

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 21

辽宁省地方标准

DB 21/T XXXX—XXXX

## 沥青路面厂拌热再生技术规程

Technical Specification for Central Plant Hot Recycling  
of Asphalt Pavement

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

辽宁省市场监督管理局 发布



## 目 次

1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语和定义 .....	4
4 材料要求 .....	5
4.1 回收沥青混合料（RAP） .....	5
4.2 外加剂 .....	7
4.3 沥青胶结料 .....	8
4.4 矿料 .....	8
5 配合比设计 .....	8
6 精细分离加工要求 .....	8
6.1 一般规定 .....	8
6.2 场地建设 .....	9
6.3 精细分离加工设备 .....	9
6.4 精细分离加工工艺 .....	9
6.5 精细分离加工作业 .....	10
7 施工 .....	11
8 质量管理和控制 .....	11
9 用词说明 .....	12
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） .....	13
附 录    B    （资料性） FRAP 假颗粒含量试验方法（燃烧法） .....	15
附 录    C    （规范性） 沥青路面再生集料应用技术规程条文说明 .....	17

## 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/T1847-2010《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) 增加了精细分离加工、精细分离RAP材料、假颗粒、假颗粒含量术语和定义（见3.3~3.6）；
- b) 增加了对沥青混合料回收料（RAP）普通破碎、精细分离不同预处理方式后，材料分档和假颗粒含量技术要求（见4.1）；
- c) 增加了RAP精细分离加工要求（见6.1~6.5）；
- d) 修改施工RAP加热温度、拌和设备要求（见7.1、7.3）；
- e) 质量管理增加了FRAP假颗粒含量检测频率和技术要求（见8.1）；
- f) 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、辽宁交通投资有限责任公司、哈尔滨工业大学、辽宁交投养护工程有限责任公司、辽宁省高速公路运营管理有限责任公司、福建南方路面机械股份有限公司。

本文件主要起草人：高立波、杨彦海。。。

本文件于2010年首次发布，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9章，2个附录，主要技术内容包括：术语、材料要求、配合比设计、精细分离加工要求、施工、质量管理和控制、附录等。

DB21/T1847-2010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/T1847，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技术应用工程。

## 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/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 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 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

**回收沥青混合料 recycled asphalt pavement**  
对旧沥青路面通过铣刨、开挖等方式获取的沥青混合料（简称RAP）。  
[来源：JTG/T 5521-2019 2.1.1，有修改]

### 3.2

**沥青再生剂 Rejuvenating Agent**  
掺加到再生混合料中、用于改善已老化沥青性能的添加剂。

### 3.3

**精细分离加工 fine separation 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和防粘筛分的精细加工过程。

### 3.4

**精细分离RAP材料 fine separation processed RAP materials**  
对RAP进行精细分离加工后得到的不同性质和规格的材料（简称FRAP）。

### 3.5

**假颗粒 false particles**

RAP经加工后仍未分离的团粒。

### 3.6

**假颗粒含量 false particle content**

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

### 3.7 符号和缩略语

下列缩略语适用于本文件

RAP-回收沥青混合料

FRAP-精细分离RAP材料

FRS-精细分离RAP材料规格分档名称

## 4 材料要求

### 4.1 回收沥青混合料（RAP）

4.1.1 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、精细分离预处理方式分成2~4档。

4.1.2 RAP应干燥、洁净，不得混入基层废料。

4.1.3 不同来源和不同规格的RAP宜分开堆放，并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。

4.1.4 不同来源和不同沥青含量、不同矿料级配的RAP应分开堆放，不得混杂，保证材料品质均匀。

4.1.5 经过预处理的回收沥青混合料（RAP、FRAP）应尽快使用，避免长时间堆放。

4.1.6 经过预处理的回收沥青路面材料（RAP、FRAP）应按照公路沥青路面再生技术规范（JTG/T 5521-2019）表5.8.2的技术指标要求进行检测。

4.1.7 精细分离RAP材料（FRAP）分为两类，适用范围规定见表1。

表1 FRAP适用范围

类别	适用范围
I	沥青玛蹄脂碎石沥青混合料（SMA）、超薄磨耗层等表面层、微表处，大比例厂拌热再生沥青混合料（FRAP掺量>30%）等
II	厂拌热再生沥青混合料（FRAP掺量≤30%）、厂拌冷再生

