 CECS XXX:2016

中国工程建设协会标准

城市道路沥青路面就地热再生技术规程

Technical Specifications for Urban Road Asphalt Pavement Hot In-place Recycling

（征求意见稿）

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2015年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2015]第044号文）的要求，规程编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程主要技术内容是： 1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4材料要求；5原路面状况评估；6 设计；7 施工；8验收。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由英达热再生有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至英达热再生有限公司（地址：南京经济技术开发区恒飞路9号；邮编：210038）。

本规程主编单位：英达热再生有限公司

本规程参编单位：江苏省沥青路面热再生工程技术研究中心

北京市公路联络线责任有限公司

南京英达养护车制造有限公司

同济大学交通运输工程学院

同济—英达再生工程技术研究中心

南京路捷道路养护工程有限公司

乌鲁木齐市城市建设委员会

乌鲁木齐市城市管理委员会

内蒙古通辽市住房与城乡建设委员会城建科

贵州省贵阳市观山湖区市政工程管理处

青海省西宁市海湖新区管理委员会

厦门市海沧城建集团有限公司

本规程主要起草人：施伟斌 张义甫 陈启景 丁建平 杨盼盼 张素青 黄良忠

张道忠 刘黎萍 戴合理 雷 涛 朱建华 李 严 张周宾

朱伟 陈敏 王伟 周建平 胡连书 杨子厚 谢舟鑫 陈贵安

本规程审查人员：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc467154511)

[2 术语和符号 2](#_Toc467154512)

[2.1 术语 2](#_Toc467154513)

[2.2 符号 3](#_Toc467154514)

[3 基本规定 5](#_Toc467154515)

[4 材料要求 6](#_Toc467154516)

[4.1 一般规定 6](#_Toc467154517)

[4.2 回收沥青路面材料 6](#_Toc467154518)

[4.3 新添加材料 6](#_Toc467154519)

[5 原路面状况评估 9](#_Toc467154520)

[5.1 一般规定 9](#_Toc467154521)

[5.2 路况调查及试验分析 9](#_Toc467154522)

[5.3 就地热再生适用性评估 12](#_Toc467154523)

[6 设计 13](#_Toc467154524)

[6.1 一般规定 13](#_Toc467154525)

[6.2 工艺类型选择 13](#_Toc467154526)

[6.3 再生混合料配合比设计 17](#_Toc467154527)

[7 施工 19](#_Toc467154528)

[7.1 一般规定 19](#_Toc467154529)

[7.2 机械设备配置 19](#_Toc467154530)

[7.3 施工作业准备 19](#_Toc467154531)

[7.4 铺筑试验段 21](#_Toc467154532)

[7.5 施工过程 21](#_Toc467154533)

[8 验收 28](#_Toc467154534)

[8.1 一般规定 28](#_Toc467154535)

[8.2 施工过程中的质量检查 28](#_Toc467154536)

[8.3 施工验收标准 29](#_Toc467154537)

[附录A 整形再生沥青混合料配合比设计 30](#_Toc467154538)

[附录B 复拌再生沥青混合料配合比设计 32](#_Toc467154539)

[附录C 加铺再生沥青混合料配合比设计 35](#_Toc467154540)

[本规程用词说明 36](#_Toc467154541)

[引用标准名录 37](#_Toc467154542)

[条 文 说 明 38](#_Toc467154543)

# 1 总 则

**1.0.1** 为适应我国沥青路面养护发展需要，贯彻国家建设节约型社会，实现循环经济、低碳经济的要求，推动就地热再生技术的发展和应用，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于城市道路沥青路面就地热再生设计、施工及验收，公路沥青路面就地热再生的设计、施工及验收可参照执行。

**1.0.3** 沥青路面就地热再生技术除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准、规范的规定。

# 2 术语和符号

**2.1 术语**

**2.1.1 沥青路面再生 Asphalt pavement recycling**

采用专用机械设备对原沥青路面或者回收沥青路面材料进行处理，并掺加一定比例的新沥青混合料、再生剂（必要时）等形成路面结构层的技术。按照再生沥青混合料拌制和施工温度的不同，沥青路面再生可分为热再生和冷再生，按施工场合和工艺的不同，沥青路面再生可分为厂拌再生和就地再生。即沥青路面再生共分为四类：就地热再生技术、厂拌热再生技术、就地冷再生技术和厂拌冷再生技术。

**2.1.2 就地热再生技术 Hot in-place recycling**

利用专业的就地热再生设备，对沥青路面进行间歇式加热，在保证施工温度前提下，采取不打碎骨料的翻松技术耙松原路面，并根据原路面情况掺入一定数量的再生剂、沥青、其他添加剂和新沥青混合料等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现一定厚度的原沥青路面再生技术。

根据原路面病害的类型及病害产生的原因、施工环境等的不同，就地热再生技术包括各种不同的工艺类型，其中最基本的工艺包括整形再生、复拌再生、加铺再生三种工艺类型：

**1** 整形再生（Repaving）：是指采用一系列加热、再生机组加热软化沥青路面，根据事先进行的原路面材料的试验结果，添加再生剂并确定其添加比例，然后翻松已经加热的路面，再生剂与原路面材料经充分拌和后，再加铺一定数量的新沥青混合料，新沥青混合料和再生混合料一次碾压成型。

**2** 复拌再生（Remixing）：是指采用一系列加热、再生机组加热、软化和翻松原沥青路面，按需要加入一定比例的再生剂、新沥青和特定级配的新沥青混合料，将原路面混合料和新添加混合料现场一起进行提升拌和，将充分拌和均匀的再生沥青混合料摊铺碾压成型。

**3** 加铺再生（Resurfacing）：是指在整形或复拌再生的基础上，根据需要，增加新添加混合料的比例，以提高原路面沥青层的厚度，在一定程度上对原路面起到加铺效果。

**2.1.3 回收沥青路面材料 Reclaimed asphalt pavement ，简称RAP**

对原沥青路面处理获得的旧路面材料。

**2.1.4 沥青再生剂 Asphalt rejuvenating agent**

掺加到原路面沥青混合料中，用以还原已老化沥青性能的添加剂。

**2.1.5 再生沥青混合料 Recyled mixture**

再生时摊铺在路面上的含有回收沥青路面材料（RAP）的沥青混合料。

**2.1.6 热粘结 Hot Joint**

通过加热，使原路面下承层的沥青层与新铺的沥青层粘结时处于热态，两层沥青混合料中的集料互相嵌挤，以保证层间热粘结状态。

**2.1.7 间歇式加热 Interrupted heating-up**

两次加热之间具有短暂停顿的加热方式，可以在保证施工温度的前提下，不使路面表层沥青过热。

**2.1.8 再生沥青混合料级配 Gradation of recycled mixture**

对于就地热再生而言，再生沥青混合料级配及再生沥青混合料的矿料级配，是指回收沥青路面材料中的矿料与新矿料的合成级配。

**2.2 符号**

本规程各种符号、代号及意义详见表2.2。

**表2.2 符号及代号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 符号或代号 | 意义 |
| **2.2.1** | RQI | 路面行驶质量指数 |
| **2.2.2** | PCI | 路面损坏状况指数 |
| **2.2.3** | RDI | 路面车辙深度指数 |
| **2.2.4** | SRI | 路面抗滑性能指数 |
| **2.2.5** | PQI | 路面使用性能指数 |
| **2.2.6** | PSSI | 路面结构强度指数 |

# 3 基本规定

**3.0.1** 本规程适用于以下工程的设计、施工和质量检查、验收：

1 城市道路沥青路面的预防性养护；

2 城市道路沥青路面的表层病害处治；

3 城市桥梁沥青铺装层的病害处治；

4 城市道路沥青路面的改扩建工程。

**3.0.2** 在确定道路养护技术时，应综合考虑原路面现状和使用条件等因素，在保证施工质量和技术适用的前提下，宜选择就地热再生技术。

**3.0.3** 采用就地热再生技术时，原路面应具备以下条件：

**1** 整体强度满足使用要求；

**2** 病害主要集中在沥青表面层。

若沥青路面存在局部深层病害，应对其进行预处理，再采用就地热再生技术进行处治。

**3.0.4** 对于特殊路面材料，如橡胶沥青、SMA混合料、Superpave混合料、微表处等材料的再生利用，必须对原路面进行充分的调查和分析，并通过试验验证后制定针对性的方案，确保工程质量。

**4 材料要求**

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 就地热再生工程所用各种材料使用前应进行质量检验，经评定合格后方可使用。

**4.1.2** 严禁通过铣刨等破坏原路面混合料级配的方式获取回收沥青路面材料。

## 4.2 回收沥青路面材料

**4.2.1**原路面有稀浆封层、微表处、超薄罩面、碎石封层表层材料，再生利用时必须经过充分的试验、分析与验证，做出针对性的材料设计和工艺设计，保证再生沥青混合料的质量。

**4.2.2** 对于回收沥青路面材料，热再生之前应按表4.2.2的各项规定进行检测试验。

**表 4.2.2 回收沥青路面材料检测项目**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料 | 检测项目 | 检测数量及批次 | 指标要求 | 试验方法 |
| 回收沥青路面材料 | 空隙率 | 每5km 1个点 | 实测 | 参考《公路土工试验规范》  （JTG E40）  《公路工程沥青及沥青混合料试验规范》  （JTG E20） |
| 马歇尔稳定度 | 实测 |
| 流值 | 实测 |
| 浸水马歇尔试验 | 实测 |
| 回收沥青路面材料中的沥青 | 沥青含量 | 每5km 1个点，每个点至少两组 | 实测 |
| 针入度（0.1mm） | 实测 |
| 15℃延度 | 实测 |
| 软化点 | 实测 |
| 回收沥青路面材料中的集料 | 级配 | 每5km 1个点 | 实测 |

注：具体检测数量和批次可根据现场情况进行相应调整，若原路面材料变异性较大，可根据原路面情况适当加密检测频率。

## 4.3 新添加材料

就地热再生施工过程中新添加的材料主要包括再生剂、热沥青、新沥青混合料和其他外加材料。每种材料的添加量及品种应根据试验结果和设计要求等综合确定。所添加的新材料技术要求如下：

**4.3.1再生剂**

**1**成品再生剂质量控制指标主要集中于其施工性能、化学组成、安全性能及耐老化性能等。结合室内试验及技术要求分析，就地热再生的再生剂质量标准应满足表4.3.1-1的质量要求。

**表4.3.1-1 就地热再生沥青再生剂质量要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检测项目 | 检测方法 | 质量要求 |
| 粘度（60℃）Pa·s | JTG E20 T0625 | 50-175 |
| 闪点(℃) | JTG E20 T0611 | ≥220 |
| 饱和分(%) | JTG E20 T0618 | ≤30 |
| 芳香分(%) | JTG E20 T0618 | ≥30 |
| TFOT老化试验  重量变化(％) | JTG E20 T0625 | ≤4，≥-4 |
| 相对密度 | JTG E20 T0603 | 实测 |

注：（1）就地热再生沥青再生剂宜选用《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）中RA-1型再生剂。

（2）由于再生剂生成条件的复杂性，即使同类组分、同一批次的再生剂，同一人做试验，组分试验结果也会相差较大，因此饱和分、芳香分含量建议为参考指标，再生剂指标主要是评价其施工性能，而其再生效果建议通过再生沥青混合料的性能试验确定。

**2** 用于就地热再生的再生剂除应满足表4.3.1-1中的质量要求外，还需具有施工和易性好、渗透性强等技术要求。

**3**根据原路面沥青混合料中沥青的型号和老化程度、沥青含量、原路面沥青混合料掺配比例及再生剂与沥青的配伍性等，应综合选择再生剂品种和掺配量。

**4** 选择再生剂时，应以改善老化沥青性能和原路面沥青混合料的力学性能为原则，再生剂本身的性能可作为参考指标。在老化沥青中添加适量再生剂后，其指标宜满足表4.3.1-2的指标要求。

**表4.3.1-2老化道路石油沥青添加再生剂后的指标要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 软化点  （℃） | 针入度  （25℃，5s，0.1mm） | 动力粘度  （60℃，Pa/s） | 延度  （15℃，cm） |
| 70号再生沥青 | ≥46 | 40～60 | ≥180 | ≥30 |
| 90号再生沥青 | ≥44 | 60～80 | ≥160 | ≥40 |

