

DB13

河北省地方标准

DB13/T 2513—2017

公路沥青路面泡沫沥青冷再生技术指南

Guideline for asphalt pavement foamed cold recycling of highway

2017 – 05 – 17 发布

2017 – 08 – 01 实施

河北省质量技术监督局 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由河北省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：河北省道路结构与材料研究中心、河北省交通运输厅公路管理局、河北省高速公路管理局、交通运输部公路科学研究所、同济大学、石家庄市公路管理处、河北高速公路张承张家口管理处、河北瑞志交通技术咨询有限公司。

本标准主要起草人：王联芳、杜群乐、秦永春、曹中杰、孙立军、梁亮、赵宝平、李建军、杜丽娟、李彪、张文斌、张晶晶、雷电军、白洁、侯潇濛。

公路沥青路面泡沫沥青冷再生技术指南

1 范围

本标准规定了公路沥青路面泡沫沥青冷再生材料、再生沥青路面结构组合、混合料设计、施工工艺、施工质量检验及验收标准。

本标准适用于各等级公路沥青路面再生。

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。

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG E40 公路土工试验规程

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80 公路工程质量检验评定标准

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

DB13/T 978 旋转压实剪切实验法 (GTM) 沥青混合料设计与施工技术规范

3 术语和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

沥青混合料回收料 reclaimed asphalt pavement（简称“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。

3.1.2

泡沫沥青就地冷再生 cold in-place recycling with foamed asphalt

采用专用设备，对沥青路面面层进行现场冷铣刨、破碎和筛分，掺入一定数量的新矿料、泡沫沥青、活性填料和水，经过常温拌和、摊铺、碾压等施工工序，一次性实现旧沥青路面再生的技术。

3.1.3

泡沫沥青厂拌冷再生 central plant cold recycling with foamed asphalt

将沥青混合料回收料运至拌和厂（场、站），经破碎、筛分，以一定的比例与新矿料、泡沫沥青、水等进行常温拌和，经过摊铺、碾压形成新路面结构层的沥青路面再生技术。

3.1.4

再生混合料recycled mixture

含有沥青混合料回收料的混合料。

3.1.5

沥青混合料回收料级配gradation of RAP

将烘干至恒重的沥青混合料回收料进行筛分试验测得的级配。

3.1.6

冷再生混合料级配gradation of cold recycling mixture

沥青混合料回收料级配与新矿料的合成级配。

3.1.7

冷再生混合料最佳含水率optimum water content of cold recycling mixture

冷再生混合料在最大干密度时水的质量与烘干后混合料质量的百分比。

3.1.8

泡沫沥青 foamed asphalt

将热沥青和水在专用的发泡装置内混合、膨胀，形成的含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

3.1.9

泡沫沥青膨胀率 maximum expansion ratio of foamed asphalt

泡沫沥青发泡状态下的最大体积与未发泡时沥青体积的比值。

3.1.10

泡沫沥青半衰期half life of foamed asphalt

泡沫沥青从最大体积衰减到最大体积的50 %所用的时间。

3.1.11

回收料掺配比例percentage of RAP in recycled mixture

沥青混合料回收料RAP占再生混合料矿料总质量的百分比。

3.2 缩略语

本标准各种符号、代号以及意义详见表1。

表1 符号及代号

编号	符号或代号	意义
3.2.1	RAP	沥青混合料回收料
3.2.2	TSR	冻融劈裂强度比

表 1 符号及代号（续）

编号	符号或代号	意义
3.2.3	OWC	冷再生混合料的最佳含水率
3.2.4	OFC	冷再生混合料最佳泡沫沥青用量
3.2.5	W_{opt}	泡沫沥青的最佳发泡用水量
3.2.6	SCB	沥青混合料半圆弯曲试验

4 材料

4.1 RAP

一般选用再生机、铣刨机、挖掘机等设备从原沥青路面上取样，取样与试验分析详见附录A。实测RAP技术指标详见表2。

表 2 实测 RAP 指标要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率	实测	附录 A
	RAP 矿料级配	实测	
	砂当量（RAP 中 4.75 mm 以下部分）	≥ 50	

4.2 道路石油沥青

4.2.1 道路石油沥青应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定，一般不使用改性沥青。

4.2.2 按照品种、标号存放沥青，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。

4.3 泡沫沥青

冷再生使用的泡沫沥青应满足表3的要求。

表 3 泡沫沥青技术要求

项目	技术要求	试验方法
膨胀率不小于，（倍）	12	附录 B
半衰期不小于，（s）	10	附录 B

4.4 水泥

水泥可采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥，其强度等级可为32.5或42.5，水泥初凝时间应大于3小时，终凝时间应大于6小时且小于10小时。不应使用快硬水泥、早强水泥。水泥应保持干燥，无聚团、结块。

4.5 集料

添加的集料质量应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.6 矿粉

添加的矿粉质量应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

4.7 水

饮用水可直接用于生产乳化沥青、泡沫沥青及冷再生混合料。非饮用水用于生产乳化沥青、泡沫沥青及冷再生混合料时，不应含有油污、泥或其他有害杂质，且经试验验证不影响产品性能和工程质量。

5 冷再生路面结构组合

5.1 一般规定

沥青路面再生工程实施前，对原沥青路面历史信息、技术状况、交通量、气象资料等进行详细调查，作为冷再生混合料配合比设计和路面结构组合设计的依据。

5.2 路况调查及分析

5.2.1 收集以下路段基本数据：

- 路段原设计基本数据，包括公路等级、设计标准、原路面结构、几何线形等；
- 路段养护管理数据，包括养护历史、至少3年的路况检测数据等；
- 路段交通状况信息，包括至少3年交通量、轴载组成情况等；
- 路段的自然条件数据，包括气候条件、地形地貌、水文地质条件等。

