

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202×

建筑垃圾骨料掺量再生沥青混合料技术
规程

Technical specification for application of recycled asphalt mixture

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。
已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。

TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。

TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B

邮政编码：100036 电话：010-68270506 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：1361620447@qq.com

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 基本规定 3

5 材料要求及检验 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 沥青 4

 5.3 乳化沥青 5

 5.4 泡沫沥青 5

 5.5 沥青再生剂 6

 5.6 建筑垃圾再生骨料 6

 5.7 水泥、石灰、矿粉 10

 5.8 沥青混合料回收料 11

 5.9 其他材料 12

6 再生沥青混合料组成设计 13

 6.1 厂拌热再生混合料 13

 6.2 就地热再生混合料 14

 6.3 乳化沥青冷再生混合料 14

 6.4 泡沫沥青冷再生混合料 16

 6.5 无机结合料冷再生混合料 17

7 施工与检验 18

 7.1 一般规定 18

 7.2 厂拌热再生施工 19

 7.3 就地热再生施工 20

 7.4 厂拌冷再生施工 21

 7.5 就地冷再生施工 23

附 录 A （规范性） 沥青路面回收料（RMAP）取样与试验分析 25

附 录 B （规范性） 泡沫沥青发泡试验方法 27

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。

本文件由中交一公局集团有限公司提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：中交一公局集团有限公司、××××××××××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××、×××、×××、×××、×××。

建筑垃圾骨料掺量再生沥青混合料技术规程

1 范围

本文件规定了含有建筑垃圾再生骨料的再生沥青混合料的原材料要求以及采用热再生、冷再生时的沥青混合料组成设计和施工检验要求。

本文件适用于含有建筑垃圾骨料的各级公路沥青路面再生工程。

注：建筑垃圾骨料再生沥青混合料的应用，除应符合本文件外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

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。

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范

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 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 F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑垃圾再生骨料 construction wastes recycled aggregate

由建筑垃圾中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成的粒料，分为建筑垃圾再生细骨料和建筑垃圾再生粗骨料。

3.2

建筑垃圾再生细骨料 construction waste recycled fine aggregate

由建筑垃圾中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成，粒径不大于 4.75mm 的颗粒。

3.3

建筑垃圾再生粗骨料 construction waste recycled coarse aggregate

由建筑垃圾中的混凝土、砂浆、石、砖瓦等加工而成，粒径大于 4.75mm 的颗粒。

3.4

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。

3.5

再生沥青混合料 recycled asphalt mixture

含有沥青混合料回收料（RAP）的沥青混合料。

3.6

无机回收料 reclaimed aggregate or reclaimed inorganic binder stabilized aggregate; RAI

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧无机结合料稳定粒料或旧无结合料粒料

3.7

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）、无机回收料（RAI）。

3.8

再生结合料 binder for RMAP

新添加到再生混合料中起主要胶结作用的材料，主要包括道路石油沥青、改性沥青、乳化沥青、泡沫沥青、水泥等。

3.9

沥青再生剂 rejuvenating agent; RA

掺加到热再生沥青混合料中，用于改善老化沥青性能的添加剂。

3.10

厂拌热再生 central plant hot recycling

在拌和厂将沥青混合料回收料（RAP）破碎、筛分后，以一定的比例与新矿料、新沥青、沥青再生剂等加热拌和为混合料，然后铺筑形成沥青路面的技术。

3.11

就地热再生 hot in-place recycling

采用专用设备对沥青路面 ([1]) 地进行加热、翻松，掺入一定数量的新沥青、新沥青混合料、沥青再生剂等，经热态拌和、摊铺、碾压等工序，实现旧沥青路面面层再生的技术。

3.12

厂拌冷再生 cold central plant recycling

在拌和厂将沥青混合料回收料（RAP）或者无机回收料（RAI）破碎、筛分后，以一定的比例与新矿料、再生结合料、水等在常温下拌和为混合料，然后铺筑形成沥青路面的技术。

3.13

就地冷再生 cold in-place recycling

采用专用设备对沥青层进行就地铣刨，掺入一定数量的新矿料、再生结合料、水。经过常温拌和、摊铺、压实等工序，实现旧沥青路面再生的技术。

3.14

全深式冷生 full depth reclamation

采用专用设备对沥青层及部分下承层进行就地翻松，或是将沥青层部分或全部铣刨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，经过常温拌和、摊铺、压实等工序，实现旧沥青路面再生的技术。

3.15

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。

3.16

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。

3.17

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。

3.18

乳化沥青 emulsified asphalt

石油沥青在交替磨等高速剪切作用下，与活性乳化剂溶液、稳定剂或其他助剂充分混合，制得的均匀、稳定的乳液。

3.19

再生沥青 rejuvenated binder

沥青混合料回收料（RAP）中的回收沥青与沥青再生剂、新沥青（需要时）组成的混合物。

4 基本规定

4.1 沥青路面的再生方式可包括厂拌热再生、就地热再生、厂拌冷再生、就地冷再生和全深式再生等。各类再生利用技术应根据不同的适用范围和工程实际情况选用。

4.2 查再生沥青路面结构设计应符合 JTG D50 的有关规定。新添加到再生混合料中起主要胶结作用的材料，主要包括道路石油沥青、改性沥青、乳化沥青、泡沫沥青、水泥等。

4.3 再生沥青混合料的路面结构设计参数应按照 JTG/T 5521 中附录 A 的相关规定执行。

4.4 对于厂拌热再生和就地热再生，再生混合料应以沥青混合料回收料（RAP）中的回收矿料与新矿料的合成级配作为级配设计依据；对于厂拌冷再生、就地冷再生、全深式冷再生，再生混合料应以沥青混合料回收料（RAP）、无机回收料（RAI）与新矿料的合成级配作为级配设计依据。

4.5 在满足使用功能、安全和环保要求的前提下，宜在再生沥青混合料中，采用建筑垃圾再生骨料。

5 材料要求及检验

5.1 一般规定

5.1.1 各类材料必须现场取样，进行质量检验，经检验合格后方可使用。

5.1.2 不同档的厂拌再生用沥青混合料回收料（RAP）应分开堆放，不得混杂，材料应均匀一致；不同料原、品种、规格的新骨料不得混杂堆放。

5.1.3 不同来源和不同规格的沥青路面回收料（RMAP）宜分开堆放，应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地面上，并应采取设置防雨罩棚等防水措施。

5.1.4 沥青混合料回收料（RAP）与无机回收料（RAI）宜分开再生利用。

5.1.5 再生沥青混合料用天然骨料、机制骨料、石屑等其他类型骨料的相关要求应符合 JTG F40 中的规定。

5.2 沥青

5.2.1 再生沥青混合料使用的道路石油沥青、改性沥青，应符合 JTG F 40-2004 的有关规定。

5.2.2 再生沥青混合料使用的乳化沥青、泡沫沥青，其生产所用的道路石油沥青应符合现行应符合 JTG F 40-2004 的有关规定。

5.2.3 沥青路面采用的沥青标号，宜按照公路等级、气候条件、交通条件、路面类型及在结构层总的层位及受力特点、施工方法等，结合当地的使用经验，经技术论证后确定。具体要求如下：

