

附件 2

废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范

编制说明

2025 年 3 月

目 次

- 一、工作概况
- 二、制定标准的必要性和意义
- 三、主要起草过程
- 四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系
- 五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述
- 六、重大意见分歧的处理依据和结果
- 七、实施标准的措施建议
- 八、知识产权说明
- 九、其他应予说明的事项

《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》

地方标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

2024年5月16日，由中交基础设施养护集团宁夏工程有限公司申请地方标准的立项，按照《自治区市场监管厅关于下达生态环境领域地方标准制（修）订计划的通知》，批准《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》地方标准的制（修）订，结合宁夏地区需求的实际情况，编制《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》地方标准，标准由自治区交通运输厅提出并归口。

（二）起草单位

本标准项目主要承担单位：中交基础设施养护集团宁夏工程有限公司

协作单位为：宁夏公路管理中心银川分中心、宁夏公路管理中心吴忠分中心

（三）主要起草人及分工

主要起草人员：

以上人员均参与标准内容的编写，负责采标、制标、修标、征求意见、送审等工作。

二、制定(修订)标准的必要性和意义

经过调研发现,现阶段宁夏地区沥青混合料回收料(RAP)经过预处理、筛分后,主要应用于厂拌热再生沥青下面层及厂拌冷再生柔性上基层中。其中厂拌热再生混合料中 RAP 含量不超过 30%,在规范要求的矿料级配和再生混合料性能指标下, RAP 含量中 0-10mm 粒径掺配比约为 5%左右;在厂拌冷再生柔性上基层中 RAP 含量约为 80%, RAP 含量中 0-10mm 粒径掺配比约为 28%左右。

基于 RAP 料在路面结构层再生利用后,剩余的 RAP 中 0-10mm 粒径矿料较多的问题,开展了课题《RAP 再生混合料在沥青路面预防养护应用技术与工程示范》,该课题的成功实施确定了公路沥青路面预防性养护工程中,沥青混合料回收料(RAP)中 0-10mm 粒径 RAP 料代替天然集料的可行性,结果显示,在 ES-2 型稀浆封层中 0-5mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 40%;在 MS-3 型微表处中 5-10mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 30%;在 AC-13C 型薄层罩面中 0-9mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 10%, 9-16mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 20%;在 UTAC-10 型超薄罩面中 0-9mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 15%。上述掺配比为 0-10mm 粒径的 RAP 材料的大规模推广应用奠定了基础,填补了厂拌热再生后 0-10mm 的 RAP 无法充分利用的空白,提高了 RAP 的利用率。

制定《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》对于推动宁夏地区公路建设的可持续发展具有重要意义。该规范能够有效指导 RAP 的合理利用,提高了其在沥青路面养护中

的应用比例，减少了废弃 RAP 堆积带来的环境污染，同时降低了天然矿料的开采需求，符合绿色低碳发展理念，具有显著的社会效益。宁夏地区天然砂石资源有限，材料运输成本较高，通过推广 RAP 细集料的再生利用，可有效降低公路施工与养护成本，提高材料利用效率，减少工程支出。此外，该规范的制定还能进一步规范再生集料的使用标准，提升施工质量，延长道路使用寿命，降低后期养护费用，提高工程的整体经济性。

宁夏地区道路建设对新型养护技术的需求不断增加，RAP 的循环利用可有效缓解原材料供应压力，促进沥青混合料技术的创新。该规范结合宁夏地区的实际应用情况，对 RAP 在不同沥青路面预防性养护工艺中的掺配比例进行系统规定，既弥补了当前行业标准的不足，也为工程实践提供了科学依据，推动宁夏公路行业向更环保、高效的方向发展。

综上所述，《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》的制定，不仅能够解决宁夏地区 0-10mm 粒径 RAP 利用率低的问题，还能提升 RAP 在沥青路面预防性养护工程中的应用价值，减少资源浪费，降低工程成本，提高道路耐久性，同时推动行业绿色发展。

三、主要起草过程

（一）成立起草组、确定分工

2024 年 5 月，由宁夏回族自治区市场监督管理局批准立项。其主要任务包括了《废旧沥青混合料细集料再生应用技

术规范》的编制，在编制任务下达后，中交基础设施养护集团宁夏工程有限公司联合宁夏公路管理中心银川分中心、吴忠分中心，积极组织，成立标准编写小组，明确标准编写任务。

2024 年 10 月，分别选取银川地区 S304 线 K10+200-K10+800 段和吴忠地区主 G110 线 K1323+100-K1323+300 段、K1323+300-K1323+500 段与 K1323+600-K1323+800 段分别实施 1cm 稀浆封层、1cm 微表处以及 2cm 同步碎石封层（双层式）、2.5cm 超薄罩面、3cm 复合封层（2cm 同步碎石封层+1cm 微表处）以及 3.5cm 薄层罩面六种结构，收集施工试验资料及运营期数据资料，起草了《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》草案文本。

