号，邮编250021，电话：0531-61388252，联系人：张建民，E-mail：757126871@qq.com），以便修订时研用。

本规程由山东省质量技术监督局负责审查发布。

公路沥青路面就地再生施工技术规范

1 范围

本规程规定了公路沥青路面就地再生施工技术的术语和定义、总则、材料、沥青路面就地再生混合料设计、沥青路面就地热再生施工和沥青路面就地冷再生施工。

本规程适用于各等级公路与城市道路的沥青路面就地热再生和就地冷再生工程施工,也可供设计单位参考。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG F41 公路沥青路面再生技术规范

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

回收沥青路面材料 reclaimed asphalt pavement (RAP)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧路面材料。

3.2

沥青路面再生 asphalt pavement recycling

采用专用机械设备对旧沥青路面或者回收沥青路面材料进行处理,并掺加一定比例的新集料、新沥青、再生剂(必要时)等形成路面结构层的技术。按照再生混合料拌制和施工温度的不同,沥青路面再生可以分为热再生和冷再生;按照施工场合和工艺的不同,沥青路面再生可以分为厂拌再生和就地再生。

3.3

就地热再生 hot in-place recycling (HIR)

采用专用设备,对沥青路面进行加热、铣刨,就地掺入一定数量的新沥青、新沥青混合料、再生剂等,经热态拌和、摊铺、碾压等工序,一次性实现对表面一定深度范围内的旧沥青混凝土路面再生的技术。它包括复拌再生、加铺再生两种。

3.4

复拌再生 remixing

将旧沥青路面加热、铣刨，就地掺加一定数量的再生剂、新沥青、新沥青混合料，经热态拌和、摊铺、碾压成型。

3.5

加铺再生 repaving

将旧沥青路面加热、铣刨，就地掺加一定数量的新沥青混合料、再生剂，拌和形成再生混合料，利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生混合料，利用再生复拌机的第二熨平板同时将新沥青混合料摊铺于再生混合料之上，两层一起压实成型。

3.6

就地冷再生 cold in-place recycling (CIR)

采用专用设备，对沥青路面进行现场冷铣刨，破碎和筛分，掺入一定数量的新集料、再生结合料、活性填料（水泥、石灰等）、水，经过常温拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现旧沥青路面再生的技术。

3.7

泡沫沥青 foamed asphalt

将热沥青和水在专门的发泡装置内混合、膨胀，形成的含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

3.8

乳化沥青 emulsion asphalt

石油沥青在乳化剂及稳定剂的作用下，经乳化加工制得的水包油型乳状液。

3.9

泡沫沥青膨胀率 maximum expansion ratio of foamed asphalt

泡沫沥青在发泡状态下的最大体积与未发泡时沥青体积的比值。

3.10

泡沫沥青半衰期 half life of foamed asphalt

泡沫沥青从最大体积衰减至最大体积的50%所用的时间。

3.11

再生混合料含水量 water content of recycled mixture

沥青冷再生混合料中的水占再生混合料的质量百分比。

3.12

沥青再生剂 rejuvenating agent

掺加到再生沥青混合料中，用于恢复已老化沥青性能的添加剂。

4 总则

- 4.1 为规范和指导山东省公路沥青路面就地再生的施工、质量控制与检查验收，保证沥青路面再生质量，制定本规程。
- 4.2 各等级公路与城市道路的大、中修和改扩建的再生工程，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
- 4.3 沥青路面就地再生实施前，应对原路面历史信息、原路面状况、交通量、工程经济等方面的内容进行再调查，并结合养护信息和取样检测结果，分析病害成因。
- 4.4 就地热再生适用于沥青面层浅层轻微病害的各等级公路的养护工程，再生层可用作上面层或者中面层，就地热再生的再生深度宜为 20 mm~60 mm。
- 4.5 就地热再生时，路面技术状况包括应满足以下条件：
- 原路面结构强度指数 PSSI 应不低于 90；
 - 原路面再生深度范围内沥青混合料的沥青含量宜不低于 3.5 %；
 - 原路面沥青 25 ℃针入度不低于 20 (0.1 mm)。
- 4.6 在混合料性能和施工工艺满足要求的前提下，聚合物改性沥青和 SMA 沥青路面以及稀浆封层、微表处、超薄罩面、碎石封层路面均可进行就地热再生。
- 4.7 就地冷再生，对于高速公路、一级公路和二级公路，再生层可作为下面层、基层，对于三级及以下公路，再生层可作为面层、基层，用作上面层时应采用稀浆封层、碎石封层、微表处等做上封层，就地冷再生的再生深度宜为 80 mm~200 mm。
- 4.8 就地冷再生主要包括乳化沥青冷再生、泡沫沥青冷再生以及无机结合料冷再生，应根据工程实际情况选择适宜的再生工艺。
- 4.9 就地冷再生的下承层应基本完好，满足所处结构层的强度要求。

5 材料

5.1 一般规定

- 5.1.1 所有材料均应取样进行质量检验，经评定合格后方可使用。
- 5.1.2 乳化沥青应避免贮存时间过长，影响质量。
- 5.1.3 新集料应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地面上。
- 5.1.4 水泥、石灰等必须注意防水，避免受潮。

5.2 回收沥青路面材料 (RAP)

- 5.2.1 回收沥青路面材料取样要客观地代表旧路面沥青材料，取样方法按照本规程附录 A 方法进行，各项技术指标应按照表 1 进行检测。

表1 回收沥青路面材料检测项目与质量要求

材料	检测项目	单位	技术要求	试验方法
RAP	含水率	%	≤3	T 0305
	级配		实测	T 0327
	沥青含量	%	实测	T 0722
	砂当量	%	≥55 (50) a	T 0334

表1 回收沥青路面材料检测项目与质量要求（续）

材料	检测项目	单位	技术要求	试验方法
RAP 中的沥青	针入度	0.1 mm	>20	抽提,《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20
	60 ℃动力黏度		实测	
	软化点		实测	
	15 ℃延度		实测	
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量		实测	抽提,《公路工程集料试验规程》JTG E42
	压碎值		实测	
RAP 中的细集料	棱角性		实测	
* 括号中的数值是对就地冷再生 RAP 砂当量的要求。				

5.2.2 用于室内配合比设计的回收沥青路面材料不得含有杂物。

5.3 沥青

5.3.1 就地冷再生用乳化沥青，宜采用慢裂型或中裂型乳化沥青，且应在常温下使用。乳化沥青材料性能应满足表 2 的质量要求。

表2 就地冷再生用乳化沥青质量要求

检测项目		单位	质量要求	试验方法
破乳速率			慢裂或中裂	T 0658
粒子电荷			阳离子（+）	T 0653
筛上剩余量（1.18 mm 筛）		%	≤0.1	T 0652
标准黏度 C _{25.3}		s	10~60	T 0621
恩格拉黏度 E ₂₅		s	2~30	T 0622
25 ℃赛波特黏度 V _s		s	7~100	T 0623
蒸发残留物	残留物含量	%	≥62	T 0651
	针入度（25 ℃）	0.1 mm	≥50	T 0604
	软化点	℃	≥53	T 0606
	延度（15 ℃）	cm	≥40	T 0605
	溶解度（三氯乙烯）	%	≥97.5	T 0607
与粗集料的裹覆性，裹覆面积		—	≥2/3	T 0654
与粗、细集料拌和试验		—	均匀	T 0659
常温贮存稳定性	1 d	%	≤1	T 0655
	5 d	%	≤5	
注：黏度可选择测试标准黏度、恩格拉黏度或赛波特黏度之一。				

5.3.2 就地冷再生用泡沫沥青应满足表 3 的技术要求。

表3 就地冷再生用泡沫沥青技术要求

试验项目	技术要求	试验方法
膨胀率	不小于 10	JTG F41 附录 E
半衰期（s）	不小于 8	JTG F41 附录 E

5.4 集料

5.4.1 就地再生沥青面层粗集料应满足表 4 质量技术要求。

表4 就地再生沥青面层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（混合料）	%	≤15	≤18	≤20	T 0312
坚固性	%	≤12	≤12	—	T 0314
软石含量	%	≤3	≤5	≤5	T 0320
水洗法<0.075 mm 颗粒含量	%	≤1	≤1	≤1	T 0310

5.4.2 就地再生沥青面层细集料应满足表 5 质量技术要求。

表5 就地再生沥青面层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		≥2.5	T 0328
坚固性（>0.3 mm 部分）	%	≥12	T 0340
砂当量	%	≥60	T 0334
含泥量（≤0.075 mm 含量）	%	≤3	T 0333
棱角性（流动时间）	s	≥30	T 0345

