

长沙市工程建设地方标准规程 DBCJ

DBCJ009-2019

乳化沥青厂拌冷再生施工 与验收技术指南

2019-11-01 发布

2020-01-01 实施

长沙市住房和城乡建设局

前 言

本指南为长沙市推荐性技术文件。

为指导乳化沥青厂拌冷再生混合料的材料组成设计、工程施工与质量验收，保证沥青路面乳化沥青厂拌冷再生工程施工质量，根据长沙地区道路建设特点和厂拌冷再生技术的应用现状，编制组经广泛调查、研究，认真总结再生实践经验，吸收相关研究成果，编制了本指南。

本指南内容包括：总则、术语和符号、材料、乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计、再生路面施工、施工质量管理与验收、附录。

本指南由长沙市住房和城乡建设局发布，长沙市城市建设科学研究院、湖南云中再生科技股份有限公司、长沙理工大学共同负责技术内容的解释。各单位在执行过程中，请注意总结经验，积累资料，如有意见和建议，请将意见和建议寄送至长沙市城市建设科学研究院（地址：长沙市人民中路36号，邮编：410011，电话：0731—85161002，传真：0731—85161522，电子邮箱：haiss@sina.com）。

指南主编单位：湖南云中再生科技股份有限公司、湖南

大学、长沙市城市建设科学研究院。

指南参编单位：中南大学、湖南省交通科学研究院有限公司、长沙理工大学。

指南主要起草人员：吴超凡 张恒龙 刘 剑 刘自力
马昆林 张继森 陈宇亮 高尚荣
刘 凯 李 泉 韩庆奎 韩湘逸
刘小明 方 俊 肖 杰 孟凡威
黄 倩 王慧莎 段 凯

指南主要审查人员：黄立葵 钟梦武 朱梦良 彭 彦
陈 青 苏 举

目 次

1	总 则.....	1
2	术语和符号.....	3
2.1	术语.....	3
2.2	符号及代号.....	5
3	材料.....	6
3.1	一般规定.....	6
3.2	沥青混合料回收料（RAP）.....	6
3.3	乳化沥青.....	7
3.4	集料.....	9
3.5	水泥.....	9
3.6	矿粉.....	10
3.7	水.....	10
4	乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计.....	11
4.1	一般规定.....	11
4.2	冷再生沥青混合料的技术要求.....	11
4.3	冷再生沥青混合料设计步骤.....	13
5	再生路面施工.....	14
5.1	一般规定.....	14
5.2	沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理与堆放	14
5.3	冷再生混合料施工设备.....	17

5.4	混合料拌和.....	19
5.5	施工准备.....	19
5.6	运输.....	19
5.7	摊铺.....	20
5.8	压实.....	21
5.9	养生及开放交通.....	24
6	施工质量管理与验收.....	26
6.1	一般规定.....	26
6.2	检验标准.....	26
附录 A	沥青混合料回收料 (RAP) 取样与试验分析.....	30
附录 B	乳化沥青冷再生混合料配合比设计方法.....	34
	本指南用词说明.....	41
	引用标准名录.....	42

1 总则

1.0.1 为指导长沙市沥青路面厂拌再生技术推广应用，提高沥青路面厂拌再生技术水平，保证沥青路面厂拌再生工程质量，规范施工要求，统一施工质量检验及验收标准，做到设计、施工、检测有章可循，减少盲目性，避免质量隐患或工程损失，特编制本指南。

1.0.2 本指南适用于长沙市沥青路面的乳化沥青冷再生应用工程。

1.0.3 本指南的编制主要依据中华人民共和国行业标准《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521)、《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ1)、《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1)、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)、《公路工程集料试验规程》(JTG E42)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175)相关要求，并结合了国内外沥青路面厂拌冷再生的成功经验与最新研究成果。当局部条文与其它规范不一致时，宜采用本指南规定。

1.0.4 乳化沥青厂拌冷再生沥青路面设计与施工除应符合本指南的规定外，还应符合国家有关标准和规范的规定。

1.0.5 本指南涉及的试验方法应符合有关试验规程的规定。

2 术语和符号

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 emulsified asphalt

石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下，经乳化加工制得的水包油状均匀沥青乳液。

2.1.3 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) 运至拌和厂 (场、站)，经破碎、筛分，以一定的比例与新集料、乳化沥青、矿粉、水泥、水进行常温拌和，常温铺筑形成路面结构层的沥青路面再生技术。