2024 年 11 月，标准起草组在结合现行国标、行标及周边省市地方标准的基础上对地标主要内容及技术指标进行梳理、分析，结合试验段验证工程情况对草案文本进行细化，突出体现宁夏的地方特点和经济、适用性，同步编制《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》编制大纲和编制说明。

（二）收集资料

搜集了现行关于公路沥青路面再生利用的行业标准，分析了行标提出的具体指标和应用方法及在宁夏地区的适用性，通过选择具有指导意义的标准，指导了本标准的编制。主要包括但不限于《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）和《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）。

搜集国内其他省份颁布的公路沥青路面再生利用的地方标准，分析不同标准提出的具体指标和标准情况，研究提出可借鉴的先进经验及成果。

（三）编制标准草案

2024 年 10 月，标准起草组对《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范（草案文本）》进行梳理、分析，再次修订了草案文本。

2024 年 11 月，编制《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》编制大纲和编制说明。

（四）调研及征求意见

本标准编制过程中拟定对已有标准、已有科研成果、代表性工程及既有技术进行调研。

调研范围：本次调研选取宁夏地区具有代表性的、不同技术等级、不同区域的公路作为调研对象，同时开展对运营单位、设计单位、施工单位、质量监督单位和检测单位、拌合站、料场等相关单位的调研工作。

调研方式：调研方式主要包括现场踏勘、会议座谈、问卷调查和资料检索等方式。

（五）报批审核

四、编制原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）编制原则

1.突出区域发展特点

重点针对近年来我区废旧沥青混合料再生细集料应用中实际存在问题，结合区域内已有经验、需求进一步提炼、总结，形成地方标准。

2.科学、合理、可操作。

积极吸纳近年来区内及国内相关研究成果、成熟技术和经验；广泛征集相关部门的意见、建议，凝聚共识。制订的技术内容要充分考虑实施的合理性、可行性和可操作性。

3.与相关规范要协调一致。

处理好本标准与现行相关国标、行标、地标的关系，理清主从，在现行相关国标、行标的指导下结合我区的区情开展制订工作，避免与相关标准的冲突。

（二）编制依据

本标准依据现行公路行业相关规范、规程、技术标准、指南等文件参考编制。遵循中华人民共和国国家标准 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原则，重点突出了该标准适用范围、技术标准、适用性及经济性等内容。依据文件：《自治区市场监管厅关于下达生态环境领域地方标准制（修）订计划的通知》。

（三）与现行法律法规、标准的关系

本标准借鉴以下行业及地方标准：

GB 16297 大气污染物综合排放标准

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 3432 公路工程集料试验规程

JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范

JTG/T 5142 公路沥青路面预防养护技术规范

JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（一）主要条款说明

《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》包括 10 章，分别是：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 废旧沥青混合料再生细集料技术要求；5 废旧沥青混合料再生细集料加工生产；6 封层；7 薄层罩面和超薄罩面；8 质量检验。

根据实验研究过程和结果，该规程的主要条款如下：

4.2 条 经过调研发现，现阶段宁夏地区 RAP（废旧沥青混合料回收料）在路面结构层再生利用后，剩余 0~10mm 的矿料较多，通过《RAP 再生混合料在沥青路面预防养护应用技术与工程示范》，依托“省道 308 线郑记堡至石沟驿段公路设计”、“贺兰山东麓旅游环线公路改造提升工程（一期）和 G110 线镇北堡段安全提升工程施工”开展了废旧沥青路面回收材料再生利用的设计和施工应用，确定了公路沥青路面预防性养护中 0~10mm 粒径 RAP 料代替天然集料的可行性。结果表明：在 ES-2 型稀浆封层中 0~5mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 40%；在 MS-3 型微表处中 5~10mm 粒径 RAP 料掺

配比可达到 30%; 在 AC-13C 型薄层罩面中 0~9mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 10%，9~16mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 20%; 在 UTAC-10 型超薄罩面中 0~9mm 粒径 RAP 料掺配比可达到 15%。

超薄罩面：通过合理的矿料分级与掺配，确保了混合料的整体均匀性和使用性能，如表 1 所示。沥青含量方面，实测值为 5.7%，设计值为 6.08%，偏差约为 0.38%，符合技术标准（ $6.08\pm0.4\%$ ）的要求，说明沥青掺配比例控制良好，如表 2 所示。

表 1 拌合站配合比

新添加沥青用量（%）	矿料掺配比例（%）				
	铣刨料 0~9mm	7~11mm 仓	4~7mm 仓	0~4mm 仓	矿粉
4.48	20	39	11	28	2

表 2 沥青含量

实测总沥青含量（%）	设计总沥青含量（%）	偏差（%）	技术指标（%）
5.7	6.08	~0.38	6.08 ± 0.4

薄层罩面：在薄层罩面中，如表 3 所示，RAP 掺配比例为 30%，其中矿料的分级配比为：7~16mm 仓占 42%，4~7mm 仓占 4%，0~4mm 仓占 19%，矿粉占 2%。新添加沥青用量为 3.60%。实测沥青含量为 4.5%，偏差约 0.15%，满足技术标准（ $4.65\pm0.4\%$ ），如表 4 所示，沥青配比稳定，工艺控制合理。

