

ICS 93.080.30

P66

备案号:

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/T 3604—2019

公路水泥就地冷再生基层施工技术规范

Construction Specification for Cold In-Place Recycling with Cement

2019-07-11 发布

2019-08-01 实施

江苏省市场监督管理局

发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 材料要求	2
6 原路面调查及分析	3
7 水泥就地冷再生混合料设计	3
8 施工工艺	7
9 施工质量管理与检查	10
10 工程质量检验评定	12
附录 A（规范性附录） 二灰碎石基层铣刨料振动磨耗级配确定试验方法	14
附录 B（规范性附录） 水泥就地冷再生混合料振动成型试验方法	16
附录 C（规范性附录） 横向均匀度指标评价办法	19

前 言

本标准按GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》给出的规则起草。

本标准由江苏省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：扬州市公路管理处、苏交科集团股份有限公司、江苏省交通运输厅公路事业发展中心、扬州帅工公路工程养护机械有限公司、南京正通道路再生工程科技有限公司。

本标准主要起草人：殷成胜、马在宏、卢勇、王辉、帅同瑾、俞春荣、刘爱华、杨坤、蒋雪峰、管正川。

公路水泥就地冷再生基层施工技术规范

1 范围

本标准规定了公路水泥就地冷再生基层施工技术的术语和定义、总则、材料要求、原路面调查及分析、水泥就地冷再生混合料设计、施工工艺、施工质量管理与检查以及工程质量检验评定。

本标准适用于公路工程中采用水泥作为再生结合料的路面基层就地冷再生施工,可用于一级及以下公路路面的底基层,二级及以下公路路面的基层。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范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规范。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

JTG D50 公路沥青路面设计规范
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG E60 公路路基路面现场测试规程
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
JTG F41 公路沥青路面再生技术规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准(第一册)
JTG H20 公路技术状况评定标准
DB32/T1246-2008 江苏省高速公路沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水泥就地冷再生 cold in-place recycling with cement

采用专用的就地冷再生设备,对路面原结构层进行现场铣刨、破碎,根据需要添加一定比例的集料、再生结合料(水泥)和水,在常温下进行拌和、摊铺和碾压,形成结构层的再生技术。

3.2

路面基层回收料 recycled materials from road-base, 简称 RMB

采用专用设备(如就地冷再生机)从路面基层上获得的半刚性基层回收料。

3.3

水泥冷再生混合料 cold recycling mixture with cement

使用水泥作为主要结合料，与路面基层回收料在常温下进行均匀拌和后形成的一种混合料。

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

冷再生混合料中 RMB 与新掺集料的合成级配。

3.5**再生深度 recycling depth**

专用再生设备设定的铣刨深度，一般指原路基顶面标高与再生层底面标高之差。

3.6**再生厚度 recycling thickness**

再生层设计顶面标高与底面标高之差，指再生层碾压成型后的顶面标高与底面标高之差。

4 总则

4.1 水泥就地冷再生基层的再生厚度不应大于 25cm，不宜大于 20cm，且不应小于 15cm。

4.2 水泥就地冷再生基层施工期的最低气温应在 5℃ 以上，如遇下雨，应立即停止施工，并采取必要的遮盖措施。

4.3 应按照环保要求采取有效措施防尘和合理处治废弃物。

5 材料要求**5.1 一般规定**

用于水泥就地冷再生基层施工中使用的所有材料应按频率取样，进行质量检验，不得以供应商提供的检测报告代替现场检测。

5.2 路面基层回收料（RMB）

5.2.1 RMB 应保持级配稳定。

5.2.2 选取的 RMB 应具有代表性，并应按照表 1 的检测项目进行检测。

表1 RMB 检测项目

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RMB	级配	实测	本标准附录 A（规范性附录）
	含水率（%）	实测	JTG/T F20
	吸水率（%）	实测	
	含泥量（%）	实测	
RMB 粗集料	针片状颗粒含量（%）	≤20	JTG/T F20
	压碎值	实测	

5.3 新掺集料

5.3.1 集料的掺配比例应根据级配设计确定。

5.3.2 新掺集料质量应符合现行 JTG/T F20 的规定。

5.3.3 材料堆放场地应进行硬化处理，同时做好排水设施。各种材料应分开堆放，避免受潮、互相交叉混料和污染。

5.3.4 有条件的情况下，集料进行搭棚堆放。

5.4 水泥

5.4.1 优先采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥。其初凝时间应不小于 4h，终凝时间应大于 6h 而小于 10h，禁止使用快硬水泥。宜采用强度等级为 32.5 或 42.5 的水泥。

5.4.2 水泥质量应符合现行 JTG F30 与 GB/T 1346 的规定。

5.5 水

冷再生拌合用水和养护用水一般采用可饮用水。使用非饮用水，应经试验验证，不影响产品和工程质量时方可使用。

6 原路面调查及分析

6.1 原路面基础数据的收集

6.1.1 水泥就地冷再生工程实施前，应对原路面历史信息、原路面技术状况、交通量、工程经济等进行调查和综合分析，为水泥就地冷再生混合料设计和再生路面结构设计提供依据。