2.1.4 乳化沥青冷再生混合料 emulsified asphalt cold recycled mixture

用乳化沥青、沥青混合料回收料 (RAP)、新的集料与矿粉、水泥、水等按一定比例拌和所形成的具有连续密级配的沥青混合料。

2.1.5 沥青混合料回收料（RAP）级配 gradation of RAP

将烘干至恒重的沥青混合料回收料（RAP）进行筛分试验测得的级配。

2.1.6 沥青混合料回收料（RAP）矿料级配 gradation of aggregate in RAP

用抽提或燃烧法除去沥青混合料回收料（RAP）中的沥青材料后得到的矿料级配。

2.1.7 再生混合料级配 gradation of recycled mixture

指沥青混合料回收料（RAP）与新矿料的合成级配。

2.1.8 再生混合料矿料级配 gradation of aggregate in recycled mixture

指沥青混合料回收料（RAP）中的矿料与新矿料合成后的矿料级配。

2.1.9 沥青混合料回收料（RAP）掺配比 percentage of RAP in recycled mixture

烘干沥青混合料回收料（RAP）的干质量占再生沥青混合料总的干质量的百分比。

2.1.10 最佳含水率 optimum water content

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。

2.1.11 添加剂 additive agent

在冷再生混合料中用以提高沥青粘附性、调节乳化沥青

破乳时间等作用的各类物质总称。

2.1.12 开放交通时间 open traffic time

冷再生混合料碾压完成后，再生混合料中总含水量接近或小于 2%的时间。

2.2 符号及代号

RAP—— 沥青混合料回收料；

ECPCR—— 乳化沥青厂拌冷再生；

TSR—— 冻融劈裂强度比；

OWC—— 最佳含水率；

OEC—— 最佳乳化沥青用量；

w—— *RAP* 材料的含水率；

m_w—— 回收的 *RAP* 质量；

m_d—— 回收的 *RAP* 烘干质量；

H—— 施工工艺时间；

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 用于乳化沥青厂拌冷再生混合料的原材料有：沥青混合料回收料（RAP）、乳化沥青、集料、水泥、矿粉、水和外掺剂等。

3.1.2 使用的各种材料运至拌和场后应进行质量检验，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场试验。

3.2 沥青混合料回收料（RAP）

3.2.1 RAP 必须经过预处理后方可使用，具体预处理方法应符合本指南 5.2 的有关规定。

3.2.2 RAP 材料性能应符合表 3.2.2 的要求，RAP 的取样与试验分析方法应符合本指南附录 A 的有关规定。

表 3.2.2 RAP 检测项目与质量要求

材料	检测项目	单位	技术要求	试验方法
RAP	含水率	%	实测	本指南附录 A
	RAP 级配	-	实测	

	RAP 矿料级配	-	实测	
	沥青含量	%	实测	
	各档 RAP 筛分料重量比	%	实测	
	砂当量	%	>50	
RAP 中的沥青	25℃针入度	0.1mm	实测	T 0604
	60℃黏度	Pa·s	实测	T 0620
	软化点	℃	实测	T 0606
	15℃延度	cm	实测	T 0605
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量	%	实测	T 0312
	压碎值	%	实测	T 0316
	矿料级配	%	实测	T 0302
RAP 中的细集料	棱角性	s	实测	T 0345
	矿料级配	%	实测	T 0327

条文说明：本指南中进行冷再生混合料的级配设计时考虑了 RAP 的矿料级配影响（具体解释见附录 B），检测项目中添加了矿料级配项。

3.3 乳化沥青

3.3.1 乳化沥青材料性能应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 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		-	慢裂或中裂	T 0658
粒子电荷		-	阳离子 (+) 或非离子	T 0653
筛上剩余量 (1.18mm 筛)		%	≤0.1	T 0652
黏度	恩格拉黏度 E_{25}	-	3~28	T 0622
	25℃赛波特黏度 V_s	s	20~100	T 0623
蒸发残留 物性质	残留分含量	%	≥62	T 0651
	溶解度	%	≥97.5	T 0607
	针入度 (25℃)	0.1mm	80~110	T 0604
	延度 (15℃)	cm	≥60.0	T 0605
	软化点	℃	≥44	T 0606
与粗集料的黏附性, 裹覆面积		-	≥2/3	T 0654
与粗、细粒式集料拌和试验		-	均匀	T 0659
储存	1d	%	≤1	T 0655
稳定性	5d	%	≤5	

注：恩格拉黏度与赛波特黏度指标任选其一检测。

3.3.2 乳化沥青应根据集料和 RAP 活性及使用条件选择。在对分档的 RAP 料进行初步级配合成的基础上，通过 RAP、新矿料与乳化沥青的拌和试验、劈裂强度试验进行 RAP 混合料和乳化沥青配伍性设计。

条文说明：不同来源的集料和 RAP 的化学活性差异较大，必须有针对性地进行乳化剂选型和乳化沥青配方设计。乳化沥青的破乳速度、与粗集料的黏附性、拌和试验与所使用的集料和 RAP 有关，应采用工程实际使用的集料和 RAP 进行试验，并根据工程实际和气候条件进行选择。

3.3.3 乳化沥青应在常温下使用，使用温度不应超过 60℃。

3.3.4 乳化沥青存放宜保持适当搅拌（搅拌转数不宜超过 30rpm）。贮存期以不离析、不冻结、不破乳为度。

3.4 集料

粗、细集料质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。单一粗、细集料不能满足要求，但集料混合料性能满足要求的，可以使用。

3.5 水泥

水泥作为活性添加剂，宜采用普通硅酸盐水泥，水泥强

度等级可为 32.5 或 42.5。水泥的初凝时间应在 3h（宜 4h）以上、终凝时间在 6h 以上且在 10h 以下，不应使用快硬水泥、早强水泥。水泥应疏松、干燥、无聚团、结块、受潮变质。水泥其它技术指标还应符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175) 的规定。水泥用量不应超过再生沥青混合料矿料总量的 2%。

3.6 矿粉

矿粉应干燥、洁净，其质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定。

3.7 水

制备乳化沥青用水，以及生产冷再生混合料用水宜为可饮用水。非饮用水，应经试验验证，不影响混合料工艺和性能，方可使用。通常不宜采用矿质含量较高、硬度过高的水。

4 乳化沥青厂拌冷再生混合料配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 根据工程要求、道路等级、使用层位、交通情况、气候条件，充分借鉴成功经验，选用满足要求的材料，进行再生混合料设计。