表 3 拌合站配合比

新添加沥青用量 （%）	矿料掺配比例（%）				RAP 掺配比例 （%）
	7~16mm 仓	4~7mm 仓	0~4mm 仓	矿粉	（0~9）mm

3.60	42	4	19	2	30
------	----	---	----	---	----

表 4 沥青含量

实测总沥青含量 (%)	设计总沥青含量 (%)	偏差 (%)	技术指标 (%)
4.5	4.65	~0.15	4.65±0.4

4.3 条 假颗粒通常来源于不合格的废旧材料（如含有较多泥土、杂质、金属碎片等），或由于破碎、筛分过程中的设备不当、操作失误等因素。假颗粒不仅影响沥青的粘附性、抗裂性等关键性能，还可能降低混合料的耐久性和强度，导致路面早期破损。表 5 提供了不同粒径的废旧沥青混合料再生细集料中假颗粒的最大允许含量。该表设定了几个公称粒径（如 5~10mm、3~5mm 等）的筛余率偏差（%），并通过这些偏差限制假颗粒的含量。

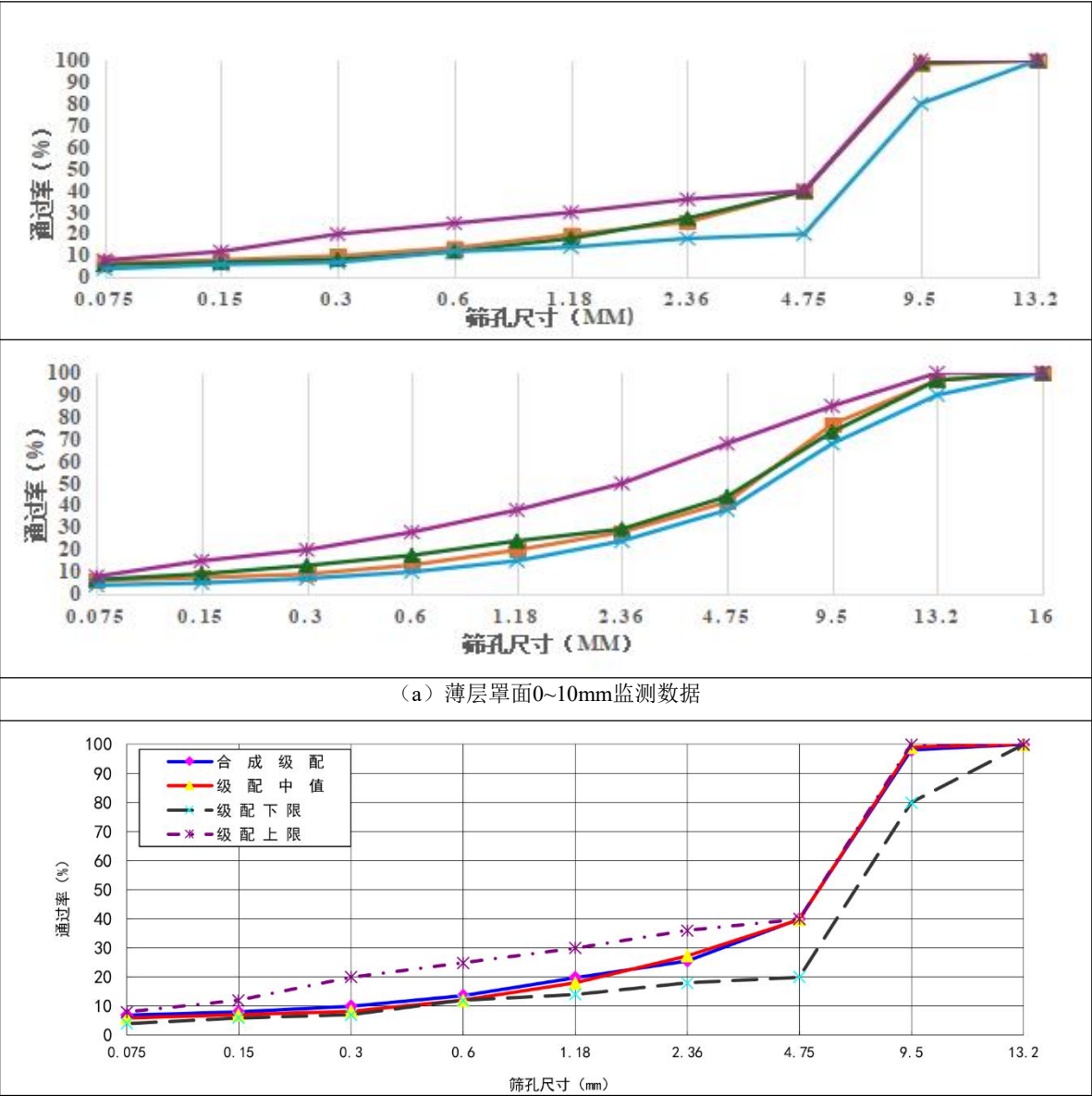
表 5 废旧沥青混合料再生细集料中假颗粒含量

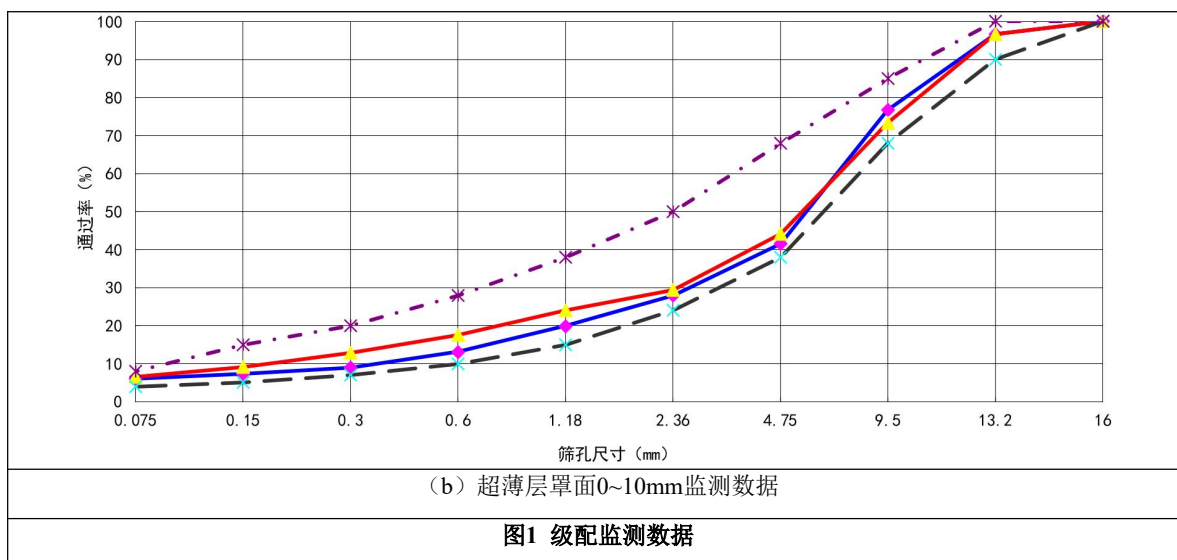
公称粒径 (mm)	以下筛孔 (mm) 筛余率偏差 (%) 不大于					
	9.5	4.75	2.36	1.8	0.6	0.075
5~10		10	10			
3~5			10		10	
0~5			10	5	5	
0~3				10	5	5

4.4 条 考虑目前相关设备（以南方路机 RAP120 为例）0~10mm 的 RAP 处理后的成品粒径大多为 0~3mm、3~5mm 及 5~10mm，结合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)，将废旧沥青混合料再生细集料的粒径规格划分为 S12、S14、S15、S16 四档，其余粒径均可通过上述四档粒径集料细筛得到。其中：S12、S14 的粒径规格与现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中的表 4.8.3 相对应。S15、S16 的粒径规格与现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)