5.2.2 原路面技术状况应进行以下检查和检测：

- 路面损坏，包括各种路面损坏的位置、类型、严重程度等；
- 路面内部结构状况，包括结构损坏类型、病害层位、病害严重程度、层间连接状况、结构层材料性能指标等；根据经验评估原路的承载能力；
- 原路面结构参数，包括各结构层的回弹模量等。

5.2.3 对原路面材料进行取样和检测，取样方法按照附录 A 要求进行。

5.3 路面结构组合

5.3.1 冷再生混合料的动态回弹模量（20℃，10 Hz）一般介于 3 500MPa~5 500MPa，用于路面结构设计的再生混合料参数宜实测获得。

5.3.2 冷再生层要具有足够的强度和稳定性，可采用单层或双层，路面结构设计应符合《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的规定，建议结构组合见表 4。一般情况下，泡沫沥青冷再生混合料适用于高速公路和一、二级公路沥青路面的下面层、基层，以及三、四级公路的面层和基层。当用于三、四级公路上面层时应采用稀浆封层、微表处、碎石封层等做上封层。

表 4 泡沫沥青冷再生沥青路面推荐结构组合

交通等级	沥青面层		冷再生层 厚度 (cm)	下承层
	推荐厚度 (cm)	最小厚度 (cm)		
特重交通及以上	15~22	12	≥ 12	下承层结构强度应满足路面基层或底基层设计要求。
重交通	12~18	10	≥ 10	
中等交通	6~12	5	≥ 8	
轻交通	≥ 3 或者采用微表处、稀浆封层、碎石封层等磨耗层		≥ 8	

6 混合料设计

6.1 一般规定

6.1.1 根据道路等级、结构层位、气候条件、交通情况和 RAP 调查分析结果，选用符合要求的材料，进行再生混合料设计。

6.1.2 冷再生混合料配合比设计时 RAP 应从原路面用铣刨机铣刨取样，厂拌冷再生也可用后场已有的、并将用于冷再生工程的铣刨料进行设计。其它各种矿料、沥青、水泥等必须按照相关规定，从工程实际使用的材料中取有代表性的样品。

6.1.3 中、细粒式冷再生混合料，一般采用马歇尔标准击实法成型 ($\Phi 101.6 \text{ mm} \times 63.5 \text{ mm}$)，粗粒式冷再生混合料，应采用马歇尔大型击实法成型 ($\Phi 152.4 \text{ mm} \times 95.3 \text{ mm}$)。当采用 GTM 旋转成型试验方法时，应按照《旋转压实剪切实验法 (GTM) 沥青混合料设计与施工技术规范》(DB13/T 978) 执行。

6.1.4 冷再生混合料配合比设计宜由具备相应专业资质的试验机构完成，应用前应通过工程试验路段进行检验。

6.2 混合料配合比设计

6.2.1 泡沫沥青冷再生混合料配合比设计流程按照图 1 进行。

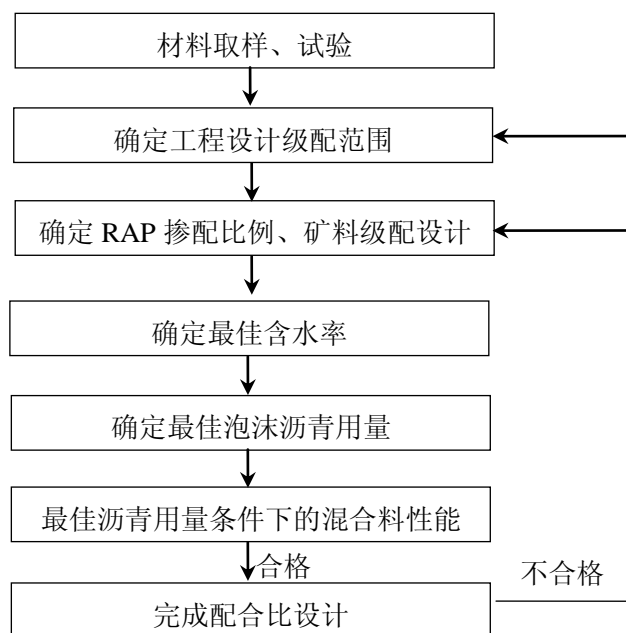


图 1 泡沫沥青冷再生混合料设计流程

6.2.2 进行泡沫沥青的发泡试验，确定最佳发泡温度和最佳发泡用水量，具体方法详见附录 B。

6.2.3 混合料级配设计

6.2.3.1 测得 RAP、新集料、水泥等各组成材料的级配。以 RAP 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，水泥剂量不宜超过 1.8%。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。

6.2.3.2 泡沫沥青冷再生混合料设计级配范围应满足表 5 的要求。当 RAP 的级配不能满足要求时，可添加新集料。RAP 和新集料的合成级配曲线应满足表 4 要求，并应保持平顺。

表 5 再生混合料设计推荐级配范围

筛孔 (mm)	各筛孔的通过率 (%)		
	粗粒式	中粒式	细粒式
37.5	100		
26.5	85~100	100	
19	—	85~100	100
13.2	60~85	—	85~100
9.5	—	55~85	—
4.75	30~55	35~60	40~65
2.36	20~40	25~45	28~45
0.3	8~20	9~22	10~25
0.075	4~12	4~12	4~12