4.1.2 本指南基于马歇尔方法进行乳化沥青厂拌冷再生混合料的配合比设计。

4.1.3 厂拌冷再生沥青混合料配合比设计应通过场内试拌试铺和现场试验路段进行检验。

4.1.4 有条件的情况下可采用旋转压实仪成型，但压实参数、技术要求等需要通过论证确定。

4.2 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料的技术要求

乳化沥青厂拌冷再生混合料的设计技术要求应符合表 4.2 的规定。

表 4.2 乳化沥青厂拌冷再生混合料设计技术要求

试验项目		技术要求
空隙率 (%)		8~13
劈裂试验 (15℃)	劈裂强度 (MPa)	≥0.5 (基层、底基层)
		≥0.6 (中、下面层)
	干湿劈裂强度比 (%)	≥80 (重及以上交通荷载等级)
		≥75 (其他交通荷载等级)
马歇尔稳定度 试验 (40℃)	马歇尔稳定度 (kN)	≥5.0 (基层、底基层)
		≥6.0 (中、下面层)
	浸水马歇尔残留稳定度 比 (%)	≥75
冻融劈裂强度比TSR (%)		≥75 (重及以上交通荷载等级)
		≥70 (其他交通荷载等级)
车辙试验 (60℃) (次/mm)		≥3000
注：劈裂试验和马歇尔稳定度试验任选之一作为设计要求，推荐使用劈裂试验。		

4.3 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料设计步骤

乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料配合比应按图 4.3 框图所列步骤进行。

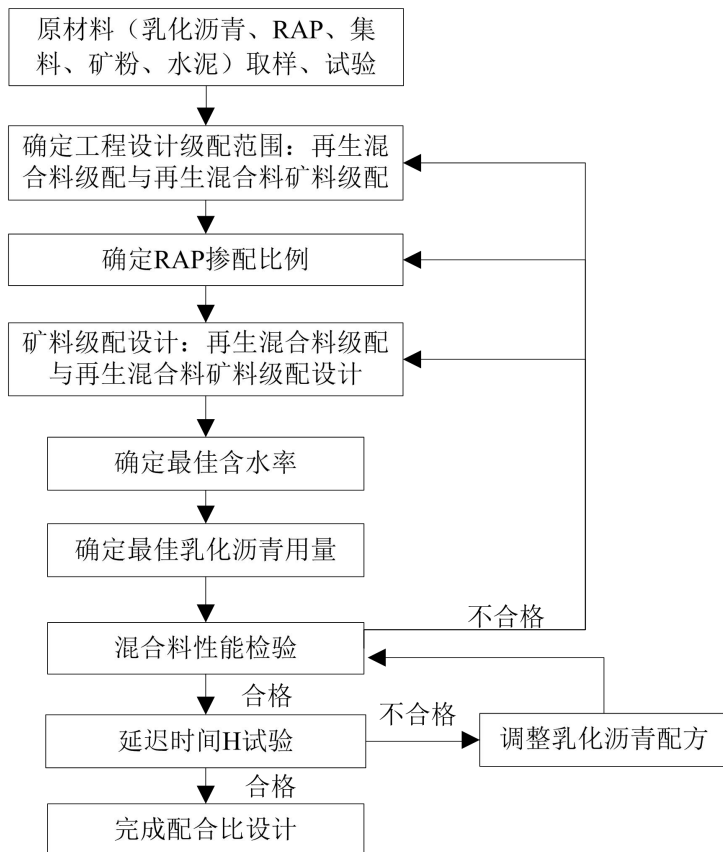


图 4.3 乳化沥青冷再生混合料配合比设计流程图

5 再生路面施工

5.1 一般规定

5.1.1 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料应避免在雨天施工。当路面滞水或潮湿时，应暂停施工。

5.1.2 宜在较高的气温下施工，当气温低于 15℃时不宜施工；在气温低于 10℃以下时，禁止施工。

5.1.3 施工前，必须确认再生层的下承层符合要求，摊铺冷再生混合料之前，宜在下承层表面喷洒透层或粘层乳化沥青。

5.1.4 乳化沥青厂拌冷再生混合料生产前，必须确认运输、摊铺及碾压设备及施工准备完全到位。冷再生层每层压实厚度不宜大于 16cm，且不宜小于 6cm。

5.2 沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理与堆放

5.2.1 RAP 的回收

5.2.1.1 不同的 RAP 应分别回收，分开堆放、不得混杂。

条文说明：原沥青路面不同层位使用的材料不同，因此应分层铣刨、分开堆放。上面层主要为改性沥青混合料，在

RAP 回收过程中将原沥青路面的中、下面层铣刨的 RAP 与上面层铣刨的 RAP 分开铣刨与堆放,一次性铣刨厚度不宜超过 12cm。

5.2.1.2 RAP 回收可选用冷铣刨、机械开挖等方式,应减少材料变异。

条文说明:为减少对原沥青路面骨料的破坏和将铣刨料的含水量控制在合理范围之内,对不同型号的铣刨机、采用不同的铣刨参数(铣刨鼓的选用和铣刨速度)进行试验,根据铣刨效果选择不同厂家与型号的铣刨机并确定铣刨机铣刨鼓。

