中 国 公 路 建 设 行 业 协 会 标 准

## T/CHCA xxx-xxxx

乳化沥青厂拌冷再生沥青路面

施工技术规程

## Technical specification for emulsified asphalt plant cold recycling asphalt pavement construction

（征求意见稿）

## 2025-xx-xx 发布 2025-xx-xx 实施

中国公路建设行业协会 发布

中国公路建设行业协会标准

乳化沥青厂拌冷再生沥青路面施工技术规程

Technical specification for emulsified asphalt plant cold recycling asphalt pavement construction

T/CHCA xxx-202x

主 编 单 位：四川省交通勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：四川川交路桥有限责任公司

四川兴蜀公路建设发展有限责任公司

上海励循交通科技有限公司

江西建工交通建设有限责任公司

实施日期：202x年xx月xx日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

本规程按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04）给出的规则起草。

本规程共分7章、2个附录。主要内容包括：1 总则；2 术语与符号；3原沥青路面调查与评价；4材料；5配合比设计；6施工；7施工质量管理和检查验收。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：曹明明（地址：四川省成都市武侯区洗面桥横街26号，邮编：610041，电话：15928423152，电子邮箱：707360021@qq.com），以便下次修订时参考。

主 编 单 位：四川省交通勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：四川遂广遂西高速公路有限责任公司

四川省交通建设集团股份有限公司

河南万里交通科技集团股份有限公司

主编人员：黄晚清 曹明明

主要参编人员：

目 次

[1 总则 1](#_Toc137238184)

[2 术语与符号 1](#_Toc137238185)

[2.1 术语 1](#_Toc137238186)

[2.2 符号 1](#_Toc137238187)

[3 原沥青路面调查与评价 1](#_Toc137238188)

[3.1 一般规定 2](#_Toc137238189)

[3.2 原路面历史资料调查 2](#_Toc137238190)

[3.3 原路面材料评价 2](#_Toc137238191)

[3.4 材料组成设计的路段划分 2](#_Toc137238192)

[4 材料 2](#_Toc137238193)

[4.1 一般规定 3](#_Toc137238194)

[4.2 道路石油沥青 3](#_Toc137238195)

[4.3 乳化沥青 3](#_Toc137238196)

[4.4 集料、矿粉及水泥 4](#_Toc137238197)

[4.5 水 4](#_Toc137238198)

[4.6 沥青混合料回收料（RAP） 4](#_Toc137238199)

[5 配合比设计 4](#_Toc137238200)

[5.1 一般规定 5](#_Toc137238201)

[5.2 组成设计 5](#_Toc137238202)

[5.3 乳化沥青冷再生混合料技术要求 6](#_Toc137238203)

[5.4 乳化沥青冷再生混合料配合比设计步骤 6](#_Toc137238204)

[6 施工 7](#_Toc137238205)

[6.1 一般规定 7](#_Toc137238206)

[6.2 设备要求 7](#_Toc137238207)

[6.3 铺筑试验路 8](#_Toc137238208)

[6.4 沥青混合料的回收、预处理和堆放 8](#_Toc137238209)

[6.5 拌和 9](#_Toc137238210)

[6.6 运输 9](#_Toc137238211)

[6.7 摊铺 10](#_Toc137238212)

[6.8 碾压 10](#_Toc137238213)

[6.9 养生 11](#_Toc137238214)

[7 施工质量管理和检查验收 12](#_Toc137238215)

[7.1 一般规定 12](#_Toc137238216)

[7.2施工前材料检测 12](#_Toc137238217)

[7.3施工过程质量检测 13](#_Toc137238218)

[附录A 乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计 14](#_Toc137238220)

[附录B可工作时间试验方法 18](#_Toc137238221)

**1 总则**

1.0.1 为指导乳化沥青厂拌冷再生沥青路面的应用，规范和促进乳化沥青厂拌冷再生技术的水平，保证施工质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路新建、改扩建和养护工程中乳化沥青厂拌冷再生沥青路面工程，城镇道路可参照执行。

1.0.3  乳化沥青厂拌冷再生沥青路面的检测、设计、施工及验收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的规定。

**2 术语与符号**

2.1 术语

2.1.1 沥青混合料回收料 reclaimed asphalt pavement(RAP)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧沥青混合料。

2.1.2 乳化沥青厂拌冷再生 emulsified asphalt central plant cold recycling

将沥青混合料回收料（RAP）破碎、筛分预处理后，以一定的比例与新集料、矿粉、乳化沥青、水泥、水等常温下在拌和设备中拌和而成的混合料，然后铺筑形成沥青路面的技术。

2.1.3 最佳含水率 optimum water content(OWC)

固定乳化沥青用量，在混合料的成型密度最大时，乳化沥青冷再生混合料中水的总质量（含乳化沥青中的水、外加水、矿料和RAP料中的水）与烘干的RAP、集料、水泥及矿粉等固体总质量的百分比。

2.1.4 最佳乳化沥青用量optimum emulsion content(OEC)

乳化沥青冷再生混合料性能趋近最优时，混合料中乳化沥青的质量与烘干的RAP、新集料、矿粉、水泥等组成的矿料质量的百分比。

2.1.5 水泥用量cement content

水泥占烘干的RAP、新集料、矿粉等组成的矿料质量的百分比。

2.1.6 一次成型压实度cool compaction density

在常温条件下，冷再生混合料经过摊铺、碾压成型后结构层的压实度。

2.1.7 二次压实后压实度performance specimen density

在常温条件下，碾压成型的冷再生混合料结构层，由于上层热拌沥青混合料施工（因热量和机械压实的作用）等造成冷再生结构层再次被压密而得到的压实度。

2.2 符号

RAP——沥青混合料回收料；

TSR——冻融劈裂强度比；

OWC——最佳含水率；

OEC——最佳乳化沥青用量。

**3 原沥青路面调查与评价**

3.1 一般规定

3.1.1 乳化沥青厂拌冷再生工程实施前，应对原路面历史信息、原路面结构组合、原路面技术状况、原路面材料特性、交通量、气象资料等进行详细调查，为乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计提供依据。

