

ICS 93.080.01
CCS P 66

DB 43

湖 南 省 地 方 标 准

DB43/T 2141—2021

沥青路面热再生施工与验收技术规范

Technical specifications for hot recycling construction
and acceptance of asphalt pavement

2021 - 08 - 03 发布

2021 - 10 - 03 实施

湖南省市场监督管理局 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 | 3 |
| 5 材料 | 3 |
| 5.1 一般规定 | 3 |
| 5.2 沥青 | 3 |
| 5.3 沥青再生剂 | 3 |
| 5.4 集料 | 4 |
| 5.5 矿粉 | 4 |
| 5.6 水泥 | 4 |
| 5.7 RAP | 4 |
| 5.8 再生沥青 | 5 |
| 6 沥青混合料 | 5 |
| 6.1 一般规定 | 5 |
| 6.2 再生沥青混合料 | 6 |
| 6.3 复拌再生与加铺再生用的新沥青混合料 | 6 |
| 7 厂拌热再生沥青混合料生产与施工 | 6 |
| 7.1 一般规定 | 6 |
| 7.2 厂拌热再生设备 | 6 |
| 7.3 RAP 回收 | 7 |
| 7.4 RAP 预处理与堆放 | 7 |
| 7.5 试验路段 | 8 |
| 7.6 沥青混合料拌和 | 8 |
| 7.7 运输 | 8 |
| 7.8 摊铺 | 8 |
| 7.9 压实 | 9 |
| 7.10 养生和开放交通 | 9 |
| 8 就地热再生路面施工 | 9 |
| 8.1 一般规定 | 9 |
| 8.2 就地热再生设备 | 9 |
| 8.3 施工准备 | 9 |

| | | |
|------|-----------------------------|----|
| 8.4 | 试验路段 | 10 |
| 8.5 | 路面加热 | 10 |
| 8.6 | 路面翻松（或铣刨） | 10 |
| 8.7 | 新材料的添加 | 11 |
| 8.8 | 再生沥青混合料拌和 | 11 |
| 8.9 | 再生沥青混合料摊铺 | 11 |
| 8.10 | 再生沥青混合料碾压 | 11 |
| 8.11 | 施工接缝 | 11 |
| 8.12 | 修边 | 12 |
| 8.13 | 开放交通及其他 | 12 |
| 9 | 质量管理与验收 | 12 |
| 9.1 | 质量管理 | 12 |
| 9.2 | 检查验收 | 14 |
| 附录 A | （规范性） RAP 取样与试验分析 | 15 |
| A.1 | 现场取样 | 15 |
| A.2 | 拌和场料堆取样 | 15 |
| A.3 | 试验缩分 | 15 |
| A.4 | RAP 评价 | 15 |
| 附录 B | （规范性） 厂拌热再生沥青混合料配合比设计 | 17 |
| B.1 | 一般规定 | 17 |
| B.2 | 级配与 RAP 掺量 | 18 |
| B.3 | 新沥青及沥青再生剂用量确定 | 18 |
| B.4 | 矿料级配设计 | 19 |
| B.5 | 确定最佳沥青用量 | 19 |
| B.6 | 马歇尔试件制备方法 | 19 |
| B.7 | 配合比设计检验 | 20 |
| B.8 | 配合比设计报告 | 20 |
| 附录 C | （规范性） 就地热再生沥青混合料配合比设计 | 21 |
| C.1 | 一般规定 | 21 |
| C.2 | 级配与 RAP 掺量 | 21 |
| C.3 | 新沥青及沥青再生剂用量确定 | 21 |
| C.4 | 矿料配合比设计 | 24 |
| C.5 | 确定最佳沥青用量 | 24 |
| C.6 | 马歇尔试件制备方法 | 25 |
| C.7 | 配合比设计检验 | 25 |
| C.8 | 配合比设计报告 | 25 |

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。

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。

本文件由湖南省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：湖南云中再生科技股份有限公司、湖南省交通科学研究院有限公司、湖南省交通建设质量安全监督管理局、湖南大学、长沙理工大学、湖南省交通建设质量监督检测有限公司、湖南高速养护工程有限公司、长沙市公路桥梁建设有限责任公司、湖南交通国际经济工程合作有限公司、湖南云景建设有限责任公司、湖南省通和工程有限公司、湖南途嘉道路养护有限责任公司。

本文件主要起草人：吴超凡、魏曙安、刘山建、张剑波、胡跃华、孙艳华、肖杰、张恒龙、钟梦武、胡红波、李杰、彭红卫、吴初平、郑祖恩、叶青、黄斌、徐朔、王曦、朱沅峰、张继森、韩庆奎、胡贵华、张允宝、李泉、丁俊剑、万暑、孟凡威、李珍贵、吴晚良、钟立昌、张格、刘小金、周艺、蒋岳楼、邱军、林正根、贺杰军。

沥青路面热再生施工与验收技术规范

1 范围

本文件规定了沥青路面热再生施工与验收技术的材料、沥青混合料、厂拌热再生沥青混合料生产与施工、就地热再生路面施工、质量管理与验收的要求。

本文件适用于各等级公路的热再生沥青面层与基层的施工与验收，可供设计、生产、施工、监理、咨询及建设单位参考。城镇道路及广场等可参照执行。

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。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- CJJ1 城镇道路工程施工与质量验收规范
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- 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 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
- 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 E42 公路工程集料试验规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

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 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。

[来源：JTG/T 5521—2019，2.1.1]

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 RAP 进行处理，并掺加一定比例的新矿料、新沥青、沥青再生剂（必要时）等形成路面结构层的路面施工技术。按照再生沥青混合料制备和施工温度的不同，沥青路面再生分为热再生和冷再生；按照施工场合和工艺的不同，沥青路面再生分为厂拌再生和就地再生。

3.3

厂拌热再生 hot central plant recycling (HCPR)

在沥青混合料拌和厂(场、站)将RAP破碎、筛分后,以一定的比例与新矿料、新沥青、沥青再生剂(必要时)、添加剂(需要时)等加热拌和成沥青混合料,然后铺筑形成沥青路面的再生施工技术。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.6, 有修改]

3.4

就地热再生 hot in-place recycling (HIR)

采用专用再生设备对沥青路面就地进行加热、翻松或铣刨,就地掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青(需要时)、新沥青混合料等,经热态拌和、摊铺、碾压等工序,一次性实现对沥青路面表面一定深度范围内的旧沥青混凝土进行再生的施工技术。分为复拌再生和加铺再生两种。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.7, 有修改]

3.5

复拌再生 remixing

将旧沥青路面加热、翻松或铣刨,就地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),经热态拌和、摊铺、压实成新沥青路面的再生施工技术。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.7, 有修改]

3.6

加铺再生 repaving

将旧沥青路面加热、翻松或铣刨,就地掺入一定数量的沥青再生剂、新沥青(需要时),经热态拌和成再生沥青混合料,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将新沥青混合料摊铺在再生沥青混合料之上,两层一起压实成新的沥青路面的再生施工技术。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.7, 有修改]

3.7

添加剂 additive

掺加到沥青混合料中以提高其某项或几项性能的、除矿料与沥青外的有机或无机外掺材料,包括各类纤维、抗剥落剂、抗车辙剂、温拌剂等。

3.8

沥青再生剂 rejuvenating agent (RA)

掺加到再生沥青混合料中,用于改善老化沥青性能的添加剂。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.5]

3.9

再生沥青 rejuvenated asphalt

由RAP中的回收沥青与沥青再生剂、新沥青(需要时)均匀混合而成的沥青胶结料。

[来源: JTG/T 5521—2019, 2.1.15, 有修改]

3.10

再生矿料 rejuvenated aggregate

在再生沥青混合料中,包括RAP中旧矿料、新添加的集料与填料(需要时)在内的合成矿料的总称。

3.11

再生沥青混合料 recycled asphalt mixture

RAP以一定的比例与新矿料、新沥青、沥青再生剂(必要时)、外掺剂(需要时)等加热拌和而成的沥青混合料。

3.12

RAP 矿料级配 gradation of aggregate in RAP

用抽提或燃烧法除去 RAP 中的沥青材料后进行水洗筛分测得的矿料级配。

3.13

再生沥青混合料矿料级配 gradation of aggregate in recycled mixture

RAP 中的矿料与新添加的矿料合成后的矿料级配，即再生矿料的筛分级配。

3.14

RAP 掺配比 percentage of RAP in recycled mixture

RAP 的烘干质量占再生沥青混合料总干质量的百分比。

3.15

新沥青混合料 new asphalt mixture

由全新的矿料、沥青及其他添加剂材料（需要时，但不包括沥青再生剂）按配合比要求生产的热拌沥青混合料。

3.16

回收沥青 recycled asphalt in RAP

RAP 经抽提、蒸发后获取的已经老化的沥青。

3.17

新沥青 new asphalt

未经拌和使用过的、直接从沥青厂家生产出来的石油沥青或改性沥青。

3.18

RAP 沥青含量 recycled asphalt content of RAP

回收沥青占干燥 RAP 总干质量的百分比。

4 符号

下列符号适用于本文件。

P_{nb} 预估沥青用量

P_{ra} 预估再生剂掺量

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 生产热再生沥青混合料前，应对所使用的各种材料进行质量检验，经评定合格后方可使用。