4.1.8 FRAP假颗粒含量应符合规定见表2。

表2 FRAP假颗粒含量技术要求

类别	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
I	FRS7	10~30	10		10					
	FRS9	10~20		10	10					

类别	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
I	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
	II	FRS7	10~30	20		20				
FRS9		10~20		20	20					
FRS12		5~10				20	10			
FRS15		0~5					15		10	

注1: FRS规格与现行JTG F40中的表4.8.3相对应, 例如: FRS12规格相当于S12。  
注2: 当I类FRAP来源于沥青路面表面层含灌封胶铣刨料时, 5mm以上FRAP假颗粒含量指标可放宽至不大于15%。

4.1.9 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 (%)							
		31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
FRS7	10~30	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。

4.1.10 FRAP 细集料级配宜符合表 4 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		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。

4.1.11 FRAP 技术要求应符合表 5 的规定。

表5 FRAP 技术要求

材 料	检测项目	技术要求	试验方法
FRAP	含水率 (%)	≤3	
	矿料级配	满足本规程要求	T0302
	沥青含量	满足本规程要求	T0726

材 料	检测项目	技术要求	试验方法
	4. 75mm以下的RAP 砂当量	≥60	T0334
	表观相对密度(g/cm <sup>3</sup> )	满足设计要求	T0304或T0308 T0328或T0330
	针片状颗粒含量(%)	≤15	T0312
	压碎值	满足设计要求	T0316
	4. 75mm以下的RAP棱角性	满足设计要求	T0344或T0345
	FRAP假颗粒含量(%)	满足本规程要求	附录A
FRAP中的沥青	针入度(100g, 25℃, 5s)	≥10	T0604
	软化点	实测	T0606
	15℃延度	实测	T0605
<p>注1: 用于三、四级公路的基层或者二级公路的底基层的冷再生, FRAP中的沥青和粗细集料指标可不作检测。</p> <p>注2: 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。</p> <p>注3: 热再生应用时, 当FRAP中集料不符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(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。</p> <p>注4: 试验方法需满足《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T5521)附录B规定。</p>			

## 4.2 外加剂

4.2.1 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。

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 <sup>2</sup> /s)	20~80	50~175	T 0619
闪点(℃)	≥200	≥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 <sup>3</sup> )	实测记录	实测记录	T 0603
<p>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;</p> <p>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;</p>			

4.2.2 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FRAP重量的0.2%~0.6%。

表7 RMA 再生改性剂技术要求

项目	指标	检测方法
外观	固体颗粒状	—
密度(g/cm <sup>3</sup> )	<0.99	GB/T4472-2001
熔点(℃)	130-170	T0606-2004

熔融指数 (g/10min)	>2	GB/T3682-2000
----------------	----	---------------

### 4.3 沥青胶结料

**4.3.1** 沥青胶结料标号和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。

**4.3.2** 无论是新加入沥青胶结料还是经过再生剂性能恢复的回收沥青路面材料 (RAP) 中的再生沥青指标均应按照以下标准控制：

1 基质沥青技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 4.2.1-2 要求。

2 SBS 改性沥青技术指标应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 4.6.2 中 SBS 类 I-C 要求。

### 4.4 矿料

#### 4.4.1 新加矿料

新加入的矿料应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 中粗集料、细集料、填料的要求。

## 5 配合比设计

5.0.1 厂拌热再生的混合料类型、矿料级配、设计方法应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 和《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521) 的规定。

5.0.2 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，具体方法见本指南附录 B。

5.0.3 再生改性剂的选用应根据 FRAP 中沥青老化程度、FRAP 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。当缺少经验时，再生剂参考用量可为旧沥青 5%~7% 或 FRAP 重量的 0.2%~0.6%。