3.1.2 乳化沥青厂拌冷再生层施工前，应对下承层的强度、承载能力等指标进行检测，若不满足要求需进行补强处理。

3.2 原路面历史资料调查

3.2.1 原路面的历史信息调查宜包括：原设计资料（含气候条件、路面结构组成和厚度、各结构层材料组成）、竣工资料（含施工记录、实际使用的材料、配合比、现场摊铺碾压情况、变更资料、质量检测记录）、养护维修资料（各种养护维修作业的时间、位置、规模、所用材料组成、结构层厚度等）。

3.2.2 历史交通量资料调查宜包括：包括年平均日交通量、重型车量比例、当量轴载数量、该地区交通量增长率等，宜分方向调查交通量。

3.2.3 气象资料调查宜包括：包括温度、湿度、降水量等统计数据。

3.3 原路面材料评价

3.3.1 原路面材料取样：原路面材料特性评价宜采用铣刨取样，取样频率为1～2个样品/km/车道。路面铣刨后，应在拌和厂RAP料堆表面10cm以下取样，然后在料堆顶部、中部、下部的不同方向分别取样至少9个，每个试样不少于10kg，混合均匀后作为该料堆的样品。

3.3.2 回收材料应测试下列指标参数：

1 应测试RAP含水率、RAP级配、RAP油石比及其抽提后的矿料级配等技术指标。

2 应检测回收沥青的针入度、软化点、延度、动力粘度等技术指标。

3 测试抽提后集料的压碎值、针片状颗粒含量、棱角性和砂当量等指标。

4 对于大型项目或有条件的单位还宜对回收沥青进行化学组分分析。

3.4 材料组成设计的路段划分

3.4.1 通过获取的历史资料及原路面材料性能和老化程度，初步划分路段。原则上，原路面材料组成、厚度、老化程度等类似的路段划分为一个材料组成设计路段。

3.4.2 矿料组成、沥青来源和老化程度有显著差异的段落，铣刨的RAP 料应分开堆放，并分别进行乳化沥青配方设计和乳化沥青冷再生混合料配合比设计。

**4 材料**

4.1 一般规定

4.1.1 乳化沥青厂拌冷再生用集料、矿粉、水泥、沥青等原材料运至现场后必须按要求进行质量检验，经评定合格后方可使用。

4.1.2 沥青混合料回收料（RAP）不应混入水稳废料、树枝等杂物，不同来源和规格的RAP应分开堆放。

4.1.3沥青混合料回收料使用前应进行破碎、筛分等预处理，未经预处理的RAP不得直接用于乳化沥青冷再生混合料。

4.2 道路石油沥青

4.2.1 乳化沥青厂拌冷再生用乳化沥青的基质沥青宜选择道路石油沥青70号A级或90号A级，其技术要求应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.2.2 乳化沥青厂拌冷再生用道路石油沥青应具有良好的被乳化效果。

4.3 乳化沥青

4.3.1 乳化沥青厂拌冷再生用乳化沥青应采用慢裂型乳化沥青，应与RAP料进行配伍性试验确定乳化沥青配比。

4.3.2 乳化沥青厂拌冷再生用乳化沥青性能应满足表4.3.2的质量要求。必要时，测试乳化沥青颗粒分布曲线，乳化沥青中沥青颗粒最大粒径不超过15um，乳化沥青中沥青颗粒粒径小于10 um的含量大于90%。乳化沥青中沥青颗粒分布曲线应接近正态分布，不得出现双峰或多缝分布。

表4.3.2 乳化沥青厂拌冷再生用乳化沥青技术要求

| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 破乳速度 | - | 慢裂 | T0658 |
| 粒子电荷 | - | 阳离子（+） | T0653 |
| 筛上残留物（1.18mm筛） | % | ≤0.1 | T0652 |
| 黏度 | 恩格拉粘度计E25 | - | 2~30 | T0622 |
| 25℃赛波特年度Vs | s | 7~100 | T0623 |
| 蒸发残留物 | 残留物含量 | % | ≥62 | T0651 |
| 溶解度 | % | ≥97.5 | T0607 |
| 针入度（25℃） | 0.1mm | 50～130 | T0604 |
| 软化点 | ℃ | ≥46 | T0606 |
| 延度（15℃） | cm | ≥40 | T0605 |
| 与粗集料的黏附性，裹附面积 | - | ≥4/5 | T0654 |
| 与粗、细粒式集料拌和试验 | - | 均匀 | T0659 |
| 常温储存稳定性 | 1d | % | ≤1 | T0655 |
| 5d | % | ≤5 |

4.3.3 乳化沥青应常温储存，储存时应保持适当搅拌，储存期以不离析、不冻结、不结团、不破乳为度。

4.3.4 乳化沥青使用时的温度不宜高于60℃，不宜低于5℃。

4.3.5 施工过程中应定期检修加工设备，严格控制胶体磨转速及间隙，保证乳化沥青加工质量稳定，具有良好的粒径。

4.4 集料、矿粉及水泥

4.4.1 集料、矿粉的技术要求均应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

4.4.2 水泥应疏松、干燥、无结团、未受潮变质，可采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等，不应使用快硬水泥、早强水泥，水泥强度等级宜为42.5，初凝时间应在3h以上，终凝时间应大于6h且小于10h，其技术要求应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

4.5 水

乳化沥青厂拌冷再生用水应为可饮用水。采用非饮用水时，不应含有油污、泥土和其他有害杂质，且应经试验验证不影响产品性能和工程质量。

4.6 沥青混合料回收料（RAP）

4.6.1 沥青混合料回收料（RAP）必须经过破碎、筛分后方可使用，并控制粗集料针片状含量。

4.6.2 根据再生混合料的最大公称粒径合理选择筛孔孔径，将RAP筛分成：0mm～10mm和10mm～30mm两档或0mm～5mm，5mm～10mm和10mm～30mm三档。