5.1.2 不同来源、品种、规格、老化程度的 RAP 应分开堆放，避免混杂；因条件限制时，沥青与矿料为同类型的 RAP 可混堆，但应用装载机翻拌均匀后方可使用。RAP 应堆放在预先经过硬化处理、排水通畅且搭棚遮盖的地面上。

5.2 沥青

5.2.1 再生沥青混合料中新沥青的选用应按照道路等级、气候条件、交通荷载、路面类型及结构层位与受力特点、施工方法等，结合当地的使用经验确定。宜采用 50 号 A 级、70 号 A 级、90 号 A 级、110 号 A 级道路石油沥青和 SBS 改性沥青，其技术要求应符合 JTG F40 的规定。

5.2.2 当 SBS 改性沥青用于重交通荷载等级及以上道路时，软化点不宜低于 70 ℃。

5.3 沥青再生剂

5.3.1 沥青再生剂技术指标宜符合 JTG/T 5521 的相关规定。

5.3.2 应根据 RAP 中回收沥青老化程度、沥青含量、RAP 掺配比例、沥青再生剂与回收沥青的配伍性，结合试验结果综合选择沥青再生剂品种。

5.3.3 沥青再生剂应贮存在能自动控温的密闭容器中，且远离明火、高温区。

5.4 集料

5.4.1 新添加的粗、细集料技术指标应符合 JTG F40 的相关规定。单一粗、细集料技术指标不符合要求，但集料混合料的技术指标符合要求的，可以使用。

5.4.2 再生沥青混合料中新添加的集料与旧集料混合后的集料技术指标，应符合 JTG F40 的相关规定。

5.5 矿粉

再生沥青混合料中新添加矿粉的技术指标应符合 JTG F40 的相关规定。

5.6 水泥

沥青混合料添加水泥时，其技术指标应符合 GB 175 的相关规定。

5.7 RAP

5.7.1 用于厂拌热再生的 RAP 应经过预处理后方可使用，预处理方法应符合本文件 7.4 条的相关规定。

5.7.2 RAP 宜按表 1 所列项目进行检测。

表 1 RAP 检测项目及技术要求

| 材料 | 检测项目 | | 技术要求 | 试验方法 |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| RAP | 含水率 % | | ≤ 2 | 本文件附录 A |
| | RAP 矿料级配 | | 实测 | |
| | 沥青含量 % | | 实测 | |
| | 砂当量 % | | ≥ 55 | |
| RAP 中的沥青 | 针入度 (25 °C) 0.1 mm | | ≥ 10 | JTG E20, T 0604 |
| | 动力黏度 (60 °C) Pa·s | | 必要时测 | JTG E20, T 0620 |
| | 软化点 °C | | 实测 | JTG E20, T 0606 |
| RAP 中的沥青 | 延度 (15 °C/5 °C) cm | | 实测 | JTG E20, T 0605 |
| RAP 中的粗集料 | 针片状颗粒含量 % | ≥ 9.5 mm | ≤ 12 | JTG E42, T 0312 |
| | | < 9.5 mm | ≤ 18 | |
| | 表观相对密度 | | ≥ 2.5 (中下面层) ≥ 2.6 (表面层) | JTG E42, T 0304 |
| 吸水率 % | | ≤ 3 (中下面层) ≤ 2 (表面层) | JTG E42, T 0304 | |

表 1 RAP 检测项目及技术要求（续）

| 材料 | 检测项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|--|-----------------------|------------|-----------------|
| RAP 中的粗集料 | 与沥青的黏附性级 | ≥ 4 | JTG E20, T 0616 |
| | 压碎值 ^a % | ≤ 26 | JTG E42, T 0316 |
| RAP 中的细集料 | 表观相对密度 | ≥ 2.5 | JTG E42, T 0328 |
| | 砂当量 % | ≥ 60 | JTG E42, T 0334 |
| | 棱角性 s | ≥ 30 | JTG E42, T 0345 |
| 注：厂拌热再生RAP掺配比小于20%时，RAP中的粗集料可只检测针片状含量、表观相对密度、吸水率。 | | | |
| ^a 压碎值的集料样品应采用抽提法所取得的RAP中的集料，不应采用燃烧法得到的集料。 | | | |

5.8 再生沥青

5.8.1 根据热再生沥青混合料使用的层位不同，添加不同的新沥青与沥青再生剂，再生沥青的针入度、软化点指标应达到 5.2.1 条新沥青的标准，延度不低于 5.2 条新沥青老化试验后残留物的标准。

注：由于抽提回收沥青的过程不可避免有微量粉料进入回收沥青中，使得再生沥青的延度指标常常难以达到新沥青的指标要求。结合我国已经成功应用 RAP 热再生技术的经验，再生沥青的延度也可不作为施工质量控制的强制性检验指标。当添加新沥青后的再生沥青符合技术要求时，可不添加沥青再生剂。

5.8.2 沥青再生剂及其掺量应符合下列要求：

a) 室内试验再生剂掺量：根据回收沥青与再生剂的组分分析结果、技术指标、再生剂与回收沥青的配伍性，以回收沥青为基数预估一个百分比掺量 P_{ra} ，按 P_{ra} 、 $P_{ra} \pm 2\%$ 、 $P_{ra} \pm 4\%$ 这五个再生剂预估掺量与回收沥青充分搅拌均匀，检测再生沥青的技术指标，选择再生沥青符合设计要求的再生剂掺量作为进行试拌试铺验证的设计掺量；

注：选择再生剂品种与掺量时，应以再生剂掺量在回收沥青 6%~12% 范围内、再生沥青综合性能最好的再生剂掺量为最佳掺量。在生产过程中再生剂是掺加到 RAP 中进行混合拌和的：再生剂掺量过低时，再生剂与 RAP 拌和不匀，难以达到再生效果；再生剂掺量过高，影响再生沥青混合料性能、浪费辅助材料、增加能耗。

b) 生产用沥青再生剂掺量换算：根据 RAP 中回收沥青含量与掺配比，将室内试验确定的再生剂掺量换算为以 RAP 为基数的生产用掺量，以便设置生产参数。

6 沥青混合料

6.1 一般规定

6.1.1 应在对旧路面和 RAP 充分调查、分析的基础上，根据工程要求、道路等级、使用层位、气候条件、交通情况，选用符合要求的材料，进行再生沥青混合料设计。

6.1.2 热再生沥青混合料矿料级配设计是对 RAP 中的矿料与新添加矿料的合成级配进行设计。

6.1.3 就地热再生室内试验用的 RAP 应采用与实际施工类似的就地热再生设备在旧路面上取样。

6.1.4 对于就地热再生，应根据对旧路面的调查结果预先分段、取样，各段样品应详细标示取样桩号与位置、时间、取样人和见证人，根据各段 RAP 性能（沥青含量、沥青老化程度，集料类型和级配情况）评价结果，把性能相似的路段合并成同类施工段，重新分段编号，以便进行再生沥青混合料设计，制订

施工组织方案。

6.1.5 进行就地热再生施工的路面，旧路面结构强度指数 PSSI 应符合设计要求。

6.2 再生沥青混合料

6.2.1 热再生沥青混合料的级配、技术指标和性能检验指标，应符合 JTG F40 中的相关规定。

6.2.2 厂拌热再生沥青混合料设计应符合本文件附录 B 的设计方法与流程，并按目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段进行。

6.2.3 就地热再生沥青混合料设计应符合本文件附录 C 的设计方法与流程，并按目标配合比设计、配合比验证两个阶段进行。

6.2.4 RAP 中的回收沥青与新沥青的类型不一致时，当厂拌热再生沥青混合料的性能达到改性沥青混合料水平时，可将其作为改性沥青混合料使用，否则将其作为普通石油沥青混合料使用。

6.3 复拌再生与加铺再生用的新沥青混合料

6.3.1 复拌再生用的新沥青混合料应符合下列要求：

- a) 在复拌再生沥青混合料配合比设计中，应考虑新沥青混合料的集料类型、级配、沥青技术指标、油石比或沥青用量、新沥青混合料掺量与温度；
- b) 新沥青混合料的掺量主要由旧路面的车辙深度、宽度及磨损量来决定，以再生路面略高于原路面且不超过 3 mm 为原则，通过计算确定掺配比例；
- c) 新沥青混合料的级配主要考虑对 RAP 级配的调整和对再生沥青混合料中合成集料性能指标的改善，使合成后的再生沥青混合料矿料级配符合工程设计要求；
- d) 新沥青混合料的集料类型与颗粒粒径应与旧路面中的集料一致或相近；
- e) 新沥青混合料的沥青技术指标、掺量，应根据回收沥青指标、再生沥青指标综合确定。

