

# 黑龙江省沥青路面冷再生设计与施工技术规范

（征求意见稿）

主要起草单位：黑龙江省交通运输信息和科学研究中心

联系人：杨洪生

联系电话：18686761865

邮箱：8519942@qq.com

2022 - XX - XX 发布

2022 - XX - XX 实施



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 材料 ..... 2

    4.1 沥青混合料回收料（RAP） ..... 2

    4.2 无机回收料（RAI） ..... 3

    4.3 道路石油沥青 ..... 4

    4.4 乳化沥青 ..... 4

    4.5 泡沫沥青 ..... 4

    4.6 水泥 ..... 4

    4.7 新集料 ..... 4

    4.8 矿粉技术要求 ..... 5

    4.9 水 ..... 5

5 沥青路面冷再生结构组合设计 ..... 6

    5.1 路况调查 ..... 6

    5.2 冷再生路面结构组合设计 ..... 6

6 冷再生混合料组成设计 ..... 6

    6.1 一般规定 ..... 6

    6.2 乳化沥青冷再生混合料配合比设计 ..... 6

    6.3 泡沫沥青冷再生混合料配合比设计 ..... 7

    6.4 水泥稳定冷再生混合料配合比设计 ..... 8

7 沥青路面厂拌冷再生 ..... 8

    7.1 一般规定 ..... 8

    7.2 施工准备 ..... 8

    7.3 冷再生混合料拌和、运输及其他要求 ..... 10

    7.4 施工过程质量控制 ..... 11

    7.5 交工后质量控制和检查验收 ..... 12

8 沥青路面就地冷再生 ..... 13

    8.1 一般规定 ..... 13

    8.2 施工准备 ..... 13

    8.3 铣刨与拌和 ..... 14

    8.4 摊铺 ..... 14

    8.5 碾压、养生及开放交通 ..... 14

    8.6 质量控制和检查验收 ..... 14

9 全深式冷再生施工 ..... 15

    9.1 一般规定 ..... 15

9.2 施工准备 ..... 15

9.3 铣刨与拌和 ..... 16

9.4 摊铺与碾压 ..... 16

9.5 养生及开放交通 ..... 17

9.6 质量控制和检查验收 ..... 17

附录 A（规范性附录）探坑调查与回收沥青路面材料（RAP）取样试验分析 ..... 18

附录 B（规范性附录）沥青发泡性能试验方法 ..... 21

附录 C（规范性附录）沥青路面冷再生结构组合设计的结构建议 ..... 23

附录 D（规范性附录）沥青路面冷再生方法选择建议 ..... 24

# 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》的规则起草。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件主要起草单位：黑龙江省交通运输信息和科学研究中心、哈尔滨路帆工程技术咨询有限公司、黑龙江省公路勘察设计院、黑龙江省公路建设中心、龙建路桥股份有限公司、黑龙江省公路工程造价站。

本文件主要起草人：杨洪生、徐岩、肖阳、武鹤、潘玲、于波、于立泽、董乃宝、陈阳、王旭、任景飞、辛欣、陈海风、荣梅、靳瑞宝、谭万龙、赵兴会、陈铁林、齐光远。



# 黑龙江省沥青路面冷再生设计与施工技术规范

## 1 范围

本文件规定了公路沥青路面冷再生设计与施工技术规程的术语和定义、材料、沥青路面冷再生结构组合设计、冷再生混合料设计、沥青路面厂拌冷再生、沥青路面就地冷再生、全深式冷再生。  
本文件适用于黑龙江省各等级公路的沥青路面冷再生工程。

## 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。

- GB 12523 建筑施工场界噪声排放标准
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- JTG 3430 公路土工试验规程
- 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/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
- 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 E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- 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 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

#### 沥青混合料回收料（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。

### 3.2

#### 无机回收料（RAI）

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧无机结合料稳定粒料或旧无结合料粒料。

### 3.3

### **厂拌冷再生**

在拌合站将RAP（或RAP+RAI）破碎、筛分后，以一定的比例与新集料、再生结合料、水等在常温下拌和为混合料，然后铺筑形成沥青路面的技术。

#### **3.4**

### **就地冷再生**

对沥青路面进行现场铣刨，必要时掺加部分新集料、胶结料、活性填料（水泥、石灰等）和水，经过常温拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现原沥青路面材料再生的技术。

#### **3.5**

### **全深式冷再生**

采用专用设备对沥青层及部分下承层进行就地翻松，或是将沥青层部分或全部铣刨移除后对部分下承层进行就地翻松，同时掺入一定数量的新矿料、再生结合料、水等，经过常温拌和、摊铺、压实等工序，实现旧沥青路面再生的技术。

#### **3.6**

### **泡沫沥青**

将热沥青和水在专用的发泡设备内混合、膨胀，形成含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

#### **3.7**

### **乳化沥青**

道路石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等作用下，经乳化加工制得的均匀沥青产品。

#### **3.8**

### **RAP 掺量**

沥青混合料回收料（RAP）占再生混合料矿料总质量的百分比。

#### **3.9**

### **干湿劈裂强度比**

马歇尔试件浸水后的劈裂强度与未浸水试件的劈裂强度之比。

#### **3.10**

### **冷再生结合料**

新添加到再生混合料中起到主要胶结作用的材料，主要包括道路石油沥青、改性沥青、乳化沥青、泡沫沥青、水泥等。

## **4 材料**

### **4.1 沥青混合料回收料（RAP）**

4.1.1 厂拌冷再生时，RAP 必须经过预处理后方可使用。RAP 的预处理方法应符合 JTG/T 5521 中 3.0.3 及 3.0.4 的相关规定。

4.1.2 使用乳化沥青和泡沫沥青作为结合料时，厂拌冷再生经过预处理的 RAP 砂当量应不低于 55%，其他检测项目、技术要求和试验方法符合 JTG/T 5521 中 5.2 及 5.3 的相关规定。



- 4.1.3 不同来源、规格、类型的 RAP 应分开堆放、不得混杂，保证材料的均匀性。
- 4.1.4 RAP、新集料应堆放在预先经过硬化处理的场地内，必要时应具备防雨设施，粒径小于 4.75 mm 的 RAP 须进行防雨遮盖。

RAP应满足如下要求：

a) RAP级配组成应保持稳定，RAP质量检测项目要求见表1；

表 1 RAP 质量检测项目要求

| 材料                                                | 检测项目                             | 单位    | 技术要求      |    | 试验方法          |
|---------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-----------|----|---------------|
|                                                   |                                  |       | 下面层       | 基层 |               |
| RAP<br>(厂拌)                                       | 含水率，不大于                          | %     | 实测        | 实测 | 附录 A          |
|                                                   | RAP 级配                           | —     | 实测        | 实测 |               |
|                                                   | 沥青含量                             | %     | 实测        | 实测 |               |
|                                                   | 4.75mm 以下部分砂当量 <sup>a</sup> ，不小于 | %     | 55        |    |               |
|                                                   | 最大粒径，不大于                         | mm    | 设计要求的最大粒径 |    | JTG E42，T0303 |
|                                                   | 4.75mm 通过率变异性 <sup>b</sup> ，不大于  | %     | ±5        | ±8 |               |
|                                                   | 0.075mm 通过率变异性，不大于               | %     | ±2        | ±4 |               |
| RAP<br>(就地)                                       | RAP 级配                           | —     | 实测        | 实测 | 附录 A          |
|                                                   | 沥青含量                             | %     | 实测        | 实测 |               |
|                                                   | 4.75mm 以下部分砂当量 <sup>a</sup> ，不小于 | %     | 60        | 55 |               |
| RAP 中沥青                                           | 针入度（25℃，5s，100g）                 | 0.1mm | 实测        | 实测 | JTG E42，T0604 |
|                                                   | 软化点                              | ℃     | 实测        | 实测 | JTG E42，T0606 |
|                                                   | 延度（15℃）                          | cm    | 实测        | 实测 | JTG E42，T0605 |
| RAP 中粗集料                                          | 针片状含量，不大于                        | %     | 15        | 20 | JTG E42，T0312 |
|                                                   | 压碎值，不大于                          | %     | 28        | 30 | JTG E42，T0316 |
|                                                   | 与沥青的粘附性，不小于                      | —     | 4         | 4  | JTG E20，T0616 |
| RAP 中细集料                                          | 棱角性                              | %     | 实测        | 实测 | JTG E20，T0345 |
|                                                   | 2.36mm 以下砂当量，不小于                 | %     | 55        | 实测 | JTG E20，T0334 |
| <sup>a</sup> 当 RAP 中不含有半刚性基层材料时，可不用检测砂当量。         |                                  |       |           |    |               |
| <sup>b</sup> 4.75mm 和 0.075mm 通过率变异性在配合比设计阶段不用检测。 |                                  |       |           |    |               |