4.6.3 沥青混合料回收料（RAP）技术指标应符合表4.6.3的要求。

表4.6.3 乳化沥青厂拌冷再生RAP技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料 | 检测项目 | 技术要求 | 试验方法 |
| RAP | 最大颗粒粒径（mm） | ≤设计级配允许的最大粒径 | / |
| 超粒径颗粒含量（%） | ≤15 | T0327 |
| 粗集料针片状颗粒含量（%） | ≤15 | T0312 |
| 抽提筛分级配 | 实测 | T0725 |
| 含水量（%） | ≤3 | T0305 |
| 4.75mm以下的RAP | 砂当量（%） | ≥50 | T0334 |
| RAP中的沥青 | 沥青含量（%） | 实测 | T0722 |
| 25℃针入度（0.1mm） | 实测 | T0604 |
| 动力粘度 | 实测 | T0625 |
| 软化点（℃） | 实测 | T0605 |
| 15℃延度（cm） | 实测 | T0606 |

**5 配合比设计**

5.1 一般规定

5.1.1 根据原沥青路面划分的路段，分别进行乳化沥青冷再生混合料的配合比设计。

5.1.2 考虑施工季节的气候条件和施工条件，结合现场的施工设备状况和施工组织特点进行配合比设计，并尽量模拟混合料生产和施工现场的实际情况。

5.1.3 目标配合比设计应在满足混合料技术标准和检验要求的基础上，确定矿料级配、最佳沥青用量等内容。有成熟经验的地区和工程项目可使用其他设计方法进行混合料配合比设计，但应按本规程方法进行设计检验，满足要求时方可使用。

5.1.4 目标配合比设计阶段所使用的回收料是在拌合厂料堆取样的材料时，可采用目标配合比作为生产配合比。

5.1.5 不应通过增加水泥剂量的方式提高冷再生混合料早期强度。

5.2 组成设计

5.2.1 乳化沥青冷再生混合料设计级配范围应满足表5.2.1的要求。

表5.2.1 乳化沥青冷再生混合料设计级配范围

|  |  |
| --- | --- |
| 筛孔（mm） | 各筛孔的通过率（%） |
| 粗粒式 | 中粒式 | 细粒式A | 细粒式B |
| 37.5 | 100 |  |  |  |
| 26.5 | 80~100 | 100 |  |  |
| 19 | 75~95 | 90~100 | 100 |  |
| 13.2 | 60～80 | 75~90 | 90~100 | 100 |
| 9.5 | 40~70 | 60~80 | 60~80 | 90～100 |
| 4.75 | 25～60 | 35~65 | 45~75 | 60～80 |
| 2.36 | 15～45 | 20~50 | 25~55 | 35～65 |
| 0.3 | 3～20 | 3~21 | 6~25 | 6～25 |
| 0.075 | 1～7 | 2~8 | 2~9 | 2～10 |

5.2.2 乳化沥青冷再生混合料在进行级配组成设计时，以破碎筛分后的RAP料室内筛分结果为准进行参配，且应考虑RAP抽提筛分后级配组成特征。

5.2.3 冷再生混合料用作柔性基层时，宜采用粗粒式级配或中粒式级配；用于中、下面层时，宜采用中粒式级配；用于轻交通荷载等级道路时，可采用细粒式级配。

5.2.4 根据目标级配组成和RAP级配，可在乳化沥青冷再生混合料中添加一定比例的粗集料，通常添加10~15%（质量比）的10~30mm粗集料。除非RAP级配严重缺乏细料，或只有添加细料才能达到混合料性能要求的，一般建议不添加细集料。

5.2.5 乳化沥青冷再生混合料中，乳化沥青蒸发残留物占混合料其余部分干质量的百分比宜在1.8%～3.5%范围内。

5.2.6 乳化沥青冷再生混合料设计过程中，应严格控制水泥用量，水泥含量不应超过1.5%。

5.3 乳化沥青冷再生混合料技术要求

5.3.1 乳化沥青冷再生混合料设计指标应符合表5.3.1的要求。

表 5.3.1 乳化沥青冷再生混合料设计指标

|  |  |
| --- | --- |
| 试验项目 | 技术要求 |
| 马歇尔试件尺寸（mm） | 中、细粒式 | Φ101.6×63.5 |
| 粗粒式 | Φ152.4×95.3 |
| 马歇尔试件双面击实次数（次） | 中、细粒式 | 50+25 |
| 粗粒式 | 75+37 |
| 空隙率（%） | 一次成型空隙率 | 8~13 |
| 二次压实后空隙率 | 7~11 |
| 20℃肯塔堡飞散损失（%） | <20 |
| 15℃劈裂强度（MPa） | 层位及试件类型 | 重及以上交通等级 | 其他交通荷载等级 |
| 面层 | ≥0.65 | ≥0.55 |
| 基层 | ≥0.55 | ≥0.5 |
| 干湿劈裂强度比（%） | ≥85 | ≥80 |
| 冻融劈裂强度比（%） | ≥75 |

5.3.2 乳化沥青冷再生混合料在配合比设计阶段，应检验动稳定度等指标，用于高原或低温地区时，还应检验低温弯曲指标。乳化沥青冷再生混合料性能应符合表5.3.2的要求，否则应更换材料或者重新进行混合料设计。