6.1.2 水泥就地冷再生施工前，应调查下承层结构承载能力。强度不足时，应进行病害处治。

6.1.3 原路面设计资料、竣工资料等，包括公路等级、设计标准、几何线形、原路面结构、材料、施工工艺、各结构层配合比和质检测试结果等方面的资料。

6.1.4 交通量状况信息，包括历年交通量、轴载组成情况等。

6.1.5 养护管理数据，包括养护历史、路况检测数据等。

6.2 原路面状况调查与评价

6.2.1 原路面状况调查内容包括：路面结构强度 PSSI、路面状况指数 PCI、路面平整度 RQI 以及原路面结构厚度。检测频率和要求应符合现行 JTG H20 的相关规定。

6.2.2 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、层间联接状况、结构层材料性能指标等。

6.2.3 原路面结构参数获取宜选在一年中的最不利季节进行。原路面结构参数包括下承层顶面当量回弹模量、路表当量回弹模量等。

6.2.4 原路面状况调查时，还需记录排水、地质变化以及路段几何特征等（比如陡坡、急转弯以及高填方路堤等）。

6.2.5 通过对原路面状况调查、RMB 的取样、试验和路面病害成因分析，为就地冷再生设计提供依据。

7 水泥就地冷再生混合料设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 在对 RMB 充分调查基础上,根据工程要求、公路等级、使用层次、气候条件、交通情况等因素,选用符合要求的材料,进行再生混合料设计。
- 7.1.2 不同结构路段、不同强度路段应独立进行结构组合设计和就地冷再生混合料配合比设计。
- 7.1.3 应采用就地冷再生专用设备铣刨有代表性的路段,获得路面基层回收料(RMB)样品。
- 7.1.4 RMB 的级配,应满足表 2 中的级配范围。不符合级配要求,应掺入新集料使合成级配满足级配要求。

表2 水泥冷再生混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	各筛孔的质量通过百分率 (%)		
	一级公路		二级及二级以下公路
	基层	底基层	
37.5		100	90-100
31.5	100	-	-
26.5	90-100	-	66-100
19	72-89	-	54-100
9.5	47-67	-	39-100
4.75	29-49	50-100	28-84
2.36	17-35	-	20-70
1.18	-	-	14-57
0.6	8-22	17-100	8-47
0.075	0-7	0-30	0-30

- 7.1.5 RMB 的级配确定时,对于二灰碎石基层铣刨料,宜采用洛杉矶磨耗试验,将基层铣刨料进行 300 次磨耗后的级配作为 RMB 级配,洛杉矶磨耗试验方法详见附录 A;对于水泥稳定碎石基层铣刨料,其级配确定采用直接筛分方式。
- 7.1.6 水泥稳定冷再生混合料性能应满足表 3 的技术要求。

表3 水泥稳定冷再生混合料技术要求

交通等级		极重、特重交通	重交通	中、轻交通
7d 无侧限抗压强度 (MPa)	基层	≥4~6	≥3~5	≥2.5~3
	底基层	≥2.5~4.5	≥1.5~2.5	≥1.5~2.0
注:公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时,推荐取强度高值标准。				

7.2 配合比设计

7.2.1 级配设计

- 7.2.1.1 将代表试样(路面基层回收料(RMB))完全风干,测定旧混合料完全风干后的含水量。
- 7.2.1.2 根据 RMB 和新集料级配确定合成级配,绘制级配曲线,使设计合成级配在相应的级配范围内,宜接近级配中值。当反复调整不能满足时,应更换新集料重新设计。更新后仍不能完全在相应的级配范

围内时，若 1 挡筛孔通过率超出，可由最终强度的无侧限抗压强度决定此道路是否适合再生；若超过 1 挡筛孔通过率超出范围，则此道路不适宜进行再生。

7.2.2 确定最大干密度和最佳含水率

7.2.2.1 分别按下列五种水泥剂量制备不同比例的混合料。水泥剂量的数量选取可以根据当地施工经验和实际要求进行调整。

- a) 做基层用：4%、4.5%、5%、5.5%，6%；
- b) 做底基层用：3.5%、4%、4.5%、5%、5.5%。

7.2.2.2 按公式 1 确定试样的干质量。

$$M_s = M_{ad} / (1 + (W_{ad} / 100)) \quad (1)$$

式中：

M_s —— 试样的干质量，g；

M_{ad} —— 试样的风干质量，g；

W_{ad} —— 风干试样的含水率，%。

7.2.2.3 按公式 2 确定水泥的用量。

$$M_c = (C / 100) \times M_s \quad (2)$$

式中：

M_c —— 水泥或石灰用量，g；

C —— 水泥百分比，%；

M_s —— 试样的干质量，g。

7.2.2.4 按照 JTG E51-2009 中 T0804 方法，采用标准击实的静压成型方法确定混合料的最大干密度和最佳含水率。

7.2.3 成型试件

7.2.3.1 按公式 3 确定加水百分比，并按式 4 确定需要加水的质量。

$$W_{add} = W_{OMC} - W_{ad} \quad (3)$$

$$M_w = (W_{add} / 100) \times (M_s + M_c) \quad (4)$$

式中：

W_{add} —— 试样的加水百分比，%；

W_{OMC} —— 试样的最佳含水率，%；

W_{ad} ——风干试验的含水率，%；

M_w ——加水质量，g；

M_s ——试样干重，g；

M_c ——稳定剂添加量，g。

7.2.3.2 根据计算出来的加水量拌制水泥冷再生混合料，根据静压成型的方法制作试件（静压成型时强度设计要求参照表 3）。条件允许的情况下，推荐采用振动压实方法成型水泥就地冷再生混合料的各种试件，振动成型试验方法及成型强度要求详见附录 B。