- b) 当 RAP（厂拌）中超粒径颗粒含量达不到要求时，不得使用。可采用剔除超粒径颗粒或再次破碎、过筛重组的办法，使其达到要求；
- c) RAP 中粗集料、细集料指标达不到要求时，但掺配新集料后，混合后粗、细集料的指标符合本文件4.7条款要求时，可以使用，否则不得使用。

4.2 无机回收料（RAI）

- 4.2.1 再生混合料设计时，应测试无机回收料（RAI）的含水率和级配。
- 4.2.2 RAI 质量检测项目要求见表 2。

表2 RAI 质量检测项目要求

| 检测项目              | 技术要求 | 试验方法<br>(JTG 3430) |
|-------------------|------|--------------------|
| 含水率 (%), 不大于      | 3    | T0103              |
| 最大粒径 (mm), 不大于    | 37.5 | T0115              |
| 不均匀系数 $C_u$ , 不小于 | 5    | T0115              |
| 塑性指数 $I_p$ , 不大于  | 17   | T0118              |

### 4.3 道路石油沥青

4.3.1 制备乳化沥青、泡沫沥青宜使用 90 号或 70 号 A 级道路石油沥青，其技术要求应符合 JTG F40 中 4.2 的相关规定。

4.3.2 沥青必须按照品种、标号分开存放，在贮运、使用和存放过程中禁止对沥青进行反复加热，并应有良好防水措施，避免雨水或者加热管道蒸汽进入沥青中。

### 4.4 乳化沥青

4.4.1 乳化沥青蒸发残留物 25 °C 针入度指标应满足 55 (0.1 mm) ~ 125 (0.1 mm) 的技术要求。其他试验项目、质量要求和试验方法应符合 JTG/T 5521 中 5.2 的相关规定。

4.4.2 通常情况下，厂拌冷再生宜采用慢裂型阳离子乳化沥青；就地冷再生、全深式冷再生宜采用中裂型或者慢裂型阳离子乳化沥青。

### 4.5 泡沫沥青

泡沫沥青技术要求应满足表3。

表3 泡沫沥青技术要求

| 试验项目    | 技术要求      | 试验方法 |
|---------|-----------|------|
| 膨胀率 (倍) | $\geq 12$ | 附录 B |
| 半衰期 (s) | $\geq 10$ |      |

### 4.6 水泥

普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥可用于冷再生，技术指标应符合 JTG/T F20 中 3.2 的相关规定。

### 4.7 新集料

#### 4.7.1 粗集料

粗集料是指粒径大于 2.36 mm，公称粒径为 31.5 mm 的碎石材料，粗集料应洁净、干燥、无杂质、无风化、并具有良好的颗粒级配，粗集料质量要求见表4。

表4 粗集料质量要求

| 检测项目        | 单位                | 技术要求 |      | 试验方法<br>(JTG E42) |
|-------------|-------------------|------|------|-------------------|
|             |                   | 下面层  | 基层   |                   |
| 表观相对密度, 不小于 | g/cm <sup>3</sup> | 2.50 | 2.45 | T0304             |

表 4 粗集料质量要求（续）

|             |   |     |     |                |
|-------------|---|-----|-----|----------------|
| 石料压碎值，不大于   | % | 28  | 30  | T0316          |
| 吸水率，不大于     | % | 3.0 | 3.0 | T0304          |
| 针片状含量，不大于   | % | 15  | 20  | T0312          |
| 与沥青的粘附性，不小于 | / | 4   | 4   | JTG E20, T0616 |
| 软石含量，不大于    | % | 5   | 5   | T0320          |

#### 4.7.2 细集料

细集料包括机制砂、石屑、天然砂，是指通过2.36 mm筛孔的筛下部分，细集料应洁净、干燥、无杂质。并具有良好的颗粒级配，细集料质量要求见表5。

表 5 细集料质量要求

| 检测项目                 | 单位                | 技术要求 |      | 试验方法<br>(JTG E42) |
|----------------------|-------------------|------|------|-------------------|
|                      |                   | 下面层  | 基层   |                   |
| 表观相对密度，不小于           | g/cm <sup>3</sup> | 2.50 | 2.45 | T0328             |
| 坚固性（>0.3mm 部分），不小于   | %                 | 12   | —    | T0340             |
| 含泥量（<0.075mm 含量），不大于 | %                 | 3    | 5    | T0333             |
| 亚甲蓝值，不大于             | g/kg              | 5    | —    | T0346             |
| 砂当量，不小于              | %                 | 60   | 50   | T0334             |
| 含水率，不大于              | %                 | 4    | 4    | T0332             |
| 棱角性（流动时间），不小于        | s                 | 30   | —    | T0345             |

#### 4.8 矿粉技术要求

矿粉应采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净。矿粉应干燥、洁净，矿粉质量要求见表6。

表 6 矿粉质量要求

| 检测项目          | 单位                | 技术要求   | 试验方法<br>(JTG E42) |
|---------------|-------------------|--------|-------------------|
| 表观相对密度，不小于    | g/cm <sup>3</sup> | 2.50   | T0352             |
| 含水率，不大于       | %                 | 1      | JTG 3430, T0103   |
| 外观            | /                 | 无团粒结块  |                   |
| 亲水系数，不大于      | /                 | 1      | T0353             |
| 塑性指数，小于       | %                 | 4      | T0354             |
| 加热安定性         | /                 | 实测记录   | T0355             |
| 粒度范围 < 0.6 mm | %                 | 100    | T0351             |
| < 0.15 mm     |                   | 90~100 |                   |
| < 0.075 mm    |                   | 80~100 |                   |

#### 4.9 水

符合国家标准的生活饮用水均可用于冷再生施工，当采用其它水源或对水质有疑问时，应对水质进行检验，检验指标应符合JTG F20中3.5的相关要求。

5 沥青路面冷再生结构组合设计

5.1 路况调查

沥青路面冷再生设计前，应进行路况调查，并对原路面材料进行取样分析，路况调查和取样分析应符合JTG/T 5521中4.1的相关规定。

5.2 冷再生路面结构组合设计

- 5.2.1 冷再生路面结构由沥青面层（或磨耗层）、冷再生层、其他结构层组成。
- 5.2.2 冷再生层的下承层应满足设计文件中关于承载能力要求，不能满足时必须首先进行补强处理。
- 5.2.3 冷再生路面中的沥青面层应与交通等级、使用要求等相适应，宜选用密级配沥青混合料。
- 5.2.4 冷再生层和沥青面层之间宜设置具有防水、粘结作用的功能层，如碎石封层、稀浆封层等；冷再生层和基层间宜设置透层。
- 5.2.5 冷再生路面结构设计应按照 JTG D50 及 JTG/T 5521 的规定进行。经验不足时按附录 C 选用路面结构组合，然后按照相关规范进行设计。
- 5.2.6 冷再生路面工艺的选择应根据路况调查及施工水平进行选择，经验不足时可参考附录 D 进行冷再生工艺选择。
- 5.2.7 沥青路面冷再生可使用乳化沥青、泡沫沥青、水泥作为再生结合料。使用水泥作为结合料的就地冷再生，再生层厚度宜为原路面沥青层厚度的 2 倍以上。

6 冷再生混合料组成设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 应在对 RAP（或 RAP 及 RAI）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、交通及原路况情况，充分借鉴成功经验，选用满足要求的材料，进行冷再生混合料组成设计。
- 6.1.2 对于厂拌冷再生、就地冷再生及全深式冷再生，应以 RAP（或 RAP 及 RAI）与新矿料的合成级配作为级配设计依据。
- 6.1.3 泡沫沥青和乳化沥青冷再生混合料配合比设计过程中 RAP 掺量不宜超过 80 %。

6.2 乳化沥青冷再生混合料配合比设计

- 6.2.1 使用乳化沥青作为再生结合料的厂拌冷再生、就地冷再生，其混合料组成设计方法应符合 JTG/T 5521 中第 6 章的相关规定。
- 6.2.2 乳化沥青冷再生混合料级配范围宜满足表 7 要求。

