

### 沥青路面就地热再生施工技术指南

Technical Guidelines for Geothermal Recycling of Asphalt Pavements

2025 - 04 - 11 发布

2025 - 07 - 10 实施

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	2
5 材料技术要求.....	2
6 再生层结构设计.....	4
7 配合比设计.....	6
8 施工.....	9
9 质量管理与验收.....	11
附录 A（规范性）沥青混合料回收料（RAP）取样与试验方法.....	14

## 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。

本文件代替DB 14/T 1721—2018《沥青路面就地热再生施工技术指南》，与DB 14/T 1721—2018相比，主要技术变化如下：

- 删除了 2 个“术语和定义”（2018 年版的 3.5、3.6）；
- 更改了 7 个“术语和定义”（见 3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.8，2018 年版的 3.1、3.2、3.3、3.4、3.7、3.8、3.9）；
- 增加了 4 个“术语和定义”（见 3.7、3.9、3.10、3.11）；
- 增加了“缩略语”章（见第 4 章）；
- 删除了“适用条件”（见 2018 年版的第 4 章）；
- 将“材料要求”更改为“材料技术要求”，并将 2018 年版的有关内容更改后纳入（见第 5 章，2018 年版的第 6 章）；
- 更改了“沥青混合料回收料（RAP）检测项目”（见表 2，2018 年版的表 2）；
- 更改了“材料技术要求”中集料的具体要求（见 5.5，2018 年版的 6.4）；
- 将“施工前准备”更改为“再生层结构设计”，并将 2018 年版的有关内容更改后纳入（见第 6 章，2018年版的第 5 章）；
- 更改了“历史资料调查”、“路面使用状况调查”、“原沥青面层材料调查”、“交通及环境调查”、“原路面调查”、“综合评价”为“原路面调查”、“再生方式选择”，明确了就地热再生适用条件、不同PCI就地热再生适用再生工艺等（见 6.2、6.3、6.4，2018 年版的 5.2、5.3、5.4、5.5、5.6、5.7）；
- 将“就地热再生沥青混合料配合比设计”更改为“配合比设计”，并将 2018 年版的有关内容更改后纳入（见第 7 章，2018 年版的第 7 章）；
- 更改了再生沥青混合料设计流程（见图1，2018 年版的图1、图2）；
- 增加了目标配合比设计详细方法（见 7.3）；
- 增加了生产配合比设计方法（见 7.4）；
- 增加了生产配合比验证中推荐碾压工艺方法（见 7.5.1.3）；
- 将“施工工艺”更改为“施工”，并将 2018 年版的有关内容更改后纳入（见第 8 章，2018 年版的第 7 章）；
- 更改了“设备要求”及“施工准备”内容（见 8.3、8.4，2018 年版的 8.3、8.4）；
- 增加了“加热”、“翻松”、“喷洒沥青再生剂、新沥青”、“添加新沥青混合料”节（见 8.5、8.6、8.7、8.8）；
- 更改了摊铺温度要求（见 8.6，2018 年版的 8.6）；
- 增加了“接缝处理”节（见 8.8）；
- 增加了“就地热再生沥青混合料施工过程中质量控制标准”（见表6）；
- 更改了“就地热再生沥青混合料施工过程中工程质量控制标准”（见表7，2018 年版的表4）；
- 增加了“验收”节（见 9.3）；
- 删除了“安全环保与文明施工”章（2018 年版的第 10 章）；
- 删除了“附录B”、“附录C”（2018 年版的附录B，附录C）；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通科技研发有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司、山西交科公路勘察设计院有限公司、黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室、山西省交通规划勘察设计院有限公司、山西交控科技转化有限公司、喜跃发国际环保新材料股份有限公司。

本文件主要起草人：王瑞林、孔繁盛、金芳、张艳聪、成志强、张永杰、吕子龙、刘小强、刘少文、王国安、高学凯、郝文斌、牛彦峰、李亚龙、李智慧、刘艳强、李赟骁、郝晋高、畅晓钰、贺文栋、王慧、吴喜荣、张昊、和磊。

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

——2018年10月1日首次发布；

——本次为第一次修订。

# 沥青路面就地热再生施工技术指南

## 1 范围

本文件规定了沥青路面就地热再生的材料技术要求、再生层结构设计、配合比设计、施工、质量管理与验收等要求。

本文件适用于二级及以上公路沥青路面面层养护工程设计、施工及检查验收，其他道路可参照使用。

## 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。

JTG 3432 公路工程集料试验规程  
 JTG 3450 公路路基路面现场测试规程  
 JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程  
 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 5521 公路沥青路面再生技术规范  
 JT/T 860.4 沥青混合料改性添加剂 第4部分：抗剥落剂  
 DB 14/T 160 公路改性沥青路面施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 沥青混合料回收料（RAP）

采用就地加热翻松、开挖等方式从既有沥青路面（层）上获得的旧沥青混合料。

### 3.2

#### 沥青再生剂

掺加至沥青混合料回收料（RAP）中，用于恢复已老化沥青性能的添加剂。

### 3.3

#### 再生沥青

沥青混合料回收料（RAP）经加热、翻松后，添加沥青再生剂，经拌和改善既有沥青老化性能的混合物。

### 3.4

#### 再生沥青混合料级配

加热、翻松后的沥青混合料回收料（RAP）矿料级配与新矿料的合成级配。

### 3.5

#### 再生混合料

沥青混合料回收料（RAP）经加热、翻松后，添加沥青再生剂、新沥青（需要时）、新沥青混合料（需要时），经拌和改善沥青混合料回收料（RAP）老化性能的混合料。

### 3.6

#### 新沥青混合料

用于恢复沥青混合料回收料（RAP）性能所添加的粗细集料、矿粉、新沥青、外加剂等拌和的沥青混合料。

### 3.7

#### 再生层

原沥青路面实施就地热再生翻松、再生的路面结构层。

### 3.8

#### 就地热再生

采用专用设备对既有沥青路面加热、翻松，掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青（需要时）、新沥青混合料（需要时）等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，实现既有沥青路面面层再生的技术。就地热再生工艺类型分为复拌再生、整形加铺再生和复拌加铺再生。

