

长沙市工程建设地方标准规程 DBCJ

DBCJ010-2019

就地冷再生施工与验收 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。

为指导就地冷再生技术混合料的材料组成设计、工程施工与质量验收，保证沥青路面冷再生工程施工质量，根据长沙地区道路建设特点和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。

本指南主要内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.材料；4.沥青路面就地冷再生混合料设计；5.乳化沥青和泡沫沥青就地冷再生施工；6.水泥稳定就地冷再生施工；7.施工质量管理 and 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、湖南省交通科学研究院有限公司和长沙理工大学共同负责具体技术内容的解释。请各单位在执行过程中，注意总结经验，积累资料，如有意见和建议，请将意见和资料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、湖南省交通科学研究院有限公司、长沙市城市建设科学研究院。

指南参编单位：长沙理工大学、湖南大学、中南大学。

指南主要起草人员：吴超凡 陈宇亮 刘 剑 刘自力

马昆林 张继森 张恒龙 高尚荣

刘 凯 李雪莲 韩庆奎 韩湘逸

刘小明 方 俊 肖 杰 孟凡威

黄 倩 刘小金 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.....	7
	3.1 一般规定.....	7
	3.2 沥青混合料回收料（RAP）.....	7
	3.3 乳化沥青.....	8
	3.4 泡沫沥青.....	10
	3.5 集料.....	10
	3.6 水泥.....	12
	3.7 矿粉.....	13
	3.8 水.....	14
4	沥青路面就地冷再生混合料设计.....	15
	4.1 一般规定.....	15
	4.2 乳化沥青就地冷再生混合料设计.....	16
	4.3 泡沫沥青就地冷再生混合料设计.....	18
	4.4 水泥稳定就地冷再生混合料设计.....	21

5	乳化沥青和泡沫沥青就地冷再生施工.....	24
5.1	一般规定.....	24
5.2	施工准备工作.....	24
5.3	再生铣刨与拌和.....	26
5.4	摊铺.....	27
5.5	压实.....	29
5.6	接缝.....	30
5.7	养生与开放交通.....	31
6	水泥稳定就地冷再生施工.....	33
6.1	一般规定.....	33
6.2	施工准备工作.....	34
6.3	铣刨和拌和.....	35
6.4	摊铺、碾压.....	37
6.5	接缝.....	37
6.6	养生及开放交通.....	37
7	施工质量管理与验收.....	38
7.1	施工质量管理.....	38
7.2	检查验收.....	43
附录 A	沥青混合料回收料 (RAP) 取样与试验分析.....	44
附录 B	乳化 (泡沫沥青) 就地冷再生混合料设计方法.....	47
附录 C	水泥稳定就地冷再生混合料设计方法.....	53

本指南用词说明.....	59
引用标准名录.....	60

1 总则

1.0.1 为指导长沙市沥青路面再生技术推广应用，提高沥青路面再生技术水平，保证沥青路面再生工程质量，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 本指南包括乳化沥青就地冷再生、泡沫沥青就地冷再生以及水泥稳定就地冷再生。各类就地冷再生技术具有不同的适用条件，使用时应根据工程实际情况选择最适宜的再生技术类型。

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就地冷再生的成功经验与最新研究成果。当局部条文与其他规范不一致时，宜采用本指南规定。

1.0.4 本指南中的乳化沥青就地冷再生技术适用于对旧沥青面层的就地再生，再生层可直接用于沥青中、下面层及以

下各结构层，不宜用于表面层；其旧路结构的基层应基本完整、承载力符合相应路段的使用要求。

1.0.5 本指南中的泡沫沥青就地冷再生技术适用于对沥青面层、沥青面层与基层、基层或底基层等多种结构层的就地冷再生。含有沥青层的泡沫沥青就地冷再生可以用于路面中、下面层及以下各结构层，不得直接用作表面层；只对基层或底基层进行的泡沫沥青就地冷再生只用于基层或底基层。

1.0.6 本指南中的水泥稳定就地冷再生技术适用于半刚性基层、底基层（水泥稳定类、三合料、四合料或二灰料类等）的就地冷再生，不得用于面层。

1.0.7 沥青路面就地冷再生应对原路面历史信息、路面状况、交通情况、工程经济等方面进行调查，结合养护信息和取样检测结果，分析病害成因，确定再生方案。

1.0.8 乳化沥青或泡沫沥青就地冷再生工程，其最低施工气温宜分别不低于 15℃、10℃；水泥稳定就地冷再生工程，其最低施工气温不宜低于 5℃；均不得雨天施工。

1.0.9 就地冷再生结构层的下承层应基本完好、承载力符合相应路段的使用要求。

1.0.10 沥青路面就地冷再生技术，除应符合本指南规定外，尚应符合国家、行业颁布的其他标准、规范的规定。

1.0.11 在本指南中，仅包括乳化沥青就地冷再生、泡沫沥青就地冷再生、水泥稳定就地冷再生三种技术。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 沥青路面回收料 reclaimed materials from asphalt pavement (RMAP)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧料，包括沥青混合料回收料（RAP）和基层回收料（RBM）。

2.1.2 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。

2.1.3 基层回收料 reclaimed base material(RBM)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的无结合料的粒料类或无机结合料类基层旧料。

2.1.4 就地冷再生 cold in-place recycling (CIR)

采用专用设备对沥青层、沥青层与部分基层进行就地翻松，或将沥青层部分或全部移除后对部分下承层进行就地翻松，同时掺入一定数量的新矿料、再生结合料、水等，经常温拌和、摊铺、碾压等工序，实现旧沥青路面再生的技术。