中的表 4.9.4 相对应。

从级配曲线来看，材料的颗粒分布均匀，粒径分布与规范要求一致，能够满足超薄罩面对于稳定性和流动性的需求，如图 1 所示。





4.5 条 按照《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142)的相关规定,碎石封层和纤维封层宜采用粒径 3~5mm、5~8mm、7~10mm、9~12mm 或 12~15mm 接近单一粒径集料。因此,此处只对 S12、S14 两档废旧沥青混合料再生细集料做出相关要求。

RAP 料取自宁夏宁兴元工贸有限公司(拌合站),通过对 RAP 材料基本指标进行试验得到如下指标值:

表1 RAP 的基本指标

检测项目	技术要求	实测值	试验方法
含水率(%)	≤3	0.65	JTG/T 5142-01~2021
砂当量(%)	≥60	67	T 0334~2005
吸水率(%)	实测	0.71	JTG F40~2019
表观相对密度/(g·cm ⁻³)	实测	2.724	JTG E20~2011
毛体积相对密度/(g·cm ⁻³)	实测	2.589	JTG E20~2011

结合《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142)表 9.2.4 的规定,补充了其他指标的相关要求。

4.6 条 结合上述试验并参考《公路沥青路面养护技术规范》(JTG 5142—2019)对废旧沥青混合料再生细集料进行了相关技术要求,其中 T0316 中要求压碎值集料规格取

9.5~13.2mm，本规范此处集料最大规格为 10mm，故本规范用破碎后的 9.5mm ~ 13.2mm 的废旧沥青混合料替代废旧沥青混合料再生细集料进行压碎值试验。。

5.1.1 条 废旧沥青混合料再生细集料加工生产场地的建设需要合理规划，重点在于厂址选择、区域划分、堆放管理及环境控制等方面。通过合理设计场地布局、进行分类堆放和有效的天气防护措施，可以确保生产过程顺利进行，最大化地利用废旧沥青材料，减少资源浪费，推动可持续发展。