表 7 乳化沥青冷再生混合料级配范围

| 级配<br>类型 | 通过以下筛孔（mm）的质量百分率（%） |        |        |        |        |       |       |       |       |       |      |      |       |
|----------|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
|          | 31.5                | 26.5   | 19     | 16     | 13.2   | 9.5   | 4.75  | 2.36  | 1.18  | 0.6   | 0.3  | 0.15 | 0.075 |
| 粗粒式      | 100                 | 90~100 | 70~90  | 60~80  | 55~75  | 45~65 | 24~55 | 20~45 | 12~30 | 10~25 | 5~17 | 4~15 | 3~9   |
| 中粒式      | —                   | 100    | 90~100 | 78~90  | 62~80  | 50~70 | 32~50 | 23~38 | 16~28 | 11~20 | 7~15 | 5~11 | 3~7   |
| 细粒式 A    | —                   | —      | 100    | 95~100 | 78~90  | 64~74 | 38~52 | 26~34 | 18~26 | 12~20 | 8~16 | 6~12 | 4~8   |
| 细粒式 B    | —                   | —      | —      | 100    | 90~100 | 68~85 | 38~68 | 24~50 | 15~38 | 10~28 | 7~20 | 5~15 | 4~8   |

- 6.2.3 乳化沥青冷再生混合料技术要求应满足表 8。

表 8 乳化沥青冷再生混合料技术要求

| 试验项目                                                                                                                        |                | 技术要求         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| 空隙率（%）                                                                                                                      |                | 8~13         |
| 劈裂试验（15℃）                                                                                                                   | 劈裂强度（MPa），不小于  | 0.55（轻交通等级）  |
|                                                                                                                             |                | 0.65（其他交通等级） |
|                                                                                                                             | 干湿劈裂强度比（%），不小于 | 80           |
| 冻融劈裂强度比 TSR(%)，不小于                                                                                                          |                | 80           |
| 60℃动稳定度（次/mm），不小于                                                                                                           |                | 3 000        |
| 注 1：用于沥青面层时，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℃鼓风烘箱中养生 48 h，然后按照 T0756（JTG E20）的方法进行动稳定度试验。 |                |              |
| 注 2：浸水 24 h 的劈裂试验的试验方法为：将试样完全浸泡在 25℃恒温水浴中 22 h，最后 2 h 在 15℃恒温水浴中完全浸泡，然后取出试样立即进行 15℃的劈裂试验。                                   |                |              |
| 注 3：试验方法除上述要求外，其它内容应符合 JTG/T 5521 等相关规范的规定。                                                                                 |                |              |

- 6.2.4 乳化沥青冷再生混合料组成设计过程中，应严格控制水泥用量。水泥用量宜为 1.5 %~1.8 %。
- 6.2.5 试件的养生
- 混合料完成击实后，将试样连同试模放在 60℃的鼓风烘箱内养生至恒重，养生时间一般不少于 40 h。

6.3 泡沫沥青冷再生混合料配合比设计

- 6.3.1 使用泡沫沥青作为再生结合料的厂拌冷再生、就地冷再生，其混合料组成设计方法应符合 JTG/T 5521 中 6.4 的相关规定。
- 6.3.2 泡沫沥青冷再生混合料级配范围宜满足表 9 要求。

表 9 泡沫沥青冷再生混合料级配范围

| 级配<br>类型 | 通过以下筛孔（mm）的质量百分率（%） |        |        |       |        |       |       |       |       |       |      |      |       |
|----------|---------------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
|          | 31.5                | 26.5   | 19     | 16    | 13.2   | 9.5   | 4.75  | 2.36  | 1.18  | 0.6   | 0.3  | 0.15 | 0.075 |
| 粗粒式      | 100                 | 85~100 | 75~95  | 70~90 | 60~85  | 45~75 | 30~55 | 20~40 | 15~35 | 12~28 | 8~20 | 7~18 | 6~12  |
| 中粒式      | —                   | —      | 85~100 | 75~95 | 70~90  | 55~80 | 35~60 | 25~45 | 21~40 | 15~30 | 8~22 | 7~20 | 4~12  |
| 细粒式      | —                   | —      | —      | —     | 85~100 | 60~85 | 40~65 | 28~45 | 21~40 | 15~30 | 9~23 | 7~18 | 4~12  |

- 6.3.3 泡沫沥青冷再生混合料技术要求应满足表 10。

表 10 泡沫沥青冷再生混合料技术要求

| 试验项目                |                | 技术要求         |
|---------------------|----------------|--------------|
| 劈裂试验（15℃）           | 劈裂强度（MPa），不小于  | 0.50（轻交通等级）  |
|                     |                | 0.60（其他交通等级） |
|                     | 干湿劈裂强度比（%），不小于 | 80           |
| 冻融劈裂强度比 TSR(%),,不小于 |                | 80           |
| 60℃动稳定度（次/mm），不小于   |                | 3 000        |

表 10 泡沫沥青冷再生混合料技术要求（续）

|                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 注 1：用于沥青面层时，应检验冷再生混合料的动稳定度。按照 T0703（JTG E20）轮碾法成型冷再生混合料车辙板试件，碾压完成后迅速将试件放置到 60℃鼓风烘箱中养生 48 h，然后按照 T0756（JTG E20）的方法进行动稳定度试验。 |
| 注 2：浸水 24 h 的劈裂试验的试验方法为：将试样完全浸泡在 25℃恒温水浴中 22 h，最后 2 h 在 15℃恒温水浴中完全浸泡，然后取出试样立即进行 15℃的劈裂试验。                                  |
| 注 3：试验方法除上述要求外，其它内容应符合 JTG/T 5521 等相关规范的规定。                                                                                |

6.3.4 泡沫沥青冷再生混合料设计过程中，应严格控制水泥用量。水泥用量宜为 1.0%~1.5%。

6.3.5 试件的养生

混合料完成击实后，将试样连同试模放在 40℃的鼓风烘箱内养生至恒重，养生时间不少于 72 h。

6.4 水泥稳定冷再生混合料配合比设计

6.4.1 应按照现行 JTJ/T F20 水泥稳定土混合料设计方法进行水泥稳定冷再生混合料设计。

6.4.2 用于特重交通、重交通的上基层时，再生混合料级配宜满足表 11 中Ⅰ型级配范围要求，用作底基层时宜满足表 11 中Ⅱ型级配范围，用于其他交通等级道路时，再生混合料级配宜满足表 11 中Ⅱ型级配范围要求。

表 11 水泥稳定冷再生混合料级配范围

| 级配<br>类型 | 通过以下筛孔（mm）的质量百分率（%） |      |        |        |        |       |       |       |      |       |
|----------|---------------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
|          | 37.5                | 31.5 | 26.5   | 19     | 9.5    | 4.75  | 2.36  | 1.18  | 0.6  | 0.075 |
| Ⅰ型       | —                   | 100  | 90~100 | 72~89  | 47~67  | 29~49 | 17~35 | —     | 8~22 | 0~7   |
| Ⅱ型       | 90~100              | —    | 66~100 | 54~100 | 39~100 | 28~84 | 20~70 | 14~57 | 8~47 | 0~30  |

6.4.3 经配合比设计确定的水泥稳定冷再生混合料技术要求应满足表 11。

表 12 水泥稳定冷再生混合料技术要求

| 交通荷载等级                |     | 极重、特重   | 重       | 中、轻     |
|-----------------------|-----|---------|---------|---------|
| 7d 龄期无侧限<br>抗压强度（MPa） | 基层  | 4.0~6.0 | 3.0~5.0 | 2.0~4.0 |
|                       | 底基层 | 2.5~4.5 | 2.0~4.0 | 2.0~3.0 |

7 沥青路面厂拌冷再生

7.1 一般规定

7.1.1 生产过程中产生的有害气体及粉尘，应及时净化处理；拌合站等施工地点应检测有害气体的排放量，并符合 GB 16297 的规定。

7.1.2 拌合站对周围环境排放噪声污染应符合 GB 12523 的规定。

7.1.3 沥青路面的冷再生不应在环境温度或下承层表面温度低于 15℃的情况下施工，不应在雨天施工，冷再生混合料养生 24 h 内不应淋雨，遇雨时应采取防雨淋措施。