5.4.3 就地再生沥青面层粗集料规格应满足表 6 技术要求。

表6 就地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			

表6 就地再生沥青面层用粗集料规格（续）

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 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

5.4.4 就地再生沥青面层用机制砂或石屑规格应满足表 7 技术要求。

表7 就地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

5.4.5 无机结合料稳定冷再生用集料应满足表 8 质量技术要求。

表8 无机结合料稳定冷再生用集料质量技术要求

指标	单位	高速公路和一级公路		其他公路	试验方法
		基层	底基层		
最大粒径	mm	31.5	37.5	37.5	T 0302
压碎值	%	26	30	30	T 0316
密度	g/cm ³	实测	实测	实测	T 0304
针片状 (混合料)	%	20	20	20	T 0312

5.5 水泥

满足《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）规定质量要求的普通硅酸盐水泥均可使用。所用缓凝水泥初凝时间应大于3 h，终凝时间应大于6 h且小于10 h。

5.6 矿粉

5.6.1 矿粉的质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40），满足表 9 的技术要求。

表9 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	<0.6 mm	%	100	T 0351
	<0.15 mm	%	90~100	
	<0.075 mm	%	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			合格	T 0355

5.6.2 矿粉中宜添加一定比例的生石灰粉或水泥。

5.7 沥青再生剂

应根据回收沥青路面材料中沥青老化程度、沥青含量、回收沥青路面材料掺配比例、再生剂与沥青的配伍性，综合选择再生剂品种。沥青再生剂宜满足表10的要求。

表10 沥青再生剂质量要求

检验项目	单位	质量要求	试验方法
动力黏度（60 ℃）	Pa·s	≥160	T 0620
闪点	℃	≥220	T 0633
饱和分含量	%	≤30	T 0618
芳香分含量	%	≥60	T 0618
薄膜烘箱试验前后黏度比	—	≤3	T 0619
薄膜烘箱试验前后质量变化绝对值	%	≤4	T 0609 或 T 0610
25 ℃密度	—	实测	T 0603

5.8 水

沥青路面就地冷再生过程中外加水应为饮用水，使用非饮用水时，应进行水质检验，检验要求应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）有关规定，满足表11的技术要求。

表11 非饮用水技术要求

项次	项目	单位	技术要求	试验方法
1	PH 值		≥4.5	JGJ 63

表11 非饮用水技术要求（续）

项次	项目	单位	技术要求	试验方法
2	CL 含量	mg/L	≤3500	JGJ 63
3	SO ₄ ²⁻ 值	mg/L	≤2700	
4	碱含量	mg/L	≤1500	
5	可溶物含量	mg/L	≤10000	
6	不溶物含量	mg/L	≤5000	
7	其他杂质		不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

5.9 纤维稳定剂

就地热再生用再生木质素纤维应满足表12质量技术要求。

表12 就地热再生用再生木质素纤维质量技术要求

项目	单位	指标	试验方法
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	—	≥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	%	≤5	105 ℃烘箱烘 2 h 后冷却称量

5.10 石灰

石灰的质量应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定，满足表13的技术要求。

表13 生石灰技术要求

指标	钙质生石灰			镁质生石灰			试验方法
	I	II	III	I	II	III	
有效氧化钙加氧化镁含量（%）	≥85	≥80	≥70	≥85	≥80	≥70	T 0813
未消化残渣含量（%）	≤7	≤11	≤17	≤10	≤14	≤20	T 0815
钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量（%）	≤5			>5			T 0812

6 沥青路面就地再生混合料设计

6.1 一般规定

6.1.1 在对回收沥青路面材料充分调查分析的基础上，根据工程要求、公路等级、使用层位、气候条件、交通情况等，充分借鉴成功经验，选用符合要求的材料，进行混合料设计。

6.1.2 进行沥青路面就地再生混合料设计，宜采用马歇尔击实方式。若条件具备，也可采用 Superpave™ 的旋转压实方式，但必须要经过试验论证，确定旋转压实次数。

6.1.3 室内试验用回收沥青路面材料应采用实际施工使用的就地再生设备在原路面上铣刨取样，如采用其他铣刨机或其他取样方式，还应使用上述标准取样方法进行设计检验。

6.1.4 沥青路面就地再生混合料配合比设计应通过试验路段进行检验。

6.2 就地热再生混合料设计

6.2.1 就地热再生混合料设计按照本规程附录 C 的设计方法进行。

6.2.2 就地热再生混合料工程设计级配范围的确定、技术要求和性能检验，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中对热拌沥青混合料的相关规定。

6.3 乳化沥青就地冷再生混合料设计

6.3.1 使用乳化沥青作为再生结合料的就地冷再生，按照本规程附录 D 设计方法进行。

6.3.2 乳化沥青就地冷再生混合料工程设计级配范围应满足表 14 的要求。

6.3.3 乳化沥青就地冷再生混合料设计指标应满足表 15 的要求。

6.3.4 乳化沥青就地冷再生混合料中乳化沥青添加量折合成纯沥青后占混合料其余部分干质量的百分比宜为 1.5 %~3.5 %，水泥等活性填料剂量宜不超过 1.5 %。

表14 乳化沥青就地冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔尺寸 (mm)	各筛孔的通过率 (%)			
	粗粒式	中粒式	细粒式 A	细粒式 B
37.5	100			
26.5	80~100	100		
19	—	90~100	100	
13.2	60~80	—	90~100	100
9.5	—	60~80	—	90~100
4.75	25~60	35~65	45~75	60~80
2.36	15~45	20~50	25~55	35~65
0.3	3~20	3~21	6~25	6~25
0.075	1~7	2~8	2~9	2~10

表15 乳化沥青就地冷再生混合料设计要求

试验项目		单位	技术要求	用途
试件成型方式 (Superpave™ 旋转压实仪)			1.16° , 600 kPa 应力, 旋转 50~90 次	密度指示
空隙率		%	9~13	压实指示
冻融劈裂强度比 TSR		%	≥70	水稳定性
劈裂试验 (15 °C)	劈裂强度	MPa	≥0.55	强度指示
	干湿劈裂强度比	%	≥75	抗水损性
车辙试验	60 °C 动稳定度	次/mm	≥1000	高温稳定性
注：用于中、上面层时，须考虑再生混合料的高温稳定性；表中空隙率的要求针对乳化沥青就地冷再生混合料配合比设计。				

6.4 泡沫沥青就地冷再生混合料设计

6.4.1 泡沫沥青就地冷再生混合料设计，按照本规程附录 D 的设计方法进行。

6.4.2 泡沫沥青就地冷再生混合料工程设计级配范围应满足表 16 的要求。

表16 泡沫沥青就地冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔尺寸 (mm)	各筛孔的通过率 (%)		
	粗粒式	中粒式	细粒式
37.5	100		
26.5	85~100	100	
19	—	85~100	100
13.2	60~85	—	85~100
9.5	—	55~80	—
4.75	30~55	35~60	40~65
2.36	20~40	25~45	28~45
0.3	10~25	10~25	10~25
0.075	4~12	4~12	4~12

6.4.3 泡沫沥青就地冷再生混合料设计指标应满足表 15 的要求

6.4.4 泡沫沥青就地冷再生混合料中,泡沫沥青折合成纯沥青占再生混合料其余部分干质量的 1.5%~3.5%,水泥等活性填料剂量宜不超过 1.5%。

6.5 无机结合料稳定冷再生混合料设计

6.5.1 无机结合料稳定就地冷再生混合料用于特重交通、重交通的底基层时,再生混合料级配宜满足表 17 中 1 号级配范围要求;用于其它交通等级的道路时,再生混合料级配宜满足表 17 中 2 号级配范围要求。

表17 无机结合料稳定冷再生混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	各筛孔的通过率 (%)	
	1	2
37.5		90~100
31.5	100	—
26.5	90~100	66~100
19	72~89	54~100
9.5	47~67	39~100
4.75	29~49	28~84
2.36	17~35	20~70
1.18	—	14~57
0.6	8~22	8~47

