

乳化沥青厂拌冷再生路面施工与验收 技术规范

Technical specification for construction and acceptance
of cold in-plant recycling pavement with emulsified asphalt

2021 - 08 - 03 发布

2021 - 10 - 03 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 原路面调查及评价	3
5.1 一般规定	3
5.2 原路面技术状况检查和评价	3
6 材料	3
6.1 一般规定	3
6.2 RAP	3
6.3 乳化沥青	4
6.4 集料	5
6.5 水泥	5
6.6 矿粉	5
6.7 水	6
7 再生沥青混合料配合比设计	6
7.1 一般规定	6
7.2 混合料技术要求	6
7.3 混合料级配要求	7
7.4 混合料配合比设计方法	7
8 乳化沥青冷再生路面施工	7
8.1 一般规定	7
8.2 冷再生沥青混合料施工设备	7
8.3 RAP 的回收、预处理与堆放	9
8.4 施工准备	9
8.5 沥青混合料拌和	9
8.6 运输	9
8.7 摊铺	10
8.8 压实	10
8.9 养生及开放交通	11
8.10 透层、黏层、封层施工	11
9 质量管理与检查验收	11

9.1	一般规定	11
9.2	质量管理	11
9.3	检查验收	13
附录 A (规范性)	RAP 取样与试验分析	14
A.1	现场取样	14
A.2	拌和场料堆取样	14
A.3	试样缩分	14
A.4	RAP 评价	14
附录 B (规范性)	乳化沥青冷再生沥青混合料配合比设计	16
B.1	工程级配设计范围	16
B.2	材料的选择与准备	16
B.3	配合比设计流程	16
B.4	级配设计	17
B.5	试件成型	17
B.6	确定最佳含水率	17
B.7	确定最佳乳化沥青含量	17
B.8	延迟试验	18
B.9	配合比设计报告	18
附录 C (规范性)	乳化沥青微粒粒径检测方法 (激光粒度分析仪法)	19
C.1	目的与适用范围	19
C.2	仪器与材料	19
C.3	方法与步骤	19
C.4	报告	19
C.5	允许误差	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖南省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：湖南省交通科学研究院有限公司、湖南云中再生科技股份有限公司、湖南省交通建设质量安全监督管理局、湖南大学、湖南省交通水利建设集团有限公司、湖南省交通建设工程监理有限公司、湖南省交通建设质量监督检测有限公司、长沙理工大学、长沙市公路桥梁建设有限责任公司、湖南高速养护工程有限公司、湖南云景建设有限责任公司、湖南交通国际经济工程合作有限公司、湖南省通和工程有限公司。

本文件主要起草人：钟梦武、魏曙安、吴超凡、刘山建、张恒龙、姚志立、张剑波、钱国平、胡红波、罗泽文、孙艳华、吴初平、徐朔、吴恙、叶青、彭红卫、李泉、郑祖恩、韩庆奎、肖杰、朱沅峰、陈宇亮、张继森、万暑、黄斌、钟立昌、张允宝、李珍贵、孟凡威、丁俊剑、王为、刘小金、周艺、任晃、张格、蒋岳楼、喻胜强、张科、贺杰军。

乳化沥青厂拌冷再生路面施工与验收技术规范

1 范围

本文件规定了乳化沥青厂拌冷再生路面施工与验收技术的原路面调查及评价、材料、再生沥青混合料配合比设计、乳化沥青冷再生路面施工、质量管理与检查验收的要求。

本文件适用于乳化沥青厂拌冷再生沥青路面工程。根据技术要求的不同，乳化沥青冷再生沥青混合料可用于各类道路的底基层和基层，也可用于重交通荷载等级及以下公路和城镇道路的中、下沥青面层。本文件可供设计、生产、施工、监理、咨询及建设单位参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- CJJ1 城镇道路工程施工与质量验收规范
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG 3430 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 F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

[来源：JTG/T 5521—2019，2.1.1]

3.2

乳化沥青 emulsified asphalt

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

[来源：JTG F40—2004，2.1.2，有修改]

3.3

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

将 RAP 运至拌和厂（场、站），经破碎、筛分，以一定比例的 RAP 与新集料、乳化沥青、矿粉、水、水等进行常温拌和，铺筑形成路面结构层的沥青路面施工技术。

[来源：JTG/T 5521—2019，2.1.8，有修改]

3.4

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

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

3.5

RAP 级配 **gradation of RAP**

将预处理后的 RAP 样品烘干至恒重后，进行筛分测得的级配。

3.6

RAP 矿料级配 **gradation of mineral aggregate in RAP**

用抽提或燃烧法除去 RAP 中的沥青材料后，进行水洗筛分测得的矿料级配。

3.7

再生沥青混合料级配 **gradation of recycled mixture**

RAP 与新矿料的合成级配。

3.8

再生沥青混合料矿料级配 **gradation of mineral aggregate in recycled mixture**

指 RAP 中的矿料与新矿料合成后的矿料级配。

3.9

RAP 掺配比 **percentage of RAP in recycled mixture**

RAP 的烘干质量占 RAP 与新加矿料总的烘干质量的百分比。

3.10

最佳含水率 **optimum water content**

乳化沥青冷再生混合料在最大干密度时水的质量与混合料烘干质量的百分比。

3.11

添加剂 **additive agent**

在乳化沥青冷再生混合料中用以提高集料与沥青的黏附性、调节乳化沥青破乳时间等作用的各类物质的总称。

3.12

延迟时间 **delay time**

乳化沥青冷再生混合料从拌和完成后，在 25℃气温下每隔一定时间成型标准劈裂试件，其密度与劈裂强度损失均不超过 5% 的最大时间间隔。

4 符号

下列符号适用于本文件。

DS 动稳定度

E_{25} 恩格拉黏度

H 延迟时间

OEC 最佳乳化沥青用量

OWC 最佳含水率

TSR 冻融劈裂强度比
 v_s 赛波特黏度

5 原路面调查及评价

5.1 一般规定

乳化沥青厂拌冷再生工程在实施前应对原道路等级、修建时间、路面结构、路面材料、养护维修历史等信息与原路面技术状况、交通流量、轴载分布等内容进行调查、检测，按 JTG 5210 进行评价，验证设计文件采用乳化沥青厂拌冷再生方案的可行性。