5.0.4 沥青再生剂和再生改性剂技术要求满足本文件 4.2 规定。

5.0.5 FRAP 应按本文件表 1 的规定进行分类，并选用符合要求的材料。

## 6 精细分离加工要求

### 6.1 一般规定

6.1.1 加工区面积、设施应与生产规模相适应，满足原材料堆放储存和生产加工要求。

6.1.2 生产设备和工艺应满足生产合格 FRAP 产品的要求。

6.1.3 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。

## 6.2 场地建设

6.2.1 符合国家场站建设相关标准化规定要求。

6.2.2 RAP 加工区应分 RAP 堆放区、加工区、FRAP 堆放区设置。

6.2.3 RAP 堆放区宜根据沥青和石料类型及来源不同分别存放。

6.2.4 FRAP 按规格分别堆放，设置防雨棚并硬化，完善排水设施，通风良好。

## 6.3 精细分离加工设备

6.3.1 设备宜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。

6.3.2 原料供给系统宜符合以下要求：

- a) 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等。
- b) 物料仓进口尺寸与容积满足生产能力需要，其容积不小于 9m<sup>3</sup>，并采用变频电机驱动调整给料量。物料仓具有助流破拱、防堵过滤栅格及声光报警等装置。
- c) 皮带输送机输送能力与生产能力相匹配，并配备超粒径颗粒振动筛和自动除铁装置。
- d) 楼式结构采用环链斗式提升机解决易粘结现象。

6.3.3 剥离系统的分离主机宜符合以下要求：

- a) 采用立轴冲击破碎机，并具有变频控制功能，其功率不小于 160kW。
- b) 设置砧板或反击板，提高 RAP 剥离效果。
- c) 设置检修平台和吊装装置。

6.3.4 筛分系统宜符合以下要求：

- a) 根据工程需要和表 2 的规格配置筛网。
- b) 选用防粘结、更换方便、易于清理的筛网和装置。
- c) 粗筛分，即大于 10mm 粒径筛的筛分能力不小于 120t/h，各档级配的混筛率小于 15%。
- d) 细筛分，即小于 10mm 粒径筛的筛分能力不小于 80t/h，各档级配的混筛率小于 30%。