注：考虑我国沥青绝大多数情况采用70和90，因此该指标要求主要针对70号和90号沥青，其中延度可作为寒冷地区选用指标，若沥青为其它标号，可参考此要求执行。

**5** 再生剂用量的确定应综合考虑再生沥青和再生沥青混合料的性能指标要求。通过添加不同剂量的再生剂，经过反复试验确定最佳的再生剂用量。

**4.3.2 热沥青**

**1** 当原路面沥青混合料的油石比偏低，且无法通过提高新添加沥青混合料的油石比来改善原路面沥青混合料的油石比时，应通过喷洒热沥青补充原路面缺失的沥青。

**2** 热沥青宜使用道路石油沥青，道路石油沥青应符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）或《城镇道路沥青路面再生利用技术规范》（CJJ/T 43）的规定。

**3** 热沥青宜与添加的新沥青混合料中的沥青品种及标号一致。

**4** 沥青必须按照品种、标号分开存放，在储运、使用和存放过程中应采取良好的防水措施，避免雨水或者加热管道蒸汽进入沥青中。

**5** 热沥青的添加量应满足再生沥青混合料中油石比的设计要求。

**4.3.3 新沥青混合料**

**1** 当不需要调整原路面材料级配时，新添加的沥青混合料应满足现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的技术要求。

**2** 当需要调整原路面材料级配时，新添加沥青混合料的配合比应满足设计要求。

**3** 新沥青混合料中的沥青、集料、填料、外加剂等各原材料均应满足现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的技术要求。

**4.3.4 其他外加材料**

根据工程需要添加的抗剥落剂、纤维、抗车辙剂、温拌剂等材料，应符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）或《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

# 5 原路面状况评估

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 沥青路面再生施工前，应对原路面养护信息、原路面技术状况、交通量、工程经济等方面的内容进行调查和分析，为再生设计和制定养护方案提供依据。

**5.1.2** 原路面调查内容应真实、完整，并进行分析和评价。

**5.2 路况调查及试验分析**

**5.2.1** 设计单位应按以下流程对原路面进行路况调查与分析。

资料调查：设计资料、施工资料、养护资料

原路面调查

路况调查：车辙、损坏调查等

路面评价：病害分析及路面评价

否

就地热再生技术适用性

是

路面车辙类型及深度、裂缝的类型及性质

旧面层材料质量

详细调查

选择再生方法

确定再生剂类型、用量

确定新沥青混合料的级配和用量

再生混合料设计

检验再生混合料质量

**图5.2.1 原路面状况调查及试验分析流程**

**5.2.2 路面基础数据收集**

工程施工前应收集路面基础数据，具体收集资料见表5.2.2。

**表5.2.2 路面基础数据收集**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 路面基础数据收集 | 设计资料 | 设计路面结构 |
| 施工平面图 |
| 设计使用年限 |
| 设计交通量 |
| 建设情况 | 建设材料 |
| 施工工序控制 |
| 竣工资料 |
| 养护历史 | 养护时间 |
| 养护方法 |
| 养护材料 |
| 路面历史检测数据 | |

**5.2.3 路面病害调查**

对路面的破损状况进行现场调查，按照《城镇道路养护技术规范》（CJJ 36）要求详细记录路面纵裂、横裂、坑槽、车辙、泛油、修补 等破坏类型的数量（范围）、破坏程度及所在位置。

**5.2.4 路面表观性能检测**

**1** 检测路面平整度、车辙深度、破损率和抗滑性能等指标，参考《公路技术状况评定标准》（JTG H20）计算路面RQI 、RDI、PCI、SRI等指标值。

**2** 路面平整度检测宜采用激光平整度仪，抗滑性能宜采用摆式仪或横向力系数测试车（SCRIM）。

**5.2.5 路面强度检测**

**1** 在我国道路养护工程中，一般将弯沉作为路面结构强度的评价指标。

**2** 通过弯沉检测判断结构层强度，宜采用落锤式弯沉仪（FWD），计算路面结构强度指数（PSSI），分析路面结构层强度，评价路面结构层尤其是基层的完整状况，作为判定是否适用于就地热再生工艺的依据。

**3** 实际养护工程中，应根据路面交通量及道路使用现状确定一个容许弯沉值，并对弯沉绝对值大于容许弯沉值的路段进行预处理，提高路面结构强度，再整体热再生；若路面弯沉绝对值50%或以上大于容许弯沉值，则此工程不宜采用就地热再生技术进行施工。

**5.2.6 路面取芯**

**1** 路面取芯设备应采用直径100mm或150mm的钻头，取芯点主要位于典型病害处，包括纵裂、横裂、坑槽等病害位置。

**2** 取芯过程中，应详细记录芯样的完整性、厚度、层间粘结情况、下承层整体性等。

**3** 车辙病害取芯

选择代表性路段，应在同一横断面的波谷、波峰、无变形路面处分别取芯，通过芯样观测变形层位和各层的变形量等。

**4** 裂缝病害取芯

选择横向裂缝、纵向裂缝及网裂等不同位置取芯，观测裂缝的发展方向，且应根据不同的裂缝情况分别取芯。

**5** 其它情况取芯

为验证建设时的路面结构，应在未变形的路段取芯，观测其各层路面材料、厚度等，宜选择车辆通行很少的路段。

**5.2.7 路面取样及室内试验**

**1** 为对原路面混合料状况作进一步的评价，需要进行取样分析，可采用液压镐或沥青路面养护修补车分层取样，每个点样品质量不得少于100kg。

**2**对于取样频率，若前期调查和设计资料与施工路段沥青路面结构相符且建设时间、养护历史也相同，可只取一个代表性点；若路面结构不一致或建设时间、养护历史也存在差距，则宜平均每1km进行一次取样**。**

**3** 若路面病害主要存在于表层，可只对沥青路面上面层进行取样；若路面病害严重，如车辙等病害，则应根据实际情况对路面上面层、中面层及下面层分别进行取样，以评价目前路面材料的性能和再生的可行性。

**4** 为确保再生剂用量的准确性，取样时应在同等施工条件下取样，即保持取样时原路面沥青老化程度和施工时再生剂喷洒位置原路面老化程度一致。

**5** 对于回收沥青路面材料（RAP），热再生之前应进行相关室内试验，试验内容参照本规程表4.2.2，其试验检测结果作为再生沥青混合料设计和评价的依据。

**5.3 就地热再生适用性评估**

**5.3.1** 路面是否需要养护及采用哪种养护方式受很多因素的影响，如道路病害类型、病害产生的原因、养护目标及道路的长期养护规划等，因此在选择适合就地热再生的养护路段时，应根据具体情况综合考虑。

**5.3.2** 根据本规程5.2中的路况调查和试验结果，可按照以下步骤筛选适用就地热再生路段：

**1** 确定养护目标、养护路段筛选指标及其标准。

根据原路面技术状况，确定路面经过养护维修后需要达到的服务技术水平，该水平要与路面的实际使用要求相适应。一般情况下，除路面结构强度指标外，使用性能评定指标（RQI、PCI、RDI、SRI、PQI）应达到良（包括良）以上的技术等级，且不应低于维修前的水平。

筛选指标可以是技术指标，也可以是评定指标。其中评定指标应该包含分项评定指标和综合评定指标（PQI）。

**2** 筛选出所有需要养护维修的路段，记为A。

在路段范围内，先根据单个指标的筛选标准筛选路段，记为A1，A2，A3，A4,……,然后合并单指标筛选路段（A1∪A2∪A3∪A4∪……），记为A。这些路段就是需要维修的路段。

**3** 根据路面病害情况、芯样情况及弯沉测量结果确定适合就地热再生的弯沉值范围，从A中剔除弯沉不在该范围内的路段，剩余路段记为B。

整体强度满足要求，局部路面基层出现损坏，彻底处理后仍可进行整体就地热再生养护维修，这种情况下，应将该单元纳入就地热再生路段范围。

**4** 根据原路面沥青及沥青混合料试验结果及芯样情况，选择相应指标及标准，满足该标准即适合做就地热再生，从B中剔除不满足该标准的路段，剩余路段即为适合就地热再生的路段，记为C。

**5** 确定最终的就地热再生路段。

综合考虑其他因素，筛选出最终的就地热再生路段，记为M。对于列入A但不适合就地热再生的路段，应设计其它合理的养护方案。

# 6 设计

**6.1 一般规定**

**6.1.1**根据不同路面病害的特点、类型，应采用不同的施工设备和施工工艺进行治理，提出对症下药的最优化治理施工方案。

**6.1.2** 选择沥青路面设计的设计参数及路面使用性能指标时，可按照工程所在地的自然区域特点选定各项参数或指标。

**6.1.3** 必须在对回收沥青路面材料（RAP）充分调查和试验分析的基础上，结合原路面状况评估结果，选择符合要求的材料进行再生混合料设计。

**6.1.4** 对于特殊路面结构，选择就地热再生工艺类型时，应充分考虑当地的气候、交通、水文、土质、材料等特点，并结合当地的科研成果和实践经验进行设计。

**6.1.5** 就地热再生沥青混合料配合比设计应通过试验段进行检验。

**6.2 工艺类型选择**

**6.2.1 工艺类型分类**

就地热再生工艺分为三种基本类型：整形再生、复拌再生和加铺再生，其它特殊的路面情况可根据实际情况进行选择。

**6.2.2 工艺类型选择流程**

道路现场调查

资料调查：设计资料、施工资料、养护资料

路况调查：车辙、损坏调查、强度等

路面评价：病害分析及路面评价

否

就地热再生适用性

结合其他维修方式

级配、空隙率、油石比均满足要求，沥青老化

整形再生

是

级配、空隙率、油石比至少一项不满足要求

原路面材料性能验

复拌再生

复式再生

详细调查

车辙大于4cm

加铺再生

需要加铺或道路升级

路面特殊情况分析

确定就地热再生工艺类型

**图6.2.2 就地热再生工艺类型选择推荐流程**

按照本规程5.3节中的要求，确定拟采用就地热再生工艺施工的路段，再根据原路面情况选择针对性的热再生工艺类型，每种路况的选择要求应符合以下规定：

**（1）**根据原路面材料试验结果选择工艺类型

① 原路面沥青混合料级配不满足使用或规范要求，需要调整，可选择复拌就地热再生工艺。

② 原路面混合料沥青含量不满足要求，需要通过施工调整其油石比，可选择复拌就地热再生工艺。

③ 原路面混合料级配满足规范要求，但是整体偏细或偏粗，需要优化，或其路用性能不满足使用要求，需要提高，可选择复拌就地热再生工艺。

④ 原路面有微表处、封层等路面结构。可通过添加新料调整再生沥青混合料的配合比，可选择复拌就地热再生工艺。

**（2）**车辙大于4cm的路面病害工艺类型选择

① 车辙波峰处混合料级配和性能满足要求，可采用复式整形再生工艺处理。

复式整形再生工艺过程为：加热、耙松，重新分配路面材料，将车辙波峰处混合料分配到波谷处，并保证分配后波谷处混合料高于波峰，然后进行碾压，以保证波谷处的路面压实度，提高路面抗车辙能力，再采用整形工艺，添加少量新沥青混合料，恢复到原路面标高。