6.5.2 经配合比设计确定的无机结合料稳定就地冷再生混合料,其性能应满足表 18 的技术要求。

表18 无机结合料稳定冷再生混合料技术要求

交通等级		特重交通和重交通	其他等级
无侧限抗压强度 (MPa)	基层 不小于	3~5	2.5~3
	底基层 不小于	1.5~2.5	1.5~2.0

6.5.3 其它未规定事宜,应满足《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的要求。

7 沥青路面就地热再生施工

7.1 施工准备

7.1.1 就地热再生施工前应进行现场周边环境调查,对可能受到影响的植物隔离带、树木、加油站等提前采取隔离措施。

7.1.2 就地热再生施工前,应对就地热再生无法修复的路面病害进行预处理。

- a) 破损松散类病害:深度超过就地热再生施工厚度时,应予挖补。
- b) 变形类病害:变形深度大于 30 mm 时,再生施工前应进行铣刨处理。
- c) 裂缝类病害:分析裂缝类病害成因,影响热再生工程质量的裂缝应予处理。

7.1.3 原路面特殊部位的预处理,应符合下列规定:

- a) 宜用铣刨设备沿行车方向将桥梁伸缩缝前后铣刨至少 50 cm,有一定斜度的桥梁伸缩缝视情况铣刨以满足施工要求,铣刨深度为再生层深度。
- b) 原路面上的突起路标应清除。
- c) 采取隔热措施保护桥梁伸缩缝。

7.1.4 就地热再生设备,应符合下列规定:

- a) 再生设备应采用热风、红外或微波等非明火加热方式。
- b) 对再生深度超过 40 mm 的路段,再生设备宜具备多级加热、铣刨功能。
- c) 再生设备应具备计量精确的再生剂、沥青等添加装置。

7.1.5 铺筑试验路段。

就地热再生施工前应铺筑试验路,从施工工艺、质量控制、施工管理、施工安全等各个方面对再生施工工艺进行检验。就地热再生试验路段的长度不宜小于 200 m。试验段应包括以下试验内容:

- a) 检验再生设备的性能是否满足就地热再生施工需要。
- b) 通过试铺,确定再生设备加热时间、加热温度及再生设备的就地热再生施工速度。
- c) 验证就地热再生混合料的配合比设计,提出新材料的添加组成和添加量以及就地热再生混合料的最佳沥青用量。
- d) 检验试验路的压实度、平整度、厚度、渗水系数、构造深度及抗滑系数等技术指标。

7.2 再生施工

7.2.1 清扫路面,画导向线。避免杂物混入混合料内。在路面再生宽度以外画导向线,也可将路面边缘线作为导向线,保证再生施工边缘顺直美观。

7.2.2 路面加热应符合下列规定:

- a) 原路面应适度加热。
- b) 应减小再生机组各设备间距。
- c) 原路面加热宽度比铣刨宽度每侧应宽出 10 cm~20 cm。

7.2.3 路面铣刨应符合下列规定:

- a) 铣刨深度要均匀,铣刨深度变化时应缓慢渐变。
- b) 铣刨面应有较好的粗糙度。
- c) 铣刨时,普通沥青路面下承层表面温度应高于 80 ℃,改性沥青路面应高于 100 ℃。

7.2.4 施工过程中,再生剂、新沥青、新沥青混合料等的添加,应根据再生沥青混合料配合比设计结果确定,添加量应根据再生环境和再生路段状况精确控制,均匀添加。

7.2.5 再生混合料拌和应符合下列规定:

- a) 拌和温度应满足再生沥青混合料施工要求。

b) 再生沥青混合料应拌和均匀。

7.3 摊铺

7.3.1 摊铺应匀速进行，施工速度宜为 2 m/min~5 m/min。混合料摊铺应均匀，避免出现粗糙、拉毛、裂纹、离析等现象。

7.3.2 摊铺应根据再生层厚度调整摊铺机熨平板的振捣功率，提高混合料的初始密度，减少热量散失。

7.3.3 普通沥青再生混合料的摊铺温度不宜低于 130 ℃，改性沥青和 SMA 再生混合料的摊铺温度不宜低于 140 ℃。

7.4 压实

7.4.1 就地热再生混合料的碾压应配套使用大吨位的振动双钢轮压路机、轮胎压路机等压实机具。

7.4.2 碾压必须紧跟摊铺进行，使用双钢轮压路机时宜减少喷水，使用轮胎压路机时不宜喷水。

7.4.3 对压路机无法压实的部位，应选用小型振动压路机或者振动夯配合碾压。

7.5 开放交通

就地热再生压实完成后，再生层路表温度低于50 ℃后方可开放交通。

7.6 施工质量控制

7.6.1 沥青路面就地热再生施工过程中的材料质量检查，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材料的有关规定。

7.6.2 再生混合料的质量控制，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）对热拌沥青混合料的有关规定。

7.6.3 沥青路面就地热再生施工过程中的工程质量控制应满足表 19、表 20 的要求。

表19 就地热再生混合料施工过程中的工程质量控制标准

检查项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
新料、再生剂、沥青用量	随时	适时调整，总量控制	每天计算
压实度均值	每 2000 m ² 检查 4 组， 逐个试件评定并计算 平均值	最大理论密度的 93 % （普通沥青混合料）	T 0924, JTG F40 附录 E
		最大理论密度的 94 % （改性沥青和 SMA 混合料）	
再生混合料摊铺温度	随时	≥130 ℃（普通沥青混合料）	温度计测量
		≥140 ℃（改性沥青和 SMA 混合料）	
渗水	每车道 1 km 不少于 5 点	≤100 mL/min（普通沥青混合料）	T 0971
		≤80 mL/min(改性沥青和 SMA 混合料)	
下承层表面温度	随时	≥80 ℃（普通沥青路面）	紧跟铣刨刀头温度计测量
		≥100 ℃（改性沥青和 SMA 混合料）	
再生混合料级配	每天 1 次	满足设计要求	T 0725
再生混合料沥青含量	每天 1 次	设计值±0.3 %	T 0722

表20 就地热再生外形尺寸现场质量检查的项目与频度

检查项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
宽度 (mm)	每 100m 1 次	大于设计宽度	T 0911
再生厚度 (mm)	随时	±5	T 0912
加铺厚度 (mm)	随时	±3	T 0912
平整度标准差 (mm)	全线连续	高速、一级公路≤1.2	T 0932
		其他等级公路≤2.5	
检查项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
横接缝高差 (mm)	随时	<3, 必须压实	三米直尺间隙
纵接缝高差 (mm)	随时	<3, 必须压实	三米直尺间隙
外观	随时	表面平整密实, 无明显轮迹、裂痕、摊挤、油包、离析等缺陷	目测

7.7 检查验收

就地热再生工程的检查和验收应满足表21的要求。

表21 就地热再生工程检查和验收项目与频度

检查项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
宽度 (mm)	每 1 km 20 个断面	大于设计宽度	T 0911
再生厚度 (mm)	每 1 km 5 点	-5	T 0912
加铺厚度 (mm)	每 1 km 5 点	±3	T 0912
平整度标准差 (mm)	全线连续	高速、一级公路	T 0932
		其他等级公路	
外观	随时	表面平整密实, 无明显轮迹、裂痕、摊挤、油包、离析等缺陷	目测
压实度代表值	每 1km5 点	最大理论密度的 92 % (普通沥青混合料)	T 0924
		最大理论密度的 93 % (改性沥青和 SMA 混合料)	

8 沥青路面就地冷再生施工

8.1 施工准备

8.1.1 开工前应配备齐全的施工设备和配件, 做好保养、试机工作, 保证在施工期间不发生有碍施工进度和质量的故障。

8.1.2 铺筑试验段, 长度不宜小于 200 m。从施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面进行检验, 应确定以下内容:

- 检验再生设备的性能是否满足施工需要。
- 验证就地冷再生混合料的配合比设计。
- 根据现场施工情况, 确定松铺厚度。
- 根据现场施工情况, 确定合理的碾压组合。
- 检验乳化沥青、泡沫沥青、水泥等掺入比例是否满足要求。
- 验证施工管理和安全管理是否满足要求。

8.1.3 施工前, 应采用专用设备或人工对原路面进行清扫。

8.1.4 就地冷再生机组应符合下列规定:

- g) 工作装置的切削深度可精确控制。
- h) 喷洒计量可调, 并与切削深度、施工速度、材料密度等联动; 喷嘴在工作宽度范围内均匀分布, 各喷嘴可独立开启与关闭。
- i) 宜采用水泥稀浆车作为再生机组的水泥供应装置。