### 3.9

#### 复拌再生

将既有沥青路面加热，翻松并同时掺加一定数量的沥青再生剂、新沥青（需要时），在翻松沥青混合料料垄上布设新沥青混合料，提温拌和、摊铺、碾压成型。

### 3.10

#### 整形加铺再生

当沥青混合料回收料（RAP）级配不需要改善时，将既有沥青路面加热、翻松并同时掺加一定数量的沥青再生剂、新沥青（需要时），回收、提温拌和形成再生沥青混合料，利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生沥青混合料，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沥青混合料之上，两层一次碾压成型。

### 3.11

#### 复拌加铺再生

当沥青混合料回收料（RAP）级配需要改善时，将既有沥青路面加热、翻松并同时掺加一定数量的沥青再生剂、新沥青（需要时），在翻松沥青混合料料垄上布设新沥青混合料，回收、提温拌和形成再生沥青混合料，利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生沥青混合料，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沥青混合料之上，两层一次碾压成型。该工艺相对整形加铺再生，再生混合料中添加了调整再生混合料级配的新沥青混合料。

### 3.12

#### 二级加热翻松工艺

在对既有沥青路面加热、翻松、提温、回收拌和后，再次对下承层进行加热、翻松、提温、回收拌和，两层混合料一同摊铺、碾压成型。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PSSI: 路面结构强度指数 (Pavement Structure Strength Index)

PCI: 路面损坏状况指数 (Pavement Surface Condition Index)

RQI: 路面行驶质量指数 (Pavement Riding Quality Index)

## 5 材料技术要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 就地热再生混合料中新添加的矿料应满足 JTG F40 的技术要求。

5.1.2 用于整形加铺、复拌加铺再生中加铺层的沥青混合料，应满足 JTG F40 的技术要求。

5.1.3 各掺加材料进场前应检测，并满足 JTG F40 及本章的技术要求。

### 5.2 新沥青

5.2.1 再生混合料中添加的道路石油沥青、改性沥青等级宜与既有路面建设时采用的沥青等级相同，且应符合现行 JTG F40 的有关规定。

5.2.2 整形加铺再生、复拌加铺再生中加铺层的沥青等级及技术要求应符合 JTG F40 的有关规定。

### 5.3 沥青再生剂

5.3.1 沥青再生剂的选用应综合考虑与沥青混合料回收料（RAP）中沥青的配伍性、老化程度、再生沥青的耐老化性能等，经试验确定适宜的沥青再生剂。

5.3.2 沥青再生剂性能应符合表1的规定。

表1 沥青再生剂性能要求

检验项目	技术要求							试验方法
	RA-0	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	RA-250	RA-500	
60℃粘度 Pa·s	10~49	50~175	176~900	901~4500	4501~ 12500	12501~ 37500	37501~ 60000	JTG E20—2011 中 T0620
闪点/℃	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	JTG E20—2011 中 T0611
饱和分含量/%	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	JTG E20—2011 中 T0618
芳香分含量/%	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	JTG E20—2011 中 T0618
薄膜烘箱试验前 后粘度比 后/前 <sup>a</sup>	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	JTG E20—2011 中 T0619
薄膜烘箱试验前 后质量变化/%	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	JTG E20—2011 中 T0609/T0610
15℃密度 g/cm <sup>3</sup>	≤1.1, ≥0.9	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	JTG E20—2011 中 T0603
<sup>a</sup> 薄膜烘箱试验前后黏度比为试样薄膜烘箱试验后黏度与试样薄膜烘箱试验前黏度的比值								

5.3.3 沥青再生剂应储存在密闭的容器中。

#### 5.4 其它添加剂

5.4.1 抗剥落剂用于就地热再生黏附性不足的集料。根据工程特点需要添加的剥落剂，应符合 JT/T 860.4 的有关规定。

5.4.2 温拌剂用于高速公路及一级公路气温为 10℃~15℃的就地热再生施工、二级公路气温为 5℃~10℃的就地热再生施工，以及靠近城市等空气环保有特殊要求的地区。添加温拌剂可降低就地热再生过程的沥青烟等有害物质的排放。当就地热再生使用温拌剂时，原路面的加热、翻松温度与不添加温拌剂时相同。温拌剂的用量应依据温拌剂厂家技术要求和室内试验确定，添加方式应根据温拌剂类型确定或按厂家推荐方式添加。

5.4.3 纤维用于下承层有轻微裂缝、桥面挠度较大或低温抗裂有明确要求的段落。根据工程特点需要添加的纤维，应符合现行 JTG F40 的有关规定。

#### 5.5 集料

新添加的细集料宜采用 0 mm~3 mm 细集料，选用碱性石料生产，0.075 mm 通过率应不大于 12%。

#### 5.6 沥青混合料回收料（RAP）

5.6.1 沥青混合料回收料（RAP）应符合表 2 技术要求。

5.6.2 回收集料中粗集料物理、力学性能指标不符合表 2 的要求时，掺加一定数量的新集料，符合表 2 时可用于就地热再生施工。

表2 沥青混合料回收料（RAP）检测项目

材料类型	试验参数		技术要求	试验方法
再生厚度 范围内沥 青混合料 回收料 (RAP)	回收沥青	沥青含量/%	≥3.8	JTG E20—2011 中 T0722 或 T0735

表2 沥青混合料回收料（RAP）检测项目（续）

材料类型		试验参数		技术要求		试验方法	
再生厚度 范围内沥 青混合料 回收料 (RAP)	回收沥青	25 °C 针入度 0.1 mm	≥20		按附录 A 回收沥 青, 按 JTG E20— 2011 中 T0604 试验		
	回收集料 <sup>a</sup>	最大颗粒粒径 mm	≤设计级配允许 的最大粒径		JTG 3432—2024 中 T0302		
		压碎值/%	表面层	≤26 (高速、一级公路) ≤30 (二级公路)		JTG 3432—2024 中 T0316	
			其它层次	≤28 (高速、一级公路) ≤30 (二级公路)			
		磨光值/%	表面层	≤42 (潮湿区 <sup>b</sup> ) ≤40 (湿润区 <sup>b</sup> ) ≤38 (半干区 <sup>b</sup> ) ≤36 (干旱区 <sup>b</sup> )		JTG 3432—2024 中 T0321	
回收集料级配	实测		JTG 3432—2024 中 T0302				
<sup>a</sup> 对于燃烧法不会对石质产生破坏的材料, 可用燃烧法替代抽提法获得粗细集料用于检测。 <sup>b</sup> 潮湿区、湿润区、半干区、干旱区的分区准则见 JTG F40 中附录 A 的规定。							