② 车辙波峰处混合料级配和性能较差，应对波峰铣刨后再采用整形或复拌再生工艺。

**（3）**路面需要加铺或道路升级

若原路面沥青层偏薄，不能满足目前的使用要求，或路面施工后需要进行升级，可通过加铺就地热再生工艺增加沥青层的厚度。

**（4）**其它情况的工艺类型选择应符合以下规定：

① 气温较低或原路面为SMA、橡胶沥青等特殊材料，对温度要求较高时，可通过增加原路面加热设备或再生料加热设备提高现场施工温度，确保施工质量。

② 原路面主要病害为车辙，且原路面沥青混合料抗车辙能力较差时，可在施工过程中添加抗车辙剂以进一步提高再生沥青混合料的抗车辙能力。

就地热再生各工艺类型适用范围见表6.2.2。

**表6.2.2 就地热再生不同工艺类型的适用范围**

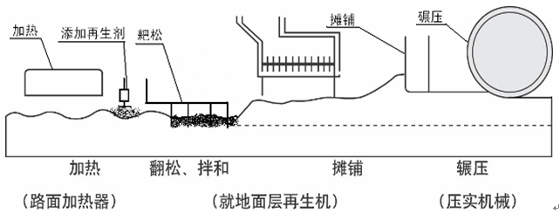
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型  病害 | 整形再生 | 复拌再生 | 加铺再生 |
| 轻度车辙 | √√ | √ | √ |
| 重度车辙 | √√ |  | √ |
| 麻面 | √ | √√ | √ |
| 裂缝 | √ | √ | √√ |
| 沉陷 | √√ |  | √ |
| 泛油 |  | √√ |  |
| 微表处脱皮 |  | √√ |  |
| 桥头跳车 | √√ |  | √ |
| 沥青层偏薄 | √ |  | √√ |

注：其中√√表示非常适合，√表示适合，无标记表示要根据路面具体情况具体分析。

**6.2.3整形就地热再生工艺**

**1**整形再生工艺适用于治理沥青路面车辙、麻面、松散、网裂及面层沉陷等路面病害。

**2** 整形就地热再生施工工艺流程如图6.2.3所示。

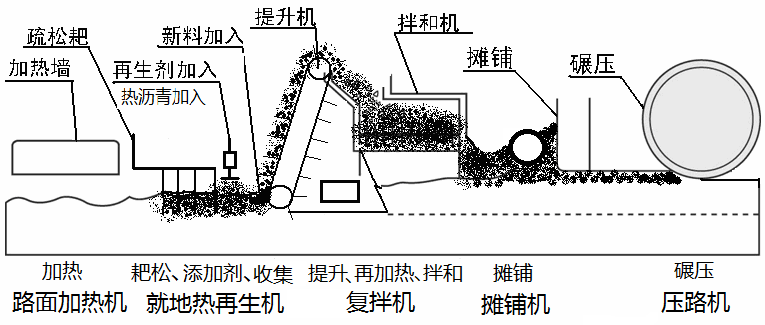


**图6.2.3 整形就地热再生工艺流程示意图**

**6.2.4 复拌就地热再生工艺**

**1**复拌再生适用于通过添加新沥青混合料弥补原路面变形、原路面材料级配需要调整和优化或沥青含量不符合要求的情况。

**2** 复拌再生施工工艺流程如图6.2.4所示。



**图6.2.4 复拌就地热再生工艺流程示意图**

**6.2.5加铺就地热再生工艺**

**1**加铺再生工艺主要适用于路面破损较严重或早期建设承载力不满足当前载荷对路面的使用要求，以及沥青路面旧路升级改造工程。

**2**加铺就地热再生可以分为基本型和优化型。基本型加铺就地热再生是在整形就地热再生工艺的基础上，增加新混合料的添加量，使得整形后路面标高提高；优化型加铺就地热再生是在复拌就地热再生工艺的基础上，增加新混合料的添加量，在增加原路面面层厚度的同时，还可以优化原路面材料的级配和油石比。

**6.3 再生混合料配合比设计**

**6.3.1目标配合比设计**

**1** 再生沥青混合料性能应满足表6.3.1的评价标准，其它指标可参考《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的技术标准。在此基础上，可依据原路面的病害特征与实际工程需要，对主要技术指标要求有针对性调整。

**表6.3.1 再生沥青混合料评价标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | | | 质量要求 | 试验方法 |
| 马歇尔  试验指标 | 击实次数(次) | AC类沥青混合料 | 两面各75 | JTG E20 T 0702 |
| SMA类沥青混合料 | 两面各50 |
| 稳定度(KN) ，不小于 | AC类沥青混合料 | 8 | JTG E20 T 0709 |
| SMA类沥青混合料 | 6 |
| 流值(0.1mm) | | 15～50 | JTG E20 T 0709 |
| 空隙率(％) | AC类沥青混合料 | 3～6.5 | JTG E20 T 0705 |
| SMA类沥青混合料 | 3～4 |
| 其他性能指标 | 车辙试验，动稳定度（次/mm），不小于 | 普通沥青混合料 | 1500 | JTG E20 T 0719 |
| 改性沥青混合料 | 3000 |
| SMA沥青混合料 | 3500 |
| 浸水马歇尔试验，S0（％），不小于 | | 80 | JTG E20 T 0709 |
| 低温小梁弯曲试验，破坏应变（με），不小于 | | 2500 | JTG E20 T 0715 |
| 冻融劈裂试验，残留强度比（%），不小于 | | 75 | JTG E20 T 0729 |

注：低温小梁弯曲试验、冻融劈裂试验可作为选用指标。

**2** 当采用复拌再生工艺，为调整原路面级配，新添加沥青混合料其性能不符合现行标准 《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的有关规定时，如果新沥青混合料与原路面沥青混合料混合后的再生沥青混合料质量符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的有关规定，可以使用。

**3** 当原路面回收料中集料不符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的有关规定，但新集料与原路面集料混合后的混合料质量符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的有关规定时，可以使用。

**4** 再生沥青混合料中使用的矿粉技术指标应符合现行标准《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的有关规定。

**5** 整形再生沥青混合料配合比设计按照本标准附录A的设计方法进行。

**6** 复拌再生沥青混合料配合比设计按照本标准附录B的设计方法进行。

**7** 加铺再生沥青混合料配合比设计按照本标准附录C的设计方法进行。

**6.3.2 生产配合比验证**

**1** 就地热再生应经过试验路铺筑对目标配合比设计进行验证，并确定最终的生产配合比。

**2** 试验路检验再生沥青混合料性能的项目主要有：再生沥青混合料的级配、马歇尔试验。现场检测项目包括：平整度、渗水系数、压实度等。如果试验路检测结果存在问题，应分析原因，予以修正。各项指标应满足本规程或相关参考规范的技术指标要求。

# 7 施工

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 就地热再生施工前，应对现场周边环境调查，对可能受到施工影响的市政道路设施进行保护，如树木、植物分隔带等提前采取保护措施，并做好防火工作。

**7.1.2** 采用就地热再生技术施工前，需要对拟再生道路的适应性进行分析，必须对存在局部深层病害的部位进行预处理。

**7.1.3** 就地热再生设备的噪声和废气排放应符合国家标准。

**7.1.4** 沥青路面就地热再生不得在雨天施工，温度较低时应注意做好保温措施。

## 7.2 机械设备配置

沥青混凝土路面就地热再生施工设备应包括：加热设备2～4台、再生设备1～2台，配以沥青拌和楼1台、自动找平沥青摊铺机1台、钢轮压路机2台（包括一台双驱双振压路机和一台双钢轮压路机）、26吨以上轮胎压路机1台等，具体设备型号可根据实际情况及试验段施工确定。

**7.3 施工作业准备**

**7.3.1 材料试验**

施工前应按要求对原路面材料进行取样，对原路面沥青混合料进行试验，测定沥青含量、级配、原路面沥青老化程度及沥青混合料的性能，并通过试验确定再生剂掺配量及新沥青混合料的配合比和添加比例。

**7.3.2 局部深层病害的预处理**

**1** 城市道路的深层病害主要是由于结构层强度不足引起的，表现为裂缝、沉陷、坑槽等病害。

**2** 施工前必须对热再生无法消除的局部深层病害进行预处理，可根据病害的类型及面积选择不同的处理方法，如开挖、注浆、就地冷再生等，在选择处理方法时，在保证施工质量的前提下，应优先考虑非开挖方式，如注浆，以尽可能减少施工对交通的影响。

**3** 每种局部深层病害的处治方法应满足以下规定：

（1）裂缝类病害

缝宽≥5mm的重度横向裂缝、纵向裂缝和局部网裂沉陷，宜采用注浆工艺处治方法；

大面积的网裂，裂块明显，缝较宽，局部产生散落和变形或伴随有唧浆，宜采用开挖回填的工艺处治。

（2）沉陷类病害

若路面略有下沉，无破损或仅有少量轻微裂缝，宜先采用注浆工艺处治稳固基层，再用热沥青混合料填补沉陷处恢复至原路面标高；

若沉陷伴随有严重网裂，通过取芯或开挖探坑判断基层已经损坏，宜采用开挖回填的工艺处治。

（3）坑槽类病害

划出所需修补坑槽的轮廓线，沿所划轮廓线开凿至坑底稳定部分，其深度不得小于原坑槽的最大深度；

若基层已经松散破坏，将破坏的基层一并清除，清扫槽底、槽壁后，喷刷粘层沥青，分层填入沥青混合料整平并压实。

**7.3.3 原路面准备**

**1**若原路面存在热熔型标线等影响施工质量的杂物，施工前应进行清理（或施工中加热后清除），并对原路面进行清扫。

**2** 若原路面存在对热再生施工有影响的其它障碍物，施工前应对其移除或重新布设。

**3** 施工前应采取清扫、冲刷等措施确保原路面的清洁，清除路面受污染而无法再生的材料。

**4** 可采用隔热板或其它措施保护桥梁伸缩缝。

**7.3.4 设备准备**

施工前应完成现场交通组织和机械设备的调试等。

## 7.4 铺筑试验段

**7.4.1**为确定就地热再生各施工参数，正式施工前应该铺筑试验段，对再生施工工艺、工序控制、施工组织及交通安全等进行检验。就地热再生试验段长度不宜小于200m，试验段施工检验合格后方可进行正式施工。

**7.4.2** 通过铺筑试验段应完成以下工作：

**1** 检验再生设备的性能是否满足就地热再生施工需要。

**2** 通过试验段施工，确定再生设备加热时间、加热温度及施工速度。

**3** 验证再生沥青混合料配合比设计，确定施工过程中再生剂、热沥青及新沥青混合料添加用量。

**4** 检测压实度、渗水系数等技术指标，确定施工参数。

## 7.5 施工过程

**7.5.1 整形就地热再生工艺流程**

整形就地热再生工艺流程见图7.5.1。

施工准备

原路面加热

喷洒再生剂

路面翻松、熨平

摊铺新沥青混合料

碾 压

开放交通

层间热粘结

**图7.5.1 整形再生施工工艺流程**

**1** 准备工作应符合以下规定：

（1）准备工作阶段必须做好交通组织、路面深层病害的预处理和机械设备的调试、准备等。对路边绿化设施，应进行有效防护。

（2）施工前应清扫干净路面，清除路面泥块、杂物等，以免杂物混入再生混合料内。

（3）施工前应定施工基准线，即再生设备行走基准线，保证施工时边界顺直。宜按现有标线作为参考基准，将标线连在一起，形成一条连续的基准线。该线应平滑、顺直、明显，保证驾驶员、操作手易于观察和控制。

（4）为保证施工开始后，起点段纵向施工接缝的顺直，应将施工起点后延50m（不在施工范围内）开始划行走基准线，方便设备提前就位。

**2** 加热作业应符合以下规定：

（1）宜采用间歇式热辐射方式加热原路面。在加热过程中应严格控制加热工艺，各加热设备统一按照设定的施工速度匀速行驶。

（2）加热时必须保证原路面的加热温度和深度，不得因加热温度不足影响施工质量或加热温度过高造成沥青严重老化，应按照试验段确定的施工速度和各加热设备间距施工，减少热量散失。

（3）应采用保温板对加热后的路面进行保温，确保热量向下层渗透，减少热量散失。

（4）对于特殊材料（SMA、橡胶沥青混合料等）或气温较低时（低于5℃）可通过增加加热设备的数量提高路面加热效果。

**3** 再生剂喷洒应符合以下规定：

（1）再生剂的喷洒量应根据原路面沥青材料的检测试验结果严格控制。

（2）喷洒方式必须采用盘式喷洒，喷洒时应计量准确、喷洒均匀，再生剂喷洒系统应与再生设备行驶速度关联。

（3）再生剂严禁直接与新添加沥青混合料接触，必须只能与原路面沥青混合料直接接触。

**4** 原路面翻松、整形应符合以下规定：

（1）原路面加热到规定的温度和深度后，设备自带的疏松耙开始翻松原路面。为了保证原路面混合料级配不变，保证再生混合料级配可控，翻松过程中严禁打碎原路面混合料中的集料。

（2）为了保证施工后再生混合料的级配为设计级配，必须根据原路面状况严格控制翻松深度，以不翻起中面层的集料为宜，确保原路面上面层混合料级配不变。

（3）应按照相关要求，每200米进行再生深度的检查（采用插尺法），深度波动范围应在±0.5cm之内。只有确保原路面混合料级配不被破坏，才有可能控制再生混合料的级配，保证再生混合料质量。

（4）原路面翻松后，应使用再生设备自带的熨平板整平原路面，消除原路面变形。

**5** 再生混合料加热应符合以下规定：

摊铺新沥青混合料前，应对路面再生混合料进行再次加热，以实现层间热粘结。

**6** 摊铺、碾压作业应符合以下规定：

（1）在再生沥青混合料上直接摊铺新沥青混合料，新沥青混合料的添加量应严格按照设计方案执行。

（2）摊铺应匀速进行，摊铺速度宜为1.5m/min～4 m/min，不得超过4.5 m/min.

