

ICS 93.080.20
CCS P 66

DB51

四川省地方标准

DB51/T 2796 —2021

沥青路面就地热再生技术指南

Guideline for hot in-place recycling of asphalt pavement

2021-08-02 发布

2021-09-01 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前 言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号..... 2

5 总则..... 2

6 适用条件..... 2

6.1 一般规定..... 2

6.2 就地热再生技术适用条件..... 3

7 既有路面调查与评价..... 3

7.1 一般规定..... 3

7.2 设计阶段调查..... 4

7.3 施工阶段路面调查..... 5

8.1 原材料及混合料..... 5

8.1 一般规定..... 5

8.2 新沥青..... 5

8.3 再生剂..... 5

8.4 再生沥青..... 6

8.5 外掺新沥青混合料..... 6

8.6 就地热再生混合料..... 6

9 就地热再生施工..... 7

9.1 一般规定..... 7

9.2 试验和施工设备配置基本要求..... 7

9.3 施工准备..... 9

9.4 铺筑试验段..... 10

9.5 再生作业..... 10

10 质量控制..... 11

10.1 一般规定..... 11

10.2 过程质量控制..... 12

10.3 检查验收..... 12

附录 A （资料性） 既有路面取样方法 14

附录 B （规范性） 复拌再生 AC 沥青混合料配合比设计方法 15

附录 C （规范性） 复拌再生 SMA 混合料配合比设计方法 18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由四川省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、四川高速公路建设开发集团有限公司、四川攀西高速公路开发股份有限公司。

本文件主要起草人：张蓉、张晓华、徐洪彬、郇进良、易守春、周栓科、王健、谌文、韩瑀瑄、毛成、刘严才、胡冰、张毅、张晓靖、吴昱翰、杨智敏、钟卫权、张凌波、魏小皓、孟良、周水文、王广军、罗丝雨、张登科、王建壮。

本文件首次发布。

沥青路面就地热再生技术指南

1 范围

本文件规定了沥青路面就地热再生技术的适用条件、既有路面调查与评价、材料及混合料、施工，以及质量控制等要求。

本文件适用于四川省内二级及以上公路等级、主干路及以上城镇道路，其他等级公路及城镇道路可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

CJJ 36 城镇道路养护技术规范
JTG D30 公路路基设计规范
JTG/T D33 公路排水设计规范
JTG D50 公路沥青路面设计规范
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/T 3610 公路路基施工技术规范
JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范
JTG 5210 公路技术状况评定标准
JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JTG 5421 公路沥青路面养护设计规范
JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
D51/T 2602 高速公路沥青路面设计与施工技术指南
D51/T 2603 高速公路沥青路面养护设计指南

3 术语和定义

下列术语适用于本文件。

3.1

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

采用翻松、铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧沥青混合料。

3.2

沥青再生剂 rejuvenating agent

掺加到热再生沥青混合料中，用于改善或恢复老化沥青性能的添加剂。

3.3

就地热再生 hot in-place recycling

采用专用设备对沥青路面就地进行加热、翻松、掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青混合料、新沥青（需要时）等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现对一定深度范围内的旧沥青路面再生的技术。它可分为复拌再生和加铺再生两种。

1 复拌再生 (remixing): 将旧沥青路面加热、翻松、就地掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青混合料、新沥青（需要时）、温拌剂（需要时）等外掺剂，经热态拌和、摊铺、压实成型。

2 加铺再生 (repaving): 将旧沥青路面加热、翻松、就地掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青（需要时）、温拌剂（需要时）等外掺剂，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。

3.4

再生沥青 rejuvenated asphalt

沥青混合料回收料中的回收沥青与沥青再生剂、新沥青（需要时）组成的混合物。

3.5

再生沥青混合料级配 recycled asphalt mixture gradation

沥青混合料回收料的矿料级配与新矿料级配的合成级配。

3.6

评价单元 evaluation unit

评定沥青路面技术状况的最小路段长度。

3.7

设计单元 design unit

开展沥青路面养护设计的最小单位，由评价单元合并而成。

3.8

典型病害 typical distress

设计单元内出现频率高或折合损坏面积大的路面病害类型。

3.9

施工单元 construction unit

由于既有路面状况不同导致就地热再生混合料配合比和施工参数等关键指标不同，将既有路面分隔成不同的施工单元，每个施工单元内的配合比和施工参数应相同。

4 符号

下列符号适用于本文件。

AC——密级配沥青混凝土混合料

HIR——就地热再生

RAP——沥青混合料回收料

SMA——沥青玛蹄脂碎石混合料

VV——压实沥青混合料的空隙率

VFA——压实沥青混合料的沥青饱和度

VMA——压实沥青混合料的矿料间隙率

P_s ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分率之和

γ_f ——试件的毛体积相对密度

γ_{sb} ——矿料合成的毛体积相对密度

γ_{se} ——合成矿料的有效相对密度

γ_t ——沥青混合料的最大理论相对密度

5 总则

5.1 为提高四川省沥青路面就地热再生质量，促进沥青路面就地热再生技术应用的科学化和规范化，制定本文件。

5.2 施工气温不宜低于 15℃，不得低于 10℃。不宜在路表潮湿、强风及以上风力条件下施工，严禁在雨天施工。

5.3 沥青就地热再生技术除应符合本文件的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准、规范的规定。

6 适用条件

6.1 一般规定

6.1.1 应根据养护目标，结合既有路面技术状况提出设计年限的要求，复拌再生设计使用年限应满足 3~5 年，加铺再生应满足 6~10 年。

6.1.2 就地热再生应根据既有路面病害特点，结合设计使用年限、交通量状况、气候、经济、对既有沿

线结构物及设施影响等因素，经过合理方案比选后选择合适的工艺类型。经济因素比选时，宜采用全寿命周期经济分析方法计算初期养护投资、后期养护费用等，具体计算方法参照 JTG 5421 执行。

6.1.3 就地热再生主要适用于 AC、SMA 类沥青路面。稀浆封层、微表处、超薄罩面、碎石封层路面再生采用就地热再生方式时，混合料的级配、加热温度应满足混合料性能及施工工艺要求，当不能满足混合料性能及施工工艺要求时，应将上述材料铣刨后再进行就地热再生。

6.2 就地热再生技术适用条件

6.2.1 既有路面技术状况宜满足表 1 的要求：

表 1 就地热再生适用的路面技术状况

指标		技术要求
路面结构强度指数 PSSI		≥80
路面损坏状况指数 PCI ^a		≥75
既有路面沥青层厚度（mm）		≥80
既有路面车辙 ^b （mm）		≤15
就地热再生层沥青混合料	回收沥青 25℃针入度 ^c （0.1mm）	≥20
	沥青含量（%）	≥3.8

注：^a以沥青路面表面层病害为主，局部深层次病害再生须预处理。
^b车辙大于 15mm 时，就地热再生前应预处理。
^c紫外线强烈、常年高温的攀西地区及凉山州局部地区，回收改性沥青 25℃针入度可适当放宽，不应小于 15（0.1mm），但经试验论证再生混合料的路用性能满足要求方可使用。

6.2.2 就地热再生适宜处理沥青路面表层病害，不同工艺适用的常见路面损坏类型宜满足表 2 的要求：

表 2 就地热再生不同工艺适用的路面损坏类型

损坏类型	就地热再生工艺 ^a	
	复拌再生	加铺再生
表层沥青老化及裂缝	▲▲	▲▲
表面松散	▲▲	▲▲
沥青层车辙	▲▲	▲
泛油、拥包	▲▲	▲▲
抗滑不足	▲	▲▲
平整度下降	▲	▲