- a) 对高速公路、一级公路，夏季温度高、高温持续时间长、重载交通、山区及丘陵区上坡段、服务区、停车场等行车速度慢的路段，尤其是汽车荷载剪应力大的层次，宜采用稠度大、60℃黏度大的沥青，也可提高高温气候分区的温度水平选用沥青等级；对冬季寒冷的地区或交通量小的公路、旅游公路宜选用稠度小、低温延度大的沥青；对温度日温差、年温差大的地区宜注意选用针入度指数大的沥青。当高温要求与低温要求发生矛盾时应优先考虑满足高温性能的要求；
- b) 当缺乏所需标号的沥青时，可采用不同标号掺配的调和沥青，其掺配比例由试验决定。掺配后的沥青质量应符合表 2 的要求。

5.2.4 沥青必须按品种、标号分开存放。除长期不使用的沥青可放在自然温度下储存外，沥青在储罐中的贮存温度不宜低于 130℃，并不得高于 170℃，桶装沥青应直立堆放，加盖苫布。

5.2.5 道路石油沥青在贮运、使用及存放过程中应有良好的防水措施，避免雨水或加热管道蒸汽进入沥青中。

5.3 乳化沥青

5.3.1 冷再生用乳化沥青性能应符合表 1 的技术要求。

表 1 冷再生用乳化沥青技术要求

试验项目		单位	质量要求	试验方法
破乳速度		—	慢裂或中裂	JTG E20（T 0658）
粒子电荷		—	阳离子（+）	JTG E20（T 0653）
筛上残留物（1.18mm 筛）		%	≤0.1	JTG E20（T 0652）
黏度 ^a	恩格拉黏度计法 E_{25}	—	2~30	JTG E20（T 0622）
	25℃赛波特黏度 V_s	s	7~100	JTG E20（T 0623）
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	50~130	JTG E20（T 0604）
	延度（15℃）	cm	≥40	JTG E20（T 0605）
与粗骨料的黏附性，裹覆面积		—	≥2/3	JTG E20（T 0654）
与粗、细粒式骨料拌和试验		—	均匀	JTG E20（T 0659）
常温储存稳定性	1d	%	≤1	JTG E20（T 0655）
	5d		≤5	
^a 恩格拉黏度和赛波特黏度指标任选其一检测，有争议时以赛波特黏度为准。				

5.3.2 厂拌冷再生宜采用慢裂型阳离子乳化沥青; 就地冷再生、全深式再生宜采用中裂型或慢裂型阳离子乳化沥青。

5.3.3 乳化沥青使用时的温度不宜高于 60℃。

5.4 泡沫沥青

5.4.1 冷再生用泡沫沥青技术指标要求应符合表 2 的规定。

表 2 泡沫沥青技术指标要求

项目	技术指标要求	试验方法
膨胀率 (倍)	≥10	JTG/T 5521 附录 C
半衰期 (s)	≥8	JTG/T 5521 附录 C

5.4.2 当泡沫沥青不满足表 2 的要求时, 应通过调整发泡温度、发泡水量、发泡气压等改善泡沫沥青膨胀率和半衰期指标, 也可在不影响沥青和混合料性能的前提下添加发泡助剂, 直至泡沫沥青性能满足要求。

5.5 沥青再生剂

5.5.1 沥青再生剂技术指标要求宜符合表 3 的规定。

表 3 沥青再生剂技术指标要求

项目	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	RA-250	RA-500	试验方法
60℃黏度 (mm ² /s)	50~175	176~900	901~4500	4501~12500	12501~37500	37501~60000	JTG E20 (T 0619)
闪点 (°C)	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	JTG E20 (T 0611)
饱和分含量 (%)	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	JTG E20 (T 0618)
芳香分含量 (%)	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	JTG E20 (T 0618)
薄膜烘箱试 验前后黏度 比	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	JTG E20 (T 0619)
薄膜烘箱试 验前后质量 变化 (%)	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	JTG E20 (T 0609 或 T 0610)
15℃密度 (g/cm ³)	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	实测记录	JTG E20 (T 0603)
注: 薄膜烘箱试验前后黏度比 = 试样薄膜烘箱试验后黏度/试样薄膜烘箱试验前黏度。							

5.5.2 应根据沥青混合料回收料 (RAP) 中沥青老化程度、沥青含量、RAP 掺配比例、再生剂与沥青的配伍性、再生沥青的耐老化性能等, 经试验确定适宜的沥青再生剂。

5.5.3 沥青再生剂应储存在密闭的容器中。

5.6 建筑垃圾再生骨料

5.6.1 再生粗骨料应洁净、干燥、表面粗糙, 技术指标应符合表 4 的规定。当单一规格再生粗骨料的

技术指标达不到表中要求，而按照骨料配比计算的质量指标符合要求时，工程上允许使用。对受热易变质的再生骨料，宜采用拌和机烘干后的骨料进行检验。

表 4 再生沥青混合料用再生粗骨料技术指标要求

项目	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法
	表面层	其他层次		
石料压碎值（%）	≤26	≤28	≤30	JTG E42（T 0316）
洛杉矶磨耗损失（%）	≤28	≤30	≤35	JTG E42（T 0317）
表观相对密度	≥2.60	≥2.50	≥2.45	JTG E42（T 0304）
吸水率（%）	≤2.0	≤3.0	≤3.0	JTG E42（T 0304）
坚固性（%）	≤12	≤12	—	JTG E42（T 0314）
针片状颗粒含量（混合料）（%）	≤15	≤18	20	JTG E42（T 0312）
其中粒径大于 9.5mm（%）	≤12	≤15	—	
其中粒径小于 9.5mm（%）	≤18	≤20	—	
水洗法<0.075mm 颗粒含量（%）	≤1	≤1	≤1	JTG E42（T 0310）
软石含量（%）	≤3	≤5	≤5	JTG E42（T 0320）
注1：坚固性试验可根据需要进行。 注2：用于高速公路、一级公路时，多孔玄武岩的视密度可放宽至 2.45t/m³，吸水率可放宽至 3%，但必须得到建设单位的批准，且不得用于 SMA 路面。 注 3：对 S14 即 3~5 规格的再生粗骨料，针片状颗粒含量可不予要求，<0.075mm 含量可放宽到 3%。				

5.6.2 再生粗骨料的粒径规格应按表 5 的规定生产和使用。

表 5 再生沥青混合料用再生粗骨料粒径规格

规格名称	公称粒径	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）												
		106	75	63	53	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S1	40~75	100	90~100	—	—	0~15	—	0~5						
S2	40~60		100	90~100	—	0~15	—	0~5						