## 6 再生层结构设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 就地热再生沥青路面结构设计应符合 JTG D50 的有关规定。就地热再生混合料的路面结构设计参数应按 JTG/T 5521 有关规定执行。
- 6.1.2 根据沥青路面的病害特点、病害成因、病害层位及病害治理目标, 并根据当地气候、交通条件、工程经济成本等, 确定就地热再生工艺类型。
- 6.1.3 就地热再生适用的原路面沥青为普通沥青、SBS 改性沥青或抗车辙剂改性沥青。就地热再生技术适用的原路面沥青混合料类型为密级配沥青混合料(AC)、沥青马蹄脂碎石(SMA)。
- 6.1.4 对于其它类型原路面沥青混合料, 沥青混合料回收料(RAP)应满足本文件 RAP 检测项目技术要求, 同时再生混合料应满足本文件再生混合料摊铺、碾压、施工过程质量控制技术要求。

### 6.2 原路面调查

- 6.2.1 基础数据收集应包括以下内容:
- 基础数据, 包括公路等级、设计标准、原路面结构和材料类型等;
  - 路段沿线环境条件;
  - 交通状况信息, 包括历年交通量、轴载组成情况等;
  - 养护管理数据, 包括养护历史、近 5 年的路况检测数据等。
- 6.2.2 路况检测应包括以下内容:
- 路面结构强度检测, 计算路面结构强度指标(PSSI);
  - 宜采用自动化设备与人工相结合的方式检测路面表面状况, 计算路面损坏状况指数(PCI)、路面行驶质量指数(RQI)等。
- 6.2.3 路面内部结构状况调查, 包括结构损坏类型、病害层位、病害严重程度、层间黏结状况、结构层材料性能指标等, 可通过探坑开挖、钻芯取样等方法检查。
- 6.2.4 对拟就地热再生段落原路面材料应按照附录 A 的方法取样, 并按照表 2 检测项目及技术要求开展性能测试。原路面材料的性能测试应符合以下要求:
- 应对每一个代表性施工段落开展原路面材料的性能测试;
  - 路面病害主要存在于沥青路面上面层, 可只对沥青路面上面层材料性能测试, 若路面病害较为严重, 则应根据实际情况对沥青路面的上面层、中面层、下面层材料分别开展性能测试。

### 6.3 再生方式选择

6.3.1 采用就地热再生工艺，符合以下条件：

- a) 采用一级加热翻松工艺就地热再生深度宜为 20 mm~60 mm，再生深度超过 60 mm 时，应采用二级加热翻松工艺；
- b) 拟就地热再生的沥青路段 PSSI、RQI、PCI 测试结果应符合表 3 的适用条件。

表3 就地热再生适用条件

指标	技术要求	
	高速、一级公路	二级公路
PSSI	≥80	
RQI	≥80	≥75
PCI	≥65	
原路面沥青层厚度	不小于再生深度加 30 mm	
再生深度范围 内沥青混合料	沥青 25 °C 针入度/ (0.1 mm)	≥20
	沥青含量/%	≥3.8
路面病害波及范围	主要集中在再生深度范围内	
最大粒径	不大于设计级配允许的最大粒径	

6.3.2 就地热再生沥青路面段落 PCI 值对应的再生方式应满足表 4 的技术要求,同时对拟再生的段落采用探坑开挖法、钻芯取样法、探地雷达法检测代表性路面损坏的区域,确定病害主要集中的再生深度范围,如局部病害超过再生范围,按 7.3.5 条的方式处治后再实施就地热再生施工。

表4 不同 PCI 就地热再生适用再生工艺

指标	适用工艺	
	复拌再生	整形加铺再生/复拌加铺再生
PCI	≥75	≥65, <75

6.3.3 依据病害类型及程度,不同再生方式宜满足表 5 技术要求。

表5 不同就地热再生工艺适用的病害类型

路面病害类型	适用工艺	
	复拌再生	整形加铺再生/复拌加铺再生
裂缝	√ √ √	√ √
车辙	√ √ √	√
拥包、泛油	√ √ √	√
平整度差	√ √ √	√ √
渗水	√ √ √	√ √
松散、剥落、坑槽、修补	√ √	√ √ √

注：代表适合度，√越多，表示该再生工艺越适合。

## 6.4 再生层结构设计方法

6.4.1 当路况检测及路况调查结果满足表 3，且路面结构强度指数（PSSI）值超过 80 较多时，就地热再生路面结构依据条 6.3.2 及条 6.3.3 设计。

6.4.2 当路况检测及路况调查结果满足表 3，且路面结构强度指数（PSSI）值接近 80 或拟提高路面结构强度时，路面再生结构设计为整形加铺再生或复拌加铺再生，以上两种再生方式依据沥青混合料回收料（RAP）的级配是否需要调整决定。

6.4.3 各设计单元的就地热再生养护设计方案宜按 JTG D50 中的方法进行结构厚度验算。

6.4.4 既有路面结构的设计参数应根据室内外试验检测结果确定，新铺各结构层参数可借鉴已有的试验资料或工程经验确定。

## 7 配合比设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 再生沥青混合料配合比设计方法宜采用马歇尔设计法，基本流程遵循 JTG F40 配合比设计要求，也可采用如 SUPERPAVE 设计法等其他的混合料设计方法，按本标准指标检验。

