

T/CECS \*\*\*-\*\*\*\*

中国工程建设协会标准

# 公路沥青路面就地热再生应用技术规范

Technical Specification for Hot In-place Recycling of Highway Asphalt  
Pavement

202x- xx - xx 发布

20xx - xx -xx 实施

中国工程建设标准化协会 发布



中国工程建设协会标准

## 公路沥青路面就地热再生应用技术规程

Technical Specification for Hot In-place Recycling of Highway Asphalt Pavement

T/CECS \*\*\*-\*\*\*\*

主编单位：山西省交通科技研发有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

执行日期：

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2018 年第二批中国工程建设标准化协会标准 CECS G) 制修订项目编制工作的通知》(中建标公路 [2018]114 号) 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行业标准, 并在广泛征求意见的基础上, 制定本规程。

本规程共分 9 章和 3 个附录, 主要内容包括: 总则、术语和定义、基本规定、技术方案设计、材料、就地热再生沥青混合料配合比设计、施工作业、质量管理与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理, 由山西省交通科技研发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, 请寄送至解释单位(地址: 山西省太原市小店区经济开发区山西交通园区 27 号公路工程研究院办公室收; 邮编: 030032)。

主编单位: 山西省交通科技研发有限公司

参编单位: 山西交通科学研究院集团有限公司

山西喜跃发道路建设养护有限公司

重庆交通大学

主要起草人: 王瑞林、孔繁盛、张晓燕、李智慧、高学凯、畅晓钰、王慧、吴喜荣、贺文栋

主要审查人:

# 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 基本规定 .....	2
3.1 一般规定 .....	2
3.2 复拌再生技术适用条件 .....	2
3.3 整形加铺再生技术适用条件 .....	2
3.4 复拌加铺再生技术适用条件 .....	2
4 技术方案设计 .....	3
4.1 一般规定 .....	3
4.2 历史资料调查 .....	3
4.3 路面使用状况调查 .....	3
4.4 原沥青面层材料调查 .....	3
4.5 交通及环境调查 .....	3
4.6 原路面评价 .....	3
4.7 综合评价 .....	4
5 材料 .....	4
5.1 回收沥青路面材料 (RAP) .....	4
5.2 再生剂 .....	4
5.3 沥青 .....	5
5.4 矿料 .....	5
5.5 温拌剂 .....	5
5.6 其它添加剂 .....	5
5.7 新掺沥青混合料 .....	6
6 就地热再生沥青混合料配合比设计 .....	6
6.1 一般规定 .....	6
6.2 设计标准 .....	6
6.3 混合料配合比设计 .....	6
6.4 混合料配合比验证 .....	7
7 施工作业 .....	8
7.1 一般规定 .....	8
7.2 施工组织 .....	8
7.3 原路面及周边预处理 .....	8
7.4 机械设备 .....	8
7.5 再生作业 .....	9
7.6 摊铺 .....	10
7.7 压实 .....	10
7.8 开放交通 .....	10
8 质量管理与验收 .....	10
附 录 A (规范性附录) 回收沥青路面材料 (RAP) 取样与试验分析 .....	13
附 录 B (规范性附录) 复拌再生沥青混合料目标配合比设计 .....	15
附 录 C (规范性附录) 整形加铺再生沥青混合料目标配合比设计 .....	17



# 公路沥青路面就地热再生应用技术规程

## 1 总则

本标准规定了沥青路面就地热再生的术语和定义、基本规定、技术方案设计、材料要求、就地热再生沥青混合料配合比设计、施工作业、质量管理与验收。

本标准适用于高速、一级、二级养护工程沥青路面表面层、中面层的地热再生应用，用于下面层时应采用双层再生工艺，市政道路可参照使用，再生层可用作上面层或者中面层。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 2.1 回收沥青路面材料 reclaimed asphalt pavement (RAP)

采用加热翻松、开挖等方式从沥青路面上获得的旧沥青混合料。

### 2.2 沥青再生剂 rejuvenating agent

掺加到再生沥青混合料中，用于恢复已老化沥青性能的添加剂。

### 2.3 再生沥青 rejuvenated binder

从回收沥青路面材料 (RAP) 中抽提出旧沥青，按比例加入再生剂，性能得到一定程度恢复的沥青。

### 2.4 就地热再生 hot in-place recycling

采用专用的就地再生设备，对沥青路面进行加热、翻松，就地掺入一定数量的新沥青、新掺沥青混合料（如需要）、再生剂等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，一次性实现对表面一定深度范围内的旧沥青路面再生的技术。就地热再生分为复拌再生、加铺再生。加铺再生分为复拌加铺再生和整形加铺再生：

- a) 复拌再生 (remixing)：将旧沥青路面加热、翻松，就地掺加一定数量的再生剂、新沥青（如需要）、不超过 30% 的新掺沥青混合料，经热态拌和、摊铺、压实成型；
- b) 复拌加铺再生 (remixing and repaving)：将旧沥青路面加热、翻松，就地掺加一定数量的再生剂、新沥青（如需要）、不超过 30% 的新掺沥青混合料，拌和形成再生沥青混合料，利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生沥青混合料，利用再生复拌机的第二熨平板同时将新沥青混合料摊铺于再生沥青混合料之上，两层一次压实成型。
- c) 整形加铺再生 (surface recycling and repaving)：将旧沥青路面加热、翻松，就地掺加一定数量的再生剂，拌和形成再生沥青混合料，利用再生复拌机的第一熨平板摊铺再生沥青混合料，利用再生复拌机的第二熨平板同时将新沥青混合料摊铺于再生沥青混合料之上，两层一次压实成型；