6.3 混合料技术要求

按照马歇尔试件成型方法成型混合料试件并测定试件毛体积相对密度，将各组油石比试件进行 15℃劈裂试验、浸水 24h 劈裂试验。泡沫沥青冷再生混合料的技术要求应满足表 6 的规定。

表 6 混合料技术要求

试验项目		技术要求			试验方法
劈裂强度试验	15℃劈裂试验强度 (MPa) \geq	层位	重交通及以上等级	其它交通等级	T0716 (JTG E20) ^[1]
		面层	0.60	0.50	
		基层及以下层位	0.50	0.40	
	干湿劈裂强度比 (%) \geq	80		75	T0716 (JTG E20) ^{[2][3]}

表 6 混合料技术要求(续)

试验项目		技术要求		试验方法
冻融劈裂强度比 TSR（%）≥		75	70	T0716（JTG E20）
60℃动稳定度 ^[4] （次/mm）≥		2800	—	T0719（JTG E20）
SCB 试验	断裂能 ^[5] （J/m ² ）≥	300		附录 C
	峰值荷载挠度 ^[5] （mm）>	0.8		附录 C

注：1. 按照 JTG E20 中 T0716 方法，将试件浸泡在 15℃恒温水浴中 2 h，然后取出试件立即测试 15℃劈裂试验强度；

2. 将试件完全浸泡在 25℃恒温水浴中 22 h，再按照 JTG E20 中 T0716，将试件在 15℃恒温水浴中完全浸泡 2 h，然后取出试件立即进行劈裂试验，结果即为浸水 24 h 劈裂试验强度；

3. 干湿劈裂强度比是 15℃劈裂试验强度与浸水 24h 劈裂试验强度的百分比；

4. 按照 T0703 轮碾法成型 80mm 厚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℃鼓风烘箱中烘干至恒重（一般 48h 左右），再按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）T0719 进行动稳定度试验；

5. 当泡沫沥青冷再生混合料使用在路面中、上面层时，使用 SCB 法进行验证。

根据 15℃劈裂强度试验和干湿劈裂强度比试验结果，综合确定 OFC。在不满足表 5 技术要求时，应及时进行配合比调整。泡沫沥青添加量折合成纯沥青后占混合料其余部分干质量的百分比一般为 1.8%~3.0%。

6.4 试验报告

6.4.1 再生混合料配合比设计过程应包括：原材料试验、RAP 及其他矿料级配、沥青发泡试验、目标配合比设计、OWC 确定、OFC 确定。

6.4.2 再生混合料配合比设计结论至少包括：沥青发泡条件（温度、用水量）、RAP 及其它矿料掺配比例、泡沫沥青用量等。

7 就地冷再生施工

7.1 就地冷再生设备的要求

7.1.1 工作宽度宜不低于 2.0m；用于其它等级道路时，工作宽度应不低于 2.0m。

7.1.2 具备泡沫沥青喷洒装置，喷洒计量精确可调，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，各喷嘴可独立开启与关闭。

7.1.3 冷再生设备的铣刨深度应可调节，最大再生能力应不低于 150mm。

7.2 施工准备

7.2.1 铺筑试验路段，长度不宜小于 200m。对就地冷再生的矿料级配、沥青含量、施工工艺、施工质量、施工管理、施工安全等方面进行检验和调整。

7.2.2 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，均匀撒布。有条件的应优先采用水泥制浆车添加水泥。

7.3 再生作业

7.3.1 综合考虑施工季节、气候条件、再生作业段宽度、施工机械和运输车辆的效率和数量、操作熟练程度、水泥终凝时间等因素，综合确定每个作业段的长度。

7.3.2 在施工起点处将各施工设备顺次首尾连接，连接相应管路。就地冷再生施工设备一般包括：水罐车，热沥青罐车，水泥浆车（有条件时），就地冷再生机，拾料机（必要时），摊铺机，压路机。

7.3.3 启动施工设备，按照设定再生深度对路面进行铣刨、拌和。再生机组必须缓慢、均匀、连续地进行再生作业，不得随意变更速度或者中途停顿，再生施工速度宜为 3m/min~6 m/min。

7.3.4 单幅再生至一个作业段终点后，将再生机和罐车等倒至施工起点，进行第二幅施工，直至完成全幅作业面的再生。

7.3.5 纵向接缝应避开车道轮迹带的位置。纵向接缝处相邻两幅作业面间的重叠量不宜小于 100 mm。

7.4 摊铺

采用摊铺机或者采用带有摊铺装置的再生机进行摊铺时，要求摊铺出的混合料不应出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕。对于低等级公路沥青路面，可使用平地机进行摊铺，应符合下列要求：

- 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。

7.5 压实

7.5.1 就地冷再生层的单层压实厚度宜不小于 80 mm，推荐的单层压实厚度为 120 mm~160 mm。

7.5.2 根据再生层厚度、压实度等的需要，配备足够数量、吨位的钢轮压路机、轮胎压路机。单幅摊铺宽度不超过 4.5 m 时，宜配备 16 t 以上单钢轮振动压路机、25 t 以上胶轮压路机、11 t 以上双钢轮振动压路机各一台；单幅摊铺宽度超过 4.5 m 时，宜配备上述压路机各两台。

7.5.3 根据试验段确定合理的碾压工艺。经验不足时可参照下述工艺实施：初压采用双钢轮压路机 1~3 遍，第一遍前进采用静压方式，其它压实遍数在不发生混合料推移的情况下都应采用振动碾压；复压采用单钢轮压路机振动压实 3~5 遍，终压采用轮胎压路机静压 4~6 遍，根据需要确定是否采用双钢轮压路机静压收光。