7.1.4 不应通过使用早强水泥的方式提高冷再生混合料早期强度。

7.2 施工准备

### 7.2.1 施工准备内容

#### 7.2.1.1 施工准备应包括以下内容：

制定施工组织设计，包括原路面铣刨计划、铣刨料的运输和储存方法、新集料的料源地点、开采方式、堆放方式及运输形式和储备计划，试验路段及各结构层的施工计划、机械设备的配备和人员的安排计划、采用的工艺和工序的衔接要求、特殊气候条件（雨季、高温、低温）下的施工对策，以及自检和质保体系、安全、环保措施以及相关的应急预案等内容。

#### 7.2.1.2 拌和场地应满足以下要求：

- a) 拌和场地应选在空旷、干燥、交通便利、并远离工厂、居民区、经济作物及畜牧业极重的区域；
- b) 拌和厂的面积要根据项目工程量、拌和设备型号、施工工期、材料供应速度等经过计算确定，占地面积应满足施工需求，宜不小于1 000m<sup>2</sup>（特殊路段地理条件受限时可分成几个拌合厂），并将生活区和工作区分开；
- c) 拌和场地应有良好的排水、防水措施，场地及道路应进行硬化；
- d) 不同规格材料应严格分档、隔离堆放，严禁混堆。格挡材料间应设置高于2 m的硬分隔墙，2 m以上部分可采用软隔离，如：砂袋、布袋等；分隔墙顶面高度应高于料堆坡脚至少50 cm以上，料堆形状为梯形，砂石材料堆放时应防止离析。

#### 7.2.1.3 厂拌冷再生所用材料应满足以下要求：

- a) 对提供新集料、沥青产品和水泥的生产企业进行严格考察，仔细筛选，并对原材料进行检测，同时对RAP材料有关性能进行检测，确保所提供的原材料质量，不合格材料严禁入场；
- b) RAP在回收和存放时不得混入其他结构层材料和杂物，并且在铣刨过程中随时观察RAP和铣刨后路面外观，发现异常时应及时调整铣刨方案；
- c) 不同来源的RAP材料应分别回收、分开堆放、不得混杂。堆放过程中应均匀堆放避免出现离析现象；回收和存放时不得混入其他材料，如：水泥混凝土废料、杂物、土等杂质；
- d) 对于超粒径颗粒含量过多的RAP应进行破碎、筛分等预处理；
- e) 运输至场地的RAP应及时使用，堆放时间不宜超过6个月，堆放高度不宜超过5 m；
- f) 为提高RAP的均匀性，宜使用小型设备（自重不宜过大，防止RAP材料被压实）逐层堆料，使用RAP时应从料堆的一端开始在全高范围内取料。

### 7.2.2 原路面铣刨

对原路面铣刨时，应满足以下要求：

- a) 应根据旧路面调查及RAP材料试验结果（如：沥青含量及级配情况等）确定铣刨段落和厚度，分段、分层、分车道回收；
- b) 对于原路面局部破损严重和局部特殊修补的区域，应预先挖出，后统一进行铣刨；
- c) RAP的回收应采用能对层厚自动控制的铣刨机回收，层厚度误差控制在 $\pm 3$  mm；
- d) 在大规模正式铣刨前，应进行铣刨速度试验，通过比较不同铣刨速度的RAP级配，确定合适的铣刨速度范围；
- e) 铣刨前应对原有路面进行清扫，保证RAP材料洁净；
- f) 铣刨时应选用同一铣刨宽度的铣刨机，同一批次铣刨应保持稳定的铣刨速度，且铣刨刀头完整、不得缺失。铣刨后路面路槽应平整、坚实，符合规定的横坡，不得出现夹层。

### 7.2.3 下承层

厂拌冷再生沥青混合料摊铺前应先检查下承层的质量，并符合以下要求：

- a) 应对下承层的承载力和病害进行全面检测和调查；
- b) 对于承载力低于设计值的区域或网裂、沉陷区域，应对下承层进行加固处理，可在已铣刨面的基础上再向下进行铣刨，并填换材料，压实后在交界处铺设大于病害长度0.5 m~1 m的抗裂材料；

c) 对下承层存在裂缝情况进行检查,当裂缝宽度小于5 mm时,可在裂缝处喷洒乳化沥青,再铺设0.5 m~1 m宽的抗裂材料;当宽度大于5 mm时,应对裂缝进行开槽热沥青灌缝处理,并喷洒乳化沥青,再铺设0.5 m~1 m宽的抗裂材料;

d) 摊铺冷再生混合料之前应对路槽进行清扫。

#### 7.2.4 铺筑试验路段

在正式铺筑冷再生混合料之前,应先拟定试验路铺筑方案,并铺筑试验路段。试验路段应位于施工路段之内,长度应根据试验目的确定,宜选在主线上铺筑200 m~400 m。

通过试验路应确定以下内容:

- a) 验证现场材料级配和冷再生混合料的生产配合比;
- b) 冷再生混合料的最大干密度、最佳含水量及现场施工用水量;
- c) 摊铺的厚度与速度,以及再生层的松铺系数;
- d) 不同压实组合下的压实度和每一碾压作业段的合适长度;
- e) 验证冷再生混合料的各项性能指标;
- f) 检验各种施工机械的效率及组合方式是否匹配;
- g) 冷再生混合料的养生条件及碾压成型路面情况。

铺筑结束后,施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告,报监理及业主单位批准。

### 7.3 冷再生混合料拌和、运输及其他要求

#### 7.3.1 拌和要求

a) 生产乳化沥青冷再生混合料时,乳化沥青应无团结、破乳现象,乳化沥青温度不应超过60℃;

b) 乳化沥青厂拌冷再生设备的搅拌缸应具有二级拌和功能,即先将矿粉、RAP、水泥与水拌和,然后再与乳化沥青拌和。拌和时应随时检查各料仓出料口、沥青喷嘴、沥青泵及管道是否堵塞,出现堵塞时应及时清理;

c) 生产泡沫沥青冷再生混合料时,应参照室内试验结果调整拌和机的发泡温度、发泡水量、发泡气压等改善泡沫沥青膨胀率和半衰期指标,直至泡沫沥青性能满足要求。

d) 泡沫沥青厂拌冷再生拌和过程应将RAP、新集料与水泥按比例配制完成后输送至强制拌和锅,然后喷水,经过5 s~10 s搅拌,喷入泡沫沥青,之后搅拌10 s~20 s;

e) 完成拌和的泡沫沥青混合料如采用输料皮带直接出料,应采取措施防止粗细集料离析;

f) 拌和后的冷再生混合料应均匀一致,无结团成块现象;

g) 冷再生混合料取样应符合现行试验规程的要求,从冷再生混合料运料车上取样时应设置取样台分几处采集30 cm~50 cm以下的样品;

h) 每个工作台班结束后,应计算一个工作班材料用量和冷再生混合料拌和的统计量,计算沥青、水泥及添加新材料的用量,与设计值及允许值的波动相对比,评价是否符合要求。如果不符合以上要求,应对设定值进行适当调整;

#### 7.3.2 运输

a) 冷再生混合料拌和完成后,应在1 h内运输至现场进行摊铺和碾压。

b) 冷再生混合料应采用运料车运输,不得超载运输。运料车的运力应稍有富余,车厢内壁应在装料前在箱板上喷涂隔离剂对箱板进行湿润。运料车应用油毡布覆盖,防止运输材料时水分蒸发或遭雨淋。施工过程中摊铺机前方应有至少2辆运料车等候;

c) 厂拌冷再生混合料应采用摊铺机摊铺,熨平板不需要加热。用于三级以下公路时也可以选择使用平地机摊铺;

d) 运料车装料时宜前后移动位置,平衡装料,避免混合料离析。



7.3.3 摊铺及碾压

- a) 摊铺机应缓慢、均匀、连续不断地摊铺，不得随意变换速度或者中途停顿。摊铺速度宜控制在2m/min~4m/min的范围内。当发现摊铺后的混合料出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕时应分析原因，予以消除；
- b) 厂拌冷再生混合料的松铺系数应根据试验路段的结果确定，一般在1.2~1.4之间。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱和横坡；
- c) 冷再生混合料熨平板振幅以高频低幅为宜，初始压实度宜控制在85 %以上；
- d) 冷再生混合料摊铺后应及时压实，其单层压实最大厚度不宜大于25 cm；
- e) 拌和好的乳化沥青冷再生混合料宜尽快运至施工现场完成摊铺和压实。从拌合结束到复压完成的时间应不超过水泥的初凝时间。乳化沥青的破乳时间应长于运输时间、等待时间及摊铺时间总和；
- f) 直线和不设超高的平曲线段，由两侧路肩向路中心碾压；设超高的平曲线段，由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。碾压时应重叠 1/3 轮宽，后轮压完路面全宽时即为1遍；
- g) 压实流程宜为：双钢轮压路机静压→单钢轮压路机高幅低频强振压实→双钢轮压路机高频低幅弱振压实→视表面干燥情形决定是否洒水→轮胎压路机压实；
- h) 钢轮压路机的工作速度不得超过3 km/h；轮胎压路机速度不得超过4 km/h；
- i) 严禁压路机在刚完成碾压或正在碾压的路段上掉头、急刹车及停放；
- j) 施工中尽量避免纵向接缝，如遇特殊情况无法避免时，应将接缝边缘松散部分裁切整齐，且纵缝应垂直相接，并涂刷乳化沥青，加强碾压；
- k) 应严格禁止超压、过压，冷再生混合料全部碾压工作需在乳化沥青破乳和水泥初凝之前完成；