注：^a当原路面针入度低于 25 时，宜采用加铺再生；
^b▲表示适合度低，▲▲表示适合。

6.2.3 采用一级加热翻松工艺的局地热再生深度宜为 40~50mm，且不小于原沥青表面层厚度，并不小于 30mm。当再生深度超过 50mm 时，应采用二级加热翻松工艺。

6.2.4 拌和时间超过 30s 的复拌再生工艺可用于各种交通荷载等级，否则宜用于重及重以下交通荷载等级。

6.2.5 加铺再生可用于各种交通荷载等级，加铺层厚度不大于 25mm 时，加铺类型宜与原表面层沥青混合料类型一致；大于 25mm 时，加铺层类型宜单独设计。

6.2.6 养护工程所在区域的沥青性能气候分区为 2-2（夏热冬寒）及 3-2（夏凉冬寒）时，紫外辐射强度大、低温时间长、昼夜温差大、可施工时间短，对再生沥青混合料低温性能和施工要求高，应经过室内试验和试验路工程验证后方可使用。

7 既有路面调查与评价

7.1 一般规定

7.1.1 应详细调查既有路面，分析养护工程项目使用就地热再生技术的适用性，实施的可行性。调查深度应能满足沥青路面就地热再生需要。

7.1.2 既有路面调查分设计和施工两个阶段。设计阶段调查包括基础资料调查、路面技术状况检测、专项数据检测等，高速公路尚应符合 D51/T 2603 的有关要求；施工阶段调查包括在设计的基础上进一步补充路面状况调查、既有路面材料性能试验及影响就地热再生工艺的其他项目调查。

7.2 设计阶段调查

7.2.1 基础资料调查应包括养护工程项目的技术标准、设计资料、施工资料、养护信息、交通状况、自然条件、经济参数及筑路材料等，按现行 JTG 5421 的有关规定执行，应重视既有路面结构、材料等基础资料收集和确认。

7.2.2 路面技术状况调查及评价

a) 路面技术状况检测应符合 JTG 5421，高速公路尚应符合 D51/T 2603、城镇道路应符合 CJJ 36 等要求，且满足表 3 的要求。

表 3 路面技术状况检测要求

检测项目	高速公路及一级公路，或城市快速路			二级公路或城市主干路			检测 方法
	需求	范围	频率	需求	范围	频率	
路面损坏	应	各车道	连续	应	各车道	连续	T0974
路面平整度	应	行车道	连续	应	行车道	连续	T0934
路面结构强度	应	主行车道	连续	应	主车道	连续	T0953 或 T0952
路面车辙	应	行车道	连续	宜	行车道	连续	T0975
路面抗滑性能	应	行车道	连续	应	行车道	连续	T0967/ T0966

b) 路面技术状况数据采集指标和检测方法应统一，应建立严格的质量控制流程，确保采集数据的完整性、有效性及准确性。

c) 如定期检测数据与设计时间间隔不超过 6 个月，可利用定期检测数据，否则应重新检测。

d) 施工图设计阶段的路面损坏宜采用人工调查，如采用快速无损自动化破损检测，应进行人工核查。宜根据调查或检测病害绘制分布图。

e) 路面抗滑性能宜同时检测横向力系数及路面磨耗，根据表面层沥青混合料的类型判断路面抗滑性能。

7.2.3 专项数据检测及分析

路面技术状况调查后，经多方案技术经济比选，对适合且拟采用就地热再生养护的设计单元，应结合路况，针对路面病害分布、结构层完整性、路面结构强度、筑路材料性能、排水系统状况等开展专项调查，专项调查应符合 JTG 5421 的有关规定，并符合以下要求：

a) 应通过钻芯或探坑手段判定设计单元内的既有路面典型病害发展形态、层位、层间状态、影响面积等，并与对应既有路面完好位置或硬路肩钻芯或探坑，进行对比分析，判定应覆盖所有典型病害。

b) 对纵向裂缝、横向裂缝及龟裂等典型病害，应根据芯样裂缝发展影响层位、形态、层间状态等分析裂缝类病害产生的原因。

c) 对车辙类病害，应通过横断面不同位置钻芯，对各结构层厚度变化情况、沥青混合料力学特性等因素分析，判断变形发生层位及原因，必要时对各层沥青混合料现状进行试验。

d) 对存在唧浆、坑槽等水损坏的病害，应对沥青混合料空隙率及渗水性能进行调查，判断病害产生原因，如非表面沥青混合料病害引起，应结合弯沉检测综合判断病害产生的原因。

e) 抗滑性能不良的设计单元，应调查既有路面的横向力系数、路表构造纹理特征，以及表面层集料性能，判断引起路面抗滑性能不良的原因。

f) 应对拟实施就地热再生路段切割取块状板样并进行材料试验，取样方法参见附录 A。试验项目宜包括但不限于沥青含量、矿料级配、回收沥青的针入度、软化点、延度及动力黏度等。对连续无明显差异路段材料试验频率不应小于 1 处/（5km•车道），不足 5km，按 1 处计，若非连续或再生层沥青混合料有明显差异，应增加试验频率。

g) 排水系统状况调查应包括路界地表排水设施调查、路面内部排水设施调查、路界地下水排水设施调查等，各种设施的使用要求应满足 JTG/T D33 的相关规定。

h) 应同步开展影响就地热再生实施或质量的其他设施调查，如桥隧结构物分布、交通工程及沿线设施、加气站，以及城镇道路地下管线、集水井分布等。

i) 加铺再生还应调查沿线上跨结构物净空、隧道建筑限界等。

7.3 施工阶段路面调查

- 7.3.1 施工阶段路面调查应以就地热再生施工单元为单位，并符合以下要求：
- a) 在设计单元的基础上，如既有路面由于不同施工单位、采用不同配合比，或养护等原因，使拟再生层材料不同，既有路面病害、材料存在明显差异时，应划分不同施工单元。
 - b) 应根据再生路段设计要求、有关试验、施工组织等因素，合理确定施工单元。
 - c) 施工单元长度不宜小于 300m。
- 7.3.2 应综合考虑施工路段划分、取料位置等因素，确定取样方案。施工单位可利用设计阶段调查成果，以施工单元为单位，对每个施工单元核查既有路面病害，并对拟再生层进行既有路面材料性能试验。
- 7.3.3 材料性能试验应包括以下内容：
- a) 采取钻芯方式获取旧路面芯样，测试拟再生的既有路面密度、空隙率等指标。
 - b) 采用现场取板式块样获取旧路面材料，如果再生层的旧沥青混合料类型不同应分开试验，取样时不得采用冷铣刨，对拟再生层沥青混合料进行抽提筛分，并回收沥青试验，试验项目及频率见表 4，当相邻再生段材料性能试验结果变异较大时，应增加取样试验。对严重变形类病害，尚应根据实际情况对中、下面层进行性能调查，必要时应对基层或路基材料性能进行调查。

表 4 就地热再生层旧沥青混合料试验要求

材料	检测项目	频率	试验方法
旧路面沥青混合料	沥青含量	不少于 1 处/（1km•车道）， 不足 1km 时仍按 1 处	T0722
	矿料级配		T0725
	沥青混合料密度		T0705
回收沥青	25℃针入度（0.1mm）	不少于 1 处/（1km•车道）， 不足 1km 仍按 1 处	T0604
	软化点		T0606
	15℃延度		T0605
	15℃密度		T0603
	60℃动力黏度 ^a		T0620