S3	30~60		100	90~100	—	—	0~15	—	0~5					
S4	25~50			100	90~100	—	—	0~15	—	0~5				
S5	20~40				100	90~100	—	—	0~15	—	0~5			
S6	15~30					100	90~100	—	—	0~15	—	0~5		
S7	10~30					100	90~100	—	—	—	0~15	0~5		
S8	10~25						100	90~100	—	0~15	—	0~5		
S9	10~20							100	90~100	—	0~15	0~5		
S10	10~15								100	90~100	0~15	0~5		
S11	5~15								100	90~100	40~70	0~15	0~5	
S12	5~10									100	90~100	0~15	0~5	
S13	3~10									100	90~100	40~70	0~20	0~5
S14	3~5										100	90~100	0~15	0~3

5.6.3 高速公路、一级公路沥青路面的表面层（或磨耗层）的再生粗骨料的磨光值应符合表 6 的规定。除 SAM、OGFC 路面外，允许在硬质再生粗骨料中掺加部分较小粒径的磨光值达不到要求的粗骨料，其最大掺加比例由磨光值试验确定。

5.6.4 再生粗骨料与沥青的黏附性应符合表 6 的规定，当使用不符合要求的再生粗骨料时，宜掺加消石灰、水泥或用饱和石灰水处理后使用，必要时可同时在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落

剂,也可采用改性沥青的措施,使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。掺加外加剂的剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。

表 6 再生粗骨料与沥青的黏附性、磨光值的技术指标要求

雨量气候区		1 (潮湿区)	2 (湿润区)	3 (半干区)	4 (干旱区)	试验方法
年降雨量 (mm)		>1000	1000~500	500~250	<250	JTG F 40 附录 A
再生粗骨料的磨光值 PSV		≥42	≥40	≥38	≥36	JTG E42 (T 0321)
再生粗 骨料与 沥青的 黏附性	高级公路、一级公路表 面层	≥5	≥4	≥4	≥3	JTG E20 (T 0616、 T 0663)
	高速公路、一级公路的 其它层次及其他等级 公路的各个层次	≥4	≥4	≥3	≥3	

5.6.5 再生细骨料应洁净、干燥、无风化、无杂质,并有适当的颗粒级配,其质量应符合表 7 的规定。再生细骨料的洁净程度以砂当量 (适用于 0~4.75mm) 或亚甲蓝值 (适用于 0~2.36mm 或 0~0.15mm) 表示。

表 7 再生沥青混合料用再生细骨料技术指标要求

项目	高速公路、一级公路	其他等级公路	试验方法
表观相对密度	≥2.50	≥2.45	JTG E42 (T 0328)
坚固性 (>0.3mm 部分) (%)	≥12	—	JTG E42 (T 0340)
含泥量 (小于 0.075mm 的含量) (%)	≤3	≤5	JTG E42 (T 0333)
砂当量 (%)	≥60	≥50	JTG E42 (T 0334)
亚甲蓝值 (g/kg)	≤25	—	JTG E42 (T 0349)
棱角性 (流动时间) (s)	≥30	—	JTG E42 (T 0345)
注: 坚固性试验可根据需要进行。			

5.6.6 再生细骨料规格应符合表 8 的规定。再生细骨料生产过程中应具备抽吸设备,高速公路和一级公路的再生沥青混合料,宜将 S14 与 S16 组合使用,S15 可在沥青稳定碎石基层或其他等级公路中使用。

表 8 再生沥青混合料用再生细骨料规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率 (%)							
		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

5.7 水泥、石灰、矿粉

5.7.1 水泥作为再生结合料或者活性添加剂时，可采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等，不应使用快硬水泥、早强水泥。水泥强度等级宜为 32.5 或 42.5，其技术指标应符合相应国家标准的有关要求。

5.7.2 石灰技术指标应符合表 9 和表 10 的规定。

表 9 生石灰技术指标要求

项目	钙质生石灰			镁质生石灰			试验方法
	I	II	III	I	II	III	
有效氧化钙加氧化镁含量 (%)	≥85	≥80	≥70	≥80	≥75	≥65	JTG E51 (T 0813)
未消化残渣含量 (%)	≤7	≤11	≤17	≤10	≤14	≤20	JTG E51 (T 0815)
钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量 (%)	≤5			>5			JTG E51 (T 0812)

表 10 消石灰技术指标要求

项目		钙质消石灰			镁质消石灰			试验方法
		I	II	III	I	II	III	
有效氧化钙加氧化镁含量 (%)		≥65	≥60	≥55	≥60	≥55	≥50	JTG E51 (T 0813)
含水率 (%)		≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	JTG E51 (T 0801)
细度	0.60mm 方孔筛筛余 (%)	0	≤1	≤1	0	≤1	≤1	JTG E51 (T 0814)
	0.15mm 方孔筛筛余 (%)	≤13	≤20	—	≤13	≤20	—	JTG E51 (T 0814)
钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量 (%)		≤4			>4			JTG E51 (T 0812)

5.7.3 高速公路和一级公路用石灰应不低于 II 级技术指标要求，二级公路用石灰应不低于 III 级技术指

标要求，二级以下公路宜不低于 III 级技术指标要求。

5.7.4 高速公路和一级公路的基层，宜采用磨细消石灰。

5.7.5 二级以下公路使用等外石灰时，有效氧化钙含量应在 20%以上，且混合料强度应满足要求。

5.7.6 再生沥青混合料的矿粉必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净。矿粉应干燥、洁净，能自由地从矿粉仓流出，其技术指标应符合表 11 的要求。

表 11 再生沥青混合料用矿粉技术指标要求

项目		高速公路、一级公路	其他等级公路	试验方法
表观密度 (t/m ³)		2.50	2.45	JTG E42 (T 0352)
含水量 (%)		1	1	JTG 3430 (T 0103)
粒度范围 (%)	<0.6mm	100	100	JTG E42 (T 0351)
	<0.15mm	90~100	90~100	
	<0.075mm	75~100	70~100	
外观		无团粒结块		—
亲水系数		<1		JTG E42 (T 0353)
塑性指数 (%)		<4		JTG E42 (T 0354)
加热安定性		实测记录		JTG E42 (T 0355)

5.8 沥青混合料回收料

5.8.1 再生沥青混合料设计时，宜按表 12 测试沥青混合料回收料 (RAP) 技术指标。

表 12 RAP 技术指标

材料	项目	试验方法
沥青混合料回收料 (RAP)	含水率	附录 A
	RAP 矿料级配	
	沥青含量	
	砂当量	
RAP 中的沥青 ^a	25°C针入度	抽提, JTG E20
	60°C动力黏度	
	软化点	