7.3.4 养生及开放交通

- a) 冷再生层在加铺上层结构前应进行养生，养生时间一般宜为7 d；当天气干燥、平均气温高于20 ℃，养生时间可适当缩短，但不应少于72 h。养生达到7 d的冷再生层，可进行下一步工序施工。当满足下列两个条件之一时，可提前结束养生：
  - 1) 再生层使用φ150 mm钻头的取芯机可取出完整芯样；
  - 2) 再生层含水率低于2 %。
- b) 冷再生层宜在封闭交通条件下自然养生；
- c) 在封闭交通养生24 h后，可根据工程需要允许小型车辆通行，但应严格限制重型车辆。车辆行驶速度应控制在40 km/h以内，并严禁车辆在再生层上调头和急刹车；
- d) 水泥稳定再生混合料结构层宜选择洒水、薄膜覆盖、土工布覆盖等养生方式，养生时间不少于7 d，其他养生要求按JTG/T F20中第6章相关规定执行；
- e) 在养生完成后尚未加铺上层结构前，根据工程需要车辆通行时，宜采用封层进行表面处理。

7.4 施工过程质量控制

7.4.1 施工过程中对 RAP 材料检查应符合表 13 的要求。

表 13 RAP 材料检验

| 检查项目 |       | 检测频率         |              | 质量要求或允许偏差 |        |
|------|-------|--------------|--------------|-----------|--------|
|      |       | 高速、一级公路      | 其他等级公路       | 高速、一级公路   | 其他等级公路 |
| RAP  | 含水率   | 每 3 000t 1 次 | 每 5 000t 1 次 | ≤3%       | ≤4%    |
|      | 毛体积密度 | 每 3 000t 1 次 | 每 5 000t 1 次 | 实测        | 实测     |
|      | 沥青含量  | 每 3 000t 1 次 | 每 5 000t 1 次 | 实测        | 实测     |
|      | 老化程度  | 每 3 000t 1 次 | 每 5 000t 1 次 | 实测        | 实测     |

表 13 RAP 材料检验（续）

| RAP                                                                        | 级配       | ≤0.075mm | 每 3 000t 1 次 | 每 5 000t 1 次 | ±2 | ±3 |
|----------------------------------------------------------------------------|----------|----------|--------------|--------------|----|----|
|                                                                            | 筛分（关键筛孔） |          | 每 1 500t 1 次 | 每 3 000t 1 次 | ±6 | ±8 |
| 注 1：级配筛分中关键筛孔指 19mm、9.5mm、4.75mm 及 2.36mm 筛孔，质量要求或允许偏差给定的范围为关键筛孔允许波动的最大范围。 |          |          |              |              |    |    |

7.4.2 乳化沥青或泡沫沥青厂拌冷再生施工过程质量检验应符合表 14 的要求。

表 14 乳化沥青或泡沫沥青厂拌冷再生施工过程质量检验

| 检查项目  |         | 检测频率                 | 质量要求或允许偏差          |        |
|-------|---------|----------------------|--------------------|--------|
|       |         |                      | 高速、一级公路            | 其他等级公路 |
| 混合料外观 |         | 随时检查                 | 检测集料是否离析，有无花白料、结块等 |        |
| 水泥用量  |         | 每台拌合机每天检查 1~2 次，取平均值 | ±0.2%              |        |
| 矿粉用量  |         | 每台拌合机每天检查 1~2 次，取平均值 | ±0.2%              |        |
| 马歇尔试验 |         | 每台拌合机每天检查 1~2 次      | 不得低于设计文件要求         |        |
| 矿料级配  | 0.075mm | 逐盘检测，每天汇总一次取平均值      | ±1%                | —      |
|       | ≤2.36mm |                      | ±4%                | —      |
|       | ≥4.75mm |                      | ±5%                | —      |
|       | 0.075mm | 每台拌合机每天 1~2 次，取平均值   | ±1%                | ±1%    |
|       | ≤2.36mm |                      | ±4%                | ±5%    |
|       | ≥4.75mm |                      | ±5%                | ±6%    |
| 沥青含量  |         | 每台拌合机每天 1~2 次，取平均值   | ±0.2%              | ±0.3%  |

7.4.3 再生沥青混合料采用其他设计方法时应参照马歇尔设计方法进行检验，满足要求方可使用。针对厂拌冷再生沥青混合料的具体特点，质量检验应符合 JTG 3450、JTG 3430 和 JTG/T 5521 有关规定，加强再生混合料的水稳定性检验、低温性能、压实度、空隙率检验频率，具体指标应满足本文件第 6 章要求。

7.4.4 水泥稳定冷再生施工过程质量检验应符合表 15 的要求。

表 15 水泥稳定冷再生施工过程质量检验

| 检查项目      | 质量要求        | 检验频率       | 检验方法                          |
|-----------|-------------|------------|-------------------------------|
| 压实度（%）    | ≥98         | 每车道每公里 1 次 | 基于重型击实标准密度，灌砂法，JTG 3450，T0921 |
| 抗压强度（MPa） | 符合本文件要求     | 每车道每公里 1 组 | JTG E51，T0805                 |
| 含水率       | 符合本文件要求     | 发现异常时随时检测  | JTG E51，T0801                 |
| 级配        | 符合本文件要求     | 每车道每公里 1 组 | JTG E42，T0302                 |
| 水泥剂量      | 不小于设计值-0.5% | 每车道每公里 1 组 | JTG E51，T0809                 |

7.4.5 施工过程的外形尺寸检查项目、频率和质量标准应符合 JTG/T 5521 中 9.9、10.7 及 11.7 的相关规定。

7.5 交工后质量控制和检查验收

交工后，以每1 km作为一个评定路段，按照表16的要求进行交工质量检查与验收。

表 16 交工质量检查与验收

| 检查项目               |               | 技术要求                  | 检验频率         |              | 检验方法<br>(JTG 3450) |
|--------------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------------|
|                    |               |                       | 高速、一级公路      | 其他等级公路       |                    |
| 乳化沥青冷再生压<br>实度 (%) |               | ≥99 (试验室标准密度)         | 每车道每公里检测 3 点 | 每车道每公里检测 1 次 | T0921              |
|                    |               | ≥88 (理论最大相对密度)        |              |              | T0924              |
| 泡沫沥青冷再生压<br>实度 (%) |               | ≥99 (试验室标准密度)         | 每车道每公里检测 3 点 | 每车道每公里检测 1 次 | T0921              |
| 水泥冷再生压实度<br>(%)    |               | ≥97 (底基层)<br>≥98 (基层) | 每车道每公里检测 3 点 | 每车道每公里检测 1 次 | T0921<br>(重型击实)    |
| 平整<br>度            | 标准差<br>(mm)   | ≤1.5 (高速、一级公路)        | 每车道连续测量      | 每车道连续测量      | T0932              |
|                    |               | ≤2.8 (其他等级公路)         |              |              | T0933              |
|                    | IRI<br>(m/km) | ≤2.0<br>(高速、一级公路)     |              |              |                    |
|                    |               | ≤4.2<br>(其他等级公路)      |              |              |                    |
| 纵断面高程 (mm)         |               | 符合设计要求                | 每 1 km 测 1 处 | 每 1 km 测 1 处 | T0911              |
| 厚度 (mm)            |               | 设计厚度±10<br>(高速、一级公路)  | 每 1 km 测 1 处 | 每 1 km 测 1 处 | T0912              |
|                    |               | 设计厚度±15<br>(其他等级公路)   |              |              |                    |
| 宽度 (mm)            |               | 不小于设计值                | 每 1 km 测 1 处 | 每 1 km 测 1 处 | T0911              |
| 横坡 (%)             |               | ±0.3<br>(高速、一级公路)     | 每 1 km 测 1 处 | 每 1 km 测 1 处 | T0911              |
|                    |               | ±0.5<br>(其他等级公路)      |              |              |                    |