6.3.5 控制系统宜符合下列要求：

- a) 采用全电脑控制与监控显示中央控制管理系统。
- b) 各控制按钮和开关的位置便于操作和维修，并备有紧急制动和断电操作按钮。

6.3.6 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。

## 6.4 精细分离加工工艺

6.4.1 根据具体工程需求，合理确定精细分离加工工艺及设备，将沥青路面铣刨料精细分离成不少于 3 档 FRAP 成品料。精细加工工艺流程示意如图 1 所示。

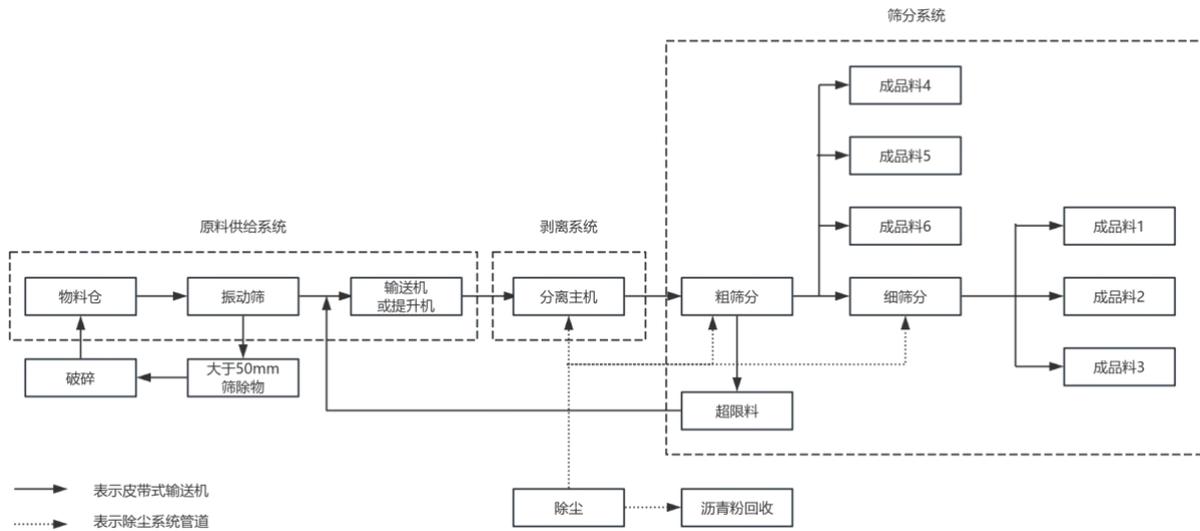


图1 精细分离加工工艺流程示意图

## 6.5 精细分离加工作业

6.5.1 分离加工的最高温度宜低于 35℃，回收沥青混合料含水率不宜大于 3%。

### 6.5.2 作业准备

- RAP 可采用铣刨方式、开挖等方式获得旧沥青混合料，且宜分层分类进行，应对大块 RAP 进行破碎、去除杂质处理。
- 精细加工作业前应对 RAP 进行含水率检测，如 RAP 含水率不满足设计要求时，须对 RAP 进行晾晒或采用机械设备翻晒处理。
- 批量生产前，应对精细分离加工设备进行单机和生产线调试，保证处于正常运行状态。
- 正式投产前应进行生产性试验，确定不同频率、不同含水率与剥离效果关系。根据技术要求确定工艺参数。

### 6.5.3 给料作业应符合下列规定：

- 装运设备不应将底部杂物或泥块带入给料机。
- 通过频率调节，对物料料仓下皮带输送机速度进行控制，调节给料量，防止物料起拱，必要时进行振动破拱。
- 物料料仓通过皮带输送机将 RAP 送入冷振筛，将大于 50mm 粒径的物料筛除。可进入破碎机进行破碎后进行分离加工。
- RAP 在通过冷振筛后，由上料皮带输送机，将 RAP 送入提升机，提升进入分离主机。

### 6.5.4 分离作业应符合下列规定：

- 根据FRAP技术要求及RAP含水率等影响因素，对分离主机频率进行调整。
- 定期检查并清理或维修，防止因潮湿的细料板结在侧壁或主机砧板破损等原因造成分离效果严重下降。

### 6.5.5 筛分作业应符合下列规定：

- 分离过后的RAP通过溜道进入粗筛分（振动筛），振动筛将分离后的RAP料筛分出10mm以上FRAP（筛网孔径最低10mm，也可设置高于10mm），并通过各层筛网将其筛分出各档成品FRAP料，10mm以上的各档FRAP料通过溜道或者皮带送入FRAP堆放区。

- b) 超出最高层筛网孔径的骨料通过溜道、皮带输送机送入上料皮带机，进行二次分离。
  - c) 10mm以下的RAP进入细筛分（高频筛）进行二次筛分，通过各层筛网将0mm-10mm的FRAP筛分出各档成品FRAP料，10mm以下的各档FRAP料按档通过皮带输送机将其送入FRAP堆放区。
- 6.5.6 除尘作业应符合下列规定：
- a) 对各个粉尘泄露点，包括但不限于皮带转接处、分离主机进口、振动筛进口、高频筛进口、溜道出口等进行除尘。
  - b) 除尘器沉降的粉尘颗粒，如满足要求可通过螺旋输送机送回最小档成品料区。
- 6.5.7 输送存储作业宜符合下列规定：
- a) 采用封闭式结构进行输送，满足防尘、防雨要求。
  - b) 不同规格FRAP料堆之间应设置隔离墙，其高度不宜小于1.5m，并应设置标识牌。
  - c) 产品料堆总高度不超过5m。
  - d) 产品存放区设防雨棚，及时清理，保持清洁。
- 6.5.8 分离加工后，应对 FRAP 进行检测，且符合表 2~4 的规定。