5.1.4 条 许多研究表明，沥青的来源对其再利用性能有显著影响。通过对 RAP 料进行分类堆放，可以避免因混杂不同来源材料而影响最终产品的性能。例如，沥青和 RAP 料质量的差异可能影响废旧沥青混合料再生细集料的强度、粘结性和耐久性。

5.1.6 条 废旧沥青混合料再生细集料在加工过程中需要根据规格进行分类堆放，这样可以便于后续的使用和加工。设置防雨棚可以避免天气对材料的影响，特别是在雨季，防雨棚能够有效保护材料不受雨水影响。此外，通风和排水设施能够确保场地干燥和清洁。

5.2.1 条 额定生产能力应根据工程需要来确定，并建议不小于 80t/h。该生产能力能够确保满足大型公路项目对废旧沥青混合料的加工需求。

5.2.3 条 立轴冲击破碎机的结构设计使得其在破碎过程中能够产生较强的冲击力和剪切力，从而使沥青和骨料之间

的粘附力有效破裂，有助于高效地进行沥青的剥离。这种破碎机在处理废旧沥青混合料时，能够保证产品粒度的均匀性，进而提高后续筛分和回收的效果。变频控制系统是指通过调节电动机的运行频率来控制设备的转速，进而优化设备的工作效率。变频控制能够根据实际工作负载自动调节功率，保证设备在不同工况下的高效运作，并减少能耗。由于剥离系统的主机设备通常需要定期的检查和维护，尤其是在长时间高强度运行后，设备内部的零部件可能会出现磨损或故障。因此，设置检修平台能够为维修人员提供一个方便、安全的工作环境，确保维修作业的顺利进行。

5.4.1 条 给料作业规定：

a) 根据研究，杂物和泥块的混入会导致设备故障，增加维修成本，并可能影响最终产品的质量。因此，使用适当的装运设备和控制措施能够有效提高生产效率。

b) 通过频率调节对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，给料量控制和防止物料起拱（物料在给料机中堆积成拱形的现象）是确保连续、稳定生产的重要措施。控制皮带输送机的速度有助于减少物料起拱，振动破拱技术则能有效解决这一问题。通过调节给料机频率和振动，可以确保物料在输送过程中均匀流动，避免因给料不均而导致的生产不稳定。

c) 一次破碎通过耙齿式或揉性破碎机将块状物料打散，二次破碎则通过离心式、锤式或对辊式破碎机进行进一步细

化。这一破碎过程能够确保废旧沥青混合料被处理到合适的粒径，符合后续使用要求。

5.4.2 条 剥离作业规定：

a) 根据废旧沥青混合料再生细集料技术要求及 RAP 含水率等因素，RAP 的含水率对剥离过程有显著影响，较高的水分含量可能导致材料的粘性增大，影响分离效果，通过调节分离主机的频率，可以有效应对不同含水率条件下的材料，确保剥离作业的稳定性和效率。

b) 定期清理板结在侧壁或主机砧板上的潮湿细料湿润或板结的细料会影响设备的正常运行，导致处理效率下降或设备故障。研究表明，定期清理这些堆积物能够保持设备的正常运转，并避免材料的堵塞，确保剥离过程的流畅进行。

5.4.3 条 筛分作业规定：

a) 振动筛是筛分作业中重要的设备，能够高效地将不同粒径的材料分开。振动筛通过调整频率和振幅可以优化筛分效果。分离后的材料按粒径进入不同的储存区域，满足后续使用要求。

b) 强调了对粒径超限的材料进行二次处理。重新分离的过程中，超限料可能需要进一步破碎或筛分，确保最终产品粒径均匀，符合技术要求。

5.4.4 条 除尘作业规定：粉尘控制是生产过程中重要的环保措施。研究表明，RAP 加工过程中会产生大量的粉尘，

这些粉尘不仅对操作人员健康有害，还可能影响设备的使用寿命。通过设置除尘系统，如在皮带转接处、主机进料口、筛分设备进出口等位置安装除尘装置，可以有效减少粉尘排放，提升生产环境质量。

6.1.3 条 乳化沥青和改性乳化沥青通常用于碎石封层中作为胶结料，有助于提高路面密实度和耐久性。蒸发残留物含量是乳化沥青中一个重要的性能指标，表示乳化沥青在蒸发后的残留物量，这直接影响其粘结效果和使用寿命。因此，此处对蒸发残留物含量做出要求。

6.1.5 条 废旧沥青混合料再生细集料的粒径规格及沥青用量，其中废旧沥青混合料再生细集料规格(mm)可由 S12、S14、S15、S16 进一步筛分得到，宁夏中部高温地区采用同步碎石封层，沥青用量可偏上限，防止集料脱落。