表 5.3.2 乳化沥青冷再生混合料性能检验指标要求

|  |  |
| --- | --- |
| 试验项目 | 技术要求 |
| 重及以上交通荷载等级 | 其他交通荷载等级 |
| 60℃动稳定度[1]（次/mm） | 面层 | ≥3000 | ≥2000 |
| 基层 | ≥1500 |
| -10℃低温弯曲应变（με） | 面层 | ≥1500[3] | — |
| 注：[1] 按T0703轮碾法成型80mm厚（粗粒式）或50mm厚（中粒式和细粒式）的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℃鼓风箱中烘干至恒重（一般48h左右），再按T0719进行动稳定度试验，试验前试件保温时间为8～10h。[2]冻融劈裂强度比、肯塔堡飞散损失、低温弯曲试验方法参见《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521-2019）和《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011) 。 [3] -10℃低温弯曲应变≥1500με为最低要求，根据气候分区进一步提高指标要求。 |

5.4 乳化沥青冷再生混合料配合比设计步骤

5.4.1 乳化沥青冷再生混合料设计采用马歇尔配合比设计方法，应按照目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三阶段进行设计。如采用其他方法设计时，应按本规程规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验。

5.4.2 乳化沥青冷再生混合料配合比设计主要包括沥青路面回收料（RAP）取样与分析、乳化沥青配方选择、混合料组成设计（新加集料、填料、水、乳化沥青用量、水泥掺量）和混合料性能验证四项内容。乳化沥青冷再生混合料配合比设计流程如图5.4.2所示，具体参见附录A。

沥青路面回收料（RAP）取样与分析

确定工程设计级配范围

矿料级配设计

材料选择与试验

确定最佳乳化沥青用量与水泥用量

最佳沥青用量条件下的混合料性能检验

确定最佳含水率

完成配合比设计，出具配合比设计报告

合格

不合格

图5.4.2 乳化沥青冷再生混合料配合比设计流程图

**6 施工**

6.1 一般规定

6.1.1 当路面滞水或潮湿时，不得摊铺乳化沥青冷再生混合料；摊铺作业遇降雨时，宜对未完成碾压的冷再生路段铺盖防水布等遮盖，超过水泥终凝时间而未碾压的应废弃；其在养生初期12h内不宜雨淋，遇雨时应进行覆盖。

6.1.2 乳化沥青冷再生混合料施工和养生期的日最低气温不宜低于5℃。

6.1.3 拌合站的选址应据施工现场距离较近，混合料生产后能迅速运输至施工现场，乳化沥青冷再生混合料从拌和至摊铺碾压完成的时间不宜超过3h，具体时间根据附录B确定。

6.1.4 乳化沥青冷再生层不宜半幅施工，优先采用全幅施工，分幅施工纵向搭接宽度不应小于10cm。

6.2 设备要求

6.2.1 应配置RAP破碎和筛分装置、拌和设备、运输车辆、摊铺机械、碾压设备，以及其它辅助设备。其中，应根据乳化沥青厂拌冷再生混合料的生产能力配备破碎和筛分设备；根据RAP的分档情况安装振动筛，RAP筛分后应不少于2档。

6.2.2 乳化沥青厂拌冷再生拌和设备宜采用分级分步拌合方式，应配备数量足够的冷料仓、至少1个矿粉罐、至少1个水泥罐、至少1个乳化沥青罐、1套乳化沥青生产设备和1个水罐。乳化沥青罐应具有搅拌及内循环功能。