## 7 施工

7.1 厂拌热再生混合料生产设备除应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）及《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）的有关规定外，还应符合下列要求：

- 1 拌和宜采用整体式拌和设备。
- 2 配备不少于3个冷料仓。

7.2 施工准备应符合《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）的有关规定。

7.3 拌和除应符合《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）有关规定外，还应符合下列规定：

- 1 液体再生剂宜喷洒在再生滚筒尾端流动的FRAP表面。
- 2 当RAP添加比例超过30%时，应延长拌和时间5~10 s。
- 3 再生改性剂宜直接投入拌缸。
- 4 再生混合料的生产温度应符合下列规定：
  - 1) 新添加集料：石灰岩最高不宜超过200℃，玄武岩、辉绿岩等加热温度可适当提高，不宜超过220℃。
  - 2) FRAP加热温度宜为120~150℃。
  - 3) 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。

7.4 运输、摊铺、压实和养生开放交通应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）及《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）的有关规定。

## 8 质量管理和控制

施工过程中 FRAP 的质量检验除应符合《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）规定外，还应符合表 8 的规定。

表8 FRAP 检验项目、频度与要求

项目	检测项目及频率	技术要求或允许偏差
FRAP	含水率(%)：每天 1 次	$\leq 3$
FRAP假颗粒含量	2.36mm 以下各筛孔假颗粒含量(%)：1 次/2000t FRAP	满足本文件要求
	2.36mm 及以上筛孔假颗粒含量(%)：1 次/2000t FRAP	满足本文件要求
FRAP中矿料级配	0.075mm筛孔通过率(%)：1 次/2000t FRAP	$\pm 8$
	0.075mm 及以上筛孔通过率(%)：1 次/2000t FRAP	$\pm 3$
FRAP中沥青	含量(%)：1 次/2000t FRAP	$\pm 0.5$
	25℃针入度(0.1mm)：1 次/5000t FRAP	$\pm 6$
注1：FRAP假颗粒含量，根据选用材料类别满足本文件表2要求。 注2：表中的矿料级配指标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。		

## 9 用词说明

为了准确地掌握规范条文，对执行规范严格程度的用词作如下规定：

- a) 表示很严格，非这样做不可的词  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- b) 表示严格，在正常情况均应这样做的用词  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- c) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”  
表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

## 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1000~1500g (粗粒式沥青混合料用高限，细粒式用低限，中粒式用中限)，准确至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

按式B-1计算RAP或FRAP中抽提沥青含量。

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

式中：

$Q_a$ —RAP 或 FRAP 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C.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《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 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《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T0735、T0725。

**B.5 计算**

- B.5.1 试样的分计筛余百分率按式 (C-1) 计算。

$$P_i = \frac{m_i}{m} \times 100 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$P_i$ — 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 $P_i$ ，按式 (C-2) 计算差值，取绝对值即为FRAP筛孔 $i$ 的假颗粒含量。

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

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 (规范性)

### 沥青路面再生集料应用技术规程条文说明

#### C.1 材料要求

C.1.1 本文件4.1.7中,根据工程需要,将FRAP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,FRAP可应用于厂拌热再生、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FRAP的选择更加清晰明确,将其分为两类。

C.1.2 本文件4.1.8中,提出了FRAP假颗粒含量技术要求:

- a) 《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 $\leq$ 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,本规程对I类、II类FRAP均做了假颗粒含量技术要求。
- b) 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.1.3 FRAP粗集料的粒径规格