6.3.2 加铺再生用的新沥青混合料应符合下列要求：

- a) 如果第一熨平板所铺的再生沥青混合料需要添加新沥青混合料时，其新沥青混合料应符合本文件 6.3.1 的规定；
- b) 第二熨平板所铺的为全新沥青混合料，应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料的相关规定。

7 厂拌热再生沥青混合料生产与施工

7.1 一般规定

7.1.1 厂拌热再生技术适用于各等级道路 RAP 的再生利用，厂拌热再生沥青混合料可用于各等级道路的任何沥青结构层。

7.1.2 厂拌热再生沥青混合料应选择符合要求的 RAP 和适宜的 RAP 掺配比，再生沥青混合料技术指标应满足 JTG F40 的相关技术要求。

7.1.3 厂拌热再生沥青混合料的分类，按 JTG F40 中热拌沥青混合料分类原则执行。

7.1.4 未经预处理的 RAP 不应直接使用。

7.2 厂拌热再生设备

厂拌热再生设备应符合下列要求：

- a) 配备不少于 4 个 RAP 冷料仓、5 个新集料冷料仓；
- b) 配备独立的 RAP 加热干燥滚筒，RAP 加热干燥滚筒出料口应安装自动测温装置，控温精度不低

于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

- c) RAP 加热干燥滚筒内应设置避免 RAP 黏附滚筒内壁的专用搅料装置；
- d) RAP 供给系统的供料能力、燃烧器的供热能力、RAP 加热干燥滚筒的生产能力应符合设备最大生产能力与 RAP 掺配比例要求；
- e) 再生加热干燥滚筒应确保 RAP 料不与火焰直接接触，火焰尾尖与 RAP 的间距不少于 0.5 m，RAP 加热温度应能达到 150 $^{\circ}\text{C}$ 以上；RAP 加热滚筒内产生的烟气宜集中收集引入主加热干燥滚筒内进行二次燃烧，减少烟气排放；
- f) 配备独立的 RAP 热料暂存仓，RAP 热料暂存仓应具有保温功能并宜具有料位检测装置；
- g) 配备 RAP 配料与计量装置，静态计量精度不低于 $\pm 0.5\%$ ，动态计量精度不低于 $\pm 2.5\%$ ；
- h) 应配备沥青再生剂的贮存罐、缓冲罐、计量与喷洒装置；贮存罐与缓冲罐均应能自动控温，其控温精度分别不低于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沥青再生剂静态计量精度不低于 $\pm 0.25\%$ 、动态计量精度不低于 $\pm 1.0\%$ ；
- i) 应配 2 个粉料罐与添加剂自动添加装置；
- j) 配备 4~6 个 50 t 以上的沥青罐；
- k) 宜具有沥青再生剂与 RAP 料预混预拌功能，以便沥青再生剂与 RAP 先充分拌和均匀后，再与新加沥青、集料、填料进行拌和，保证再生沥青混合料质量的均匀稳定；
- l) 配备二级除尘系统，回收粉尘不应当作填料使用，宜排至专用废粉贮存罐中，或采用湿排法处理；
- m) 不应使用燃煤机组，推荐使用天然气、液化气、柴油、重油等清洁燃料。

7.3 RAP 回收

7.3.1 应根据对旧路面调查及 RAP 性能评价、分析结果（沥青含量、老化程度，集料类型和级配情况）分段、分层采用铣刨方式回收 RAP。

7.3.2 RAP 在回收和存放时不应混入无机结合料稳定基层材料、水泥混凝土材料、土及其他杂质。

7.3.3 不同来源、不同沥青、不同石料、不同沥青混合料类型或经分析需要分开的不同路段的 RAP，应进行分类贮存，防止混杂。

7.3.4 应搭棚覆盖贮存 RAP，料堆高不宜超过 5 m，宜采用布料机码堆。

7.4 RAP 预处理与堆放

7.4.1 用两台及以上装载机将单个料堆的 RAP 充分翻松、混合均匀，然后用非颚式破碎机进行破碎，经预处理后的 RAP 最大粒径应小于再生沥青混合料最大粒径。

7.4.2 根据特粗或粗粒式、中粒式、细粒式、砂粒式级配的不同，把回收的 RAP 预处理成不同的规格：用于特粗或粗粒式级配可破碎筛分成 4 档，用于中粒式级配可破碎筛分成 3 档或 4 档，用于细粒式级配可破碎筛分成 3 档，用于砂粒式级配可破碎筛分成 1 档或 2 档。当材质与技术要求匹配时，砂粒式级配用的 RAP 也可以从其他已处理好的 RAP 中选择最小的 1 档或 2 档料来使用。振动筛网的配置可参照表 2。

表 2 RAP 筛分时筛网配置要求

单位为毫米

| 沥青混合料类型 | RAP 分档数 | 公称最大粒径 | 振动筛的配置（方孔筛） | | | |
|---------|---------|--------|-------------|---|----|---|
| 砂粒式 | 1 | 4.75 | - | - | 12 | - |
| | 2 | | - | - | 12 | 7 |

表 2 RAP 筛分时筛网配置要求（续）

单位为毫米

| 沥青混合料类型 | RAP | 公称最大粒径 | 振动筛的配置（方孔筛） | | | |
|---------|-----|--------|-------------|------|----|----|
| | | | 9.5 | 13.2 | 16 | 19 |
| 细粒式 | 3 | 9.5 | — | 16 | 12 | 7 |
| | | 13.2 | — | 19 | 12 | 7 |
| 中粒式 | 3 | 16 | — | 23 | 12 | 7 |
| | | 19 | 28 | 19 | 12 | 7 |
| 粗粒式 | 4 | 26.5 | 33 | 23 | 12 | 7 |
| 特粗式 | 4 | 31.5 | 35 | 23 | 12 | 7 |

7.4.3 以先筛分、再对超粒径的部分进行破碎筛分的方式对 RAP 进行预处理。

7.4.4 预处理后的 RAP，可用装载机、布料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 RAP 离析，装载机等重型设备不应在已预处理分档的 RAP 上来回行走、碾压。

7.4.5 预处理后的不同规格的 RAP 应贮存在已硬化处理、不积水且搭棚遮盖的料仓中。各料仓采用圻工或水泥混凝土隔墙分隔，以利于 RAP 的分类堆放，防止窜料。料堆放高度不宜超过 3 m。

7.4.6 预处理后的 RAP 应避免长时间贮存，宜即筛即用。

7.4.7 预处理后的粒径小于 4.75 mm 的 RAP 料应进行砂当量试验。

7.5 试验路段

正式施工前，应铺筑长度不少于 200 m 的再生沥青路面试验路段，从再生沥青混合料质量、交通组织、沥青混合料运输、设备配套与碾压方式、安全环保等各方面对热再生施工进行检验与评估，合格后才能进行正式施工。

7.6 沥青混合料拌和

7.6.1 厂拌热再生沥青混合料应选用间歇式拌和设备进行拌和，拌和设备应符合 7.2 的相关规定。

7.6.2 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、RAP 的含水率、再生沥青混合料的级配、再生沥青的粘温曲线等综合确定，并应符合下列要求：

- 适当提高新集料的加热温度，但最高不宜超过 200 °C；RAP 的加热温度宜控制在 120 °C~160 °C（普通石油沥青 RAP 取低值，改性沥青 RAP 取高值）；
- RAP 与新集料的干拌时间宜为 10 s~15 s，湿拌时间宜为 40 s~50 s；
- 与同类型的非再生热拌沥青混合料相比，再生沥青混合料出料温度宜提高 5 °C~10 °C，最高温度不应超过 190 °C。

7.6.3 再生沥青混合料需添加沥青再生剂时，沥青再生剂应先与 RAP 进行预混预拌，使沥青再生剂与 RAP 充分混合均匀后，再与添加的新集料、沥青、矿粉及其他外掺材料拌和均匀。