注：^a如有条件宜实测回收沥青的 60℃动力黏度，供新沥青和再生剂选择时参考。

- c) 对沥青混合料回收的矿料，必要时宜进行磨光值、洛杉矶磨耗值、针片状颗粒含量等集料试验。
 - d) 回收沥青的密度宜与同类沥青密度相当，否则应检查旧沥青抽提回收过程。
- 7.3.4 核查既有路面病害时，应查明并标记就地热再生工艺无法处理的非表面病害，并在就地热再生施工前及时处治。

8.1 原材料及混合料

8.1 一般规定

- 8.1.1 就地热再生材料主要包括道路石油沥青、改性沥青、各种规格集料、矿粉、再生剂等。
- 8.1.2 使用的各种材料应满足 JTG F40 及 JTG/T 5521 等的有关规定，高速公路尚应符合 D51/T 2602 的有关要求，施工前应进行检验，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

8.2 新沥青

- 8.2.1 应结合气候条件、交通状况、几何线形等，结合当地使用经验，经技术论证后确定。
- 8.2.2 对高温持续时间长、重载交通、长大纵坡上坡路段，宜采用黏度较大的沥青，提高高温稳定性；对冬季寒冷地区道路，宜选用低温性能好的沥青。沥青技术指标要求应符合 JTG F40，高速公路尚应符合 D51/T 2602 的有关要求。
- 8.2.3 应根据再生沥青混合料配合比设计确定是否单独添加新沥青，如不需要单独添加新沥青，但需添加新沥青混合料时，新沥青混合料的沥青宜采用改性沥青，或与原路面沥青一致。

8.3 再生剂

- 8.3.1 再生剂应具有良好的流变性能、渗透性能，与老化沥青较好的相容性等，技术指标宜满足表 5 的要求。

表 5 再生剂技术要求

检验项目	单位	再生剂类型					检测方法
		RA-0	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	
60℃黏度	mm ² /s	10~49	50~175	176~900	901~4500	4501~12500	T0619
闪点	℃	≥220					T0633
饱和分含量	%	≤30					T0618
芳香分含量	%	实测记录					T0618
薄膜烘箱试验前后黏度比 ^a	—	≤3					T0619
薄膜烘箱试验后质量变化(%)	%	≤3, ≥-3					T0609或 T0610
15℃密度	—	实测记录					T0603

注：^a薄膜烘箱试验前后黏度比=试样薄膜烘箱试验后黏度/试样薄膜烘箱试验前黏度。

8.3.2 再生剂应安全、环保，不同批次产品性能一致，按照产品规定条件储存，确保运输和储存过程中性能不变。

8.3.3 利用项目回收旧沥青，采用不同再生剂恢复其性能，根据再生沥青指标、恢复能力、与旧沥青配伍性，以及恢复沥青的粘附性等优选再生剂。

8.3.4 应根据回收沥青性能、再生沥青指标等初拟再生剂掺量，结合再生沥青混合料高低温性能等综合确定再生剂类型及掺加量。

8.3.5 就地热再生基本上 100% 利用旧沥青混合料，新沥青混合料掺加量低，当旧沥青老化严重时（25℃针入度低于 30（0.1mm）时），再生剂宜采用黏度低的 RA-0 型，促进新旧沥青的混融，改善新旧沥青拌和均匀性及和易性，但应确保现场喷洒均匀，计量准确。

8.4 再生沥青

8.4.1 如既有路面使用 70 号道路石油沥青或 SBS 改性沥青，在老化沥青中添加适量再生剂和新沥青（需要时）后，位于沥青性能气候分区 1-4（夏炎热冬温）、2-4（夏热冬温）的养护项目，再生沥青指标应符合表 6 的要求，沥青性能气候分区为其它分区时，再生沥青指标应进行论证后确定。

表 6 普通道路石油沥青、SBS 改性沥青再生评价指标

检验项目	单位	沥青种类		检测方法
		再生普通道路石油沥青	再生SBS改性沥青	
25℃针入度	0.1mm	40~60	40~60	T0604
软化点	℃	≥49	≥60	T0606
15℃延度 ^a	cm	≥5	≥15	T0605

注：^a紫外线强烈、常年高温的攀西地区及凉山州局部地区再生 SBS 改性沥青的 15℃延度可放宽到不小于 10cm。

8.5 外掺新沥青混合料

8.5.1 沥青符合 8.2 的要求。

8.5.2 粗集料、细集料、矿料、纤维稳定剂、外掺剂等符合 JTG F40 的要求。

8.5.3 新添加沥青混合料配合比应在就地热再生混合料配合比设计的基础上，考虑运输、施工可操作性等多方面因素综合确定，且宜进行谢伦堡沥青析漏试验，确保不流淌、不离析，易于施工。

8.6 就地热再生混合料

8.6.1 密级配沥青混合料 AC、改性沥青玛蹄脂碎石 SMA 就地热再生混合料设计参见附录 B、附录 C。

8.6.2 常用就地热再生混合料设计级配范围宜满足表 7 的要求，其他沥青混合料类型经试验及试验路验证后采用。

表 7 常用就地热再生混合料设计级配范围

再生沥青混合料类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13	100	90~100	60~80	30~53	20~40	15~30	10~23	7~18	5~12	4~8
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

8.6.2 表面层沥青混合料经多年运营后存在级配细化现象，如使用新掺沥青混合料调整级配困难时，

0. 15mm 及以下筛孔可放宽到现有级配上限+2%。
- 8.6.3 常用就地热再生混合料设计指标应满足表 8 的要求

表 8 常用就地热再生混合料技术指标要求

试验项目		普通沥青 AC-13	改性沥青 AC-13	改性沥青 SMA
双面击实次数（次）		75	75	75
稳定度（kN）		$8.0 \leq MS \leq 18$	$9.0 \leq MS \leq 22$	$6.0 \leq MS \leq 20$
流值（mm）		1~4	1~4	—
空隙率（%）		3~4.5	3~4.5	3~4
粗集料骨架空隙率 VCA _{mix}		—	—	$\leq VCA_{ORC}$
矿料空隙率 VMA （%）	空隙率为 3%时	≥ 13	≥ 13	≥ 16.5
	空隙率为 4%时	≥ 14	≥ 14	
	空隙率为 5%时	≥ 15	≥ 15	
沥青饱和度（%）		65~80	65~80	75~85
150℃谢伦堡沥青析漏试验结合料损失（%）		—	—	≤ 0.2
60℃肯塔堡沥青混合料飞散试验混合料损失（%）		—	—	≤ 15
残留马歇尔稳定度（48h）（%）		≥ 80	≥ 85	≥ 85
冻融劈裂强度比（%）		≥ 75	≥ 80	≥ 80
渗水系数（mL/min）		≤ 120	≤ 120	≤ 80
路面空隙率（%）		≤ 7	≤ 7	≤ 6

8.6.4 二级及二级以上的公路和城镇道路中的快速路与主干路，公称最大粒径不大于 19mm 的就地热再生混合料必须在规定的试验条件下进行车辙试验，宜在-10℃、加载速率为 50mm/min 条件下进行小梁弯曲试验，动稳定度及破坏应变试验结果宜符合表 9 的规定。

表 9 就地热再生混合料高、低温性能要求

混合料类型	沥青性能气候分区		
	60℃动稳定度（次/mm）		破坏应变（ $\mu\epsilon$ ）
	1-4	2-4	1-4 及 2-4
普通沥青混合料	DS ≥ 1800	DS ≥ 1500	≥ 1500
改性沥青混合料	DS ≥ 3200	DS ≥ 2400	≥ 2000