5.2 原路面技术状况检查和评价

应通过以下调查与检测，并进行数据分析，评估其结果是否符合设计要求，当评估结果与设计要求不符时，应申请设计方案变更。

- a) 调查待再生路段的路面损坏状况，包括但不限于路面损坏的类型、位置、形态、破损等级等。
- b) 路面内部结构状况检测，包括但不限于结构损坏类型、病害层位、病害等级、层间粘结状况、结构层材料性能指标等。
- c) 路基路面排水状况检测，包括路表排水设施状况、路面结构内部排水状况、地下水排水状况等。
- d) 路面技术指标检测，包括路面损坏状况指数 PCI、路面结构强度指数 PSSI、路面行驶质量指数 RQI、路面抗滑性能指数 SRI、路面车辙深度指数 RDI 等。
- e) 再生层的下承层当量回弹模量、表面裂缝及分布情况等检测。

6 材料

6.1 一般规定

6.1.1 用于乳化沥青厂拌冷再生混合料的原材料有：RAP、乳化沥青、集料、水泥、矿粉、水和添加剂等。

6.1.2 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。

6.2 RAP

6.2.1 RAP 应经过预处理后方可使用，预处理方法应符合本文件 8.3 的相关规定。

6.2.2 RAP 的有关技术指标应按表 1 的要求进行检测，RAP 的取样与试验分析方法应符合本文件附录 A 的相关规定。

表 1 RAP 检测项目与质量要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率 %	≤ 3	本文件附录 A
	RAP 级配	实测	
	RAP 矿料级配	实测	

表 1 RAP 检测项目与质量要求（续）

材料	检测项目		技术要求	试验方法
RAP	沥青含量 %		实测	本文件附录 A
	砂当量 %		≥ 50 (/60 ^a)	
RAP 中的沥青	针入度 (25 °C) 0.1 mm		实测	JTG E20, T 0604
	延度 (15 °C) cm		实测	JTG E20, T 0605
	软化点 °C		实测	JTG E20, T 0606
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量 %	≥ 9.5 mm	≤ 12	JTG E42, T 0312
		< 9.5 mm	≤ 18	
	表观相对密度		≥ 2.5	JTG E42, T 0304
	吸水率 %		≤ 3	JTG E42, T 0304
	与沥青的黏附性 级		≥ 4	JTG E20, T 0616
	压碎值 %		≤ 26	JTG E42, T 0316
RAP 中的细集料	表观相对密度		≥ 2.5	JTG E42, T 0328
	砂当量 %		≥ 60	JTG E42, T 0334
	棱角性 s		≥ 30	JTG E42, T 0345
注：本文件规定，进行冷再生沥青混合料的级配设计时，既考虑RAP的级配，又考虑RAP的矿料级配（具体解释见附录B），因此检测项目中增加了矿料级配项目。				
^a 当乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料用于沥青路面的中、下面层结构层时，RAP的砂当量应提高到不小于60%，以保证再生沥青混合料的综合性能。				

6.3 乳化沥青

6.3.1 乳化沥青性能应符合表 2 的规定。

表 2 冷再生用乳化沥青技术要求

检测项目		技术要求	试验方法
破乳速度		慢裂	JTG E20, T 0658
粒子电荷		阳离子 (+) 或非离子	JTG E20, T 0653
筛上残留物 (1.18 mm 筛) %		≤ 0.1	JTG E20, T 0652
黏度 ^a	恩格拉黏度 E_{25}	2~28	JTG E20, T 0622
	赛波特黏度 v_s (25 °C) s	7~100	JTG E20, T 0623

表2 冷再生用乳化沥青技术要求（续）

检测项目		技术要求	试验方法
蒸发残留物	残留物含量 %	≥60	JTG E20, T 0651
	溶解度 %	≥97.5	JTG E20, T 0607
	针入度（25℃） 0.1mm	50~90	JTG E20, T 0604
	延度（15℃） cm	≥60.0	JTG E20, T 0605
	软化点 ℃	≥44	JTG E20, T 0606
与粗集料的黏附性，裹覆面积		≥2/3	JTG E20, T 0654
与粗、细集料拌和试验		均匀	JTG E20, T 0659
常温储存 稳定性	1d %	≤1	JTG E20, T 0655
	5d %	≤5	
乳化沥青中沥青微粒粒径 ^b	平均粒径 $D(4,3)$ μm	≤3	本文件附录 C
	D_{85} 粒径 μm	≤5	本文件附录 C
^a 恩格拉黏度与赛波特黏度指标任选其一检测。 ^b 当乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料用于沥青路面的中、下面层结构层时，为保证再生沥青混合料的均匀性、高温稳定性与抗剪强度，乳化沥青中的沥青微粒粒径应符合本表中的技术要求，用于其他结构层时，乳化沥青中的沥青微粒粒径可不做强制要求。			

6.3.2 乳化沥青应根据新矿料和 RAP 及使用条件选择。初步确定再生沥青混合料的合成级配后，通过 RAP、新矿料与乳化沥青的拌和试验、再生沥青混合料劈裂强度试验等进行乳化沥青配伍性设计。

6.3.3 乳化沥青使用温度宜为 30℃~60℃。

6.3.4 在乳化沥青冷再生沥青混合料中，乳化沥青蒸发残留物占再生沥青混合料其余部分干质量的百分比宜为 1.8%~3.6%。

6.3.5 乳化沥青贮存期间不应离析、冻结、破乳，宜保持适当搅拌（搅拌转速不宜超过 30rpm）。

6.4 集料

外掺新的粗、细集料质量应符合 JTG F40 的相关规定。单一粗、细集料不满足要求，但集料混合料级配与性能满足要求的，可以使用。

6.5 水泥

宜采用普通硅酸盐水泥，水泥初凝时间应在 3 h（宜 4 h）以上、终凝时间在 6 h 以上且在 10 h 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。水泥的其他技术指标应符合 GB 175 的规定。水泥掺量不应超过再生沥青混合料中 RAP 与新加矿料总量的 1.8%。

6.6 矿粉

矿粉质量应符合 JTG F40 的相关规定。

6.7 水

水应符合 JGJ 63 的相关规定。

7 再生沥青混合料配合比设计

7.1 一般规定

7.1.1 应根据工程要求、交通荷载等级、使用层位、气候条件，选用满足要求的材料，进行再生沥青混合料配合比设计。

7.1.2 本文件采用修订的马歇尔试验方法进行乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料的配合比设计。配合比设计应按目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段进行。