2.1.5 再生结合料 recycled binder

新添加到再生混合料中，起胶结作用的材料，主要包括乳化沥青、泡沫沥青、水泥、工业废渣等。

2.1.6 再生混合料 recycled mixture

含有沥青路面回收料(RMAP)的混合料。

2.1.7 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。

2.1.8 泡沫沥青 foamed asphalt

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

2.1.9 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。

2.1.10 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。

2.1.11 再生深度 recycling depth

再生机设定的铣刨深度，一般指原路面标高与再生层底面标高之差。

2.1.12 再生厚度 Recycling thickness

设计再生层碾压成型后的顶面标高与底面标高之差。

2.1.13 沥青混合料回收料(RAP)掺配比 percentage of RAP

in recycled mixture

沥青混合料回收料 (RAP) 占再生沥青混合料总质量的百分比。

2.2 符号及代号

- RMAP*—— 沥青路面回收料；
- RAP*—— 沥青混合料回收料；
- RBM*—— 基层回收料；
- OWC*—— 最佳含水率；
- OFC*—— 最佳泡沫沥青用量；
- 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；
- RS*—— 残留稳定度；
- MS_1 —— 马歇尔稳定度；
- MS_2 —— 浸水 24h 的马歇尔稳定度；
- DWTSR*—— 干湿劈裂强度比；
- IDT_1 —— 干劈裂强度；
- IDT_2 —— 浸水 24h 的劈裂强度；
- M_{sample} —— 试样的干质量；

$M_{air-dry}$ —— 试样的风干质量；
 $W_{air-dry}$ —— 风干试样的含水率；
 M_{cement} —— 水泥用量；
 C_{add} —— 水泥的百分比；
 W_{add} —— 试样的加水百分比；
 M_{water} —— 加水质量；
 R_d —— 设计抗压强度；
 C_v —— 偏差系数；
 Z_a —— 标准正态分布表中随保证率（或置信度 a ）而变的系数。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 使用的各种材料运至现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。

3.1.2 乳化沥青贮存时间不宜过长。

3.1.3 新集料应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地面上。

3.1.4 水泥必须注意防水，避免受潮。

3.2 沥青混合料回收料（RAP）

RAP 取样要客观地代表旧路面沥青材料，取样方法按照本指南附录 A 方法进行，各指标检测项目见表 3.2。

表 3.2 RAP 检测项目

材料	检测项目	要求	试验方法
RAP	含水率 (%)	实测	本指南附录A (规范性附录)
	RAP 级配	实测	
	沥青含量 (%)	实测	
	砂当量 (%)	实测	
	塑性指数	实测	T 0118
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量 (%)	实测	T 0312
	压碎值 (%)	实测	T 0316
RAP 中的细集料	棱角性	实测	T 0345

3.3 乳化沥青

乳化沥青材料性能应符合表3.3的技术要求。

表3.3 就地冷再生用乳化沥青的技术要求

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 654
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。				

条文说明：制作乳化沥青用的道路石油沥青应符合相关规范的规定。乳化沥青宜选用70号、90号石油沥青作为基质沥青，在常温下使用，温度不宜高于60℃。

3.4 泡沫沥青

就地冷再生使用的泡沫沥青应符合表3.4的技术要求。

表3.4 泡沫沥青的技术要求

项目	技术要求	试验方法
膨胀率	≥10	《公路沥青路面再生技术规范》 (JTG/T 5521) 附录 C
半衰期 (S)	≥8	

条文说明：制作泡沫沥青用的道路石油沥青应符合相关规范的规定。宜选用70号、90号石油沥青作为基质沥青，泡沫沥青由机械发泡装置用热沥青和水发泡而成。

3.5 集料

3.5.1 粗集料应符合表 3.5.1 技术要求。

表3.5.1 粗集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
压碎值	%	≤28	T 0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤30	T 0317
表观相对密度	-	≥2.50	T 0304
吸水率	%	≤3.0	T 0314
针片状颗粒含量（混合料）	%	≤18	T 0312
坚固性	%	≤12	T 0314
软石含量	%	≤2（沥青面层） ≤3（基层及底基层）	T 0320
水洗法<0.075 mm 颗粒含量	%	≤1（沥青面层）	T 0310

3.5.2 细集料应符合表 3.5.2 的技术要求。

表3.5.2 细集料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	-	≥2.5	T 0328
坚固性（>0.3mm部分）	%	≥12	T 0340

砂当量	%	≥60	T 0334
棱角性（流动时间）	s	≥30	T 0345

3.5.3 机制砂或石屑规格应符合表 3.5.3 技术要求。

表3.5.3 机制砂或石屑规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分比 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S16	0~3	-	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

3.6 水泥

水泥作为再生结合料或者活性添加剂，宜采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥，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。水泥强度等级宜为32.5或42.5。水泥初凝时间不小于3h，终凝时间不大于10h，水泥其他的质量技术指标还应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的有关规定。

3.7 矿粉

矿粉的质量应符合表3.7的技术要求。

表3.7 矿粉技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
表观相对密度		g/cm ³	≥2.5	T 0352
含水量		%	≤1.0	T 0103
粒度范围	<0.6 mm	%	100	T 0334
	<0.15 mm	%	90~100	T 0333
	<0.075 mm	s	75~100	T 0345
外观		-	无团粒结块	-
亲水系数		-	<1	T 0353
塑性指数		%	<4	T 0354
加热安定性		-	合格	T 0355

3.8 水

制作乳化沥青、泡沫沥青以及施工用水均宜为可饮用水。使用非饮用水时，应进行水质检验，不影响产品和工程质量时方可使用。

4 沥青路面就地冷再生混合料设计

4.1 一般规定

4.1.1 在对 RAP 充分调查基础上，根据工程要求、道路等级、使用层位、气候条件、交通情况等因素，充分借鉴成功经验，选用符合要求的材料，进行再生混合料设计。

4.1.2 室内试验用沥青路面回收料（RMAP），采用实际使用或与实际施工类似的就地再生设备在旧路面上铣刨取样；采用其他取样方式，应与就地再生设备取样方式进行比对校核，误差在可接受范围内方可采用。