7.1.2 就地热再生混合料应以沥青混合料回收料 (RAP) 中的回收矿料与新矿料的合成级配作为级配设计结果。

7.1.3 就地热再生混合料设计指标、路用性能指标应符合 JTG F40 中相应热拌沥青混合料类型的技术要求。

7.1.4 复拌加铺再生、整形加铺再生加铺层级配、混合料体积指标、路用性能指标应符合 JTG F40 的技术要求。

### 7.2 目标配合比设计

#### 7.2.1 设计流程

7.2.1.1 整形加铺再生中的整形层、复拌再生及复拌加铺再生中的复拌层沥青混合料目标配合比设计应按照本设计方法及流程图 1 进行。

7.2.1.2 再生层混合料矿料级配应满足确定的工程设计级配范围,且应用整形加铺再生时,可省略矿料级配设计。

7.2.1.3 加铺层混合料目标配合比设计应按照 JTG F40 的技术要求设计。

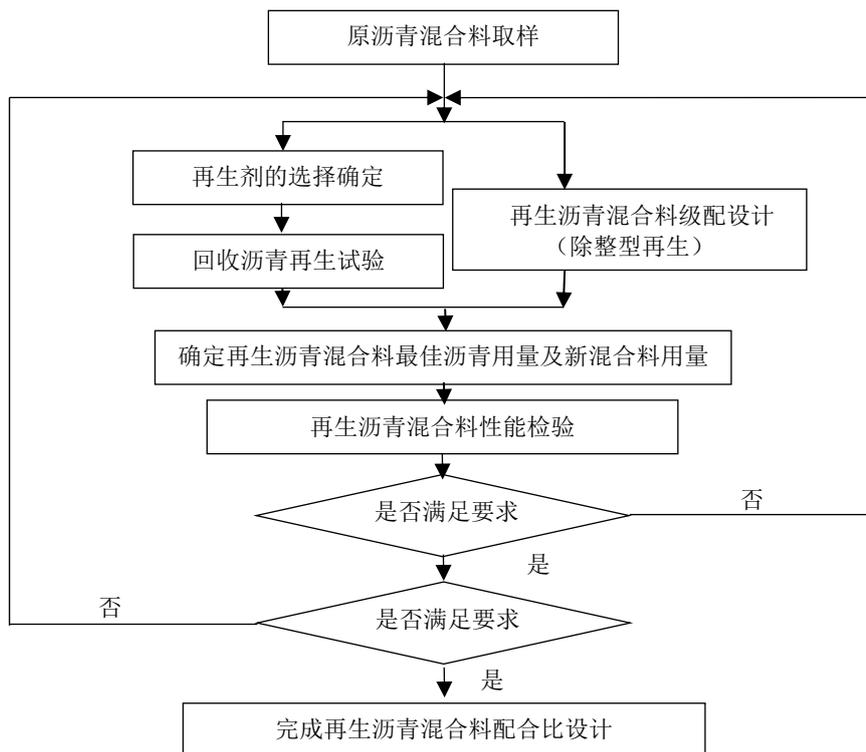


图1 再生沥青混合料目标配合比设计流程

#### 7.2.2 沥青混合料回收料 (RAP) 评价

测定沥青混合料回收料 (RAP) 中矿料级配组成、沥青用量、回收沥青的 25 °C 针入度、60 °C 黏度、软化点、15 °C 延度指标。试验方法按附录 A 进行。

#### 7.2.3 确定工程设计级配范围

7.2.3.1 应根据交通等级、工程特点、气候环境等因素，通过对周边相近工程使用情况进行调查研究，确定工程设计级配范围。

7.2.3.2 再生沥青混合料级配类型宜与沥青混合料回收料（RAP）级配类型保持一致。如沥青混合料回收料（RAP）矿料级配或混合料性能已不符合现行规范的要求，或根据再生工程实际需要，需对级配进行大幅度调整时，可根据实际情况，调整再生沥青混合料的级配类型及设计级配范围。

7.2.3.3 经确定的工程设计级配范围是配合比设计的依据，不得随便变更。

#### 7.2.4 矿料级配设计

7.2.4.1 根据沥青混合料回收料（RAP）的矿料级配及设计级配范围，通过沥青混合料回收料（RAP）矿料、新集料和矿粉的级配合成，确定新集料及矿粉用量，各档新集料及矿粉合成的级配即为新矿料级配。

7.2.4.2 根据再生现场病害类型，适当调整合成级配，以满足再生沥青混合料性能要求。

#### 7.2.5 确定再生剂用量

7.2.5.1 沥青再生剂的选用原则按 5.3 节进行。

7.2.5.2 室内试验确定沥青再生剂用量按以下流程进行：

- a) 回收沥青混合料回收料（RAP）中旧沥青的方法应采用 JTG E20 中 T0726 阿布森法及附录 A 中要求完成。
- b) 测定回收旧沥青的 25 °C 针入度等指标，判断是否符合就地热再生要求。
- c) 充分考虑再生路面的气候、交通特点、层位、纵横坡、超高等因素，确定再生沥青的目标等级，可采用该地区及该层位使用的新沥青降低一个等级作为再生沥青的目标等级。
- d) 根据再生沥青目标等级，向回收沥青中掺加一定间隔等差数列比例的沥青再生剂，并测定再生沥青的性能；根据目标粘度（想要达到的沥青等级的粘度指标），预估沥青再生剂的类型及剂量，同时还可以根据粘度值，选择配伍性较好的沥青再生剂。
- e) 再生沥青评价指标主要为针入度、软化点、延度等。通过技术经济比选后获得的沥青再生剂掺配比例。
- f) 在满足再生沥青技术指标的前提下，宜少用沥青再生剂。如需掺加新沥青，新沥青的等级可选择现行 JTG F40 中规定该地区的新沥青等级；当选择掺加高等级的新沥青时，可适当减少沥青再生剂的用量。掺加的新沥青技术指标必须符合现行 JTG F40 的规定。