6.1.7 条 废旧沥青混合料再生细集料可通过沥青拌和站进行沥青预裹覆处理并用拌合机加热搅拌均匀。预裹覆过程是将沥青均匀涂覆在细集料表面，能够提高集料的粘结性，使其更好地与碎石封层中的沥青胶结料结合。

废旧沥青混合料再生细集料加工时，应避免级配过细或过粗导致混合料孔隙率异常，另外应优选棱角性好、表面粗糙的废旧沥青混合料再生细集料进行拌和，使其更好地与碎石封层中的沥青胶结料结合。

6.1.8 条 在撒布完成后，沥青胶结料处于“湿”状态，未及时碾压可能会导致细集料沉降或不均匀分布，使得沥青和

集料之间的结合力不牢固。根据一些研究，若在撒布后延迟碾压，可能会出现细集料表面松散、密实度不足的情况，最终影响路面抗车辙和抗疲劳性能，3 km/h 的行驶速度是确保有效碾压的一个合理速度范围。在这个速度下，压路机能够在细集料上施加均匀的压力，确保每一部分得到充分的碾压，并避免了因速度过快导致的碾压效果不均匀。国际上，包括欧洲和美国的一些沥青施工标准，都建议使用较慢的行驶速度来进行碾压，尤其是在新铺设的沥青层上，以保证更好的结合力和密实度。

6.2.3 条 要求微表处必须使用改性乳化沥青，稀浆封层可以选择普通乳化沥青或改性乳化沥青，是基于乳化沥青的性能特征和不同路面类型对沥青的要求。改性乳化沥青由于具有更高的抗老化、抗车辙、抗裂性能，适用于承受较大交通荷载和苛刻环境的微表处施工。而稀浆封层则根据实际需求可以选择普通乳化沥青或改性乳化沥青，但无论选择哪种乳化沥青，都必须符合《公路沥青路面施工技术规范》中的质量标准，以保证施工质量和路面性能。

6.2.4 条 稀浆封层和微表处成败与否的关键是集料。由于它们的功能是制造一个封闭粗糙的表面，所以废旧沥青混合料再生细集料的耐磨耗性特别重要。实验证明，集料质量指标中最重要的是洁净程度(砂当量)，工程上一点都不能迁就，含泥量高的废旧沥青混合料再生细集料会在雨水作用下迅速破坏。

6.2.5 条 根据不同的施工需求，可以选择适合的矿料级配。例如，如果进行微表处修复，可能更倾向于选择具有高细颗粒通过率（尤其是小于 0.075mm 的颗粒）的级配，以确保路面的平整性和耐久性。而对于稀浆封层，则可能使用较粗的矿料级配，以便提供更强的抗压性和耐磨性。

6.2.6 条 稀浆封层和微表处混合料的技术指标是配合比设计的依据，是根据我国的研究成果，并参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的要求制订的。其中可拌和时间是为生产提供的时间，乳液如果在这个时间以内破乳，将无法铺筑均匀，粘聚力试验是供交通开放时能够承受汽车作用的最低要求，负荷轮碾压试验的砂粘附量及湿轮磨耗试验的磨耗值则是评价稀浆混合料的使用性能的，反映混合料的耐久性，稀浆封层和微表处要求值有相当的差别。

6.2.9 条 低于 10°C 的环境温度会导致乳化沥青的水分蒸发速度减缓，使乳化沥青中的乳液体系未能有效破乳，导致沥青无法充分与矿料结合，进而影响路面抗裂性、抗车辙性等性能。研究表明，乳化沥青混合料在低温环境下的施工不但容易出现施工困难，还可能导致路面的粘结力差，出现早期剥离现象；在施工过程中，雨水会对沥青混合料的质量产生不利影响。乳化沥青本身具有水敏性，特别是在施工初期，尚未完全固化的乳化沥青混合料遇水后，可能会出现乳化沥青分散、流失的现象，从而导致路面的粘结力显著下降。

6.2.11 条 混合料中的超粒径料若未被充分混合或分散，

容易形成局部的颗粒堆积，导致铺设过程中出现拖拉现象，形成划痕。由于这些较大颗粒比一般粒料更难与沥青良好粘结，可能导致路面表面不均匀、摩擦系数降低，进而影响行车安全性。

在施工过程中，接缝处的混合料可能因过量的摊铺或操作不当而出现堆积，这会导致路面不平整，增加水膜滑移的风险，特别是在雨天行车时更加危险。余料堆积还可能导致表面摩擦力降低，从而影响道路的安全性；《公路工程技术标准》（JTGF40）要求施工时严格控制接缝处的质量，避免余料堆积或缺料现象。尤其是在接缝处，使用 3m 直尺检查不平整度不得大于 6mm，确保接缝处的平整度和密实度，以保证路面的长期稳定性和安全性。国内的相关标准也明确要求，接缝处的高低差应控制在 6mm 以内，确保铺设后的路面平整顺畅。若不平整度超标，可能会导致长期的损坏，甚至提前出现路面裂纹。