4.1.3 就地冷再生以 RMAP 级配与新集料的合成级配作为级配设计依据。

4.1.4 不同结构、不同强度路段应分别进行结构组合设计和混合料配合比设计。

4.1.5 乳化沥青或泡沫沥青冷再生在设计 and 施工时应根据需要加入水泥作为活性填料，不应超过再生混合料矿料总量的 2%。

4.1.6 就地冷再生混合料配合比设计应通过试验路段进行检验。

4.2 乳化沥青就地冷再生混合料设计

4.2.1 乳化沥青就地冷再生混合料的配合比设计，按本指南附录 B 进行设计。

4.2.2 乳化沥青冷再生混合料工程设计级配范围应符合表 4.2.2 的要求。

表4.2.2 乳化沥青冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔 (mm)	各筛孔通过率 (%)			
	粗粒式	中粒式	细粒式A	细粒式B
37.5	100	-	-	-
31.5	90~100	-	-	-
26.5	80~100	100	-	-
19.0	75~95	90~100	-	-
16.0	68~85	85~95	100	-
13.2	58~80	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
1.18	10~33	15~38	15~40	15~40

0.6	6~25	9~28	8~30	8~30
0.3	3~20	5~21	6~25	6~25
0.15	2~11	2~13	4~15	4~15
0.075	1~7	2~8	2~9	2~10

4.2.3 乳化沥青冷再生混合料设计指标应符合表 4.2.3 的要求。

表4.2.3 乳化沥青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)

试验项目	技术要求
车辙试验（60℃）（次/mm）	≥3000
注：任选劈裂试验和马歇尔稳定度试验之一作为设计要求，推荐使用劈裂试验。	

4.2.4 乳化沥青冷再生混合料中，乳化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宜为 1.5%~3.5%，水泥剂量不应超过再生混合料矿料总质量的 2.0%。

4.3 泡沫沥青就地冷再生混合料设计

4.3.1 泡沫沥青就地冷再生混合料的配合比设计，按本指南附录 B 进行设计。

4.3.2 泡沫沥青冷再生混合料设计级配范围，应符合表 4.3.2 的要求。

表4.3.2 泡沫沥青冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔 (mm)	通过各筛孔的质量百分率 (%)		
	粗粒式	中粒式	细粒式
37.5	100	-	-
31.5	90~100	-	-
26.5	85~100	100	-
19.0	80~95	90~100	-
16.0	70~90	80~95	100
13.2	60~85	68~90	90~100
9.5	45~75	55~80	60~90
4.75	30~55	35~65	40~65
2.36	20~40	25~45	30~50
1.18	17~40	17~40	17~40
0.6	13~34	13~34	13~34
0.3	10~25	10~25	10~30
0.15	8~20	8~20	8~20
0.075	4~12	4~12	4~12

4.3.3 泡沫沥青冷再生混合料设计指标应符合表 4.3.3 的要求。

表4.3.3 泡沫沥青冷再生混合料设计技术要求

试验项目		技术要求
劈裂试验 (15℃)	劈裂强度 (MPa)	≥0.5
	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)	≥6.0
	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)		≥2000
注：任选劈裂试验和马歇尔稳定度试验之一作为设计要求，推荐使用劈裂试验。		

4.3.4 泡沫沥青冷再生混合料中，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宜为 1.5%~3.5%，水泥等活性填料剂量不应超过再生混合料矿料总量的 2.0%。

4.4 水泥稳定就地冷再生混合料设计

4.4.1 水泥原水泥稳定碎石、三合料（或二灰料）等就地冷再生混合料，应通过试验确定水泥剂量和混合料的最佳含水率。在需要改善混合料的物理力学性质或级配时，还应确定掺加新集料的规格和比例。按本指南附录 C 进行混合料配合比设计。

4.4.2 重及以上交通荷载等级道路的底基层与基层的矿料级配宜符合表 4.4.2 中 I 号级配范围要求；其他交通荷载等级的道路的底基层与基层的矿料级配宜符合表 4.4.2 中 II 号级配范围要求。

表4.4.2 水泥稳定冷再生混合料级配范围

筛孔（mm）	通过各筛孔的质量百分率（%）	
	I 号级配	II 号级配
37.5	-	100
31.5	100	
26.5	90~100	66~100
19.0	72~89	54~100
16.0	-	-

13.2	-	-
9.5	47~67	39~100
4.75	29~49	28~84
2.36	17~35	20~70
1.18	12~29	14~57
0.6	8~22	8~47
0.3	5~18	-
0.15	-	-
0.075	0~7	0~30

4.4.3 水泥稳定就地冷再生混合料用作底基层时，铣刨料单个颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm，用做基层时，单个颗粒的最大粒径不应超过 31.5mm。

4.4.4 水泥稳定冷再生混合料性能应符合表 4.4.4 的技术要求。

表4.4.4 水泥稳定冷再生混合料技术要求

项 目	道路等级	
	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级

7d 无侧限抗压强度 (MPa)	基层	3.0~5.0	2.0~4.0
	底基层	2.0~4.0	2.0~3.0
压实度 (%)	基层	≥98	≥97
	底基层	≥97	≥96

4.4.5 水泥稳定就地冷再生混合料用做基层或底基层时，水泥剂量宜采用 3%~5%，不宜超过 5.5%。

5 乳化沥青和泡沫沥青就地冷再生施工

5.1 一般规定

5.1.1 沥青面层就地冷再生必须符合本指南总则中规定的适用条件。

5.1.2 沥青面层就地冷再生时，再生层的下承层应完好，承载能力符合要求。

5.1.3 就地冷再生施工一般应在封闭交通情况下进行，确实无法完全封闭需边通车边施工时，应做好交通分流与疏导，在施工路幅和通车路幅之间采取隔离措施

5.1.4 铣刨、拌和、摊铺、碾压应采用流水施工作业方式，各工序应紧密衔接，缩短从拌和到完成碾压的时间间隔。

5.2 施工准备工作

5.2.1 开工前应配备齐全的施工设备和配件，做好保养、试机工作，保证在施工期间不发生有碍施工进度和质量故障。

5.2.2 施工前必须铺筑试验路段，长度不宜小于 200m。通过试验路应确定以下内容：

- 1 冷再生混合料的最大干密度、最佳含水率；
- 2 乳化沥青破乳时间、泡沫沥青膨胀率和半衰期；
- 3 再生层压实厚度及松铺系数；
- 4 不同压实机械组合下的压实度；
- 5 冷再生混合料的性能指标；
- 6 再生机的铣刨深度及铣刨速度、各种施工机械的效率及组合方式是否匹配、铣刨深度的精度、冷再生施工的效率及作业段的长度等。