#### 7.2.6 马歇尔试验

7.2.6.1 预估再生沥青混合料的沥青用量，以此为中值，以 0.3%~0.5% 为间隔，选取 5 个不同沥青用量的再生沥青混合料进行马歇尔试验。

7.2.6.2 室内马歇尔试验的温度控制应符合表 6 的规定。室内沥青混合料回收料（RAP）加热时间不宜超过 2 h。

表6 再生沥青混合料（RAM）室内马歇尔试验温度

项目	普通沥青	改性沥青
新集料加热温度/°C	170~180	180~190
沥青混合料回收料（RAP）加热温度/°C	135~145	145~155
新沥青加热温度/°C	155~165	165~175
击实成型温度/°C	130~150	140~160

7.2.6.3 再生沥青混合料每个沥青用量马歇尔试验试件不少于 6 个。

7.2.6.4 再生沥青混合料的拌和过程应与施工工序保持一致。以预估最小沥青用量扣除沥青混合料回收料（RAP）中沥青用量作为新沥青混合料中沥青用量拌和新沥青混合料，拌和后先在烘箱中保温，保温温度为击实成型温度上限提高 10 °C，保温时间不超过 30 min。在拌和锅中加入沥青混合料回收料（RAP），加热至 135 °C~145 °C，加入设计用量的沥青再生剂（常温），预拌 20 s~30 s，最后加入保温的新沥青混合料及阶梯增加的沥青用量，拌和 90 s。

7.2.6.5 用于计算合成毛体积密度等参数时,应采取燃烧法对沥青混合料回收料(RAP)开展燃烧试验,燃烧后的集料分为粗细集料,当作两档集料测定毛体积相对密度、表观相对密度。

7.2.6.6 应按 JTG E20 的方法测试试件的毛体积相对密度、吸水率、理论最大相对密度,测试再生沥青混合料马歇尔稳定性和流值。

### 7.2.7 确定最佳沥青用量

7.2.7.1 再生沥青混合料中沥青用量为原沥青、沥青再生剂、新沥青质量之和与沥青混合料回收料(RAP)、沥青再生剂、新沥青混合料质量之和的比值。去除施工过程中独立添加的新沥青外,新沥青与新沥青、新集料、矿粉的质量比为新沥青混合料的沥青用量。

7.2.7.2 复拌再生沥青混合料最佳沥青用量按 JTG F40 热拌沥青混合料沥青用量算法计算,最后提供沥青混合料回收料(RAP)与新沥青混合料的质量比、新沥青混合料的各档集料与矿粉比例、新沥青混合料沥青用量及再生剂掺配比例、直接添加的新沥青用量(如设计有)。

7.2.7.3 新沥青混合料应避免出现沥青过多而导致沥青流淌和离析等现象。新沥青由于用量过多无法随同新沥青混合料加入时,可将多出的部分作为添加剂在再生施工中单独添加。

### 7.2.8 配合比设计检验

配合比设计应检验再生混合料的路用性能,试验结果应满足现行 JTG F40 中相应热拌沥青混合料类型的技术要求。

### 7.2.9 配合比设计报告

应按 JTG F40 的配合比报告编制要求编写。

## 7.3 生产配合比设计

7.3.1 就地热再生沥青混合料的生产配合比设计为新沥青混合料设计,新沥青混合料应按现行 JTG F40 中的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及沥青用量。

7.3.2 复拌加铺再生、整形加铺再生中加铺层混合料生产配合比设计应采用 JTG F40 的设计方法设计。

## 7.4 生产配合比验证

7.4.1 就地热再生沥青混合料的性能应经过试验段检验,试验段铺筑按第 8 章设备、材料、工艺等要求施工。

### 7.4.2 试验段铺筑

7.4.2.1 通过铺筑就地热再生试验段,确定施工设备配置和工艺参数。

7.4.2.2 就地热再生试验段的长度应不小于 200 m。

7.4.2.3 单车道试验段宜采用 2 种压实工艺比选后确定,以下工艺可作为试验段压实工艺的一种。多车道试验段可依据以下工艺类推。

a) AC 类沥青混合料初压采用 1 台双钢轮压路机前静后振碾压 1 遍,复压采用 1 台轮胎压路机碾压 4~6 遍,终压采用 1 台双钢轮压路机振压 2 遍、静压 2 遍。

b) SMA 类沥青混合料初压采用 1 台双钢轮压路机碾压 4 遍,第 1 遍为前静后振碾压,后 3 遍为振动碾压,复压采用 1 台双钢轮压路机振动碾压 5 遍,终压采用 1 台双钢轮压路机静压 2 遍。

7.4.2.4 就地热再生铺筑试验段,应检验施工工艺、质量控制、施工管理、施工安全等方面。通过试验段完成以下工作:

a) 检验再生设备的性能应满足就地热再生施工要求;

b) 确定加热设备组合、加热时间以及加热温度;

c) 确定再生设备合理施工速度以及摊铺碾压等工艺参数;

d) 验证混合料配合比设计,确定沥青再生剂、新沥青、添加剂以及新沥青混合料的合理添加量及添加工艺,确定最终的施工配合比;

e) 根据施工配合比,确定施工用的级配控制范围;

f) 确定再生混合料的松铺系数;

g) 检验质量控制方案的合理性。

### 7.4.3 试验段检测

- a) 试验段检测再生沥青混合料性能的指标包括：再生沥青混合料的级配、沥青用量、混合料体积指标、动稳定度、浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度比、低温弯曲应变等；现场检测指标包括：平整度、压实度、厚度、渗水系数等。
- b) 各项性能指标应符合 JTG F40 热拌沥青混合料、本文件表 7、本文件表 8 及设计文件要求。

## 8 施工

### 8.1 一般规定

沥青路面就地热再生施工符合下列规定：

- a) 不应在雨天施工；
- b) 就地热再生不宜在 5 级风以上条件下施工，不宜在路面潮湿情况下施工；
- c) 高速公路、一级公路就地热再生施工气温不得低于 15 °C，二级公路施工气温不应低于 10 °C。

### 8.2 施工组织

8.2.1 就地热再生施工应制定合理的施工组织方案，包括具体的工程量、施工工期、就地热再生施工实施方案、交通组织方案、现场设备管理及人员分工方案等。

8.2.2 施工前应做好施工信息的发布，根据作业面的长度，提前与相关部门协商，提前设置各类标志标牌等交通安全设施，由专人执勤管制，同时做好交通组织及应急预案。

8.2.3 依据再生作业段落位置及公路出入口位置，对左、右幅再生段落先后次序排序，编制设备调用方案，提升再生效率。

### 8.3 施工准备

8.3.1 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、管线、路缘石、加油（气）站、两侧的绿化设施等提前采取隔离措施。