如果纵向条纹的深度超过 6mm，表面缺陷将变得明显，影响行车的舒适性，并降低路面的抗水损伤能力。因此，施工中应避免产生深度过大的条纹，并进行及时修正。

7.1 条 不同规格（S12、S14、S15、S16）对应不同的筛分范围，参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）执行，以保证再生集料的合理级配。

7.2 条 针对废旧沥青混合料再生细集料用于超薄罩面时的级配要求进行了规定，设定了细粒式 A、B、C 三种不同

级配，通过合理的级配设计来确保混合料的拌和均匀性及施工适应性，以此来满足不同的施工需求。

7.3 条 规定了罩面层所使用的道路石油沥青、SBS 改性沥青等应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相关技术要求，相较于普通沥青材料，改性沥青具有更好的高温稳定性和抗疲劳性能，能有效提升罩面层的抗车辙能力和耐久性。

7.4 条 多阶段验证可以更有效地优化配合比，提高混合料的均匀性和施工适应性。目标配合比阶段主要通过实验室研究确定初步方案，生产配合比阶段在实际生产条件下进行调整，而试拌试铺验证阶段则通过现场施工试验进一步优化配比，以保证施工质量和长期性能。

7.6 条 罩面施工涉及与原路面的结合问题，若病害未能及时处理，可能导致新罩面层的耐久性降低，甚至出现局部脱落或开裂。热熔标线的存在可能影响罩面层的均匀性和粘附力，在施工前进行必要的病害修复和表面处理，可以提高罩面层的粘结性和耐久性。

7.7 条 规定施工过程中的其他事项应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相关要求。废旧沥青混合料再生细集料的应用需要考虑材料的特殊性，例如拌和温度控制、摊铺工艺优化以及碾压技术等，以确保混合料的均匀性和结构稳定性。

工程示范

RAP 再生混合料在沥青路面预防养护应用技术与工程示范项目（吴忠地区试验段铺筑和研究验证）

	
K2323+100-K2323+115 过渡段铣刨、清扫	K2323+100-K2323+115 裂缝处治
	
K2323+100-K2323+300 粘层撒布	K2323+100-K2323+300 超薄罩面摊铺、碾压
	
K2323+600-K2323+615 过渡段铣刨、清扫	K2323+600-K2323+615 裂缝处治

	
K2323+600-K2323+800 粘层撒布	K2323+600-K2323+800 薄层罩面摊铺、碾压
	
K2323+100-K2323+300 标线施工	K2323+300-K2323+500 实验检测
	
K2323+300-K2323+500 同步碎石分层施工	K2323+300-K2323+500 同步碎石分层施工（第一层）
	
K2323+300-K2323+500 同步碎石分层施工（第二层）	K2323+300-K2323+500 稀浆封层施工

RAP 再生混合料在沥青路面预防养护应用技术与工

程示范项目（银川地区试验段铺筑和研究验证）

	
K10+600-K10+800 同步碎石分层施工（第一层）	K10+600-K10+800 同步碎石分层施工（第一层）
	
K10+600-K10+800 同步碎石分层施工（第二层）	K10+400-K10+600 微表处施工
	
K10+200-K10+400 稀浆封层施工	K10+200-K10+400 稀浆封层施工

（二）主要技术指标、参数、试验验证的论述

针对收集到的宁夏地区不同区域代表性项目 RAP 原材料技术指标情况、配合比设计等资料，开展必要的室内试验，验证相关技术指标能否满足要求。

（1）原材料技术性能验证试验

结合不同区域 RAP 材料开展含水率、沥青含量、砂当量、

表观相对密度、针片状颗粒含量、压碎值、假颗粒含量及 RAP 材料中沥青针入度、软化点、延度等进行了验证试验。

（2）配合比验证试验

结合不同区域、不同技术等级 RAP 材料对应的配合比设计方案，开展了相关技术指标的验证试验。

（3）路用性能验证试验

检测路面松铺系数、压实度、渗水系数、构造深度、平整度等指标。通车后，定期跟踪调查试验段路面病害类型及数量，并在代表周期内采用多功能检测设备全方位评价了试验段公路技术状况。

结果分析如下：

1、沥青混合料渗水系数试验结果及分析

通过沥青混合料渗水系数试验结果发现，开级配混合料渗水系数远大于密实型级配混合料，这表明开级配结构具有更大的孔隙率和更好的透水性能，显示了其相对均匀的孔隙分布。随着压实度的增加，渗水系数显著降低，这是由于压实度提高减少了混合料内部的连通孔隙。对于需要排水性能的路面（如高速公路表面层），密实型级配混合料表现出明显优势。密实型级配混合料适合用于防水要求较高的结构层。渗水系数受级配类型、压实度和油石比的综合影响，其中级配是主导因素。通过合理调整级配设计和施工参数（如压实度），可实现沥青混合料的渗透性能与耐久性的优化平衡。