7.2.3.3 按规定压实度分别计算不同水泥剂量的试件应有的干密度。

7.2.3.4 根据最佳含水率和计算的干密度制备试件。进行强度试验时，作为平行试验的最少试件数量应不小于表 4 的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定的值，则应重做试验，并找出原因，加以解决。如不能降低偏差系数，则应增加试件数量。

表4 最少试件数量

偏差系数(%) 试件数量 材料情况	<10	10~15	15~20
公称粒径 2.36mm	6	9	
公称粒径 19mm	6	9	13
公称粒径 31.5mm		9	13

7.2.4 确定水泥的最佳用量

7.2.4.1 试件在温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度大于95%的养护室内养生6d，浸水24h后，按JTG E51-2009中T0805—1994进行无侧限抗压强度试验。

7.2.4.2 计算无侧限抗压强度试验结果的平均值和偏差系数。

7.2.4.3 根据要求的强度标准，选定合适的水泥剂量，此剂量试件室内试验结果的平均抗压强度 $\bar{R}$ 应符合公式5的要求：

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_a C_v) \quad (5)$$

式中：

R_d ——设计抗压强度；

C_v ——试验结果的偏差系数（以小数计）；

Z_a ——标准正态分布表中随保证率（或置信度 α ）而变的系数，高速公路和一级公路应取保证率 95%，

即 $Z_a=1.645$ ；对于二级及二级以下公路取保证率 90%，即 $Z_a=1.282$ 。

7.2.4.4 宜采用粉料撒布车撒布水泥，实际采用的水泥剂量应比室内试验确定的剂量多 0~0.5%；工地人工撒布水泥，实际采用的水泥剂量应比室内试验确定的剂量多 0.5~1.0%。

7.2.4.5 水泥的最小剂量宜不低于 4%。

8 施工工艺

8.1 一般规定

8.1.1 水泥就地冷再生工艺流程宜按照图 1 所示的顺序进行。

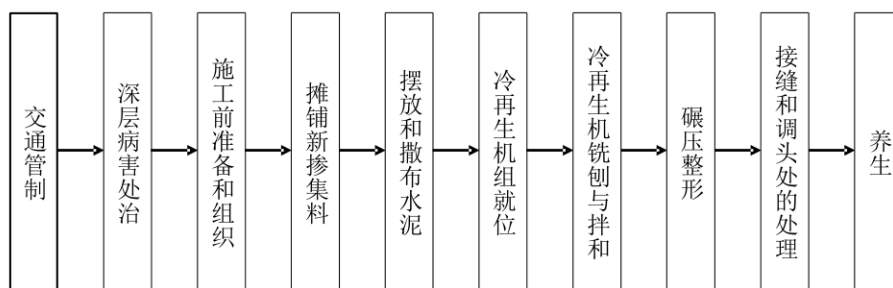


图1 水泥稳定就地冷再生工艺流程

8.1.2 整个施工及养护过程中，应对再生路段（路幅）封闭交通，各路口设置警示牌，提醒司机及行人。

8.1.3 从添加水泥开始至混合料碾压完成的时间间隔不得超过水泥的初凝时间，且从拌和到碾压成型的时间宜控制在 60min 以内，不得超过 90min。

8.1.4 为确保再生结构层的整体均匀性，专用再生设备行进速度要求控制在 4~8m/min 区间，不同再生速度条件下的单幅再生合理区间长度上限推荐值见表 5 所示，具体根据施工现场情况进行调整。

表5 不同再生速度条件下单幅再生合理长度上限

序号	再生速度 (m/min)	单幅再生合理长度 (m)
1	4	100
2	6	150
3	8	200

8.2 设备要求

8.2.1 用于一级公路时，专用再生设备最大工作宽度不宜小于 3.75m；用于其它等级道路时，专用再生设备最大工作宽度应不小于 2.0m。

8.2.2 粉料撒布车喷撒水泥计量精确可调，并与铣刨深度、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。

8.2.3 专用冷再生设备的铣刨深度应精确控制并可调节，最大铣刨能力应不低于 150mm。

8.3 施工准备

8.3.1 一般规定

- 8.3.1.1 对再生实施路段实施交通管制，确保过往车辆有序分流，保证施工安全。
- 8.3.1.2 施工前需将原路面清扫干净，避免有杂质混入混合料中，影响再生混合料质量。
- 8.3.1.3 新掺集料应保持干燥，集料的撒布可采用集料撒布车或人工撒布方式进行撒布。人工撒布应预先计算并做好标记，确保摊开后厚度均匀。
- 8.3.1.4 有条件应优选采用水泥撒布车或粉料撒布车来添加水泥。无条件时采用人工撒布水泥时，根据再生深度、配合比设计等计算每包水泥的撒布面积，用石灰划网格并均匀撒布水泥。水泥一旦撒布完成，除了专用再生设备以外其他车辆或机械设备一律不得进入施工区域。