7.1.3 有条件的情况下可采用旋转压实仪进行冷再生沥青混合料配合比设计，但压实参数、技术要求等需要通过试验论证确定。

7.2 混合料技术要求

乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料的设计技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料设计技术要求

试验项目		使用层位			试验方法
		底基层/基层	下面层	中面层	
马歇尔试件尺寸 mm	中、细粒式	$\phi 101.6 \times 63.5$			-
	粗粒式	$\phi 152.4 \times 95.3$			
马歇尔试件双面 各击实次数 次	中、细粒式	50+25			JTG E20, T 0702
	粗粒式	75+37			
空隙率 %		8~13	8~12		JTG E20, T 0705、 T 0706、T 0707
劈裂强度 (15 °C)	劈裂强度 MPa	≥ 0.5	≥ 0.6	≥ 0.7	JTG E20, T 0716
	干湿劈裂强度比 %	≥ 75	≥ 80		
马歇尔稳定度(40 °C)	马歇尔稳定度 kN	≥ 5.0	≥ 6.0		JTG E20, T 0709
		≥ 7.5	≥ 9.0		
	浸水马歇尔残留稳定度比 %	≥ 75	≥ 80		JTG E20, T 0709
冻融劈裂强度比 TSR %		≥ 70	≥ 75		JTG E20, T 0729
动稳定度 (60 °C) ^a 次/mm		≥ 1000	≥ 2000	≥ 2500	JTG E20, T 0703、 T 0719
注：原则上以劈裂强度作为设计要求，也可同时以劈裂强度和马歇尔稳定度双指标作为设计要求。					
^a 按T0703轮碾法成型80 mm厚（粗粒式）或50 mm厚（中粒式与细粒式）的冷再生沥青混合料车辙板块试件，碾压完成后迅速将试件放入60 °C±2 °C鼓风恒温烘箱中烘干至恒重（一般为48 h），再按T0719试验规程进行动稳定度试验，试验前试件恒温时间为8 h~10 h。					

7.3 混合料级配要求

7.3.1 乳化沥青冷再生沥青混合料用于底基层、基层时，冷再生沥青混合料级配应符合表 4 中的再生

沥青混合料级配范围要求；当冷再生沥青混合料用于沥青中、下面层时，再生沥青混合料级配与再生沥青混合料矿料级配均应符合表 4 中相应级配范围要求。

7.3.2 乳化沥青冷再生沥青混合料用于底基层、基层时，宜选用粗粒式级配。用于重交通荷载等级公路或城镇道路的中、下面层时，宜选用粗粒式、中粒式级配；用于重交通荷载等级以下公路或城镇道路的中、下面层时，可选用粗粒式、中粒式或细粒式级配。

表 4 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料级配范围要求

级配类型		通过下列方孔筛筛孔 (mm) 的质量百分率 %									
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.3	0.075
粗粒式	再生沥青混合料级配	100	86~100	-	-	55~72	-	25~48	19~39	3~15	1~7
	再生沥青混合料矿料级配	100	90~100	78~90	69~83	60~76	45~65	30~50	20~40	4~17	2~8
中粒式	再生沥青混合料级配	-	100	88~100	-	-	50~66	32~50	20~40	3~15	2~8
	再生沥青混合料矿料级配	-	100	90~100	78~92	65~80	56~72	37~52	24~42	4~16	3~9
细粒式 A	再生沥青混合料级配	-	-	100	-	80~90	60~76	44~61	27~45	6~20	2~9
	再生沥青混合料矿料级配	-	-	100	90~100	83~95	67~82	50~65	30~49	8~22	4~10
细粒式 B	再生沥青混合料级配	-	-	-	-	100	90~100	60~80	35~65	6~25	2~9
	再生沥青混合料矿料级配	-	-	-	-	100	90~100	70~85	45~67	10~26	4~10

7.4 混合料配合比设计方法

乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料配合比设计方法参见本文件附录 B。

8 乳化沥青冷再生路面施工

8.1 一般规定

8.1.1 雨天不应施工；路面滞水时应暂停施工。

8.1.2 气温低于 15℃ 时不宜施工；气温低于 10℃ 时不应施工。

8.1.3 施工前，应确认再生层的下承层技术指标符合设计要求，摊铺冷再生沥青混合料之前，宜在下承层表面喷洒透层或黏层乳化沥青。

8.1.4 乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料生产前，应确认运输、摊铺、碾压设备及施工准备完全到位。粗、中粒式冷再生结构层单层压实厚度不宜大于 160 mm，亦不宜小于 80 mm；细粒式冷再生结构层单层压实厚度不宜大于 80 mm，亦不宜小于 50 mm。

8.2 冷再生沥青混合料施工设备

8.2.1 施工设备

冷再生沥青混合料施工设备应符合下列要求：

- a) 冷再生施工设备主要有：铣刨机、破碎和筛分设备、拌和设备、运输车辆、摊铺与碾压等设备，还需配置相应的辅助设备；
- b) 应按要求将设备配置到位，碾压、摊铺设备的施工能力应与拌和设备的生产能力配套。

8.2.2 铣刨、破碎和筛分设备

应采用大功率铣刨机，宽幅、较大厚度、慢速铣刨，减少粗集料破碎，铣刨过程中宜少水。根据冷再生沥青混合料的生产能力配置非颚式破碎设备，根据 RAP 的分档情况配置振动筛网，RAP 分三档及以上规格时应采用二级筛分。

8.2.3 拌和设备

拌和设备宜满足新的粗集料、大于 9.5 mm 的 RAP 料与水、乳化沥青进行单独预拌和，再与其他剩余材料混合拌和的功能（分步预拌功能）；应配置不少于 6 个冷料仓（其中 4 个为 RAP 料仓、2 个为新集料料仓）、2 个粉料罐（1 个矿粉罐、1 个水泥罐；粉料罐底部应安装附着式振动器，以防止粉料板结起拱）、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±1.0%。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，均需经过动态、静态标定。拌和设备控制系统应具有实时记录所有物料重量、实时打印配合比数据的功能。