6.2.3 所有材料均应满足计量精度要求，粗集料、RAP 的配料精度±1.5%，水泥、矿粉、水的计量精度±1.0%，乳化沥青的计量精度宜不低于±0.5%。

6.2.4 搅拌机长度、搅拌叶片布局、水管和沥青管路接入拌缸的顺序等应设计合理，满足均匀搅拌乳化沥青厂拌冷再生混合料的需要。

6.3 铺筑试验路

6.3.1 乳化沥青厂拌冷再生混合料正式施工前，应铺筑试验段宜为200m～300m，试验段宜在直线段上铺筑。

6.3.2 乳化沥青冷再生层试验段铺筑分试拌、试铺两个阶段，应包括下列试验内容：

1 验证再生混合料的配合比设计，检验乳化沥青、RAP 料、填料及新加集料等原材料的性能和用量，确定乳化沥青冷再生层的标准密度；

2 提出生产用的标准配合比和材料用量。明确乳化沥青、水泥等材料的用量控制方法；

3 检验再生设备是否满足施工需要；通过试拌试铺检验机械设备的类型、数量、组合及协调方式是否合理，确定拌和机的各料仓分配、上料速度等操作工艺；

4 检验再生层各项技术指标，以确定标准的施工工艺和方法，如确定合理的施工机械、摊铺参数、压路机类型和数量、碾压组合和顺序、速度和遍数等施工参数；

5 验证质量控制指标，确定施工质量检验内容、检验方法、检验频率；

6 建立设备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。

6.4 沥青混合料的回收、预处理和堆放

6.4.1 在沥青混合料回收料回收阶段，应采取下列措施严格控制RAP变异性：

1 在对旧路面状况充分调查、收集旧路面原始资料以及修补、养护记录的基础上，对不同路况路段分段铣刨。

2 施工过程中铣刨速度、铣刨深度等工艺参数应保持稳定。

3 记录不同的RAP材料的信息。

6.4.2 沥青混合料回收料在使用前应进行破碎、筛分等预处理，并应符合下列规定：

1 不同料源、品种、规格的RAP宜分开进行预处理。

2 对于粒径超过26.5mm的RAP、聚团的RAP，应使用的破碎机进行破碎。

3 应根据再生混合料的最大公称粒径合理选择筛网尺寸，将破碎后的沥青混合料回收料筛分成不少于2档。

6.4.3 预处理后的沥青混合料回收料，应根据不同料源、品种、规格分隔堆放，分别设定清晰的材料标识牌。

6.4.4 预处理后的沥青混合料回收料在堆放时应将其沿水平方向摊开，逐层堆放；使用RAP料时应从料堆的一端开始在全高范围内铲料。

6.4.5 预处理后的沥青混合料回收料不宜长期存放，应避免离析、结团。

6.5 拌和

6.5.1 乳化沥青冷再生混合料应拌和均匀、无花白料、无液体流淌、无结块成团现象，和易性良好。

6.5.2 拌和时应随时检查各料仓出料口、沥青喷嘴、沥青泵、管道等是否受堵，发现堵塞时应及时清理。

6.5.3 在拌和机停机前，应用水冲洗洁净拌缸和放空铣刨料料仓，避免铣刨料粘结成块堵塞料仓；乳化沥青输送管道亦应冲洗干净，确保乳化沥青输送管道畅通。

6.5.4　混合料拌制应按设计配合比、最佳乳化沥青用量、现场最佳含水率上料拌和。混合料拌制过程应连续、均匀、稳定。

6.5.5 乳化沥青冷再生混凝土拌和站的冷料仓宜设置成“L型”，拌缸宜不小于7.8m长，宜采取粗集料、1/3外加水和1/2乳化沥青先进入拌缸进行一级拌和，再在拌缸中部加入细集料、矿粉、水泥、1/3外加水、剩余1/2乳化沥青与先前传入的初级混合料一起进行二级拌和，最后在拌缸末端再向混合料中加入剩余1/3外加水进行三级拌和后输出拌缸的拌合方式。

6.5.6　乳化沥青厂拌冷再生混合料拌制前，应实时检测 RAP 及新集料的含水率，根据总用水量计算出实际应加水量。采用专用的二级乳化沥青冷再生拌和设备时，首先在一级拌和后观测混合料的加水预湿情况，根据现场预湿情况进行水量的微调。保证一级拌和后原材料基本湿润并无明水泌出为宜；二级拌和后，乳化沥青再生混合料应基本裹覆，表面程褐色，无明水流淌，均匀分散无结团。

6.5.7　拌和时，料厂应配备专人负责对料堆和运输皮带随机、定时目测各种材料的质量和均匀性，检查有无泥块及超粒径颗粒，检查冷料仓有无窜仓。

6.5.8　生产过程中，全程记录上料、拌和及调整的各项数据参数，包括配比参数及机器运行参数，以便进行后期分析和对设备评估。同时，在必要的环节（冷料仓口、运输皮带、出料口等）记录影像资料，检查控制室拌和机各项参数的设定值、控制屏的显示值，核对计算机采集和打印记录的数据，并注意保存记录。

6.6 运输

6.6.1 运输车的数量，应根据拌和机生产能力、运输距离、道路状况、车辆吨位综合确定。运料车装料时宜前后移动位置，平衡装料，减少混合料离析。

6.6.2 拌和好的乳化沥青冷再生混合料应尽快运至施工现场并完成摊铺和压实，应在乳化沥青破乳前和水泥初凝前完成摊铺碾压。

6.6.3 运料车每次使用前、后应清扫干净，可在车厢板上喷涂隔离剂防止乳化沥青冷再生混合料粘结，隔离剂禁止使用柴油等有机溶剂。运料车应采用不透光的棉被或厚帆布严密覆盖住车厢，防止混合料提前破乳、污染、中途遭受雨淋，运料车在即将卸料时方可揭开。

6.6.4 卸料时，汽车在后轴轮胎与摊铺机接触前10~30cm处停车，严防撞击摊铺机，汽车应挂空档等候摊铺机推动前行。

6.6.5 运输车不得在同步碎石封层顶面急刹车、急转弯掉头，以防造成其损伤。

6.7 摊铺

6.7.1 乳化沥青冷再生混合料应采用履带式摊铺机，熨平板不需加热。

6.7.2 乳化沥青冷再生混合料应缓慢、均匀、连续摊铺，摊铺速度宜2~4m/min。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。

6.7.3 为保证摊铺的连续性，摊铺前等候车辆不少于5辆。在摊铺过程中，应合理选择熨平板的振幅和夯锤振动频率，初始密实度宜不低于85%。

6.7.4 在摊铺过程中，应随时检查摊铺的松铺厚度。

6.7.5 摊铺机在摊铺过程中，应控制料位传感器的高程，保证螺旋布料器始终埋入再生混合料不小于3/4的高度，以减小摊铺过程中再生料的离析。当摊铺机不能连续作业时，摊铺机的盛料斗中应该保持有足够的再生料，严禁摊铺机送料刮板外露，避免摊铺面上粗集料集中现象发生。

6.7.6 摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱和横坡，发现问题及时调整。

6.8 碾压

6.8.1 冷再生混合料的单层压实厚度不宜大于150mm，且不宜小于80mm，厚度超过150mm时应分层施工。

6.8.2 应配置足够数量、吨位的轮胎式、单钢轮振动式和双钢轮振动式压路机。其中，轮胎式压路机重量不少于26t，轮胎气压不小于0.8MPa；单钢轮振动式压路机激振力应大于35t；双钢轮振动式压路机为不小于11t；1~2t手扶式小型振动压路机。

6.8.3 冷再生推荐的碾压方案为：初压采用双钢轮振动压路机碾压1～2遍，冷再生层表面应始终保持湿润，如水分蒸发太快，应及时补充洒水，初压速度宜为1.5km/h～3km/h；复压采用单钢轮振动式压路机振压不少于2遍，再采用胶轮压路机揉压不少于4遍，碾压至混合料板结、没有明显轮迹为止，复压速度宜为2km/h～4km/h；终压采用双钢轮压路机碾压1～2遍，可以采用静压模式，终压速度宜为2km/h～4km/h。具体项目的碾压工艺根据试验路试验确定。

6.8.4 复压过程压实厚度超过10cm时，宜先采用35T以上单钢轮压路机振压（低或中档位）3~4遍，不宜开高（强）档振动；再采用30T以上轮胎式压路机揉压4~6遍，以基本消除轮迹为宜。压实厚度不足10cm时，可不采用单钢轮，仅采用30T轮胎式压路机揉压6~8遍。