5.2.3 就地冷再生机应符合以下要求：

- 1 铣刨装置的切割深度可精确控制，误差不宜超过±5mm；
- 2 铣刨宽度不应小于2.0m；
- 3 喷洒剂量精确可调，并与切割深度、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；
- 4 应能根据要求调整横坡，适当调整再生料的级配；
- 5 使用泡沫沥青时，还应具备泡沫沥青制作和喷洒装置。

5.2.4 对原路的翻浆、沉陷、严重变形等病害应处理到病害根源处，然后再进行其他工序。

5.2.5 清除原路表（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，并清理标线、凸起的标志、灌缝胶等，确保表面层无污染。

5.2.6 再生路段上井盖、伸缩缝等结构物周围应预先处理完毕。

5.3 再生铣刨与拌和

5.3.1 综合考虑施工季节、气候条件、再生作业宽度、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，确定每个作业段的长度。

5.3.2 根据室内配合比设计确定的乳化沥青或泡沫沥青、水泥和添加的新集料用量，以及就地冷再生机组类型，确定乳化沥青或泡沫沥青、水泥和新集料的合理添加方式，并转换成设备施工参数，确保计量准确。

5.3.3 在施工起点将施工机具按施工流程顺序排列。冷再生施工设备包括：新集料撒布车（需要时）、水泥罐车、水罐车、乳化沥青罐车（泡沫沥青为热沥青罐车）、冷再生机组、摊铺机（需要时）或平地机、压路机。

5.3.4 启动施工设备，均匀撒布集料（需要时）、水泥或水泥浆，按照设定再生深度对路面进行铣刨、拌和。全套施

工设备必须缓慢均匀、连续地进行再生作业，不得随意变更速度或者中途停顿，施工速度以试验路测定为准，宜为 2~4m/min。

5.3.5 纵向接缝的位置不宜放在轮迹带上。纵向接缝处相邻两幅作业面间的重叠宽度不宜小于 10cm。

5.3.6 再生过程中应注意再生厚度、横坡与再生机组的配合。加强横坡和边线标高的控制，以免偏拱造成路面积水。

5.3.7 再生混合料出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕等问题时，应立即停工，分析原因，并予以处理。

5.4 摊铺

5.4.1 混合料宜采用摊铺机或带有摊铺装置的再生机进行摊铺。原路面平整度差或对冷再生结构层的平整度要求较高时，不宜采用带有摊铺装置的再生机进行摊铺；三级、四级公路或城镇支路、次干道也可采用平地机摊铺。

5.4.2 使用摊铺机或带摊铺装置的再生机组进行摊铺时，应符合下列规定：

1 摊铺应均匀、连续，速度宜控制在 2~4m/min 内，不得随意变换速度或中途停顿；

2 摊铺能力应与再生机组的生产能力匹配，且应保证

在水泥初凝时间内完成摊铺碾压；

3 摊铺宽度应与再生机组的铣刨宽度一致；

4 摊铺过程中应注意再生厚度、纵、横坡度的控制；

5 松铺厚度应根据试验路段的结果确定；

6 当原路面平整度较好时，也可选择高程控制、平衡梁、雪橇等方式来控制；

7 如遇下雨，应立即停止摊铺，并对已摊铺完的路面尽快压实，并对当日施工的路段采取覆盖措施。

5.4.3 使用平地机作业时，应符合下列规定：

1 用轻型钢轮压路机紧跟再生机组初压2~3遍；

2 完成一个作业段的初压后，用平地机整平1遍；

3 再次用轻型钢轮压路机在初平的路段碾压1遍，发现局部轮迹、凹凸不平时，人工找补平整；

4 用平地机整形，达到规定的纵、横坡度，表面无明显轮迹与离析现象。

5.4.4 在施工过程中，对混合料的级配、再生深度、水泥（或水泥稀浆）撒布量有任何疑问时，应停止施工，待问题解决后再继续施工。

5.4.5 每段再生结束后，应检查铣刨机的刀架、刀头，发现损坏立即更换。

5.5 压实

5.5.1 压实设备

5.5.1.1 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少于 30 吨，轮胎气压不小于 0.8MPa；18~22 吨单钢轮振动压路机，激振力应大于 35 吨；12~14 吨双钢轮振动式压路机。

5.5.1.2 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，压路机应配备两套。

5.5.2 直线和不设超高的平曲线段，由路肩向路中心碾压，且应重叠 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 1 遍。

5.5.3 初压采用单钢轮振动压路机碾压 2~3 遍，初压时混合料的含水率宜比最佳含水率大 1%~2%。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 1.5~3km/h。

5.5.4 复压宜采用胶轮压路机，应慢速、均匀碾压，碾压次数由混合料性能、压实厚度、压路机吨位及环境状况等决定，一般需要 5~8 遍。复压速度宜为 2~4km/h。

5.5.5 终压采用双钢轮压路机碾压 1~2 遍，宜采用静压或弱振模式，以消除轮迹、获得较好的平整度，只有当振动不会对路面造成损坏的情况，才可以使用振动模式。终压速度宜为 2~4km/h。若复压后没有轮迹，也可不用终压。