（3）摊铺时应保证混合料均匀，不得出现粗糙、拉毛、离析等现象。

（4）新添加沥青混合料与下层再生层同时碾压，达到层间热粘结的效果。

（5）碾压宜按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）有关规定，针对不同混合料类型、不同施工厚度，选择适宜的碾压工艺。

**7** 开放交通应符合以下规定：

（1）碾压工序结束后，待路表温度降至50℃以下后，方可开放交通。

（2）在养生过程中，严禁车辆在成型的路面上通过，以避免对施工后路面的破坏。

**7.5.2 复拌就地热再生工艺流程**

复拌就地热再生工艺流程见图7.5.2。

施工准备

原路面加热

原路面翻松

喷洒再生剂或（和）热沥青

收集原路面混合料形成料带

在料带上添加新沥青混合料

原路面混合料、新添加混合料一起提升、拌和

下承层加热、层间热粘结

再生沥青混合料摊铺、碾压

开放交通

**图7.5.2 复拌施工工艺流程**

**1** 准备工作

同本规程7.5.1节中1条规定的内容相同。

**2** 加热作业

同本规程7.5.1节中2条规定的内容相同。

**3** 原路面翻松应符合以下规定：

同本规程7.5.1节中4条规定的内容相同。

**4** 喷洒再生剂、沥青应符合以下规定：

（1）根据原路面情况及前期试验确定是否需要添加再生剂、沥青及其添加量。

（2）原路面翻松后，应按照施工前确定的添加量喷洒再生剂、沥青，应将再生剂、沥青准确、均匀地喷洒到已经翻松的原路面沥青混合料上，使再生剂、沥青分别与原路面混合料直接接触、融合，以改善沥青的老化性能、补充沥青用量。

（3）再生剂喷洒量应根据原路面沥青材料的检测试验结果严格控制，沥青喷洒量应根据再生沥青混合料的检测试验结果严格控制。

（4）再生剂和沥青喷洒方式应采用盘式喷洒，喷洒时应计量准确、喷洒均匀，喷洒系统应与再生设备行驶速度关联。

**5** 原路面混合料收集应符合以下规定：

将翻松、喷洒再生剂、沥青后的原路面沥青混合料收集成一个梯形截面的料带，实现再生剂、沥青及原路面混合料的初次拌和。

**6** 新沥青混合料添加与拌和应符合以下规定：

（1）将新沥青混合料添加到原路面收集而成的料带上，并对料带进行提升，提升过程中混合料应处于封闭的空间，以保证混合料温度符合拌和要求。待原路面沥青混合料与新添加混合料充分拌和后，形成复拌再生沥青混合料。

（2）新沥青混合料的配合比及添加比例必须严格按照设计方案执行。

（3）为保证施工后路面平整度，新料添加过程不得对摊铺机的匀速行驶造成影响，新料添加装置与再生设备必须独立。

**7** 下承层加热应符合以下规定：

（1）再生混合料摊铺前，必须对施工全断面宽度内的下承层顶面进行加热.（2）加热后下承层表面温度不得低于100℃，确保层间热粘结。

**8** 摊铺、碾压作业应符合以下规定：

（1）将复拌沥青混合料匀速地摊铺在原路面上，摊铺施工速度宜为1.5m/min～3.5 m/min，不得超过4 m/min.

（2）摊铺时应保证混合料均匀，不得出现粗糙、拉毛、离析等现象。

（3）碾压要求宜按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）有关规定，针对不同混合料类型、不同施工厚度，选择适宜的碾压工艺。

**9** 开放交通

同本规程7.5.1节中7条规定的内容相同。

**7.5.3 加铺就地热再生工艺流程**

**1** 整形就地热再生基础上的加铺就地热再生，即整形加铺型就地热再生，其工艺流程与本规程7.5.1节整形就地热再生相同，加铺新沥青混合料的厚度应按维修设计或施工方案要求进行。

**2** 复拌就地热再生基础上的加铺就地热再生，即复拌加铺型就地热再生，其工艺流程与与本规程7.5.2节复拌就地热再生相同，添加新沥青混合料的比例应按维修设计或施工方案要求进行。

# 8 验收

## 8.1 一般规定

**8.1.1**沥青路面就地热再生施工过程中的材料质量检查应符合现行标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）对热拌沥青混合料的相关规定。

**8.1.2**沥清路面就地热再生需要添加新料时，新沥青混合料的质量应满足设计要求，再生混合料的质量控制，应符合本规程的有关规定。

**8.1.3**就地热再生施工后各验收指标可参照现行标准《城镇道路沥青路面再生利用技术规范》（CJJ/T 43）和《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）。具体指标可根据当地的情况适当调整。

## 8.2 施工过程中的质量检查

施工过程中各指标直接影响就地热再生施工质量，必须加强施工过程中的质量检查，施工过程中各检查项目应符合表8.2.1的规定。

**表8.2.1就地热再生施工过程中的质量要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | | 频率 | 标准 | 检测方法 |
| 外观 | | 随时 | 不打碎原路面骨料 | 目测 |
| 接缝 | | 随时 | 紧密平整、顺直、无跳车 | 目测 |
| 路表加热温度 | | 随时 | 宜＜190℃，瞬间最高＜240℃ | 红外线温度计实测 |
| 再生层摊铺温度 | | 随时 | ＞120℃ |
| 再生层初压温度 | | 随时 | ＞120℃ |
| 碾压终了温度 | | 随时 | ＞85℃ |
| 加热耙松深度 | | 每200m一处 | 设计值±0.5cm | 插入法量测 |
| 加热耙松宽度 | | 每200m一处 | 不小于设计宽度 | 钢尺丈量 |
| 再生剂添加量 | | 随时 | 符合设计要求 | 总量法 |
| 压实度 | | 每天一次 | 不小于马氏密度的96％ | JTG E60  T0924 |
| 马歇尔试验 | 稳定度 | 每天一组 | 符合再生混合料设计要求 | JTG E20 T0709 |
| 流值 |
| 空隙率 | JTG E20 T0705 |

## 8.3 施工验收标准

**8.3.1** 就地热再生施工后再生沥青混合料的技术标准应按表6.3.1进行评价。

**8.3.2** 就地热再生施工的验收项目与频率应按表8.3.2执行。

**表8.3.2 就地热再生施工验收项目与频率**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | 检查频度（每一侧车行道） | 质量要求或允许偏差 | 试验方法 | 备注 |
| 外观 | | 随时 | 表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油盯、油包等缺陷，且无明显离析 | 目测 | JTG E60 |
| 宽度 | | 每1km20个断面 | 不小于设计值 | T 0911 | JTG E60 |
| 再生厚度 | | 每1km 5点 | 设计值的±5mm | T 0912 | JTG E60 |
| 加铺厚度 | | 每1km 5点 | 设计值的±3mm | T 0912 | JTG E60 |
| 压实度  代表值 | | 每1km 5点 | 马氏密度的96％ | JTG E60  T 0924 | CJJ 1-2008  CJJ/T43-2014 |
| 路表平整度 | 三米直尺 | 每100m一处，每处连续10尺 | ＜3mm（城市快速路、主干路）  ＜5mm（其他道路） | JTG E60  T 0931 | CJJ 1-2008  CJJ/T43-2014 |
| 标准差σ | 全线连续 | ＜1.5m/km（城市快速路、主干路）  ＜2.4m/km（其他道路） | JTG E60  T 0932 | CJJ 1-2008 |
| 渗水系数 | | 每天一次 | ＜300mL/min（ AC沥青混合料）  ＜200mL/min（ SMA沥青混合料） | JTG E60  T 0971 | - |

注：加铺厚度为加铺就地热再生验收标准。

# 附录A 整形再生沥青混合料配合比设计

**A.1 一般规定**

本方法适用于整形就地热再生沥青混合料的配合比设计。

**A.2 整形再生沥青混合料配合比设计流程**

再生混合料性能验证

旧沥青混合料取样及评价

旧沥青评价

旧沥青再生试验

确定再生剂类型、用量

**图 A.2 整形再生沥青混合料设计流程**

**A.3 原路面材料性能评价**

**A.3.1** 原路面沥青混合料抽提、筛分试验

按试验规范要求进行原路面沥青混合料的抽提、筛分试验，了解混合料级配情况、沥青含量等。

**A.3.2** 回收沥青的性能试验

对原路面沥青混合料进行沥青回收，并对回收沥青的针入度、软化点和延度进行试验，初步评价回收沥青的性能和老化程度。

**A.3.3** 原路面沥青混合料性能评价

实测原路面沥青混合料的最大理论密度，并进行沥青混合料马歇尔击实试验，评价原路面沥青混合料的性能。

**A.4 再生剂类型与用量的确定**

**A.4.1** 再生剂类型及用量对回收沥青性能的影响评价

根据经验按一定的间隔，取3～5个再生剂用量，分别进行再生沥青的针入度、软化点和延度试验等，根据试验结果初步确定再生剂用量。当一种再生剂对老化沥青还原效果不明显时，应更换再生剂类型，重新进行评价。

**A.4.2** 再生剂类型及用量对混合料性能的影响评价

根据初步确定的再生剂用量，在其附近至少取3个再生剂用量值，进行再生混合料的马歇尔试验，根据空隙率、稳定度、流值等指标值确定设计再生剂用量。即完成再生沥青混合料配合比设计。

**A.5 新添加沥青混合料配合比设计**

**A.5.1**对于整形再生工艺，因不需要调整原路面的级配，因此新添加沥青混合料为标准级配混合料，其配合比可与原路面相同，也可根据路面实际情况选择其它级配的混合料，其配合比设计按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）进行。