7.6.4 厂拌热再生沥青混合料拌和的其他要求，应符合 JTG F40 的相关规定。

7.7 运输

厂拌热再生沥青混合料的运输，应符合 JTG F40 的相关规定。

7.8 摊铺

7.8.1 厂拌热再生沥青混合料的摊铺温度宜比同类型的非再生热拌沥青混合料高 5 °C~10 °C。

7.8.2 厂拌热再生沥青混合料摊铺的其他要求，应符合 JTG F40 的相关规定。

7.9 压实

7.9.1 与同类型非再生热拌沥青混合料相比，厂拌热再生沥青混合料的压实温度宜提高 5℃~10℃。

7.9.2 厂拌热再生沥青混合料压实的其他要求，应符合 JTG F40 的相关规定。

7.10 养生和开放交通

厂拌热再生沥青路面的养生和开放交通，应符合 JTG F40 的相关规定。

8 就地热再生路面施工

8.1 一般规定

8.1.1 复拌再生既适用于全断面就地热再生，也适用于单车道就地热再生；加铺再生只适用于全断面就地热再生。

8.1.2 就地热再生施工前，应根据路段的交通流量及时间分布特点，做好施工组织与交通分流方案设计。

8.1.3 气温低于 15℃时不宜施工，气温低于 10℃、大风、下雨、下雪、冰雹等恶劣天气时不应施工。

8.2 就地热再生设备

就地热再生设备应满足下列要求：

- a) 再生设备应采用热风、红外或微波等非明火加热方式；
- b) 加热机组应能连续均匀地将整个再生宽度、再生深度范围内的沥青路面预热到规定温度，并应能自动控制、可调（改性沥青路面路表温度不应超过 200℃，再生深度范围处的底面温度不宜低于 100℃；普通石油沥青路面路表温度不应超过 185℃，再生深度范围处的底面温度不宜低于 85℃）；
- c) 加热机组、再生机组均宜配备自动温度探测、行驶速度控制与显示功能；
- d) 再生机组应具备对路面加热、翻松功能，翻松深度应不超过设定值的±3mm；应配置精确计量的沥青再生剂及沥青添加装置，应与主控制联动，根据行走速度自动调节添加量，精度不应低于±3%；应配置新沥青混合料添加、再生沥青混合料拌和与摊铺功能，且应具有自动控制与计量功能；用于加铺再生时，应具有双熨平板；
- e) 正常工作时产生的烟尘应符合环保要求。

8.3 施工准备

8.3.1 施工前应配置性能、数量符合要求的加热机组、复拌再生机组（或加铺再生机组）、摊铺机（需要时）、压路机，并对其进行检修、保养，确保其处于良好工作状态；应配置沥青、沥青再生剂与沥青混合料运输车辆，及其他必需的辅助机具。

8.3.2 施工前应做好技术、材料、人员、交通组织、施工方案、后勤保障等各方面的准备工作。

8.3.3 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、花草树木、加油站及其他可能受到污染、有安全隐患处，应提前做好隔离措施。

8.3.4 按规范摆好安全施工隔离墩或锥筒。

8.3.5 施工前应对仅用就地热再生技术无法修复的路面病害进行预处理，各路面病害的处理方法应符合下列要求：

- a) 破损松散类病害：深度超过就地热再生施工深度时，应对其超深部分进行挖补处理；
- b) 变形类病害：根据再生设备的不同，对深度超过 30 mm 以上的凹槽进行挖补处理，对凸起部分进行铣刨处理；
- c) 裂缝类病害：应根据现场裂缝形状，结合骑缝钻取的芯样，分析裂缝的类型、宽度、深度。对影响就地热再生施工质量的裂缝应进行预处理。

8.3.6 原路面特殊部位的处理，应符合以下规定：

- a) 对桥梁伸缩缝采取有效的隔热措施进行保护；
- b) 原路面突起的路标、标线、灌缝胶应提前清除；
- c) 对于斜交桥梁，应把桥梁伸缩缝与路基中线成三角形区域内的沥青混合料人工挖除后，重新铺筑沥青混合料，以便再生施工设备顺利驶过伸缩缝。

8.3.7 施工前应将路面上所有杂物、污染物清除干净；当路面污染严重时，应用水车冲洗干净，并完全干燥后方可施工。

8.3.8 在再生路面宽度以外用石灰、粉笔、油漆等材料，根据线形施划施工导向线，也可用路面边缘线作为施工导向线，以保证再生路面纵向接缝顺直、美观。

8.4 试验路段

8.4.1 正式施工前，应铺筑长度不少于 200 m 的再生试验路段，从再生沥青混合料质量与施工工艺、组织、交通、安全等各方面对就地热再生施工组织设计进行检验与评估。通过试验路段应完成以下工作内容：

- a) 检验再生设备是否符合施工要求；
- b) 确定再生设备加热时间、温度、施工工艺与参数；
- c) 验证再生沥青混合料、新沥青混合料配合比设计，检验新沥青混合料、沥青再生剂、沥青（需要时）的最佳用量；
- d) 确定再生沥青混合料、新铺沥青混合料的松铺系数；
- e) 检测路面压实度、平整度、厚度、渗水系数、构造深度和抗滑系数等技术指标，检验再生路面与原路面的粘结效果；
- f) 评估施工组织设计与质量控制方案的可行性，提出改进措施与方案。

8.4.2 试验路施工完后，全套设备应移至合适的安全路段，并按规范要求做好交通安全维护措施，设置警示灯与标志牌。

8.5 路面加热

路面加热应符合下列要求：

- a) 对路面进行充分且适度加热，既不应因加热温度不足造成翻松或铣刨时对旧路面集料的过度破损，也不应因加热温度过高造成沥青的过度老化；
- b) 各加热、再生机组的间距尽可能缩小，不宜超过 2 m，以不发生相互干涉为宜；
- c) 原路面加热宽度应比翻松宽度每侧超出 100 mm~200 mm；
- d) 两幅再生路面纵向接缝处，加热宽度应超过搭接边线 100 mm~200 mm。

8.6 路面翻松（或铣刨）

路面翻松（或铣刨）应符合下列要求：

- a) 翻松（或铣刨）深度应均匀一致，深度变化时应缓慢渐变；
- b) 翻松（或铣刨）面应有足够的表面粗糙度；

c) 翻松（或铣刨）前路表面的温度应符合本文件 8.2.6 b) 的要求。

8.7 新材料的添加

沥青再生剂、新沥青（需要时）、新沥青混合料（需要时）等新材料的添加应符合下列要求：

- a) 添加量应根据配合比设计计算确定，并换算成相应机械施工参数；
- b) 材料添加应均匀、精准；
- c) 沥青再生剂的添加，宜采用压力喷洒方式直接喷在已翻松的 RAP 中，或在翻松过程中边翻松边喷洒，保证沥青再生剂与 RAP 的充分均匀混合；
- d) 应考虑路段的特殊情况，根据其具体状况调整新材料的用量。

8.8 再生沥青混合料拌和

再生沥青混合料拌和应符合下列要求：

- a) 应根据当地、当时的再生沥青混合料施工要求选择合适的拌和温度，以保证摊铺均匀、稳定，表面不拉毛、成团，确保压实；
- b) 再生沥青混合料应采用独立的拌和缸拌和，各组分应充分拌和均匀，不离析。

8.9 再生沥青混合料摊铺

再生沥青混合料摊铺应符合下列要求：

- a) 摊铺速度应与加热机组协调一致、均匀稳定，宜为 1.5 m/min~4.0 m/min；
- b) 再生沥青混合料摊铺应均匀、稳定，表面无微裂纹、拉毛，无温度离析与颗粒离析；
- c) 应调试好摊铺机熨平板的振捣功率与频率，提高沥青混合料的初始压实度，减少温度损失；
- d) 普通石油沥青再生沥青混合料的摊铺温度不宜低于 135 ℃，SBS 改性沥青再生沥青混合料的摊铺温度不宜低于 150 ℃。

8.10 再生沥青混合料碾压

再生沥青混合料碾压应符合下列要求：

- a) 一个工作面应配备 2 台自重不低于 12 吨的双钢轮振动压路机、1 台自重不低于 30 吨的轮胎压路机，进行组合碾压；
- b) 压路机的压实组合工艺与遍数应通过试验路确定；
- c) 压路机应紧跟摊铺机进行碾压，采取“高频、低幅、紧跟、慢压、均匀、同步、少水”的碾压原则；
- d) 对于摊铺机、大吨位压路机无法进行正常施工的部位，应采用人工摊铺、小型机具配合碾压。

8.11 施工接缝

施工接缝应符合下列要求：

- a) 纵向接缝施工时，人工把两侧纵缝耙顺直，离纵缝 50 mm~100 mm 的摊铺料面略高出 5 mm~10 mm；钢轮压路机应对热接缝部位从未加热路面向摊铺面逐步进行压实，保证纵缝的充分压实、不渗水，最后铲除纵缝外路面上粘附的沥青混合料，再碾压消除缝迹，检查平整度，直至合格；
- b) 起步处横向接缝施工时，可在原路面上铺设一些热沥青混合料使之预热软化，以加强新旧沥青混合料的黏结，在开始碾压前应将预热用的沥青混合料铲除，离横缝 50 mm~100 mm 的摊铺料面略高出 5 mm~10 mm；碾压时，压路机应从未再生路面逐步横向或斜向移压至再生路面，使