5.5.6 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（加适量的结合料）或换填处理，使其达到质量要求。

5.5.7 碾压时宜喷少量的雾状水，以防止压路机轮粘结再生混合料。碾压时不得随意刹车、掉头。

5.5.8 再生层在碾压后，至少 2h 内不允许任何车辆通行，以保证足够的养生，避免车辆行驶造成再生层表面松散。

5.6 接缝

5.6.1 纵向接缝

在施工纵缝处，人工把两侧纵缝耙顺直，离纵缝 5~10cm 的摊铺料面略高出 5~10mm。钢轮压路机应从原路面向再生路面对纵向接缝逐步碾压，保证纵缝的充分压实、不渗水，最后铲除纵缝外路面上粘附的混合料，再碾压消除缝迹，用 6m 直尺检查平整度，直至合格。

5.6.2 横向接缝

起步铺筑接缝时，应把铣刨机铣出的逐渐加深段人工铲成垂直面，深度与铣刨深度一致，然后补料找平，起步接缝处的高度略比再生面高 5~10mm。碾压时，压路机应先在未再生的路面上，横向或斜向逐步移压至再生路面，做到横缝紧密粘结，充分压实，连接平顺。

收尾施工横缝的处理，在施工结束时，摊铺机完整摊完、驶过终点后，将摊铺机稍稍抬起驶离现场，用人工将端部混合料铲齐、横缝处的摊铺料面略高出 5~10mm，然后清除多余的混合料。碾压时，压路机应先在未再生的路面上，横向或斜向逐步移压至再生路面做到横缝紧密粘结，充分压实，连接平顺。

5.7 养生与开放交通

5.7.1 乳化沥青或泡沫沥青就地冷再生养生和开放交通应符合下列要求：

1 养生时间不宜少于7d。当符合以下两个条件之一时，可以提前结束养生；

- (1) 再生层可用 $\phi 150\text{mm}$ 的钻头取出完整的芯样；
- (2) 再生层含水率低于2%。

2 在封闭交通养生时，可进行自然养生，养生时间视

气温情况，应符合5.7.1.1条件。在开放交通养生时，再生层在完成压实至少2d后方可开放交通，应严格限制重载车辆通行，行车速度应控制在40km/h以内，严禁车辆在再生层上掉头和急刹车。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，喷洒用量宜为0.2~0.4kg/m²。

5.7.2 养生完成、质量检测合格后，铺筑上层。在铺筑上层沥青面层前应喷洒透层、粘层、做好封层，保证层间粘结良好。

6 水泥稳定就地冷再生施工

6.1 一般规定

6.1.1 水泥稳定就地冷再生层只作为底基层或基层，不得用于面层。

6.1.2 水泥稳定就地冷再生层的厚度不应大于 250mm，也不应小于 150mm。

6.1.3 水泥稳定就地冷再生施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，雨雪天不得施工。

6.1.4 施工时，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。

6.1.5 施工过程中如遇下雨，应立即停止施工，并采取必要的遮盖措施，避免刚施工完的再生层遭雨淋。

6.1.6 施工前应制定详细的施工方案，所有材料必须经检验合格以后方可使用。

6.2 施工准备工作

6.2.1 开工前应配备齐全的施工设备和配件，做好保养、试机工作，保证在施工期间不发生有碍施工进度和质量故障。

6.2.2 施工前必须铺筑试验路段，长度不宜少于 200m。通过试验路应确定以下内容：

1 冷再生混合料的最大干密度、最佳含水率；

2 再生层压实厚度及松铺系数；

3 不同压实机械组合下的压实度；

4 冷再生混合料的性能指标；

5 再生机的铣刨深度及铣刨速度、各种施工机械的效率及组合方式是否匹配、铣刨深度的精度、冷再生施工的效率及作业段的长度等。

6.2.3 就地冷再生机应符合以下要求：

1 铣刨装置的切割深度可精确控制，误差不宜超过 10mm；

2 铣刨宽度不应小于 2.0m；

3 水泥撒布量精确可调，并与切割深度、施工速度、材料密度等联动；撒布在工作宽度范围内均匀分布；

4 应能根据要求调整横坡，适当调整再生料的级配。

6.2.4 施工时，应符合下列规定：

1 清除原路面的杂物，根据再生厚度、宽度、干密度等计算每平方米新集料、水泥用量，均匀撒布。有条件的应优先采用水泥稀浆车添加水泥，可使水泥用量更加均匀、准确；

2 应严格控制基层厚度和高程，其路拱横坡应与面层基本一致；

3 冷再生结构层碾压工序应在水泥初凝前完成。

6.2.5 对原路的翻浆、沉陷、严重变形等病害应处理到病害根源处，然后再进行其他工序。

6.2.6 清除原道路表面（包括不需要再生的相临行车道和路肩）的石块、垃圾、杂草等杂物和积水，确保表面层无污染。

6.2.7 再生路段上的井盖、伸缩缝等结构物周围应先行预先处理完毕。

6.3 铣刨和拌和

6.3.1 冷再生机行进速度应根据路面损坏状况和再生深度确定，减少铣刨料级配的变异。网裂严重路段应降低再生机组行进速度，提高铣刨转子转速。

- 6.3.2** 再生机后应有专人跟随，随时检查再生深度、水泥含量和含水率，并配合再生机操作员进行调整。
- 6.3.3** 施工中再生深度的检查以相邻已经再生或原路面为标准，应随时检测、及时调整。
- 6.3.4** 分幅施工时，应时刻注意搭接宽度不少于 10cm。
- 6.3.5** 再生机后宜安排 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、平整度和再生材料的密实性。
- 6.3.6** 带有熨平板的再生机，应经常检查熨平板后混合料的厚度。
- 6.3.7** 在施工过程中，对混合料的级配、再生深度、水泥（或水泥稀浆）的撒布量有任何疑问时，应停止施工，待问题解决后再继续施工。
- 6.3.8** 尽量连续不间断施工，减少横向接缝。一次再生的最小长度不少于 150m。
- 6.3.9** 每段再生结束后，应检查铣刨刀的刀架、刀头，发现损坏应立即更换。

