

ICS 93.080.20

CCS P 66

DB 21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/T 1847—2025

代替DB21/T 1847-2010

沥青路面厂拌热再生技术规程

Technical specification for central plant hot recycling
of asphalt pavement

2025 - 08 - 30 发布

2025 - 09 - 30 实施

辽宁省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 材料要求 2

 5.1 沥青混合料回收料（RAP） 2

 5.2 外加剂 4

 5.3 沥青胶结料 5

 5.4 矿料 5

6 配合比设计 5

7 施工 5

 7.1 设备要求 5

 7.2 施工准备 6

 7.3 沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理和堆放 6

 7.4 拌和 7

 7.5 运输、摊铺、压实和养生开放交通 7

8 质量管理和控制 7

附录 A （资料性） RAP 沥青含量试验（全自动沥青混合料抽提仪法） 8

附录 B （资料性） FRAP 假颗粒含量试验方法（燃烧法） 10

附录 C （资料性） 《沥青路面厂拌热再生技术规程》条文说明 12

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。

本文件代替DB21/T 1847-2010《沥青路面厂拌热再生技术指南》。与DB21/T 1847-2010相比，除编辑性修改外，主要变化如下：

- a) 术语和定义：增加了精细加工、RAP 精细加工材料、假颗粒、假颗粒含量的定义（见 3.5～3.8）；
- b) 取消了“对下承层的要求”（见 2010 年版第 3 章），相应内容放入施工准备章节（见 7.2.1）；
- c) 增加了沥青混合料回收料（RAP）的分类与适用范围（见 5.1.2）；
- d) 增加了 RAP 精细加工材料（FRAP）粗集料、细集料材料分档和假颗粒含量技术要求（见 5.1.6～5.1.8）；
- e) 增加了 RAP 精细加工设备要求（见 7.1.2）；
- f) 修改拌和过程中 RAP 加热温度、拌和设备要求（见 7.4.1～7.4.2，2010 版 6.1.2）；
- g) 质量管理增加了 FRAP 假颗粒含量检测频率和技术要求（见表 8）；
- h) 增加了 RAP 沥青含量试验（全自动沥青混合料抽提仪法）、FRAP 假颗粒含量试验方法（燃烧法）附录（见附录 A、附录 B）。

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。

本文件由辽宁省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省交通科学研究院有限责任公司、辽宁省交通建设投资集团有限责任公司、辽宁省高速公路运营管理有限责任公司、辽宁交投养护工程有限责任公司、沈阳建筑大学。

本文件主要起草人：高立波、曹继伟、杨彦海、孙继伟、霍继辉、刘云全、詹世佐、胡伟、孙和山、王鑫、朱建平、周健楠、王昕、白杨、范兴华、任俊达、张哲诚、王岳伟、桂允成、王洋、王森、张茁峰、赵宏天、黄硕磊、张怀志、孙培、吴耀东、李洪斌、闫大伟、高扬、李卓琳、刘乃滔、王枫成、常效境、杨宇婷、刘莉、刘赫、李巍、高明、张树庄、宋运良、马飞龙、戴康瑜、王春明。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2010 年首次发布为 DB21/T 1847-2010；

——本次为第一次修订。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有任何问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址：沈阳市和平区十三纬路19号，联系电话：024-23867960。

文件起草单位通讯地址：沈阳市沈河区文萃路81号，联系电话：024-24512416。

引 言

本文件是为了规范厂拌热再生沥青路面的设计与施工方法，积极稳妥地推动这项技术在辽宁省公路建设和养护工程中的应用，结合辽宁省公路建设的实践经验及相关科研成果，对原地方标准进行修订，本文件共分为8章，3个附录，主要技术内容包括：术语、材料要求、配合比设计、施工、质量管理和控制、附录等。

DB21/T 1847-2010自2010年发布实施已十四年，这期间与标准起草有关的标准以及国内行业规范规则都发生了变化。鉴于此，确有必要修订完善DB21/T 1847，以不断适应国内相关标准的新变化以及厂拌热再生技术与设备发展的新需求。

沥青路面厂拌热再生技术规程

1 范围

本文件规定了沥青路面厂拌热再生的设计、施工和设备要求。
本文件适用于各等级公路沥青路面厂拌热再生工程。

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 3432 公路工程集料试验规程
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 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 第一册 土建工程

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

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。
[来源：JTG/T 5521-2019，2.1.5]

3.3

厂拌热再生 hot central plant 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。
[来源：JTG/T 5521-2019，2.1.6]

3.4

再生沥青混合料 recycled asphalt mixture (RAM)