横缝密实、平顺；

- c) 收尾处横向接缝施工时，摊铺机完整摊完、驶过终点后，将熨平板抬起驶离现场，人工将端部沥青混合料铲齐、离横缝 50 mm~100 mm 的摊铺料面略高出 5 mm~10 mm，然后清除多余的沥青混合料；碾压时，压路机应从未再生路面逐步横向或斜向移压至再生路面，使横缝密实、平顺。

8.12 修边

8.12.1 再生路面碾压完成后，应将纵、横接缝外粘在未再生的路面上的沥青混合料、沥青再生剂或沥青清理、修整，并用钢轮压路机静压 1~2 遍，保证接缝平整、顺直、美观、不渗水。

8.12.2 对于接缝外的加热痕迹，可涂刷少量沥青再生剂，恢复其性能与颜色。

8.12.3 多余、废弃的材料均应清除，妥善处理，不应随地丢弃。

8.13 开放交通及其他

8.13.1 再生路面温度应低于 50 °C 时，才可开放交通。

8.13.2 再生路面其他事项，应符合 JTG/T 5521 中的相关规定。

9 质量管理与验收

9.1 质量管理

9.1.1 在厂拌热再生施工过程中应对 RAP 按表 3 项目进行检查。

表 3 厂拌热再生施工过程中 RAP 的检查频率与质量要求

| 检查项目 | | 检测频率 | | 质量要求或允许偏差 | | 试验方法 |
|---|-------------------|--------------|--------------|-----------|--------|-------------------------------|
| | | 高速与一级公路 | 其他等级公路 | 高速与一级公路 | 其他等级公路 | |
| RAP 含水率 % | | 每日 1 次 | 每 2 日 1 次 | ≤ 2 | ≤ 2 | 本文件附录 A |
| RAP 中集料毛体积相对密度 | | 每 3000 t 1 次 | 每 5000 t 1 次 | 实测 | 实测 | JTG E20, T 0722、T 0304、T 0330 |
| RAP 矿料级配 | ≤ 0.075 mm | 每日 1 次 | 每 2~3 日 1 次 | ± 2% | ± 3% | JTG E20, T 0722、T 0303、T 0327 |
| | 0.075 mm 以上筛孔通过率 | 每日 1 次 | 每 2~3 日 1 次 | ± 5% | ± 8% | |
| RAP 沥青含量 % | | 每日 1 次 | 每 2~3 日 1 次 | ± 0.3 | ± 0.5 | JTG E20, T0722 或 T0735 |
| RAP 沥青 | 针入度 (25 °C) 0.1mm | 每 3000 t 1 次 | 每 5000 t 1 次 | ± 5 | ± 7 | JTG E20, T 0722、T 0726、T 0604 |
| | 粘度 (60 °C) Pa·s | 每 5000 t 1 次 | 需要时测 | ± 10% | ± 15% | JTG E20, T 0722、T 0726、T 0620 |
| 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，如超出允许偏差，应重做配合比设计。城镇道路参照本文件使用时，城镇快速路和主干路对应本表中的高速和一级公路、次干路和支路对应其他等级公路执行。 | | | | | | |

表4 就地热再生施工过程中沥青混合料质量控制标准

| 检查项目 | | 检查频率 | 质量要求或允许偏差 | 试验方法 |
|------------------|----------|----------|-----------------------------------|--|
| 沥青混合料外观 | | 随时 | 均匀, 无离析、花白料、油团 | 目测 |
| 沥青混合料、沥青再生剂、沥青用量 | | 随时 | 适时调整, 总量控制 | 每天计算 |
| 再生混合料级配 % | 0.075 mm | 每日 1~2 次 | ±2 | JTG E20, T 0725、 T 0735 |
| | ≤2.36 mm | | ±5(高速和一级公路、快速路和主干路) ±6(其他等级道路) | |
| | ≥4.75 mm | | ±6(高速和一级公路、快速路和主干路) ±7(其他等级道路) | |
| 再生沥青混合料沥青含量 % | | 每日 1~2 次 | 设计值±0.3 | JTG E20, T 0722、 T 0735 |
| 空隙率、稳定度、流值试验 | | 每日 1~2 次 | 符合设计要求 | JTG E20, T 0702、 T 0705、T 0706、 T 0709 |
| 浸水马歇尔与冻融试验 | | 必要时 | 符合设计要求 | JTG E20, T 0702、 T 0709 |
| 车辙动稳定度试验 | | 必要时 | 符合设计要求 | JTG E20, T 0719 |

表5 就地热再生施工过程中工程质量控制标准

| 检查项目 | 检查频率 | 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、推挤、油包、离析等缺陷 | 目测 |
| 纵、横接缝高差 mm | 每 200 m 测 1 处 | ≤3 | 3 m 直尺间隙 |
| 翻松裸露面温度 °C | 随时 | ≥85(普通沥青) | 紧跟铣刨刀头测量 |
| | | ≥100(改性沥青) | |
| 再生沥青混合料摊铺温度 °C | 随时 | ≥135(普通沥青) | 温度计测量 |
| | | ≥150(改性沥青) | |
| 平整度(标准差) mm | 全线连续 | ≤1.5(高速和一级公路、城镇快速路和主干路) | JTG E60, T 0932: 全程每车道施工段连续, 按每 100 m 施工段计算标准差 |
| | | ≤2.5(其他等级公路) | |
| 再生厚度 mm | 每 1500 m ² 检验 1 处 | -1, +5(基于设计厚度) | JTG E60, T 0912 |
| 加铺厚度 mm | 每 1500 m ² 检验 1 处 | -1, +5(基于设计厚度) | JTG E60, T 0912 |
| 宽度 mm | 每 100 m 检验 1 次 | ≥设计宽度 | JTG E60, T 0911 |
| 压实度 % | 每 1500 m ² 检验 1 组 | ≥93(基于理论最大相对密度) | JTG E60, T 0924 |
| 粘结效果 | 试验路段连续 | 再生路面与原路面结构层间芯样是否完整 | JTG E60, T 0912 |
| 渗水系数 mL/min | 每 1500 m ² 检验 1 处 | 符合设计要求 | JTG E60, T 0971 |

9.2 检查验收

热再生沥青混合料路面的检查验收除应符合本文件规定外，公路热再生沥青混合料路面的检查验收还应符合 JTG F80/1 与 JTG/T 5521 的相关规定，城镇道路热再生沥青混合料路面的检查验收还应符合 CJJ1 与 JTG/T 5521 的相关规定。

附 录 A
(规范性)
RAP 取样与试验分析

A.1 现场取样

A.1.1 分析路面结构和路面维修记录，根据路面情况是否相同或相近，将施工路段划分为若干个子路段，每个子路段长度宜为 500 m~5000 m，或面积宜为 5000 m²~50000 m²。

A.1.2 按照 JTG 3450 中“随机取样方法”确定取样点位置。

A.1.3 厂拌热再生每个子路段取样断面数不少于 2 个，宜用铣刨方法获得样品。就地热再生 RAP 应通过热再生机在旧路面现场取样，每个子路段每个车道分别取样不少于 1 处；不能用热再生机取样时，可用经过比对验证后符合要求的其他机械设备取样。

A.1.4 根据需要，取足够数量的 RAP。

A.2 拌和场料堆取样

A.2.1 取样前，应用装载机把已分堆贮存的 RAP 翻拌均匀，并基本摊平成圆饼状或长方形状，高度不宜超过 3 m。

A.2.2 取样前应去除表面 150 mm~250 mm 深度范围内的部分，取样方法参照 JTG E42 中粗集料取样方法进行。

A.2.3 根据需要，取足够数量的 RAP。

A.3 试验缩分

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 RAP 评价

A.4.1 含水率

根据烘干前、后 RAP 质量的变化，按照公式 A.1 计算 RAP 的含水率。试验方法参照 JTG E42 中粗集料含水率试验进行，烘箱加热温度调整为 105 °C ± 3 °C 恒温。

$$\omega = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- ω —— RAP 含水率 (%)；
- m_w —— RAP 烘干前质量 (g)；
- m_d —— RAP 烘干至恒重后的质量 (g)。