6.4 摊铺、碾压

水泥稳定就地冷再生摊铺可参照本指南第 5.4、5.5 节执行。

6.5 接缝

水泥稳定就地冷再生接缝处理可参照本指南第 5.6 节执行

6.6 养生及开放交通

水泥稳定就地冷再生基层与底基层的养生及开放交通应符合《公路沥青路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

7 施工质量管理与验收

7.1 施工质量管理

7.1.1 质量管理包括所用关键设备的检查和标定，所用材料的标准试验、试验路段检测、施工过程中的质量管理和检查验收。

7.1.2 应加强对再生设备的监管，再生设备操作人员必须经过专业的培训，熟悉再生料的生产流程和再生设备的操作方法。

7.1.3 建立工地试验、质量检查及工序间的交接验收等制度，试验、检验应做到原始记录齐全，数据真实可靠。

7.1.4 工地试验室应具备所用材料及混合料各项常规试验的能力。

7.1.5 各工序均应进行检查验收，上一个工序检验合格后，方可进入下一个工序。

7.1.6 施工过程的材料质量控制和检查的项目、频率应符合表 7.1.6 的要求。

表7.1.6 就地冷再生施工前材料的检查

材料	检查项目	要求值	检查频率
乳化沥青	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料检查1次
泡沫沥青	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料检查1次
矿料	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料检查1次
水泥	指南规定的项目	符合设计要求	每批来料检查1次
RMAP	级配	实测	每天1次

7.1.7 使用乳化沥青、泡沫沥青时，施工过程的质量控制项目、频率和质量标准应符合表 7.1.7 的规定。

表7.1.7 乳化沥青和泡沫沥青施工过程中的质量控制检查项目、频率和要求

检查项目		质量要求	检查频率	检验方法
乳化 沥青 再生	压实度 (%)	≥90（重及以上交通荷载等级） ≥89（其他交通荷载等级） ≥88（二级及二级以下公路）	每车道每 200m 检查 一次	基于最大理论密度 T0924(钻芯法)或 T0921（灌砂法）
泡沫 沥青	压实度 (%)	≥98（重及以上交通荷载等级）	每车道每 200m 检查	基于重型击实标准密度 T0924

检查项目		质量要求	检查频率	检验方法
再生		≥97 (其他交通荷载等级)	一次	(钻芯法) 或 T0921 (灌砂法)
15℃劈裂强度 (MPa)		符合设计要求	每工作日1次	T 0716
干湿劈裂强度比 (%)		符合设计要求		T 0716
马歇尔稳定度 (kN)		符合设计要求		T 0709
残留稳定度 (%)		符合设计要求		T 0709
冻融劈裂强度比 (%)		≥75 (重及以上交通荷载) ≥70 (其他交通荷载)	每3个工作日1次	T 0729
含水率 (%)		符合设计要求	发现异常随时试验	T 0801
沥青含量、矿料级配		符合设计要求	发现异常随时试验	抽提、筛分

7.1.8 使用水泥作为再生结合料就地冷再生，施工过程的质量控制项目、频率等应符合表 7.1.8 的要求。

表7.1.8 水泥稳定就地冷再生施工过程中的质量控制的检查项目、频率和要求

检查项目		质量要求	检验频率	检验方法
压实度 (%)	重及以上交通荷载等级	≥98	每200m 每车道测 2 处	JTGF41、CJJ/T 43
	其他交通荷载等级	≥97		
无侧限抗压强度 (MPa)		符合设计要求	每车道每公里6个或9个试件	T 0805
含水率		符合设计要求	发现异常时随时试验	T 0801
级配		符合设计要求	每车道每公里测 1 点	T 0302
水泥剂量		不小于设计值 - 0.5%	每车道每公里测 1 点	T 0809

7.1.9 就地冷再生施工过程中的外形尺寸检查项目、频率等应符合表 7.1.9 的要求。

表7.1.9 就地冷再生施工过程的外观尺寸检验项目、频率的要求

检查项目		质量要求	检查频率	检验方法
平整度最大 间隙 (mm)	基层	≤8 (主干路) ≤10 (二级及二级以下)	3m 直尺: 每 200m 测 2 处×10 尺	T 0931
	底基层	≤12 (主干路) ≤15 (二级及二级以下)		
纵断面高程 (mm)		±10	每 200m 4 个点	T 0911
厚度 (mm)	均值	- 10	每车道 10m 1 处	插入测量
	单个值	- 20		
宽度 (mm)		不小于设计 宽度, 边缘整齐, 顺适	尺量: 每200m 测 4 个断面	T 0911
横坡 (%)		±0.3	尺量: 每200m 测 4 处	T 0911
外观		表面平整、密实, 无明 显轮迹	随时	目测
注: 当再生层用作支路时, 纵断面高程控制要求可适当放宽。				

7.2 检查验收

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，城镇道路与公路分别按照《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》（JTGF80/1）中所对应层位的有关规定，进行质量检查和验收。

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 取样频率与方法

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。

A.1.2 RAP应通过冷再生机破碎旧路面后现场进行取料。

A.1.3 每个子路段每个车道分别取样1处。

A.1.4 根据需要, 现场取得足够数量的RAP。

A.2 RAP评价

A.2.1 含水率

根据烘干前后RAP质量的变化, 按照式(A-1)计算RAP的含水率。试验方法应按照JTG E42《公路工程集料试验规程》, 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 RAP 质量 (g)；

m_d ——回收的 RAP 烘干恒重的质量 (g)。

A.2.2 RAP级配

对RAP进行筛分试验，确定RAP的级配。试验方法应参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42)。