8 沥青路面就地冷再生

8.1 一般规定

- 8.1.1 工作装置的最小再生深度应为再生层厚度的 120 %以上。
- 8.1.2 用于特重交通和重交通等级道路的最大工作宽度不低于 3.7 m,其他等级道路的最大工作宽度不小于 2.0 m。
- 8.1.3 具备乳化沥青或泡沫沥青喷洒装置,喷洒剂量准确可调,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,各喷嘴可独立开启和关闭。
- 8.1.4 用于特重交通和重交通等级道路时,应采用铣刨深度、宽度可自动调节,铣刨、拌和、摊铺一体化的再生设备。

8.2 施工准备

- 8.2.1 施工前应配备满足施工要求的冷再生机、压路机、运料车、沥青罐车、水车等生产施工设备,并保证其处于良好的工作状态。

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

8.2.3 正式开工前应铺筑试验路，长度不宜小于 200 m。通过铺筑试验段应完成下列工作内容：

- a) 检验再生设备的性能是否满足施工需要；
- b) 确定就地冷再生机参数设置、铣刨深度、再生速度、摊铺工艺、压实工艺、合理施工作业段长度、养生时间等施工工艺和参数；
- c) 验证混合料配合比设计，并通过室内试验得出偏离数值，当偏离数值过大时应重新进行配合比设计；
- d) 检测压实度、渗水系数等性能指标；
- e) 建立就地冷再生机仪表显示值与实际值的相关关系，检验质量控制方案的可行性和可操作性等；
- f) 清除原路面上的杂物，根据再生厚度、宽度、干密度等计算每平方米新集料、水泥等用量，并均匀撒布。有条件的应有限采用水泥制浆车添加水泥。

### 8.3 铣刨与拌和

8.3.1 就地冷再生的施工应按照试验段确定的再生工艺进行。

8.3.2 再生机组应匀速、连续进行再生作业，按设定再生深度对路面进行铣刨、拌和，不得随意更改速度或者中途停顿，再生施工速度宜为 3 m/min~6 m/min。

8.3.3 纵向接缝搭接宽度不宜小于 100 mm。当搭接宽度超过再生机沥青喷嘴和水喷嘴的有效喷洒宽度时，后一幅施工时应关闭相应位置的沥青和水喷嘴。

8.3.4 每一幅的再生宽度应根据设计再生宽度、再生机铣刨宽度、施工组织便捷性等合理确定，减少纵向接缝数量，且宜使纵向接缝避开车道轮迹带的位置。

8.3.5 乳化沥青或泡沫沥青施工时，遇特殊情况再生停机时间短于水泥初凝时间时，应将再生机退至其铣刨转子之后至少 1.5m 位置，重新开始再生作业；再生停机时间超过水泥初凝时间时，应在搭接处重新撒布水泥，但无须在此添加新料、乳化沥青或泡沫沥青，重新开始再生作业。

### 8.4 摊铺

8.4.1 采用摊铺机或者采用带有摊铺装置的再生机进行摊铺时，摊铺应符合本文件第 7.3 条款的规定，要求摊铺出的混合料不能出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕。

8.4.2 使用平地机进行摊铺时，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再生机轮迹和集料离析现象。

### 8.5 碾压、养生及开放交通

应按照本文件7.3和JTG 3450中10.6的相关规定进行碾压、养生及开放交通。

### 8.6 质量控制和检查验收

8.6.1 材料进场时应进行材料检验，保证满足设计要求。

8.6.2 就地冷再生施工过程中的材料检验应符合表 17 的要求。

表 17 就地冷再生施工过程中的材料检验

| 材料             | 检测项目                           | 要求值                 | 检验频率              |        |
|----------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------|
|                |                                |                     | 高速公路、一级公路         | 其他等级公路 |
| 乳化沥青           | 蒸发残留物含量,蒸发残留物针入度、软化点           | 符合设计及 JTG/T 5521 要求 | 每 2~3 个工作日<br>1 次 | 每周 1 次 |
| 泡沫沥青           | 沥青的针入度、延度、软化点、泡沫<br>沥青的膨胀率、半衰期 |                     | 每 2~3 个工作日<br>1 次 | 每周 1 次 |
|                | 沥青温度                           |                     | 每天施工前             | 每天施工前  |
| 粗集料            | 针片状含量、表观相对密度、级配、<br>压碎值        |                     | 根据需要时             | 根据需要时  |
| 细集料            | 级配、表观相对密度、松方密度                 |                     | 根据需要时             | 根据需要时  |
|                | 含水率                            |                     | 每天施工前             | 每天施工前  |
| 矿粉             | 塑性指数、粒度范围                      |                     | 每 2~3 个工作日<br>1 次 | 每周 1 次 |
| 沥青混合料回收料 (RAP) | 级配                             |                     | 发现异常时             | 发现异常时  |
| 水泥             | 强度、初凝时间、终凝时间                   |                     | 根据需要时             | 根据需要时  |

8.6.3 检查验收。

就地冷再生施工完工后,应将全线以1 km作为一个评定路段进行检查验收。就地冷再生施工过程中的压实度检验应满足表18要求,其他检查项目、质量要求、检验频率和检验方法应符合JTG/T 5521中10.7的相关规定。

表 18 就地冷再生施工过程中的压实度检验

| 检查项目    |             | 质量要求                  | 检验频率         | 检验方法<br>(JTG 3450) |
|---------|-------------|-----------------------|--------------|--------------------|
| 压实度 (%) | 使用泡沫沥青作为结合料 | ≥99 (试验室标准密度)         | 每车道每公里检测 3 点 | T0921              |
|         | 使用乳化沥青作为结合料 | ≥99 (试验室标准密度)         | 每车道每公里检测 3 点 | T0921              |
|         |             | ≥88 (理论最大相对密度)        | 每车道每公里检测 1 点 | T0924              |
|         | 使用水泥作为结合料   | ≥97 (底基层)<br>≥98 (基层) | 每车道每公里检测 3 点 | T0921              |

9 全深式冷再生施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 生产过程中产生的有害气体及粉尘,应及时净化处理。
- 9.1.2 其他要求应符合 JTG/T 5521 中 11.1 的相关规定。

9.2 施工准备

9.2.1 根据工程具体情况，配置数量足够的机械设备，主要的机械设备应包括：冷再生机、平地机、振动压路机、光轮压路机以及水车等。

9.2.2 施工前应保证各施工设备处于良好的工作状态。

9.2.3 用钢卷尺根据原路面线形放出路面中线，根据配合比试验确定的水泥剂量计算每袋水泥的摊铺面积，划出方格网以准确控制水泥用量。

9.2.4 全深式冷再生施工准备的其他规定按本文件第 8.2 条款执行。

### 9.3 铣刨与拌和

9.3.1 采用泡沫沥青及乳化沥青作为结合料的全深式冷再生层，其铣刨与拌和按本文件第 8.3 节执行。

9.3.2 采用水泥或石灰作为结合料的全深式冷再生层，其铣刨与拌和应满足以下要求：

a) 采用冷再生机对原路面进行旧路材料和水泥充分再生拌和，一次拌和宽度宜为小于 2.5 m。

b) 合理确定每一施工段落的长度，其行走速度宜控制在 4~10 m/min，以确保每一施工段落在水泥初凝时间前全部碾压完成。

c) 水车在冷再生机前面用水管与之相连并同步行进，随时为冷再生机加水。应提前测定旧料实际含水量，根据所测定的数据及最佳含水量，确定冷再生机实际加水量。水车与冷再生机连接宜选在每一施工段落起点进行。

d) 冷再生机拌和过程中，应派专人随时检测拌和厚度，保证拌和深度。

e) 全深式冷再生铣刨及拌和的其他规定按本文件第 8.3 条款执行。

### 9.4 摊铺与碾压

9.4.1 采用泡沫沥青及乳化沥青作为结合料的全深式冷再生层，其摊铺及碾压按本文件第 8.4 及 8.5 节执行。

9.4.2 采用水泥或石灰作为结合料的全深式冷再生层，其摊铺及碾压满足以下要求：

a) 在冷再生机拌和过程中，用振动压路机紧随冷再生机后稳压 1 遍，速度宜控制在 3 km/h。整幅拌和、稳压完成后，用平地机进行整平，整平遍数不应少于两遍，通过整形达到“调坡”、“调拱”的目的，且保证平整度。整形后的再生层表面应无明显的再生轮迹和级料离析现象。