A.4.2 砂当量

用 4.75 mm 方孔筛筛除 RAP 中的粗颗粒，进行砂当量指标检测。试验按照 JTG E42 中细集料砂当量试验方法进行。

A.4.3 RAP 的沥青含量和性质

RAP 的沥青含量和性能测试应符合下列要求：

- a) 按照 JTG E20 中的 T 0726 或 T 0727 从沥青混合料中回收沥青，如果采用其他方法，应进行重复性和复现性试验，并进行空白沥青标定；
- b) 检测沥青含量和回收沥青的 25 °C 针入度、60 °C 动力黏度、软化点、15 °C（或 5 °C，改性沥青）延度等指标；
- c) 具有下列情形之一的，应进行空白沥青标定：
 - 1) 更换沥青回收设备时；
 - 2) 更换三氯乙烯品种或供应商时；
 - 3) 回收沥青性能异常；
 - 4) 沥青混合料来源发生变化时。
- d) 重复性试验与复现性试验的精度与允许误差如表 A.1 所示。

表 A.1 RAP 回收沥青性能试验精度与允许误差

| 试验项目 | | 试验结果平均值 | 精度与允许误差 | |
|-----------------|-----------------------|----------------|------------|------------|
| | | | 重复性试验 | 复现性试验 |
| RAP 回收 沥青 | 针入度 (25 °C) 0.1 mm | <50 | ≤2 | 小于平均值的 10% |
| | | ≥50 | ≤4 | 小于平均值的 10% |
| | 动力粘度 (60 °C) Pa·s | — | 小于平均值的 10% | 小于平均值的 15% |
| | 软化点 °C | ≤80 | ≤2.5 | ≤5 |
| | 延度 cm | 普通石油沥青 (15 °C) | ≤100 | 小于平均值的 20% |
| SBS 改性沥青 (5 °C) | | ≤20 | 小于平均值的 10% | 小于平均值的 15% |

A.4.4 RAP 的矿料级配和集料性能

RAP 的矿料级配和集料性能测试应符合下列要求：

- a) 将抽提试验后得到的全部矿料烘干至恒重，矿料降到室温后用标准方孔筛进行水洗筛分试验，确定 RAP 中的旧矿料级配；
- b) RAP 的沥青含量与级配也可以采用燃烧法确定，若集料在燃烧过程中由于高温导致破碎，则不宜采用该法；
- b) RAP 中集料的性能，应按照相关的行业规范、规程进行检测。

附 录 B

(规范性)

厂拌热再生沥青混合料配合比设计

B.1 一般规定

- B.1.1 本方法适用于厂拌热再生密级配沥青混合料与沥青稳定碎石混合料的配合比设计。
- B.1.2 配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证与试拌试铺三个阶段，确定 RAP 的掺配比例、沥青再生剂品种及掺量（需要时）、新矿料品种及比例、再生沥青混合料矿料级配、新沥青最佳用量。
- B.1.3 目标配合比设计宜按照图 B.1 的步骤进行。
- B.1.4 目标配合比设计时，RAP 料应从经预处理后 RAP 贮料仓中取样。
- B.1.5 宜采用马歇尔设计方法进行配合比设计。如果采用其他设计方法设计，应按照本方法进行设计检验，符合要求时方可使用。
- B.1.6 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤进行，但材料应分别从热料仓、RAP 暂存仓中取样。

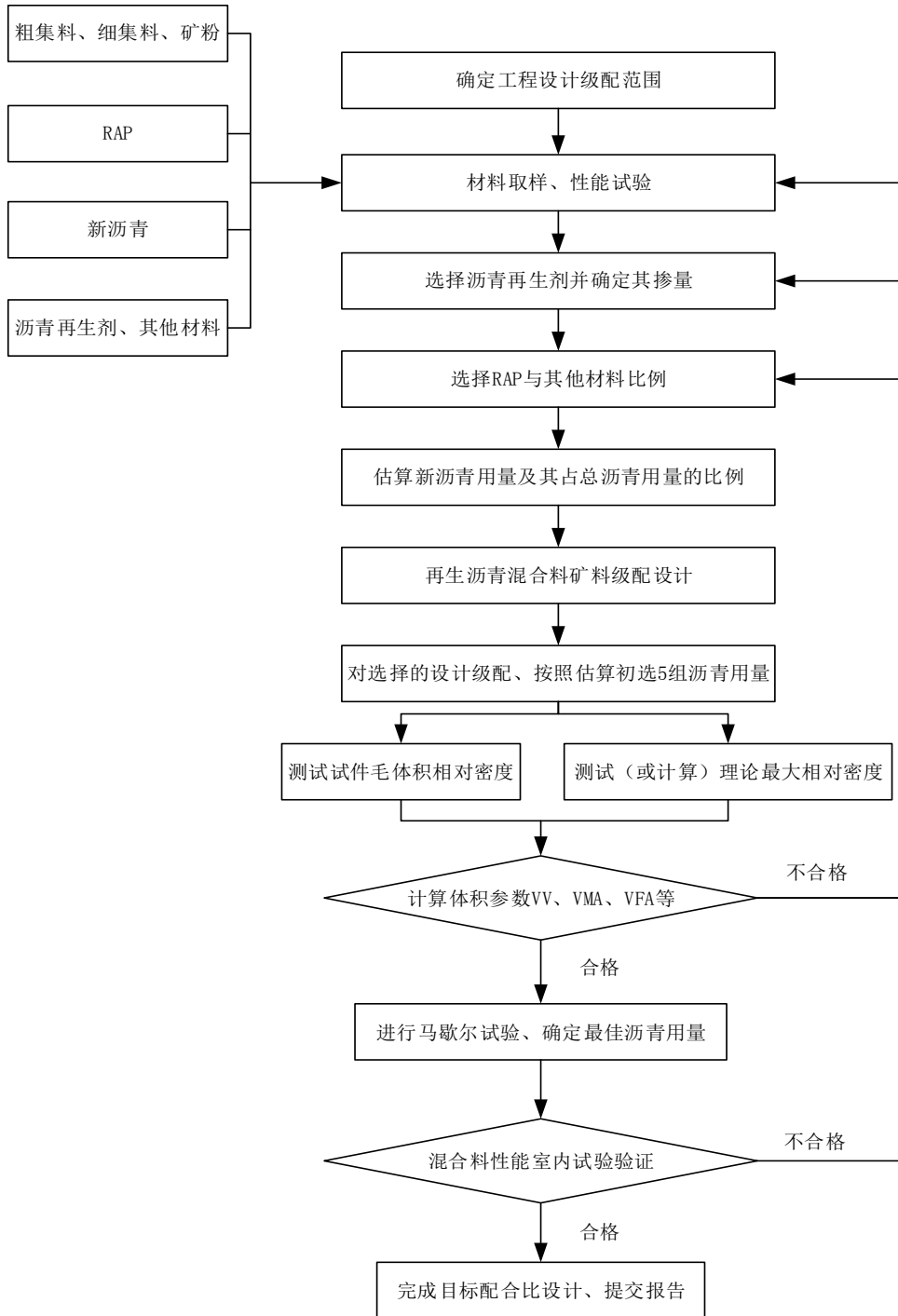


图 B.1 厂拌热再生沥青混合料目标配合比设计流程图

B.2 级配与 RAP 掺量

B.2.1 根据道路等级、气候条件、交通特点，借鉴国内外成功经验，确定再生沥青混合料矿料的工程级配范围。重载及以上交通荷载的道路选用粗型级配，其他交通等级的道路可采用细型级配。

B.2.2 根据工程需要、RAP 与各新加材料的特性、再生沥青混合料性能等，合理确定 RAP 的掺配比例。

B.3 新沥青及沥青再生剂用量确定

B.3.1 再生沥青目标标号

再生沥青目标标号应符合设计文件的技术要求，再生沥青技术指标应符合 5.8.1 的要求。特殊情况下，经技术论证后再生沥青延度指标可适当放宽。

B.3.2 新沥青

厂拌热再生沥青混合料添加的新沥青应根据工程需要与设计文件的要求来确定，新沥青技术指标应符合 5.2 的要求。

B.3.3 沥青再生剂及掺量

当 RAP 中的回收沥青老化比较严重，采用新旧沥青调和的方法不能达到再生沥青的设计要求指标时，应根据回收沥青的指标与组分分析、实践经验筛选合适的沥青再生剂，选择 5 个以上掺量的沥青再生剂与抽提的回收沥青充分拌和均匀后，检测沥青的全套性能指标，最后选择再生沥青符合技术要求、沥青再生剂掺量适当、最经济的掺配比例作为沥青再生剂的目标掺量。

B.4 矿料级配设计

B.4.1 根据 RAP 的老化程度、含水率、RAP 矿料级配变异情况以及工程实际、沥青混合料类型、拌和设备的类型与加热干燥能力、新矿料的性质，综合确定新矿料与 RAP 的掺配比例。

B.4.2 将粗、细 RAP 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级配设计。

B.5 确定最佳沥青用量

根据工程经验，预估沥青用量 P_{nb} ，用 P_{nb} 、 $P_{nb} \pm 0.5\%$ 、 $P_{nb} \pm 1.0\%$ 这五个沥青用量，按照 JTG F40 马歇尔设计方法确定最佳沥青用量。