5.2.1.3 RAP 在回收和存放时不得混入基层废料、水泥混凝土废料、杂物、土等杂质。

5.2.2 RAP 的预处理

5.2.2.1 使用装载机将一个料堆的 RAP 充分混合,然后用破碎机或其他方式进行破碎,应使 RAP 最大粒径小于再生沥青混合料最大粒径,不应有超粒径材料。不允许直接使用未经预处理的 RAP。

条文说明:为避免对铣刨料中粗骨料的过度破碎,应先将铣刨料筛分,超粒径颗粒再经反击式破碎机破碎后,进行筛分。

5.2.2.2 根据不同的级配类型破碎筛分成不同的规格与型号,针对技术指南中的粗粒式、中粒式以及细粒式级配对回

收的 RAP 进行预处理研究。

条文说明：通过对粗、中以及细粒式级配、破碎筛网与不同规格 RAP 性能的研究，将粗粒式级配 RAP 破碎筛分成 0~9.5mm、9.5~16mm、16~31.5mm 三档，中粒式级配 RAP 破碎筛分产成 0~9.5mm、9.5~16mm、16~26.5mm 三档，细粒式级配 RAP 破碎筛分产成 0~4.75mm、4.75~13.2mm 两档，根据混合料级配调整振动频率，使每档破碎筛分的 RAP 比例接近冷再生混合料合成级配比例，最大限度地利用 RAP 材料。

5.2.3 RAP 的堆放

5.2.3.1 经过预处理的 RAP，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。

5.2.3.2 不同规格的 RAP 应采用隔墙分隔、分类堆放，防止窜料，堆放高度不宜高于 5m，以材料不结块、不成团为宜。

5.2.3.3 堆料场要布置排水系统，RAP 应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地面上。铣刨料及各档 RAP 筛分料均不得露天存放，必须搭棚遮盖。

5.2.3.4 RAP 应避免长时间堆放，应即筛即用，已筛分的料满足两至三天材料用量即可。

5.3 冷再生混合料施工设备

5.3.1 一般规定

5.3.1.1 冷再生施工设备主要有：铣刨机、铣刨料破碎和筛分设备、拌和设备、运输车辆、现场摊铺与碾压设备，并配置相应的辅助设备。

5.3.1.2 乳化沥青冷再生沥青混合料的生产施工工艺复杂，须按照要求将设备配置到位，拌和设备的生产能力应与摊铺设备施工能力一致。

5.3.2 铣刨料破碎和筛分设备

根据冷再生沥青混合料的生产能力配备铣刨料破碎和筛分设备；根据 RAP 的分档情况安装振动筛。破碎设备应选用反击式破碎机。

5.3.3 拌和设备

拌和设备宜满足新集料、RAP 与水、乳化沥青进行单独预拌和，然后再混合拌和的功能（分步预拌功能）；应配置 6 个冷料仓（其中 3~4 个为 RAP 料仓、2 个为新集料料仓）、2 个粉料仓（一个矿粉、一个水泥）、1-2 个乳化沥青罐和 1 个水罐。此外，拌和设备应符合计量精度要求，粉料、乳化沥青及水计量误差均应控制在 $\pm 0.8\%$ 。在施工之前，所有冷料仓计量系统、粉料添加装置和液体添加装置，均需经过标定，拌和楼控制系统均能实时记录所有的物料重量。

5.3.4 运输车辆

运输车辆应采用车况良好，有金属底板的自卸式卡车，单车装料量以 20~40 吨为宜，卸料倾角宜大于 35 度。不宜采用超高超长的改装车辆。

未装料前，车槽内应保持洁净，不得沾有杂物。运输车辆必须备有覆盖设施，车槽四角应密封坚固。

5.3.5 摊铺设备

5.3.5.1 应采用沥青混合料摊铺机摊铺，摊铺机具数量与宽度配套。

5.3.5.2 沥青混合料摊铺设备应安装有可调的活动熨平板或整平组件。

5.3.5.3 摊铺机应有振动夯锤或可调整振幅的振动熨平板的组合装置，夯锤与振动熨平板的频率，应能各自独立调整。

5.3.5.4 摊铺机应配备熨平板自控装置，传感器可通过基准线自动发出信号来调整熨平板，使摊铺机能铺筑出理想的纵横坡度和平整度。

5.3.6 压实设备

5.3.6.1 应配有轮胎、单钢轮振动和双钢轮振动压路机。其中，轮胎压路机自重应不小于 30 吨，轮胎气压不小于 0.8MPa；自重 18~22 吨单钢轮振动压路机，激振力应大于 35 吨；自重 12~14 吨双钢轮振动式压路机。

5.3.6.2 现场设备摊铺宽度 7.5m 以下时需要配置摊铺机、

单钢轮、双钢轮和轮胎压路机各一台；宽度大于 7.5m，压路机应配备两台。

5.4 混合料拌和

5.4.1 拌和设备的生产能力应与摊铺设备施工能力匹配。

5.4.2 拌和后的冷再生沥青混合料应均匀一致，无结团成块现象。

5.5 施工准备

5.5.1 下承层强度应符合设计要求，表面应密实平整。在摊铺冷再生层混合料之前宜在下承层表面喷洒透层或粘层乳化沥青，喷洒量为纯沥青用量 $0.2\sim 0.3\text{kg/m}^2$ 。