b) 当每一施工段落全幅摊铺整形完成后，及时开始压实。振动压路机先强振 3~4 遍，再弱振 2 遍。振动压路机的碾压速度：强振宜为 1.5~1.7 km/h，弱振宜为 1.8~2.2 km/h。最后用光轮压路机进行静压 1~2 遍。

c) 初压时再生料的含水量宜为最佳含水量上浮 1%~2%，碾压过程中，再生层表面应该始终保持湿润，如水分蒸发过快，应及时补充洒水。

d) 碾压过程中如出现大面积“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和，使其达到质量要求。

e) 碾压过程中，压路机不得在已完成压实的路面上急刹车或“调头”，以保证冷再生基层表面不受破坏，压路机启动、停止时应低速、缓慢进行。

f) 从混合料加水拌和到压实结束，延迟时间控制在水泥初凝时间前及试验确定的延迟时间内完成。

g) 操作手始终注意压路机的行驶方向，多台压路机联合作业时，注意保持规定的队形及间隔距离。两台以上压路机同时作业，其前后间距不得小于 3 m，平行碾压是左右间距应大于 50 cm。

h) 压路机碾压每一碾压区段末端应形成锯齿状，在下一个碾压段开始前首先对锯齿状接头斜压 1 遍，必要时开振动。

i) 其它摊铺及压实应按JTG/T F20中11.4及11.5的有关规定执行。

## 9.5 养生及开放交通

9.5.1 采用泡沫沥青及乳化沥青作为结合料的全深式冷再生层，其养生及开放交通按本文件第8.4及8.6条款执行。

9.5.2 采用水泥或石灰作为结合料的全深式冷再生层，其养生及开放交通满足以下要求：

- a) 每一施工段落碾压完成并经压实度检查合格后的段落，应立即进行覆盖洒水养生。
- b) 养生期不得小于7 d，整个养生期内再生层表面应保持潮湿状态，养生期内封闭交通，设置路障、派专人看管，禁止除洒水车辆以外的其它任何车辆通行。
- c) 养生结束后，应将再生层表面清扫干净，立即实施透层和封层。
- d) 其它养生及开放交通应按JTG/T F20中11.6的有关规定执行。

## 9.6 质量控制和检查验收

全深式冷再生质量控制和检查验收应符合 JTG/T 5521 中 11.7 相关要求。

## 附 录 A (规范性附录)

### 探坑调查与回收沥青路面材料(RAP)取样试验分析

#### A.1 一般规定

A.1.1 探坑调查与回收沥青路面材料(RAP)取样适用于冷再生工程的前期调查和回收沥青路面材料(RAP)的获取。

A.1.2 按照交通荷载、老路结构、病害类型、结构强度和维修记录等,将老路划分若干个子路段,每个子路段长度不宜大于5 000 m,且不宜小于500 m,或每个子路段面积不大于50 000 m<sup>2</sup>,且不宜小于5 000 m<sup>2</sup>。

A.1.3 探坑选择在子路段具有代表性的行车道位置。

#### A.2 一般规定

A.2.1 当采用就地冷再生时,对路面开挖应采用就地再生设备(没有条件时,可使用铣刨机)进行,以不同的铣刨深度分别铣刨;当采用厂拌冷再生时,可以选用铣刨设备,以不同的铣刨深度依次进行铣刨。

A.2.2 先使用取芯机对探坑位置钻取1~2个芯样,确定原沥青路面各结构层的厚度和总厚度。

A.2.3 根据原沥青面层的历史信息、原沥青路面各结构层的厚度和总厚度确定每次的铣刨深度,分次铣刨的界面宜在不同结构层分层的位置。

A.2.4 对于每种不同铣刨深度,必须对下承层进行标准承载板测试,每个承载面测试2~3次,以平均值作为该承载面的回弹模量代表值。

A.2.5 通过对开挖探坑的调查,完成探坑分析,分别记录试坑位置、产生的主要病害、铣刨次数、铣刨深度、材料名称、湿度情况、结构状况及下承层回弹模量。

#### A.3 RAP取样

##### A.3.1 探坑取样

当从探坑进行取样,用于方案设计的目标配合比设计时,应满足以下要求:

a) 在进行探坑调查的同时对RAP进行取样。就地冷再生时,按预定设计再生深度将路面结构层一次性破碎;厂拌再生时,按预定的铣刨深度将路面结构层一次性破碎。

b) 取样不应选在铣刨调速段和结束段,应在预定深度匀速铣刨至少2 m以上并在匀速范围内取料坑中间整个断面取料,并挖到材料底部。

##### A.3.2 施工阶段取样

在施工阶段对RAP进行取样,用于原材料质量检查和生产配合比设计时,应满足以下要求:



a) 厂拌再生时,应从拌合场RAP料堆进行取样,取样前应去除表面15 cm~25 cm深度范围内的部分,取样方法参照JTG E42粗集料料堆取样方法。

b) 就地再生时,应在施工前将道路预留出4 m~6 m范围内不得摊铺新集料和水泥,再生机不得喷洒沥青,按预定设计再生深度将路面结构层一次性破碎,在预定深度匀速铣刨至少2m以上并在匀速范围内取料坑中间整个断面取料,并挖到材料底部。取样结束后,再在预留路段摊铺新集料和水泥,再生机喷洒泡沫沥青。取样数量应足够满足相关试验要求。

### A.3.3 试验缩分方法

A.3.3.1 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.3.3.2 四分法:将所取试样置于平板上,在自然状态下拌合均匀,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,直至缩分所需的数量。

## A.4 RAP试验分析

### A.4.1 含水率

根据烘干前后回收沥青路面材料(RAP)质量的变化,计算回收沥青路面材料(RAP)的含水率。试验方法参照JTG E42中T0305,烘箱加热温度调整为60 °C恒温。

### A.4.2 回收沥青路面材料(RAP)级配

对回收沥青路面材料(RAP)进行筛分试验,确定对回收沥青路面材料(RAP)的级配。试验方法参照JTG E42中T0327,材料加热温度调整为 60 °C恒温,采用干筛法。

### A.4.3 砂当量

用4.75mm筛筛除RAP中的粗颗粒,进行砂当量指标检测。试验方法按照JTG E42中T0334。

### A.4.4 RAP中的沥青含量和性质

A.4.4.1 按照JTG E20中T0726(阿布森法)从沥青混合料中回收沥青。如果采用其他方法,需要进行重复性和重现性试验,并进行空白沥青标定。重复性试验是指采用相同的方法,同一试验材料,在相同的条件下获得的一系列结果之间的一致程度。复现性试验是指在两个以上不同的试验室,由各自的试验人员,采用各自的仪器设备,按相同的试验方法,对同一试样,分别完成试验操作,所得的试验结果之间的误差。

A.4.4.2 按照JTG E20中T0726的方法检测沥青含量,并对回收沥青按照JTG E20中T0604方法检测25 °C针入度,按照JTG E20中T0621的方法检测60 °C粘度,按照JTG E20中T0606的方法检测软化点和按照JTG E20中T0605的方法检测15 °C延度。

A.4.4.3 具有下列情形之一的,应进行空白沥青标定: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.4.4.4 重复性试验的允许误差为:针入度 $\leq 5$  (0.1 mm)、黏度 $\leq$ 平均值的10 %、软化点 $\leq 2.5$  °C,复现性试验的允许误差为:针入度 $\leq 10$  (0.1 mm)、黏度 $\leq$ 平均值的15 %、软化点 $\leq 5.0$  °C,如果超出允许范围,则应弃置回收沥青,重新标定、回收。

### A.4.5 RAP的矿料级配和集料性质

A. 4. 5. 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法试验，确定RAP的旧矿料级配。RAP的沥青含量与级配也可以用燃烧法确定。若集料在燃烧过程中由于高温导致破碎，则不宜采用该法。