### 2.5 回收沥青路面材料矿料级配 mineral aggregate grading of recycled asphalt pavement material

用离心分离法或者燃烧法除去回收沥青路面材料 (RAP) 中的沥青后得到的矿料级配。

### 2.6 新掺沥青混合料 newly added asphalt mixture

为弥补回收沥青路面材料性能而在回收沥青混合料中加入的特殊级配沥青混合料。

## 2.7 新沥青混合料 new asphalt mixture

加铺再生时，用于加铺层的沥青混合料。

## 2.8 再生沥青混合料 recycled asphalt mixture

含有回收沥青路面材料（RAP）的混合料。

## 2.9 再生沥青混合料级配 Grading of recycled asphalt mixture

回收沥青路面材料（RAP）的矿料与新矿料的合成级配。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

3.1.1 原路面整体弯沉满足设计要求，病害主要集中在再生层中，再生层下的沥青层厚度不应小于50mm。

3.1.2 采用就地热再生工艺施工的再生工程，宜在15℃以上气温条件下施工，不得在雨天、路面潮湿的情况下施工。

3.1.3 再生层厚度范围内沥青层沥青含量不宜小于3.8%。

3.1.4 原路面上有稀浆封层、微表处、超薄罩面、碎石封层的，宜就地热再生前，应先将其铣刨掉，或经充分试验分析后，做出针对性的材料设计和工艺设计。

## 3.2 复拌再生技术适用条件

复拌再生技术适用条件如下：

- a) 原路面沥青混合料材料粒径比较均匀，再生施工后质量易于控制；
- b) 原路面车辙、坑槽深度较浅，新掺沥青混合料用量一般低于30%；
- c) 可通过复拌再生达到设计标准；
- d) 原路面沥青老化不太严重，可通过再生可有效恢复其路用性能，再生混合料质量能达到磨耗层要求。

## 3.3 整形加铺再生技术适用条件

整形加铺再生技术适用条件如下：

- a) 原路面沥青面层混合料材料离散性较大以及挖补面积较大，通过复拌再生难以达到磨耗层技术标准；
- b) 原路面沥青混合料级配缺陷较严重，通过复拌再生难以达到磨耗层要求，但又能通过再生用作中面层；
- c) 原路面沥青老化较严重，通过再生难以直接用作磨耗层。

## 3.4 复拌加铺再生技术适用条件

复拌加铺再生技术适用条件：

- a) 原路面沥青面层混合料材料离散性较大以及挖补面积较大，通过复拌再生难以达到磨耗层技术标准；
- b) 因交通量升级原路面沥青面层不足以符合现在公路等级要求，需要加铺新沥青混合料予以补强；

- c) 原路面沥青混合料级配缺陷较严重,通过复拌再生难以达到磨耗层要求,但又能通过再生用作中面层;
- d) 原路面沥青老化较严重,通过再生难以直接用作磨耗层;
- e) 原路面车辙、坑槽深度较深,掺加的新沥青混合料一般大于 30%;
- f) 交通量较大,通过复拌再生难以达到设计标准。

## 4 技术方案设计

### 4.1 一般规定

就地热再生技术运用前,必须全面调查原路面历史信息、原路面技术状况、交通量、工程经济等,并开展综合分析及准确评价,为沥青路面就地热再生技术提供可靠依据。

### 4.2 历史资料调查

4.2.1 收集原路面修建时的设计资料、施工资料及竣工资料,一般包括原路面的公路等级、宽度、厚度、结构类型、级配、材料及施工质量控制方面的资料,从资料分析建设期间是否存在设计和施工质量问题。

4.2.2 原路面养护记录调查,重点核查各种养护操作的原因、时间、类型、位置、规模以及具体实施过程中采用的方法、材料类型、数量及应用范围。

### 4.3 路面使用状况调查

4.3.1 检测路面结构强度,计算路面结构强度指标(PSSI)。

4.3.2 路面结构强度宜采用自动检测设备检测,并结合人工调查评价路面结构层,尤其是基层的完整状况。

4.3.3 全面调查路面出现的各种路况情况,宜采用自动化检测方法与人工检测方法相结合的方式对路面结构强度指数(PSSI)、路面损坏状况指数(PCI)、路面车辙深度(mm)进行调查、计算。

### 4.4 原沥青面层材料调查

4.4.1 应对每一个施工段落开展原路面材料的性能调查。

4.4.2 路面病害主要存在于沥青路面表层,可只对沥青路面上面层材料进行性能调查,若路面病害较为严重,则应根据实际情况对沥青路面的上面层、中面层、下面层材料进行性能调查。

4.4.3 沥青路面材料的现场取料包括取芯、取样。为保障取料的代表性,应综合考虑施工段落的划分、试验工作量,对相同类型段落长度应予以合并。可按照本规范附录 A 所列的方法,确定取芯取样的位置。

4.4.4 取芯测定原路面沥青层厚度、路面病害范围。

4.4.5 回收获得的旧沥青混合料应进行矿料级配、RAP 沥青含量、RAP 中旧沥青针入度检测。

### 4.5 交通及环境调查

4.5.1 旧路面交通量调查为就地热再生结构的设计和材料设计提供依据和参考。调查内容有:交通量、重载情况、渠化交通情况以及就地热再生工程设计使用年限内交通量发展预测。另外,为就地热再生施工制订交通组织方案提供依据。

4.5.2 环境调查主要调研就地热再生施工可能有影响的敏感点,该敏感点是否对就地热再生施工造成干扰。如沿线桥梁、下水井盖、路缘石、防护设施、加油(气)站、两侧的绿化设施等。

### 4.6 原路面评价

4.6.1 就地热再生路面结构强度指数 PSSI 应不小于 80%，技术状况等级划分应处于“优”、“良”水平，对路面 PSSI 等级划分为“中”、“次”、“差”的段落，应确定其承载力不足的原因，对承载力不足的层位修复后可再采用就地热再生养护工艺。

4.6.2 根据路况调查结果，以路面结构强度指数 (PSSI)、路面损坏状况指数 (PCI)、路面车辙深度、RAP 沥青含量、RAP 中废旧沥青针入度、原路面沥青层厚度、路面病害范围、就地热再生选用工艺类型确定适用于各类就地热再生的段落。