8.3.2 路面施工前应采取必要的防御措施防止施工中的燃料、油、沥青、化学物质、污水、废料和垃圾等有害物质对河流、湖泊、池塘和水库的污染。

8.3.3 应彻底清扫路面，避免杂物混入混合料内。

8.3.4 原路面特殊部位预处理符合以下要求：

- a) 宜用铣刨机沿行车方向将伸缩缝前端铣刨 1 m~2 m，后端铣刨 2 m~5 m，深度 30 mm~50 mm，再生施工时应采用新沥青混合料或再生沥青混合料铺筑；
- b) 原路面上的突起路标、灌缝胶应清除；
- c) 原路面上较厚的热熔型标线应在施工前提前铣刨，已磨损到不太明显的标线可不清除；
- d) 桥梁伸缩缝应采用隔热板保护；
- e) 对影响就地热再生施工的其他障碍物，施工前应将其移除或重新布设，施工后恢复。

8.3.5 施工前应对就地热再生无法修复的路面病害进行预处理，符合以下要求：

- a) 破损松散类病害：破损松散类病害的深度超过就地热再生施工深度时，应予挖补；
- b) 变形类病害：根据再生设备的不同，变形深度为 30 mm~60 mm 时，再生前应预先铣刨处理；
- c) 裂缝类病害：对于单条横向裂缝，宽度不大于 5 mm 时，可以不处理；对于宽度大于 5 mm 或多条集中或出现分岔、边缘沉陷的横向裂缝，应进行深层预先处理。根据裂缝的发展程度，将沥青面层分层呈阶梯状铣刨后粘贴防裂贴，再用新沥青混合料分层回填、压实。

### 8.4 设备要求

8.4.1 预热机应选择对原路面沥青二次老化程度小、废气排放少、加热效率高的加热设备。预热机应具备加热能力自动控制功能，能实时显示加热温度，且温度控制准确度为±4%，同时具有行驶速度可调、可显示的功能。

8.4.2 翻松机应采用对被翻松混合料中集料损伤小的耙松器，最大翻松宽度应不小于 4 m，可无极变宽；翻松装置应带有深度自动控制系统，翻松深度应不超过设定值±3 mm。沥青再生剂喷洒装置应根据再生宽度、再生深度、工作行驶速度、添加比例等参数，自动控制计量，喷洒计量精度不超过设定值±2%。

8.4.3 提温机应采用热风循环或红外加热方式加热，将集拢后的路面沥青混合料回收料（RAP）摊平、加热、再集拢，提高沥青混合料回收料（RAP）的加热、拌合均匀性。为保证提温效果，再生料提温机最大加热长度应不小于 6 m，最大加热宽度应不小于 4 m，提温效果应不小于 15 ℃。

8.4.4 摊铺机选用应依据摊铺类型确定，复拌再生工艺采用单层摊铺机，复拌加铺再生、整形加铺再生应采用双层摊铺一体机，实现再生层与加铺层同步摊铺、同步碾压。

## 8.5 加热

8.5.1 就地热再生加热设备应包括不少于 3 台预热机和 1 台提温机。采用 3 台预热机对沥青路面加热，利用“加热、间歇、加热、间歇、加热、间歇”的阶梯式方式加热。综合考虑路面材料类型、环境温度等，确定预热机数量、行走速度、预热机间的间距，预热机之间间隔宜为 1m。

8.5.2 翻松前路表温度、翻松后裸露面的温度应满足表 8 的要求。

8.5.3 加热深度不小于设计深度；且翻松时不应有集料破碎面；加热温度不应超出表 8 的要求，以免造成原路面沥青过度老化。

8.5.4 加热宽度应大于再生宽度两侧各 200 mm。

8.5.5 纵缝搭接处，加热宽度应超过搭接边线 150 mm~200 mm。

## 8.6 翻松

8.6.1 预热机和翻松机最大间距不宜超过 2 m。

8.6.2 翻松过程应尽量减少集料破碎。

8.6.3 保证再生过程中无夹层。

8.6.4 施工过程中每 200 m 进行再生深度的检测，深度波动范围应在±3 mm 之内。

## 8.7 喷洒沥青再生剂、新沥青

8.7.1 沥青再生剂、新沥青应加热至厂家要求温度或不影响质量的最高温度，以提高沥青再生剂、新沥青的流动性与原沥青的混合。

8.7.2 沥青再生剂、新沥青应与翻松装置同步工作，翻松的同时即可完成沥青再生剂、新沥青与沥青混合料回收料（RAP）的第一次初步拌和。

8.7.3 沥青再生剂、新沥青用量应准确控制，施工过程中应根据再生深度的变化适时调整沥青再生剂及新沥青的用量。

## 8.8 添加新沥青混合料

8.8.1 新沥青混合料的现场添加应和翻松设备运行速度相匹配，保证新沥青混合料添加量准确。

8.8.2 在施工过程中随时观察新旧混合料的拌和均匀程度，必要时及时调整新沥青混合料的添加量。

## 8.9 摊铺

8.9.1 普通沥青再生混合料摊铺温度宜为 120 ℃~150 ℃，改性沥青再生混合料摊铺温度宜为 130 ℃~160 ℃。熨平板预热温度宜不低于 100 ℃。

8.9.2 应根据再生层厚度调整摊铺熨平板的振捣功率，提高沥青混合料的初始密实度。

8.9.3 摊铺速度应与加热设备行进速度协调一致，宜为 1.5 m/min~4 m/min，摊铺过程中应加强接缝处的质量控制，纵、横缝应做到平整、密实、粘结良好、无高差。