如图 1、图 2 所示。



图 1 现场渗水检测

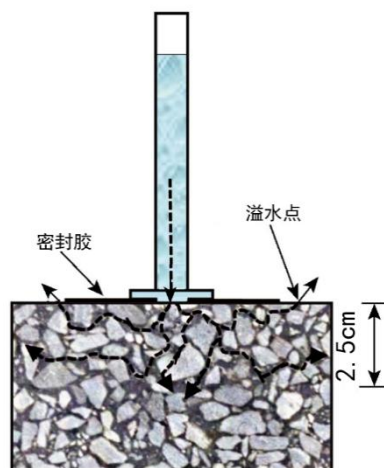


图 2 水流示意图

表 1 UTAC-10 渗水系数实测结果

序号	位置	实测渗水系数 (ml/min)
1	K1323+205 右侧行车道	600
2	K1323+195 左侧行车道	533

表 2 AC-13C 渗水系数实测结果

序号	位置	实测渗水系数 (ml/min)
1	K1323+710 右侧行车道	320
2	K1323+690 左侧行车道	276

2、马歇尔试验结果及分析

试验结果如表 3 所示，试验结果表明，沥青混合料的稳定度为 14.48kN，远高于最低要求 ($\geq 5.0\text{kN}$)，表明该混合料具有优异的抗塑性变形能力，可适应高负荷路面使用。流值接近上限，但仍在合理范围内 (2.0-4.5mm)，该混合料具有适当的柔性，能够满足路面的变形需求。空隙率为 4.7%，位于规范的合理区间，表明混合料密实性良好，既能防止水分进入，也能留有足够的空间以适应体积变化。矿料间隙率为 15.3%，大于规范要求的最低值，表明矿料骨架具有良好的结构，能够容纳足够的沥青，同时保持强度和稳定性。饱和度为 67.8%，符合规范要求 (65%~75%)，说明矿料间隙中

沥青的填充程度适中，既不会出现流动现象，也能够防止矿料骨架间产生空隙水损害。综上，该沥青混合料在所有关键性能指标上均符合技术要求，且多数性能表现优异，适合作为高质量沥青路面材料。



图 3 沥青混合料马歇尔试验

表 3 马歇尔试验测试结果

测试项	结果	技术要求
空隙率（%）	4.7	3-6
间隙率（%）	15.3	≥14.7
有效沥青饱和度（%）	67.8	65-75
稳定度(kN)	14.48	≥5.0
流值（mm）	3.9	2-4.5

3、路面钻芯

通过对 UTAC-10、AC-13C 两种混合料实施路段路面进行钻芯取样，典型芯样结果如表 4 所示。

表 4 芯样统计表

序号	取样位置	实测厚度（mm）	技术指标（mm）	照片	备注
----	------	----------	----------	----	----

1	K1323+410 右 2.5 米	/	≥30		钻芯时上部微 表处芯样较完 整
---	----------------------	---	-----	--	-----------------------

根据表 4 中芯样结果可以看出，测试路段内两种混合料面层芯样平均厚度与原设计厚度基本一致，芯样基本密实、完整。

结论：

（1）两种超薄罩面实施后，通过试验数据和现场测试来看，两种沥青混合料在稳定度、空隙率、饱和度等关键指标上均满足规范要求，表现出良好的高温稳定性、抗塑性变形能力和较好的密实性，适用于高负荷路面的铺设与使用。

（2）渗水系数试验表明，密实型级配混合料能够显著降低渗水系数，适合用于对防水性能要求较高的结构层；而开级配混合料则具备更好的透水性能，适用于需要排水的路面表层。

（3）通过马歇尔试验确定的最佳油石比，混合料的稳定度达到 14.48kN，流值为 3.9mm，均处于规范的合理范围

内，显示出该混合料具有良好的强度与柔性，能够满足不同路面条件的使用需求。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

《废旧沥青混合料细集料再生应用技术规范》在起草过程中暂未出现重大分歧。

七、实施标准的措施及建议

(1) 加强标准废旧沥青混合料再生利用施工实施中的应用，推进标准实施。

建议各级主管部门、相关监督管理部门及从事废旧沥青混合料再生施工相关业务的企业，积极采用本标准进行评估。

(2) 加大标准宣贯力度，扩大宣贯范围

在本标准实施后，组织标准宣贯培训班，对相关各方单位的人员进行本标准的宣贯培训。标准的宣贯工作不仅包括标准文本本身，还应包括标准的编制说明，使得标准使用者不仅了解标准文本中规定的内容，还了解本标准编制说明中对于标准制定背景、制定依据等内容，以利于标准的贯彻执行。

(3) 做好信息反馈和适用性评价，提高标准实施效果

标准宣贯实施过程中，要注重将标准的宣贯工作落实到实际中。在本标准宣贯后，要时刻跟踪本标准使用评估情况，记录标准在实际应用中的具体效果，对于实用性不强、适用性差的条款要及时反馈到相关行业管理部门，以便采取相应的措施。

建议审批发布为推荐性标准。

八、知识产权说明

该项标准无涉及的相关知识产权。

九、其他应说明的事项

本规范为首次起草的宁夏回族自治区地方规范，未采用国际标准。