#### 4.7 综合评价

4.7.1 对采取不同的就地热再生方法开展经济对比分析评价，分析各种再生方法加固路面设计年限内的平均成本，包括路面维修成本、养护成本、路面残值等，再通过工程技术、环境、交通、工程经济等各个方面的评价，确定合理的就地热再生方案。就地热再生适用标准见表 1。

4.7.2 采用就地热再生时，单层就地热再生的再生层厚度宜为 20~60mm，再生层厚度超过 60mm 时，宜采用二级加热翻松工艺或双层再生施工工艺。

表1 就地热再生适用标准

病害指标	再生类型		
	复拌再生	整形加铺	复拌加铺
路面结构强度指数 PSSI (%)	≥80		
路面损坏状况指数 PCI (%)	≤85		
车辙 (max) (mm)	≤30		
沥青针入度 (25℃, 100g, 5s) (0.1 mm)	>30	20~30	
RAP 沥青含量 (%)	≥3.8		
原路面沥青层厚度 (mm)	≥再生厚度+30		
路面病害范围	主要集中在再生深度范围内		
就地热再生适用类型	新掺沥青混合料用量 小于 30%	旧回收料离散性大， 破损严重，挖补面积 大	旧回收料离散性大，破 损严重，挖补面积大， 新掺混合料用量大于 30%，或提升原路面公 路等级

## 5 材料

### 5.1 回收沥青路面材料 (RAP)

回收沥青路面材料 (RAP) 检测项目见表3。

表2 回收沥青路面材料 (RAP) 检测项目

材料类型	试验参数	技术要求	试验方法
原路面材料	原路面材料级配	实测	T 0302
	沥青含量 (%)	≥3.8	T 0722, T 0727
	最大颗粒粒径	≤设计级配允许的最大粒径	T 0302
原路面材料中的沥青	25 °C 针入度 (0.1 mm)	≥20	T 0604

### 5.2 再生剂

5.2.1 在回收沥青路面材料（RAP）中掺加再生剂。再生剂的选用应综合考虑沥青的老化及性能变化程度、回收沥青路面材料（RAP）的使用年限及其在再生沥青混合料中所占比例，再生剂与沥青胶结料的配伍性，再生沥青混合料（RAM）的用途等因素。再生剂用量则应通过室内试验确定。

5.2.2 再生剂性能应符合以下四方面的规定，并应满足《公路沥青路面再生技术规范》（JTG F41）及表3的技术要求：

- a) 具有与沥青良好的配伍性。
- b) 具有良好的流变性质。
- c) 具有溶解和分散沥青质的能力。
- d) 具有一定的耐热性和耐候性。

表3 再生剂质量要求

检验项目	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	RA-250	RA-500	试验方法
60℃粘度	50~175	176~900	901~4500	4501~12500	12501~37500	37501~60000	T0619
闪点℃	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	T0633
饱和分含量%	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	T0618
芳香分含量%	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	T0618
薄膜烘箱试验前后 粘度比（后/前）	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	T0619
薄膜烘箱试验前后 质量变化%	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	T0609/T0610
15℃密度	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	T0603

### 5.3 沥青

再生加铺层用沥青标号宜按公路等级、气候条件、交通条件、路面类型及在结构层中的层位及受力特点等，结合当地的使用经验，经技术论证后确定，且不低于原沥青路面所用沥青标号等级。再生混合料中新添加的沥青及添加再生剂后的再生沥青技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求，具体选择方法见附录B。

### 5.4 矿料

新加入的矿料应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求，其中高速公路、一级公路细集料应采用0~3mm机制砂，并选用优质碱性石料生产，0.075mm通过率应不大于12%。粗集料的规格应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）及原路面级配对应的集料规格要求，矿料的岩性宜与原路面相同。

### 5.5 温拌剂

5.5.1 当就地热再生使用温拌剂时，原路面的加热、翻松温度与不添加温拌剂时相同，新掺沥青混合料的出料温度可作一定幅度的调整。

5.5.2 当气温大于10℃时，新掺混合料的出料温度应依据温拌剂的降温幅度在热拌沥青混合料出料温度基础上下浮10~20℃；当气温为0~10℃时，新掺混合料中应掺入耐高温的温拌剂，出料温度按照热拌沥青混合料温度执行。

5.5.3 就地热再生混合料中添加温拌剂时，温拌剂的用量应依据温拌剂厂家技术要求和室内试验降温幅度确定。添加方式应采用新掺混合料在拌和楼拌和过程中，将温拌剂喷入拌和锅与混合料一同拌和。

### 5.6 其它添加剂

5.6.1 根据工程特点需要添加的纤维、抗车辙剂、抗剥落剂等添加剂，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

5.6.2 添加剂材料的选择应综合考虑施工可操作性，性能、工程成本以及运输、储存等方面因素进行技术论证。

### 5.7 新掺沥青混合料

5.7.1 复拌再生、复拌加铺再生中与旧沥青混合料拌和的新掺沥青混合料，应根据旧沥青混合料矿料级配、油石比是否满足原级配类型设计的混合料性能要求，选择性补充不同等级的集料和沥青，最终使回收料（RAP）中的矿料与新矿料的合成级配作为级配设计依据，并符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的技术要求。

5.7.2 新掺沥青混合料应在沥青拌和站按照热拌沥青混合料拌和温度及工艺要求，在拌和站拌和后运输到施工现场，如在拌和过程中新添加的沥青出现过量的现象，应将过量的沥青按照洒布再生剂的方式加入再生沥青混合料中。

5.7.3 用于加铺再生中加铺层的新沥青混合料应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的技术要求。

## 6 就地热再生沥青混合料配合比设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 复拌再生沥青混合料配合比设计时，应充分考虑原路面沥青混合料的配合比和病害特点，有针对性地进行再生沥青混合料的配合比设计。