8.6.5 为提高就地再生混合料的低温及疲劳性能，不宜一味追求较高的高温性能，各项性能之间应综合考虑。

9 就地热再生施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 就地热再生施工前，应对就地热再生工艺无法处治的非表面病害或下卧层病害进行预处理。
- 9.1.2 应结合工程特点和就地热再生工艺需要，制定详细的交通组织方案和施工组织方案，减少养护工程施工对交通的影响，保障养护作业安全与运营安全。
- 9.1.3 正式施工前，应进行长度不小于 200m 的试验段，确定设备配置要求、工艺参数和人员。
- 9.1.4 施工时，既有路面加热温度及再生深度应满足设计要求。

9.2 试验和施工设备配置基本要求

9.2.1 试验设备配置基本要求

- a) 就地热再生施工单位应在项目区域设立工地实验室，其试验设备基本配置应符合表 10 的要求。

表 10 试验设备配置基本要求

序号	设备名称	数量 台/套
1	离心抽提仪	1
2	旋转蒸发器回收仪或阿普森回收仪	1
3	标准马歇尔击实仪和稳定度仪	1
4	车辙成型仪和试验仪	1

表 10 试验设备配置基本要求（续）

序号	设备名称	数量 台/套
5	理论最大相对密度试验仪	1
6	针入度仪	1
7	软化点试验仪	1
8	延度仪	1
9	毛细管法沥青运动黏度或沥青旋转黏度仪	1
10	路面渗水仪	1
11	铺砂法试验仪或激光构造深度仪	1
12	钻芯机	1
13	烘箱、电子称等其他辅助设备	1

b) 为降低矿粉残留对回收沥青试验结果的影响，应采用转速大于 5000r/min 抽提仪，且试验前应对抽提仪做空白试验标定。

c) 宜采用旋转蒸发器法回收老化沥青，也可采用阿布森法，试验人员在正式试验前，应进行专门培训，按照 JTGE20 中 T0726 或 T0727 方法反复进行空白试验，优化回收方法的试验参数，熟练后方可操作。

d) 使用前应标定试验设备，标定合格后方可使用。

e) 就地热再生工艺强调事前预判、过程控制、事后检验，试验贯穿工艺的全过程，是确保就地热再生施工质量的前提和重要保障。

9.2.2 施工设备配置基本要求

a) 施工设备应能满足工程需要，与工程相匹配。

b) 一个作业面施工设备基本配置应满足表 11 的要求，辅助设备配置要求宜满足表 12 的要求。

表 11 一个作业面设备配置基本要求

序号	设备名称		数量 台/套
1	就地热再生复拌机（加铺再生应配置双熨平板）		1
2	加热机		≥2
3	铣刨机		1
4	双钢轮压路机（静压力不低于 12T）	AC	≥2
		SMA	≥2
5	胶轮压路机 ^a （不低于 26T）		≥1
注： ^a SMA 是否需要胶轮压路机应根据试验确定。			

注：^aSMA 是否需要胶轮压路机应根据试验确定。

表 12 就地热再生一个作业面主要辅助设备配置

序号	设备名称		数量 台/套
1	清除标线用小型铣刨机		1
2	清扫车		1
3	沥青混合料运输车 ^a	复拌再生	≥2
		加铺再生	≥8
4	交通车		1
5	水车		1
注： ^a 运输车可根据实际情况合理配置。			

注：^a运输车可根据实际情况合理配置。

c) 加热机应采用加热效率高、渗透能力强的红外、热风等非明火加热方式，能产生足够热量将再生层加热到要求温度，具有精确的温度控制系统，宜能实时显示加热温度。加热机为单独加热机组，不包括复拌机上的加热模块，夏季高温时不宜少于 2 台，实际施工时应根据气温及风力，并考虑在路面内形成合理温度梯度及减少反复加热对既有路面的二次老化，不宜少于 3 台。当采用热风循环加热方式时，应具备多级加热翻松功能，确保再生层深度范围内合理温度梯度，避免下部集料破碎。

d) 加铺再生的再生机组应配置双熨平板，就地热再生时同步实施加铺层的摊铺。

e) 再生机组应具有再生剂、沥青等独立添加系统、精确计量装置，并能实时显示添加量，再生剂添加精度应控制在设计量±2%以内，且再生剂等外加材料应能均匀喷洒，严禁采用自流方式。

f) 翻松装置应具有深度自动精确控制系统，翻松深度应不超过设定值±3mm，当再生深度超过 4cm

或现有方式不能加热到设计再生厚度时，应具备多级加热翻松功能，在多级翻松作业时应避免离析。

g) 再生机组宜包含旧沥青混合料分、收装置，增加再生剂与旧沥青混合料浸润、融合时间。应有独立拌缸，使就地热再生混合料拌和均匀。

h) 各加热机组间、加热机组与复拌机组间，以及受料斗等位置应采取保温措施，减少热量损失。

i) 新沥青混合料应满足设计要求，宜采用大吨位、具有良好保温措施、上覆保温层能自由伸缩的车辆运输。

j) 就地热再生机械设备及辅助机具，应做好检修、调试、精度校准等工作，定期检测、保养和维修，确保施工期间平稳运行。

k) 施工加铺再生时，再生机组应具有加铺厚度的自动化控制器，以保证加铺厚度。

l) 为降低运料车卸料出入场对温度及平整度的影响，加铺再生宜配置二次转运车或侧向喂料机。

m) 灭火器数量及性能应满足消防要求。

9.3 施工准备

9.3.1 施工前应对从事就地热再生的试验人员、操作机手、辅助工人等进行安全和操作培训。施工过程中参与人员应定岗定责，且就地热再生施工现场应安排 1 名专职指挥人员，协调各岗位人员工作。

9.3.2 施工前应做好就地热再生施工方案、交通组织方案及应急预案等，并做好施工信息发布，按管理部门要求，根据作业面长度，提前设置交通管制的各类标志标牌等，由专人执勤，做好交通组织，确保施工安全。

9.3.3 施工前，应根据既有路面调查结果和就地热再生适用条件，对就地热再生无法修复的病害进行预处理，按照“逐层开挖、逐层判断、逐层修补”原则确定处治范围及深度，且符合 JTG 5142 的有关规定，高速公路尚应符合 D51/T 2603 的有关规定，尚应满足以下要求：

a) 局部路基病害引起的路面破坏，应对路基病害进行预处理，材料及工艺应满足 JTG D30、JTG/T 3610 等有关要求。

b) 应结合既有病害调查，检查原排水设施的功能状况和结构状况，采用“排、堵、疏”的原则进行排水设计，完善现有排水系统。存在唧浆或发生水损坏等内部排水存在问题路段，可在路面内部或边沟底设置盲沟，排除路面内部积水或降低地下水位。路面排水应与其他排水系统相结合，并满足 JTG/T D33 的有关规定。

c) 影响深度位于再生层内的裂缝可不处理；对从下往上发展的裂缝，或从上往下发展但深度大于再生层厚度的裂缝应进行预处理，宜采用局部挖除恢复方式修补，处治范围及深度应根据病害状况确定。

d) 车辙深度不大于 15mm 时，可不进行预处理；大于 15mm 的失稳型和结构型车辙应根据变形层位进行预处理。

e) 局部基层、底基层损坏造成路面破坏的，需要对路面基层、底基层进行修复。局部修复基层、底基层，面积较小时可采用贫混凝土、沥青混合料，修复面积较大时宜采用与既有路面结构类似的材料，经济容许也可采用沥青类材料。

f) 局部病害处治时搭接部位宜避开轮迹带；搭接宜采用错台式，沥青面层各层台阶搭接宽度不宜小于 150mm，基层、底基层台阶搭接宽度不宜小于 250mm，沥青面层与基层不应接在同一垂直面上；新旧沥青层接缝处应涂刷粘层油、新旧无机结合料应洒布水泥浆，以增强新旧路面界面结合；宜采取防反射裂缝措施，延缓加铺层反射裂缝的出现。