8.3.2 试验段施工

- 8.3.2.1 施工前须铺筑试验段。试验段应根据道路结构形式和损坏状况选取有代表性的路段，长度宜不小于 200m。
- 8.3.2.2 试验段应在正线上铺筑，并作为实体工程的一部分。
- 8.3.2.3 通过试验段铺筑应确定以下内容：
 - a) 级配及生产配合比调整。在一般规定的再生机行进速度的范围内，选择不同的行进速度、转子速度等再生组合，每种组合至少再生 50m，取中间段材料进行筛分试验，以筛分试验结果接近配合比设计级配的组合作为再生机械工作参数；
 - b) 验证现场再生材料的最大干密度、最佳含水率和添加的水量；
 - c) 了解原路的膨胀性；
 - d) 根据一般规定建议的合理再生区长度区间，综合考虑现场施工组织、保通情况、整形和碾压等因素，确定正式施工时每个作业段合理的施工长度；
 - e) 确定合理的碾压方案（碾压顺序、碾压速度和遍数等），保证再生层的压实度达到要求；
 - f) 试验段铺筑过程中，应取样制作试件，测定冷再生混合料的 7d 无侧限抗压强度，验证配合比设计的合理性。若材料变化或者调整配合比时，应增加试验的组数；
 - g) 试验段铺筑结束后，施工单位应就各项内容提出完整的试验段施工总结报告，为正式施工提供指导。

8.3.3 施工放样

在正式施工之前，应在道路的两侧放置一系列的标桩（杆）作为基线，用来恢复道路的中心线。标桩（杆）的间距，曲线距离不应超过 12.5m，直线距离不应超过 25.0m。

8.3.4 原路面准备

- 8.3.4.1 清除原道路表面（包括不需要再生的相邻行车道和路肩）的石块、垃圾、杂草等杂物和积水，并清理边线。
- 8.3.4.2 标注和清理再生路段上存在的井盖等类似结构物。

8.3.5 设备准备

专用冷再生设备就续，保证所有设备处于良好工作状态。

8.4 铣刨和拌和

- 8.4.1 专用冷再生设备推动水罐车和粉料撒布车（如有）在再生路段行进，平均速度一般为 4m/min~8m/min（可参照试验段铺筑确定的数据）。陡坡急弯的路段和网裂严重路段应根据实际情况来调整行进速度，必要时可调整转子速度。

- 8.4.2 施工时应尽量减少无故停机次数和停机时间，以减少和避免横向接缝的产生。
- 8.4.3 应在每次下刀前在再生宽度的边缘处（再生机前进方向的右侧边缘）设置引导线以协助操作人员。冷再生机行进时，操作员要随时观察再生机的行驶轨迹，保证各刀之间的搭接，同时，行驶线型要保持和原路面一致。
- 8.4.4 再生机后应有专人跟随，随时检查再生深度、水泥含量和含水量，并配合再生机操作员进行调整。
- 8.4.5 再生机完成作业的路面应安排 4~5 人处理边线和清理混合料中的杂质以及每刀起始位置的余料，以防止影响纵向接缝、横向接缝、平整度和再生料的密实性。
- 8.4.6 带有熨平板的再生机，应经常检查熨平板后摊铺冷再生混合料的厚度。
- 8.4.7 每段再生结束后，应检查铣刨刀的刀架、刀头，发现损坏立即更换。

8.5 碾压和整形

- 8.5.1 根据再生深度选择不同型号的振动压路机。
- 8.5.2 采用一台单钢轮振动压路机紧随专用再生设备进行初压，先静压 1 遍，然后采用强振（高幅低频）进行碾压，宜采用胶轮压路机进行终压。碾压遍数和碾压速度应参照试验段铺筑确定的碾压方案实施。每次碾压从施工段起点开始，至专用再生设备边缘止，碾压宽度应超过该幅再生宽度。
- 8.5.3 使用轮胎式再生机时，在整形之前，必须首先压实轮迹间松散的材料。
- 8.5.4 当一个作业段的再生和初压完成后，应立即用平地机整形。在直线段，平地机由两侧向路中心进行刮平；在平曲线段，平地机由内侧向外侧进行刮平。必要时，再返回刮一遍。同时采用人工配合平地机精平，尽量缩短整形的施工时间。整平后左右两侧产生的多余再生料必须用人工及时予以清理，以利于压路机将边缘压密实。
- 8.5.5 对于局部低洼处，应用齿耙将其表层 5cm 以上耙松，并用新拌的混合料进行找平。
- 8.5.6 整形时应将高处料直接刮除，不应直接贴补将料形成薄层贴补现象。刮补的料填补在低洼的地方。
- 8.5.7 在整形过程中，除整形车辆外，任何车辆不得通行，并保持无明显的粗细集料离析现象。
- 8.5.8 整形后，当混合料的含水量为最佳含水量时，应立即用光轮压路机（备一台）先以高幅低频振动模式后以低幅高频模式进行压实。直线和不设超高的平曲线段，由路肩向路中心碾压时，应重叠 $1/2$ 轮宽，后轮必须超过两段的接缝处，后轮压完路面全宽时，即为一遍。一般需碾压 6~8 遍。超高路段由低往高碾压。压路机的碾压速度，前两遍以采用 1.5~1.7km/h 为宜，以后宜采用 2.0~2.5km/h。
- 8.5.9 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车，应保证再生层表面不受破坏。
- 8.5.10 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，但严禁大量洒水碾压。
- 8.5.11 碾压过程中，如有弹簧、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和（加适量的水泥）或用其他方法处理，使其达到质量要求。
- 8.5.12 终平应仔细进行，必须将局部高出部分刮除并扫出路外另行处理；对于局部低洼之处，不再进行找补，可留待铺筑沥青面层时处理。
- 8.5.13 终压完成后应及时进行压实度检测，对压实度未达标路段进行补压。