**A.5.2**新添加沥青混合料的添加比例需要根据路面病害情况，如车辙深度、沉陷面积、深度及再生后路面标高的要求、路面排水的要求等进行确定。

**A.6 试验路生产配合比验证**

**A.6.1** 原路面沥青混合料的室内再生试验与就地热再生现场施工有很大的区别，不同的路面状况、不同的再生设备以及不同的再生工艺又加剧了再生的差异。因此，就地热再生沥青混合料的性能必须经试验路检验。

**A.6.2** 试验路验证的项目主要有：再生沥青混合料的级配、马歇尔试验，现场检测项目：平整度、渗水系数、压实度等。如果试验路检测结果存在问题，必须分析原因，找出问题予以修正，直至满足设计和规范要求为止。

**附录B 复拌再生沥青混合料配合比设计**

**B.1 一般规定**

本方法适用于复拌就地热再生沥青混合料的配合比设计。

B**.2 复拌再生沥青混合料配合比设计流程**

原路面沥青混合料取样、分析及评价

原路面沥青评价

矿料级配测定

油石比测定

新添加沥青混合料配合比设计

原路面沥青再生试验

再生沥青混合料配合比设计

再生剂类型和用量确定

再生沥青混合料最佳沥青用量确定

否

再生沥青混合料性能验证

配合比满足要求

是

完成再生沥青混合料配合比设计

**图B.2 复拌再生沥青混合料配合比设计流程**

**B.3 原路面材料性能评价**

原路面材料性能评价与附录A中A.3的方法相同。

**B.4 再生剂类型与用量的确定**

再生剂类型与用量的确定与附录A中A.4的方法相同。

**B.5 热沥青类型与用量的确定**

**B.5.1** 热沥青的品种应与原路面沥青品种相同。

**B.5.2**新沥青的添加流程可按照图B.5.2进行。

确定原路面沥青含量

油石比满足要求

否

添加新料后油石比满足要求

是

否

是

不需要添加热沥青

添加一定比例的热沥青

再生沥青混合料试验

最佳油石比

否

是

确定热沥青最佳用量

**图B.5.2 添加热沥青设计流程**

**B.6 新添加沥青混合料配合比及添加比例确定**

对于复拌再生工艺，新添加沥青混合料配合比设计有以下两种工况：

**B.6.1** 原路面级配不需要调整

通过试验，原路面级配满足要求，且再生混合料的设计级配与原路面级配一致，只需要添加新沥青混合料弥补原路面的变形，则新添加沥青混合料的配合比按照原路面配合比进行设计。新沥青混合料的添加比例要根据原路面的变形量进行设计，最终恢复路面标高。

**B.6.2** 原路面级配需要调整

原路面级配不满足规范要求或设计要求，施工中要通过添加新沥青混合料对原路面的级配进行调整，因此，需要通过分析原路面状况及再生混合料的目标配合比，以确定新添加沥青混合料的配合比和添加比例。

在进行新添加沥青混合料配合比设计时，先根据路面情况及设计要求确定再生沥青混合料理论目标配合比，然后根据理论目标配合比和原路面状况，确定新添加沥青混合料的理论目标配合比和添加比例。再将原路面混合料和新添加沥青混合料按设计比例进行拌和，并对拌和后形成的再生沥青混合料进行性能试验验证，通过试验最终确定新添加沥青混合料的配合比和添加比例。

**B.7 试验路生产配合比验证**

根据新添加沥青混合料的配合比和添加比例，通过铺筑试验路，对再生沥青混合料的生产配合比进行验证，验证试验包括级配、马歇尔试验、浸水马歇尔试验等，必要时可根据实际情况进行车辙试验和冻融劈裂试验。

**附录C 加铺再生沥青混合料配合比设计**

**C.1 一般规定**

本方法适用于加铺就地热再生沥青混合料的配合比设计。

C**.2 基本型加铺再生混合料配合比设计**

基本型加铺再生沥青混合料配合比设计同本规程附录A整形再生沥青混合料配合比设计过程相同，加铺的新沥青混合料的配合比设计过程可参考《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中热拌沥青材料混合料配合比设计方法。

**C.2优化型加铺再生混合料配合比设计**

优化型加铺再生沥青混合料配合比设计同本规程附录B条复拌再生沥青混合料配合比设计过程相同，加铺的新沥青混合料的配合比设计过程可参考《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40中热拌沥青材料混合料配合比设计方法。

**C.3 试验路生产配合比验证**

同本规程A.6的方法相同。

**本规程用词说明**

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

（1）表示很严格，非这样做不可的；

正面词采用“必须”

反面词采用“严禁”

（2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”

反面词采用“不应”或“不得”

（3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”

反面词采用“不宜”

（4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，“可”。

**2** 条文中指明必须应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。非必须按指定的标准执行的写法为“可参照……的要求（或规定）”。

**引用标准名录**

**1** 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1

**2** 《城镇道路养护技术规范》CJJ 36

**3** 《城镇道路沥青路面再生利用技术规范》CJJ/T 43

**4** 《公路工程沥青及沥青混合料试验规范》JTG E20

**5** 《公路沥青路面再生技术规范》JTG F41

**6** 《公路土工试验规范》JTG E40

**7** 《公路路基路面现场测试规程》JTG E60

**8** 《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40

**9** 《公路技术状况评定标准》JTG H20

中国工程建设标准化协会标准

城市道路沥青路面就地热再生技术规程

Technical Specifications for Urban Road Asphalt Pavement Hot In-place Recycling

**条 文 说 明**

**前 言**

《城市道路沥青路面就地热再生技术规程》经中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会XXXX年X月XX日以第XX号文件公告批准发布。

本规程制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国城市道路沥青路面就地热再生工程的实践经验，同时参考了国内外先进技术标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及使用执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

[1 总 则 41](#_Toc435604109)

[2 术语和符号 42](#_Toc435604110)

[2.1 术语 42](#_Toc435604111)

[3 基本规定 44](#_Toc435604110)

[4 材料要求 45](#_Toc435604116)

[4.1 一般规定 45](#_Toc435604117)

[4.3 新添加材料 45](#_Toc435604119)

[5 原路面状况评估 50](#_Toc435604116)

[5.1 一般规定 50](#_Toc435604117)

[5.2 路况调查及试验分析 50](#_Toc435604118)

[6 设计 52](#_Toc435604121)

[6.1 一般规定 52](#_Toc435604122)

[6.2 工艺类型选择 52](#_Toc435604124)

[6.3 再生沥青混合料配合比设计 56](#_Toc435604124)

[7 施工 58](#_Toc435604125)

[7.1一般规定 58](#_Toc435604126)

[7.2机械设备配置 61](#_Toc435604127)

[7.3施工作业准备 61](#_Toc435604127)

[8验收 66](#_Toc435604128)

[8.3 施工验收标准 66](#_Toc435604131)

[附录A 67](#_Toc435604128)

**1 总 则**

**1.0.1**近二十年来，随着我国城市道路的快速发展和道路使用年限的增加，目前我国已由“以建为主”的阶段逐步转入建养并重的阶段，并将最终达到“以养为主”的长期阶段，而大量的翻挖、铣刨原路面，不仅对环境产生巨大的危害，而且也造成大量优质沥青的浪费，尤其我国沥青、石料极为匮乏。为贯彻国家建设节约型社会、实现循环经济的要求，就地热再生技术作为一种环保、快速、高质的沥青路面养护方式，正在受到了道路养护行业人员越来越多的重视。在就地热再生施工中，实现了对原路面材料的“石料再用、沥青再生”，节约了筑路材料，同时还可避免铣刨摊铺工艺存在的弱界面和弱接缝等质量缺陷，实现沥青层层间热粘结，提高了道路的维修质量，延长了路面使用寿命。

道路工程是我国能源资源消耗大户，近年来，我国道路交通发展面临的资源和环境形势日趋严峻，如何将低碳经济、循环经济的理念贯穿道路养护的各个环节已经成为道路养护行业的重中之重。

道路养护需要大量的筑路材料，同时也会产生大量的废旧路面材料。将废旧路面材料再生循环应用，变废为宝，不仅可以减少对石料、沥青等新材料的需求，降低道路养护成本，还可以避免废弃材料运输、堆放对土地及环境的污染，是实现道路交通可持续发展的重要举措。

目前我国每年有大量的沥青路面需要养护和改扩建，沥青路面就地热再生技术逐步在道路养护和改扩建中广泛应用，本规程的发布，将对进一步推广沥青路面就地热再生技术发挥重大作用。

随着我国就地热再生技术的发展、热再生设备的更新换代，就地热再生技术不仅在高速公路及其它等级公路中得到广泛应用，近年来在市政道路沥青路面养护中也得到越来越多的重视和应用。

**1.0.2** 因城市道路与公路的部分指标要求不同，公路沥青路面就地热再生技术标准可参照本规程及国家现行标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40、《公路沥青路面再生技术规范》JTG F41执行。

**2 术 语**

**2.1 术语**

**2.1.2** 本条规定了我国沥青路面就地热再生的工艺类型。

整形、复拌、加铺属于就地热再生的三种基本工艺类型，每种类型有其相应的热再生设备和工艺流程，在施工前，需要对原路面进行综合评估，并根据分析综合比较，选择适合的工艺类型和设备组合。

**2.1.3** 本条回收沥青路面材料是指不破坏原路面集料的沥青混合料，不包括采用铣刨工艺取得的原路面材料。

**2.1.5** 不同的就地热再生工艺类型对再生沥青混合料的定义不同。

整形再生沥青混合料，新添加沥青混合料不需要与原路面沥青混合料进行复拌，因此其再生沥青混合料是指在原路面沥青混合料中喷洒再生剂并进行拌和后的混合料。

复拌再生沥青混合料，是指喷洒了再生剂、热沥青（需要时）的原路面沥青混合料和新添加沥青混合料按试验确定的比例进行拌和后的沥青混合料。

**2.1.6** 铣刨摊铺施工时，为保证层间粘结效果，基层与沥青层、沥青层之间一般采用撒布粘层油的方法，此方法效果有限。而采用就地热再生施工时，由于施工前对下承层路面进行了加热，碾压时，两层沥青层均处于已加热的高温状态，因此施工后层间为热粘结，保证沥青层形成一个整体。

**2.1.7** 目前沥青路面主要的加热方式包括明火加热、热风循环加热、红外线加热和间歇式热辐射加热。前三种方式均为连续式加热，连续式加热方式存在两大问题：一是热能没有足够的时间渗透，导致路表面烧焦；二是深层沥青混合料温度不足，只能采用强制旋转铣刨切削方式翻松路面材料，故在翻松过程中会打碎集料，集料被随机打碎导致原路面级配的改变，影响再生后路面的质量和使用寿命。

只有间歇式加热方式能做到将深层混合料加热至施工温度，路表面仍不会过热。加热后的路面处于松软的状态，不需采用铣刨而是使用平行疏松耙翻松路面，保证了耙松后原路面材料中的集料不会被打碎，只有耙松不打碎集料，才能科学、准确的添加特定级配的新沥青混合料，将路面面层材料恢复或优化到所需的技术状态。因此，本规程中推荐的是间歇式热辐射加热。当然若有比间歇式热辐射更先进的加热方式，也可采用。

**2.1.8** 在采用复拌再生时，为优化原路面沥青混合料级配，需要添加特定级配的沥青混合料，将特定级配的沥青混合料与原路面沥青混合料按设计比例复拌，拌和后形成的再生沥青混合料的性能满足设计要求。

**3 基本规定**

**3.0.1** 本条规定了就地热再生技术的适用范围，其中改扩建工程的相关指标可参照执行。

**4 材料**

**4.1 一般规定**

**4.1.2** 为了充分利用原路面材料，施工时尽量不采用铣刨工艺，保证原路面材料的级配不被破坏，可采用不打碎骨料的翻松技术。

**4.3 新添加材料**

**4.3.1**

**1** 目前美国、英国、日本等众多国家均提出了沥青再生剂的质量标准，如表1、表2和表3所示，为适应我国的实际需要，参照各再生剂标准，制定了本规程中的再生剂标准。

**表1 第十三届太平洋沿岸沥青规范会议热拌再生混合料再生剂规范**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 技术指标 | ASTM试验方法 | RA-1 | | RA-5 | | RA-25 | |
| Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| 粘度，60℃(Pa·S) | D2170或D2171 | 0.05 | 0.18 | 0.18 | 0.9 | 0.9 | 4.5 |
| 闪点（℃） | D92 | 218 | / | 218 | / | 218 | / |
| 饱和分（％） | D2007 | / | 30 | / | 30 | / | 30 |
| 旋转薄膜烘箱  残留粘度比  重量变化（％） | D2872或D1754 | / | 3  4 | / | 3  4 | / | 3  4 |
| 相对密度 | D70或D1298 | 报告 | | 报告 | | 报告 | |

**表2 美国ASTM热拌沥青混合料再生剂标准**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | 试验方法 | RA-1 | RA-5 | RA-25 | RA-75 | RA-250 | RA-500 |
| 60℃粘度（CSt） | D2170or  D2171 | 50～175 | 176～900 | 901～4500 | 4501～12500 | 12500～137500 | 37501～60000 |
| 闪点(F) | D92 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 |
| 饱和分含量（%） | D2007 | ≤30 | ≤30 | ≤30 | ≤30 | ≤30 | ≤30 |
| 薄膜烘箱试验前后粘度比（%） | D2872or  D1754 | ≤3 | ≤3 | ≤3 | ≤3 | ≤3 | ≤3 |
| 薄膜烘箱试验前后质量损失（%） | D2872or  D1754 | ≥-4,≤4 | ≥-4,≤4 | ≥-3,≤3 | ≥-3，≤3 | ≥-3,≤3 | ≥-3,≤3 |