8.1.5 若采用集料撒布机撒布新集料, 应根据撒布机实际撒布能力和所需集料用量, 保证计量准确。

8.2 再生施工

8.2.1 综合考虑施工季节、气候条件、再生作业宽度、施工设备的效率和数量、操作熟练程度、水泥终凝时间等因素, 确定每个作业段的长度。

8.2.2 在施工起点处将施工机具按照施工流程顺次连接, 注意管路的连通。

8.2.3 启动施工设备, 对旧沥青路面进行铣刨、拌和。

8.2.4 若半幅封闭施工, 单幅再生至一个作业段终点后, 可将再生设备调至施工起点, 进行第二幅施工, 直至完成全幅作业面的再生。

8.2.5 纵向接缝的位置应避免在车辆行驶的轮迹带内。纵向接缝处相邻两幅作业面间的重叠宽度不宜小于 100 mm。

8.3 摊铺

8.3.1 在摊铺过程中必须做到匀速平稳连续作业, 不得随意变换速度或者中途停顿。摊铺速度宜控制在 3 m/min~8 m/min, 做到缓慢、均匀和不间断地摊铺。

8.3.2 摊铺过程中应注意再生厚度、横坡的控制。

8.3.3 如遇下雨应立即停止摊铺, 并对已摊铺好的路面及时采取覆盖措施。

8.3.4 低等级公路再生时, 可以使用平地机进行摊铺, 但应符合下列规定:

- a) 用轻型钢轮压路机紧跟再生机组初压 2~3 遍。
- b) 完成一个作业段的初压后, 用平地机整平。
- c) 再次用轻型钢轮压路机在初平的路段碾压 1 遍, 对发现的局部轮迹、凹陷进行人工修补。
- d) 用平地机整形, 达到规定的坡度和路拱, 整形后的再生层表面应无明显的轮迹和集料离析现象。

8.4 压实

8.4.1 应根据再生层厚度、压实度等要求, 配备足够数量、吨位的压路机, 按照试验段确定的压实工艺进行碾压。

8.4.2 就地冷再生施工时宜采用流水作业法, 使各工序紧密衔接, 缩短从拌和到完成碾压的延迟时间。碾压过程包括初压、复压和终压。

8.4.3 初压: 宜采用双钢轮压路机碾压 1~2 遍, 初压时再生混合料的含水量应比最佳含水量高 1%~2%。再生层表面应保持湿润, 如水分蒸发过快, 应及时适量洒水。初压速度宜为 1.5 km/h~3.0 km/h。

8.4.4 复压: 宜采用单钢轮压路机振动压实 3~6 遍, 碾压遍数通常由混合料性能、压实厚度、压路机型号及环境状况等决定。复压速度宜为 2 km/h~4 km/h。

8.4.5 终压: 宜采用双钢轮压路机或轮胎压路机碾压 2~4 遍, 可以采用静压或振动模式, 以消除轮迹和获得一定的压实度, 只有当振动不会对路面造成损坏的情况, 才可以使用振动模式。终压速度宜为 2 km/h~4 km/h。

8.4.6 压路机碾压时可喷少量的水雾, 以防止压路机轮粘结再生混合料。碾压时不得随意刹车、调头, 碾压位置不能停留在同一断面上, 而应呈阶梯型。

8.5 接缝

路面接缝主要包括纵向接缝和横向接缝。施工中应保持匀速、不间断再生作业，减少横缝，如需设置，搭接宽度宜不小于3 m。分多幅铺筑时，纵缝应搭接拌和、整平和碾压，搭接宽度宜不小于200 mm。

8.6 养生

8.6.1 乳化沥青、泡沫沥青就地冷再生，养生应符合下列要求：

- a) 封闭交通时，可进行自然养生。
- b) 开放交通时，再生层宜在完成压实至少 24 h 后方可开放交通，但应严格限制重型车辆通行，行车速度应控制在 40 km/h 以内，并严禁车辆在再生层上调头和急刹车。

8.6.2 无机结合料就地冷再生，养生应符合下列要求：

- a) 碾压完成并经过压实度检测合格后的路段，应立即进行养生。养生可采用覆盖、洒水等方法。
- b) 养生时间应为 3~7 天，养生期内再生层表面应保持潮湿状态，禁止洒水车以外的其他车辆通行。

8.6.3 养生期间注意天气变化，24 h 内注意防雨。对于乳化沥青和泡沫沥青再生层，再生层养生后进行取芯，当芯样成型完整或再生层含水率低于 2 %时，即可结束养生；对于无机结合料再生层，当芯样成型完整时，即可结束养生。

8.7 施工质量控制

8.7.1 一般规定

8.7.1.1 质量管理包括所用关键设备的检查和标定，所用材料的标准试验、试验段检测、施工过程中的质量管理和检查验收（工序间）。

8.7.1.2 应加强对再生设备的监管，再生设备操作人员必须经过专业的培训，熟悉设备的生产流程 and 操作方法。

8.7.1.3 建立工地试验、质量检查及工序间的交接验收等制度，试验、检验应做到原始记录齐全，数据真实可靠。

8.7.1.4 工地试验室应具备所用材料及混合料各项常规试验的能力。

8.7.1.5 各工序均应进行检查验收，上一个工序经检验合格后，方可进入下一个工序。

8.7.2 再生设备的管理与检查

施工时应应对设备进行相应的检查，检查项目与频度应满足表22的要求。

表22 再生设备的检查项目与频度

检查项目	目的	频率	方法
铣刨鼓与铣刨刀头	检查铣刨鼓和铣刨刀头的磨损情况	每个工作面施工前	目测
喷洒系统	检查沥青、水等喷洒系统是否存在堵塞	每个工作面施工前	试喷和辅助相关仪表
铣刨速度	检测机器铣刨速度是否满足要求的铣刨速度范围	随时	辅助相关仪表
铣刨深度	检测机器铣刨深度与实际铣刨深度是否一致	每 30 m~50 m	辅助相关仪表

8.7.3 原材料的质量管理与检查

原材料的质量性能指标及检查频率应符合表23的要求。

表23 施工前材料的检查

材料	检查项目	要求值	检查频率
乳化沥青	规程规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
泡沫沥青	规程规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
水泥	规程规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
矿料	规程规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
石灰	规程规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
回收沥青路面材料	规程规定的项目	实测	每批来料 1 次

8.7.4 再生混合料的质量管理与检查

8.7.4.1 在就地再生机后连续观测再生材料的质量和均匀性，一旦发现有任何沥青结团和骨料离析等现象，必须立即停止生产进行检查。

8.7.4.2 检查就地再生机驾驶室控制面板各项参数的设定值，随时核对实际值与显示值是否一致。

8.7.4.3 再生混合料质量检查的项目和频度应按照表 24 和 25 规定进行，并如实计算产品的合格率。单点检验评定方法应符合相关试验规程的试样平行试验要求。

表24 乳化（泡沫）沥青就地冷再生混合料质量检查的项目与频度要求

项目	检查频度及单点检验评价方法	质量要求与允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	观察混合料是否存在明显离析情况、泡沫沥青分散情况，有无沥青结团或沥青丝现象。	目测
含水率	每 4000 m ² 或每 800T 测 2 个样品的平均值评定	+1 %， -2 %	T 0305
沥青用量 (油石比)	每 5000 m ² 或每 1500T 测 2 个样品的平均值评定	±0.3 %	总量控制
活性填料用量	每 10000 m ² 或每 3000T 测 2 个样品的平均值评定	±0.3 %	总量控制或 EDTA 滴定法
劈裂强度	每天 1~2 次，宜 4~6 个试件的平均值评定	符合设计要求	本规程附录 D
水稳性 (干湿劈裂强度比)	每天 1~2 次，宜 4~6 个湿试件的劈裂强度平均值与干试件劈裂强度平均值之比，进行评定	符合设计要求	本规程附录 D
车辙试验	开工前或必要时，测 3 个样品的平均值评定	符合设计要求	T 0719
低温稳定性 (冻融劈裂强度比)	每天 1~2 次，宜 4~6 个经冻融试件的劈裂强度平均值与未经冻融试件劈裂强度平均值之比，进行评定	符合设计要求	T 0729

表25 无机结合料稳定冷再生混合料质量检查的项目与频度要求

项目	检查频度及单点检验评价方法	质量要求与允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	观察混合料是否存在明显离析情况、泡沫沥青分散情况，有无沥青结团或沥青丝现象。	目测
含水率	每 4000 m ² 或每 800T 测 2 个样品的平均值评定	+1 %， -2 %	T 0305