	15℃延度	
RAP 中的粗骨料	针片状颗粒含量	抽提 ^b ，JTG E42
	压碎值	
RAP 中的细骨料	棱角性	
^a 用于三、四级公路或者是用于底基层的冷再生，RAP 中的沥青和粗细骨料技术指标可不做检测； ^b 对于燃烧法不会对石的质量产生破坏的材料，可用燃烧法替代抽提法获得粗细骨料用于检测。		

5.8.2 沥青混合料回收料 (RAP) 应符合表 13 的技术指标要求。

表 13 RAP 技术指标要求

再生类型	材料	项目	技术指标要求	试验方法
厂拌热再生, 预处理后的 RAP	RAP	含水率 (%)	≤3	附录 A
		最大颗粒粒径 (mm)	≤26.5	
	4.75mm 以下的 RAP	砂当量 (%)	≥60	附录 A
	RAP 中的粗骨料	针片状颗粒含量 (%)	≤15	JTG E42 (T 0312)
		最大颗粒粒径 (mm)	≤设计级配允许 的最大粒径	附录 A
	RAP 中的沥青	25℃针入度 (0.1mm)	≥10	按照 JTG E20 中 T 0726 或 T0727 回收 沥青后, 再按照 T 0604 试验
就地热再生	再生厚度范围内 RAP	沥青含量 (%)	≥3.8	JTG E20 (T 0722 或 T 0735)
	再生厚度范围内 RAP 中的沥青	25℃针入度 (0.1mm)	≥20	按照 JTG E20 中 T 0726 或 T0727 回收 沥青后, 再按照 T 0604 试验
	再生厚度范围内 RAP 中的矿料	最大颗粒粒径 (mm)	≤设计级配允许 的最大粒径	附录 A
厂拌冷再生, 预处理后的 RAP	RAP	最大颗粒粒径 (mm)	≤设计级配允许 的最大粒径	附录 A
	4.75mm 以下的 RAP	砂当量 (%)	≥50	

5.9 其他材料

- 5.9.1 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。
- 5.9.2 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、泥土和其他有害物质，且应经试验验证不影响产品性能和工程质量。
- 5.9.3 再生混合料设计时，应测试无机回收料（RAI）的含水率和级配。
- 5.9.4 无机回收料（RAI）应符合表 14 的技术指标要求。

表 14 RAI 技术指标要求

项目	技术指标要求	试验方法
含水率（%）	≤3	JTG 3430（T 0103）
最大粒径（mm）	≤37.5	JTG 3430（T 0115）
不均匀系数 C _u	≥5	JTG 3430（T 0115）
塑性指数 I _p	≤17	JTG 3430（T 0118）

6 再生沥青混合料组成设计

6.1 厂拌热再生混合料

6.1.1 厂拌热再生沥青混合料种类，按骨料公称最大粒径、矿料级配、空隙率划分，分类见表 15。

表 15 厂拌热再生沥青混合料种类

种类	密集配			开级配		半开级配	公称最大粒径（mm）	最大粒径（mm）
	连续级配		间断级配	间断级配		沥青碎石		
	沥青混凝土	沥青稳定碎石	沥青玛蹄脂碎石	排水式沥青磨耗层	排水式沥青碎石基层			
特粗式	—	ATB-40	—	—	ATPB-40	—	37.5	53.0
粗粒式	—	ATB-30	—	—	ATPB-30	—	31.5	37.5
	AC-25	ATB-25	—	—	ATPB-25	—	26.5	31.5
中粒式	AC-20	—	SMA-20	—	—	AM-20	19.0	26.5
	AC-16	—	SMA-16	OGFC-16	—	AM-16	16.0	19.0
细粒式	AC-13	—	SMA-13	OGFC-13	—	AM-13	13.2	16.0
	AC-10	—	SMA-10	OGFC-10	—	AM-10	9.5	13.2
砂粒式	AC-5	—	—	—	—		4.75	9.5

设计空隙率 (%)	3-5	3-6	3-4	>18	>18	6~12	—	—
注：设计空隙率可按配合比设计要求适当调整。								

6.1.2 厂拌热再生沥青混合料的矿料级配应符合本文件第五章的相关规定。

6.1.3 厂拌热再生沥青混合料应按照 JTG/T 5521 附录 D 的设计方法进行设计，其性能应符合 JTG F40 中相应热拌沥青混合料类型的技术要求。

6.1.4 沥青混合料回收料（RAP）中的沥青与新添加沥青的类型不一致的情况下，当厂拌热再生沥青混合料的性能达到改性沥青混合料水平时，可将其作为改性沥青混合料使用，否则将其作为普通沥青混合料使用。

6.2 就地热再生混合料

6.2.1 就地热再生混合料应按照 JTG/T 5521 附录 E 的相关规定进行设计。

6.2.2 就地热再生沥青混合料矿料级配、技术要求和性能检测，应符合 JTG F40 中相应的热拌沥青混合料类型的技术要求。

6.3 乳化沥青冷再生混合料

6.3.1 乳化沥青冷再生沥青混合料应按照 JTG/T 5521 附录 F 的相关规定进行设计。

6.3.2 乳化沥青再生混合料的级配范围应符合表 16 的要求。

表 16 乳化沥青冷再生混合料级配范围

筛孔 (mm)	各筛孔的通过率 (%)			
	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	—
13.2	60~80	—	90~100	100
9.5	—	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
0.3	3~20	3~21	6~25	6~25
0.075	1~7	2~8	2~9	2~10

6.3.3 乳化沥青冷再生混合料用作柔性基层时，宜采用粗粒式级配；作用中、下面层时，宜采用粗粒式或者中粒式级配；用于轻交通荷载等级公路时，可采用细粒式级配。

6.3.4 根据级配类型和 RAP 级配，宜在乳化沥青冷再生混合料中添加一定比例的粗骨料。

6.3.5 乳化沥青冷再生混合料设计指标应符合表 17 的要求。

表 17 乳化沥青冷再生混合料设计技术指标要求

项目			技术指标要求		试验方法
马歇尔试件尺寸	中、细粒式		Φ101.6×63.5		JTG/T 5521 附录 F
	粗粒式		Φ152.4×95.3		
马歇尔试件双面击实次数 ^a （次）	中、细粒式		50+25		
	粗粒式		75+37		
空隙率（%）			8~13		JTG/T 5521 附录 F
劈裂强度试验	15℃劈裂试验强度 （MPa）	层位	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	JTG/T 5521 附录 F
		面层	≥0.60	≥0.50	
		基层及以下层位	≥0.50	≥0.40	
	干湿劈裂强度比（%）		≥80	≥75	JTG/T 5521 附录 F
^a 按照 JTG/T 5521 附录 F 的试验方法分两次击实成型马歇尔试件。					