**表3 日本再生剂质量标准**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 试验方法 | 技术要求 |
| 运动粘度 60℃ （s） | JIS K2283 | 80～1000 |
| 闪点 (℃) | JIS K2265 | ≥230 |
| 薄膜烘箱试验后粘度比60℃ | JIS K2283 | ≤2 |
| 薄膜烘箱试验后总量变化率(%) | JIS K2207 | ±3以下 |
| 相对密度 | JIS K2249 | 报告 |
| 组分分析 |  | 报告 |

再生剂的目的是还原老化沥青的性能，因此对再生剂的关注应重点在于再生沥青和再生沥青混合料的性能，而再生剂本身的性能指标要求可适当放宽。

**4** 通过添加再生剂，再生沥青性能至少可以恢复到比原路面沥青低一个标号的沥青标准。

**5** 规定了再生剂的用量确定依据，通过性能设计法确定再生剂用量。

性能设计法即不以沥青组分为标准，而是以添加再生剂后的沥青及沥青混合料的力学性能指标作为衡量再生效果的标准，其主要过程包括：

① 再生剂种类的选择

目前国内再生剂种类很多，不同再生剂的成分、性质差别较大，而根据对就地热再生工艺分析，用于就地热再生的再生剂除具有其它热再生工艺所用再生剂的技术要求外，还需具有施工和易性好、渗透性强等技术特点。此试验分别选择A、B两种再生剂为例进行试验，其中A为研发的再生剂，B为市场上常用的一种轻油型再生剂，其组成成分的不同造成其本身性能的不同，并在回收沥青中分别掺加2%、5%和8%的A、B型再生剂的试验，结果见表4和图1所示。

**表4 回收沥青掺加再生剂的试验结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **试验项目** | **回收沥青** | **回收沥青＋A型再生剂（%）** | | | **回收沥青＋B型再生剂（%）** | | |
| **2** | **5** | **8** | **2** | **5** | **8** |
| 针入度25℃，100g，5s 0.1mm | 14.9 | 21.5 | 43.5 | 55.8 | 19.3 | 33.2 | 51.7 |
| 软化点TR&B ℃ | 77.2 | 72.1 | 66.6 | 51.3 | 75.4 | 69.4 | 57.5 |
| 延度5℃ 5cm/min cm | 脆断 | 1.5 | 19.6 | 29.4 | 3.2 | 22.7 | 32.8 |







**图1 再生剂类型及掺量对回收沥青性能的影响**

根据再生沥青性能试验结果，随着再生剂用量增加，再生沥青针入度和5℃延度增加，软化点减少。

对比两种再生剂的效果，用量相同时，A型再生剂比B型再生剂对沥青软化点、延度的改善更好，采用A再生剂的沥青针入度恢复要比B再生剂好。根据以上试验结果，针对试验中老化沥青的恢复程度，推荐采用A型再生剂。

② 再生剂用量的确定

根据试验结果，选择A型再生剂，再生剂添加用量对沥青及沥青混合料的力学性能影响见表5和图2所示。

**表5 再生剂添加用量对沥青混合料性能的影响**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **再生剂掺加量**  **(%)** | **空隙率**  **（%）** | **马歇尔稳定度**  **（KN）** | **流值**  **（0.1mm）** |
| 0 | 4.2 | 26.15 | 39.1 |
| 2 | 3.6 | 24.22 | 34.2 |
| 5 | 3.3 | 18.00 | 27.6 |
| 8 | 2.7 | 19.00 | 31.4 |

**图2 再生剂用量对沥青及沥青混合料性能的影响**

根据工程经验及相关规范规定，再生后沥青三大指标一般可以恢复到比原路面沥青低一号的沥青指标，即针入度为40～60（0.1mm）（其相对应再生剂用量为4.3%～8%），软化点不小于49℃（其相对应再生剂用量为0～8%），延度不小于15cm（其相对应再生剂用量为4.1%～8%），空隙率为3%～6%（考虑路面渗水情况，此处空隙率控制为3.5%～6%，其相对应再生剂用量为0～5.2%），稳定度不小于8KN（其相对应再生剂用量为0～8%），流值20～40(0.1mm)（其相对应再生剂用量为0～8%），根据此要求，对再生剂用量进行筛选，在满足各指标要求的条件下，再生剂用量范围结果如图3所示。



**图3 再生剂用量的选择**

根据以上分析结果，当再生剂用量为4.3%～5.2%时，原路面沥青和混合料的改善效果均能满足要求，为防止施工时由于特殊原因造成再生剂用量超出此范围，再生剂用量可取其平均值即4.75%，另考虑施工时再生剂用量测量的可操作性，再生剂用量选择5%。

根据以上试验过程，再生剂用量确定流程如图4所示。

选择再生剂种类A

原路面沥青混合料抽提

沥青三大指标

添加不同用量A后沥青

三大指标、粘度试验

添加不同用量A后沥青

混合料马歇尔、空隙率

确定再生剂用量

**图4 再生剂用量确定流程**

**4.3.2** 本条1道路石油沥青是针对就地热再生施工中补充的沥青，其技术指标应满足《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）对沥青材料的规定。

**4.3.3** 本条**2**当需要调整原路面级配时，新沥青混合料的级配、沥青含量需要根据原路面的混合料情况及再生沥青混合料的目标配合比确定。其混合料一般不能按《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）进行检测。如当原路面存在微表处时，施工时微表处会与原路面上面层混合料混合到一起，微表处的存在往往会造成混合料整体偏细，在这种情况前，主要需要补充粗粒径混合料，甚至断级配，其级配、沥青含量及性能不能按常规标准进行要求。

**5 原路面状况评估**

**5.1 一般规定**

**5.1.1、5.1.2** 两条规定了就地热再生施工之前的调查内容，并强调调查内容的准确性，因为每条路的状况不同，只有前期做出充分的调查和分析，再结合试验结果，这样才能制定对症下药的技术方案，达到治理路病的目的。

**5.2 路况调查及试验分析**

**5.2.1**作为一种沥青路面养护工艺，就地热再生技术有其自身独有的特点和优势，与传统工艺相比，原路面状况对施工有很大的影响，因此施工前需对原路面开展详细的路况调查，分析路面病害原因，评估是否适用就地热再生工艺。

**5.2.2**路面病害产生的原因多种多样，路面施工图设计、施工控制、材料质量、交通量、路面养护历史（养护时间、养护方法、养护材料等）均和目前的路面使用状况有关。为分析路面病害产生的原因，在工程施工前首先应收集路面基础数据，如原路面设计资料、施工情况及竣工资料等，包括原路面的结构、材料和路况等方面的资料，分析建设期间是否存在设计和施工质量缺陷；收集原路面通车营运期间的养护资料和路面检测资料，了解路面病害发展趋势，分析路面病害原因。

**5.2.3**进行详尽细致的路面病害调查和分析，是确定是否适用就地热再生、选择何种工艺类型的重要依据，应高度重视。

本条中提到的原路面检测指标主要针对城市道路的快速路和主干路，其他城市道路可参考该指标，进行选择性检测。

**5.2.4、5.2.5** 路面抗滑性能、强度不作为强制性检测项目，是否需要检测应根据路面病害调查进行确定。在我国一般将弯沉作为路面结构强度的评价指标，且在新建工程中，对路面强度进行评价时，通常采用公里代表弯沉来评价，而这并不完全适用于养护工程。

代表弯沉值的大小除受原路面弯沉绝对值影响外，还受弯沉绝对值变异性的影响，在对老路面结构强度进行评价时，经常会出现原路面弯沉普遍较小，但是因局部路段弯沉值偏大而造成路面整体弯沉代表值偏大的情况，因此在养护工程中，采用代表弯沉值来判断原路面基层、路基是否需要翻建是不合理的，且由于我国设计弯沉一般较小，路面使用较长时间后，有可能路面弯沉值大于设计弯沉但是仍满足现有路面的使用。

**5.2.6、5.2.7** 原路面沥青材料的变异性往往较大，这是造成就地热再生工程质量缺陷的重要原因之一，但考虑施工前取芯、取样对路面也会造成一定破坏，因此为了保证工程质量，施工前取芯、取样应选择代表性点，若施工范围包括不同标段，不同标段应分别进行取芯、取样。若施工前原路面结构复杂多样，则应该根据路面实际情况、业主及监理要求等适当增大现场取样的频率。

**6 设计**

**6.1 一般规定**

**6.1.2** 因拟就地热再生沥青路面的病害特点、成因、路病产生的层位、当地气候、交通条件等不同，所使用的施工设备和工艺也不同，这样才能做到对症下药，真正治理路病。

**6.2 工艺类型选择**

**6.2.2**除三种基本的就地热再生类型外，还可以根据路面情况选择相关的热再生设备，创造出新的就地热再生类型。如对于原路面严重麻面、沥青含量不足或沥青混合料的力学性能不能满足要求的路面及机场跑道的沥青道面，可以通过增加喷洒外加剂的设备对沥青混合料进行改性。整形再生和复拌再生也可以进行组合，形成新的再生工艺类型，即复拌加铺加铺就地热再生工艺，实际上此工艺是对原路面沥青混合料采用复拌再生工艺调整其级配、改变集料的规格和类型、优化油石比、改善空隙率等指标后，再进行整形加铺施工，修复路面的变形，并大幅提高路面的使用性能。

以下主要介绍几种不同工况条件下的热再生工艺和设备组合：

（1） 车辙病害的治理

① 当车辙深度＜4cm，原路面混合料级配良好时

对原路面加热后，采用不打碎集料的耙松装置对路面进行翻松，要求波峰处路面翻松深度不小于路面上面层厚度，而波谷处路面拉毛即可，因此要求耙松装置是分组设计且各组独立控制的。

原路面翻松后，要求再生机的熨平板必须具备将翻松后波峰处的沥青混合料横向推至波谷处的功能，以充分利用波峰处混合料因沥青老化而增强的高温性能和波谷（轮迹带）处车辆荷载累积的压实功，提高轮迹带处路面的抗车辙能力，同时实现了层间热粘结；再生机熨平后添加少量新沥青混合料，新沥青混合料和再生沥青混合料一起进行碾压，以恢复路面的路用性能。

② 当车辙深度＜4cm，原路面混合料级配偏细时

由于原路面混合料级配偏细，要求再生设备必须具备优化调整原路面混合料级配的功能，将原路面混合料的级配调粗或改变成另一种规格的沥青混合料，以提高其抗车辙能力。

为了实现原路面级配的优化，要求再生设备必须采用不打碎原路面集料的翻松技术翻松加热软化后的路面，以保证不破坏原路面混合料级配。根据原路面沥青混合料的试验结果再添加一定比例、特定级配的新沥青混合料，新沥青混合料与原路面沥青混合料一起拌和，从而达到优化级配的目的。

施工过程中添加再生剂和（或）热沥青时，再生机必须采用国际领先水平的旋转撒布盘或者更均匀的方式喷洒再生剂和（或）热沥青，而且能做到再生剂和热沥青只与原路面沥青路面材料直接接触，不与添加的新沥青混合料直接接触，确保原路面材料的再生和油石比的优化效果。添加再生剂、热沥青和新沥青混合料时，必须采用电脑自动控制，使得添加量和原路面相关参数、施工速度相关联，确保再生混合料的配合比（级配和油石比）可控。