8.2.4 运输车辆

运输车辆应符合下列要求：

- a) 运输车辆应采用车况良好、有金属底板的自卸式卡车，单车载重以 20 t~40 t 为宜，车厢卸料倾角宜大于 35°；
- b) 不宜采用超高超长的改装车辆；
- c) 车辆数量应与运输距离及生产、摊铺能力匹配；
- d) 未装料前，车厢内应保持洁净，不应沾有杂物，宜在车厢底板上喷涂隔离剂（不应使用柴油）；
- e) 运输车辆应备有覆盖设施，车厢四角应密封坚固。

8.2.5 摊铺设备

摊铺设备应符合下列要求：

- a) 应采用沥青混合料摊铺机摊铺，摊铺机的数量、宽度应与施工路幅宽度匹配，推荐使用单台大功率抗离析沥青混凝土摊铺机；
- b) 沥青混合料摊铺机应安装有可调的活动熨平板或整平组件，应配备熨平板自动找平装置，其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；
- c) 摊铺机应有振动夯锤与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与振幅应能各自独立调整。

8.2.6 压实设备

压实设备应符合下列要求：

- a) 应配有轮胎压路机、单钢轮振动压路机和双钢轮振动压路机；轮胎压路机自重应不小于 30 t，轮胎气压不小于 0.6 MPa；单钢轮振动压路机自重为 18 t~22 t，激振力应大于 35 t；双钢轮振动压路机自重为 12 t~14 t；
- b) 摊铺宽度不大于 7.5 m 时，可配置摊铺机、单钢轮、双钢轮和轮胎压路机各一台；摊铺宽度大于 7.5 m 时，摊铺、压实机具应各配置两台套；宜采用一台大功率大宽度抗离析摊铺机。

8.3 RAP 的回收、预处理与堆放

8.3.1 RAP 回收应符合下列要求：

- a) 不同的 RAP 应分别回收，分开堆放、不应混杂；
- b) 可选用铣刨、机械开挖等方式回收 RAP；
- c) RAP 在回收和存放时不应混入无机结合料稳定材料、水泥混凝土材料、土、杂物等杂质；
- d) 应搭棚覆盖贮存 RAP、堆高不宜超过 5 m，宜采用布料机码堆。

8.3.2 RAP 的预处理应符合下列要求：

- a) 使用两台以上装载机将一个料堆的 RAP 充分翻松、混合均匀，然后用非颚式破碎机进行破碎，加工后的 RAP 最大粒径应小于再生沥青混合料最大粒径，不宜有超粒径材料；
- b) 根据不同的级配类型破碎筛分成不同的规格，针对表 4 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。

注：粗粒式级配的 RAP 可破碎筛分成 0 mm~4.75 mm、4.75 mm~9.5 mm、9.5 mm~19 mm、19 mm~26.5 mm 四档，中粒式级配的 RAP 可破碎筛分成 0 mm~4.75 mm、4.75 mm~9.5 mm、9.5 mm~19 mm 三档，细粒式 A 型级配的 RAP 可破碎筛分成 0 mm~4.75 mm、4.75 mm~9.5 mm、9.5 mm~16 mm 三档，细粒式 B 型级配的 RAP 可破碎筛分成 0 mm~4.75 mm、4.75 mm~9.5 mm 二档。

8.3.3 RAP 的贮存应符合下列要求：

- a) 已预处理好的 RAP，可用装载机、布料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，装载机等重型设备不应在已预处理分档的 RAP 上来回碾压、行走；
- b) 已预处理好的不同规格的 RAP 应贮存在已硬化处理、不积水且搭棚遮盖的料仓中，各料仓采用圻工或水泥混凝土隔墙分隔、分类堆放，防止窜料，堆放高度不宜超过 3 m；
- c) RAP 应避免长时间贮存，宜即筛即用。

8.4 施工准备

8.4.1 下承层病害应进行处治，强度应符合设计要求，表面应洁净、密实、平整。在摊铺冷再生沥青混合料之前宜在下承层表面喷洒透层或黏层乳化沥青，喷洒量折算为纯沥青用量 $0.2 \text{ kg/m}^2 \sim 0.3 \text{ kg/m}^2$ 。

8.4.2 施工前应检查拌和设备的技术性能、标定其计量精度、确定材料进料速度，以及摊铺和压实机械的配套情况等。

8.4.3 铺筑长度不少于 200 m 的试验段。从配套机具、施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面进行检验，确定大面积施工采用的施工方案及相关工艺参数。

8.5 沥青混合料拌和

8.5.1 拌和设备的生产能力应与要求工期匹配。

8.5.2 乳化沥青应无结团、破乳现象，乳液温度宜为 $30 \text{ }^\circ\text{C} \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

8.5.3 应根据拌和机性能、程序进行沥青混合料试拌，以乳化沥青均匀、完整裹覆在所有材料表面为宜。一般情况下，新加的粗集料、大于 9.5 mm 的 RAP 粗颗粒宜先加水润湿、经短暂预拌润湿均匀后，与足量的乳化沥青进行充分拌和均匀，再与润湿均匀的细料、剩余的乳化沥青、粉料、添加剂（如有）进行充分拌和。

8.5.4 生产时应随时检查各料仓出料口、沥青喷嘴、沥青泵、管道等是否堵塞，发现堵塞时应及时清理。

8.5.5 拌和后的冷再生沥青混合料应均匀，无结团成块、乳液流淌、花白料现象。

8.6 运输

8.6.1 拌和好的冷再生沥青混合料应及时运至施工现场，在乳化沥青破乳前完成摊铺和压实。

- 8.6.2 运输车辆装料时，车辆位置应前后挪动多次，均衡装料，以减少沥青混合料离析。
- 8.6.3 运输车辆的数量，应根据拌和机生产能力、运输距离、道路状况、车辆吨位等综合确定，且稍有富余。在摊铺机前等待卸料的运料车不少于 3 辆后才可开始摊铺。摊铺过程中摊铺机前方应有 2~3 辆运料车等候卸料。
- 8.6.4 运料车每次装车前后应清扫干净，在车厢底板与侧板上涂一薄层隔离剂，但不应有余液积聚在车厢底部。
- 8.6.5 沥青混合料运输时，应用不透光的棉被或厚帆布覆盖整个车厢，防止沥青混合料见光破乳、污染、淋雨。
- 8.6.6 运料车进入摊铺现场时，车轮上不应沾有泥土等污染下承层的脏物、杂物。