7.5.4 沥青路面就地冷再生施工应采用流水作业法，使各工序紧密衔接，尽量缩短从拌和到完成碾压之间的时间。

7.5.5 直线段和不设超高的平曲线段，应由两侧路肩向路中心碾压，设超高的平曲线段，应由内侧路肩向外侧路肩碾压。

7.5.6 压路机应以慢而均匀的速度碾压，初压速度宜为 1.5km/h~3km/h，复压和终压速度宜 2km/h~4km/h。

7.5.7 碾压过程中,再生层表面应始终保持湿润,如水分蒸发过快,应及时洒水补充,但水量不宜过大。

7.5.8 碾压过程中出现弹簧、松散、起皮等现象时,应及时翻开重新拌和,使其达到质量要求。

7.5.9 可在碾压结束前用平地机再整平一次,使其纵向顺适,路拱和横坡符合设计要求。

7.5.10 严禁压路机在刚完成碾压或正在碾压的路段上调头、急刹车及停放。

7.6 养生及开放交通

7.6.1 冷再生层在加铺上层结构前必须进行养生,养生时间一般为 7d,不宜少于 48h。

7.6.2 冷再生层宜在封闭交通条件下自然养生。

7.6.3 当再生层使用 Φ 150mm 钻头的钻芯机可取出完整的芯样或再生层含水率低于 2% 时,可结束养生。

7.6.4 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,并严禁车辆在再生层上调头或急刹车。

7.6.5 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,宜做表面处理。

7.6.6 在加铺上层结构前,宜喷洒粘层油。

8 厂拌冷再生施工

8.1 厂拌冷再生设备要求

泡沫沥青厂拌冷再生拌和配备沥青发泡装置,拌和设备应具有单独的沥青路面回收料、泡沫沥青、矿料、水泥、水等各组成部分的添加装置及其精确计量装置。拌和设备应保证混合料充足、均匀拌和。

8.2 回收料的回收、预处理和堆放

8.2.1 可选用冷铣刨、机械开挖等方式获取 RAP。

8.2.2 选用冷铣刨时,应事先确定铣刨速度、深度等铣刨参数,并在施工过程中保持铣刨参数的稳定,严格控制材料变异。必要时通过试验段确定铣刨参数。

8.2.3 RAP 不得混入杂物。

8.2.4 RAP 应通过必要的破碎、筛分等工艺进行预处理,不应有超粒径颗粒。

8.2.5 经过预处理的 RAP,应根据不同料源、品种、规格分别堆放,可用装载机等将其转运到堆料场均匀堆放,转运和堆放过程中应避免 RAP 离析。

8.2.6 经过预处理的 RAP 应在防雨棚下堆放,及时使用,避免长时间的堆放。RAP 堆料高度不宜超过 3 m。

8.3 施工准备

8.3.1 下承层应密实平整,强度符合设计要求。在摊铺冷再生层混合料之前可在下承层表面喷洒乳化沥青,喷洒量为纯沥青用量 $0.2 \text{ kg/m}^2 \sim 0.3 \text{ kg/m}^2$ 。

8.3.2 铺筑试验路段长度宜不小于 200m。从施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面验证施工配合比及施工方案、施工工艺的可行性,为正常施工提供技术依据。

8.4 混合料拌制

8.4.1 拌和设备的生产能力应与摊铺设备生产能力匹配。

8.4.2 拌和后的冷再生混合料应均匀一致,无结团成块现象。

8.5 混合料运输

8.5.1 拌和好的冷再生混合料应尽快运至施工现场完成摊铺和压实。

8.5.2 运料车装料时应多次挪动汽车位置,平衡装料,减少混合料离析。

8.5.3 再生混合料宜采用较大吨位的运料车运输,正常施工过程中摊铺机前方应有运料车等候,避免出现摊铺机等待料车的情况。

8.5.4 运料车每次使用前后必须清扫干净,可在车厢板上喷涂隔离剂防止冷再生混合料粘结。运料车应用苫布覆盖,防止运输材料水分蒸发或遭雨淋。

8.6 摊铺

8.6.1 厂拌冷再生混合料应采用摊铺机摊铺,熨平板不应加热。

8.6.2 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不断地摊铺,不应随意变换速度或者中途停顿。摊铺速度宜控制在 $2\text{m/min} \sim 4 \text{ m/min}$ 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。

8.6.3 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。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱和横坡。

8.7 压实

8.7.1 就地冷再生层的单层压实厚度宜不小于 80 mm,推荐的单层压实厚度为 $120\text{mm} \sim 160 \text{ mm}$ 。

8.7.2 按照试验段确定的压实工艺在最佳含水率情况下进行碾压。考虑到天气因素,实时调整混合料的含水率。

8.7.3 其他压实控制要点参照就地冷再生相关规范。

8.8 养生及开放交通

参照本指南7.6中就地冷再生养生及开放交通相关要求进行。

9 施工质量检查与验收

9.1 厂拌冷再生

9.1.1 施工过程中,材料进场时按每批 1 次的频率对材料质量进行全面检测,保证满足设计要求,在此基础上的材料质量控制和检查的项目、频度、质量标准还应符合表 7 的要求,此外,材料质量还应满足《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80)相关要求。