③ 当车辙深度≥4cm，原路面混合料级配良好时

在确保中面层、下面层混合料动稳定度满足规范标准的条件下，为了保证车辙处治质量，要求再生机必须采用国际领先水平、不打碎集料的平行耙松或更先进的方式翻松原路面，耙松波峰混合料，拉毛波谷，采用再生机的特殊路面整形装置将因沥青老化而抗车辙能力增强的波峰混合料推至波谷，同时必须保证熨平后波谷处的松料比波峰处高约2~3cm（根据原路面车辙的深度而定，车辙越深松料厚度高差取上限，反之亦然），这样在不添加新混合料的情况下，采用双驱双振压路机以低频、大振幅工况下碾压，以保证波谷处的压实度尽可能接近或达到原路面轮迹带处所吸收的压实功。

经充分碾压后对已经整形的路面再加热、耙松或拉毛原路面，添加少量新混合料，并进行碾压成型，恢复路面使用性能。

④ 当车辙深度﹥4cm，原路面混合料级配偏细时

此种情况有两种工艺可以选择：

a、先铣刨波峰处偏细的原路面沥青混合料，使车辙深度＜4cm，然后采用(1)中的工艺及设备组合进行施工。

b、先铣刨波峰处偏细的原路面沥青混合料，之后对路面加热耙松后，在波谷处填补稍高于原路面的中粒式或粗粒式沥青混合料，经充分碾压，并保证层间具有良好的热粘结效果。

之后再次对已经整形的路面再加热、耙松或拉毛原路面，添加并摊铺少量细粒式或中粒式沥青混合料，两层一次碾压成型。恢复路面路用性能。

（2）原路面混合料性能不满足要求

当原路面混合料性能不能满足要求时，可采用复拌再生机组对沥青路面进行施工。

为了实现原路面级配优化，提高原路面的路用性能，要求再生机必须采用平行疏松耙装置耙松加热软化后的路面，以保证不破坏原路面混合料级配。根据原路面沥青混合料的试验结果再添加一定数量、特定级配的新沥青混合料，新沥青混合料与原路面沥青混合料拌和均匀后摊铺、碾压，从而达到优化沥青混合料级配的目的。

为了确保再生沥青的性能和再生沥青的用量，施工中需要添加再生剂和热沥青，要求再生机必须采用国际领先的旋转撒布盘或者更均匀、准确的方式进行喷洒，而且能做到再生剂和热沥青只与原沥青路面材料直接接触，不与添加的新沥青混合料直接接触，确保再生和油石比的优化效果。

为了保证添加材料的准确性，添加再生剂、热沥青和新沥青混合料时，必须采用电脑自动控制，使得添加量和原路面相关参数、施工速度相关联，确保再生混合料的配合比（级配和油石比）可控。摊铺再生混合料前，复拌提升机必须对全宽度施工断面的下承层顶面进行再次加热，确保再生摊铺层和下承层实现热粘结，提高层间热粘结质量。

（3）原路面泛油路病的治理

要求在加热原路面后，由一台加砂设备，均匀添加机制砂，然后再使用再生机和复拌提升机，对原路面进行耙松、喷洒再生剂/热沥青，收集再生混合料至车道中间位置，添加新沥青混合料，提升拌和，摊铺碾压，对再生剂和提升复拌机的技术要求同（2）。

（4）原路面沥青混合料需要改性

当原路面为普通沥青混合料，其性能不能满足要求时，需要对其进行改性。

在加热、耙松、添加再生剂或热沥青、收集再生沥青混合料形成梯形截面的料带，在料带上添加新沥青混合料，新沥青混合料与原路面沥青混合料一起提升至拌缸中拌和，在拌和过程中添加改性剂，实现普通沥青的改性，最后摊铺碾压。这就要求提升复拌机必须具有添加改性剂的计量装置和控制系统，确保改性剂添加均匀、准确，同时与施工速度相关联。该工艺通过改性原路面沥青混合料，使路面的性能满足使用需求。

（5）环境温度较低时（低于5℃甚至0℃）

采用复拌工艺施工，在加热、耙松、添加再生剂或热沥青、收集再生沥青混合料至车道中间位置形成梯形截面的料带之后，在料带上添加新沥青混合料之前，需要采用加热机再次提高再生沥青混合料的温度至少40℃以上，以保证新沥青混合料与原路面沥青混合料提升复拌后的再生沥青混合料温度和碾压温度，要求加热机必须采用高压多维脉冲加热方式或更先进的加热技术，确保加热松散沥青混合料时避免沥青快速老化。再生混合料温度提升后再添加新沥青混合料，新沥青混合料与原路面沥青混合料一起提升拌和，摊铺碾压。再生机和提升复拌机的技术要求同5.3.2。

（6）长大陡坡道路

当遇到长大陡坡时的施工，施工阻力将会在一个很大范围变化，这就要求再生机和提升复拌机必须采用履带式行走机构进行牵引，提高其在加热软化后的坡道路面上具有稳定的附着力，避免出现打滑或溜车现象，确保再生施工质量，同时不降低施工设备的工作速度和效率。

施工中碰到的工况可能更多，因此必须结合工程项目的特点，分析所提供的设备组合与工程的适应性和合理匹配性，以最大限度满足施工质量的要求。

**6.3 再生沥青混合料配合比设计**

**6.3.1**

**1**规定了再生沥青混合料技术标准，对试验方法和指标有以下几点说明：

① 试件成型方法

目前沥青混合料主要设计方法是采用马歇尔击实法，击实次数包括50次和75次两种。具体选择哪种击实次数，根据当地的沥青路面的研究成果和应用经验，并结合再生路面的施工条件和交通状况相适应的。

若采用旋转击实方法成型，其成型标准可按相关要求执行。

② 马歇尔试验指标

对于再生沥青混合料，马歇尔试验指标主要有空隙率、稳定度、流值三个。再生混合料没有新拌沥青混合料所要求的VMA、VFA等指标，其中一个重要的原因是某些再生工艺只添加再生剂而不改变混合料的级配，对于特定的集料和级配组成，通过调整再生剂用量对混合料VMA的影响是较小的；且新拌混合料设计时，提出VMA指标要求的初衷是保证集料具有较好的嵌挤结构，那么集料级配已定的情况下，限制VMA指标已经没有意义。

与现行改性沥青AC-13的技术要求相比，空隙率范围放宽到3～6.5％，主要是考虑到再生剂用量设计不仅要考虑混合料的性能，同时需考虑再生沥青的技术指标，如果空隙率范围太窄可能会影响再生沥青的性能；根据室内试验再生混合料的流值较小，故推荐的再生混合料的流值要求放宽到15（0.1mm）；通过室内试验和实体工程应用，发现再生混合料的低温小粱弯曲试验指标和浸水马歇尔试验指标往往偏低，故适当放宽了推荐的相应技术标准。若沥青混合料为其它类型混合料，如SMA、OGFC、Superpave等，混合料的空隙率可按《城镇道路工程施工与验收规范》（CJJ1）的标准执行。

SBS改性沥青是由基质沥青与SBS改性剂混合而成，在改性沥青加工过程中，由于SBS聚合物能吸收基质沥青中的小分子化合物，同时SBS形成网状交联结构，增大了改性沥青的粘度和粘弹性。SBS改性沥青老化过程包括以下两部分:基质沥青的老化和SBS改性剂的老化，SBS改性沥青的老化存在于两种物质老化效应的相互叠加，一方面基质沥青的氧化聚合反应形成分子量较大的结构化亚结构，导致其粘度增大;另一方面SBS聚合物的降解对其整体则起到了相反的作用。这是因为SBS聚合物降解成小分子物质，同时初期构成的网状交联结构被破坏，其改性作用逐渐丧失，对整体的增粘作用也下降，从而一定程度上降低了SBS改性沥青整体粘度的增大，使得SBS改性沥青表现出较好的耐久性质。而改性沥青的老化程度不仅取决于两者各自的老化程度，而且还与SBS改性沥青中改性剂的添加比例有直接关系，这是SBS改性沥青在相同的老化状态下老化程度有时变化较大的主要原因。

SBS改性沥青与基质沥青相比，在沥青生产过程中添加高聚合改性剂，随着改性沥青的老化，SBS聚合物大分子裂解老化。在改性沥青再生过程中，不仅需要再生基质沥青，还需要通过调整有效改性剂的比例用于恢复改性剂的性能。因此针对SBS改性沥青，建议施工前添加不同类型的再生剂，以确定最佳再生效果。

**2、3**新添加沥青混合料的级配或原路面混合料的级配不满足规范要求，缺少某个级配的材料，则可以通过添加断级配的材料，将再生混合料的级配曲线调整为规范要求的级配范围之内，这种材料是可以使用的，只要最终保证再生混合料的各项指标满足规范要求。

**7 施工**

**7.1 一般规定**

**7.1.2** 本条对就地热再生的选择和应用作为了规定，目前就地热再生技术主要应用于治理沥青层的病害，若路面存在深层病害，需要在对深层病害进行处理后再进行就地热再生施工。

根据我国沥青路面病害及就地热再生的相关研究成果，从不同角度对就地热再生技术的适用性进行分析。

**（1）**关于沥青路面车辙处治深度

受美国等国家早期出版书籍的影响，很多人认为就地热再生治理车辙深度有限，要求大于上面层一半深度的车辙不能采用就地热再生施工，即在我国一般为2cm左右。

这主要是因为在就地热再生前期的发展中，受其技术所限，就地热再生加热深度有限，因此为保证施工质量，美国等国家提出就地热再生处理车辙深度最好不要超过上面层厚度的一半。但是近几年来，随着就地热再生技术的发展和再生设备的创新，目前我国就地热再生设备加热深度已经可以达到6～8cm，而2006年出版的《沥青路面再生技术手册》也将就地热再生治理车辙的范围扩大到7cm。

此外，车辙病害能否采用就地热再生技术进行施工的关键不在于车辙深度，而在于车辙产生的原因。若车辙仅为沥青层的变形，即车辆荷载作用下产生的沥青层变形，而路面基层无变形，且通过试验可以确定各层沥青混合料材料性能均能满足抗车辙要求。在这种情况下，重度车辙也可采用就地热再生技术进行处理。若车辙是由于基层变形引起的，或者虽然基层无变形，但是试验表明各沥青层材料本身的性能特别是抗车辙能力不能满足要求，则采用就地热再生技术是无法对其进行较好的治理的，这种情况下产生的车辙建议采用其它养护方式。

因此，能否采用就地热再生技术对沥青路面车辙进行治理，关键点是要对车辙产生的原因进行分析，并结合材料试验及就地热再生技术本身的特点，分析就地热再生技术对处治车辙病害的适用性。

**（2）**关于原路面沥青老化程度

2008年，为了推广沥青路面再生技术，我国颁布了《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）。2014年颁布了《城镇道路沥青路面再生利用技术规范》（CJJ/T 43）由于当时我国相关的就地热再生系统性研究还在进行中，本规范是在借鉴和总结国内外相关应用经验的基础上编写的，再生类型的适用范围、再生剂标准等都大量借鉴了国外经验和标准，其中对施工前原路面沥青老化程度提出了明确规定，即要求25℃针入度不得低于20（0.1mm）。

之所以提出此要求，是为了保证沥青再生的效果。2008年之前，我国多数再生剂的再生效果有限，为保证施工质量，避免劣质工程，相关专家组提出沥青再生的控制指标，即针入度。但是近年来，随着我国就地热再生技术的发展，再生剂的研发和应用也得到了很大的进步，目前国内一些再生剂再生效果要远好于同类其它产品，因此仅以施工前原路面针入度为控制指标已经不能适应该技术的发展，建议以施工后再生沥青及再生沥青混合料的性能为控制再生效果的指标，这样就可以从结果上控制再生施工质量。

**（3）** 关于微表处路面、排水路面等特殊路面

随着我国基础建设的发展，一些新材料、新结构类型等都在我国得到了一定程度的应用，而当这些路面发生病害后，能否采用就地热再生技术进行处治，建议不能一概否决，而是应该具体情况具体对待。如微表处路面，以前一直要求对其铣刨后再进行热再生，这样不仅增加了施工步骤，也对道路交通、环境污染等有很大影响。而随着技术的发展，在采取措施保证施工温度的前提下，目前微表处路面完全可以直接进行就地热再生施工。