本文件4.1.9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。

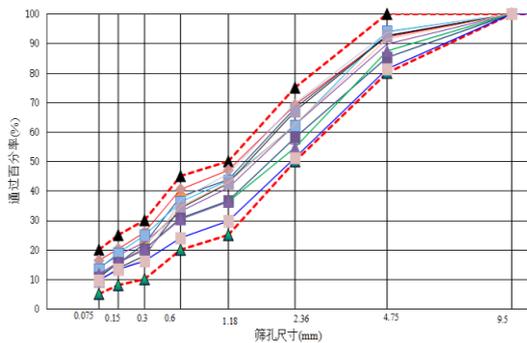


图 C.1 辽宁阜锦高速 FRS15 (0mm~5mm) 级配  
监测数据

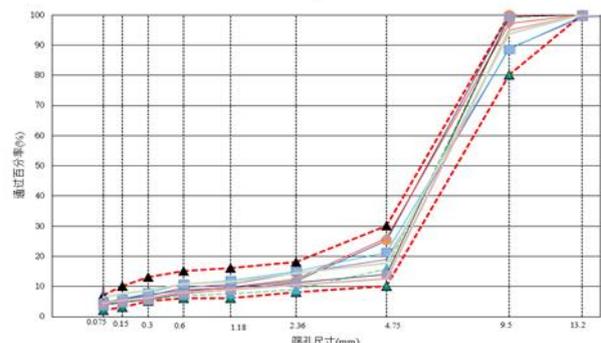


图 C.2 辽宁阜锦高速 FRS12 (5mm~10mm) 级配  
监测数据

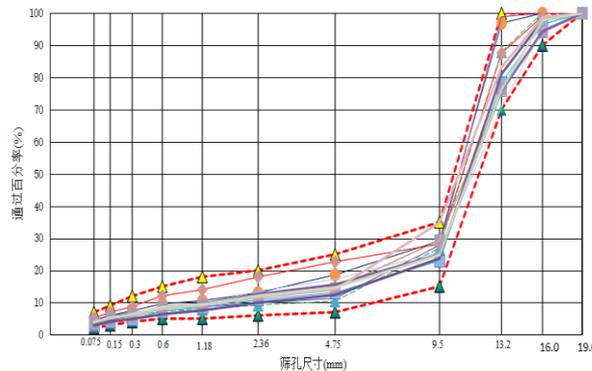


图 C.3 辽宁阜锦高速 FRS10 (10mm~15mm) 级配监测数据

#### C.1.4 FRAP细集料级配

本文件4.1.10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技术要求

本文件4.1.11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.1.6 外加剂

本文件4.2.1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FRAP的再生效果可能存在很大差异。一种沥青再生剂满足表5.2.1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FRAP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4.2.2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。

本文件5.1.2中，当需要对FRAP中的旧沥青性能进行再生补偿或拌制更高性能的再生沥青混合料时，可添加直投式再生改性剂或其他定制型外掺剂，提升再生沥青混合料的性能以达到设计要求，例如，再生为高模量沥青混合料、改性沥青混合料等。

### C.3 精细加工

#### C.3.1 一般规定

本文件6.1.3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。

#### C.3.2 场地建设

本文件6.2.2中，RAP加工区应分RAP堆放区、加工区、FRAP堆放区设置。由于RAP材料的进厂与使用时间可能存在较大时间差，因此贮存场地要预留有足够的场地。根据对国内高速、城市快速路“再生拌和站”调查结果，建议精细分离加工场地在20亩以上，整个再生拌和站在60亩以上。

#### C.3.3 RAP堆放区

本文件6.2.3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.3.4 FRAP堆放区

本文件6.2.4中FRAP含水率直接影响再生沥青混合料拌和效果和效率，为保证含水率不大于3%，须设棚堆放，且为防止由于雨天、设备维修等原因造成精细分离加工效率降低或暂时停产对生产的影响，要保证存放的FRAP数量要满足拌合站7天以上的正常生产。

#### C.3.5 加工设备

本文件6.3.1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。

#### C.3.6 原料供给系统

本文件6.3.2中，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量过大、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。

#### C.3.7 剥离系统

本文件6.3.3中，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.3.8 筛分系统

本文件6.3.4中，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。

混筛率是指在颗粒物料筛分过程中，物料中的混杂物（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：

$$\text{混筛率} = (\text{混杂物质量} / \text{总物料质量}) \times 100\%$$

### C.3.9 加工工艺

本文件6.4.1中，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。

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.3.10 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6.5.1，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骨料-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。

## C.4 施工

厂拌热再生沥青混合料的生产温度应以不加剧FRAP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、FRAP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。