9.3.4 施工前既有路面准备工作应符合以下要求。

a) 根据施工调查，确认施工单元再生剂等外掺剂添加量。

b) 应核查再生区域内可能受影响的绿化带、加油站、燃气管道、桥梁伸缩缝等，并采取保护措施。

c) 清除既有路面的热熔性标线、突起路标、灌缝材料等影响施工质量的杂物。

d) 城镇道路施工前应提升检查井、雨水篦子等设施至再生路面后标高。

e) 起讫位置、桥梁伸缩缝宜预先铣刨不小于 1m，铣刨宽度及深度同再生宽度及深度。

f) 施工范围内的各种预埋感应线，提前会同管理单位商定方案，妥善处理。

g) 不同施工单元的既有路面性能可能存在差异，应根据施工调查情况，结合配合比设计，事先确认各施工单元内再生剂等外掺剂的添加量，但应经实施验证。

9.3.5 施工机械准备

a) 应确认加热机、复拌机等设备油位、散热器水位等满足要求，再生剂及燃料满足当天施工需要，不应在施工过程中途添加燃料等。

- b) 加热板、翻松器、搅拌机、螺旋布料器、熨平板夯锤、自动找平装置等各机械的功能应正常。
- c) 应对再生剂、新沥青、温拌剂等外加剂添加设备进行计量标定，满足施工控制的精度要求。
- d) 应根据设计再生宽度调整加热板宽度，使原路面加热宽度比翻松宽度每侧应至少宽出 20cm。
- e) 加铺再生施工时应保证足够运料车，保证现场施工连续进行。

9.4 铺筑试验段

- 9.4.1 施工前应铺筑试验段，从施工设备条件、施工工艺、质量控制、现场管理、施工安全等方面进行验证，长度不宜小于 200m。
- 9.4.2 检验再生设备的性能及组合是否满足施工要求，确定再生设备行驶速度、加热温度、压实工艺等参数。
- 9.4.3 验证就地热再生混合料配合比设计，再生剂、新沥青以及新沥青混合料的合理用量等。
- 9.4.4 检测试验段的压实度、平整度、厚度、宽度、渗水系数、构造深度、抗滑系数及马歇尔各项指标等，检验质量控制方案的可行性。
- 9.4.5 检验施工组织、交通组织及各工种人员配置等可行性。

9.5 再生作业

- 9.5.1 清洁路面，在路面再生宽度外画导向线，施工各机组前端安装导向装置，确保再生施工边缘平顺美观。
- 9.5.2 加热及温度控制
- a) 应根据施工环境温度、再生材料类型、路面加热效果等因素，合理配置加热机组，不应低于 2 台，宜采用 3 台及以上加热设备以一定温度梯度、均匀加热既有路面。
 - b) 应根据试验路，结合路面材料类型、环境温度等因素，优化加热机和复拌机行驶速度、加热设备间距等参数，确保既有路面加热温度和深度，以及横向、纵向加热均匀，防止既有路面过热老化和加热不足影响再生施工质量，各阶段温度宜满足表 13 的要求。

表 13 既有路面的温度要求

序号	设备名称	既有路面温度要求		检测方法
		普通沥青混合料	改性沥青混合料	
1	路表温度	≤200℃	≤220℃	红外线温度计
2	摊铺温度	≥120℃，≤140℃	≥130℃，≤150℃	插入式温度计
3	翻松裸露摊铺面温度	≥85℃	≥90℃	红外线温度计，紧跟铣刨刀头测量

- c) 应采取措施减少热量散失。
 - d) 现场应指派专人，密切关注加热、复拌、摊铺、碾压等各阶段温度，根据早、中、晚现场温度、风力等环境差异，指挥机组运行，保证加热温度及稳定。
 - e) 摊铺温度应在熨平板后，碾压前及时检测。在确保施工质量前提下，摊铺温度不宜过高，避免过度加热加剧既有路面沥青二次严重老化。如果施工时空气温度高时，可采用偏低限；空气温度低时宜采用偏高限；旧路面为改性沥青混合料时宜取偏高限。温度控制应根据试验段、空气温度、风速等因素，结合压实情况综合确定。如采用温拌剂，温度应经验证后调整。
- 9.5.3 既有路面翻松
- a) 既有路面加热到表 13 要求的温度后才能实施翻松作业，深度应符合设计要求并保持稳定。
 - b) 翻松厚度是就地热再生的关键指标之一，应加强过程控制。测试再生层厚度时，注意力度，避免插入下承层引起测量偏差。
 - c) 采用钢尺或皮尺测量既有路面翻松宽度。
 - d) 应减少集料破碎，确保无夹层，不翻起下层混合料。
- 9.5.4 再生剂、新沥青及新沥青混合料等外掺材料添加应符合以下要求：
- a) 每个施工单元应根据试验，确定再生剂、新沥青等外掺材料比例。
 - b) 再生剂应与新沥青及温拌剂（如需要）等外掺材料分开单独添加，应在翻松的旧沥青混合料表面均匀喷洒再生剂，然后再添加新沥青、新沥青混合料等外掺材料。
 - c) 再生剂应根据产品使用说明选择是否加热以及加热温度，RA-0 型为常温施工。
 - d) 外掺材料添加剂量应与行驶速度、热再生深度、密度及宽度联动，自动化控制，施工前应进行标定。

e) 添加再生剂、新沥青的旧沥青混合料宜收集成料垄,以便再生剂、新沥青与旧沥青混合料充分融合。

f) 设备起停时,应能有效控制再生剂添加,且采取措施避免管道中的再生剂、新沥青等外掺材料溢流。

g) 施工当天及每个施工单元完毕应进行外掺材料总量校核。

h) 再生剂性能及掺量是影响就地热再生混合料施工质量的重要因素之一。应根据每个施工单元的再生深度、沥青混合料密度、油石比等确定再生剂掺量,施工前首先标定再生机的计量系统,同时每天应根据再生路段长度进行总量校核,核定机械计量系统的稳定性。

9.5.5 摊铺

a) 施工开始前,应在设备摆放位置的既有路面上采取铺设彩条布等措施,减少对既有路面污染。

b) 按试验路确定的摊铺层厚度、宽度、摊铺温度、速度等设置摊铺作业参数,调试找平方式。

c) 摊铺机熨平板应提前预热,预热温度宜不低于 110℃,铺筑过程中应采用适宜的夯锤振动频率和振幅,提高路面初始压实度。

d) 再生机应匀速摊铺,摊铺施工速度宜为 1.5m/min~3.0m/min,不应超过 3.5m/min。摊铺作业应保证混合料均匀,避免出现裂缝、离析等现象。

9.5.6 碾压

a) 针对不同混合料类型、不同施工厚度,选择适宜碾压工艺,并符合 JTG/T 5521 的有关规定。

b) 钢轮压路机应紧跟摊铺熨平板趁热及时碾压,首先压实接缝处。

c) 初压宜采用前静后振,复压采用钢轮与胶轮同进同退,应以慢而均匀的速度碾压。初压适宜速度 2km/h~3km/h,最大不超过 3km/h;复压适宜速度 3km/h~4.5km/h,最大不超过 5km/h;终压适宜速度 3~6km/h,最大不超过 6km/h。具体碾压次数根据试验路确定。