5.5.2 铺筑试验段，长度不宜小于 200m。从施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面进行检验，确定工艺参数。

5.6 运输

5.6.1 拌和好的冷再生沥青混合料应尽快运至施工现场完成摊铺和压实。

5.6.2 向车厢内卸料时，应从车厢前部、后部、中部来回分

三次以上装料，每次汽车应至少移动二次位置，平衡装料，以减少混合料离析现象。

5.6.3 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的运力，应稍有富余，宜待等候的运料车不少于 3 辆后才能开始摊铺。施工过程中摊铺机前方应有 2~3 辆运料车等候。

5.6.4 运料车每次装车前后必须清扫干净，在车厢底板与侧板上涂一薄层植物油，但不得有余液积聚在车厢底部，使混合料不致与车厢粘结。

5.6.5 汽车运输混合料时，必须用不透光的棉被或厚帆布严密覆盖整个车厢，防止混合料见光破乳、污染、中途遭受雨淋，影响混合料施工质量或造成浪费。

5.7 摊铺

5.7.1 厂拌冷再生沥青混合料应采用摊铺机摊铺，熨平板不需要加热。用于三级以下公路时也可以选择使用平地机摊铺。

5.7.2 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。不得随意变换速度或中途停顿。摊铺速度宜控制在 1~3 m/min 范围内，当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时，应分析原因，予以消除。

5.7.3 厂拌冷再生沥青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。

5.8 压实

5.8.1 合理选择压路机组合方式和碾压程序，保证冷再生沥青混合料尽快达到最佳碾压效果。一般情况下，碾压宜分初压、复压、终压三个阶段。

1 初压：采用 12~14 吨双钢轮压路机静压 1~2 遍、中或低档位振压 1~2 遍，紧跟摊铺机进行碾压，并保持较短的初压区长度（30-50m）。

2 复压：宜先采用激振力 35 吨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 30 吨以上轮胎压路机（轮胎充气压力不小于 0.8MPa）揉压 4~6 遍，以基本消除轮迹为宜。复压应紧跟在初压后进行，且不宜随意停顿。压路机碾压段的总长度应尽量缩短，通常不超过 80m。采用不同型号的压路机组合碾压时宜安排每一台压路机作全面碾压，防止不同部位的压实度不均匀。在初压后、复压过程中，用 3 米直尺连续检测碾压平整度，当发现有因摊铺机和碾压过程中造成的凸埂时，应及时采用振动压路机沿横向顺埂振压消除之。

3 终压：宜采用 12~14 吨双钢轮压路机静压 1-2 遍。终

压应紧跟复压进行，如经复压后已无明显轮迹、表面平整时可免终压。

5.8.2 除上述压实机械外，在缘石、边角或狭窄路段处碾压时，还需配备 1~2 吨手扶式小型振动压路机，将混合料充分压实。已经完成碾压的路面，不得修补表皮。

5.8.3 每台压路机均应以慢而均匀的速度碾压，碾压速度应符合表 5.8.3 的规定。

表 5.8.3 压路机碾压速度 (km/h)

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
双钢轮压路机	2-3 (静压、振动)	4 (静压、振动)			1-2 (静压)	3 (静压)
单钢轮压路机			3-4 (振动)	6 (振动)		
轮胎压路机			4-6 (静压)			

5.8.4 碾压时，应将压路机的驱动轮面向摊铺机，行驶路线和碾压方向不宜任意改变。压路机在碾压过程中，不允许突然加速、急刹车、中途掉头、左右摇摆行进。在回程过程中，要做到慢起步、慢回程、慢停。振动压路机必须先停振、回程后再起振，防止冷再生沥青混合料在碾压过程中形成推移、印痕和拥包等病害。

5.8.5 压路机从外侧向中心碾压，在超高路段则由低向高碾压，在坡道上应将驱动轮从低处向高处碾压。相邻碾压带应每次重叠 1/2~1/3 轮宽，最后直到碾压完全幅宽度为一遍。当路缘外侧无支撑物时，碾压轮应伸出边缘外 10cm 以上。在外侧边缘处开始初压时，应先预留 30~40cm 宽不进行碾压，待压完一遍后，使压路机大部分重量重叠压在已压实的面层上，将未压实的 30~40cm 压实，防止边缘处冷再生沥青混合料外移和发生纵向微小裂缝。

5.8.6 压路机不宜在同一断面处回程碾压，每次回程应前后错开不少于 1m 距离。初压、复压和终压的回程应都不在相同断面处，前后相距应在 5~10m 以上。本次碾压长度应与前一段碾压段搭接重叠不小于 10m。压路机改变进退方向，应在已完成碾压的路面上进行。

5.8.6.1 纵缝碾压：应以 1/2 轮宽进行跨缝碾压以消除缝迹。当分成两个半幅施工形成接缝时，应先在已压实路面上行走，逐步将碾压轮伸过已压实面的路面 3-5cm，碾压 2~3 遍，充分将纵缝压密实。

5.8.6.2 横缝碾压：用双钢轮压路机垂直于路线进行横向碾压，开始压路机行走在已铺面层上，逐步将碾压轮伸过已压实面的路面 10~20cm，碾压 2~3 遍后，再顺路方向进行正常碾压，此时边碾压边用三米直尺测量和人工用细料找补，直至平整度、压实度等指标符合要求。