8.6 接缝处理

8.6.1 纵向接缝的处理

纵向接缝的预留和处理应与路面的宽度、几何形状统筹考虑，应尽量减少纵缝梳理。连续施工纵缝最小搭接宽度为100mm。纵向接缝的位置应尽量避免慢行、重型车辆的轮迹带。搭接宽度要按照以下要求：

- a) 道路宽度小于 7m 时，宜采用一次成型的全幅施工。
- b) 路面材料越厚，材料粒度越粗，搭接宽度越大。
- c) 相邻两次作业间隔 12h 以上时，搭接宽度应增加。

8.6.2 横向接缝的处理

8.6.2.1 施工中应尽量减少停机次数，在不可避免的情况下，应对所形成的横缝进行局部处理。

8.6.2.2 横向接缝的搭接超过水泥初凝时间，重新作业前必须将整个再生机组后退至已再生路段至少 1.5m 以外的距离，并补撒适量水泥再继续施工。

8.7 养生及交通管制

8.7.1 每一段再生段落碾压完成并经压实度检查合格后，应立即进行土工布覆盖洒水养生。

8.7.2 养生期不宜少于 7d，整个养生期内再生层表面应保持潮湿状态。养生期内禁止洒水车辆以外的其他车辆通过。

8.7.3 养生期间不能封闭交通的平交道口等位置，应在再生层上铺盖较厚的砂土，并限制车辆行驶速度不超过 30km/h。

8.7.4 后续施工前应再生层清扫干净。如果再生层上为无机结合稳定材料层，应洒少量水润湿表面；如果再生层上为沥青层时，应喷洒粘层油或做好封层，必须保持层间粘结良好。

9 施工质量管理与检查

9.1 再生设备的管理与检查

施工过程中应按照表 6 的要求对再生设备进行检查，出现问题应及时处理。

表6 水泥就地冷再生设备的检查项目与频度

检查项目	技术要求	频度	方法
铣刨鼓与铣刨刀头	检查铣刨鼓和铣刨刀头的磨损情况	每个工作面 施工前	目测
再生机行进速度与 转子速度 (m/min)	以试验段结果为准适当调整	每 200m 每车道一次	从仪表读取
再生深度 (cm)	±1	下刀、收刀两侧；每 200m 每车道开挖一点； 每 50m 每车道尺量一点	开挖（或以 钢钎刺入）、 尺量
拌合均匀度	无灰条、灰团、色泽均匀，无离析现象	随时观察	目测

9.2 原材料质量检查

水泥就地冷再生施工前，原材料的质量控制和检查项目、频率等应满足表 7 的要求。

表7 原材料质量检查项目与频度

类型	检查项目	技术要求	检查频率
水泥	根据相关规范	符合设计要求	每批来料 1 次
新掺集料	本规范规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
RMB	本规范规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次

9.3 施工过程质量的管理与检查

水泥就地冷再生施工质量的检查项目、频率应满足表 8 的要求。

表8 水泥就地冷再生施工质量的检查项目、质量标准和检查方法

检查项目		规定值或允许偏差				检查方法	频率
		基层		底基层			
新集料撒布距离(m)		±0.5		±1		尺量	每车料测一次
新集料摊铺厚度(mm)		±5		±5		尺量	每车料测 5 点
水泥撒布量(m²) ^{‘1’}		符合设计要求 ^{‘2’}				尺量 ^{‘3’}	每 200m 每车道测 5 点
再生混合料级配		符合设计要求				不加水泥铣刨烘干	每 2000m² 一次
水泥剂量		设计值±0.3				滴定法或用直读式测钙仪试验	每 2000m² 一次,至少 6 个样品
含水率		符合设计要求				随时观察, 异常时随时试验	——
压实度	代表值	≥98	≥97	≥96	≥95	T0921	每 200m 每车道 2 处
	极值	≥94	≥93	≥92	≥91		
抗压强度(MPa)		符合设计要求				T0805	每工作日 1 次
弯沉		符合设计要求				FWD	每 100m 每车道 1 处
横向均匀度 ^{‘4’}		0.7±0.1				FWD	3 测点/断面; 5 断面/单幅再生区间