8.7 摊铺

- 8.7.1 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。
- 8.7.2 摊铺机应缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。不应随意变换速度或中途停顿。摊铺速度宜控制在 1 m/min~3 m/min 范围内，当发现沥青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。
- 8.7.3 摊铺过程中，运料车应在摊铺机前 100 mm~300 mm 处空档等候，由摊铺机推动料车缓慢前进并卸料，应避免料车撞击摊铺机。
- 8.7.4 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、路拱和横坡是否满足设计要求。
- 8.7.5 破乳成团的沥青混合料应废弃。

8.8 压实

- 8.8.1 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、终压三个阶段进行。
- 初压：采用 12 t~14 t 双钢轮压路机静压 1~2 遍，中或低档位振压 1~2 遍。初压完成后，人工找补局部离析处、明显不平整处、结块成团的沥青混合料、或拌和不均的沥青混合料。
 - 复压：复压宜紧跟初压进行，采用自重 18 t 以上单钢轮振动压路机与 30 t 以上轮胎压路机组合碾压 3~4 遍。
 - 终压：宜采用 12 t~14 t 双钢轮压路机静压 1~2 遍。如复压后已无明显轮迹、平整度符合要求时可免除终压。
- 8.8.2 在缘石、边角或狭窄路段无法正常碾压时，应用小型振动压路机或冲击夯，将沥青混合料充分压实。
- 8.8.3 每台压路机均应以慢而均匀的速度碾压，碾压速度宜符合表 5 的规定。

表 5 压路机碾压速度

单位为千米每小时

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			3~5 (静压)			

8.8.4 双钢轮压路机振动碾压时，应将压路机的驱动轮面向摊铺机。在碾压过程中不应突然加速、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，振动压路机应先停振、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、压痕和拥包等病害。

8.8.5 在常规路段应从外侧向中心碾压；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 $1/2 \sim 1/3$ 轮宽，直到碾压完全幅宽度为一遍。

8.8.6 接缝碾压应符合下列要求：

- a) 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，应从已压实路面逐步将碾压轮伸过已压实面的路面 100 mm 左右，碾压 2~3 遍，充分将纵缝碾压密实；
- b) 横缝碾压：用双钢轮压路机垂直于路线方向进行横向碾压，开始碾压时压路机行走在已铺筑完工的面层上，逐步将碾压轮伸过已铺路面 100 mm~200 mm，碾压 2~3 遍后，再顺路方向进行正常碾压，边碾压边检测平整度，横缝粗颗粒处的孔隙人工用细料找补，直至平整、密实。

8.8.7 碾压过程中，沥青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。

8.8.8 压路机不应在未碾压成型的路段上调头、停留，应防止润滑油、柴油、汽油或其他杂物洒落在施工的路面上，不应在新铺面层上停机、加油、加水，同时压路机在碾压过程中不应粘轮。

8.8.9 从拌和到碾压终了的时间间隔不宜超过试验路段确定的允许延迟时间。

8.8.10 压路机在当天铺筑完的路面上的停放时间不应超过 30 min。

8.9 养生及开放交通

8.9.1 乳化沥青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率小于 2% 或用 $\phi 150$ mm 钻头取出完整的芯样作为结束养生的评判标准。

8.9.2 碾压好的冷再生沥青混合料路面应严格控制交通，做好保护，保持整洁，不应造成污染，施工完后的第一天一切车辆不得行驶，48 h 后施工车辆可匀速慢行，但不能在再生路面上急刹车、原地掉头或急拐弯。开放交通后应进行养护，定期清扫路表松散颗粒，不应在再生路面上直接堆放土、杂物或拌制水泥混凝土、砂浆。

8.9.3 在乳化沥青完全破乳前，施工现场应根据具体天气情况配备足够数量的彩条布或 PU（聚氨酯）类薄膜防雨卷材，应在下雨前将再生路段覆盖，并做好路肩排水。

8.9.4 开放交通后，若冷再生沥青混合料结构层有发软或重车转弯时出现掉粒与轮印等情况，应加强早期交通的控制，并对已损坏部位进行返工处理。

8.10 透层、黏层、封层施工

应在冷再生结构层养生结束后进行透层、黏层或封层的施工。透层、黏层或封层施工后，应尽快安排上层沥青结构层的施工。

9 质量管理与检查验收

9.1 一般规定

9.1.1 施工过程中均应对原材料、沥青混合料、实体工程进行质量检查与验收。

9.1.2 原材料、沥青混合料及沥青混合料配合比试验应在规定期限内完成，并出具正式报告。

9.2 质量管理

9.2.1 施工过程中的材料检测

在施工过程中，特别是材料的来源或规格发生变化时，应按下列要求对材料的质量进行检测：

- a) RAP 检测项目和频率应符合表 6 的规定；
- b) 其他材料检测应符合 JTG/T 5521、JTG F40、JTG F80/1 的相关规定。

表 6 冷再生施工过程中 RAP 的检查频率与质量要求

检查项目		检测频率		质量要求或允许偏差		试验方法
		高速公路与一级公路	其他等级公路	高速公路与一级公路	其他等级公路	
RAP 含水率 %		每日 1 次	每 2 日 1 次	≤3	≤3	本文件附录 A
RAP 中集料毛体积相对密度		每 3000 t 1 次	每 5000 t 1 次	实测	实测	JTG E20, T 0722、T 0304、T 0330
RAP 材料	RAP 级配	每日 1 次	每 2~3 日 1 次	±5%	±8%	JTG E20, T 0722、T 0303、T 0327
	RAP 矿料级配（用于中下面层时）					
RAP 沥青含量 %		每 2~3 日 1 次	需要时测	±0.3	±0.5	JTG E20, T 0722 或 T 0735
RAP 沥青	针入度（25 ℃） 0.1 mm	每 5000 t 1 次	需要时测	±5	±7	JTG E20, T 0722、T 0726、T 0604
<p>注：表中的沥青含量、矿料级配、回收沥青技术指标等允许偏差均是再生沥青混合料配合比设计时采用的回收料的技术指标相比较的允许偏差，如超出允许偏差，应重做配合比设计。城镇道路参照本文件使用时，城镇快速路和主干路对应本表中的高速和一级公路、次干路和支路对应其他等级公路执行。</p>						