5.8.7 为防止压路机在碾压过程中有粘轮现象，可向碾轮喷洒雾状植物油，但不宜过多或流淌，不得向碾轮涂刷柴油。每天在正式开铺前，压路机应做好加油、加水、维修、调试、保养等全部准备工作。

5.8.8 碾压过程中，混合料的表面应保持潮湿。如表面水蒸发过快，可及时补洒少量的雾状水。

5.8.9 压路机不得在未碾压成型的路段上转向、制动或停留。同时，应采取有效措施，防止油料、润滑脂、柴油、汽油或其它杂质在压路机操作或停放期间洒落在路面上。严禁在新铺面层上停机、加油、加水，杜绝在加油时把油滴在已铺冷再生沥青混合料上。

5.8.10 施工中，从拌和到碾压终了的延迟时间不宜超过试验路段确定的合适的延迟时间。

5.8.11 压路机碾压过程中不得在当天铺筑的路面上长时间（超过 30min）停留或过夜。

5.9 养生及开放交通

5.9.1 冷再生沥青混合料碾压完成后应及时养生，养生期 2~7 天，以冷再生沥青混合料中总含水量小于 2%或可以用 $\Phi 150\text{mm}$ 钻头取出完整的芯样作为结束养生的最终评判标准。

5.9.2 铺筑好的冷再生沥青混合料应严格控制交通，做好保

护，保持整洁，不得造成污染，养生期第一天，禁止一切车辆行驶。48h后，可视情况允许施工用车辆均速慢行通过，但不得急刹车、原地掉头。在开放交通后，路表面应进行养护，以使车辆可以安全行驶。所有路面上的松散颗粒都应用清扫车扫除。严禁在路面结构层上直接堆放土或杂物，严禁直接在结构层面上制作水泥砂浆。

5.9.3 工地现场须根据具体情况配备足够数量的彩条布或PU（聚氨酯）类薄膜防雨圈材，在下雨前必须将再生层养生路段覆盖严密，并做好路肩排水。

5.9.4 当发现冷再生沥青混合料结构层在开放交通后，有发软的迹象，或大吨位运料车转弯时出现掉粒、轮印等情况，应加强早期交通的控制。对已损坏部位，应进行返工或强化处理。

5.9.5 冷再生沥青混合料结构层与上一层沥青路面结构层之间须铺洒粘层油，使两层沥青结构层紧密联结。粘层施工宜在养生期结束后、上层沥青结构层施工前进行。

6 施工质量管理与验收

6.1 一般规定

6.1.1 质量检查与验收，应包括原材料供应、混合料生产和运输、施工及施工后检测整个过程。

6.1.2 各类原材料的试验结果及冷再生沥青混合料配合比应在规定期限内向业主及监理提出正式报告，待取得正式认可后，方可使用。

6.2 检验标准

主控项目

6.2.1 施工前的材料与设备检查

6.2.1.1 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符合表 6.2.1.1 的规定。

表 6.2.1.1 施工前材料的检查

材料	检查项目	要求值	检查频率
RAP	RAP 级配	符合设计要求	每批来料 1 次
乳化沥青	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
水泥	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
集料	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
矿粉	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次
水	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料 1 次

6.2.1.2 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、技术性能等。

6.2.2 施工过程中的质量检查与验收

施工过程中的质量检查与验收应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 施工过程的质量检查与验收

检查项目	技术要求	频率	检验方法
压实度 (%)	≥98 (重及以上交通荷载等级)	每车道美公路检查 3 点	基于马歇尔击实密度, T0921
	≥97 (其他交通等级道路)		
40℃马歇尔稳定度 (kN)	符合设计要求	每天 1 次	T0709
40℃浸水马歇尔残		每天 1 次	T0709

检查项目	技术要求	频率	检验方法
留稳定度 (%)			
15℃劈裂强度 (MPa)		每天 1 次	T0716
干湿劈裂强度比 (%)		每天 1 次	T0716
冻融劈裂强度比 (%)		每 3 天 1 次	T0729
60℃动稳定度 (次/mm)		必要时, 改变配合比时	T0719
平整度最大间隙 (mm)	8	随时, 接缝处单杆测量	T0931
纵断面高程 (mm)	±10	检查每个断面	T0911
厚度 (mm)	设计厚度的-8% (高速公路和一级公路)	随时	T0912
	设计厚度的-10% (其他等级道路)	随时	
宽度 (mm)	不小于设计宽度	检查每个断面	T0911
横坡度 (%)	±0.3	检查每个断面	T0911
外观	表面平整、密实, 无浮石、弹簧现象, 无明显轮迹、裂缝、推挤, 无明显离析	随时	目测

一般项目

6.2.3 完工后的质量检查与验收

完工后，全线以 1~3km 作为一个评定路段，应符合 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 完工后的质量检查验收

检查项目	技术要求	频率	检验方法
平整度最大间隙 (mm)	8	每 200m 2 处，每处连续 10 尺	T0931
纵断面高程 (mm)	±10	每 200m 4 个点	T0911
厚度 (mm)	设计厚度的-5% (高速公路和一级公路)	每 200m 每车道 1 个点	T0912
	设计厚度的-8% (其他等级道路)	每 200m 每车道 1 个点	
宽度 (mm)	不小于设计宽度	每 200m 4 个断面	T0911
横坡度 (%)	±0.3	每 200m 4 个断面	T0911
外观	表面平整、密实，无浮石、弹簧现象，无明显轮迹、裂缝、推挤，无明显离析	随时	目测
压实度 (%)	≥90 (钻孔，最大理论密度)	每 200m 每车道 1 个点	T0924 或 T0921