含有沥青混合料回收料 (RAP) 的混合料。

3.5

精细加工 fine processing

通过高速旋转、碰撞等方式，对RAP进行一次或多次机械剥离加工，以及多级防粘筛分，使RAP假颗粒含量大幅度减少的处理过程。

3.6

RAP精细加工材料 RAP fine processed materials (FRAP)

通过精细加工后得到的不同规格的RAP材料。

3.7

假颗粒 false particles

RAP中多个单颗粒粘聚在一起形成的团粒。

3.8

假颗粒含量 false particle content

假颗粒占FRAP料的质量百分比，以FRAP抽提或燃烧前后分计筛余率偏差的绝对值来表征。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FRAP: 精细加工后的RAP (RAP fine processed materials)

RAP: 沥青混合料回收料 (reclaimed asphalt pavement)

RMA: 再生改性剂 (rejuvenating modifier agent)

RAM: 再生沥青混合料 (recycled asphalt mixture)

WRA: 温拌沥青再生剂 (warm mix rejuvenating agent)

5 材料要求

5.1 沥青混合料回收料 (RAP)

5.1.1 沥青混合料回收料 (RAP) 最大粒径应小于再生沥青混合料 (RAM) 最大公称粒径，并根据需要采用普通筛分、普通破碎、精细分离等预处理方式将其分成 2~4 档。

5.1.2 沥青混合料回收料 (RAP) 根据预处理方式、精细分离程度的不同分为两类，其中 I 类为 RAP 精细分离加工材料 (FRAP)，II 类为 RAP 简单破碎材料 (CRAP)。不同类别 RAP 的适用范围规定见表 1。

表 1 沥青混合料回收料 (RAP) 类别

RAP类别	适用范围
I (FRAP)	表面层: 沥青玛蹄脂碎石混合料 (SMA)、超薄磨耗层等表面层、微表处等 中、下面层: 厂拌热再生沥青混合料
II (CRAP)	中、下面层: 厂拌热再生沥青混合料 (RAP掺量≤30%)

- 5.1.3 I类RAP (FRAP) 宜采用转子式离心破碎机、防粘筛分等设备经过精细分离加工得到, II类RAP (CRAP) 可采用对辊式破碎机、反击式破碎机等设备进行破碎、筛分得到。
- 5.1.4 经过预处理的沥青混合料回收料 (RAP) 的技术指标要求宜符合表 2 的规定。

表 2 RAP 技术要求

材 料	检测项目	技术要求		试验方法
		I类 (FRAP)	II类	
预处理后的 RAP	含水率 (%)	≤3	≤3	现行 JTG/T 5521 附录B
	矿料级配	满足本文件要求	实测	T0302
	沥青含量 (%)	满足设计要求	实测	T0726
	4.75mm以下的RAP 砂当量 (%)	≥60	≥60	现行JTG/T 5521
	表观相对密度	满足设计要求	满足设计要求	T0304或T0308 T0328或T0330
	针片状颗粒含量 (%)	≤15	≤15	T0312
	压碎值	满足设计要求	满足设计要求	T0316
	4.75mm以下的RAP棱角性	满足设计要求	满足设计要求	T0344或T0345
	假颗粒含量 (%)	满足本文件要求	满足本文件要求	附录A
RAP中的 沥青	25℃针入度 (0.1mm)	≥10	≥10	T0604

注：对于燃烧法不会对石质产生破坏的材料，可用燃烧法替代抽提法获得粗、细集料用于检测。

- 5.1.5 经过预处理的沥青混合料回收料 (RAP) 应尽快使用, 不宜长期存放, 应避免离析、结团。
- 5.1.6 RAP 精细加工材料 (FRAP) 粗集料的粒径规格宜符合表 3 的规定。

表 3 FRAP 粗集料规格

规格名称	公称粒径 mm	通过以下筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
FRS7	10~30	100	90~100				0~40	0~30		
FRS9	10~20			100	80~100		0~40	0~30	0~20	
FRS10	10~15				100	70~100	0~40	0~30	0~20	0~15
FRS12	5~10					100	80~100	0~30	0~20	0~15
FRS14	3~5						100	80~100	0~40	0~20

注1：为燃烧法或抽提法试验后集料规格，供配合比设计和施工过程质量控制参照执行。

注2：根据工程实际需要亦可选用其他规格材料。

- 5.1.7 RAP 精细加工材料 (FRAP) 细集料的粒径规格宜符合表 4 的规定。
- 5.1.8 RAP 精细加工材料 (FRAP) 假颗粒含量应符合表 5 的规定。

表 4 FRAP 细集料规格

规格名称	公称粒径 mm	通过以下筛孔（mm）的质量百分率（%）							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
FRS15	0~5	100	80~100	50~80	30~60	20~55	10~40	7~25	0~20
FRS16	0~3	100	95~100	70~100	50~80	30~60	10~45	10~40	0~25
注1：为燃烧法或抽提法试验后集料规格，供配合比设计和施工过程质量控制参照执行。									
注2：根据工程实际需要亦可选用其他规格材料。									