表 7 冷再生施工过程中的材料检查

材料	检查项目	要求值	检查频率	
			二级及以上公路	其他等级公路
泡沫 沥青	基质沥青的针入度、延度、软化点, 泡沫沥青的膨胀率、半衰期	符合设计要求	每 2~3 工作日 1 次	每周 1 次
矿料	JTG F40 对集料规定的项目	符合设计要求	必要时	必要时
RAP	RAP 级配	符合设计要求	每工作日 1 次	每 2~3 天 1 次
水泥 ^[注]	强度、初凝时间、终凝时间	符合设计要求	必要时	必要时
矿粉	JTG F40 对矿粉规定的项目	符合设计要求	必要时	必要时

注:正常施工时可不测水泥的相关指标,只需产品检验合格报告或出厂合格证。

9.1.2 施工过程的质量控制项目、频度和质量标准应符合表 8 的要求。

表 8 施工过程的质量控制检查项目、频度和要求

检查项目	质量要求	检验频率	检验方法
压实度 ^[1] (%)	≥99	每车道每公里检查 3 点	基于重型击实最大干密度, T0921
15℃劈裂强度 (MPa)	符合设计要求	每工作日 1 次	表 6
干湿劈裂强度比 (%)	符合设计要求		
TSR (%)	符合设计要求	每 3 个工作日 1 次	T0716 (JTG E20)
车辙动稳定度 ^[2] (次/mm)	符合设计要求	每 7 个工作日 1 次 (用于面层时)	T0719 (JTG E20)
含水率 (%)	符合本指南要求	每日一次	T0801 (JTG E51)
新沥青用量 (%)	设计值±0.2	每日一次	总量控制
水泥用量 (%)	设计值±0.3	每日一次	总量控制
矿料级配	符合设计要求	每工作日 1 次,并且发现异常时随时检测	T0302 (JTG E42)
断裂能	符合本指南	每路段至少 1 次	附录 C
峰值荷载挠度	符合本指南要求	每路段至少 1 次	附录 C

注 1:随着公路等级的提高,压实度指标应结合层位适当提高。
 注 2:按照 T0703 (JTG E20) 轮碾法成型 80 mm 厚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℃ 鼓风烘箱中烘干至恒重 (一般 48 小时左右),再按照 T0719 (JTG E20) 进行动稳定度试验,试验前试件保温时间为 8~10 小时。

9.1.3 施工过程的外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 9 的要求。

表 9 外形尺寸检查项目、频度和要求

检查项目	质量要求		检验频率	检验方法
	二级及以上公路	其他等级公路		
平整度标准差 (mm)	1.8	3.0	连续测量	T0932 (JTG E60)
纵断面高程 (mm)	± 10		每 20 延米 1 点	T0911 (JTG E60)
厚度 (mm)	设计厚度的-5%	设计厚度的-8%	每 2000m ² 检查一点， 单点评价	T0912 (JTG E60)
横坡度 (%)	± 0.3	± 0.4	每 100 延米 3 处	T0911 (JTG E60)
宽度 (mm)	不小于设计宽度，边缘线整齐，顺适		每 40 延米 1 处	T0911 (JTG E60)
外观	表面平整密实，无浮石、弹簧现象，无 明显压路机轮迹。		随时	目测

9.1.4 检查验收

就地冷再生工程完工后，应将全线以 1 km~3 km 作为一个评定路段，按照表 10 的要求进行质量检查和验收。

表 10 就地冷再生检查验收项目、频度和要求

检查项目		质量要求	检验频率	检验方法
平整度最大间隙 (mm)		10	每 200 延米 2 处，每处连续 10 尺	T0931 (JTG E60)
纵断面高程 (mm)		± 10	每 20 延米 1 点	T0911 (JTG E60)
厚度 (mm)	均值	-10	每个再生幅每 10 米 1 点	钻芯
	单个值	-20	随时	
宽度 (mm)		不小于设计宽度，边缘线整齐，顺 适，无曲折	每 40 延米 1 处	T0911 (JTG E60)
横坡度 (%)		± 0.3	每 100 延米 3 处	T0911 (JTG E60)
外观		表面平整密实，无浮石，弹簧现象； 无明显压路机轮迹。	随时	目测
压实度 (%)		≥ 98	每 1 车道公里检查一次	基于重型击实标准密 度，T0921

9.2 就地冷再生

9.2.1 施工中，材料进场时按每批 1 次的频率对材料质量进行全面检测，保证满足设计要求，在此基础上材料质量控制和检查应符合表 11 的要求。此外，材料质量还应满足《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80) 相关要求。

表 11 厂拌冷再生施工过程中的材料检查

材料	检查项目	要求值	检查频率	
			二级及以上公路	其他等级公路
泡沫 沥青	基质沥青的针入度、延度、软化点， 泡沫沥青的膨胀率、半衰期	符合设计要求	每 2~3 天 1 次	每周 1 次
矿料	JTG F40 对集料规定的项目	符合设计要求	必要时	必要时
RAP	RAP 级配	符合设计要求	每 2~3 天 1 次	每周 1 次
水泥 ^[注]	强度、初凝时间、终凝时间	符合设计要求	每 2~3 天 1 次	每周 1 次
矿粉	JTG F40 对矿粉规定的项目	符合设计要求	每 2~3 天 1 次	每周 1 次
注：正常施工时可不测水泥的相关指标，只需产品检验合格报告或出厂合格证。				