6.8.5 碾压过程中为避免混合料粘轮现象，可向压路机碾压轮喷洒少量水雾。

6.8.6 碾压顺序由低向高、由路肩向路中心碾压时，应重叠1/2～1/3轮宽，压路机折返位置不宜在同一横断面上，应以阶梯式碾压方式循序推进，压路机在作业面上碾压一个来回即为一遍。

6.8.7 若复压过程发现凸梗时，应采用人工铲除后，并采用振动压路机沿梗处横向碾压以消除，且碾压宜在最佳含水率情况下碾压，避免出现弹簧、松散、起皮等现象，如有“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时铲除，并用新的混合料填补处理，使其达到质量要求。

6.8.8 当碾压过程中，使用单钢轮开振碾压时，易出现细微裂纹，应注意观察裂纹状态。当碾压过程中出现显著裂纹时，应及时停止钢轮压路机振动，使用双钢轮洒水静压1遍，然后，使用胶轮碾压，以消除裂纹。根据裂纹消失情况，确定合理碾压方案，以“双钢轮适当洒水、多使用胶轮为主、减少钢轮开振、注意单钢轮碾压效果”为原则，确定和调整现场碾压方案。

条文说明：当碾压过程中出现拥包、推移等现象时，首先应判断是材料质量问题还是施工工艺问题，材料方面主要立刻判断乳化沥青冷再生料含水量是否偏大，可以通过含水量数据以及料车是否有滴水等现场进行判断，如果含水量偏大，可等待水分蒸发，再进行碾压，并观察破乳状态；施工工艺方面应从摊铺机工艺和碾压分析，判断碾压是否按照先停振回程后再起振。

6.9 养生

6.9.1 乳化沥青冷再生层宜在封闭交通条件下自然养生，养生时间不应少于48h，当再生层使用Ф150mm 钻头的钻芯机可取出完整的芯样作为结束养生的控制条件。养生完成后，应及时铺筑其上沥青层。

条文说明：可以根据工程实际情况，适当开展二次碾压施工。所谓二次碾压是指，冷再生在养生阶段，铺筑上面的沥青结构层，新摊铺的沥青混合料热量对下部的冷再生结构层有一个热传导作用，热拌沥青混合料进行碾压施工时，会进一步压实冷再生结构层。

6.9.2 如冷再生铺筑后24h内下雨，宜采用土工布等覆盖养生路段，并做好排水。

6.9.3 通过室内试验，对乳化沥青冷再生混合料进行早期强度检验，以初步判定冷再生混合料的养生和开放交通时间。在封闭交通养生24h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40km/h以内。

6.9.4 严禁车辆在再生层上掉头和紧急制动。为避免车轮对表层的破坏，可在再生层上均匀喷洒慢裂乳化沥青（稀释至30%左右的有效含量），喷洒用量折合纯沥青后宜为0.05~0.2kg/m2。

**7 施工质量管理和检查验收**

7.1 一般规定

7.1.1 乳化沥青冷再生混合料施工应根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查、控制和评定，达到规定质量标准，确保施工质量的稳定性。

7.1.2 乳化沥青冷再生施工应采用动态质量管理，强化事前和过程控制，对施工中发现的问题及时反馈，并进行相应调整。

7.1.3 所有与质量检验和管理有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格，必须如实记录和保存。对已采取措施进行返工补救的项目，应在原始记录和数据上注明。

7.2施工前材料检测

7.2.1 施工前必须检查各种材料的来源和质量。对于沥青、集料、乳化剂、水泥等重要材料，供货单位必须提交最新的检测试验报告。对使用的集料，宜检查生产单位的生产条件、加工工艺、覆盖层的清理情况。

7.2.2 各种材料在进场前应以“批”为单位进行检查，材料试样取样数量和频率应按现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521-2019）执行，质量合格后方可进场，否则不得进场。

7.2.3 施工前应检查和标定拌和设备的技术性能、计量精度，以及摊铺机械和压实设备的配套情况、技术性能。

7.2.4 在工程开始前以及施工过程中，材料的来源或规格发生变化时，应对材料的质量、数量等进行检查，检查的项目和频率应满足表7.2.4的要求。

表7.2.4 乳化沥青厂拌冷再生材料检查要求

| 材料 | 检查项目 | 要求值 | 检查频率 |
| --- | --- | --- | --- |
| RAP | 级配、含水率 | 符合设计要求 | 每天1~2个工作日1次 |
| 乳化沥青 | 残留物含量及性能试验 | 符合设计要求 | 每2～3个工作日1次 |
| 沥青 | 软化点、延度、针入度 | 符合设计要求 | 每2～3个工作日1次 |
| 水 | 无杂质 | 符合设计要求 | 根据需要时 |
| 集料 | 级配、含水量、压碎值、砂当量、表观相对密度 | 符合设计要求 | 根据需要时 |
| 矿粉 | 级配、塑性指数 | 符合设计要求 | 根据需要时 |
| 水泥 | 强度、初凝时间、终凝时间 | 符合设计要求 | 根据需要时 |

7.3施工过程质量检测

7.3.1乳化沥青厂拌冷再生施工过程中质量管理和检查验收应满足表7.3.1的要求。

表7.3.1 施工过程质量控制要求

| 检查项目 | 质量要求 | 检验频率 | 检验方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 混合料外观 | 应拌和均匀，无离析，无花白料 | 随时 | 目测 |
| 15℃劈裂强度（MPa） | 符合设计要求 | 每工作日1次 | T0716 |
| 干湿劈裂强度比（%） | 符合设计要求 |
| 冻融劈裂强度比（%） | 符合设计要求 | 每3个工作日1次 | T0729 |
| 动稳定度（次/mm） | 符合设计要求 | 根据需要时 | T0719 |
| 肯塔堡飞散损失（%） | 符合设计要求 | 每3个工作日1次 | T0733 |
| 低温弯曲试验（-10℃） | 符合设计要求 | 根据需要时 | T0715 |
| 含水率（%） | ±1.0 | 每工作日1次 | T0801 |
| 乳化沥青用量（%） | ±0.2 | 每工作日1次 | 总量检验 |
| 水泥用量（%） | ±0.3 | 每工作日1次 | 总量检验 |
| 混合料级配 | 符合设计要求 | 发现异常时 | T0302 |
| 压实度（%） | ≥99（一次成型，基于实验室标准密度） | 每车道1km检测3点 | T0921 |
| ≥87（一次成型，基于理论最大相对密度） | T0924 |
| ≥89（二次压实后，基于理论最大相对密度） |
| 一次成型空隙率（%） | 满足设计要求 | 每车道1km检测1点 |
| 二次压实后空隙率（%） | 满足设计要求 |