A. 4. 5. 2 RAP中集料的性质，按照相关的部颁规范、规程进行检测。

附 录 B  
(规范性附录)  
沥青发泡性能试验方法

## B.1 一般规定

- B.1.1 应采用专用的沥青室内发泡设备，进行沥青发泡性能试验。
- B.1.2 沥青发泡试验宜在常温（25 °C±2 °C）条件进行试验。
- B.1.3 发泡试验用过的沥青，不应再重新进行发泡试验。
- B.1.4 所有试验用的计量仪器设备应经有资格的计量检定单位检定，并在有效期内。

## B.2 试验设备

### B.2.1 沥青发泡试验机

室内试验应使用专门的沥青发泡试验机，目前通常使用维特根WLB10 S或WLB10型沥青发泡试验机。沥青发泡试验机应满足以下基本要求：

- a) 配有不小于20 L容量的沥青罐，可根据设定的沥青温度通过泵送循环系统对沥青进行加热和保温，沥青保温过程中每5 min温度变化不超过5 °C；
- b) 发泡喷嘴喷射泡沫沥青的速率约100 g/s；
- c) 试验温度变化时应能对沥青喷射时间进行标定，以保证沥青喷射量在500 g；
- d) 应能在一定的气压（通常为4 bar）与水压（通常为5 bar）条件下，根据沥青流量对用水量进行标定。

### B.2.2 钢桶、量尺与秒表

钢筒、量尺与秒表应分别满足以下要求：

- a) 接收泡沫沥青的钢桶直径为275 mm，容积为20 L；
- b) 使用随沥青发泡试验机附带的量尺，或使用精度高于该量尺的其它量具；
- c) 秒表精度不低于0.1 s。

### B.2.3 试验步骤

- a) 通过沥青泵送循环系统，将沥青加热至需要的温度（宜在145 °C至155 °C之间），并在开始试验前至少维持5 min；
- b) 标定沥青的喷射流量，并设置计时器，使每次沥青的喷射量为500 g；
- c) 设定水流量控制计，达到需要的发泡用水量（宜为沥青质量的1.0 %）；
- d) 将泡沫沥青喷射至钢桶里，并在喷射结束后，沥青体积膨胀达到最大的瞬间按下秒表，开始记录时间；
- e) 使用量尺（与275 mm直径钢桶和500 g沥青标定过）测量桶内泡沫沥青的最大高度，并作为泡沫沥青的膨胀率；

- f) 使用秒表测量泡沫衰落至最大体积一半所持续的时间（精确到0.1 s），并作为泡沫沥青的半衰期；
- g) 重复三次，取膨胀率和半衰期的平均值；
- h) 以上述发泡用水量为起始值，以1.0 %为间隔，至少选择3个发泡用水量，重复以上步骤3～7，进行发泡性能试验；
- i) 在相同的坐标轴下绘制不同用水量下膨胀率与半衰期的关系图，如图B.1所示，并按照图B.1所示的方法确定该温度下的最佳发泡用水量；
- j) 以上述沥青发泡温度为起始温度，以10 °C为间隔，至少选择一个沥青温度，重复以上步骤1～9，进行发泡性能试验；
- k) 比较不同发泡温度下，最佳发泡用水量对应的膨胀率及半衰期，选择膨胀率与半衰期相加数值最大的发泡温度，作为最佳发泡温度；对于数值相等的，取发泡温度较高的作为最佳发泡温度。最佳发泡条件即为此温度以及此温度对应的最佳发泡用水量。

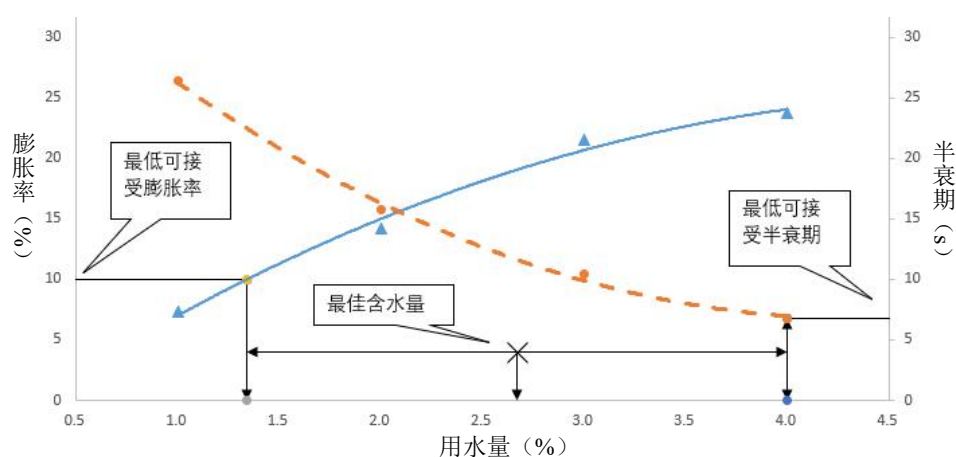


图1 确定最佳发泡用水量的方法

附 录 C  
(规范性附录)  
沥青路面冷再生结构组合设计的结构建议

沥青路面冷再生结构组合设计的结构建议见表 C. 1。

表C.1 沥青路面冷再生结构组合设计的结构建议

| 交通等级                                                     | 沥青面层                     |           | 冷再生层厚度<br>(cm) | 下承层                    |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|----------------|------------------------|
|                                                          | 推荐厚度 (cm)                | 最小厚度 (cm) |                |                        |
| 特重交通                                                     | 15~22                    | 12        | ≥16            | 下承层结构强度满足路面基层或底基层设计要求。 |
| 重交通                                                      | 12~18                    | 10        | ≥15            |                        |
| 中等交通                                                     | ≥5                       |           | ≥13<br>(≥18)   |                        |
| 轻交通                                                      | ≥3 或者采用微表处、稀浆封层、碎石封层等磨耗层 |           | ≥12<br>(≥18)   |                        |
| 注 1: 表中冷再生层厚度中, 括号内数字是水泥稳定冷再生层的厚度, 其他为乳化沥青或泡沫沥青冷再生层的厚度。  |                          |           |                |                        |
| 注 2: 下承层结构强度不满足要求的可以采用水泥稳定冷再生进行处理, 处理层推荐厚度为 14 cm~20 cm。 |                          |           |                |                        |

附 录 D  
(规范性附录)  
沥青路面冷再生方法选择建议

沥青路面冷再生方法选择建议见表 D.1。

表D.1 沥青路面冷再生方法选择建议

| 病害类型                                                                                                                                                                 |            | 厂拌冷再生 | 就地冷再生   | 全深式冷再生      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|---------|-------------|
| 表面类                                                                                                                                                                  | 松散         |       |         |             |
|                                                                                                                                                                      | 泛油         |       |         |             |
|                                                                                                                                                                      | 磨光         |       |         |             |
| 变形类                                                                                                                                                                  | 波浪         |       |         |             |
|                                                                                                                                                                      | 浅车辙 (<5mm) |       |         |             |
|                                                                                                                                                                      | 深车辙 (>5mm) |       | ▲ (注 1) | ▲ (注 2、注 3) |
| 裂缝类<br>(荷载型)                                                                                                                                                         | 龟裂         | ▲     |         | ▲           |
|                                                                                                                                                                      | 纵向裂缝       | ▲     |         | ▲           |
|                                                                                                                                                                      | 路缘裂缝       | ▲     |         | ▲           |
|                                                                                                                                                                      | 滑动裂缝       |       | △       | ▲           |
| 裂缝类<br>(非荷载型)                                                                                                                                                        | 网裂         | ▲     | ▲       | ▲           |
|                                                                                                                                                                      | 纵向裂缝       |       |         |             |
|                                                                                                                                                                      | 横向裂缝       | ▲     | ▲       |             |
| 行驶质量                                                                                                                                                                 | 不平整        |       | △       | △           |
|                                                                                                                                                                      | 沉陷         |       | ▲       | ▲           |
|                                                                                                                                                                      | 隆起         |       | ▲       | ▲           |
| 反射裂缝                                                                                                                                                                 |            |       |         | ▲ (注 4)     |
| 基层/底基层问题                                                                                                                                                             |            |       |         | ▲ (注 4)     |
| 注 1: 若未将下层以稳定处理法加强, 此种处理法只是一种暂时性措施。<br>注 2: 对强度或结构不稳定底层可能要添加新骨材。<br>注 3: 若路基土壤湿且软弱, 宜将路基进行加固处理。<br>注 4: 当路面损坏明显由路基或底层结构破坏较多时, 应采用此种方法。<br>注 5: ▲代表推荐使用, △代表应经过论证后使用。 |            |       |         |             |