9.2.2 施工过程的质量控制项目、频度和质量标准应符合表 12 的要求。

表 12 施工过程的质量控制检查项目、频度和要求

检查项目	质量要求	检验频率	检验方法
压实度 (%)	≥99	每车道每公里检查 3 点	基于重型击实最大干密度，T0921
15℃劈裂强度 (MPa)	符合设计要求	每工作日 1 次	表 6
干湿劈裂强度比 (%)	符合设计要求		
TSR (%)	符合设计要求	每 3 个工作日 1 次	T0719 (JTG E20)
车辙动稳定度 ^[注] (次/mm)	符合设计要求	每 7 个工作日 1 次 (用于面层时)	T0719 (JTG E20)
含水率 (%)	符合本细则要求	每日 1 次	T0801 (JTG E51)
新沥青用量 (%)	设计值±0.2	每日 1 次	总量控制
水泥用量 (%)	设计值±0.2	每日 1 次	总量控制
级配	符合设计要求	每工作日 1 次，并且发现异常时 随时检测	T0302 (JTG E42)
断裂能	符合本指南要求	每路段至少 1 次	附录 C
峰值荷载挠度	符合本指南要求	每路段至少 1 次	附录 C
注：按照 T0703 (JTG E20) 轮碾法成型 80 mm 厚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℃ 鼓风烘箱中烘干至恒重 (一般 48 小时左右)，再按照 T0719 (JTG E20) 进行动稳定度试验，试验前试件保温时间为 8~10 小时。			

9.2.3 施工过程的外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 13 的要求。

表 13 外形尺寸检查项目、频度和要求

检查项目	质量要求		检验频率	检验方法
	二级及以上公路	其他等级公路		
平整度标准差 (mm)	1.8	3.0	连续测量	T0932 (JTG E60)
纵断面高程 (mm)	± 10		每 20 延米 1 点	T0911 (JTG E60)
厚度 (mm)	设计厚度的-5%	设计厚度的-8%	每 2000m ² 检查一点, 单点评价	T0912 (JTG E60)
横坡度 (%)	± 0.3	± 0.4	每 100 延米 3 处	T0911 (JTG E60)
宽度 (mm)	不小于设计宽度, 边缘线整齐, 顺适		每 40 延米 1 处	T0911 (JTG E60)
外观	表面平整密实, 无浮石、弹簧现象, 无明显压路机轮迹。		随时	目测

9.2.4 检查验收

厂拌冷再生工程完工后, 应将全线以 1 km~3 km 作为一个评定路段, 按照表 14 的要求进行质量检查和验收。

表 14 厂拌冷再生检查验收项目、频度和要求

检查项目		质量要求	检验频率	检验方法
平整度最大间隙 (mm)		8	每 200 延米 2 处, 每处连续 10 尺	T0931 (JTG E60)
纵断面高程 (mm)		± 10	每 20 延米 1 点	T0911 (JTG E60)
厚度 (mm)	均值	-8	每个再生幅每 10 米 1 点	钻芯
	单个值	-15	随时	
宽度 (mm)		不小于设计宽度, 边缘线整齐, 顺适, 无曲折	每 40 延米 1 处	T0911 (JTG E60)
横坡度 (%)		± 0.3	每 100 延米 3 处	T0911 (JTG E60)
外观		表面平整密实, 无浮石、弹簧; 无明显轮迹。	随时	目测
压实度 (%)		≥ 98	每 1 车道公里检查一次	基于重型击实标准密度, T0921

附 录 A (规范性附录)

沥青混合料回收料取样与试验分析

A.1 现场取样频率和方法

A.1.1 分析路面结构和路面维修记录,根据路面情况是否相同或者接近将全施工路段划分为若干个子路段,每个子路段长度不宜大于5 000 m,且不宜小于500 m,或者每个子路段面积不宜大于50 000m²,且不宜小于5 000 m²。

A.1.2 按照JTG E60附录A随机取样方法确定取样点位置。

A.1.3 每个子路段每个车道分别取样1处,应采用铣刨机铣刨方法,铣刨深度应与拟再生深度一致。

A.1.4 根据需要,取得足够数量的RAP。

A.2 试样存放

A.2.1 试样应存放在干净、干燥阴凉处,妥善保存备用。

A.2.2 应标明试样级配类型、取样日期、层位和桩号等信息,防止试样污染或相互混杂。

A.3 试样缩分

A.3.1 分料器法:将试样拌匀,通过分料器分成大致相等的两份,再取其中的一份分成两份,缩分至需要的数量为止。

A.3.2 四分法:将所取试样置于平板上,在自然状态下拌和均匀,大致摊平,然后从摊平的试样中心沿互相垂直的两个方向把试样向两边分开,分成大致相等的四份,取其中对角的两份重新拌匀,重复上述过程,直至缩分至所需的数量。

A.4 RAP评价

A.4.1 含水率

根据烘干前后RAP质量的变化,按照下式计算RAP的含水率 ω 。试验方法按照JTG E42中T0305,烘箱加热温度调整为105℃恒温。

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

式中:(式中的字母使用斜体)

m_w —RAP的质量,单位克(g);

m_d —RAP烘干至恒重的质量,单位克(g)。

A.4.2 RAP级配

对RAP进行筛分试验，确定RAP的级配。试验方法按照JTG E42中T0327，材料加热温度调整为60℃恒温，采用干筛法。

A. 4. 3 砂当量

对RAP加热干燥至恒重，加热温度为60℃。然后，用4.75 mm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中的T0334进行。