8.9.4 复拌再生及加铺再生摊铺应按照 JTG/T 5521 进行，混合料摊铺应均匀，无裂纹、离析等现象。

## 8.10 碾压

8.10.1 碾压按试验段确定的机具配置、碾压工艺等执行。

8.10.2 碾压必须紧跟摊铺进行，使用双钢轮压路机时宜采用雾化喷水，使用胶轮压路机时，不宜喷水，应采用沥青防黏隔离剂。

8.10.3 对大型压路机无法碾压的局部部位，应选用小型振动压路机或者振动夯板配合压实。

8.10.4 就地热再生路面碾压的其他要求，应符合现行 JTG F40 及 DB 14/T 160 中热拌沥青混合料路面碾压的有关规定。

## 8.11 接缝处理

- 8.11.1 施工时，接缝必须紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。
- 8.11.2 每次再生作业时，横向接缝处相邻两幅作业面间的重叠宽度不宜小于 500 mm，纵向接缝处相邻两幅作业面间的重叠宽度不宜小于 150 mm。
- 8.11.3 碾压时，横向接缝处应从完全压实的路段一侧沿接缝的方向反复碾压，并逐渐移向新铺沥青混合料表面。接缝施工应用 3 m 直尺检查，确保平整度符合表 7 的要求。
- 8.11.4 纵向接缝应垂直且尽可能避开轮迹位置，碾压方法同横向接缝。

## 8.12 开放交通

- 8.12.1 开放交通时路面温度应低于 50 ℃。
- 8.12.2 开放交通前，车辆不应在成型的路面上通行，以避免对再生路面造成破坏、标志移除前，必须将作业区内所有的废料、杂物清除干净，不应废料和垃圾丢弃至边坡、边沟和中央分隔带。
- 8.12.3 就地热再生路面开放交通的其他事项，应符合 JTG F40 中热拌沥青混合料路面的有关规定。

## 9 施工质量管理与验收

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 就地热再生施工应全面开展质量管理，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定，确保施工质量达到规定标准。
- 9.1.2 加强施工过程质量控制，实行动态质量管理；加强再生机组各设备的监管，保证各操作人员培训合格。

### 9.2 施工质量控制

- 9.2.1 沥青路面就地热再生施工过程中的原材料、添加的新沥青混合料、加铺的新沥青混合料应符合 JTG/T 5521 的技术要求。
- 9.2.2 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 7、表 8 的要求。

表7 就地热再生沥青混合料施工过程中质量控制标准

检验项目		检验频度	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	应均匀、无离析、无花白料、无油团	目测
新沥青混合料、沥青再生剂、外加剂、沥青用量		随时	适时调整，总量控制	每日计算
再生沥青混合料 级配/%	0.075 mm	每个工作日 1~2 次	±2	JTG E20—2011 中 T0725 或 T0735，与设计 级配差值
	≤2.36 mm		±3（高速公路、一级公路） ±4（二级公路）	
	≥4.75 mm		±4（高速公路、一级公路） ±5（二级公路）	
再生沥青混合料沥青用量/%		每个工作日 1~2 次	设计值 0~+0.2	JTG E20—2011 中 T0722 或 T0735
沥青再生剂用量/%		每个工作日 1~2 次	设计值 0~+2	每日计算
马歇尔试验：空隙率、稳定度、流值		每个工作日 1 次	符合 JTG F40 热拌沥青混合料 技术要求	JTG E20—2011 中 T0702、T0709
浸水马歇尔试验		必要时		JTG E20—2011 中 T0702、T0709
车辙试验/(次/mm)		每周 1 次	≥1000（普通沥青混合料再生） ≥4500（改性沥青混合料再生）	JTG E20—2011 中 T0719

表8 就地热再生沥青混合料施工过程中工程质量控制标准

检测项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
外观	随时	表面平整、密实，无明显轮迹、裂痕、推移、油包、离析等缺陷	目测
横、纵接缝高差/mm	每 200 m 测 1 处	≤3	3 米直尺间隙
旧路表面加热温度/℃	随时	≤185（普通沥青路面） ≤200（改性沥青路面） <sup>a</sup>	红外线温度计实测
翻松裸露面温度/℃	随时	≥85（普通沥青路面） ≥100（改性沥青路面） <sup>a</sup>	紧跟铣刨刀头测量 红外线温度计实测
再生沥青混合料摊铺温度/℃	随时	120~150（普通沥青混合料）	插入式温度计实测
		130~160（改性沥青混合料） <sup>a</sup>	
碾压终了温度/℃	随时	≥80（普通沥青混合料）	红外线温度计实测
		≥90（改性沥青混合料）	
开放交通温度/℃	/	<50	红外线温度计实测
再生厚度/mm	每 1500 m <sup>2</sup> 检验 1 处	0, +5（基于设计厚度）或按新建厚度	JTG 3450—2019 中 T0912
加铺厚度/mm	每 1500 m <sup>2</sup> 检验 1 处	0, +5（基于设计厚度）	JTG 3450—2019 中 T0912
宽度/mm	每 100 m 检验 1 处	≥设计宽度	JTG 3450—2019 中 T0911
压实度/%	每 1500 m <sup>2</sup> 检验 1 组	≥最大理论密度的 94, ≥试验室标准密度的 98	JTG 3450—2019 中 T0924, JTG F40 附录 E
平整度(σ)/mm	连续测定	≤1.5（高速公路、一级公路） ≤2.5（其它等级公路）	JTG 3450—2019 中 T0932: 全程每车道施工段连续, 按每 100m 施工段计算标准差
渗水系数/(ml/min)	每 1500 m <sup>2</sup> 检验 1 处	≤200 ml/min (AC 类) ≤120 ml/min (SMA 类)	JTG 3450—2019 中 T0971

<sup>a</sup> 以上改性沥青为常规SBS改性沥青或抗车辙剂改性沥青，橡胶沥青、橡胶复合改性沥青混合料等需通过试验段确定施工温度。

### 9.3 验收

就地热再生沥青路面宜以设计单元为检验评定单元，检验评定单元的检查和验收应按照JTG 5220执行。控制标准应满足表9要求。

表9 就地热再生沥青混合料交（竣）工验收工程质量控制标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法	频度
			高速公路、一级公路	二级公路		
1	压实度/%		≥最大理论密度的 93%		JTG 3450—2019 中 T 0924	按 JTG 5220 附录 B 检查
2	平整度	σ/mm	≤1.5	≤2.5	JTG 3450—2019 中 T 0932	全程每车道施工段连续, 按每 100 m 施工段计算 σ
		IRI/(m/km)	≤2.5	≤4.2	JTG 3450—2019 中 T 0934	全程每车道施工段连续, 按每 100 m 施工段计算 IRI