7.3.2乳化沥青厂拌冷再生施工过程中外形尺寸检查验收应满足现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521-2019）规定的有关规定。

**附录A 乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计**

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于使用马歇尔方法进行乳化沥青冷再生混合料的配合比设计。

A.1.2 中、细粒式冷再生混合料，宜采用标准击实法成型（Ф101.6mm×63.5mm），粗粒式冷再生混合料，应采用大型击实法成型（Ф152.4mm×95.3mm）。

A.1.3 本规程采用马歇尔试验配合比设计方法，如采用其他方法设计时（有条件的情况下可以采用旋转压实仪成型），应按本规程规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验，并报告不同设计方法的试验结果。

A.2 RAP取样与分析

A.2.1厂拌冷再生的混合料配合比设计，回收沥青路面材料（RAP）应按照现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521-2019）的规定从处理后的回收沥青路面材料料堆取样。

A.2.2应按照本规程相关要求实测RAP各项技术指标。

A.3 确定工程设计级配范围

A.3.1 工程设计级配范围应在本规程规定的级配范围内，根据交通等级、工程性质、交通特点、材料品种等因素，通过对条件大体相当的工程使用情况进行调查研究后确定。经确定的工程设计级配范围是配合比设计的依据，不得随意变更。

A.4材料选择与试验

A.4.1配合比设计所用集料，其质量应满足本规程的技术要求。当单一规格的集料某项指标不合格，但不同粒径规格的集料按照设计级配组成混合后形成的冷再生混合料指标能符合本规程要求时，允许使用。

A.4.2使用乳化沥青作为再生结合料时的乳化沥青选择应满足以下要求：

1乳化沥青技术指标应满足本规程的相关要求。

2应针对工程实际使用的材料进行有针对性的乳化沥青配方设计。

A.4.3配合比设计的各种矿料、沥青路面回收料、水泥等应按相关规定，从工程实际使用的材料中取有代表的样品进行检测，质量应满足本规范相关要求。

A.5 矿料配合比设计

A.5.1测得回收沥青路面材料（RAP）、新集料、水泥等各组成材料的级配。

A.5.2以RAP干筛为基础，掺加不同比例的新集料、水泥等，使合成级配满足工程设计级配的要求，同时结合RAP抽提筛分级配，对级配进行优化。

A.5.3合成级配曲线应平顺，不得有太多锯齿形交错。

A.6确定最佳含水率

A.6.1参照《公路土工试验规程》（JTG E40）T0131的方法，对合成矿料进行击实试验，确定最佳含水率，经验丰富时，可采用马歇尔试验方法，确定最佳含水率。

A.6.2使用乳化沥青时，乳化沥青试验用量可定为3.5%，水泥用量采用1.5%（低温地区采用1.0%），变化水量进行击实试验，获得最大干密度时混合料的含水率即为最佳含水率OWC。一般采用5个不同的含水率，含水率的间隔宜为0.5%，每一个含水率下至少成型4个试件。

A.6.3采用马歇尔试验方法确定最佳含水率时，将养生完成并已充分冷却的马歇尔试件测量直径、高度等尺寸指标后，采用表干法测量试件的毛体积相对密度，得到不同含水率下的密度曲线，曲线应形成开口向下的抛物线，以毛体积相对密度最大时的含水率作为最佳含水率OWC。若最终得到的曲线未出现向下抛物线形状，而是单调递增或单调递减，应扩大含水率范围再进行马歇尔击实成型，直至曲线规律满足要求。

A.7 确定最佳乳化沥青用量OEC及水泥用量

A.7.1以预估的沥青用量为中值，按照一定间隔变化（一般以0.5%为间隔）形成4~5个乳化沥青用量，变化1~3个水泥用量，保持最佳含水率OWC不变，按照以下方法制备马歇尔试件：

1 向拌和机内加入足够（大约1150g）的拌和均匀的混合集料（包含回收沥青路面材料（RAP）、水硬性胶结料（水泥、矿粉等）、新集料等），拌和时间一般为60s；

2 按照计算得到的加水量加水，拌和均匀，拌和时间一般为60s；

3 按照计算的乳化沥青量加入乳化沥青，拌和均匀，拌和时间一般为90s；

4 将拌和均匀的混合料装入试模，放到马歇尔击实仪上，击实次数要求为：乳化沥青试样双面各击实50次（标准击实试件）或75次（大型击实试件）；

5 将试样连同试模一起侧放在60℃的鼓风烘箱中养生至恒重，养生时间一般不少于40h；

6 将试模从烘箱中取出，乳化沥青试样应立即放置到马歇尔击实仪上，双面各击实25次（标准击实试件）或37次（大型击实试件），然后侧放在地面上，在室温下冷却至少12h，然后脱模。

A.7.2对于乳化沥青混合料，测定试件的毛体积相对密度γf。宜采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0705表干法，用其它方法测定试件的毛体积密度前，应对该试验方法进行验证。

A.7.3 对于乳化沥青混合料，在成型马歇尔试件的同时，用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0711真空法实测各组再生混合料的最大理论相对密度γt，应待乳化沥青冷再生混合料完全破乳后进行最大理论密度试验。采用真空法实测最大理论相对密度方法如下：