6.1.2 复拌再生沥青混合料配合比设计方法宜采用马歇尔试验方法，基本流程遵循《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40），也可采用其他的混合料设计方法，如 SUPERPAVE 设计方法等。

6.1.3 复拌再生沥青混合料配合比应通过试验段验证。

### 6.2 设计标准

6.2.1 复拌再生沥青混合料类型宜与原沥青路面混合料类型保持一致。

6.2.2 在进行就地热再生沥青混合料设计时，应选择合理的级配范围，复拌再生、加铺再生加铺层级配范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）不同类型的技术要求。

6.2.3 再生沥青混合料（RAM）各项体积指标等技术要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料的规定。

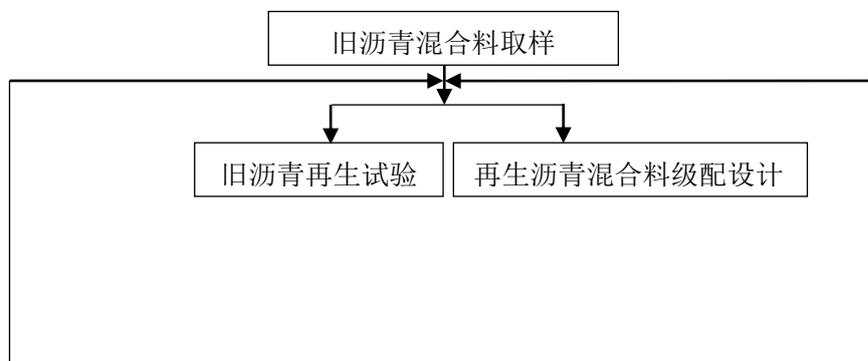
6.2.4 再生沥青混合料（RAM）的配合比确定后，应进行再生沥青混合料使用性能检验。各项性能指标应不低于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求。

### 6.3 混合料配合比设计

6.3.1 复拌再生沥青混合料配合比设计按照本规范附录 B 的设计方法进行。设计流程见图 1。

6.3.2 整形加铺再生沥青混合料中整形再生配合比设计按照本规范附录 C 的设计方法进行。设计流程见图 2。

6.3.3 加铺层的混合料配合比设计应按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料的规定设计。



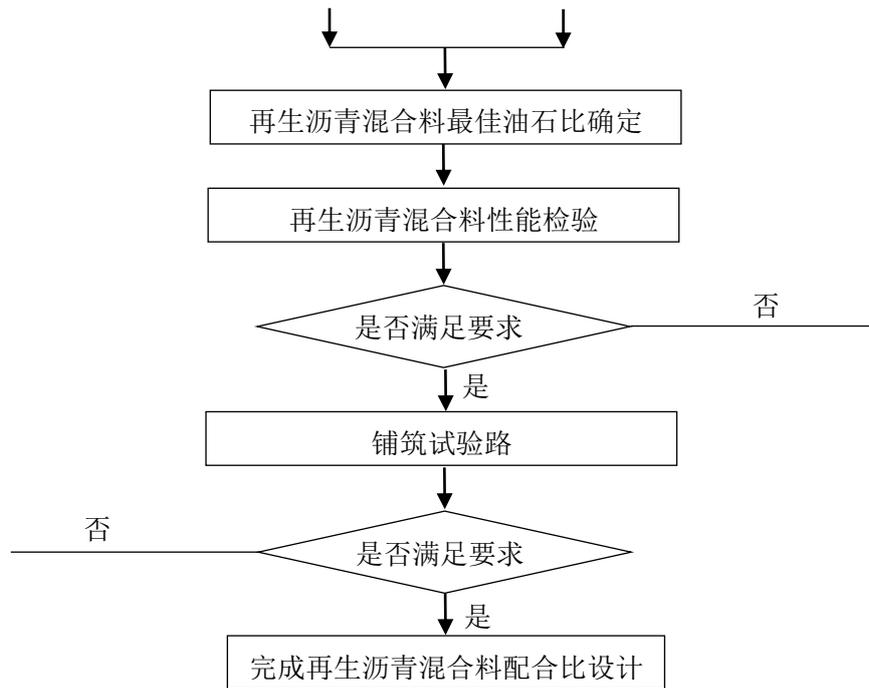


图1 复拌再生沥青混合料设计流程

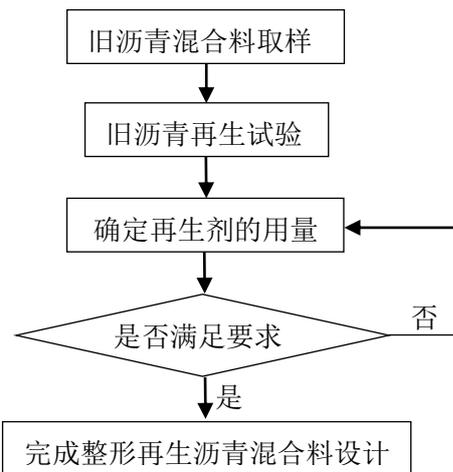


图2 整形再生沥青混合料设计流程

#### 6.4 混合料配合比验证

6.4.1 就地热再生应通过试验路铺筑，对配合比设计进行验证，并确定最终的施工配合比。

6.4.2 施工过程中及时评价再生剂的再生效果，及时调整再生剂的用量。

6.4.3 试验路检验再生沥青混合料性能的指标有：再生沥青混合料的级配、油石比、混合料体积指标、动稳定性、浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度比、低温弯曲应变等；现场检测指标有：平整度、压实度、厚度、渗水系数等，各项性能指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料的技术要求。

6.4.4 就地热再生铺筑试验路，检验施工工艺、质量控制、施工管理、施工安全等各个方面。就地热再生试验路段的长度不宜小于 300m。通过试验段检验以下工作：

- a) 检验再生设备的性能是否满足就地热再生施工需要。
- b) 确定加热设备组合、加热时间以及加热温度。
- c) 确定再生设备合理施工速度以及摊铺碾压等工艺参数。