表9 就地热再生沥青混合料交（竣）工验收工程质量控制标准（续）

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法	频度
			高速公路、一级公路	二级公路		
3	再生宽度/mm		不小于设计宽度		JTG 3450—2019 中 T 0911	每 100 m 测 1 个断面
4	再生层、加铺层厚度 (mm)	平均值	不小于设计厚度		JTG 3450—2019 中 T 0912/T0913	按 JTG 5220 附录 H 检查
		合格值	-5, +10			
5	接缝处高差/mm		≤3		3 m 直尺	每 200 m 测 1 处
6	渗水系数/(mL/min)		符合设计要求		渗水试验仪	每 1500 m <sup>2</sup> 测 1 处
7	抗滑	摩擦系数	符合设计要求		摆式仪/横向力系数车	摆式仪：每 1500 m <sup>2</sup> 测 1 处 横向力系数车：按附录 L，全程连续
		构造深度/mm			铺砂法	每 1500 m <sup>2</sup> 测 1 处

## 附录 A

(规范性)

## 沥青混合料回收料 (RAP) 取样与试验方法

## A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于复拌再生、整形加铺再生、复拌加铺再生沥青混合料回收料 (RAP) 的取样及试验。

A.1.2 通过对不同施工段落的随机取样获得代表性样品用于沥青混合料回收料 (RAP) 的性能分析。

## A.2 取样

A.2.1 取样方法为现场取样，现场取样符合以下规定：

- 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 18000 m<sup>2</sup>，且不宜小于 1800 m<sup>2</sup>。
- b) 按照 JTG 3450 随机取样方法对不同子路段确定取样点位置。
- c) 根据沥青路面结构类型、修建时间、养护历史，选取代表性路段取样，如路段混合料偏差较大，子路段代表性车道各取样 1 处，分别进行再生混合料设计。应采用机械切割方法或小型加热器加热路表取样，表面尺寸宜不小于 500 mm×500 mm，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) 切割后的沥青混合料回收料 (RAP) 在 135 °C 烘箱加热 2 h 后，去除带有切痕的沥青混合料回收料 (RAP)，将相同类型路段的沥青混合料混合，作为一个代表样品。

A.2.2 对一单项试验，每组试样取样数量宜不少于表 A.1 所规定的最少取样量。

表 A.1 试验项目所需沥青混合料回收料 (RAP) 的最小取样数量

试验项目	原路面混合料相对于下列公称最大粒径/mm 时的最小取样量/kg						
	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5
回收混合料筛分及沥青含量	8	10	13	15	20	20	25
回收沥青试验	5	6	8	9	12	12	15

## A.3 缩分

A.3.1 分料器法：试样均匀拌和后，通过分料器将试样分为大致相等的两份，再取其中的一份分为两份，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相互垂直的两个方向把试样向两边分开，分成大致相等的四份，取其对角的两份重新拌匀，重复上述过程，直至缩分至需要的数量。

## A.4 试样存放

A.4.1 每组试样应采用能避免细料散失及防止污染的容器包装存放，并附卡片标明试样编号、取样时间、位置、规格、试样代表数量、试样描述、要求检验项目及取样方法。

A.4.2 试样应存放在干净、干燥阴凉处、妥善保存备用。

## A.5 沥青混合料回收料 (RAP) 评价

A.5.1 沥青混合料回收料 (RAP) 的沥青含量和性能测试按下列要求进行：

- a) 按照 JTG E20 中 T0726 阿布森法从沥青混合料回收料 (RAP) 中回收沥青。为彻底排出回收沥青中的三氯乙烯，试验过程修改为，待三氯乙烯溶剂停止下滴后，继续吹入 CO<sub>2</sub> 不少于 30 min，除去回收沥青中、蒸馏烧瓶内壁的残留三氯乙烯。

- b) 如果采用其他方法，应与阿布森法对比，并进行空白沥青标定。
- c) 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 延度指标。
- d) 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. 5.2 沥青混合料回收料（RAP）的矿料级配及集料性质测试应符合下列要求：

- a) 将抽提试验后得到的矿料烘干，待矿料温度降到室温后，对沥青混合料回收料（RAP）的矿料进行筛分试验，确定沥青混合料回收料（RAP）的矿料级配。沥青混合料回收料（RAP）的沥青含量与级配也可采用燃烧法确定。若在燃烧过程中，集料由于高温导致破碎，则不应采用该方法。
- b) 沥青混合料回收料（RAP）中集料性质应按 JTG 3432 要求检测。

### A. 6 允许误差

A. 6.1 沥青混合料回收料（RAP）中回收沥青试验允许误差应符合以下要求，如果超出允许误差范围，则应弃置，重新标定、回收。

- a) 当针入度试验结果小于 50（0.1 mm）时，重复性允许误差 $\leq 2$ （0.1 mm），当针入度试验结果大于或等于 50（0.1 mm）时，重复性允许误差 $\leq$ 平均值的 4%；黏度重复性允许误差 $\leq$ 平均值的 10%；软化点重复性允许误差 $\leq 2.5$  °C；
- b) 当针入度试验结果小于 50（0.1 mm）时，复现性允许误差 $\leq 4$ （0.1 mm），当针入度试验结果大于或等于 50（0.1 mm）时，复现性允许误差 $\leq$ 平均值的 8%；黏度复现性误差 $\leq$ 平均值的 15%；软化点复现性误差 $\leq 5.0$  °C。

A. 6.2 一份试样的筛分损耗率应不大于 0.5%。0.075 mm 通过率重复性试验的允许误差为不大于 1%。

### A. 7 报告

试验报告编制应按 JTG E20 中相应要求进行。

---