我国正处在高速发展阶段，一些路面新材料、新结构也逐渐开始使用并进入维修期，如橡胶OGFC沥青路面，由于橡胶OGFC沥青路面具有很好的吸收噪音和排水的特点，在我国南方地区市政道路中得到了一定的应用。在对这些特殊路面进行养护时，应该根据实际情况大胆进行相关试验段设计、施工，以验证就地热再生技术在其养护中的应用性，只有这样，才能促进我国沥青路面养护行业的发展。

**（4）**关于道路升级改造或新建道路工程

目前我国很多地区面临道路升级改造的问题，如加铺增加沥青层厚度、一级公路升级为高速公路、二级公路升级为一级公路或道路拓宽等。以前一般采用的方法为加铺沥青层或直接拓宽路面，直接在原路面上加铺沥青层需要增加沥青层厚度较大，路面排水、附属设施等都要同时进行改造。而拓宽路面时，拓宽路面和原路面之间的施工缝会极大影响道路的美观性和使用性能，针对这种情况，就地热再生的层间热粘结技术和热接缝技术均适用于加铺路面和拓宽路面中。同样的，在其它养护技术按车道进行施工时，也可采用加热设备保证各车道之间的热接缝，。总之，在道路升级改造施工时，可以根据原路面情况对症下药地采取就地热再生技术对原路面进行施工。

另外我国在新建道路时，经常存在下层沥青层施工后，间隔很长时间（如竣工前）才加铺上层沥青层，此时下层沥青污染严重，层间仅靠粘层油是没有办法保证粘结效果的。因此也可以在加铺上层沥青层之前，先采用就地热再生的加热设备对下层沥青层进行加热，再摊铺上面层，这样能够更好地保证层间热粘结。

**（5）**关于不适合直接就地热再生的情况

沥青路面在选择养护方式时要有针对性，需要根据具体工程具体分析，但是若存在以下情况，则此路面不适合直接进行就地热再生施工：

① 基层松散

在进行路面调查时，发现路面存在大面积沉陷或网裂，而对病害位置进行取芯或开挖后，发现路面基层松散严重，这种情况若在施工路段中大面积存在，则建议采取其它养护方式。

路面基层出现松散现象，若只是局部存在，则可对局部病害开挖处理后再进行就地热再生施工。若路面大多数基层都存在松散或强度不足等问题，则此工程不适用采用就地热再生技术，建议根据病害的发展情况，选择就地冷再生、传统开挖回填等技术进行施工。

② 原路面中下面层混合料原材料性能不能满足要求

若路面在设计、建造时，中下沥青层选用了较差的原材料，如骨料强度不满足要求、沥青性能极差或表面层采用了煤沥青等低劣沥青，这种情况若为施工路段普遍现象，则建议采取其它养护方式。若局部存在，则可对局部病害开挖处理后再进行就地热再生施工。

③ 白改黑路面，水泥板问题导致的路面病害

我国南方很多地区较多采用水泥路面，由于水泥路面出现病害后养护维修困难，因此目前南方很多城市都采取了白改黑路面。不过部分路段由于施工工期、交通等的影响，未能对水泥板进行彻底根治，而是简单处理或直接加铺沥青层，导致后期水泥板面的病害反射到路表，这种情况下，若路面病害严重，建议开挖路面，对水泥板进行彻底处理后再施工沥青层。

就地热再生是一种沥青路面养护技术，有其独特的适用范围，在实际应用过程中，除结合现有的经验和理论基础外，还应该具体工程具体分析，根据工程实际情况，结合现场调查和试验检测，分析其是否适用于就地热再生技术。

**7.2 机械设备配置**

本条规定就地热再生施工中加热设备数量需要根据路面状况、天气情况等进行选择，为保证施工质量，施工前需要对所有设备进行检查。另就地热再生施工为流水线作业，因此所有热再生设备需要按照施工时的顺序排列在施工作业面上。

**7.3 施工作业准备**

**7.3.2** 就地热再生施工前需要对原路面状况进行详细评估，可按本规范第5章内容进行。另对于沥青路面的深层病害，必须在就地热再生施工前对其进行预处理，保证路面的结构强度基础上再采用就地热再生施工。路面深层病害的预处理方法应考虑材料的循环利用，尽量减少原材料的浪费和环境的污染。

**7.3.3** 本条1中影响施工质量的杂物包括原路面上的水泥混凝土、其它标线的混凝土基础、被污染的沥青混凝土等。

本条2中其他障碍物不包括城市道路中的井盖，因为施工时再生设备的耙松装置会自动避开井盖。

**7.3.4**考虑就地热再生设备的优劣直接影响就地热再生施工质量，而国内外不同再生设备存在很大的不同，为确保施工质量，下面对就地热再生设备提出相应要求。

（1） 加热设备

主要用途：加热设备主要是实现对原路面沥青混合料的加热，以便进行下一步再生。

对加热设备的要求：

① 加热设备必须具备可由牵引车高速拖行和施工时的低速、稳定、自行功能。加热设备必须保证迅速进、退和转场时的高度机动性，即转场灵活，要求必须做到半个小时内完成所有进、退场工作。施工时的自行驱动系统必须具备一定的施工行进速度范围，而且在此速度范围内可实现无级调速的能力。

② 加热方式：为保证施工效果和施工安全，由于施工的连续性方式所决定，不得采用具有电磁辐射的微波方式进行移动加热。建议采用具有国际领先水平的间歇式热辐射方式进行加热，以保证热量充分渗透，并且加热深度不小于6cm，同时不得使路面表层沥青混合料过度老化。加热设备应具备根据不同的路面材料和施工环境调整加热能量的功能。

③ 加热设备尺寸要求，施工不需要对道路进行全封闭是就地热再生施工的一大优势，为保证这一优势，要求加热设备的行驶宽度不得超过2.5m。工作时，加热宽度应根据施工车道的宽度变化而变化，即加热宽度可调。加热墙左右翼墙及保温板要与主墙在同一平面内，以实现最大加热宽度，整个加热墙必须可以垂直升降和左右平移。

④ 为适应施工路线线形、施工宽度等可能的施工区域平面形状、尺寸的变化，以及可能的障碍物、凸起物等实际情况，加热装置（加热墙、加热板等）必须为分区设计独立控制。并且在正常工作中必须能进行平移、升降等必要功能，即保证施工连续性的效果和质量，又避免对道路构造物造成的影响或破坏。

（2）再生设备

主要用途：路面再加热，路面耙松，再生剂/热沥青添加，沥青混合料的收集或初次整形。

对再生设备的要求：

① 再生设备必须具备可由牵引车高速拖行的功能，运输状态最大行驶宽度不应超过2.5m；施工时的低速、稳定、自行功能或由专用的牵引设备牵引施工的功能；再生设备必须保证迅速进、退和转场时的高度机动性，即转场灵活，要求必须做到半个小时内完成所有进、退场工作；施工时的自行驱动系统必须具备一定的施工行进速度范围，而且在此速度范围内可实现无级调速的能力。

② 再生设备尺寸要求：施工不需要对道路进行全封闭是就地热再生施工的一大优势，为保证这一优势，要求再生设备的行驶状态最大宽度不得超过2.5m。施工时，加热、再生、耙松、喷洒再生剂以及集料宽度应根据施工车道的宽度变化而变化，即宽度可调。加热墙左右翼墙及保温板要与主墙在同一平面内，以实现最大加热宽度。整个加热墙必须可以垂直升降和左右平移。

③ 耙松装置：不打碎集料是就地热再生实现原路面材料100%再利用的前提，因此要求在施工时不应采用旋转强制切削的铣刨装置，建议采用具有国际领先水平的平行疏松耙装置。即通过对加热后的路面耙松，实现原路面的翻松且不改变沥青混合料中集料的形状和尺寸，即不改变原路面沥青混合料的级配，从而不降低其承载能力。该疏松耙的耙松深度应可调、可控。

为了保证层间粘结质量，提高沥青路面结构层抗剪强度，要求翻松后，下承层顶面具有足够的粗糙度，且施工界面无集料被打碎和出现花白料现象。

④ 再生剂喷洒装置：再生剂主要作用是还原老化沥青的性能，因此要求再生剂喷洒必须均匀，不得采用管式自流方式，建议采用具有国际领先水平的撒布盘式喷洒方式，以确保喷洒均匀、准确。计量系统应由电脑程序自动控制调整确保用量准确、可控。再生剂必须只与原路面的沥青混合料直接接触。拌和均匀后再与新添加沥青混合料复拌，确保再生效果。为避免施工过程中施工设备变速对再生剂喷洒的影响，要求再生剂喷洒系统同时与再生设备的施工行进速度、施工宽度、深度等参数相关联。

⑤ 热沥青喷洒装置：为调整原路面沥青含量，要求复拌再生设备必须具有喷洒热沥青的装置，而且要求喷洒均匀、准确、喷洒量可控。为避免施工过程中施工设备变速对热沥青喷洒量的影响，要求热沥青喷洒系统同时与再生设备的施工行进速度、施工宽度、深度等参数相关联。

鉴于添加再生剂和热沥青的不同作用和目的，再生设备应该同时具备独立喷洒再生剂和热沥青的系统，而且各系统必须具备独立控制的功能。

⑥ 原路面沥青混合料集料装置：为了避免施工过程中再生沥青混合料热量过多散失，同时也为复拌提升机准备合适的提升料带，要求再生设备必须具备再生料的收集功能。为适应不同厚度的路面要求，尤其对于复拌再生设备的集料装置，要求其集料深度具备自动无级可调、可控功能。

（3）提升复拌设备

主要功能：将添加的新沥青混合料按照预定的比例，均匀添加在原路面沥青混合料的料带上；将新、原路面沥青混合料一并提升至拌缸，在提升和拌和过程具有按照预定的温度进行加热、保温功能；在提升和拌和过程中，应能对路面下承层顶面以全施工断面再加热，以确保层间有效热粘结；新沥青混合料与原路面沥青混合料拌和均匀后送至摊铺机摊铺。

对提升、复拌设备的要求：

① 提升复拌设备必须具备可由牵引车高速拖行的功能，运输状态的最大行驶宽度不应超过2.5m；施工时的低速、稳定、自行功能或由专用的牵引设备牵引施工的功能；再生设备必须保证迅速进、退和转场时的高度机动性，即转场灵活，要求必须做到半个小时内完成所有进、退场工作；

② 施工时的专用牵引设备或自行驱动系统必须具备一定的施工行进速度范围，而且在此速度范围内可实现无级调速的能力；加热宽度应根据施工车道的宽度变化而变化，即加热宽度可调。

③ 新料添加设备：新沥青混合料的添加设备必须具有自行功能或牵引提升复拌设备的功能；施工过程中要严格按照预定比例控制新料添加量，因此要求新料添加系统必须与施工速度、施工宽度、施工深度等参数相关联，并由电脑自动控制；为保证施工后路面平整度，新料添加过程不得对摊铺机的匀速摊铺造成影响。

施工中需要对原路面混合料级配进行优化调整时，就地热再生设备必须具备调整和优化原路面沥青混合料级配的功能，且调整过程可控，新料添加计量系统由电脑程序自动控制调整确保用量准确。

④ 提升复拌装置：为确保拌和温度和均匀性，拌和机必须封闭，且必须提升至机内拌和，为保证再生沥青混合料的施工温度，要求在混合料提升复拌整个过程中必须有加热、保温装置，并按照电脑预先设定的温度对其进行加热、保温。

再生混合料摊铺前，必须对施工全断面宽度内的下承层顶面进行加热，加热后下承层表面温度不得低于100℃，确保沥青混合料的层间得以有效热粘结。

**8 验收**

**8.3 施工验收标准**

**8.3.2** 由于原路面存在不均匀变形，整形就地热再生和复拌就地热再生以恢复路面断面形状为主要目标，添加新沥青混合料主要补充路面变形缺失的混合料，故对添加新沥青混合料的厚度不做要求。

**附录A 整形再生沥青混合料配合比设计**

**A.3.2** 原路面沥青老化程度以针入度、软化点为主要评价指标，延度为参考指标。

**A.4** 选择再生剂类型和用量时，应综合考虑添加再生剂后沥青和沥青混合料的性能恢复效果。