- d) 检验就地热再生沥青混合料配合比, 确定再生剂、沥青、添加剂以及新掺沥青混合料的合理用量及其掺加工艺。
- e) 检测压实度、渗水系数等性能指标。
- f) 检验施工组织及交通组织方案的合理性。

## 7 施工作业

### 7.1 一般规定

7.1.1 通过铺筑就地热再生试验段, 以确定设备配置要求和工艺参数。

7.1.2 本标准未规定的技术内容应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的技术要求。

### 7.2 施工组织

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

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

7.2.3 路面施工应认真贯彻国家环境和生态保护的相关规定, 施工现场必须建立环境保护、环境卫生管理和检查制度, 并应做好检查记录。

### 7.3 原路面及周边预处理

7.3.1 就地热再生施工前, 必须对就地热再生无法修复的局部路面病害进行预处理, 在施工前对路面采取清扫等措施, 保证路面清洁。预处理如下:

- a) 破损松散类病害: 破损松散类病害的深度超过就地热再生施工深度时, 应予挖补;
- b) 变形类病害: 根据再生设备的不同, 变形深度为 30mm~60mm 时, 再生前应预先铣刨处理;
- c) 裂缝类病害: 对于一般横向裂缝, 宽度不大于 5 mm 时, 可以不处理; 对于宽度大于 5 mm 或多条集中及出现分岔、边缘沉陷的横向裂缝, 应进行深层预先处理。根据裂缝的发展程度, 将沥青面层分层呈阶梯状铣刨后粘贴防裂贴, 再用新沥青混合料分层回填、压实。

7.3.2 原路面特殊部位的预处理应按照以下执行:

- a) 宜用铣刨机沿行车方向将伸缩缝和井盖后端铣刨 2m~5m, 前端铣刨 1m~2m, 深度 30mm~50mm, 施工应使用新沥青混合料或再生沥青混合料铺筑;
- b) 原路面上的突起路标、罐缝胶应清除;
- c) 原路面上较厚的热熔型标线应在施工加热后清除, 已磨损到不太明显的标线可不清除;
- d) 采用隔热板保护桥梁伸缩缝;
- e) 对影响就地热再生施工的其它障碍物, 施工前应将其移除或重新布设。

7.3.3 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、树木、加油站等提前采取隔离措施。

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

### 7.4 机械设备

7.4.1 再生机选型时要考虑设备能否满足施工热再生工艺的要求, 应满足:

- a) 整机应为自行式、全液压传动和驱动、前后轴均可液压并相互独立;
- b) 对再生层的翻松应采用耙松器, 不得使用旋转切削装置, 耙松器应为分段式, 高度应独立可调, 最大翻松宽度不小于 4.5m, 可无级变宽;

- c) 有深度自动控制系统，可精确控制翻松深度；
- d) 搅拌方式：卧轴拌缸强制搅拌，保证拌和的均匀性，搅拌能力不小于 120 t/h。将回收材料与新添加的材料进行充分均匀地拌合；
- e) 具有新料添加系统，外加混合料有计算机控制比例计量系统并确定外加混合料的数量，添加量取决于机器的工作宽度、工作速度和工作深度。外加混合料按再生工艺需要可以加入搅拌器，也可以直接加在熨平板前面；
- f) 有添加剂喷洒系统。该系统根据再生深度、速度、添加量等条件参数，自动控制计量，洒布均匀；
- g) 混合料的摊铺：配有一体式摊铺系统，能对搅拌好的再生料及新混合料进行摊铺。最大摊铺宽度不小于 4.5m，可无级变宽；带振捣、振动熨平板，振动频率应在 0~60Hz 可调，调动能力不小于 2.5%，有自动找平功能，找平精度不大于 2mm/3m 直尺。

#### 7.4.2 加热机选择应满足：

复拌再生及加铺再生设备应选择对原路面沥青二次老化程度小、废气排放少、加热效率高的加热设备。加热机是在就地热再生时对沥青路面加热的设备。加热机的工作方式主要有三种：远红外线加热、热风循环、间歇式远红外线加热式。加热机应具备加热能力自动控制功能，能及时显示加热温度，且温度控制精度不低于±4%，同时具有行驶速度控制、显示的功能，正常工作时产生的沥青烟尘浓度应满足环保要求。

#### 7.4.3 翻松装置应满足：

翻松装置应带有深度自动控制系统，翻松深度应不超过设定值±3mm。

翻松前路表温度，普通沥青路面应不高于185℃，改性沥青路面应不高于200℃。翻松后裸露面的温度，普通沥青路面应高于85℃，改性沥青路面应高于100℃。

#### 7.4.4 压路机选择应满足：

压路机的选择考虑到就地热再生施工现场加热的局限性、温度损失较快、热再生使用通长是单车道施工、路面宽度较小等特点以及沥青施工规范要求，决定了现场使用的压路机应吨位大、性能可靠。施工时除了按沥青施工规范要求进行压实外，还得考虑再生工艺的特点，紧跟再生机进行碾压，尽量减少热量损失。

#### 7.4.5 液化气加注泵应满足：

由于加热机使用的燃气是液化气，在添加时需要使用液化气泵。液化气泵的选择应根据每日的用气量进行选择。如果热再生工程量较大，应配备液化气槽车。

#### 7.4.6 再生剂喷洒装置应满足：

再生剂喷洒装置应与再生行走速度联动并可准确计量，喷洒计量精度±2%。

### 7.5 再生作业

#### 7.5.1 施工工艺流程如下：

- a) 复拌再生施工工艺：路面加热→路面翻松→添加再生剂→添加新沥青（如需要）→添加新掺沥青混合料→与旧沥青混合料复拌→摊铺机摊铺→碾压；
- b) 复拌加铺施工工艺：路面加热→路面翻松→添加再生剂→添加新沥青（如需要）→添加新掺沥青混合料→与旧沥青混合料复拌→摊铺机第一熨平板摊铺再生沥青混合料→摊铺机第二熨平板摊铺加铺层新沥青混合料→碾压；
- c) 整形加铺施工工艺：路面加热→路面翻松→添加再生剂→旧沥青混合料复拌→摊铺机第一熨平板摊铺再生沥青混合料→摊铺机第二熨平板摊铺加铺层新沥青混合料→碾压。