6.3.6 乳化沥青冷再生混合料设计阶段，应检验其冻融劈裂强度比指标。用于重及以上交通荷载等级的公路中、下面层，或者用于对抗车辙性能有特殊要求的场合时，还应检验乳化沥青冷再生混合料的动稳定度指标。混合料性能应符合表 18 的要求，否则应更换材料或者重新进行混合料设计。

表 18 乳化沥青冷再生混合料性能检验指标要求

项目	技术指标要求		试验方法
	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	
冻融劈裂强度比 TSR（%）	≥75	≥70	JTG/T 5521 附录 F
60℃动稳定度 ^a （次/mm）	≥2000（中、下面层）	—	JTG E20（T 0719）
^a 按照 JTG E20 中 T 0703 轮碾法成型 80mm 厚（粗粒式）或 50mm 厚（中粒式和细粒式）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℃鼓风机箱中烘干至恒重（一般 48h 左右），再按照 JTG E20 中 T 0719 试验方法进行动稳定度试验，试验前试件保温时间为 8~10h。			

6.3.7 乳化沥青冷再生混合料中，乳化沥青蒸发残留物占混合料其余部分干质量的百分比宜为 1.8%~3.5%

6.3.8 乳化沥青再生混合料设计过程中，应严格控制水泥用量。水泥用量不宜超过 1.5%，不应超过 1.8%。

6.4 泡沫沥青冷再生混合料

6.4.1 泡沫沥青冷再生混合料应按照 JTG/T 5521 附录 F 进行设计。

6.4.2 泡沫沥青冷再生混合料级配范围应符合表 19 的要求。

表 19 泡沫沥青冷再生混合料级配范围

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	—	55~80	—
4.75	30~55	35~60	40~65
2.36	20~40	25~45	28~45
0.3	7~20	8~22	9~23
0.075	4~12	4~12	4~12

6.4.3 泡沫沥青冷再生混合料用作柔性基层时，宜采用粗粒式级配；用作中、下面层时，宜采用粗粒式或者中粒式级配；用于轻交通荷载等级公路时，可采用细粒式级配。

6.4.4 宜根据级配类型和 RAP 级配，在泡沫沥青冷再生混合料中添加一定比例 4.75mm 以下的新骨料。

6.4.5 泡沫沥青冷再生混合料设计指标应符合表 20 的要求。

表 20 泡沫沥青冷再生混合料设计技术指标要求

项目		技术指标要求	试验方法
马歇尔试件尺寸 (mm)	中、细粒式	Φ101.6×63.5	JTG E20 (T 0702)
	粗粒式	Φ152.4×95.3	
马歇尔试件双面击实次数 (次)	中、细粒式	75	

		粗粒式	112		
劈裂强度 试验	15℃劈裂试验强度 (MPa)	层位	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	JTG/T 5521 附录 F
		面层	≥0.60	≥0.50	
		基层及以下层位	≥0.50	≥0.40	
	干湿劈裂强度比 (%)		≥80	≥75	JTG/T 5521 附录 F

6.4.6 泡沫沥青冷再生混合料设计阶段，应检验其冻融劈裂强度比指标。用于重及以上交通荷载等级的公路中、下面层，或者用于对抗车辙性能有特殊要求的场合时，还应检验泡沫沥青冷再生混合料的动稳定度指标。混合料性能指标应符合表 21 的要求，否则应更换材料或者重新进行混合料设计。

表 21 泡沫沥青冷再生混合料性能检验指标要求

项目	技术指标要求		试验方法
	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	
冻融劈裂强度比 TSR (%)	≥75	≥70	JTG/T 5521 附录 F
60℃动稳定度 ^a (次/mm)	≥2000 (面层)	—	JTG E20 (T 0719)
^a 按照 JTG E20 中 T 0703 轮碾法成型 80mm 厚 (粗粒式) 或 50mm 厚 (中粒式和细粒式) 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 JTG E20 中 T 0719 试验方法进行动稳定度试验，试验前试件保温时间为 8~10h。			

6.4.7 泡沫沥青冷再生混合料中，泡沫沥青用量宜在 1.8%~3.5% 范围内。当泡沫沥青用于全深式冷再生时，泡沫沥青用量不宜低于 2.0%。

6.4.8 泡沫沥青冷再生混合料设计过程中，应严格控制水泥用量。水泥用量不宜超过 1.5%，不应超过 1.8%。

6.5 无机结合料冷再生混合料

6.5.1 使用水泥作为再生结合料的冷再生混合料用于重及以上交通荷载等级公路的基层和底基层时，再生混合料级配应满足表 22 中 I 型级配范围要求；其他情况下，再生混合料级配应符合表 24 中 II 型级配范围要求。

表 22 无机结合料冷再生混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	通过各筛孔的质量百分率 (%)	
	I 型	II 型
37.5	—	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	28~84
2.36	17~35	20~70
1.18	—	14~57
0.6	8~22	8~47
0.075	0~7	0~30

6.5.2 无机结合料冷再生混合料配合比设计宜按照 JTG/T F20 的有关规定执行。

6.5.3 经配合比设计确定的无机结合料冷再生混合料，其性能应符合表 23、表 24 的技术要求。

表 23 水泥冷再生混合料技术指标要求

交通荷载等级		极重、特重	重	中、轻
7d 龄期无侧限抗压强度 (MPa)	基层	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
	底基层	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

表 24 石灰冷再生混合料技术指标要求

交通荷载等级		重及以上	中、轻
7d 龄期无侧限抗压强度 (MPa)	基层	—	≥0.8
	底基层	≥0.8	0.5~0.7

7 施工与检验

7.1 一般规定

7.1.1 再生沥青混合料施工的设备要求应符合 JTG/T 5521 的相关规定。

7.1.2 根据沥青混合料的再生类型，施工前应配备满足施工用要求的拌和设备、预热机、再生复拌机、摊铺机、压路机、运料车、沥青罐车等生产施工设备，并保证其处于良好的工作状态。

7.1.3 全深式冷再生施工要求应符合 JTG/T 5521 中的相关规定。

7.2 厂拌热再生施工

7.2.1 施工前应储备足够数量的、满足要求的粗细骨料、沥青、沥青再生剂（必要时）、矿粉、预处理后的沥青混合料回收料（RAP）等所需的各类材料。

7.2.2 施工前应检查下承层。下承层应密实平整，强度应符合设计要求，病害应进行处治。

7.2.3 正式施工前应按照 JTG F40 的有关规定铺筑试验段。

7.2.4 沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理和堆放应符合 JTG/T 5521 的相关规定。

7.2.5 再生沥青混合料的拌和时间应根据具体情况经试拌确定，拌和的混合料应均匀、无花白料。干拌时间宜比普通热拌再生沥青混合料延长 5~10s，总拌和时间宜比普通热拌沥青混合料延长 10~30s。各阶段拌和时间宜在表 25 规定的范围内。