表 5 FRAP 假颗粒含量技术要求

应用层位	规格名称	公称粒径 （mm）	以下筛孔（mm）假颗粒含量（%）不大于							
			19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
表面层	FRS7	10~30	10		10					
	FRS9	10~20		10	10					
	FRS10	10~15		10	10					
	FRS12	5~10				10	10			
	FRS14	3~5					10		10	
	FRS15	0~5					10	5	5	
	FRS16	0~3						10	5	5
中、下面层	FRS7	10~30	20		20					
	FRS9	10~20		20	20					
	FRS12	5~10				20	10			
	FRS15	0~5					15		10	
注：当应用于表面层的FRAP来源于沥青路面表面层含灌密封胶铣刨料时，4.75mm以上FRAP假颗粒含量指标可放宽至不大于15%。										

5.2 外加剂

5.2.1 沥青再生剂技术要求应符合表 6 的规定，其掺量应通过试验确定，一般为 RAP 质量的 0.3%~0.4%。

表 6 沥青再生剂技术要求

检测项目	WRA	RA	检测方法
外观	液体	液体	—
60℃运动黏度（mm ² /s）	20~80	50~175	T 0619
闪点（℃）	≥220	≥220	T 0611
饱和分含量（%）	≤30	≤30	T 0618
芳香分含量（%）	≥60	≥60	T 0618
薄膜烘箱试验前后黏度比	≤3	≤3	T 0619
薄膜烘箱试验后质量变化（%）	[-4, 4]	[-4, 4]	T 0609或T 0610
密度 15℃（g/cm ³ ）	实测记录	实测记录	T 0603
注1：薄膜烘箱前后黏度比=试样薄膜烘箱后黏度/试样薄膜烘箱前黏度；			
注2：WRA温拌再生剂温拌效果通过室内旋转压实试验验证，拌和温度可降低10℃以上；			

5.2.2 再生改性剂（RMA）技术要求宜符合表 7 的规定，其掺量应通过试验确定，一般为 RAP 重量的 0.2%~0.6%。

表 7 再生改性剂（RMA）技术要求

项目	指标	检测方法
外观	固体颗粒状	—
密度（g/cm ³ ）	<0.99	GB/T 4472-2011
熔点（℃）	130~170	GB/T 19466.3-2004
熔体质量流动速率（g/10min）	>2	GB/T 3682.1-2018

5.3 沥青胶结料

5.3.1 沥青胶结料技术指标选定宜按公路等级、气候条件、交通条件、路面类型及在结构层中的层位及受力特点、施工方法等，结合当地的使用经验确定。

5.3.2 厂拌热再生沥青混合料使用的道路石油沥青、改性沥青，应符合现行 JTG F40 的有关规定。

5.4 矿料

5.4.1 新加入的矿料应符合现行 JTG F40 中粗集料、细集料、填料的要求。

5.4.2 当 RAP 中集料不符合现行 JTG F40 的有关规定时，应通过调整 RAP 掺配比例使新旧集料混合后的集料质量符合有关规定。

6 配合比设计

6.1 厂拌热再生的混合料类型、矿料级配应符合现行 JTG F40 的有关规定。

6.2 厂拌热再生沥青混合料配合比设计方法应按现行 JTG/T 5521 的设计方法进行设计，其性能应符合现行 JTG F40 中相应热拌沥青混合料类型的技术要求。

6.3 配合比设计时，应采用抽提仪法和旋转蒸馏器检测 RAP 沥青含量，具体方法见本文件附录 A。

6.4 再生改性剂的选用应根据 RAP 中沥青老化程度、RAP 掺配比例、再生方式、再生沥青混合料技术指标要求、以及沥青配伍性等因素，通过试验确定。

6.5 沥青再生剂和再生改性剂技术要求满足本文件 5.2 规定。

6.6 RAP 应按本文件表 1 的规定进行分类，并选用符合要求的材料。

7 施工

7.1 设备要求

7.1.1 厂拌热再生混合料生产设备应符合现行 JTG/T 5521 的有关规定，并宜满足下列要求：

- a) 宜采用整体式拌和设备。
- b) 根据实际生产需要，可配备至少 3 个沥青混合料回收料（RAP）冷料仓。
- c) 应根据需要配备沥青再生剂的储存、计量、喷洒装置，保证再生剂均匀喷洒在 RAP 表面。

7.1.2 精细分离加工设备可选用楼式或平铺式结构，由原料供给、剥离、筛分、控制、除尘等系统组成，额定生产能力应根据工程需要确定，宜不小于 80 t/h，并宜符合以下要求：