#### 7.5.2 清扫路面，画导向线。

清扫路面，避免杂物混入混合料内。在路面再生宽度以外画导向线，也可以将路面边缘线作为导向线，保证再生施工边缘平顺美观。

#### 7.5.3 加热工艺要求如下：

- a) 根据试验段施工, 综合考虑路面材料类型、环境温度等, 确定加热设备数量、设备行走速度、加热设备间的间距及加热设备与翻松机械间的间距等因素, 过程中及时调整各参数, 使再生效果达到最优, 加热机和翻松机最大间距不宜超过 2m;
- b) 加热时必须保证原路面的加热温度和加热深度, 不得因加热温度不足或过高影响施工质量;
- c) 加热宽度应大于再生宽度两侧各 20cm。
- d) 纵缝搭接处, 加热宽度应超过搭接边线 150~200mm。

#### 7.5.4 再生剂喷洒要求如下:

- a) 再生剂喷洒装置应与再生复拌机行走速度联动, 并可准确计量;
- b) 再生剂应加热至不影响再生剂质量的最高温度, 以提高再生剂的流动性和与旧沥青的融合性;
- c) 再生剂应与翻松装置同步工作, 翻松的同时即可完成再生剂与旧沥青混合料的第一次初步拌和;
- d) 再生剂用量应准确控制, 施工过程中应根据铣刨深度的变化适时调整再生剂的用量。

7.5.5 翻松过程应尽量减少集料破碎, 保证无夹层、不翻起下层混合料。施工过程中每 200m 进行再生深度的检测, 深度波动范围应在 $\pm 3\text{mm}$ 之内。

7.5.6 复拌再生中新掺沥青混合料的配合比及添加比例应严格按照设计方案执行, 新掺沥青混合料的现场添加应和主机运行速度及拌和速度相匹配, 保证新料添加量准确, 并在施工过程中随时观察新旧料的拌和均匀程度, 必要时及时调整施工参数。

## 7.6 摊铺

7.6.1 复拌再生及加铺再生摊铺应按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 执行, 混合料摊铺应均匀, 避免出现离析、裂纹、不平整等现象。

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

7.6.3 摊铺速度应与加热设备行进速度协调一致, 宜为 1.5~4m/min。

7.6.4 再生沥青混合料的摊铺温度改性沥青混合料: 140℃~160℃, 普通沥青混合料: 130℃~150℃。

7.6.5 熨平板预热温度不宜低于 100℃。

7.6.6 当气温大于 10℃时, 温拌再生沥青混合料的摊铺温度在表 5 要求基础上可下浮 10~20℃; 当气温为 0~10℃时, 温拌再生沥青混合料的摊铺温度按表 5 执行。

## 7.7 压实

7.7.1 碾压按试验路段确定的机具配置、碾压工艺等执行。

7.7.2 碾压必须紧跟摊铺进行, 使用双钢轮压路机时宜减少喷水。

7.7.3 对压路机无法压实的局部部位, 应选用小型振动压路机或者振动夯板配合碾压。

7.7.4 就地热再生路面压实的其他要求, 应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 热拌沥青混合料路面压实的有关规定。

## 7.8 开放交通

7.8.1 就地热再生压实完成后, 再生层路表温度低于 50℃后方可开放交通。开放交通前彻底清扫路面上的各种废料、垃圾等。

7.8.2 就地热再生路面开放交通的其他要求, 应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 热拌沥青混合料路面的有关规定。

# 8 质量管理与验收

## 8.1 施工质量管理

8.1.1 沥青路面就地热再生施工过程中的原材料质量检查、沥青路面就地热再生需要添加的新沥青混合料应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的技术要求。

8.1.2 沥青路面就地热再生施工过程中的工程质量控制应满足表4的要求。

表4 就地热再生沥青混合料室内试验质量控制标准

检验项目		检验频度	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	应均匀、无离析、无花白料、无油团	目测
新掺混合料、外加剂、沥青用量		随时	适时调整, 总量控制	每日计算
再生混合料级配 (%)	0.075mm	每天1~2次	±2	T0725 或 T0735, 与标准级配比较差值
	≤2.36mm		±5 (高速公路、一级公路); ±6 (其它等级公路)	
	≥4.75mm		±5 (高速公路、一级公路); ±6 (其它等级公路)	
再生沥青混合料油石比 (%)		每天1~2次	设计值±0.2	T0722 或 T0735
再生剂用量 (%)		每天1~2次	设计值±2	每日计算
马歇尔试验: 空隙率、稳定度、流值		每天1次	符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 热拌沥青混合料技术要求	T0702、T0709
浸水马歇尔试验		必要时		T0702、T0709
车辙试验		每周1-2次		T0719