表 25 厂拌热再生沥青混合料拌和时间

项目	RAP	再生剂	新骨料	新沥青	矿粉
拌和时间（s）	10~15		10~15	15~20	20~25
总拌和时间（s）	55~75				

7.2.6 再生沥青混合料的生产温度应符合下列规定：

- a) 拌和时应适当提高新骨料的加热温度，但最高不宜超过 200℃；
- b) 沥青混合料回收料（RAP）加热温度不宜低于 110℃，不宜超过 130℃；
- c) 再生沥青混合料出料温度应比相应类型的热拌沥青混合料高 5~10℃。

7.2.7 拌和过程中应避免沥青混合料（RAP）过热或加热不足的情况。RAP 过热、碳化时，应予废弃。

7.2.8 再生混合料拌和的其他要求，应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料的有关规定。

7.2.9 再生沥青混合料的运输应符合 JTG/T 5521 和 JTG F40 的相关规定。

7.2.10 再生沥青混合料的摊铺温度宜比相应的热拌沥青混合料摊铺温度提高 5~10℃

7.2.11 再生沥青混合料的松铺系数应由试验段确定。

7.2.12 摊铺机熨平板预热温度应不低于 110℃

7.2.13 再生沥青混合料摊铺的其他要求，应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料路面的有关规定。

7.2.14 再生沥青混合料的压实温度宜在 JTG F40 规定的对应的热拌沥青混合料压实温度基础上提高 5~10℃。

7.2.15 当边缘有挡板、路缘石、未铣刨的路面等支挡时，压路机宜紧靠支挡碾压。当边缘无支挡时，压路机的外侧轮宜伸出边缘 100mm 以上碾压。

7.2.16 急弯路段宜采取直线式碾压，对压路机碾压不到的缺角位置宜使用小型机具压实。

- 7.2.17 再生沥青混合料压实的其他要求，应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料路面的有关规定。
- 7.2.18 厂拌热再生沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃后，方可开放交通。需要提早开放交通时，可洒水冷却降低混合料温度。
- 7.2.19 铺筑好的沥青层应严格控制交通，做好保护，保持整洁，不得造成污染，严禁在沥青层上堆放施工产生的土或杂物，严禁在已铺沥青层上制作水泥砂浆。
- 7.2.20 施工前按批次对预处理后的沥青再生剂、沥青混合料回收料（RAP）进行检验，其性能应符合本文件第 5.5.1 条和第 5.8.2 条的规定。
- 7.2.21 厂拌热再生沥青混合料施工过程中的质量控制与检验应符合 JTG/T 5521 和 JTG F40 中的相关规定。

7.3 就地热再生施工

- 7.3.1 施工前应做好技术、材料、设备、人员、交通组织、后勤保障等各方面的准备工作。
- 7.3.2 施工前应进行现场周边环境调查，对可能受到影响的植物隔离带、树木、加油站等提前采取防护措施。
- 7.3.3 施工前应对就地热再生无法修复的路面病害进行预处理，并应符合下列规定：
- a) 破损松散类病害的深度超过就地热再生施工深度时，应予挖补；
 - b) 根据再生设备不同，深度为 30~50mm 的变形类病害，再生前应进行铣刨处理；
 - c) 影响热再生工程质量的路面裂缝应预先处理。
- 7.3.4 原路面特殊部位的预处理应满足下列要求：
- a) 采用铣刨机沿行车方向将伸缩缝和井盖后端铣刨 2~5m，前端铣刨 1~2m，铣刨深度 30~50mm，再生施工时应采用新沥青混合料或再生沥青混合料铺筑；
 - b) 原路面上的标线、突起路标、灌缝胶等应清除；
 - c) 桥梁伸缩装置应采用隔热板进行保护。
- 7.3.5 正式施工前应铺筑试验段，长度不宜小于 200m。通过铺筑试验段应完成下列工作内容：
- a) 检验再生设备的性能是否满足施工需要；
 - b) 确定再生设备加热时间、加热温度及施工速度等施工工艺和参数；
 - c) 验证混合料配合比设计，检验新材料的添加组成和添加量以及最佳沥青用量；
 - d) 检测压实度、渗水系数等性能指标；
 - e) 检验质量控制方案的可行性。
- 7.3.6 路面加热应满足以下要求：
- a) 原路面应充分加热。不应因加热温度不足造成翻松时骨料破损，也不应因加热温度过高造成沥青过度老化；
 - b) 再生机组各设备应保持合理间距，加热机和具备翻松功能的机具最大间距不宜超过 2m；
 - c) 原路面加热宽度比翻松宽度每侧应至少宽出 200mm；
 - d) 纵缝搭接处，加热宽度应超过搭接边线 150~200mm。

7.3.7 路面翻松应满足下列要求：

- a) 翻松深度应均匀。翻松深度变化时应缓慢渐变；
- b) 翻松面应有较好的粗糙度；
- c) 翻松前路表温度，普通沥青路面应不高于 185℃，改性沥青路面应不高于 200℃。翻松后裸露面的温度，普通沥青路面应高于 85℃，改性沥青路面应高于 100℃。

7.3.8 添加沥青再生剂、新沥青、新沥青混合料等新材料应满足下列要求：

- a) 新材料的添加量应根据再生沥青混合料配合比设计结果确定；
- b) 新材料应均匀添加、精确控制；
- c) 施工过程中应根据再生路段状况适时调整新材料的用量。

7.3.9 摊铺速度应与加热设备行进速度保持协调一致，宜为 1.5~4m/min。摊铺混合料应均匀，无裂纹、离析等现象。

7.3.10 根据再生沥青混合料类型与再生层厚度，调整摊铺时振捣的频率与振幅，提高混合料的初始密实度。

7.3.11 普通沥青再生混合料摊铺温度不宜低于 120℃；改性沥青再生混合料摊铺温度不宜低于 130℃；熨平板预热温度不宜低于 110℃。

7.3.12 压实应紧跟摊铺机进行。使用双钢轮压路机压实时宜减少喷水，使用轮胎压路机压实时不宜喷水。

7.3.13 对大型机具无法压实的局部部位，应选用小型振动压路机或者振动夯板配合碾压。

7.3.14 开放交通时路面温度应低于 50℃。

7.3.15 施工过程的材料技术指标检验应符合 JTG F40 的有关规定。此外，还应按批次对沥青再生剂进行检验，其技术指标应满足本文件 5.5 节的相关规定。

7.3.16 就地热再生沥青混合料施工过程中的质量控制与检验应符合 JTG/T 5521 中的相关规定。

7.4 厂拌冷再生施工

7.4.1 施工前应准备足够数量的、满足要求的粗细骨料、沥青、矿粉、水泥、预处理后的沥青混合料回收料（RAP）等生产所需的各类材料。

7.4.2 施工前应检查下承层。下承层应密实平整，强度应符合设计要求，病害应进行处治。

7.4.3 正式施工前应铺筑试验段，长度不宜小于 200m。通过铺筑试验段应完成下列工作内容：

- a) 检验再生设备的性能是否满足施工需要；
- b) 确定施工工艺和参数；
- c) 验证混合料配合比设计；
- d) 检测压实度、渗水系数等性能指标；
- e) 建立设备仪表显示值与实际值的相关关系，检验质量控制方案的可行性。