- a) 原料供给系统物料仓具有助流破拱、防堵过滤栅格及声光报警等装置，进口尺寸与容积满足生产能力需要，并采用变频电机驱动调整给料量。

- b) 剥离系统采用具有变频控制功能的立轴冲击破碎机, 其功率不小于 160kW, 并设置专用的砧板或反击板, 提高 RAP 剥离效果。
- c) 筛分系统选用防粘结、更换方便、易于清理的筛网和装置, 各档级配的混筛率不大于 20%。
- d) 控制系统宜采用全电脑控制与监控显示中央控制管理系统。
- e) 除尘系统宜对分离主机、筛分设备、皮带机的落料点等有扬尘部位进行集中负压除尘处理。

7.1.3 普通 RAP 预处理设备可选择对辊式破碎机、反击式破碎机等设备。

7.2 施工准备

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

7.2.2 施工准备的其他要求,应符合现行 JTG/T 5521 的有关规定。

7.3 沥青混合料回收料 (RAP) 的回收、预处理和堆放

7.3.1 沥青混合料回收料(RAP)应干燥、洁净,不得混入基层废料。

7.3.2 不同来源、不同沥青含量、不同矿料级配的沥青混合料回收料（RAP）应分开堆放，不得混杂，保证材料品质均匀。

7.3.3 沥青混合料回收料(RAP)应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地面上,且应设置防雨罩棚等防水措施。

7.3.4 精细分离加工工艺应根据具体工程需求合理确定,将沥青混合料回收料(RAP)精细分离成不少于3档成品料,且应符合表3~表5的规定。精细加工工艺流程示意如图1所示。

7.3.5 其他沥青混合料回收料(RAP)预处理加工工艺可参照精细分离加工工艺流程,采用“一破一筛”或“一破两筛”。

7.3.6 沥青混合料回收料（RAP）加工过程中所产生的粉尘、固体废弃物及噪声等不应超过国家或行业规定的相关限值。

7.3.7 沥青混合料回收料（RAP）的回收、预处理和堆放的其他要求，应符合现行 JTG/T 5521 的有关规定。

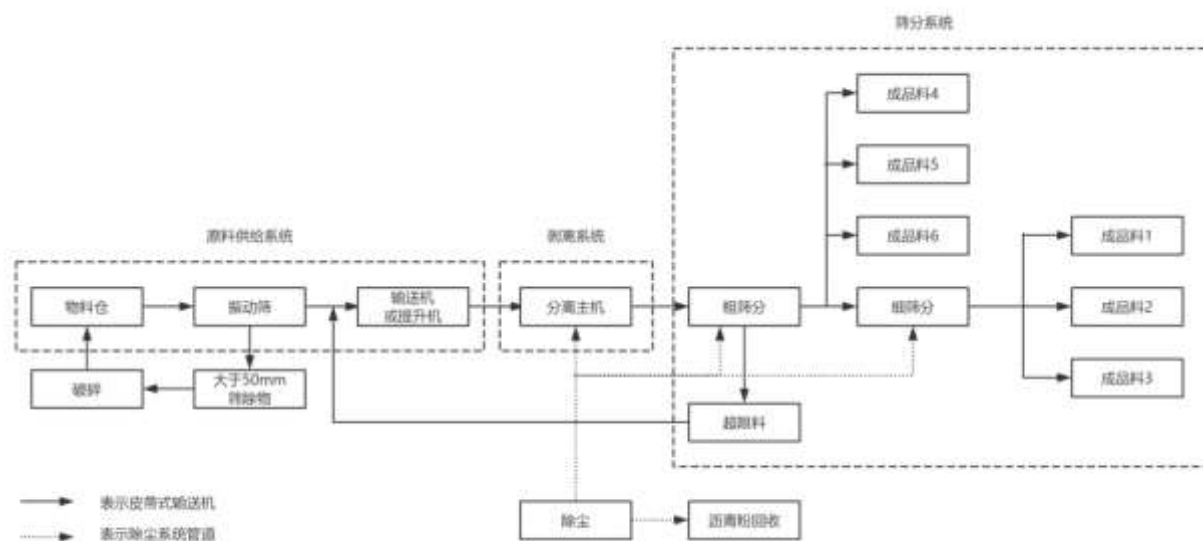


图1 精细分离加工工艺流程示意图

7.4 拌和

- 7.4.1 拌和除应符合 JTG/T 5521 有关规定外，还应符合下列规定：
- a) 液体再生剂宜喷洒在再生滚筒尾端流动的 RAP 表面。
 - b) 当 RAP 添加比例超过 30%时，应延长拌和时间 5s~10s。
 - c) 再生改性剂宜直接投入拌缸。
 - d) 适当提高新添加集料的加热温度，石灰岩加热温度最高不宜超过 200℃，玄武岩、辉绿岩等加热温度可适当提高，但不宜超过 220℃。
 - e) RAP 加热温度宜为 120℃~150℃。
- 7.4.2 再生沥青混合料出料温度宜比相应类型的热拌沥青混合料提高 5℃~10℃。当添加温拌再生剂时，出料温度可适当降低，具体应通过试验确定。