d) SMA 是否采用轮胎压路机、使用时机及碾压次数应根据试验段确定,避免玛蹄脂上浮出现油斑。对于改性沥青玛蹄脂碎石 SMA,如果条件允许,可采用温拌技术,提高路面压实度,但应经过技术经济论证。实施时应优选温拌剂,并经试验路验证。

e) 压路机碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料推移。碾压区长度应大体稳定,且不宜超过 30m,两端折返位置应随复拌机前进而推进,横向不得在相同断面上。

f) 为降低就地热再生对既有路面加热引起的二次老化,就地热再生混合料温度一般低于相应热拌沥青混合料,务必加强碾压环节。可根据实际情况,对加铺再生增加压路机数量及提高压路机吨位,应在尽可能高的温度下紧跟摊铺机碾压,低速、匀速、高频、低幅,不停碾压,在高温条件下完成碾压,严禁碾压速度忽慢忽快。只要钢轮不黏轮,可降低喷水量及次数。应避免在低温度状态下反复碾压,避免压碎集料。

9.5.7 应加强纵横接缝精细化施工,并符合以下要求:

a) 起止施工横向接缝,为保证施工起点接缝平整无错台,施工前先用铣刨机铣刨接缝不小于 1m 范围内原沥青路面,保证接缝顺直,然后用加热机组将要施工的起点加热至软化,车辆按施工工艺要求顺序就位,调整摊铺机仰角,保证接头平顺。

b) 与桥梁相接处,再生作业时应采取措施保护桥梁伸缩缝,且铣刨临近桥梁伸缩缝保护混凝土不小于 1m 范围内原沥青路面。

c) 重视新旧路面衔接,纵、横缝应平整、密实、黏结良好、无离析。

9.5.8 开放交通

a) 就地热再生压实完成后,待路表温度降至 50℃ 以下后,方可开放交通。

b) 应清除作业区内所有废料和垃圾。

c) 开放交通前,所有施工设备应撤出施工现场,不留安全隐患。

10 质量控制

10.1 一般规定

10.1.1 就地热再生质量控制应符合 JTG/T 5521 及 JTG 5220 等要求。

10.1.2 就地热再生应加强施工过程质量控制,遵循动态质量管理。

10.2 过程质量控制

10.2.1 应检查既有路面病害处治是否满足有关规范和设计要求。

10.2.2 施工前应对各段试验分析,以便施工时根据再生沥青混合料验证配合比参数,进行针对性调整。

10.2.3 就地热再生施工过程中材料质量检查,应符合 JTG F40、JTG/T 5521 和设计文件等有关要求。

10.2.4 如需添加新沥青混合料,新混合料级配满足配合比设计要求,各项原材料控制应符合 JTG F40 及本文件的有关规定。

10.2.5 过程控制核心是控制好“七个度”,即再生复拌机等机械行驶速度、既有路面加热温度、翻松深度、再生混合料拌合均匀度、压实度、平整度和构造深度。

10.2.6 就地热再生施工过程中的质量控制应满足表 14 的要求。

表 14 就地热再生混合料施工过程质量控制标准

检查项目			质量要求或允许偏差	试验方法及频度
外观			表面平整密实,无明显轮迹、推移、离析等缺陷,不干涩	目测,随时
再生剂			总量控制	JTG F40 附录 G, 每台班
新沥青混合料			总量控制	JTG F40 附录 G, 每台班
新沥青混合料沥青用量			满足配合比要求	T0722, 每台班
各阶段温度	加热后路表最高温度	普通沥青混合料	≤200℃	红外温度计测量, 随时
		改性沥青混合料	≤220℃	
	翻松裸露面摊铺前温度	普通沥青混合料	≥85℃	红外温度计测量, 随时, 紧跟铣刨刀头测量
		改性沥青混合料	≥90℃	
	再生混合料摊铺温度	普通沥青混合料	≥120℃, ≤140℃	插入式温度计测量, 随时
		改性沥青混合料	≥130℃, ≤150℃	
翻松旧沥青混合料状态			无明显花白料	目测, 随时
压实度	最大理论密度		≥93% (AC) 或 94% (SMA)	T0924, 或 JTG F40 附录 E, 每 1500m ² 测 1 处
	室内标准密度		≥97% (AC) 或 98% (SMA)	
渗水系数			≤120mL/min (AC) ≤80mL/min (SMA)	T0971, 每台班 2 次
再生沥青混合料	沥青含量 (%)		设计值±0.3	T0722 或 T0735, 每工作日 1 次
	回收沥青针入度与设计沥青针入度比		≥65%	每周 1~2 次
	级配	0.075mm, ±2%		T0722 或 T0735, 每工作日 1 次
		2.36mm, ±5% (AC), ±3% (SMA)		
		4.75mm, ±6% (AC), ±4% (SMA)		
马歇尔试验	稳定度		满足设计要求	T0709, 每工作日 1 次
	流值			
	空隙率			
浸水马歇尔试验			满足设计要求	T0709, 必要时
车辙动稳定度试验			满足设计要求	T0719, 每周 1~2 次
再生层厚度(mm)			设计值-5%h	钢尺或 T0912, 随时
宽度 (mm)	有侧石		设计值±20mm	T0911, 随时
	无侧石		不小于设计值	

10.3 检查验收

就地热再生工程验收标准应满足表 15 的要求。

表 15 就地热再生混合料验收标准

检查项目		质量要求或允许偏差		试验方法及频度
		高速公路及一级公路，或城市快速路	二级公路或城市主干路	
外观		表面平整密实，无明显轮迹、推移、离析等缺陷		目测，随时检测
纵、横缝接缝高差（mm）		≤3		3m 直尺间隙，每 200m 测 1 处
再生宽度（mm）		不小于设计宽度		T0911，每 100 检验 1 处断面
压实度	最大理论密度	≥93%（AC）或 94%（SMA）		T0924，每 1500m ² 测 1 处
	室内标准密度	≥97%（AC）或 98%（SMA）		
再生层、加铺层厚度	平均值	不小于设计厚度		JTG 5220 附录 H 及 T0912，每 1500m ² 检验 1 处
	合格值	-5，+10		
平整度 ^a	σ（mm）	≤1.2	≤2.5	T0934 或 T0932，全线
	IRI（m/km）	≤2.0	≤4.2	
渗水系数	AC	≤200ml/min，合格率不小于 90%		T0971，每 200m 测 1 处
	SMA	≤120ml/min，合格率不小于 90%		
摩擦系数 ^b		满足设计要求		T0965，全线连续
构造深度		满足设计要求		T0961，每 200m 测 1 处；或 T0966 连续检测

注：^a就地热再生前，应检测再生路段既有路面平整度，再生后应在原基础上提升不小于 10%。
^b路面抗滑性能宜同时检测横向力系数及构造深度，根据表面层沥青混合料类型判定路面抗滑性能。

附录 A (资料性) 既有路面取样方法

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于确定设计单元和施工单元中既有路面的取芯、取块状板样。

A.1.2 取样方法及位置应依据既有路面状况调查及分析。

A.2 取样方法

A.2.1 设计阶段用于判定既有路面病害影响深度、产生原因、混合料组成分析等时，宜钻芯取样。

A.2.2 用于测试既有路面回收沥青性能、集料性能等材料性能试验时，宜在轮迹带处锯切取板状块样，宜为长、宽各 40cm，如有条件也可采用加热设备对路面模拟加热取样。