注1: 水泥采用人工撒布或撒布车添加时, 检验此项, 使用水泥稀浆车时, 应检验稀浆车内水泥喷入量。撒布量指一袋水泥或每50kg水泥均匀撒布的面积, 不应小于由设计所确定的撒布量。

注2: 由混合料组成设计确定的水泥剂量计算得到的水泥撒布面积。

注3: 由尺量确定水泥一定质量水泥撒布面积。

注4: 基于保证率法, 采用横向均匀度指标对再生施工质量进行评定, 计算方法见附录C。

9.4 外观尺寸检查项目与质量要求

水泥就地冷再生层的外形尺寸检查项目、频率应满足表 9 的要求。

表9 水泥就地冷再生层的外形尺寸检查项目、质量标准 and 检查方法

检查项目		规定值或允许偏差				检查频率	检查方法
		基层		底基层			
		一级公路	其他公路	一级公路	其他公路		
平整度（mm）		≤8	≤12	≤12	≤15	3m 直尺:每 200m 测 2 处×10 尺	T0931
纵断面高程（mm）		+5, -10	+5, -15	+5, -15	+5, -20	每 200m4 个点	T0911
厚度（mm）	代表值	-8	-10	-10	-12	取芯: 每车道每 200m1 点	T0912
	合格值	-10	-20	-25	-30		
宽度（mm）		不小于设计宽度，边缘线整齐，顺适				尺量: 每 200m 测 4 个断面	T0911
横坡（%）		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪: 每 200m 测 2 个断面	T0911
外观		表面平整密实，无浮石、弹簧现象，无明显压路机痕迹				随时	目测
注：《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1-2017附录H方法。							

10 工程质量检验评定

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

10.2 钻取芯样检验冷再生层的完整性, 养生第 7d~14d 时应能取出完整的芯样 (试件不松散、不断裂; 顶面、底面应有不少于 50% 的平面)。

10.3 冷再生层在加铺上部结构前, 养生时间必须满足本标准的要求。

表10 就地冷再生检查验收项目、频率的要求

检查项目		规定值或允许偏差				检查频率	检查方法
		基层		底基层			
		一级公路	其他公路	一级公路	其他公路		
平整度（mm）		≤8	≤12	≤12	≤15	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺	T0931
纵断面高程（mm）		+5， -10	+5， -15	+5， -15	+5， -20	每 200m4 个点	T0911
厚度（mm）	代表值	-8	-10	-10	-12	取芯：每车道每 200m1 点	T0912
	合格值	-10	-20	-25	-30		
宽度（mm）		不小于设计宽度，边缘线整齐，顺适				尺量：每 200m 测 4 个断面	T0911
横坡（%）		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面	T0911
外观		表面平整密实，无浮石、弹簧现象，无明显压路机痕迹				随时	目测
压实度（%）	代表值	≥98	≥97	≥96	≥95	每车道每 200m 检查 1 次	T0921
	极值	≥94	≥93	≥92	≥91		

附录 A (规范性附录)

二灰碎石基层铣刨料振动磨耗级配确定试验方法

A.1 目的和适用范围

本试验方法适用于含有二灰碎石基层铣刨料的级配确定。采用洛杉矶磨耗设备对RMB进行振动磨耗，使其中基层铣刨料表面二灰、以及由二灰和细集料裹覆形成的粒料得到完全破碎，从而确定级配。

A.2 仪器与材料

A2.1 洛杉矶磨耗试验机：圆筒内径 $710\text{mm}\pm 5\text{mm}$ ，内侧长 $510\text{mm}\pm 5\text{mm}$ ，两端封闭，投料口的钢盖通过紧固螺栓和橡胶垫与钢筒紧闭密封。钢筒的回转速率为 $30\text{r/min}\sim 33\text{r/min}$ 。

A2.2 台秤：感量 5g 。

A2.3 标准筛：符合要求的标准筛系列，以及筛孔为 1.7mm ，的方孔筛一个。

A2.4 烘箱：能使温度控制在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。

A2.5 容器：搪瓷盘等。

A.3 试验步骤

A3.1 将二灰碎石基层铣刨料放置于温度保持在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内烘干 $24\text{h}\pm 1\text{h}$ ，称取基层铣刨料，一般不少于 5kg ，装入磨耗机圆筒中。

A3.2 将计数器调整到零位，设定要求的回转次数，回转次数为 300 转。开动磨耗机，以 $30\text{r/min}\sim 33\text{r/min}$ 转速转动至要求的回转次数为止。

A3.3 将经过磨耗后的试样从投料口倒入接受容器(搪瓷盘)中。

A3.4 采用四分法缩分至每份不少于 1.5kg 的试样两份。

A3.5 准确称取试样约 1.2kg ，准确至 0.5g ，置于套筛的最上面一只，即 31.5mm 筛上，将套筛装入摇筛机，摇筛约 10min ，然后取出套筛，再按筛孔大小顺序，从最大的筛号开始，在清洁的浅盘上逐个进行手筛，直到每分钟的筛出量不超过筛上剩余量的 0.1% 时为止，将筛出通过的颗粒并入下一号筛，和下一号筛中的试样一起过筛，以此顺序进行至各号筛全部筛完为止。