附录 A

(规范性附录)

沥青混合料回收料 (RAP) 取样与试验分析

A.1 现场取样

现场取样用于厂拌冷再生工程的前期调查。关于取样频率和方法要求如下：

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 5000m，且不宜小于 500m，或者每个子路段面积不宜大于 50000m²，且不宜小于 5000m²。

2 按照《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60) 随机取样方法确定取样点位置。

3 每个子路段取样断面数不少于 8 个，采用铣刨机铣刨方法。

4 根据需要，取足够数量的 RAP。

A.2 拌和场料堆取样

A.2.1 拌和场料堆取样适用于厂拌冷再生工程的前期调查，以及混合料设计用 RAP 的获取。

A.2.2 取样方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42)

粗集料料堆取样法，取样前应去除表面 15~25cm 深度范围内的 RAP。

A.2.3 根据需要，取得足够数量的 RAP。

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，按照式 (A.4.1) 计算 RAP 的含水率 w 。试验方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) T0305，烘箱加热温度调整为 60℃ 恒温。

$$w = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100\% \quad (\text{A-1})$$

式中： m_w —回收的旧沥青混合料质量 (g)；

m_d —回收的旧沥青混合料烘干至恒重的质量 (g)。

A.4.2 RAP 级配

对 RAP 进行筛分试验, 确定 RAP 的级配。试验方法参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) T 0327, 材料加热温度调整为 60℃ 恒温, 采用干筛法。

A.4.3 砂当量

用 4.75mm 筛筛除 RAP 中的粗颗粒, 进行砂当量指标检测。试验方法按照《公路工程集料试验规程》(JTG E42) T 0334。

A.4.4 RAP 的沥青含量和性质

A.4.4.1 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 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。

A.4.4.2 检测沥青含量和回收沥青的 25℃ 针入度、60℃ 黏度、软化点、15℃ 延度。

A.4.4.3 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。

A.4.4.4 精度与允许误差。

重复性试验的允许误差为: 针入度 ≤ 5 (0.1mm)、黏度 \leq 平均值的 10%、软化点 $\leq 2.5^\circ\text{C}$; 复现性试验的允许误差为: 针入度 ≤ 10 (0.1mm)、黏度 \leq 平均值的 15%、软化点 $\leq 5.0^\circ\text{C}$,

如果超出允许误差范围，则应弃置回收沥青，重新标定、回收。

A.4.5 RAP 的矿料级配和集料性质

A.4.5.1 将抽提试验后得到的矿料烘干，待矿料降到室温后，用标准方孔筛进行筛分试验，确定 RAP 中的旧矿料级配。RAP 的沥青含量与级配也可以采用燃烧法确定。若集料在燃烧过程中由于高温导致破碎，则不适宜采用该法。

A.4.5.2 RAP 中集料的性质，按照相关的行业规范、规程进行检测。

附录 B

(规范性附录)

乳化沥青冷再生混合料配合比设计方法

B.1 确定工程设计级配范围

考虑到沥青混合料回收料 (RAP) 中的大部分粗颗粒均是旧的沥青混合料, 有的是原来的粗集料与沥青胶泥的组合, 有的则完全是沥青细料的团体, 其真正的矿料级配并未考虑。冷再生沥青混合料在拌和、碾压、上层热拌沥青混合料施工过程中的热辐射作用以及使用过程中的荷载作用下, 旧的沥青混合料团块会逐步分散, 整体向热混合料性能转化, 在此情况下, 矿料级配的作用越来越明显。因此, 冷再生混合料级配设计中应考虑再生混合料矿料级配的作用。

另外, 当前《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521) 中给出的冷再生混合料设计级配范围较宽且未采用连续筛孔级配, 这是为了符合我国不同地区的工程应用需要, 同时也是因为考虑了厂拌和就地两种再生方式。因此, 不同地区的混合料设计级配范围应根据实际的工程应用情况作出相应调整。

鉴于上述情况, 本指南根据实验室内研究成果和目前长沙市内关于乳化沥青冷再生路面的实际工程情况, 并参考了

不同国家冷再生混合料的级配设计范围要求，确定了如表 B.1 所示的工程设计级配范围。由于长沙市内的冷再生路面施工基本上采用的是中粒式冷再生混合料，因此表 B.1 仅对中粒式混合料的级配范围作了调整，而其他类型的混合料仍参考《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521)。

表 B.1 冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔 (mm)	粗粒式	中粒式	细粒式 A	细粒式 B
37.5	100			
26.5	80~100	100		
19	—	90~100	100	
16	—	80~94	—	
13.2	60~80	64~82	90~100	100
9.5	-	50~74	60~80	90~100
4.75	25~60	30~56	45~75	60~80
2.36	15~45	15~43	25~55	35~65
1.18	-	10~32	-	-
0.6	-	6~22	-	-
0.3	3~20	3~15	6~25	6~25
0.15	-	2~11	-	-