9.2.2 施工过程中再生沥青混合料检测

施工过程中再生沥青混合料质量检查与验收应符合表 7 的规定。

表 7 施工过程的沥青混合料质量检查与验收

检查项目		技术要求			频率	检验方法
		底基层/基层	下面层	中面层		
空隙率 %		8~13	8~12		每 800 t 1 次	JTG E20, T 0707、T 0711
劈裂强度（15 ℃）	劈裂强度 MPa	≥0.5	≥0.6	≥0.7	每天 1 次	JTG E20, T 0716
	干湿劈裂强度比 %	≥75	≥80		每天 1 次	
冻融劈裂强度比 TSR %		≥70	≥75		每 2 天 1 次	JTG E20, T 0729
动稳定度 DS（60 ℃） 次/mm		≥1000	≥2000		≥2500	需要时检

9.2.3 施工过程中实体工程质量检测

施工过程中实体工程检测项目和频率应符合表 8 的规定。

表 8 施工过程实体工程的质量检查与验收

检查项目	技术要求			频率	检验方法
	底基层/基层	下面层	中面层		
平整度最大间隙 mm	8	6	5	每 200 m 每车道 2 处， 每处连续 10 尺	JTG 3450, T 0931
纵断面高程 mm	±10			每 200 m 4 个点	JTG 3450, T 0911
厚度 mm	设计厚度的-5% (高速公路和一级公路)			每 200 m 每车道 1 个点	JTG 3450, T 0912
	设计厚度的-8% (其他等级道路)				
宽度 mm	不小于设计宽度			每 200 m 4 个断面	JTG 3450, T 0911
横坡度 %	±0.3			每 200 m 4 个断面	JTG 3450, T 0911
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 ^a %	≥99 (基于试验室标准密度)			每 200 m 每车道 1 点	JTG 3450, T 0921
	≥87 (基于理论最大相对密度)				JTG 3450, T 0924
空隙率 %	满足设计要求 (基于理论最大相对密度)				JTG 3450, T 0924
^a 压实度的标准密度为室内马歇尔试件的密度。					

9.3 检查验收

乳化沥青冷再生路面的检查验收除应符合本文件规定外，公路冷再生沥青路面的检查验收还应符合 JTG F80/1、JTG/T 5521 的相关规定，城镇道路冷再生沥青路面的检查验收还应符合 CJJ1 的相关规定。

附 录 A
(规范性)
RAP 取样与试验分析

A.1 现场取样

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，每个子路段长度宜为 500 m~5000 m，或面积宜为 5000 m²~50000 m²。

A.1.2 按照 JTG 3450 随机取样方法确定取样点位置。

A.1.3 每个子路段取样断面数不少于 8 个，采用铣刨机铣刨取样。

A.1.4 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，以及沥青混合料设计用 RAP 的获取。

A.2.2 取样方法参照 JTG E42 粗集料料堆取样法，取样前应去除表面 150 mm~250 mm 深度范围内的 RAP。

A.2.3 根据需要，取足够数量的 RAP。

A.3 试样缩分

A.3.1 分料器法：将试样拌均匀，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，摊平成饼状，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.1)计算 RAP 的含水率。试验方法参照 JTG E42(T 0305)，烘箱加热温度为 103 ℃±3 ℃恒温。

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

式中：

- ω —— RAP 含水率 (%)；
- m_w —— 回收的 RAP 质量 (g)；
- m_d —— 回收的 RAP 烘干质量 (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 JTG E42 (T 0327)，材料加热温度调整为 60 ℃±2 ℃恒温，采用干筛分方法。

A.4.3 砂当量

用 4.75 mm 方孔筛筛除 RAP 中的粗颗粒，进行砂当量指标检测。试验方法按照 JTG E42(T 0334)。

A.4.4 RAP 的沥青含量和性能

RAP 的沥青含量和性能测试应符合下列要求：

- a) 按照 JTG E20(T 0726)阿布森法或(T 0727)旋转蒸发器法从沥青混合料中回收沥青，如果采用其他方法，应进行重复性和再现性试验，并进行空白沥青标定；
- b) 检测沥青含量和回收沥青的 25 °C 针入度、软化点、15 °C（石油沥青）或 5 °C（SBS 改性沥青）延度；
- c) 具有下列情形之一的，应进行空白沥青标定：
 - 1) 更换沥青回收设备时；
 - 2) 更换三氯乙烯品种或供应商时；
 - 3) 回收沥青性能异常时；
 - 4) 沥青混合料来源发生变化时。
- d) 精度与允许误差：
 - 1) 重复性试验的允许误差为：针入度 ≤ 5 （0.1 mm）、软化点 ≤ 2.5 °C；
 - 2) 再现性试验的允许误差为：针入度 ≤ 10 （0.1 mm）、软化点 ≤ 5.0 °C；
 - 3) 如果超出允许误差范围，则应重新标定、回收。

A.4.5 RAP 的矿料级配和集料性能

RAP 的矿料级配和集料性能测试应符合下列要求：

- a) 将抽提试验后得到的矿料烘干，待矿料降到室温后，用标准方孔筛进行水洗筛分试验，确定 RAP 中的旧矿料级配；
- b) 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，则不宜采用该法；
- c) RAP 中集料的性能，应按照相关的行业规范、规程进行检测。

附录 B

(规范性)

乳化沥青冷再生沥青混合料配合比设计

B.1 工程级配设计范围

乳化沥青冷再生沥青混合料用于底基层、基层时，沥青混合料级配应符合表 4 中的再生沥青混合料级配范围要求；当乳化沥青冷再生沥青混合料用于沥青中、下面层时，再生沥青混合料级配与再生沥青混合料矿料级配均应符合表 4 中相应级配范围要求。