A3.6 称量各筛筛余试样的质量，精确至 0.5g 。所有各筛的分计筛余量和底盘中剩余量的总量与筛分前的试样总量，相差不得过后者的 1% 。

A.4 计算

A.4.1 计算分计筛余百分率

各号筛的分计筛余百分率为各号筛上的筛余量除以试样总量的百分率，精确至 0.1% 。

A.4.2 计算累计筛余百分率

各号筛的累计筛余百分率为该号筛及大于该号筛的各号筛的分计筛余百分率之和，准确至 0.1% 。

A.4.3 计算质量通过百分率

各号筛的质量通过百分率等于 100 减去该号筛的累计筛余百分率，准确至 0.1%。

A5 结果整理

洛杉矶磨耗进行三次平行试验，振动筛分6组试料，以试验结果平均值作为确定值，同时要求三次试验结果误差不超过15%。

附 录 B (规范性附录)

水泥就地冷再生混合料振动成型试验方法

B1 目的和适用范围

B1.1 本试验方法适用于采用振动压实方法成型水泥就地冷再生混合料的各种试件,基层铣刨料可由二灰碎石基层和水泥稳定碎石基层铣刨获取,成型试件包括用于测试无侧限抗压强度、间接拉伸强度和抗压回弹模量的圆柱体试件和用于温缩系数、干缩系数、抗折强度以及抗折回弹模量测试的梁式试件。

B1.2 圆柱体试件尺寸:直径 150mm,高 150mm;梁式试件尺寸:长 400mm,宽 100mm,高 100mm。

B2 仪器设备

B2.1 振动压实成型机:静压力、激振力和频率可调(与振动法确定压实标准所用设备相同)。配有 $\phi 150\text{mm}$ 的圆形压头和 $100\text{mm}\times 400\text{mm}$ 长方形压头。

B2.2 圆柱体试件模具

钢模:内径 152mm,高 170mm,壁厚 10mm;

钢模套环:内径 152mm,高 50mm,壁厚 10mm;

筒内垫块:直径 151mm,厚 20mm;

钢模底板:直径 300mm,厚 10mm。

以上各部件可用螺栓固体成一体。

B2.3 梁式试件模具

钢侧板:长 450mm,宽 180mm,厚 150mm;

钢垫块:长 400mm,宽 100mm,厚 25mm。

以上各部件可用螺栓固体成一体。

B2.4 台秤:量程 15kg,感量 5g;电子秤:量程 3kg,感量 0.01g。

B2.5 方孔筛:孔径 37.5mm、31.5mm、26.5mm、19mm、9.5mm、4.75mm、2.36mm、0.6mm 以及 0.075mm 的标准筛各一个。

B2.6 量筒:50mL、100 mL 和 500 mL 的量筒各一个。

B2.7 直刮刀:长 200-250mm,宽 30mm,厚 3mm,一侧开口的直刮刀,用以刮平和修饰试件表面。

B2.8 拌和工具:约 $400\text{mm}\times 600\text{mm}\times 70\text{mm}$ 的长方形金属盘、拌和用平头小铲等。

B2.9 脱模器

B2.10 用于固紧试模螺栓的扳手、钳子,用于调节偏心块夹角的小榔头等。

B3 试料准备

B3.1 在预定做试验的前一天,取有代表性的试料测定其风干含水量。试料应不少于 2000g。同时测定水泥的含水量。

B3.2 按照压实标准试验确定的最大干密度以及试件的体积计算基层铣刨料、新集料(如果有)的重量并配料,配料的份数由测试的试件要求而定。

B3.3 对于无侧限抗压强度、间接抗拉强度、抗压回弹模量试验每种配合比需要 13 个试件,对于温缩

系数、干缩系数、抗折强度、抗折回弹模量测试的梁式试件每种配合比需要 6 个试件。

B4 试件制作步骤

B4.1 调节振动成型机的振动参数，对水泥冷再生混合料一般选用静面压力为 140kPa；频率 35Hz；振幅 1.4mm。

B4.2 取 1 份试料平铺于金属盘内，按事先通过压实标准试验确定的最佳含水量计算的每份试料的应加水量将水均匀地喷洒在试料上，用小铲将试料充分拌和到均匀状态。

B4.3 将所水泥加到浸润后的试料中，并用小铲、泥刀或其他工作充分拌和到均匀状态。应在拌和 1h 内完成振实试验，拌和后超过 1h 的试样，应给予作废处理。

B4.4 将钢模套环、钢模及钢模底板紧密连接，然后将其放在坚实地面上，将拌和好的混合料按四份法分成四份，依次将混合料倒入筒内，一边倒一边用直径 2cm 左右的木棒插捣。混合料一次装完后整平其表面并稍加压紧，然后覆盖一片事先剪好的塑料纸。将钢模连同混合料放在振动压实机的钢质底板上，用螺栓将钢模底板与振动压实机底板固定。

B4.5 启动振动压实成型机，振动操作可以 1min 后关闭振动压实成型机；暂停 2min 后，再次启动振动压实成型机，继续振动 1min 的操作方式，直至压实到规定高度，确保压实度控制在 98%后关闭振动压实成型机。