7.5 运输、摊铺、压实和养生开放交通

运输、摊铺、压实和养生开放交通应符合现行 JTG F40 及现行 JTG/T 5521 的有关规定。

8 质量管理和控制

- 8.1 施工前，应按批次对预处理后的沥青混合料回收料（RAP）、沥青再生剂进行检验，其技术指标应符合本文件 5.1 条和 5.2 条的规定。
- 8.2 施工过程中 RAP 的质量检验除应符合现行 JTG/T 5521 规定外，还应符合表 8 的规定。
- 8.3 施工质量标准与控制的其他要求，应符合现行 JTG F40 对热拌沥青混合料路面的有关规定。

表 8 FRAP 检验项目、频度与要求

检验项目		检测频率	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
RAP含水率（%）		每个工作日1次	≤3	≤3	JTG/T 5521 附录B
RAP中集料毛体积相对密度		1次/5000tRAP	实测	实测	T0722，T0304， T0330
RAP中矿料 级配	0.075mm筛孔通过率（%）	1次/2000tRAP	±3	±4	T0722，T0302， T0327
	>0.075mm筛孔通过率（%）	1次/2000tRAP	±8	±10	
RAP中沥青	含量（%）	1次/2000tRAP	±0.5	±0.6	附录A
	25℃针入度（0.1mm）	1次/5000tRAP	±6	±8	T0722或T0735
RAP假颗粒 含量	<2.36mm各筛孔假颗粒含量（%）	1次/2000tRAP	满足本文件要求	满足本文件要求	附录B
	≥2.36mm筛孔假颗粒含量（%）	1次/2000tRAP	满足本文件要求	满足本文件要求	
注1：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沥青混合料回收料的技术指标相比较的允许偏差。					
注2：表列内容是在材料进场时已按“批”进行全面检验的基础上，日常施工过程中质量检验的项目与要求。					
注3：假颗粒含量的要求仅针对I类RAP材料，即RAP精细加工材料（FRAP），对于II类RAP材料可不做要求。					

附 录 A

(资料性)

RAP 沥青含量试验 (全自动沥青混合料抽提仪法)

A.1 适用范围

本方法适用于采用全自动沥青混合料抽提仪测定RAP或FRAP材料中沥青含量。

A.2 仪器和材料

- A.2.1 全自动沥青混合料抽提仪;
- A.2.2 沥青蒸馏器;
- A.2.3 电子天平: 称量10kg, 感量0.1g;
- A.2.4 烘箱: 装有温度自动控制器;
- A.2.5 三氯乙烯;
- A.2.6 回收瓶;
- A.2.7 量筒;
- A.2.8 其他: 小铲、金属盘、大烧杯等。

A.3 试验准备

- A.3.1 准备一份RAP或FRAP, 试样质量1000g~1500g (粗粒式沥青混合料用高限, 细粒式用低限, 中粒式用中限), 精确至0.1g。
- A.3.2 检查设备三氯乙烯剩余量, 保证充足。

A.4 试验方法与步骤

- A.4.1 将试样放在60℃±5℃的烘箱中烘至恒重, 读取其质量 m_1 。
- A.4.2 将过滤牛皮纸装入全自动沥青混合料抽提仪中矿粉回收容器中, 并称其质量 m_2 。
- A.4.3 试样冷却后放入全自动沥青混合料抽提仪中集料回收容器中, 并称取集料回收容器与试样的总质量 m_3 。
- A.4.4 打开全自动沥青混合料抽提仪, 试运行清洗循环2~3次, 待三氯乙烯观测口流出黑色三氯乙烯确定设备运转正常。
- A.4.5 设置清洗循环运行3~4次。
- A.4.6 取出矿粉和集料回收容器, 分别称其质量 m_4 和 m_5 。

A.5 计算

按公式 (A.1) 计算RAP中抽提沥青含量。

$$Q_a = \frac{m_3 - m_5 - (m_4 - m_2)}{m_1} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:
Qa—RAP 中抽提沥青含量 (%)。

A.6 报告

同一种材料至少平行试验两次，取平均值作为试验结果，两次试验结果的差值应小于0.3%，当大于0.3%但小于0.5%时，应补充平行试验一次，以三次试验的平均值作为试验结果，三次试验的最大值与最小值之差不得大于0.5%。

附 录 B
(资料性)
FRAP 假颗粒含量试验方法 (燃烧法)