条文说明

取样时可采用“回”字型切割方法，即在样品外侧再切割一圈，将两次切割间的沥青混合料剔除，然后取出内层板状块样，以利于取出完整块样。

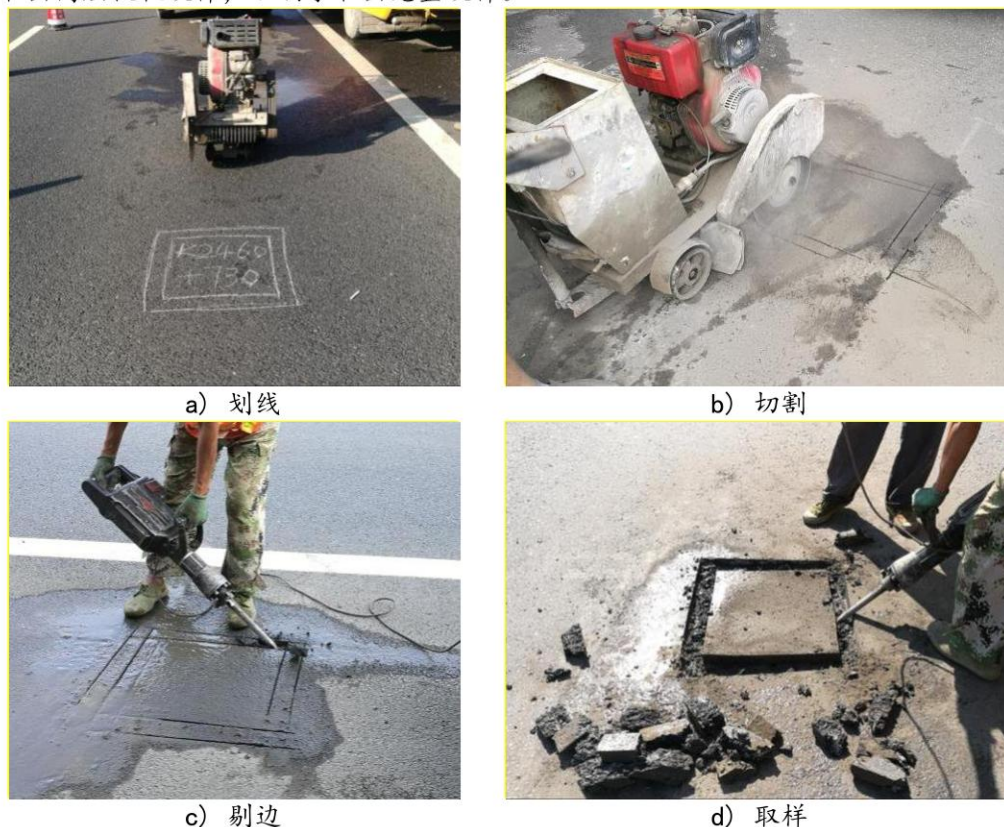


图 1 取板状块样示意图

A.2.3 取样完毕后，应及时修补取样处路面，保证行车安全。

A.3 取样位置

A.3.1 取样应有代表性，设计阶段在对既有路面调查的基础上，将旧沥青路面典型病害、施工及养护状况等划分为具有代表性的几类，不同类别分别取样，不同车道分别取样，当轮迹带与非轮迹带位置有明显差异时，应在同一段面上取不少于 2 处，进行综合分析。

A.3.2 施工单位应针对每个施工单元取板状块样。每个回收沥青指标试验约需 15kg 旧沥青混合料，配合比设计约需 150kg 旧沥青混合料。

附录 B
(规范性)
复拌再生 AC 沥青混合料配合比设计方法

B.1 一般规定

B.1.1 本方法适用于复拌再生 AC 沥青混合料的配合比设计，加铺再生的加铺层沥青混合料配合比设计应符合 JTG F40 的有关规定。

B.1.2 复拌再生混合料配合比分为目标配合比和生产配合比验证两个阶段。本文件采用马歇尔配合比设计方法，如采用其他方法设计沥青混合料时，应按本文件规定的马歇尔试验对各项配合比设计进行检验，并报告不同设计方法的试验结果，并经试验路验证后方可使用。

B.1.3 应先对既有路面技术状况和材料性能进行详尽的调查评价，并充分考虑既有路面的病害特点、沿线气候、交通量及组成等资料，有针对性地进行就地热再生沥青混合料的配合比设计。

B.1.4 按本方法设计的配合比作为就地热再生施工时的基准配合比，还应进行试验路验证，施工时应根据施工单元既有路面材料性能对再生剂、新加沥青等外掺材料掺量进行针对性调整。

B.2 既有路面材料性能试验

B.2.1 应按本文件附录 A 的有关规定取板状块样，取样应具有代表性。

B.2.2 测试不同位置的既有路面材料性能，包括沥青含量、级配，以及回收沥青的针入度、软化点及延度等。宜剔除指标变异大的材料，将其他位置材料混合，取混合后的材料做抽提筛分及回收沥青试验，或在试验段取样，进行材料性能试验，作为配合比设计的基准。

B.3 确定工程级配范围**B.3.1 就地热再生混合料类型的选择**

受就地热再生设备限制，新外掺沥青混合料掺量有限，难以大幅度调整既有路面混合料的级配，就地热再生混合料类型宜与既有路面相同。

B.3.2 矿料级配设计

a) 就地热再生混合料工程级配范围应根据交通等级、交通量及组成、既有路面混合料级配等因素综合确定，且符合 JTG F40 的有关要求，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。

b) 新掺沥青混合料的级配范围及掺加比例，应根据就地热再生层既有路面的矿料级配、再生沥青混合料类型及工程设计级配范围进行确定。新掺沥青混合料应能拌和均匀、不离析、不析漏，可存储、可施工。

c) 复拌再生一般需要掺加新沥青混合料，目的是调整级配及既有路面不平整等，但受标高及就地热再生拌合机拌和能力的限制，复拌再生新掺沥青混合料比例应小于 30%，一般不超过 20%。新沥青混合料的掺配率宜结合既有路面的车辙、沉陷变形及再生厚度确定。

B.4 确定再生剂及新加沥青**B.4.1 再生沥青技术指标的确定**

应充分考虑再生道路所在地区气候、交通量、几何线形、路面病害特点等因素综合确定再生沥青技术指标。四川省沥青路面使用性能气候分区为 1-4 或 2-4 的就地热再生项目可参考本文件选取，其他分区应经论证后确定再生沥青技术指标。

B.4.2 油石比偏低时，应添加新沥青，新沥青种类宜与既有路面相当，或根据既有路面的回收沥青性能、新沥青掺加比例，以及再生沥青技术指标等综合确定。

B.4.3 再生剂掺量的确定

a) 应优选再生剂，选择与老化沥青相容性好、渗透性优、耐老化的再生剂。

b) 应根据确定的再生沥青技术指标，确定再生剂掺量。既有路面取芯样或板状块样，宜先对既有路面的回收沥青进行薄膜烘箱老化，如模拟加热取样方法取样，可不进行老化。将再生剂按一定间隔的等差数列比例掺入旧沥青，测定再生沥青的针入度、软化点、延度等指标，绘制变化曲线，根据回收沥青性能的恢复情况确定参考掺量。如有新沥青，还应考虑新沥青的影响。