B.2 配合比设计流程

乳化沥青厂拌冷再生沥青混合料配合比设计按图 B.1 所示程序进行。

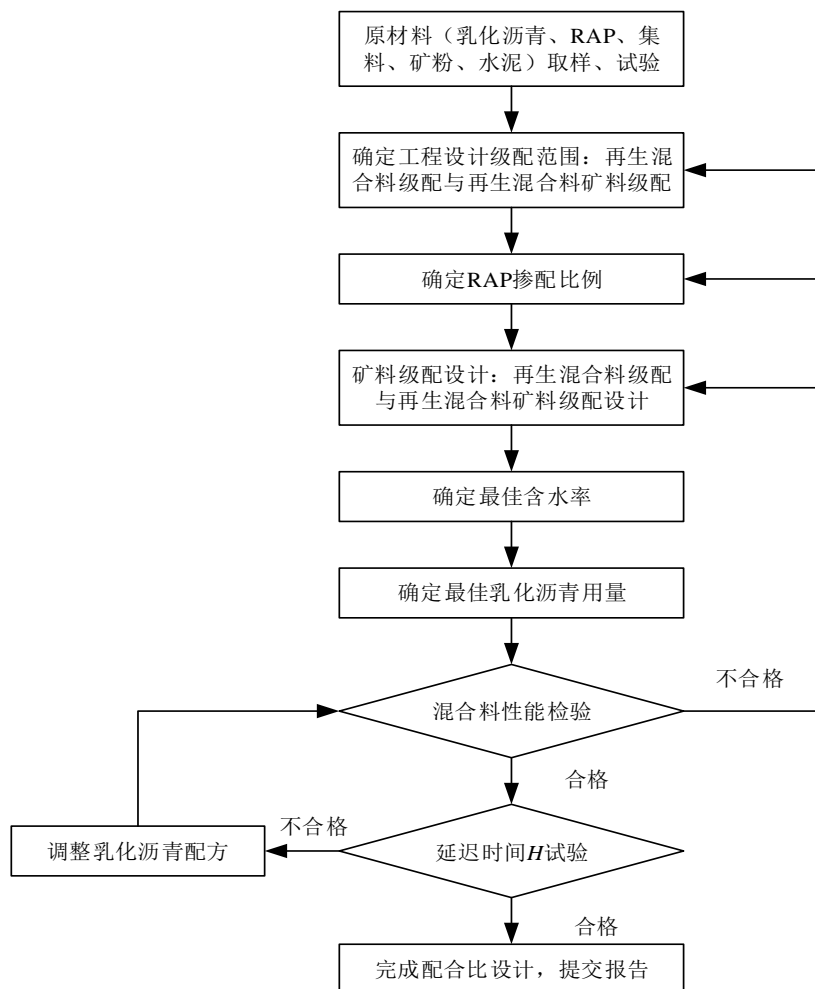


图 B.1 乳化沥青冷再生沥青混合料配合比设计流程图

B.3 材料的选择与准备

B.3.1 配合比设计的各种集料、RAP、水泥、矿粉等应按照相关规定，从工程实际使用的材料中取有代表性的样品。

B.3.2 乳化沥青样品应符合表 2 的规定。

B.3.3 再生沥青混合料配合比设计所用材料，其质量应符合本文件的相关规定。

B.4 级配设计

B.4.1 测得 RAP、新矿料等各组成材料的级配。

B.4.2 以 RAP 为基础，掺加不同比例的新矿料，使合成级配符合表 4 工程设计级配的要求。

B.4.3 当乳化沥青冷再生沥青混合料使用层位是基层与底基层结构层时，沥青混合料的级配设计可只考虑再生沥青混合料级配，也可同时考虑再生沥青混合料矿料级配；当再生沥青混合料用于重及以下交通荷载等级公路和城镇道路的中、下面层，应优先考虑再生沥青混合料矿料级配，同时兼顾再生沥青混合料级配。

B.4.4 合成级配曲线应平顺。

B.5 试件成型

B.5.1 拌和

首先，将新料（如需要）和粗的 RAP（9.5 mm 以上）料按级配比例放入拌和锅中，先加入外加水总量的 1/4~1/2 使集料润湿，然后加入足量的乳化沥青（以不产生花白料为宜）预拌 30 s 使料拌和均匀，然后把细的 RAP（如 9.5 mm 以下）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 60 s，最后加入矿粉和水泥拌和 60 s，使沥青混合料均匀稳定、色泽一致。

B.5.2 成型

试件成型的步骤应按下列要求进行：

- a) 将拌和均匀的沥青混合料装入试模，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（中、细粒式混合料）或 75 次（粗粒式混合料）；
- b) 将试样连同试模一起侧放在 60 °C 的恒温烘箱中养生至恒重，养生时间一般不少于 40 h；
- c) 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（中、细粒式混合料）或 37 次（粗粒式混合料），然后侧放在地面上，在室温下冷却至少 12 h 后脱模。

B.6 确定最佳含水率

参照 JTG 3430(T 0131) 的方法，乳化沥青试验用量可预估为 4%，变化用水量按 B.5.1 拌和好沥青混合料，进行击实试验，获得最大干密度时，其沥青混合料的含水率即为最佳含水率 OWC。

B.7 确定最佳乳化沥青含量

B.7.1 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 种乳化沥青用量的沥青混合料马歇尔试件。

B.7.2 采用 JTG E20 的真空法和蜡封法分别测定试件的理论最大相对密度、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.7.3 将各组油石比试件进行 15 °C 劈裂试验、浸水劈裂试验。浸水劈裂试验的试验方法为：将试件完全浸泡在 25 °C 恒温水浴中 22 h，再在 15 °C 恒温水浴中完全浸泡 2 h（标准马歇尔试件）或 4 h（大马歇尔试件），然后取出试件立即进行 15 °C 的劈裂试验。

B.7.4 按 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）时对应的乳化沥青用量的平均值为最佳乳化沥青用量。当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。

B.7.5 冻融劈裂试件成型的击实次数规定为双面各击实 50 次（中、细粒式混合料）或 75 次（粗粒式混合料），然后按照 JTG E20 冻融劈裂试验方法对沥青混合料性能进行检验。

B.7.6 制备车辙试件进行动稳定度验证试验，试验方法应符合 JTG E20 的相关规定。

B.8 延迟试验

沥青混合料室内延迟时间试验：把用最佳沥青用量与用水量新拌好的乳化沥青冷再生沥青混合料在 25℃下静放 1.5 h、2 h、2.5 h、3 h、3.5 h、4 h，然后按规范分别成型劈裂试件，测定其密度与劈裂强度，以劈裂试件密度与强度损失均不超过 5% 的最大时间作为延迟时间 H 。不同施工气温条件下， H 应满足表 B.2 的要求。

表 B.2 不同气温下施工时 H 的要求值

施工气温 ℃	≤25	≤30	≤35	≤40
H h	≥2.5	≥3.0	≥3.5	≥4.0
注：此表中 H 的要求值是在沥青混合料从拌和场运到摊铺现场的时间不超过 1h 前提下的，如果超过 1h 时， H 则应增加相应的超过时间。				