7.4.4 沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理和堆放应符合 JTG/T 5521 的相关规定。

7.4.5 无机回收料（RAI）的回收、预处理和堆放应符合下列规定：

- a) 不同料源、品种、规格的无机回收料（RAI）宜分开进行破、筛分等预处理；
- b) 对粒径超过 37.5mm 的无机回收料（RAI），应使用破碎机进行破碎；
- c) 根据再生混合料的最大公称粒径合理选择筛网尺寸，应将无机回收料（RAI）筛分成两档或者三档；
- d) 预处理后的无机回收料（RAI）应分开堆放。

7.4.6 生产泡沫沥青冷再生混合料时，沥青温度不应低于设计的沥青发泡温度。生产乳化沥青冷再生混合料时，乳化沥青应无结团、破乳现象，乳化沥青温度不应超过 60℃。

7.4.7 拌和时应随时检查各料仓出料口、沥青喷嘴、沥青泵、管道等是否受堵，发现堵塞时应及时清理。

7.4.8 拌和后的冷再生混合料应均匀，无结团成块、流淌等现象。

7.4.9 混合料应选用载质量 15t 以上的自卸车运输，自卸车数量应满足连续摊铺施工需要。

7.4.10 拌和好的冷再生混合料应及时运至施工现场完成摊铺和压实。

7.4.11 运料车装料时宜前后移动位置，平衡装料，避免混合料离析。

7.4.12 混合料运输及等待摊铺过程中，宜采用厚苫布等覆盖车厢，避免混合料污染、雨淋、提前硬结，运料车每次使用前后应清扫干净，宜在车厢板上喷涂隔离剂。

7.4.13 厂拌冷再生沥青混合料的摊铺应符合以下要求：

- a) 再生沥青混合料宜采用摊铺机摊铺，熨平板不需要加热。用于三级及四级公路时可采用平地机摊铺；
- b) 摊铺前应检查摊铺机的刮板输送机、螺旋布料器、振动梁、熨平板、厚度调节器等工作装置和调节机构，确认处于正常工作状态。熨平板振频振幅以高频低幅为宜，初始密实度宜调整至 85%以上；
- c) 摊铺应均匀、连续，速度宜控制在 2~4m/min。应避免明显离析、波浪、裂缝、拖痕等现象；
- d) 厂拌冷再生沥青混合料的松铺系数应根据试验段确定；
- e) 摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱和横坡，发现问题及时调整。

7.4.14 厂拌冷再生沥青混合料的压实应符合以下要求：

- a) 混合料应采用试验段确定的碾压工艺进行压实；
- b) 混合料宜在最佳含水率情况下碾压，避免出现弹簧、松散、起皮等现象；
- c) 压路机的碾压速度应均匀，初压速度宜为 1.5~3km/h，复压和终压速度宜为 2~4km/h；
- d) 对大型机具无法压实的局部部位，应选用小型振动压路机或者振动夯板配合碾压。

7.4.15 乳化沥青或泡沫沥青冷再生层宜在封闭交通条件下自然养生，养生时间不宜少于 7d，不应少于 48h。养生时间达到 7d 的冷再生层，可进行下一步工序施工。当满足下列两个条件之一时，可提前结束养生：

- a) 再生层使用 $\phi 150\text{mm}$ 钻头的钻芯机可取出完整的芯样；

b) 再生层含水率低于 2%。

7.4.16 无机结合料再生混合料结构层宜选择洒水、薄膜覆盖、土工布覆盖、草帘覆盖、铺设湿沙、喷洒乳化沥青等方式进行养生，养生时间不宜少于 7d。其他养生要求可参照 JTG/T F20 执行。

7.4.17 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。严禁车辆在再生层上掉头和紧急制动。

7.4.18 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，宜采用封层进行表面处理。

7.4.19 厂拌冷再生沥青混合料施工过程中的质量控制与检验应符合 JTG/T 5521-中的相关规定。

7.5 就地冷再生施工

7.5.1 施工前应做好技术、材料、设备、人员、交通组织、后勤保障等各方面的准备工作。

7.5.2 正式施工前应铺筑试验段，长度不宜小于 200m。通过铺筑试验段应完成下列工作内容：

- a) 检验再生设备的性能是否满足施工需要；
- b) 确定就地冷再生机参数设置、铣刨深度、再生速度、摊铺工艺、压实工艺、合理施工作业段长度、养生时间等施工工艺和参数；
- c) 验证混合料配合比设计；
- d) 检测压实度、渗水系数等性能指标；
- e) 建立就地冷再生机仪表显示值与实际值的相关关系，检验质量控制方案的可行性和可操作性等。

7.5.3 需要分幅完成再生作业时，每个作业段长度的确定应综合考虑施工季节、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，宜控制在 100~200m 范围内。

7.5.4 施工前应清除原路面上的杂物，根据再生厚度、宽度、干密度等计算单位面积沥青再生结合料、新骨料、水泥等的用量。将新骨料、水泥均匀撒布到原路面上，有条件的宜采用水泥制浆车添加水泥。