筛孔 (mm)	粗粒式	中粒式	细粒式 A	细粒式 B
0.075	1~7	1~5	2~9	2~10

B.2 材料的选择与准备

B.2.1 配合比设计的各种集料、RAP、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。

B.2.2 乳化沥青样品应符合表 3.3.1 的规定。

B.2.3 再生混合料配合比设计所用材料，其质量应符合本指南的有关规定。

B.3 级配设计

B.3.1 测得 RAP、新矿料等各组成材料的级配。

B.3.2 以 RAP 为基础，掺加不同比例的新矿料，使合成级配符合表 B.1 工程设计级配的要求。

B.3.3 合成级配曲线应平顺。

B.3.4 对于中粒式乳化沥青冷再生混合料的级配设计，除应符合表 B.1 的要求外，还应尽量保证其再生混合料的矿料级配范围在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 所规定的级配范围 (AC-20) 内，以此来考虑混合料矿料级配的作

用。

条文说明：通常因为RAP级配中 0.075mm筛孔的通过率很低，需要适当添加矿粉作为填料来调整冷再生混合料的RAP级配，加上RAP中原有的矿粉，这就使得再生混合料矿料级配中 0.075mm以下的通过率较高，因此中粒式混合料的矿料级配小于 1.18mm筛孔的通过率通常会高于AC-20 的范围。

B.4 成型方法

B.4.1 拌和

首先，将新料（如需要）和粗的 RAP（如 15~25mm）按级配比例放入拌和锅中，先加入外加水总量的 1/5~1/4 使集料润湿，然后加入一定量乳化沥青（以不产生花白料为度）预拌 30s 使料拌和均匀，然后把细的 RAP（如 0~8mm 和 8~15mm）用剩余的水进行人工搅拌预湿，再倒入拌和锅中加入剩余的乳化沥青拌和 60s，最后加入矿粉和水泥拌和 60s，使混合料均匀稳定、色泽一致。

B.4.2 成型

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：乳化沥青混合料试样双面各击实 50 次；

将试样连同试模一起侧放在 60℃ 的恒温烘箱中养生至

恒重，养生时间一般不少于 40h；

将试模从烘箱中取出，立即放置到马歇尔击实仪上，双面各击实 25 次，然后侧放在地面上，在室温下冷却至少 12h，然后脱模。

B.5 确定最佳含水率

参照《公路土工试验规程》(JTG E40) T0131 的方法或者马歇尔击实法，对合成集料进行击实试验，确定最佳含水率。

乳化沥青试验用量可定为 4%，变化水量进行击实试验，获得最大干密度时，其混合料的含水量即为最佳含水率 OWC。

B.6 确定最佳乳化沥青含量

B.6.1 以预估的乳化沥青用量为中值，保持最佳含水率 OWC 不变，按照一定间隔变化成型 5 个乳化沥青用量的混合料试件，制备马歇尔试件。

B.6.2 采用《公路沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 的真空法和蜡封法分别测定试件的最大理论相对密度、毛体积密度，并计算空隙率。用其他方法测定试件的毛体积密度前，应对该试验方法进行验证。

B.6.3 将各组油石比试件进行 15℃劈裂试验、浸水 24h 的劈

裂试验。浸水 24h 的劈裂试验的试验方法为：将试件完全浸泡在 25℃ 恒温水浴中 22h，再在 15℃ 恒温水浴中完全浸泡 2h，然后取出试件立即进行 15℃ 的劈裂试验。

B.6.4 根据劈裂强度试验和浸水劈裂强度试验结果，结合工程经验，综合确定最佳乳化沥青用量 OEC。

B.6.5 冻融劈裂试件成型的击实次数规定为双面各击实 50 次（标准击实试验），然后按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）冻融劈裂试验方法对混合料性能进行检验。

B.6.6 制备 10cm 厚的车辙试件进行动稳定度验证试验，其他条件应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）的相关规定。

B.7 延时试验

混合料延时时间试验：把用最佳沥青与用水量新拌的沥青混合料在室温下静放 1.5h、2h、2.5h、3h、3.5h、4h 后，分别成型标准试件，测定其密度与强度，以密度与强度损失均不超过 5% 的最大时间作为施工工艺时间 H，当 $H \geq 4h$ 时，取 $H=4h$ ，再生混合料在拌和完后，均应控制在 H 时间内完成碾压；在不同气温下施工时，H 应符合表 B.7 的要求；不符合时则应调整乳化沥青配方（如增加乳化剂用量、更换乳化

剂、增加外掺剂等措施)。

表 B.7 在不同气温下施工时施工工艺时间 H 要求

	施工气温 (°C)			
	≤ 25	30	35	≥ 40
H (最小值)	2.5	3.0	3.5	4.0

注：此表中 H 的要求值是在混合料从拌和场运到摊铺现场的时间不超过 1h 前提下，如果超过 1h 时，H 则应增加相应的超过时间。

B.8 配合比设计报告

配合比设计报告至少应包含如下内容：乳化沥青检测结果、水泥检测结果、RAP 的矿料级配情况、RAP 中的沥青含量及性能指标、工程设计级配范围及设计级配曲线、试件成型方法、最佳含水率、最佳乳化沥青用量和水泥用量、性能检验、延时试验结果等。

本指南用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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，在此条件许可时，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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 2 《公路沥青路面再生技术规范》 JTG/T 5521
- 3 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 4 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
- 5 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ1
- 6 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 7 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 JTG E20
- 8 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 9 《公路土工试验规程》 JTG E40
- 10 《公路路基路面现场测试规程》 JTG E60