附 录 B
(规范性附录)
泡沫沥青发泡试验

B.1 一般规定

本方法适用于使用泡沫沥青室内发生装置确定泡沫沥青的最佳发泡温度和最佳发泡用水量。

B.2 仪器与材料

B.2.1 试验仪器和工具包括：泡沫沥青发生装置；温度计（分度值1℃）；直尺；烘箱；秒表（精度不低于0.1 s）；测量桶（直径为275 mm，容积为20 L）。

B.2.2 材料：沥青；水。

B.3 方法与步骤

B.3.1 根据经验和工程条件确定发泡温度，确定3个发泡用水量。一般情况下，发泡温度在160℃～180℃；发泡用水量可取1%、2%、3%。

B.3.2 将沥青加热至试验温度。

B.3.3 标定沥青喷射流量，设置计时器，使每次沥青喷射量为500 g。

B.3.4 设定水流量计，使水流量达到要求的用水量。

B.3.5 制作泡沫沥青：将其喷射到加热至75℃的专用钢制量桶中，泡沫沥青喷射结束后，当其体积达到最大时，迅速按下秒表。

B.3.6 测定量桶内泡沫沥青最大高度，确定泡沫沥青的膨胀率；记录泡沫沥青衰减到最大体积一半时的时间，精确到0.1 s，得出泡沫沥青的半衰期。每个工况平行试验3次，取平均值作为试验结果。

B.3.7 绘制膨胀率、半衰期随用水量的变化曲线图，确定容许膨胀率对应的用水量W1和容许半衰期对应的用水量W2，取平均值作为 W_{opt}。

$$W_{opt} = (W_1 + W_2) / 2$$

B.3.8 试验用水量范围内的膨胀率、半衰期不能达到表4.4.1（没有此表）2要求的，应改变试验温度重新试验，仍不能满足要求的，应调整沥青品种、标号或者采用其它技术措施后重新试验，直至满足要求。

附录 C (规范性附录)

沥青混合料半圆弯曲试验 (SCB) 方法

C.1 目的与适用范围

本方法适用于评价沥青混合料的抗裂性能。试验温度和加载速率根据有关规定和需要选用,如无特殊规定,采用试验温度 $-10^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,加载速率宜为 1 mm/min 。采用不同的试验温度和加载速率时应予注明。

C.2 仪器与材料技术要求

C.2.1 旋转压实仪:主要由反力架、加载装置、旋转基座、计算机控制系统、内旋转角测量装置、试模、锤头(上压盘)和底座(下压盘)、测力装置、压力传感器等组成,如GTM、SGC等。

C.2.2 大型马歇尔击实仪。

C.2.3 万能材料试验机或压力机:荷载由传感器测定,最大荷载应满足不超过其量程80 %且不小于其量程20 %的要求,宜采用5kN或10kN,分辨率0.01 kN。具有梁式支座,下支座中心距120 mm,上压头位置居中,上压头及支座为半径10 mm的圆弧固定钢棒,且可以活动与试件紧密接触。必须具有环境保温箱,控温准确至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,加载速率可以选择。具有跨中位移测定装置。试验机宜有伺服系统,在加载过程中速率基本不变。

C.2.4 数据采集系统:能自动采集传感器及位移计的电测信号,在数据采用系统中储存荷载与跨中挠度曲线。

C.2.5 切割机:试验室用金刚石锯片锯石机(单锯片或双锯片切割机)或现场用路面切割机,有淋水冷却装置,其切割厚度不小于试件厚度。

C.2.6 保温箱:装有温度调节装置,具备强制通风功能。

C.2.7 小型切割机:配有小型试验室用金刚石锯片,锯片厚度 $1\text{ mm}\sim 1.5\text{ mm}$ 。不宜使用手持式切割机。

C.2.8 其他:卡尺、记号笔、胶布、手套、口罩等。

C.3 方法与步骤

C.3.1 准备工作

C.3.1.1 按照 JTG E20中T0736、T0737的方法,采用旋转压实仪旋转50次,在常温下成型直径150 mm、高度 $(105\pm 5)\text{ mm}$ 试件。将试件脱模,在 60°C 通风恒温烘箱中养生 $(48\pm 1)\text{ h}$ 。在不具备旋转压实设备的情况下,可用大型马歇尔双面击实150次,按JTG E20中T0702方法,成型大马歇尔试 $(\varnothing 152.4\text{ mm}\times 105\text{ mm})$ 。

C.3.1.2 量测试件高度:用卡尺在十字对称的4个方向量测离试件边缘10 mm处的高度,准确至1 mm,以4个高度平均值作为试件高度,并在试件上标记各个高度的中心位置。如试件高度不符合 $(105\pm 5)\text{ mm}$ 要求或两侧高度差大于2 mm,此试件应作废。

C.3.1.3 根据混合料类型按《公路工程沥青及沥青混合料试验规范》(JTG E20-2011)方法测量试件的密度、空隙率等各项物理指标。

C.3.1.4 切割试件(见图C.1):将试件上标记的4个高度的中心位置连成一个平面,沿此平面将试件切为两个对称的圆柱体,分别将两个半圆柱体沿其直径方向切为两个半圆柱体。

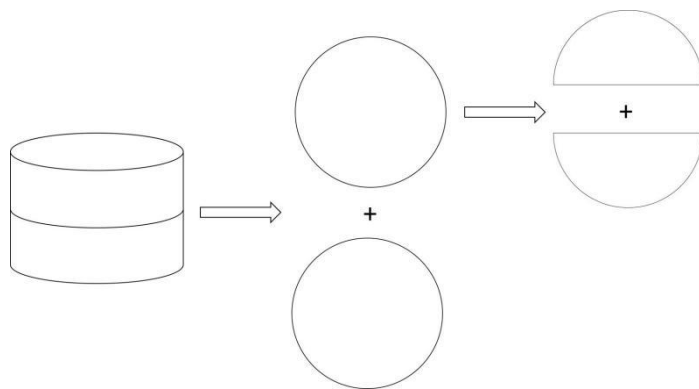


图 C.1 试件切割示意图

C.3.1.5 对每个半圆柱体,量取其直径(最长直边)方向长度,准确至0.1 mm,并确定其中点位置,在其中点位置沿半圆方向切割一条深度 (15 ± 2.5) mm,宽度 (2.5 ± 1) mm的直缝。直径方向长度小于145 mm的试件应废弃。