B.9 配合比设计报告

配合比设计报告至少应包含以下内容：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。

附录 C

(规范性)

乳化沥青微粒粒径检测方法（激光粒度分析法）

C.1 目的与适用范围

本方法适用于测定各类乳化沥青微粒的粒径分布。

C.2 仪器与材料

试验用仪器与材料应符合下列要求：

- a) 激光粒度分析仪：包括测试主机与循环进样器，测试范围为 $0.1\ \mu\text{m}\sim 750\ \mu\text{m}$ ，重复性误差 $<1\%$ ；
- b) 烧杯：100 mL；
- c) 滤筛：筛孔为 1.18 mm；
- d) 水：蒸馏水或纯净水；
- e) 其他：非离子乳化剂水溶液、滴管等。

C.3 方法与步骤

C.3.1 试验前应进行以下准备工作：

- a) 将乳化沥青试样用孔径 1.18 mm 标准筛过滤，室温条件下取 1 mL~5 mL 过滤后乳化沥青试样使用 50 mL 非离子乳化剂水溶液进行稀释；
- b) 接通激光粒度仪电源，打开测试主机与循环进样器开关，预热 30 min；
- c) 开启电脑主机，打开激光粒度仪软件；
- d) 循环进样器中加入相应的分散介质，加入量为循环进样器容量的 $2/3\sim 3/4$ 。

C.3.2 试验应按下列步骤进行：

- a) 在激光粒度仪测试软件中选择通用模式，将循环进样器转速调至 2000 rpm~2500 rpm，使分散介质溶液循环。观察软件实时遮光率（左侧黑色条状图）和实时光能图（中间蓝色条状图）；
- b) 调节测试主机的上旋钮（Y轴）、下旋钮（X轴），使实时遮光率达到最大（超过 40 即可测样，最佳状态为 80），实时光能最小，调试完毕；
- c) 在激光粒度仪测试软件中设定测试参数，其中折射率 1.65，精度 1，扫描时间 10 s，扫描 3 次，遮光率 $10\%\sim 20\%$ ，输入样品相关信息，点击“开始”，测试背景；
- d) 背景测试完成后，将稀释后的待测样品缓慢滴入循环进样器中，直到遮光率在 $10\%\sim 20\%$ 的范围内时停止滴入，点击“测试”；
- e) 测试完成后，点击“停止”，试验完成；
- f) 试验完成后，使用蒸馏水（或纯净水）多次清洗循环进样器，直至实时遮光率与实时光能达到测试要求；
- g) 清洗完毕后将循环进样器中的水排净，关闭测试主机、循环进样系统以及测定软件；
- h) 根据需要导出“粒度测试报告”（PDF、EXCEL 等）。

C.4 报告

C.4.1 同一种试样至少平行试验两次，两次测定结果符合重复性试验允许误差要求时，以平均值作为

测定值。

C.4.2 报告粒径分布峰型（单峰、双峰、拖尾等）、 D_{85} 、 $D(4, 3)$ 以及离散度（Span）。

C.5 允许误差

试验结果的允许误差应符合表 C.1 的要求。

表 C.1 重复性和再现性允许误差要求

单位为百分比

试验参数	重复性试验	再现性试验
D_{85}	1	3
$D(4, 3)$	1	3
Span	3	5

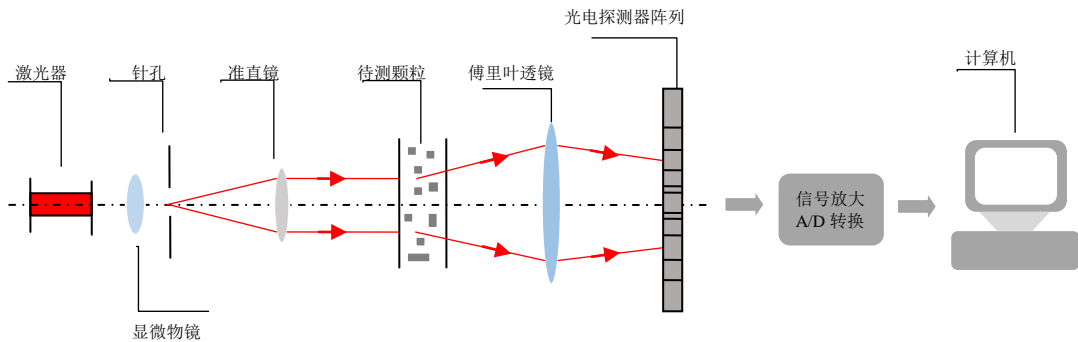


图 C.1 激光粒度分析仪原理结构

注：激光粒度分析仪是根据光的散射原理测量颗粒大小的。具有测量速度快、操作方便等优点，可以用来测量固体粉末、乳液颗粒、雾滴的粒度分布。

乳化沥青微粒粒径的分布情况是判断乳化剂乳化效果以及乳化沥青优劣的重要指标。优质的乳化沥青其微粒粒径分布呈无拖尾的单峰状，且主要分布于 $5\ \mu\text{m}$ 以下。美国 ASTM 的标准为：

- $<1\ \mu\text{m}$ 28%；
- $1\sim5\ \mu\text{m}$ 57%；
- $5\sim10\ \mu\text{m}$ 15%。

D_{85} ：指颗粒粒度分布中，从小到大累计分布百分数达到 85% 时对应的粒径值。与美国 ASTM 标准中 $<5\ \mu\text{m}$ 的颗粒占 85%（28%+57%）相对应。

$D(4, 3)$ ：体积（重量）平均粒径， $D(4, 3)$ 能够很好地反映颗粒质量对系统的影响。当样品粒度呈现对称分布时， $D(4, 3)$ 与 D_{50} 很接近。 $D(4, 3)$ 计算公式为：

$$D(4, 3) = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i^4}{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i^3} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中， n_1, n_2, \dots, n_m 表示粒度的颗粒个数分布， $\bar{x}_i = \sqrt{x_{i-1}x_i}$ 代表第 i 粒径区间上颗粒的平均粒径。

离散度（Span）：用来描述分布的相对宽度或不均匀程度，定义为：离散度=分布宽度/平均粒度。

使用激光粒度分析仪测量乳化沥青微粒粒径时，通过报告粒径分布峰型、 D_{85} 、 $D(4, 3)$ 以及 Span 来判断乳化沥青微粒粒径的大致分布。