B.6 马歇尔试件制备方法

B.6.1 将 RAP 置于 110 °C ~ 120 °C（改性沥青为 120 °C ~ 130 °C）烘箱中恒温不超过 2 h，烘干 RAP 中的水分使其分散。

B.6.2 根据再生沥青的黏温曲线（改性沥青应比相应的普通石油沥青高 10 °C ~ 15 °C）确定沥青混合料的拌和与成型温度，新集料加热温度宜比拌和温度高 10 °C ~ 15 °C。

B.6.3 再生沥青混合料拌和时的投料顺序是先把沥青再生剂加入到粗、细 RAP 中预拌均匀后，再加入新集料、新沥青拌和，最后加入矿粉继续拌和至均匀为止，总拌和时间一般为 3 min 左右。

B.6.4 将一个试件所需的沥青混合料倒入预热的试模中，成型方法按 JTG E20 试验规程进行。

B.6.5 再生矿料密度测试参照 JTG F40，再生矿料的合成毛体积相对密度及合成表观相对密度分别见公式 B.1、B.2：

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n ：各种矿料（包括再生矿料）成分的配合比，其和为 100；

γ_1 、 γ_2 、 \dots 、 γ_n ：各种矿料（包括再生矿料）相应的毛体积相对密度。

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n ：各种矿料（包括再生矿料）成分的配合比，其和为 100；

γ'_1 、 γ'_2 、 \dots 、 γ'_n ：各种矿料（包括再生矿料）按试验规程方法测定的表观相对密度。

注：再生沥青混合料中加入了一定比例的旧料，因此再生矿料与新沥青混合料中的矿料相比多了一种成分，那就是旧料中的矿料，在计算再生矿料的合成毛体积相对密度及合成表观相对密度时，应把 RAP 中的矿料参与密度计算，B.1、B.2 式中各种矿料包含 RAP 中矿料。

B.6.6 其他试验步骤参照 JTG F40 与 JTG E20 进行。

B.7 配合比设计检验

按照 JTG F40 与 JTG E20 中对热拌沥青混合料配合比设计方法的相关规定进行。

B.8 配合比设计报告

厂拌热再生沥青混合料配合比报告应包括：RAP 试验结果，RAP 掺量，沥青再生剂与再生沥青试验结果，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，各种材料比例，以及再生沥青混合料完整性能试验结果。

附录 C

(规范性)

就地热再生沥青混合料配合比设计

C.1 一般规定

- C.1.1 本方法适用于就地热再生密级配沥青混合料与沥青稳定碎石混合料的配合比设计。
- C.1.2 应在对旧沥青路面进行充分调查、研究，收集与路面相关的所有资料与信息（建设、养护、地材、施工设备等）的基础上，根据工程要求、公路等级、气候条件、交通情况、准备使用的再生设备，充分借鉴成功经验，选用符合要求的材料，进行配合比设计。
- C.1.3 应对旧路面进行详细调查、预先划分路段，根据各段 RAP 性能（沥青含量、沥青老化程度，集料类型和级配情况）评价结果，把性能基本相同的路段合并成同类施工段，并重新进行分类编号，对各类施工段均应分别做再生沥青混合料配合比设计，尽可能保证所有再生沥青混合料的性能基本一致。
- C.1.4 就地热再生沥青混合料的配合比设计应通过目标配合比设计、配合比验证两个阶段，确定各类施工段 RAP 的掺配比例、沥青再生剂与新沥青品种及掺量（需要时）、新矿料品种及质量、参加的新沥青混合料的矿料级配、沥青指标与用量。
- C.1.5 就地热再生目标配合比完成后，应通过试验路段进行配合比验证，符合要求后才能正式用于施工。
- C.1.6 就地热再生，以 RAP 的矿料级配与新矿料的合成级配作为级配设计依据，合成级配宜符合设计文件或根据 JTG F40 中所规定的相应类型沥青混合料的级配范围提出的工程级配要求。
- C.1.7 就地热再生工程设计宜按照图 C.1 的流程进行，就地热再生沥青混合料的目标配合比设计宜按照图 C.2 的流程进行。
- C.1.8 室内试验用的 RAP 应采用与实际施工类似的就地再生设备在旧路面上取样；采用其他取样方式，应与就地再生设备取样方式进行比对校核，误差在可接受范围内方可采用。
- C.1.9 就地热再生沥青混合料宜采用马歇尔设计方法进行配合比设计。如采用其他设计方法设计，应经验证可行时方可使用。
- C.1.10 加铺再生用的沥青混合料配合比设计应按 JTG F40 规范执行。

C.2 级配与 RAP 掺量

- C.2.1 根据道路等级、气候条件、交通特点，借鉴国内外成功经验，确定再生沥青混合料矿料的工程级配范围。重载及以上交通荷载的道路选用粗型级配，其他交通等级的道路可采用细型级配。
- C.2.2 根据现场路面车辙深度、宽度、路面磨损量计算确定新沥青混合料掺量；根据现场 RAP 的矿料级配，以改善 RAP 中矿料级配来选取新矿料级配。
- C.2.3 根据 RAP 的矿料级配、掺配比例与工程级配范围，合理确定新沥青混合料的矿料级配。

注：对于就地热再生，所有 RAP 宜全部应用，添加的新沥青混合料是用来补充旧路面因车辙、磨损、坑洞等因素而引起的数量的不足，其量有限。应以能改善再生沥青混合料的级配来设计新沥青混合料的矿料级配，因此新沥青混合料的矿料级配有可能是单级配、也有可能是断级配的。

C.3 新沥青及沥青再生剂用量确定

C.3.1 再生沥青目标标号

再生沥青目标标号应符合设计文件的技术要求，再生沥青技术指标应符合 5.8.1 的要求。特殊情况下，经技术论证后再生沥青延度指标可适当放宽。

C.3.2 新沥青

就地热再生沥青混合料添加的新沥青应根据工程需要与设计文件的要求来确定，新沥青技术指标应符合 5.2 的要求。

C.3.3 沥青再生剂及掺量

当 RAP 中的回收沥青老化比较严重，采用新旧沥青调和的方法不能达到再生沥青的设计要求指标时，应根据回收沥青的指标与组分分析、实践经验配制或选择合适的沥青再生剂，选择 5 个掺量以上的沥青再生剂与抽提的回收沥青充分拌和均匀后，检测沥青的全套性能指标，最后选择再生沥青符合技术要求、沥青再生剂掺量适当，最经济的掺配比例作为沥青再生剂的目标掺量。