A.2.3 砂当量

用4.75 mm方孔筛筛除RAP中的粗集料，进行砂当量指标检测。试验方法应参照《公路工程集料试验规程》(JTG E42)进行。

A.2.4 RAP的沥青含量和性质

A.2.4.1 应参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 阿布森法从沥青混合料中回收沥青。如果采用其他方法，需要进行重复性和重现性试验，并进行空白沥青标定。

A.2.4.2 检测沥青含量和回收沥青的25℃针入度、60℃粘度、软化点、15℃延度。

A.2.4.3 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；沥青混合料发生变化时。

A.2.4.4 精度和允许误差。

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 $\leq 2.5^{\circ}\text{C}$ ，重现性试验的允许误差为：针入度 ≤ 10 (0.1mm)、粘度 \leq 平均值的 15%、软化点 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，如果超出误差允许范围，则应弃置回收沥青，重新标定、回收。

A.2.5 RAP 的矿料级配和集料性质

A.2.5.1 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.2.5.2 RAP中的集料性质，按照相关的部颁规范、规程进行检查。

附录 B (规范性附录)

乳化（泡沫沥青）就地冷再生混合料设计方法

B.1 一般规定

B.1.1 本方法适用于使用马歇尔方法进行乳化沥青或者泡沫沥青再生混合料的配合比设计。

B.1.2 就地冷再生混合料配合比设计时RAP应通过冷再生机破碎旧路面后进行现场取料。

B.1.3 就地冷再生混合料配合比设计应通过试验路段进行检验。

B.2 确定工程设计级配范围

在本指南的级配范围内，根据道路等级、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，特殊情况下允许超出本指南的级配范围。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。

B.3 材料选择与准备

B.3.1 配合比设计的各种矿料、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.3.2 使用乳化沥青作为再生结合料时，乳化沥青样品应符合本指南表3.3.1的要求。

B.3.3 使用泡沫沥青作为再生结合料时，应首先进行泡沫沥青的发泡试验，技术指标应符合本指南表3.4.1的要求。

B.3.4 配合比设计所用材料质量应符合本指南的技术要求。当单一规格的集料某项指标不合格，但不同粒径规格的材料按照级配组成集料混合料指标能符合规范要求时，允许使用。

B.4 级配设计

B.4.1 测得RAP、新集料等各组成材料的级配。

B.4.2 以RAP为基础，掺加不同比例的新集料，使合成级配符合本指南工程设计级配的要求。

B.4.3 合成级配曲线应平顺。

B.5 确定最佳含水率OWC

B.5.1 参照《公路土工试验规程》(JTG E40) T0131的方法，对合成集料进行击实试验，确定最佳含水率。

B.5.2 使用乳化沥青时，乳化沥青试验用量可定为4%，变化含水率进行击实试验，获得最大干密度时（结合再生混合料拌和时的工作状态、破乳时间和强度性能等），其混合料的含水率即为最佳含水率OWC。

B.5.3 使用泡沫沥青时，泡沫沥青试验用量可以定为3%，变化含水率进行击实试验，获得最大干密度时，其混合料含水率即为最佳含水率OWC。

B.6 确定最佳乳化沥青用量OEC和最佳泡沫沥青用量OFC

B.6.1 以预估的乳化（泡沫）沥青用量为中值，按照一定间隔变化形成3~5个乳化（泡沫）沥青用量，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的（大约为1150g）拌和均匀含RAP的混合料；

2 将水泥加入到再生混合料中，拌和时间约30s；

3 按照计算得到的加水量加水，拌和均匀，拌和时间一般为30s；

4 按照计算的沥青量加入乳化沥青（泡沫沥青），拌和均匀，拌和时间一般为1min；

5 乳化沥青采用两次击实的方法成型马歇尔试件。试件的第一次击实成型，常温进行马歇尔击实试验，双面各击实50次，将试件连同试模侧放入60℃鼓风烘箱内至恒重，养生时间一般不少于40h。进行试件的第二次击实成型，双面各击实25次，然后侧放在地面上，室温冷却至少 12h 后脱模备用；

6 泡沫沥青制备马歇尔试件方法是将拌和均匀的混合料装入试模，放到马歇尔击实仪上，双面各击实75次。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，后取出放在室温冷却至少12h后脱模备用。

B.6.2 测定试件的毛体积相对密度，宜采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 蜡封法，用其他方法测定试件的毛体积相对密度前，应对试验方法进行验证。

B.6.3 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) 真空法实测各组再生混合料的最大理论相对密度。

B.6.4 马歇尔试验和浸水24h的马歇尔试验，将各组试件进行40℃的马歇尔试验和浸水24h的马歇尔试验。旋转压实或者马歇尔击实方法成型8个平行试件，平均分成2组。一组浸泡在40℃的恒温水浴中1h后进行马歇尔试验；另一组在25℃

恒温水浴中浸泡23h，再放入40℃恒温水浴中1h后测其马歇尔稳定度，残留稳定度的计算如式（B-1）所示。

$$RS = (MS_2 / MS_1) \times 100\% \quad (\text{B-1})$$

式中：

RS ——残留稳定度（%）；

MS_1 ——马歇尔稳定度（kN）；

MS_2 ——浸水24h的马歇尔稳定度。

B.6.5 劈裂试验和浸水24h的劈裂试验，将各组油石比试件进行15℃劈裂试验和浸水24h的劈裂试验。旋转压实或者马歇尔击实方法成型8个平行试件，平均分成2组。一组浸泡在15℃的恒温水浴中1h后测其劈裂强度；另一组在25℃恒温水浴中浸泡23h，再放入15℃恒温水浴中1h后测其浸水劈裂强度，干湿劈裂强度比的计算如式（B-2）所示。

$$DWTSR = (IDT_1 / IDT_2) \times 100\% \quad (\text{B-2})$$

式中：

$DWTSR$ ——干湿劈裂强度比（%）；

IDT_1 ——干劈裂强度（MPa）；

IDT_2 ——浸水24 h的劈裂强度（MPa）。

B.6.6 根据劈裂强度试验和浸水劈裂强度试验结果（或者马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度试验结果），结合工程经验，并考虑经济性，确定最佳乳化沥青用量OEC或者最佳泡沫沥青用量OFC。