1 称量好各配比下所需各种材料的质量，按A.7中的工艺进行拌和，混合料所需质量应满足T0711中试验所需最小质量的要求；

2 将拌和均匀的混合料摊开平铺于托盘中，置于60℃烘箱中烘干至恒重，一般建议24h以上；

3 将烘干的混合料从烘箱中取出，稍作冷却后立即将混合料充分搓散，结团的细集料颗粒应仔细分散，否则将影响试验结果准确性，将分散后的混合料冷却至室温后按照T0711中的方法测试最大理论相对密度。

A.7.4将各组油石比试件进行15℃劈裂试验、浸水24h的劈裂试验；两试验均应将养生好的试件在常温（25℃左右）下放置不少于6h，不多于48h，适当去除试件表面的松散颗粒后，测试每个时间的高度和重量。

15℃劈裂试验方法：应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0716，将试件浸泡在15℃恒温水浴中2h（标准马歇尔试件）或4h（大型马歇尔试件），然后取出试件立即测试15℃劈裂试验强度。

浸水24h劈裂试验方法：应将试件完全浸泡在25℃恒温水浴中22h，再按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0716，将试件在15℃恒温水浴中完全浸泡2h（标准马歇尔试件）或4h（大型马歇尔试件），然后取出试件立即进行劈裂试验，结果即为浸水24h劈裂试验强度。

干湿劈裂强度比是15℃劈裂试验强度与浸水24h的劈裂试验强度的百分比。15℃劈裂试验强度与浸水24h的劈裂试验在同一时间进行。

A.7.5对于乳化沥青冷再生混合料，通常情况下可按照15℃劈裂强度试验和干湿劈裂强度比试验结果达到最佳化（出现峰值），同时空隙率在8%~13%范围内对应的乳化沥青用量和水泥用量作为最佳乳化沥青用量OEC和水泥用量。当遇到试验结果无明显峰值时，应结合工程经验综合确定最佳乳化沥青用量OEC和水泥用量。

A.7.6使用乳化沥青时，OEC处的混合料空隙率应满足设计要求，否则应重新进行设计。

A.8 配合比设计检验

A.8.1配合比设计检验方法应满足以下要求：

1成型试样进行冻融劈裂试验。冻融劈裂试件成型的击实次数，小型马歇尔规定为双面各击实50次，大型马歇尔规定为双面各击实75次，然后按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0729冻融劈裂试验方法对混合料性能进行检验。

2成型试样进行车辙试验。车辙试验成型方法及试验结果应满足5.3节要求。

3 肯塔堡飞散损失。肯塔堡飞散试件采用标准马歇尔成型，压实次数规定为双面各击实50次，按本指南规定的方法养生，然后按JTG E20-2011中T0733中标准飞散试验对混合料性能进行检验。

4 低温弯曲试验。低温弯曲试件成型应先按照5.3节的方法成型板块试件，碾压完成后迅速将试件放置到60℃鼓风烘箱中烘干48h，再按照JTG E20-2011中T0715中的要求进行试件切割及试验，切割时切割刀的行进速度应尽可能调至最低，以确保小梁试件的完整性。

A.9 配合比设计报告

A.9.1乳化沥青冷再生配合比设计报告至少应包含以下内容：

1材料检测结果，包括乳化沥青、集料、沥青路面回收材料RAP等的检测结果。

2工程设计级配范围，设计曲线及各矿料配合比。

3最佳乳化沥青用量、水泥用量、最佳含水率。

4混合料性能设计指标、检验指标结果、试验方法等。

##

**附录B可工作时间试验方法**

B.1 目的与适用范围

B.1.1本方法适用于评价乳化沥青冷再生混合料的可工作时间，乳化沥青冷再生混合料具有较好的工作性及和易性（可压实性）的时间。

B.1.2本方法适用于采用马歇尔成型的试件。

B.2试验方法

B.2.1按照目标配合比结果拌制乳化沥青冷再生混合料。

B.2.2取5kg拌制好的混合料，按附录A成型马歇尔试件（不少于4个试件），将其余混合料用塑料袋密封待用。

B.2.3每间隔1h，取5kg密封的乳化沥青混合料成型马歇尔试件，每个时间点应至少成型不少于4个试件，成型时间大于实际工程运输时间或试件高度大幅增加时，停止成型，按附录A对马歇尔试件成型、养生和脱模。

B.2.4 将养生后的乳化沥青冷再生混合料试件取出，待冷却至室温后通过水中重法测定其毛体积密度ρn，计算空隙率，并进行15℃劈裂试验，得到不同延迟时间下混合料的15℃劈裂试验强度和空隙率。

B.3计算或数据处理

B.3.1计算不同施工延迟时间下混合料的空隙率。

B.3.2根据《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521-2019）要求，乳化沥青冷再生混合料空隙率范围为8~13%，因此从曲线上读取试件空隙率<13%的成型时间最大值，为乳化沥青冷再生混合料可工作时间SW，且劈裂强度衰减值不宜过大。

B.4报告

B.4.1同一乳化沥青冷再生混合料或同一路段路面，每组至少平行试验4个试件。当4个试件空隙率变异系数不大于20%时，取其平均值作为试验结果；变异系数大于20%时应分析原因，并追加试验。

B.4.2试验报告应注明试验温度、试件密度、空隙率、劈裂强度及加载仪器类型等。

B.4.3当乳化沥青冷再生混合料可工作时间SW大于从生产到施工碾压结束所需的时间时，可工作时间合格。

**本规程用词用语说明**

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4） 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

2 引用标准或规程的用语采用下列写法：

1） 在规程总则中表述与相关标准的关系时，采用“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的规定”；

2） 在规程条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应 符合《××××××》（×××）的有关规定”；

3） 当引用本规程中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应 符合本规程第×.×的有关规定”、“应符合本规程×.×.×的要求”、“应符合本规程第×.×.×的有关规定” 或“应按本规程第×.×.×的有关规定执行”等。