表5 就地热再生沥青混合料施工过程中工程质量控制标准

检测项目	检查频度	质量要求或允许偏差	试验方法
外观	随时	表面平整、密实, 无明显轮迹、裂痕、推移、油包、离析等缺陷	目测
横、纵接缝高差 (mm)	每200m测1处	≤3, 平整, 顺直	3米直尺间隙
再生剂加热温度 (°C)	随时	110~130	插入式温度计实测
旧路表面加热温度 (°C)	随时	≤185 (普通沥青路面) ≤200 (改性沥青路面)	红外线温度计实测
翻松裸露面温度 (°C)	随时	≥85 (普通沥青路面) ≥100 (改性沥青路面)	紧跟铣刨刀头测量 红外线温度计实测
再生沥青混合料摊铺温度 (°C)	随时	130 ~150 (普通沥青混合料)	插入式温度计实测
		140 ~160 (改性沥青混合料)	
碾压终了温度 (°C)	随时	≥90	红外线温度计实测
开放交通温度 (°C)	/	< 50	红外线温度计实测
再生厚度 (mm)	每1500m <sup>2</sup> 检验1处	-1, +5 (基于设计厚度)	T0912
加铺厚度 (mm)	每1500m <sup>2</sup> 检验1处	-1, +5 (基于设计厚度)	T0912
加热翻松宽度 (mm)	每100m检验1处	≥设计宽度	T0911
压实度 (%)	每1500m <sup>2</sup> 检验1处	≥最大理论密度的94, ≥试验室标准密度的98	T0924, 《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 附录E
平整度 (σ) (mm)	连续测定	≤1.5 (高速公路、一级公路)	T0932: 全程每车道施工段连续,

		≤2.5 (其它等级公路)	按每 100m 施工段计算标准差
渗水系数 (ml/min)	每 1500m <sup>2</sup> 检验 1 处	≤100	T 0971

注：以上改性沥青包括橡胶沥青、橡胶复合改性沥青、抗车辙剂改性沥青混合料等沥青改性或混合料改性类型。

## 8.2 检查验收

就地热再生工程的检查和验收应按照表6执行，未涉及部分按照《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1) 热拌沥青混合料路面标准执行。

**表 6 就地热再生路面竣工验收质量标准**

检查项目		检查频度	质量要求或允许偏差	检查方法	
宽度 (mm)		每 1km 20 个断面	不小于设计宽度	T0911	
再生层厚度 (mm)		每 1km 5 点	-1, +5	T0912	
加铺层厚度 (mm)		每 1km 5 点	-1, +3		
平整度	车载式激光平整度仪 IRI (m/km)	高速公路、一级公路、快速路	全线连续	< 3.0	T0934
		其他道路	全线连续	< 4.0	
外观		面层碾压成型后	表面平整密实，无明显轮迹、裂痕、推挤、油包、离析等缺陷	目测	
压实度代表值 (%)		每 1km 5 点	≥最大理论密度的 93， ≥试验室标准密度的 97	T0924	

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**回收沥青路面材料 (RAP) 取样与试验分析**

**A.1 目的与适用范围**

通过对不同施工段落的随机取样获得有代表性样品用于回收沥青路面材料 (RAP) 的性能分析。

**A.2 取样**

取样方法为现场取样, 现场取样应符合以下规定:

- a) 分析路面结构和路面维修记录, 根据路面情况是否相同或者接近将施工路段分为若干个子路段, 每个子路段长度不宜大于 5000 m, 且不宜小于 500 m, 或者每个子路段面积不宜大于 50000 m<sup>2</sup>, 且不宜小于 5000 m<sup>2</sup>;
- b) 按照《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60) 随机取样方法对不同子路段确定取样点位置。
- c) 每个子路段每个车道分别取样 1 处, 采用机械切割方法、液压镐冷挖掘方式取样或小型加热器加热取样, 每个点取样质量不小于 100Kg, 样品取回后根据需要将要求深度范围内的混合料切割使用。切割后的旧沥青混凝土在 135℃烘箱加热 2 h 后, 去除带有切痕的旧沥青混合料, 将相同类型路段的沥青混合料混合, 作为一个代表样品。

**A.3 取样数量**

A.3.1 对一单项试验, 每组试样取样数量宜不少于表A.1所规定的最少取样量。

**表A.1 试验项目所需集料的最小取样数量**

试验项目	相对于下列公称最大粒径 (mm) 的最小取样量 (kg)						
	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5
回收混合料筛分及沥青含量	8	10	12.5	15	20	20	25
回收沥青延度试验	4.8	6	7.5	9	12	12	15

A.3.2 需要做几项试验时, 如能保证试样经一项试验后不致影响另一项试验的结果时, 可用同一组试样进行几项不同的试验。

**A.4 试验的缩分**

A.4.1 分料器法: 将试样均匀拌和后, 通过分料器分为大致相等的两份, 再取其中的一份分成两份, 缩分至需要的数量为止。

A.4.2 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, 然后沿互相垂直的两个方向, 把试样由中向边摊开, 分成大致相等的四份, 取其对角的两份重新拌匀, 重复上述过程, 直至缩分后的材料量略多于试验所必需量。

A.4.3 缩分后的试样数量应符合各项试验规定数量的要求。

**A.5 试样的包装**

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

## A. 6 回收沥青路面材料 (RAP) 评价

### A. 6.1 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,确定回收沥青路面材料 (RAP) 的级配。试验方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 中 T 0327。

### A. 6.2 回收沥青路面材料 (RAP) 的沥青含量和性质

- a) 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 中 T 0726 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 25℃ 针入度;
- c) T 0726 阿布森法回收再生沥青过程中,待三氯乙烯溶剂停止下滴后,继续吹入 CO<sub>2</sub> 不少于 30 分钟,除去回收沥青中、蒸馏烧瓶内壁的残留三氯乙烯;
- d) 具有下列情形之一的,必须进行空白沥青标定:更换阿布森沥青回收设备时;更换三氯乙烯品种或供应商时;回收沥青性能异常时;沥青混合料来源发生变化时;
- e) 精度与允许误差:重复性试验的允许误差为,针入度 ≤ 5 (0.1 mm);复现性试验的允许误差为:针入度 ≤ 10 (0.1 mm),如果超出允许误差范围,则应弃置回收沥青,重新标定、回收。