B.1 适用范围

本方法适用于测定FRAP材料各筛孔假颗粒含量，供评定FRAP质量使用。

B.2 仪器与材料

- B.2.1 沥青混合料燃烧炉；
- B.2.2 标准筛：方孔筛，孔径0.075mm～26.5mm的套筛；
- B.2.3 电子天平：称量10kg，感量0.1g。
- B.2.4 摇筛机。
- B.2.5 烘箱：装有温度自动控制器。
- B.2.6 其他：铁铲、搪瓷盘、毛刷等。

B.3 试验准备

按照JTG/T 5521附录B取样方法从拌和厂料堆取样后缩分至所需数量，试样最小质量根据FRAP最大公称粒径按表B.1选用。

表 B.1 试样最小质量要求

公称最大粒径 (mm)	试样最小质量 (g)	公称最大粒径 (mm)	试样最小质量 (g)
2.36	1200	16	1800
4.75	1200	19	2000
9.5	1200	26.5	3000
13.2	1500		

B.4 试验步骤

- B.4.1 按照沥青混合料矿料级配设计要求，选用全部筛孔的标准筛，按大小顺序排列成套筛。
- B.4.2 FRAP燃烧前筛分试验方法参照现行JTG 3432 (T0302、0327)，材料加热温度调整为60℃恒温，采用干筛法。
- B.4.3 FRAP燃烧后筛分试验方法参照现行JTG E20 (T0735、T0725)。

B.5 计算

- B.5.1 试样的分计筛余百分率按公式 (B.1) 计算。

$$P_i = \frac{m_i}{m} \times 100$$

..... (B.1)

式中：

Pi— 筛孔 i 的分计筛余百分率 (%)；

m_i — 筛孔 i 筛上颗粒的质量 (g) ;

m — 试样的质量 (g) 。

B. 5. 2 分别计算出燃烧前和燃烧后试样各筛孔分计筛余百分率 P_i ，按公式 (B. 2) 计算差值，取绝对值即为FRAP筛孔 i 的假颗粒含量。

$$J_i = |P_i(\text{燃烧前}) - P_i(\text{燃烧后})| \dots\dots\dots (B. 2)$$

式中：

J_i — 筛孔 i 假颗粒含量 (%) 。

B. 6 报告

同一种材料至少取两个试样平行筛分试验两次，取平均值作为每号筛上的分计筛余百分率试验结果，报告各筛孔假颗粒含量，精确至0. 1%。

附录 C
(资料性)

《沥青路面厂拌热再生技术规程》条文说明

C.1 材料要求

C.1.1 分类

本文件5.1.2中, 根据工程需要, 将沥青混合料回收料 (RAP) 经预处理后分为两类: 经广泛调研, 结合辽宁省桓仁至永陵、西丰至开原、阜新至锦州高速公路、吉林省、山东省、北京市等地的工程应用实践, RAP精细加工材料可应用于大比例厂拌热再生、厂拌冷再生、微表处、冷补料、常温灌缝材料等多种再生方式中, 包括SMA、高模量、超薄磨耗层、应力吸收层、浇注式沥青混凝土等多种沥青混合料中。为使RAP的选择更加清晰明确, 将其分为两类: I类为RAP精细分离加工材料 (FRAP), II类为RAP简单破碎材料 (CRAP)。

C.1.2 含水率

本文件5.1.4中拌和水的比热容为4182J/(kg·℃), 是沥青的2.5倍, 是石料的5倍多, 而且水的汽化热为2260kJ/kg, 使水在其沸点 (100℃) 蒸发为水蒸气所需要的热量五倍于把等量水从1℃加热到100℃所需要的热量, 因此含水率高的RAP将严重影响再生混合料的拌和。为保证材料的有效加热、提高生产效率, 提出了FRAP含水率指标要求。

C.1.3 FRAP粗集料的粒径规格

本文件5.1.6中, 为更好控制FRAP材料稳定性, 本文件根据辽宁省桓永高速、阜锦等高速公路工程实践积累的试验数据, 提出了燃烧法或抽提法试验后FRAP粗集料规格, 供配合比设计和施工过程质量控制参照执行。