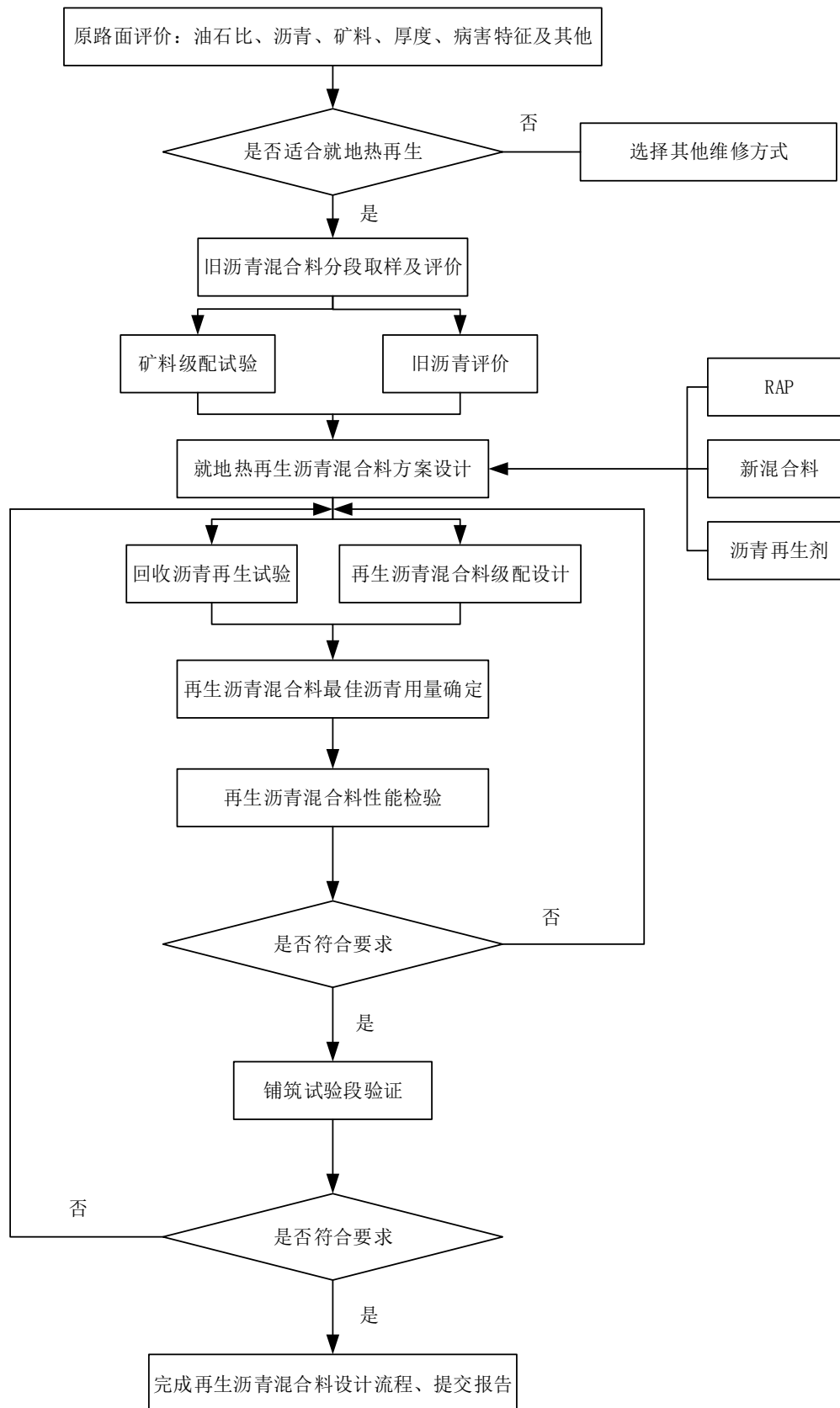


图 C.1 就地热再生工程设计流程图

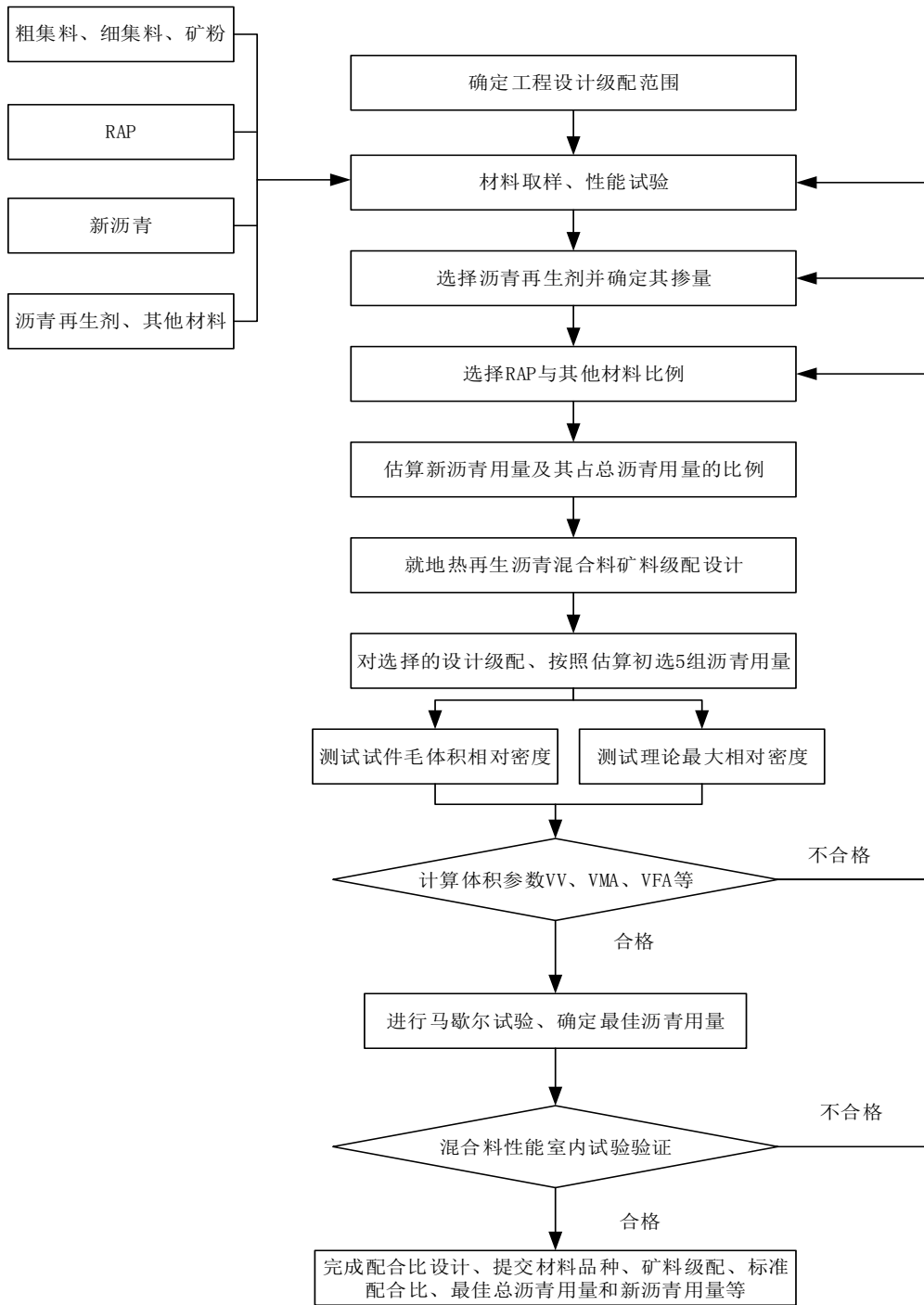


图 C.2 就地热再生沥青混合料目标配合比设计流程图

C.4 矿料配合比设计

C.4.1 根据 RAP 的老化程度、含水率、RAP 矿料级配变异情况以及工程实际、沥青混合料类型、再生设备的类型与加热能力、新集料的性质，综合确定新集料级配。

C.4.2 将粗、细 RAP 中的矿料分别作为一种原材料参与再生沥青混合料的矿料级配设计。

C.5 确定最佳沥青用量

根据工程经验，预估沥青用量 P_{nb} ，用 P_{nb} 、 $P_{nb} \pm 0.5\%$ 、 $P_{nb} \pm 1.0\%$ 这五个沥青用量，按照 JTG F40

马歇尔设计方法确定最佳沥青用量。

C.6 马歇尔试件制备方法

C.6.1 将 RAP 置于 110 °C~120 °C (改性沥青为 120 °C~130 °C) 烘箱中恒温不超过 2 h, 烘干 RAP 水分使其分散。

C.6.2 根据再生沥青的黏温曲线 (改性沥青应比相应的普通石油沥青高 10 °C~15 °C) 确定沥青混合料的拌和与成型温度, 新集料加热温度宜比拌和温度高 10 °C~15 °C。

C.6.3 再生沥青混合料拌和时的投料顺序是先把沥青再生剂加入到粗、细 RAP 中预拌均匀后, 再加入新集料、沥青拌和, 最后加入矿粉继续拌和至均匀为止, 总拌和时间一般为 3 min 左右。

C.6.4 将一个试件所需的沥青混合料倒入预热的试模中, 成型方法按 JTG E20 试验规程进行。

C.6.5 再生矿料密度测试参照 JTG F40, 再生矿料的合成毛体积相对密度及合成表观相对密度 分别见公式 C.1、C.2:

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n : 各种矿料成分的配合比, 其和为 100;

γ_1 、 γ_2 、 \dots 、 γ_n : 各种矿料相应的毛体积相对密度。

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n : 各种矿料成分的配合比, 其和为 100;

γ'_1 、 γ'_2 、 \dots 、 γ'_n : 各种矿料按试验规程方法测定的表观相对密度。

注: 再生沥青混合料中加入了一定比例的旧料, 因此再生矿料与新沥青混合料中的矿料相比多了一种成分, 那就是旧料中的矿料, 在计算再生矿料的合成毛体积相对密度及合成表观相对密度时, 应把 RAP 中的矿料参与密度计算, C.1、C.2 式中各种矿料包含 RAP 中矿料。

C.6.6 其他试验步骤参照 JTG F40 与 JTG E20 进行。

C.7 配合比设计检验

按照 JTG F40 与 JTG E20 中对热拌沥青混合料配合比设计方法的相关规定进行。

C.8 配合比设计报告

就地热再生沥青混合料配合比报告应说明适应哪一类再生路段, 内容应包括: RAP、新集料、沥青再生剂、沥青、再生沥青等的试验结果, 确定的工程设计级配范围、新沥青混合料矿料级配、新沥青混合料掺量、沥青再生剂与沥青 (需要时) 掺量、再生沥青混合料的最佳沥青用量与矿料级配、再生沥青混合料完整性能试验结果, 同时还应说明相应材料掺量转换成设备施工的参数。