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**复拌再生沥青混合料目标配合比设计**

**B.1 一般规定**

本方法适用于复拌再生密级配沥青混合料的配合比设计。

**B.2 回收沥青路面材料 (RAP) 评价**

测定回收沥青路面材料 (RAP) 中矿料级配组成、沥青用量、回收旧沥青的针入度。试验方法按附录A执行。

**B.3 确定工程设计级配范围**

根据交通等级、工程特点、气候环境等因素,通过对周边相近工程使用情况进行调查研究,确定工程设计级配范围。一般为原路面设计级配类型,如有特殊要求,级配类型可作调整。

**B.4 矿料级配设计**

**B.4.1** 复拌再生沥青混合料宜掺加新掺沥青混合料,以改善原路面矿料级配。

**B.4.2** 根据沥青混合料回收料 (RAP) 的矿料级配及设计级配曲线,通过新集料与RAP矿料级配合成,确定掺加新集料规格及用量,各档新集料合成级配即为新掺沥青混合料级配。

**B.4.3** 根据再生现场病害类型,适当调整级配走势,以满足再生沥青混合料现场环境要求。

**B.4.4** 如沥青混合料回收料 (RAP) 矿料级配或混合料性能已不符合现行规范的要求,或根据再生工程实际需要,需对级配进行大幅度调整时,可根据实际情况,可调整再生混合料的级配类型及级配范围。

**B.5 再生剂**

**B.5.1** 再生剂的选用原则参见本规程6.2。

**B.5.2** 室内试验确定再生剂用量应按以下流程进行:

- a) 回收 RAP 中旧沥青的方法应采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 中 T0726 阿布森法及附录 A 中要求;
- b) 测定回收旧沥青的 25℃ 针入度,判断是否符合就地热再生要求;
- c) 充分考虑再生路面的气候、交通特点、层位、纵横坡、超高等因素,确定旧沥青再生的目标标号,通常采用该地区及层位使用的新沥青降低一个标号作为再生沥青的目标标号;
- d) 根据旧沥青的目标标号,向回收旧沥青中掺加一定间隔的等差数列比例的再生剂,并测定再生沥青的性能;根据目标粘度(想要达到的沥青标号的粘度指标),预估再生剂的类型及剂量,同时还可以根据粘度值,选择配伍性较好的再生剂;
- e) 评价指标主要为三大指标,条件许可时可进行其他指标测试。通过技术经济比较后获得的再生剂掺配比例,此比例为再生剂用量;

- f) 在满足再生沥青技术指标的前提下，宜少用再生剂。如需掺加新沥青，新沥青的标号可选择现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中规定该地区的新沥青标号；当选择掺加高标号的新沥青时，可适当减少再生剂的用量。掺加的新沥青技术指标必须符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

## B.6 新沥青

新沥青的标号宜与旧沥青混合料所用沥青标号相同，可以根据气候条件、路面病害类型以及工程实际情况进行有针对性的调整。

## B.7 其他添加剂

- B.7.1 经过技术论证和试验研究，可使用其他添加剂进一步提高再生沥青混合料的性能。  
B.7.2 添加剂的选用原则见本标准6.5的技术要求。

## B.8 再生沥青混合料最佳油石比的确定

- B.8.1 再生沥青混合料中油石比为以再生混合料、再生剂、新集料设计的油石比，该油石比为新添加的沥青与再生混合料、再生剂、新集料之和的比值。  
B.8.2 预估再生混合料的油石比，以此为中值，以0.3%~0.5%为间隔，选取5个不同油石比的再生沥青混合料进行马歇尔试验，确定再生沥青混合料的最佳油石比。  
B.8.3 室内马歇尔试验的温度控制应符合表B.1的规定。室内再生料加热时间不宜超过2h。

表B.1 再生沥青混合料（RAM）室内马歇尔试验温度

项目	普通沥青	改性沥青
新集料加热温度（℃）	170~180	180~190
旧沥青混合料加热温度（℃）	135~145	
新沥青加热温度（℃）	155~165	165~175
击实成型温度（℃）	145~155	155~165

- B.8.4 再生沥青混合料每个油石比平行试验试件不少于6个。  
B.8.5 再生沥青混合料的拌和过程应与施工工序保持一致。新掺沥青混合料拌和好后，先在烘箱中保温，保温温度为击实成型温度上限提高10℃，保温时间不超过30min，再在拌和锅中加入再生沥青混合料，加热至135~145℃，加入设计用量的再生剂（常温），预拌20s~30s，最后加入保温的新掺沥青混合料，拌和90s。  
B.8.6 用于计算合成毛体积密度等参数时，须采取燃烧法对再生沥青混合料燃烧，燃烧后的集料当作一档集料测定毛体积相对密度、表观相对密度。  
B.8.7 复拌再生沥青混合料最佳油石比按《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料油石比算法计算，最后提供再生沥青混合料：各档新集料：再生剂：新沥青的质量比。  
B.8.8 新掺沥青混合料应避免出现沥青过多而导致沥青流淌和离析等现象。新沥青由于用量过多无法随同新掺沥青混合料加入时，可将多出的部分作为添加剂在再生施工中单独添加。

## B.9 再生沥青混合料性能验证

- B.9.1 完成再生混合料油石比等设计后，应按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料的要求对再生沥青混合料的各项性能验证。

**附 录 C**  
**(规范性附录)**  
**整形加铺再生沥青混合料目标配合比设计**

**C.1 一般规定**

C.1.1 本方法适用于整形加铺再生沥青混合料的配合比设计。

C.1.2 通过RAP沥青混合料矿料级配试验，满足级配设计要求时，可采用本设计方法设计再生沥青混合料。

**C.2 再生剂**

C.2.1 再生剂的选用原则参见本标准6.2。

C.2.2 再生剂的掺量确定与附录B.5方法相同。

**C.3 新沥青混合料**

加铺层为新沥青混合料，其设计方法与《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）热拌沥青混合料设计方法相同。

## 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，采用“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

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。

- 1 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 JTG E20
- 2 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 3 《公路路基路面现场测试规程》 JTG E60
- 4 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
- 5 《公路沥青路面再生技术规范》 JTG F41
- 6 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 7 《公路改性沥青路面施工技术规范》 DB14/T 160-2015