7.5.5 就地冷再生的施工应按试验段确定的再生工艺进行。

7.5.6 再生机组应匀速、连续地进行再生作业，按设定再生深度对路面进行铣刨、拌和，不得随意变更速度或者中途停顿，再生施工速度宜为 3~6m/min。

7.5.7 纵向接缝搭接宽度不宜小于 100mm。当搭接宽度超过再生机沥青喷嘴和水喷嘴的有效喷洒宽度时，后一幅施工时应关闭相应位置的沥青和水的喷嘴。

7.5.8 每一幅的再生宽度应根据设计再生宽度、再生机铣刨宽度、施工组织便捷性等合理确定，减少纵向接缝数量，且宜使纵向接缝避开车道轮迹带的位置。

7.5.9 横向搭接处的施工应符合下列规定：

- a) 再生停机时间短于水泥初凝时间时，应将再生机退至其铣刨转子之后至少 1.5m 的位置，重新开始再生作业；

- b) 再生停机时间超过水泥初凝时间时,应在搭接处重新撒布水泥,但无须再次添加新料、乳化沥青或泡沫沥青,重新开始再生作业。
- 7.5.10 混合料宜采用摊铺机或者带有摊铺装置的再生机进行摊铺。原路面平整度较差或对冷再生层平整度要求较高时,不宜采用再生机自带的摊铺装置进行摊铺。三级和四级公路也可使平地机进行摊铺。
- 7.5.11 使用摊铺机摊铺时,应符合下列规定:
- a) 摊铺应均匀、连续,速度宜控制在 2~4m/min 的范围内,且不得随意变换速度或者中途停顿。
 - b) 摊铺能力应与再生能力基本匹配。应在水泥初凝时间范围内完成材料摊铺压实。
 - c) 松铺系数应根据试验段的结果确定。
 - d) 摊铺机的摊铺宽度应与再生铣刨宽度保持一致。
 - e) 可根据工程需要选择高程控制、平衡梁、雪橇式等摊铺厚度控制方式。
- 7.5.12 使用带摊铺装置的再生机进行摊铺时,应满足下列要求:
- a) 摊铺应匀速、连续,速度宜控制在 2~4m/min 的范围内,且不得随意变换速度或者中途停顿;
 - b) 摊铺厚度应合理,使单位时间内摊铺槽进出材料数量基本平衡,不得出现缺料或者溢料的情况;
 - c) 松铺系数应根据试验段的结果确定;
 - d) 摊铺机的摊铺宽度应与再生铣刨宽度保持一致。
- 7.5.13 摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱和横坡等,发现问题应及时调整。
- 7.5.14 摊铺出的再生沥青混合料不应出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕,发现问题应及时处理。
- 7.5.15 压实采用流水作业法,使各工序紧密衔接,缩短从拌和到完成碾压之间的延迟时间。
- 7.5.16 混合料宜在最佳含水率情况下碾压,避免出现弹簧、松散、起皮等现象。
- 7.5.17 终压前可采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。
- 7.5.18 养生与开放交通应符合本文件 7.4.15~7.4.18 条的规定。
- 7.5.19 就地冷再生沥青混合料施工过程中的质量控制与检验应符合 JTG/T 5521 中的相关规定。

附录 A

(规范性)

沥青路面回收料 (RMAP) 取样与试验分析

A.1 现场取样

A.1.1 现场取样适用于就地热再生、就地冷再生、全深式冷再生工程的前期调查和混合料设计用沥青路面回收料 (RMAP) 的获取, 以及厂拌热再生、厂拌冷再生工程的前期调查。

A.1.2 取样频率和方法应符合下列规定:

- 分析路面结构和路面维修记录, 根据路面状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。
- 按照现 JTG 3450 随机取样方法确定取样点位置。
- 就地热再生, 每个子路段每个车道应分别取样 1 处, 采用机械切割方法, 样品取回后根据需要将要求深度范围内的混合料切割使用。
- 厂拌热再生、厂拌冷再生, 每个子路段取样断面数应不少于 2 个, 可采用铣刨机铣刨方法获得样品。
- 就地冷再生、全深式冷再生, 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。
- 根据需要, 宜一次性获取足够数量的沥青路面回收料 (RMAP)。

A.2 拌合厂料堆取样

A.2.1 拌和厂料堆取样适用于厂拌热再生、厂拌冷再生工程的前期调查, 以及混合料设计用沥青路面回收料 (RMAP) 的获取。

A.2.2 取样方法参照 JTG E42 粗骨料料堆取样法。对于沥青混合料回收料 (RAP), 取样前应去除表面 150~250mm 深度范围内的部分。

A.2.3 根据需要, 一次性获取足够数量的沥青路面回收料 (RMAP)。

A.3 试样存放

A.3.1 试样存应符合下列要求:

- 试样应存放在干净、干燥阴凉处, 妥善保管备用。
- 试样级配类型、取样日期、层位和桩号等信息应标明, 防止试样污染或相互混杂。

A.4 试样缩分

A.4.1 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.4.2 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.5 沥青路面回收料（RMAP）评价

A.5.1 根据烘干前后沥青路面回收料（RMAP）质量的变化，按式（A.1）计算沥青路面回收料（RMAP）的含水率 ω 。试验方法参照 JTG E42 中 T 0305 进行，烘箱加热温度调整为 105℃恒温。

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

式中：

ω ——沥青路面回收料（RMAP）的含水率（%）；

m_w ——沥青路面回收料（RMAP）的质量（g）；

m_d ——沥青路面回收料（RMAP）烘干至恒重的质量（g）。

A.5.2 对沥青路面回收料（RMAP）进行筛分试验，确定沥青路面回收料（RMAP）的级配。试验方法参照 JTG E42 中 T 0302 进行，材料加热温度调整为 60℃恒温，采用干筛法。

A.5.3 测试沥青路面回收料（RMAP）的砂当量，首先将沥青路面回收料（RMAP）加热干燥至恒重，加热温度为 60℃；然后，用 4.75mm 筛筛除沥青路面回收料（RMAP）中的粗颗粒，进行砂当量指标检测。试验方法参照 JTG E42 中 T 0334 进行。

A.5.4 沥青混合料回收料（RAP）的沥青含量和沥青性能测试应按下列要求进行：

- 将 RAP 加热干燥至恒重，加热温度为 60℃。
- 按照 JTG E20 中 T 0726 阿布森法从沥青混合料回收料（RAP）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。
- 检测沥青含量和回收沥青的 25℃针入度、60℃黏度、软化点、15℃延度等指标。
- 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；沥青混合料回收料（RAP）来源发生变化时。
- 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.5.5 沥青混合料回收料（RAP）的矿料级配和骨料性质测试应符合下列要求：

- 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，确定沥青混合料回收料（RAP）中的旧矿料级配。沥青混合料回收料（RAP）的沥青含量与级配也可采用燃烧法确定。若在燃烧过程中，骨料由于高温导致破碎，则不宜采用该法。
- 沥青混合料回收料（RAP）中骨料性质应按相关行业规范进行检验。

附录 B

(规范性)

泡沫沥青发泡试验方法

B.1 一般规定

B.1.1 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 0.1s）；测量桶（直径为 275mm，容积为 20L）。

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。发泡温度一般为 155~175℃，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 500g。

B.3.4 设定水流量计，使水流量达到要求的用水量。

B.3.5 泡沫沥青制作出后，立即将其喷射到加热至 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 0.1s，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 W_1 和容许半衰期对应的用水量 W_2 。当容许膨胀率对应的用水量 W_1 低于 1.5%时取值 1.5%，当容许半衰期对应的用水量 W_2 超过 4.0%时取值 4.0%。然后按式 (B.1) 计算最佳发泡用水量 W_{opt} 。

$$W_{opt} = (W_1 + W_2) / 2 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

B.3.8 试验用水量范围内的膨胀率、半衰期不能达到本文件表 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、标号或者采取其他技术措施后重新试验，直至满足要求。

B.4 沥青发泡试验报告

B.4.1 沥青发泡试验报告至少应包括下列内容：

- 沥青最佳发泡温度；
- 沥青最佳发泡水量；
- 最佳发泡温度和发泡水量条件下的膨胀率、半衰期指标；
- 发泡设备参数等信息。