表25 无机结合料稳定冷再生混合料质量检查的项目与频度要求（续）

项目	检查频度及单点检验评价方法	质量要求与允许偏差	试验方法
无侧限抗压强度	每天 1 次，宜 6~10 个试件的 代表值评定	符合设计要求	本规程附录 E

8.7.5 就地冷再生施工

就地冷再生施工过程的质量控制项目、频率等应满足表26、表27的要求。

表26 乳化（泡沫）沥青就地冷再生混合料施工过程的质量控制项目、频率和要求

检查项目	质量要求	检查频率	检验方法
乳化沥青冷再生层压实度（%）	≥98（高速公路、一级公路）	每车道公里检查 3 点	基于马歇尔击实密度， T 0921
	≥97（二级及二级以下公路）		
泡沫沥青冷再生层压实度（%）	≥99（高速公路、一级公路）	每车道公里检查 3 点	基于重型击实最大干密度， T 0921
乳化沥青冷再生层压实度（%）	≥90（高速公路、一级公路）	每车道每 200 m 检查 1 次	基于最大理论密度， T 0924
	≥88（二级及二级以下公路）		
泡沫沥青冷再生层压实度（%）	≥99（高速公路、一级公路）	每车道每 200 m 检查 1 次	基于重型击实最大干密度， T 0921
	≥98（二级及二级以下公路）		
15℃劈裂强度（MPa）	≥0.55	必要时	T 0716
干湿劈裂强度比（%）	≥75		T 0716
冻融劈裂强度比（%）	≥70		T 0729
60℃动稳定度（次/mm） ^a	≥1000		T 0719
含水量	符合设计要求	发现异常时随时试验	T 0801
沥青含量	符合设计要求	发现异常时随时试验	总量控制
^a 用于重交通及以上交通等级公路沥青面层时，应检验冷再生混合料的动稳定度。按照 T0703（JTG E20）轮碾法成型 80 mm 厚的冷再生混合料车辙板块试件，碾压完成后迅速将试件放置到 60℃鼓风烘箱中 48 小时，然后按照 T 0719（JTG E20）的方法进行动稳定度试验。			

表27 无机结合料稳定冷再生混合料施工过程的质量控制项目、频率和要求

检查项目	质量要求			检查频率	检验方法
无机结合料冷再生层压实度（%）	≥98（高速公路、一级公路）			每车道每 200 m 检查 1 次	基于重型击实最大干密度， T 0921
	≥97（二级及二级以下公路）				
无侧限抗压强度（MPa）	交通等级	特重交通和重交通	其他等级	每工作日 1 次	T 0805
	基层	3~5	2.5~3		
	底基层	1.5~2.5	1.5~2.0		
含水量	符合设计要求			发现异常时随时试验	T 0801
水泥、石灰用量	±0.3 %			发现异常时随时试验	总量控制或 EDTA 法

8.7.6 施工中的外观尺寸质量控制

施工过程的外形尺寸检查项目、频率应满足表28的要求。

表28 就地冷再生施工过程的外观尺寸检查项目、频率和要求

检查项目		质量要求	检查频率	检验方法
平整度 (mm)		10	每 200 延米 2 处, 每处连续 10 尺	T 0931
纵断面高程 (mm)		± 10	每 20 延米 1 点	T 0911
厚度 (mm)	极值	-20	每 100 米每车道 1 点	插入测量
	均值	-10		
宽度 (mm)		不小于设计宽度, 边缘线整齐, 顺适	每 40 延米 1 处	T 0911
横坡度 (%)		± 0.3	每 100 延米 3 处	T 0911
外观		表面平整密实, 无明显轮迹	随时	目测
注: 当再生层用作三级及三级以下公路时, 纵断面高程控制要求可适当放宽。				

- 施工过程中注意控制再生机的速度, 严格控制水、乳化沥青或泡沫沥青、水泥等的用量以保证施工质量。
- 严格控制就地冷再生设备、摊铺机及碾压机具的速度匹配, 确保不发生意外情况引起的非主动性停机。
- 指定专人对摊铺厚度进行严格的监控, 根据松铺系数确定再生厚度的一致性, 以免发生多料和缺料现象, 保证摊铺的正常进行。
- 施工过程中根据表 24 和表 25 的要求现场取样, 对再生混合料的各项指标进行严格检测。

8.8 检查验收

沥青路面就地冷再生工程完工后, 应将全线以 1~3km 作为一个评定路段, 按照表 29 的要求进行质量检查和验收。

表29 就地冷再生工程检查验收项目、频率和要求

检查项目		质量要求	检验频率	检验方法
平整度 (mm)		10	每 200 延米 2 处, 每处连续 10 尺	T 0931
纵断面高程 (mm)		± 10	每 20 延米 1 点	T 0911
厚度 (mm)	极值	-20	每车道每 10 米 1 点	T 0912
	均值	-10		
宽度 (mm)		不小于设计宽度, 边缘线整齐, 顺适	每 40 延米 1 处	T 0911
横坡度 (%)		± 0.3	每 100 延米 3 处	T 0911
外观		表面平整密实, 无浮石、弹簧现象, 无明显轮迹	随时	目测
注: 当再生层用作三级及三级以下公路时, 纵断面高程控制要求可适当放宽。				

附 录 A
(规范性附录)
回收沥青路面材料取样方法

A.1 现场取样

A.1.1 现场取样适用于就地再生工程的前期调查和混合料设计用回收沥青路面材料的获取。

A.1.2 现场取样频率和方法如下：

- a) 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 5000 m,且不宜小于 500 m,或者每个子路段面积不宜大于 50000 m²,且不宜小于 5000 m²。
- b) 按照《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60—2008) T 0991 随机取样方法确定取样点位置。
- c) 每个子路段每个车道分别取样 1 处,采用取芯法、机械切割法或铣刨法,样品取回后根据需要将要求深度范围内的混合料切割使用。
- d) 根据需要,取得足够数量的回收沥青路面材料。

A.2 试样缩分

A.2.1 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.2.2 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.3 取样数量

A.3.1 通常取样每个样品最小取样数量应大于 6.8 kg (单次回收沥青三大指标试验所需样品数量)。

A.3.2 取样数量取决于取样目的,进行级配、沥青含量变形性控制,一般 10kg 试样可以满足需要。

A.4 样品存放

A.4.1 试样应存放在干净、干燥阴凉处,注意防止试样污染或相互混杂。装有试样的袋子口应捆绑好,并在其上标明试样级配类型、取样日期、层位和桩号等信息。

A.4.2 除试样的一部分用于检验外,其余试样应妥善保存备用。

A.4.3 试样如果不干燥需要加热时,应一次取足够一批试验所需的数量装入盛样器(托盘)。试样加热温度宜控制在 105℃±5℃,加热时间控制在 35 min±5 min 之内。用于质量仲裁检验的样品,重复加热的次数不得超过两次。

A.5 回收沥青路面材料评价

A.5.1 评价项目与要求

就地再生时经过预处理的回收沥青路面材料应按照表A.1的各项技术指标进行检测。

表A.1 回收沥青路面材料检测项目与质量要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率	实测	表 1
	RAP 级配	实测	
	沥青含量	实测	
	砂当量 (%)	>55	
RAP 中的沥青	针入度 (0.1 mm)	>20	本规程附录 B 抽提,《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)
	60 °C黏度	实测	
	软化点	实测	
	15 °C延度	实测	
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量、压碎值	实测	本规程附录 B 抽提,《公路工程集料试验规程》(JTG E42)
RAP 中的细集料	棱角性	实测	

A.5.2 回收沥青路面材料含水量评价

根据烘干前后回收沥青路面材料质量的变化,按照式A.1计算回收沥青路面材料的含水量 w 。试验方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) T 0305,烘箱加热温度调整为60 °C恒温。

$$w = (m_w - m_d) \times 100\% / m_d \dots\dots\dots (A.1)$$

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.5.3 回收沥青路面材料级配评价

对回收沥青路面材料进行筛分试验,确定回收沥青路面材料的级配。试验方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005) T 0327,材料加热温度调整为60 °C恒温,采用干筛法。

A.5.4 回收沥青路面材料砂当量评价

用4.75 mm筛筛除回收沥青路面材料中的粗颗粒,进行砂当量指标检测。试验方法按照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) T 0334。

A.5.5 回收沥青路面材料的沥青含量和性质

- A.5.5.1 按照本规程附录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。
- A.5.5.2 检测沥青含量和回收沥青的25 °C针入度、60 °C黏度、软化点、15 °C延度。
- A.5.5.3 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。

A. 5. 5. 4 重复性试验的允许误差为：针入度 ≤ 5 (0.1 mm)、黏度 $\leq$ 平均值的10 %、软化点 ≤ 2.5 °C，复现性试验的允许误差为：针入度 ≤ 10 (0.1 mm)、黏度 $\leq$ 平均值的15 %、软化点 ≤ 5.0 °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. 5. 6 回收沥青路面材料的矿料级配和集料性质