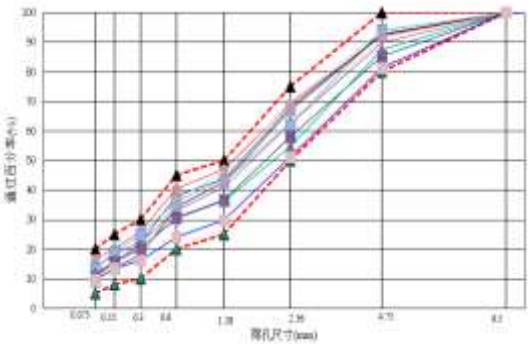


图 C.1 辽宁阜锦高速 FRS15 (0mm~5mm) 级配
监测数据

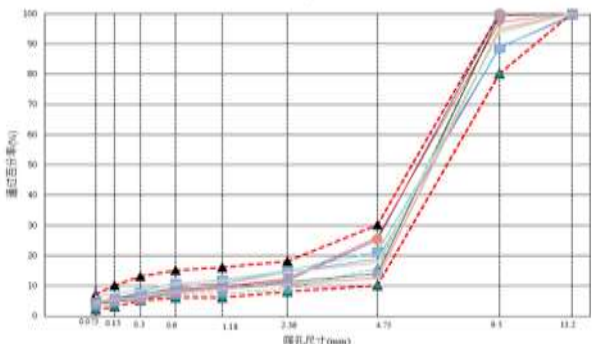


图 C.2 辽宁阜锦高速 FRS12 (5mm~10mm) 级配
监测数据

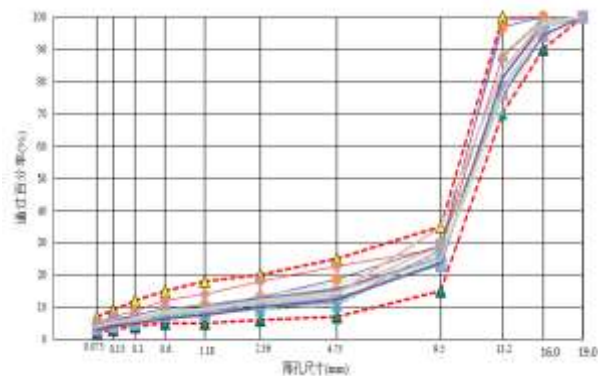


图 C.3 辽宁阜锦高速 FRS10（10mm~15mm）级配监测数据

C.1.4 FRAP细集料级配

本文件5.1.7中根据辽宁省桓永高速、阜锦等高速工程实践积累的数据，初步确定了FRAP细集料规格，供配合比设计和施工过程质量控制参照执行。

C.1.5 FRAP假颗粒含量技术要求

《公路沥青路面再生技术规范》（JTG T 5521）中对于厂拌热再生沥青混合料（RAP≤30%）和厂拌冷再生 RAP 没有关于假颗粒含量相关要求，为保证施工过程中再生沥青混合料级配稳定性，本文件对 I 类 RAP 做了假颗粒含量技术要求。

根据 FRAP 用途，一般将 FRAP 粗集料分成 FRS14（3mm~5mm）、FRS12（5mm~10mm）、FRS10（10mm~15mm）或 FRS9（10mm~20mm）或 FRS7（10~30mm）几档，将 FRAP 细集料分成 FRS16（0mm~3mm）或 FRS15（0mm~5mm）两档。规格名称 FRS 的表述参考现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中关于沥青混合料用粗、细集料的规格名称确定，根据工程实际需要亦可选用其他规格材料。

C.1.6 外加剂

本文件5.2.1中，研究表明，沥青再生剂的扩散渗透性能及促进新旧沥青的融合性能对保证再生沥青混合料的高低温性能尤为重要，因此提出具有温拌效果的WRA再生剂型号，可用于大比例再生沥青混合料中。

满足表6中某一型号技术要求的不同品质的沥青再生剂，其对某一沥青、某一RAP的再生效果可能存在很大差异。一种沥青再生剂满足表6所示的沥青再生剂标准，只是说明它作为产品是合格的，并不能说明其适合某一工程的技术需求，需通过沥青再生剂与RAP沥青的试验对其工程适用性进行判断。所谓沥青再生剂与沥青的配伍性，主要包括：沥青再生剂对沥青的再生效果、沥青再生剂与沥青的融合性、再生沥青的稳定性、沥青再生剂对再生混合料的性能改善效果等。此外，再生沥青的耐老化性能十分重要。目前，沥青再生剂产品质量良莠不齐，使得部分再生沥青的耐老化性能不佳，在热拌沥青混合料生产、施工过程中受到短期老化后，沥青再生效果损失严重。

本文件5.2.2中，为补偿FRAP中旧沥青性能，提高再生混合料高低温性能，提出在再生混合料中添加直投式再生改性剂（RMA），可与液体型再生剂联合使用，也可单独使用，且RMA配方可根据工程需求，进行“一路一设计”，物理指标可参照上表执行，经工程验证此技术方案应用效果良好。