C.3.1.6 将切割好的试件仔细用水冲洗干净,置于60°C通风恒温烘箱中不少于12小时,取出后在室温下冷却不少于2小时。

C.3.1.7 量取试件切缝的宽度和深度,准确至0.1 mm,每个尺寸量取三个点,取其平均值作为试件切缝的宽度和深度,其尺寸应符合宽度 (2.5 ± 1) mm和深度 (15 ± 2.5) mm的要求。

C.3.1.8 在跨中上下及两支点断面用卡尺量取试件的尺寸,取其平均值作为试样厚度,在跨中量取试样两侧高度,取其平均值作为试样高度,准确至0.1 mm,尺寸应满足厚度不小于50 mm,高度不小于70 mm的要求。

C.3.1.9 将试件置于规定温度的环境保温箱中保温4~6个小时,直至试件内部温度达到试验温度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 为止。保温时试件之间的距离应不小于10 mm。

C.3.1.10 将试验机梁式试件支座准确安放好,测定支点间距为 $120 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$,使上压头与下压头保持平行,并两侧等距离,然后将其位置固定。

C.3.2 试验步骤

C.3.2.1 将试件迅速对称放置在支座上,如图C.2所示,待温度恒定至试验温度后开始试验。

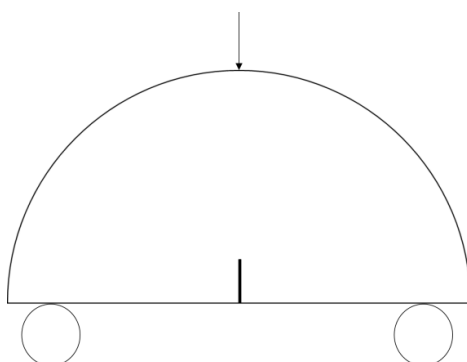


图 C.2 试件安放示意图

C.3.2.2 开动压力机以规定的速率在跨径中央施以集中荷载,在荷载达到10 N时将数据采集系统调整到零点位置,然后开始采集、储存荷载-跨中挠度数据,继续施加集中荷载直至其荷载低于0.1 kN时停止试验。记录荷载-跨中挠度曲线,如图C.3所示。

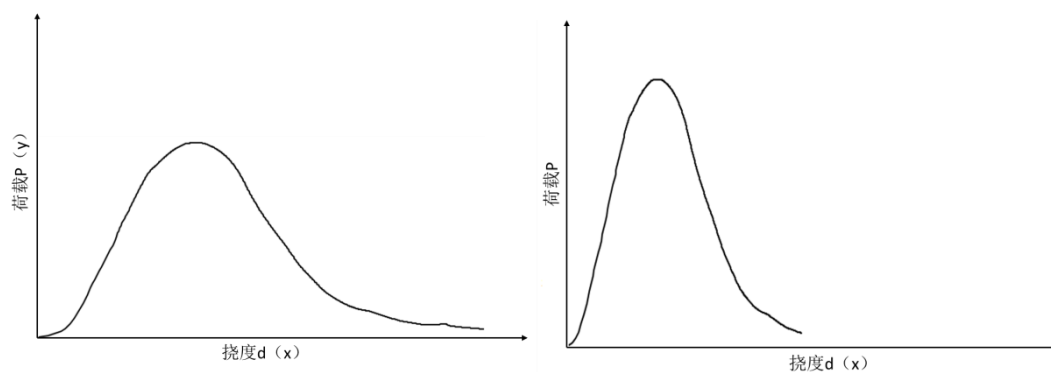


图 C.3 荷载-跨中挠度曲线

C.3.3 一组试样平行试验一般不少于8个试件,最少不小于6个试件。

C.4 计算

C.4.1 按式 (C.1) 计算试件荷载应力低于0.1kN时,荷载-跨中挠度曲线下的面积A。

$$A = x_1 y_1 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [(x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} + y_i)] \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

A —荷载-跨中挠度曲线下的面积 (mm·kN) ;

x_i —第*i*点的竖向位移 (mm) , $i=2, 3, 4, \dots$;

x_{i+1} —第*i*+1点的竖向位移 (mm) , $i=2, 3, 4, \dots$;

y_i —第*i*点的荷载 (kN) , $i=2, 3, 4, \dots$;

y_{i+1} —第*i*+1点的荷载 (kN) , $i=2, 3, 4, \dots$ 。

C.4.2 按式 (C.2) 计算试件的断裂能。

$$G_f = \frac{A}{b \times (h-a)} \times 10^6 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

G_f —试件的断裂能 (J/m^2) ;

b —试件的厚度 (mm) ;

h —试件的高度 (mm) ;

a —试件切缝的深度 (mm) 。

C.4.3 峰值荷载挠度 (mm)。挠度对荷载曲线有一段线性弹性段落, 将该段落外延与挠度轴的交点确认为挠度原点, 以此量度峰值荷载时的挠度。

C.5 报告

C.5.1 当一组测定值中某个数据与平均值之差大于标准差的*k*倍时, 该测定值应予舍弃, 并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试验数目*n*为6、7、8时, *k*值分别为1.82、1.94、2.00。

C.5.2 试验结果均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度及加载速度。