A. 5. 6. 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，确定回收沥青路面材料中的旧矿料级配。回收沥青路面材料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。

A. 5. 6. 2 回收沥青路面材料中集料性质，按照相关的部颁规范标准进行检测。

附录 B
(规范性附录)
沥青的回收方法（旋转蒸发器法）

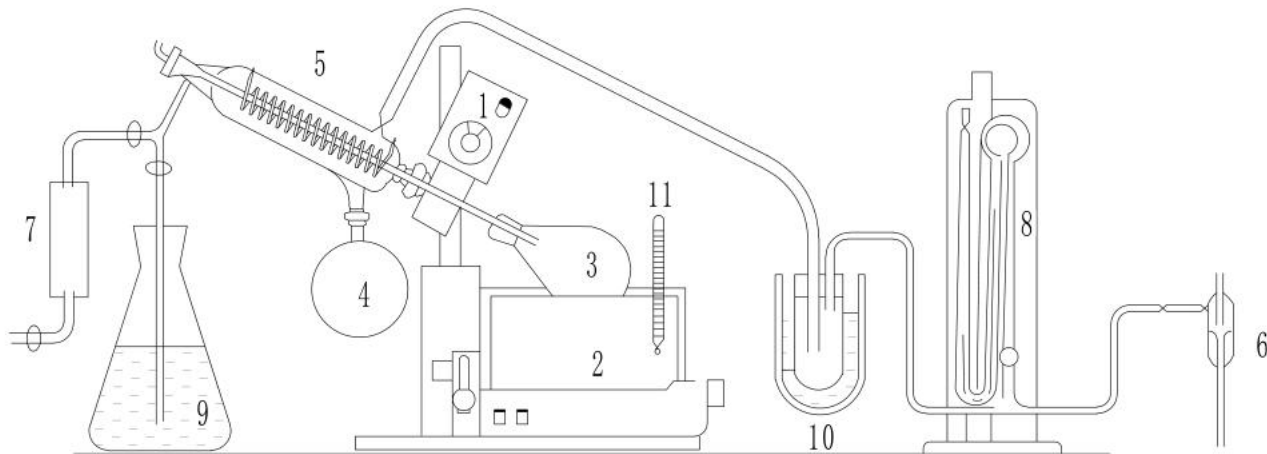
B.1 目的与使用范围

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：



说明：

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

图B.1 旋转蒸发器沥青回收装置

- a) 旋转烧瓶：1000 mL、耐热玻璃制，磨口，置于加热装置（油浴）上，可通入二氧化碳气体。
- b) 蒸馏烧瓶：回收溶剂的冷凝器及 1000 mL 溶剂回收烧瓶。
- c) 减压抽气装置：可用真空泵或抽气机，能形成负压小于 6.67 kPa（50 mmHg）。
- d) 凝气井：冷凝回收溶剂，冷凝液可用甲醇及干冰的混合液。

- e) 气体流量计：量程 2000 mL/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250 mL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 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），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）、玻棒、烧杯等。

B.3 方法与步骤

B.3.1 准备工作

- B.3.1.1 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120 g，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 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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。
- B.3.1.2 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T 0722方法将沥青混合料用离心法抽提出沥青溶液。
- B.3.1.3 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30 min。
- B.3.1.4 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

- B.3.2.1 将抽提液全部（350 mL~400 mL）倒入一个洁净的1000 mL旋转烧瓶中，用少量溶剂清洗后也并入瓶中。
- B.3.2.2 开动真空泵或者抽气机，使整个系统形成负压，真空度为94.7 kPa（710 mmHg），即使绝对负压在6.67 kPa（50 mmHg）以下。
- B.3.2.3 开动旋转烧瓶，在不浸入加热油浴的状态下，以50 r/min的速度旋转5 min~10 min。
- B.3.2.4 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 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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20 r/min。
- B.3.2.5 旋转烧瓶继续保持旋转状态，同时将油浴升温，在15 min内上升至 $155\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并在此状态下保持15 min，然后开放二氧化碳阀门，以1000 mL/min的流速通过2 min。
- B.3.2.6 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。
- B.3.2.7 迅速倒出烧瓶内的残留沥青，进行回收沥青的各项试验。
- B.3.2.8 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 原样沥青标定

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

B.6.1.1 当试验结果小于50（0.1 mm）时，重复性试验的允许误差为2（0.1 mm），复现性试验的允许误差为4（0.1 mm）。

B.6.1.2 当试验结果等于或大于50（0.1 mm）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100 cm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

B.6.3.1 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℃。

B.6.3.2 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（3000 r/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（0.1 mm），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 ± 2 （0.1 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 min~30 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120 g。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

(规范性附录)

沥青路面就地热再生混合料设计方法

C.1 一般规定

C.1.1 必须在对回收沥青路面材料充分调查分析的基础上,根据工程要求、公路等级、使用层位、气候条件、交通情况,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。

C.1.2 就地热再生,以回收沥青路面材料中的矿料和新矿料的合成级配作为级配设计依据。

C.1.3 就地热再生混合料配合比设计应通过试验路段进行检验。

C.1.4 就地热再生沥青混合料的目标配合比设计宜按照图C.1.4的框图的步骤进行。

C.2 确定工程设计级配范围

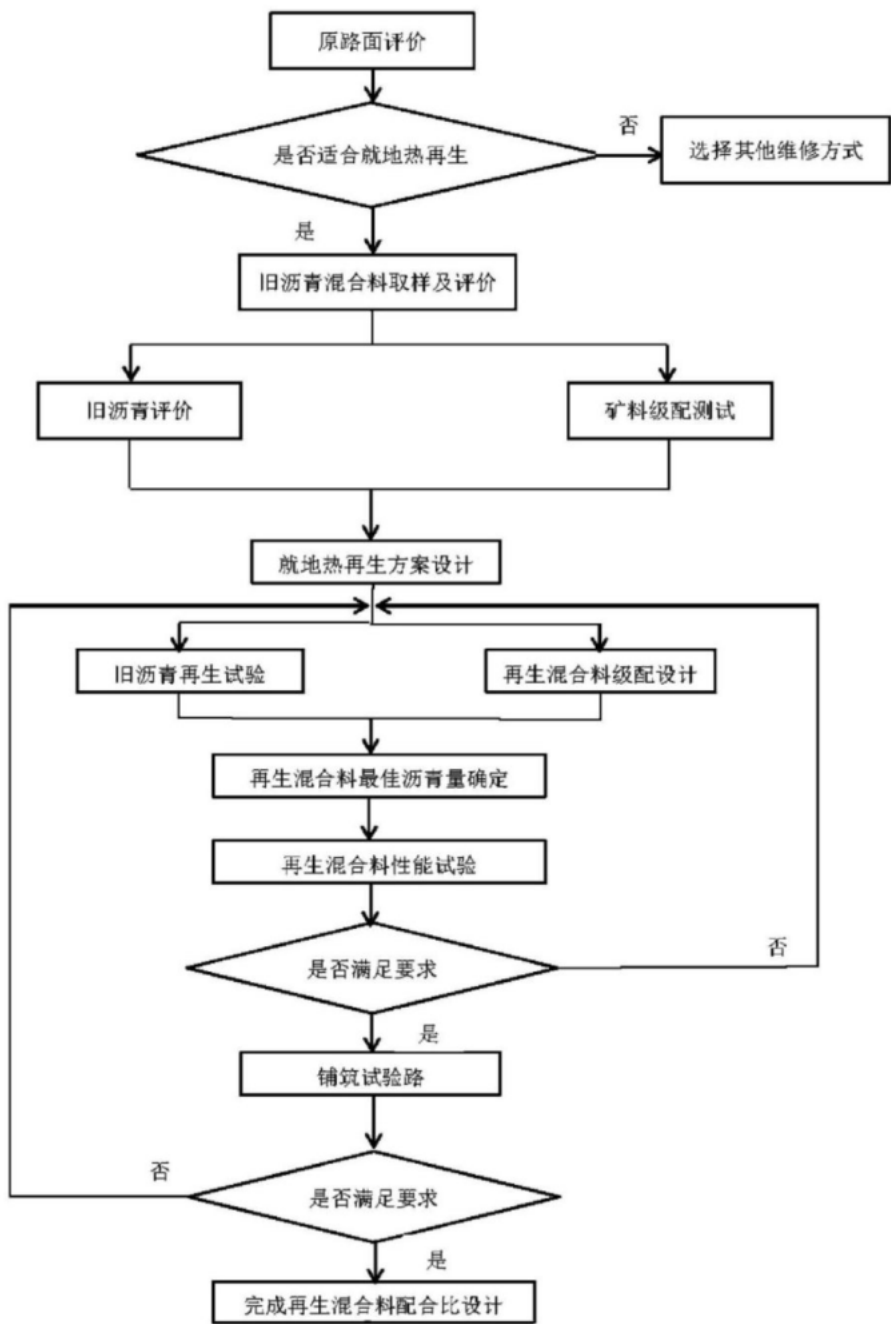
在规定的级配范围内,根据公路等级、气候条件、交通特点,材料品种等因素充分借鉴成功经验,确定工程设计级配范围,在特殊情况下允许超出规范要求级配范围。经确定的工程设计级配范围是配合比设计的依据,不得随意变更。