C.2 配合比设计

本文件采用的是马歇尔设计方法，对于有条件的地区和项目，鼓励采用SUPERPAVE等先进设计方法进行厂拌热再生混合料设计，并提出相应的技术指标要求。

C.3 施工

C.3.1 设备要求

本文件7.1.2中，RAP精分离加工设备额定生产能力可根据生产需求及工程规模进行科学确定。以下剥离、筛分系统生产能力均与提出的RAP精分离额定生产能力80t/h相匹配而提出，若生产能力提高，则要求配套设备生产能力也要相应提高。

- a) 原料供给系统：原料供给系统一般包括物料仓、皮带输送机、振动筛、上料输送机或提升机及辅助设施。助流装置保证供料稳定，栅格防止异物进入系统；为适应不同工况条件下的供料要求，给料机的供料能力应可调整，一般应满足 50%~110%负荷范围内稳定运行。为减少回收料中含水率过大、土工布、渣土等对后续生产处理及产品质量的影响，供料设备可选配预筛分功能，如回收料中有粒径超过 40mm 物料，则需要配备预破碎功能。
- b) 剥离系统：精细分离主机系统建议采用离心式物理机械式分离方式，RAP 由转子中心进入后，高速旋转将骨料甩出打在特制的铁砧板上进行沥青剥离作业，将 RAP 分离为沥青含量很少的 FRAP 粗料和沥青含量富集的 FRAP 细料。砧板及反击板须专门设计，由特制的耐冲击耐磨堆焊板制成，使其有较高的使用寿命，并根据磨损情况及时更换。此分离方式在多条高速公路中应用效果较好。
- c) 筛分系统：精筛分设备宜选用多点驱动式概率筛，一种目前国际上最先进的全新的激振方式筛分技术，通过一对特殊结构的振动电机把以往的直线往复运动转换为高频、小振幅的摆动。从而使物料在筛网上不断地做抛物状运动，达到筛分目的。由于振动臂高频、小振幅的激打筛网，在工作过程中就可使堵在网眼的难筛颗粒不断脱落；在筛分工作完成后，保持振动臂持续激振（转换至清筛网频率）从而实现自动清理筛网的工作，从而解决沥青混合料回收料难筛分、易堵网的难题。
- d) 混筛率是指在颗粒物料筛分过程中，物料中的混杂料（物料总质量减去目标物料质量）与所筛选出的总物料质量比例。用于评估筛分设备的筛分效果和工艺的质量。混筛率通常以百分比形式表示，计算方法如下：混筛率=（混杂料质量/总物料质量）× 100%

C.3.2 RAP堆放区

本文件7.3.2中，RAP堆放区宜根据沥青和石料类型及来源不同分别存放，不同料源、品种、规格分开进行精细加工有困难时，可使用推土机、装载机等机具将不同的回收料进行均匀混合。均匀混合后的回收料可作为同一材料进行后续处理。

C.3.3 加工工艺

分离加工工艺流程，是基于工程规模化应用实践提出的，主要包括原料供给、剥离、粗筛分、细筛分、除尘、大料破碎、超粒径二次剥离等工艺。经初步工程验证，效果良好。

分离加工温度不宜高于35℃，回收沥青混合料含水率不宜大于3%。本文件7.3.4，根据不同温度、不同含水率对分离效果的影响试验研究表明，在较低温度、较小含水率条件下，RAP中骨料与沥青剥离效果较好。推荐最佳剥离温度在20℃以下，不宜超过35℃，条件允许可选择在冬季低温时进行剥离，经工程验证可明显降低FRAP假颗粒含量。此外，可通过降低含水率、提高剥离频率获得较好剥离效果。

表 C.1 2024 年辽宁盘海营高速 FRAP 关键筛孔假颗粒含量检测结果

FRAP	筛孔/mm	要求/%	检测结果/%	平均值/%	合格率/%
0-5mm	2.36	≤10	1.0~7.7	3.9	100
	1.18	≤5	0.6~4.9	2.6	100
	0.6	≤5	0.2~5.3	2.0	100
	0.075	≤5	0.1~4.6	1.5	100
5-10mm玄武岩	4.75	≤10	0.2~7.1	3.5	100
5-10mm石灰岩	4.75	≤10	1.8~9.1	5.4	100
10-15mm	9.5	≤10	3.6~12.4	8.4	100
	13.2	≤10	3.7~13.2	9.5	100

C.3.4 其他

本文件7.3.6中明确了建设项目的环保依法治理的内容。沥青路面铣刨料精细分离生产加工对环境的影响主要是大气污染、固体废弃物、噪声污染三个方面。对于地方及特殊区域有相关要求且高于国家标准的，需按地方的规定执行。

拌和厂拌热再生沥青混合料的生产温度应以不加刷RAP的再老化、提高生产能力、降低能耗并生产出均匀稳定的沥青混合料为原则，可根据拌和设备的加热干燥能力、RAP含水率、再生沥青混合料的级配、再生改性剂性能等综合确定。