B.6.7 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，得到的冻融劈裂强度比TSR试验结果应符合本指南的要求。

B.6.8 动稳定度试验

车辙试件成型后放入60℃鼓风烘箱中至恒重，不少于48 h，然后进行车辙试验。其他条件和方法应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）的相关规定。

附录 C

(规范性附录)

水泥稳定就地冷再生混合料设计方法

C.1 准备试样并进行配合比设计

C.1.1 RAP代表试样完全风干，测定RAP完全风干后的含水率。

C.1.2 根据RAP和新加料的级配确定合成级配，绘制级配曲线，使设计合成级配在相应的级配范围内。设计的合成级配宜接近表中级配范围的中值。当反复调整不能满意时，应更换新加料设计。更换新加料后其合成级配仍不能完全在相应的级配范围内时，如仅为个别筛孔超出，可由最终的无侧限抗压强度决定此道路是否适合再生，如大部分筛孔超出范围，则此道路不适宜进行再生。

C.1.3 将风干后的旧混合料分成以下五个部分：

- 1 粒径大于37.5mm的材料；
- 2 粒径在19mm~37.5mm之间的材料；
- 3 粒径在13.2mm~19mm之间的材料；
- 4 粒径在4.75mm~13.2mm之间的材料；
- 5 小于4.75mm的材料。

C.1.4 将全部通过37.5mm的材料，再按照筛分结果重新组合成代表性试样，并用19~37.5mm之间的材料替代37.5mm以上的材料。配10kg RAP计算过程见表C.1.4。

表C.1.4 代表试样重新组合

筛分结果		10kg RAP 各档材料用量			
筛孔 (mm)	通过率 (%)	<4.75mm	4.75~13.2mm	13.2~19mm	19~37.5mm
37.5	97.5	$(53.6/100 \times 10)$ $= 5.36\text{kg}$	$(72.3 \sim 53.6)$ $/100 \times 10 =$ 1.87kg	$(85.5 \sim 72.3)$ $/100 \times 10 =$ 1.32kg	$(97.5 \sim 85.5)$ $/100 \times 10 =$ 1.20kg
19.0	85.5				
13.2	72.3				
4.75	53.6				

C.2 最大干密度和最佳含水率的确定

C.2.1 分别按下列四种水泥剂量配制同一种土样、不同水泥剂量的混合料：

- 1 做基层用：4%、4.5%、5%、5.5%；
- 2 做底基层用：3.5%、4%、4.5%、5%。

条文说明：在能估计合适剂量的情况下，可以将五个不同

剂量缩减到三或四个，如待稳定材料塑性指数大于12或（和）颗粒较细应适当提高水泥剂量（提高1%~2%）。

C.2.2 根据设计配合比确定的新旧料比例进行配料，配料时大于37.5mm的材料用19~37.5mm进行替代。

C.2.3 按式（C-1）确定试样的干质量。

$$M_{sample} = M_{air-dry} / (1 + (W_{air-dry} / 100)) \quad (C-1)$$

式中：

M_{sample} ——试样的干质量，g；

$M_{air-dry}$ ——试样的风干质量，g；

$W_{air-dry}$ ——风干试样的含水率，%。

C.2.4 按式（C-2）确定水泥用量。

$$M_{cement} = (C_{add} / 100) \times M_{sample} \quad (C-2)$$

式中：

M_{cement} ——水泥用量，g；

C_{add} ——水泥的百分比，%；

M_{sample} ——试样的干质量，g。

C.2.5 应按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTGE51）T0804方法确定混合料的最大干密度和最佳含水率。确定各种混合料的最佳含水率和最大干（压实）密度，至少应做三个不同水泥剂量混合料的击实试验，即最小剂量、中间剂量和最大剂量。其他两个剂量混合料的最佳含水率和最大干密度用内插法确定。

C.3 稳定材料的准备

C.3.1 根据公式 (C-1) 计算试样干质量。

C.3.2 根据公式 (C-2) 计算水泥用量。

C.3.3 按公式 (C-3) 确定加水百分比, 并按式 (C-4) 确定需要加水的质量。

$$W_{add} = W_{OMC} - W_{air=dry} \quad (C-3)$$

$$M_{water} = (W_{add} / 100) \times (M_{sample} + M_{cement}) \quad (C-4)$$

式中:

W_{add} ——试样的加水百分比, %;

W_{OMC} ——试样的最佳含水率, %;

$W_{air-dry}$ ——风干试验的含水率, %;

M_{water} ——加水质量, g;

M_{sample} ——试样干质量, g;

M_{cement} ——水泥用量, g。

C.4 成型试件 (静压成型)

C.4.1 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。

C.4.2 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C.4.2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C.4.2 最少试件数量

材料	偏差系数		
	<10%	10~15%	15~20%
公称粒径<16mm	6	9	-
公称粒径 16~26.5mm	6	9	13
公称粒径≥26.5mm	-	9	13

C.4.3 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，应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51)进行无侧限抗压强度试验。

C.5 确定水泥最佳用量

C.5.1 计算无侧限抗压强度试验结果的平均值和偏差系数。

C.5.2 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R应符合公式（C-5）的要求：

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

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a）而变的系数，取保证率为90%， $Z_a=1.282$ 。

C.5.3 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%；采用水泥稀浆车，实际采用的水泥剂量应比室内试验确定的剂量多0~0.5%。

C.5.4 水泥的最小剂量应不低于4%。

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 《公路沥青路面再生技术规范》 JTG/T 5521
- 2 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 3 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
- 4 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ1
- 5 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 6 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 JTG E20
- 7 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 8 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
- 9 《通用硅酸盐水泥》 GB175