C.3 矿料级配设计

C.3.1 根据旧沥青路面材料的矿料级配和拟定的设计级配范围,确定掺加的新沥青混合料的矿料级配。

C.3.2 当再生混合料配合比不能满足级配要求时,应综合考虑再生厚度、新沥青混合料的掺配比例和级配、再生沥青性能、再生混合料性能等,调整级配范围。

C.3.3 再生混合料一般需掺加新沥青混合料,以改善原路面矿料级配。



图C.1 就地热再生混合料设计框图

C.4 选择新沥青标号和再生剂用量

C.4.1 就地热再生混合料，再生沥青应根据公路等级、混合料使用的层位、工程的气候条件、交通量等条件，选取与当地同等条件的道路沥青标号作为目标标号，回收沥青路面材料掺配比例较大时，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 根据回收沥青路面材料的性质、掺配比例，参照表C.1回收沥青针入度要求或表C.2选择新沥青。

表C.1 再生混合料沥青选择（针入度指标）

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

表C.2 再生混合料新沥青选择 (PG 分级)

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

C.4.3 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.1确定新沥青 (再生剂) 的黏度。

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

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, $\alpha=P_{\text{nb}}/P_{\text{b}}$ 。

C.4.4 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的, 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:

- a) 计算得到所需的新沥青标号过高, 市场供应存在问题。
- b) 回收沥青路面材料掺配比例较大或者回收沥青路面材料中旧沥青含量较高。
- c) 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, 试验验证再生沥青标号。
- d) 测试 60 °C 黏度有困难的, 可采用针入度指标。

C.5 马歇尔试验

C.5.1 估算新沥青用量 P_{nb} 及其占总沥青用量的比例

C.5.1.1 估计再生沥青混合料的沥青总用量。回收沥青路面材料掺量不超过20 %时, 热再生沥青混合料的总沥青用量与没有掺加回收沥青路面材料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。也可按式C.2估计沥青总用量:

$$P_{\text{b}} = 0.035a + 0.045b + Kc + F \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

P_{b} ——估计的混合料中的总沥青用量 (%) ;

K ——系数； $K=0.18$ ，当 0.075 mm 筛孔通过率为 $6\%\sim 10\%$ 的时候；

$K=0.20$ ，当 0.075 mm 筛孔通过率等于或小于 5% 的时候；

a —— 2.36 mm 筛孔以上集料的比例（%）；

b ——通过 2.36 mm 筛孔且留在 0.075 mm 筛孔上集料的比例（%）；

c ——通过 0.075 mm 筛孔矿料的比例（%）；

F —— $0\sim 2.0$ ，取决于集料的吸水率，缺乏资料时采用 0.7 。

C.5.1.2 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} ：

$$P_{nb} = P_b - P_{ob} \times n / 100 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

P_b ——等于热再生沥青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.5.1.3 不同档的回收沥青路面材料，其沥青含量需要分别计算再加和。

C.5.2 矿料配合比设计

C.5.2.1 根据回收沥青路面材料的老化程度、含水量、回收沥青路面材料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、就地热再生拌和设备的类型与加热干燥能力、新集料的性质等，确定新集料与回收沥青路面材料的掺配比。

C.5.2.2 将粗、细回收沥青路面材料中的矿料分别作为再生沥青混合料中的一种矿料进行矿料配合比设计。

C.5.3 马歇尔试件制备方法

C.5.3.1 将回收沥青路面材料置于烘箱中加热至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，加热时间不宜超过2小时，避免回收沥青路面材料进一步老化。

C.5.3.2 据新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 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

C.5.3.3 再生混合料拌和时的投料顺序是将回收沥青路面材料、粗细集料倒入预热的拌和机预拌，然后加入再生剂和新沥青，最后加入单独加热的矿粉，继续拌和至均匀为止，总拌和时间一般为 3 min 。

C.5.3.4 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.6 确定最佳新沥青用量

C.6.1 以估算新沥青用量 P_{nb} 为中值，用 P_{nb} 、 $P_{nb}\pm 0.5$ 、 $P_{nb}\pm 1.0$ 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）的马歇尔方法确定最佳新沥青用量。

C.6.2 新沥青用量与新集料的比值即为参加的新沥青混合料的油石比。

C.7 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。

C.8 试验路检验再生混合料性能

C.8.1 就地热再生混合料的性能必须经过试验路检验。

C.8.2 试验路检验项目主要有：就地再生沥青的技术指标，马歇尔稳定度，再生混合料的级配、动稳定度，浸水马歇尔残留稳定度，冻融劈裂强度比等，检验其是否满足设计和规范要求。

附 录 D

(规范性附录)

乳化(泡沫)沥青就地冷再生混合料设计方法

D.1 一般规定

D.1.1 必须在对回收沥青路面材料充分调查分析的基础上,根据工程要求,公路等级、使用层位、气候条件、交通情况,充分借鉴成功经验,选用符合要求的材料,进行混合料设计。

D.1.2 进行沥青路面就地冷再生混合料设计时,宜采用马歇尔击实方式,若条件具备,也可采用 SuperpaveTM旋转压实仪的旋转压实方式进行,但必须要经过试验论证,确定旋转压实次数。

D.1.3 室内用回收沥青路面材料应采用实际施工的就地冷再生机在原路面上铣刨取样,如采用其他铣刨机或取样方式,还应使用上述标准取样方法进行设计检验。

D.1.4 沥青路面就地冷再生混合料配合比设计宜通过试验路段进行检验。

D.2 确定工程设计级配范围

D.2.1 乳化沥青冷再生混合料设计级配范围如表14所示。

D.2.2 泡沫沥青冷再生混合料设计级配范围如表16所示。

D.3 材料选择与准备

D.3.1 再生混合料配合比设计的矿料、回收沥青路面材料、水泥等必须按照相关规定,从工程应用的材料中选取代表性的样品。

D.3.2 乳化沥青样品应满足表2的要求。

D.3.3 使用泡沫沥青作为再生结合料时,应首先进行泡沫沥青的发泡试验,确定最佳发泡温度和最佳发泡用水量。

D.3.4 水泥等活性添加剂的用量不得超过2%(占再生混合料矿料的质量比)。

D.3.5 再生混合料配合比设计所用材料,其质量应满足本规程的技术要求。

D.4 级配设计

D.4.1 回收沥青路面材料、新集料等各组成材料的级配。

D.4.2 以回收沥青路面材料级配为基础,掺配不同比例的新集料,使合成级配满足工程设计级配的要求。

D.4.3 合成级配曲线应平顺。

D.5 确定最佳含水率

参照《公路土工试验规程》(JTG E40) T 0131的方法,对合成矿料进行击实试验,确定最佳含水率:

- a) 使用乳化沥青时, 乳化沥青试验用量可定为 4%, 变化含水率进行击实试验, 获得最大干密度时, 其混合料的含水率即为最佳含水率。
- b) 使用泡沫沥青时, 不掺入泡沫沥青, 变化含水率进行击实试验, 获得最大干密度时, 其混合料的含水率即为最佳含水率。

D.6 确定最佳乳化沥青用量OEC和最佳泡沫沥青用量OAC

D.6.1 以预估的乳化沥青用量为中值(乳化沥青推荐3.5%), 按照一定间隔变化形成3~5个乳化沥青(泡沫沥青)用量。拌和试验确定最佳含水率OWC, 按如下步骤制备马歇尔试件:

- a) 向拌和机内加入一定量拌和均匀的回收沥青路面材料和新料及矿粉(若添加)组成的再生混合料。
- b) 加入预拌水量, 拌和均匀, 拌和时间约 60 s, 然后焖料 3 h~6 h。
- c) 将水泥加入到再生混合料中, 拌和时间约 60 s。
- d) 加入乳化沥青(泡沫沥青), 拌和均匀, 拌和时间约 1 min。
- e) 将再生混合料装入试模成型试件。
- f) 放入 60 °C 的鼓风烘箱中养生至恒重, 一般不少于 40 h。
- g) 试样从烘箱中取出后, 常温下放置冷却 12 h。