B.5 马歇尔试验及性能验证

B.5.1 成型马歇尔试件

- 适当增加成型试件，每个油石比的试件数量宜不少于 6 个。
- 旧料的加热温度宜与施工实际温度一致。
- 新掺沥青混合料的集料、沥青等温度控制参照 JTG F40 的有关要求执行，新改性沥青混合料的保温温度宜为 160~180℃，普通沥青混合料可适当降低 10~20℃。
- 再生沥青混合料的拌和、击实温度宜与施工实际温度一致。再生沥青混合料室内拌合温度宜为 130~150℃，试件击实温度宜为 120~140℃，成型时根据再生沥青类型、施工时气温、施工温度等综合确定。

e) 拌和过程宜与施工工序一致。先在拌和锅中先加入预热的旧料，干拌 10s，然后加入再生剂，预拌约 30s，新沥青（如需要）搅拌 30s，最后加入保温的新沥青混合料，搅拌约 90s。具体拌和时间可根据拌和机类型和功率调整。拌合应均匀，无花白料、无离析等。

B.5.2 应根据旧路面材料油石比、混合料类型及工程经验等，先预估再生沥青混合料油石比，然后分两种情况进行马歇尔试验。

a) 当再生层旧沥青混合料油石比偏低、老化严重需较大比例掺加再生剂，或体积指标与性能不匹配时，宜掺加新沥青。以预估再生沥青混合料的油石比为中值，以一定间隔采用 5 个新沥青用量。并结合再生剂参考掺量，在其附近取至少 3 个再生剂用量，进行再生混合料的马歇尔试验，并进行相应的性能验证。

b) 如无需单独添加新沥青，或通过新加沥青混合料可以调整油石比时，以再生剂的参考掺量为中值，在其附近取至少 3 个再生剂用量，进行再生混合料的马歇尔试验，并进行相应的性能验证。

B.5.3 体积指标计算

a) 再生沥青混合料的理论最大相对密度 γ_t 宜采用真空法实测。实测时应注意加强再生沥青混合料的分散，严格按照 JTG E20 中 T0711 的步骤操作。

b) 应采用表干法测试试件的毛体积相对密度 γ_f 和吸水率。

c) 以预估的最佳油石比拌和 2 组再生沥青混合料，利用真空法实测的理论最大相对密度，同时利用式(1)反算合成矿料的有效相对密度 γ_{se} ，由式(2)换算 γ_{sb} 。

$$\gamma_{se} = \frac{100 - p_b}{\frac{100}{\gamma_t} - \frac{p_b}{\gamma_b}} \quad (1)$$

$$\gamma_{sb} = 0.99 * \gamma_{se} \quad (2)$$

式中： γ_{se} ——合成矿料的有效相对密度；

γ_{sb} ——合成矿料的毛体积相对密度；

p_b ——试验采用的沥青用量（占混合料总量的百分数），（%）；

γ_t ——试验沥青用量条件下实测的理论最大相对密度，无量纲；

γ_b ——沥青的相对密度（25℃/25℃），无量纲。

d) 按式(3)、(4)、(5)计算沥青混合料试件的空隙率 VV、矿料间隙率 VMA、有效沥青的饱和度 VFA 等体积指标，取 1 位小数，进行体积组成分析。

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_t} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$VMA = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{sb}} \times p_s \right) \times 100 \quad (4)$$

$$VFA = \frac{VMA - VV}{VMA} \times 100 \quad (5)$$

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 ——试件的毛体积相对密度, 无量纲;
 γ_t ——沥青混合料的最大理论相对密度, 无量纲;
 P_s ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分率之和, 即 $P_s = 100 - P_b$, %;
 γ_{sb} ——矿料合成的毛体积相对密度, 按式(1)计算。

e) JTG F40 中计算新拌沥青混合料的矿料间隙率 VMA, 是利用矿料的合成毛体积相对密度。现有手段不易准确测试各档集料特别是细集料的毛体积相对密度。本文件利用真空法实测的理论最大相对密度反算矿料的有效相对密度, 鉴于就地热再生旧沥青掺配率在 90%左右, 如果直接将有效相对密度代替矿料的合成毛体积相对密度, 将产生较大偏差, 因此宜进行修正, 修正系数 0.99 是由四川省表面层常用集料、吸水率等综合确定的。

B.5.4 进行马歇尔试验, 测定马歇尔稳定度及流值。

B.5.5 再生沥青混合料最佳油石比的确定

再生沥青混合料最佳油石比的确定方法与评定标准和 JTG F40 中普通热拌混合料的有关规定一致, 应参照执行。

B.5.6 再生沥青混合料性能检验

按照本文件及 JTG F40 规定的方法进行高温稳定性、水稳定性、低温抗裂性能检验。配合比设计检验按计算确定的设计最佳油石比在标准条件下进行。如果性能检验不满足上述规范要求时, 应重新进行再生沥青混合料配合比设计, 直至再生沥青混合料性能指标全部满足要求。

B.6 再生沥青混合料配合比验证

铺筑试验路时, 应取样回收沥青并检测其性能、测试油石比和级配, 并进行马歇尔各项指标、车辙动稳定度、浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度、低温弯曲等试验, 验证是否满足设计和规范要求。如果经试验路检验, 发现再生沥青混合料存在问题, 应分析原因并予以修正, 直至满足设计和规范要求, 再生沥青混合料配合比设计才算完成, 才能进行规模化施工。

附录 C
(规范性)
复拌再生 SMA 混合料配合比设计方法

C.1 一般规定

C.1.1 本方法适用于复拌再生 SMA 沥青混合料的配合比设计。

C.1.2 SMA 沥青混合料再生后宜保持混合料类型不变。

C.1.3 除本方法另有规定外，应遵照附录 B 的规定执行。

C.2 既有路面材料性能试验

既有路面材料性能参照 B.2 执行。

C.3 外掺新沥青混合料原材料

C.3.1 沥青应采用改性沥青，集料、矿粉、外掺剂等应符合 JTG F40，高速公路尚应符合 DB51/T 2602 的要求。

C.3.2 纤维

- a) 纤维应采用木质素纤维，选用原则符合本文件 8.5 有关要求，
- b) 应根据对既有路面 SMA 中纤维的分析结果，确定新掺纤维用量，不宜过大，以免影响拌和均匀性。
- c) 宜先添加到新掺沥青混合料，再最终添加到再生沥青混合料。

C.4 设计矿料级配的确定

C.4.1 SMA 沥青混合料的工程设计级配范围宜符合本文件 8.6 的要求。

C.4.2 公称最大粒径等于或小于 9.5mm 的 SMA 混合料，以 2.36 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。

C.4.3 根据既有路面矿料级配，在工程级配范围内，调整新料比例设计不同粗细的初试级配，检验再生混合料是否符合 $VCA_{min} < VCA_{DRC}$ ，选取符合要求的一组新料级配作为设计级配。

C.5 马歇尔试验及性能验证

C.5.1 就地热再生 SMA 沥青混合料的拌和过程宜与施工工序一致，拌和顺序同 B.5.1。新沥青混合料先拌和好，并在烘箱中保温，保温温度为 160~180℃；旧料的加热温度宜为 140~160℃，在拌和锅中先加入预热的旧料，然后加入再生剂，预拌约 30s，新沥青（如需要）搅拌 30s，最后加入保温的新沥青混合料，搅拌约 90s。具体拌和时间可根据拌和机类型和功率调整。

C.5.2 马歇尔试验参照本文件 8.6、B.5 及 JTG F40 的要求确定最佳油石比。

C.5.3 SMA 再生沥青混合料的性能检验参照 8.6 及 B.5.6 执行。

C.6 SMA 再生沥青混合料配合比验证

SMA 再生沥青混合料配合比验证参照 8.6 及 B.6 执行。