B4.6 托住钢模底部的垫块，小心将钢模和其中的混合料一起放在比较合适的地方，静置 5-6h 后用脱模器将振实以后的混合料推出钢模。

B4.7 时间脱模后立即用塑料薄膜包裹好后放入养生室中进行养生。

B5 注意事项

B5.1 振动成型水泥稳定冷再生混合料的性能应满足表 B.1 的技术要求。

表 B.1 水泥稳定冷再生混合料技术要求

交通等级		极重、特重交通	重交通	中、轻交通
7d 无侧限抗压强度 (MPa)	基层	≥8~12	≥6~10	≥5~6
	底基层	≥5~9	≥3~5	≥3~4

注：公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取强度高值标准。

B6 计算

B6.1 水泥就地冷再生混合料湿密度计算见公式 B.1。

$$\rho_w = \frac{m_1 - m_2}{V} \quad (\text{B.1})$$

式中：

ρ_w ——水泥就地冷再生混合料湿密度 (g/cm³)；

m_1 ——试筒与湿试样的合质量 (g)；

m_2 ——试筒质量 (g);

V ——试筒容积 (cm^3)。

B6.2 水泥就地冷再生混合料干密度计算见公式 B.2。

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + 0.01\omega} \quad (\text{B.2})$$

式中:

ρ_d ——水泥就地冷再生混合料干密度 (g/cm^3);

ω ——水泥就地冷再生混合料含水率 (%)。

B6.3 水泥就地冷再生混合料水泥用量如下。

1) 根据确定的最佳含水量, 分别拌制不同水泥剂量的抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料, 按压实标准 (推荐采用振动成型标准, 98%), 采用振动成型法或静压法制备混合料试件, 每种水泥剂量混合料制备 13 个试件, 试件制好后装入塑料袋内密封, 在标准条件下养护 6d, 浸水 1d 后取出, 做无侧限抗压强度试验。

2) 计算见公式 B.3。

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (\text{B.3})$$

式中: R_c ——试件的无侧限抗压强度 (MPa);

P ——试件破坏时的最大压力 (N);

A ——试件的截面积 (mm^2);

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (\text{B.4})$$

D ——试件的直径 (mm)。

B7 结果整理

B7.1 以干密度为纵坐标、含水量为横坐标, 绘制含水量-干密度曲线。凸形曲线顶点的纵横坐标分别为该水泥剂量混合料的最大干密度和最佳含水量。如试验点不足或出现驼峰形曲线, 则应该进行补充试验。

B7.2 测定并计算不同水泥剂量混合料的最大干密度和最佳含水量, 并确定最佳压实状态下的振动压实时间。

B7.3 混合料密度计算应保留小数点后 3 位有效数字, 含水量应保留小数点后 1 位有效数字。

B7.4 应做两次平行试验, 两次试验最大干密度的差不应超过 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$, 最佳含水率的差不应超过 0.5%。

附录 C
(规范性附录)
横向均匀度指标评价办法

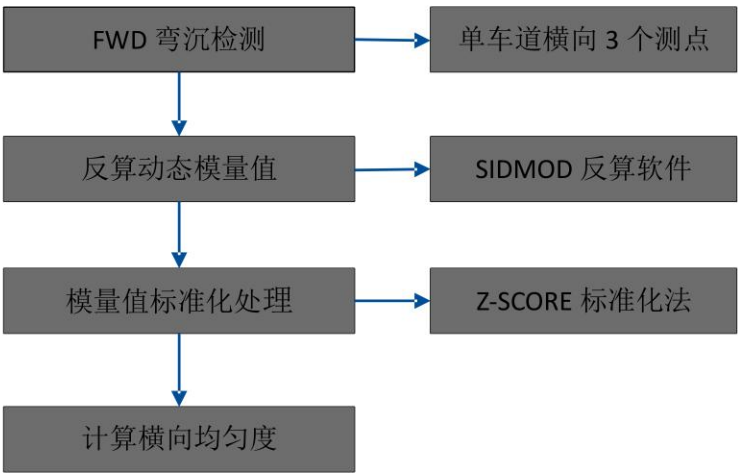
C.1 术语定义

横向均匀度指标指单车道范围内，冷再生基层模量横向分布均匀性表征指标。

C.2 计算方法

C.2.1 计算流程

横向均匀度指标计算流程见图 C.1。



图C.1 横向均匀度计算流程

C.2.2 数据处理

C.2.2.1 采用 FWD 设备检测弯沉，通过软件反算再生基层模量值。

C.2.2.2 标准化处理数据，即将数据无量纲化处理，处理方法见公式 C.1。

$$\text{标准化值} = | \text{原数据} - \text{均值} | / \text{标准差} \tag{C.1}$$

C.2.2.3 根据公式 C.2 进一步计算再生基层在单车道范围内沿横向分布的均匀度结果，即横向均匀度。

$$U_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - A)^2}{n}} / A \tag{C.2}$$

式中：
A-测点标准化均值；
n-测点数量；
ai-单点检测标准化值。