D.6.2 测定试件的最大理论相对密度, 根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T 0711真空法实测各组再生混合料的最大理论相对密度。

D.6.3 测定试件的毛体积相对密度, 宜采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T 0707蜡封法; 当采用T 0706水中重法测定时, 应对该试验方法进行验证。

D.6.4 马歇尔试验和浸水24 h的马歇尔试验, 将各组试件进行40 °C的马歇尔试验和浸水24 h的马歇尔试验。旋转压实或者马歇尔击实方法成型8个平行试件, 平均分成2组。一组浸泡在40 °C的恒温水浴中1h后进行马歇尔试验; 另一组在25 °C恒温水浴中浸泡23 h, 再放入40 °C恒温水浴中1 h后测其马歇尔稳定度, 残留稳定度的计算如式D.1所示。

$$RS = (MS_2 / MS_1) \times 100\% \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

RS ——残留稳定度(%);

MS_1 ——马歇尔稳定度(kN);

MS_2 ——浸水24 h的马歇尔稳定度(kN)。

D.6.5 劈裂试验和浸水24 h的劈裂试验, 将各组油石比试件进行15 °C劈裂试验和浸水24 h的劈裂试验。旋转压实或者马歇尔击实方法成型8个平行试件, 平均分成2组。一组浸泡在15 °C恒温水浴中1 h后测其劈裂强度; 另一组在25 °C恒温水浴中浸泡23 h, 再放入15 °C恒温水浴中1 h后测其浸水劈裂强度, 干湿劈裂强度比的计算如式D.2所示。

$$DWTSR = (IDT_1 / IDT_2) \times 100\% \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$DWTSR$ ——干湿劈裂强度比(%);

IDT_1 ——干劈裂强度(MPa);

IDT_2 ——浸水24 h的劈裂强度(MPa)。

D.6.6 确定最佳乳化沥青用量OEC或者最佳泡沫沥青用量OAC, 主要根据劈裂试验或马歇尔试验结果, 并考虑到经济性, 综合确定最佳沥青用量。

D.6.7 验证试验, 根据确定的最佳乳化沥青用量OEC或最佳泡沫沥青用量OAC和最佳含水率成型试件, 进行马歇尔、浸水24 h的马歇尔试验、劈裂试验、浸水24 h的劈裂试验、冻融劈裂试验和车辙试验, 结果应符合表15的要求

D.6.8 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T 0729冻融试验方法评价最佳材料用量时的冷再生混合料的抗水损性能。旋转压实或者马歇尔击实方式成型8个平行试件, 平均分成2组。将养生好的一组试件以标准的饱水试验方法真空饱水, 在常温水中浸泡0.5 h, 再放入塑料袋中加入约10 mL水, 扎紧袋口, 将试件放入-18℃的冰箱保持16 h, 取出试件立即放入60℃的恒温水槽中, 撤去塑料袋保温24 h。将2组试件全部浸入温度25℃的恒温水槽中2 h后进行劈裂试验, 根据试验结果计算冻融劈裂强度比TSR。

D.6.9 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T 0719车辙试验方法评价最佳材料用量的冷再生混合料高温性能, 采用轮碾法成型300 mm×300 mm×80 mm的板式试件, 每组3个平行试件, 进行再生混合料60℃的抗高温变形能力评价。

D.6.10 最佳乳化沥青用量OEC(最佳泡沫沥青用量OAC)和最佳含水率OWC时的冷再生混合料, 其性能应满足表15的要求, 否则应通过调整级配、活性添加剂水泥用量或乳化沥青用量(泡沫沥青用量)等措施重新进行设计。

D.7 再生混合料设计技术要求

就地冷再生混合料设计指标应满足表15的要求。

附 录 E (规范性附录)

无机结合料稳定就地冷再生混合料设计方法

E.1 一般规定

E.1.1 本附录主要介绍无机结合料就地冷再生配合比设计方法，试件的成型主要是采用《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51)中的圆柱形无机结合料试件成型方法(T 0843)。

E.1.2 无机结合料稳定就地冷再生混合配合比设计时，旧料取自针对再生层的现场铣刨料，取样要具有代表性。

E.1.3 无机结合料稳定就地冷再生混合料设计时，水泥、石灰等采用外掺法。考虑到其对性能的影响，取样时也要遵循随机、有代表性的原则。

E.2 确定工程设计级配范围

无机结合料稳定冷再生混合料配合比设计时，根据其应用的道路等级，划分成两个级配范围，级配调整时应满足本规程表17的要求。

E.3 材料选择与准备

E.3.1 再生混合料配合比设计的矿料、回收沥青路面材料、水泥等必须按照相关规定，从工程应用的材料中选取代表性的样品。

E.3.2 在进行配合比设计之前，首先要进行各种材料的检验，保证各种材料自身满足相关规范要求的前提下，进行合理的掺配，从而设计出满足要求的就地冷再生混合料。

E.4 级配调整

E.4.1 根据上述一般规定中对RAP及新集料的取样方法，取一定量的料在实验室进行筛分，结合本规程表17级配上下限要求进行RAP与新集料的级配合成。

E.4.2 合成级配原则，理论上一般是保证合成曲线在级配上下限范围内的前提下，使得级配曲线平顺、圆滑，同时尽可能多的利用RAP，而新集料的添加量及添加的种类，则是越少越好。

E.5 确定最佳含水率

E.5.1 参照《公路土工试验规程》(JTG E40) T 0131的方法，对合成矿料进行击实试验，确定最佳含水率。

E.5.2 理论上，每变化一个水泥或者石灰掺量，都要进行一次重型击实，确定最佳含水率OWC。

E.6 确定最佳水泥(石灰)剂量

- E. 6.1 无机结合料就地冷再生一般应用于基层，在进行配合比设计时，主要确定的就是水泥（石灰）的最佳剂量。
- E. 6.2 经配合比设计确定的无机结合料稳定冷再生混合料，其性能应满足本规程表18的技术要求。
- E. 6.3 从表18可以看出，无机结合料冷再生配合比设计，确定水泥（石灰）最佳掺量，主要是依托7 d 无侧限抗压强度来评定。根据交通等级和所应用的层位，确定需满足的强度值，进而确定水泥（石灰）的掺量。
- E. 6.4 水泥、石灰剂量的检测，一般采用EDTA滴定法。其它未规定事宜，参照现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）相关内容进行设计。

FF

附 录 F
(规范性附录)
泡沫沥青发泡试验

F.1 一般规定

本方法适用于使用泡沫沥青室内发生装置确定泡沫沥青的最佳发泡温度和最佳发泡用水量。

F.2 仪器与材料

F.2.1 试验仪器和工具包括：泡沫沥青发生装置；温度计（分度值1℃）；测量桶（直径为275 mm，容积为20 L）；直尺；烘箱；秒表（精度不低于0.1 s）。

F.2.2 材料：沥青；水。

F.3 方法与步骤

F.3.1 根据经验和工程条件确定发泡温度，确定发泡用水量。一般情况下，发泡温度在160℃~180℃，发泡用水量可取1%~3%。

F.3.2 将沥青加热至试验温度。

F.3.3 标定沥青喷射流量，设置计时器，使每次沥青喷射量为500 g。

F.3.4 根据水流量计，控制水流量达到要求的用水量。

F.3.5 制作泡沫沥青：将泡沫沥青喷射到加热至75℃的专用钢制量桶中，喷射结束后迅速按下秒表。

F.3.6 测定量桶内泡沫沥青最大高度，记录泡沫沥青衰减到最大体积一半时的时间，精确到0.1 s，得出泡沫沥青的膨胀率和半衰期。每个工况平行试验3次，取平均值作为试验结果。

F.3.7 绘制膨胀率、半衰期随用水量的变化曲线图，确定容许膨胀率对应的用水量 W_1 和容许半衰期对应的用水量 W_2 ，取平均值作为最佳发泡用水量 W_{opt} 。

$$W_{opt} = (W_1 + W_2) / 2 \dots\dots\dots (F.1)$$

F.3.8 试验用水量范围内的膨胀率、半衰期不能满足表3要求的，应改变试验温度重新试验，仍不能满足要求的，应调整沥青品种、标号或者采用其他技术措施后重新试验，直至满足要求。