

RAP 精细化油石分离及存储条件研究

王红祥¹, 晏 应¹, 李 宁², 王德玉², 唐 伟²

(1.江苏现代路桥有限责任公司, 江苏 南京 210049; 2.河海大学 土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘 要:介绍了一种废旧沥青路面材料(RAP)精细化油石分离技术,并通过抽提和筛分试验,评价了该技术的分离效果和结团组成,同时对比了不同堆放条件下的 RAP 复结团现象。结果表明,经过精细化油石分离处理后的 RAP 材料,3 mm 以上粗 RAP 料的油石比降低 1.23%~2.40%,其分离后的结团程度随粒径增加而增加;某档粒径的旧料颗粒主要由 2.36 mm 以上的集料和 0.15 mm 以下的粉料结团而成;分离后的 RAP 存储建议采用室内封闭存储,0~3 mm 档 RAP 堆放高度小于 5 m,0~3 mm、3~5 mm 档 RAP 堆放时间不超过 7 d;分离前 RAP 含水率应控制在 1.5%以内。

关键词:废旧沥青路面材料(RAP);精细化油石分离;结团率;存储管理

中图分类号: U418

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)10-0209-06

0 引 言

随着“碳达峰、碳中和”双碳战略的稳步推进以及对可持续发展理念的日益重视,矿石和石油等不可再生资源的开发越来越受到限制,导致集料和沥青的价格不断上涨,养护成本上升^[1]。同时,我国公路正由“建养并举”向“全面养护时代”迈进,路面大中修养护产生了大量废旧沥青路面材料(RAP)^[2-3]。由于 RAP 材料本身的结团性和变异性,在对其进行利用时往往只能应用于路面下面层或者更低层位,如何将其应用于中上面层,或更加有效地加以利用是路面养护工程面临的一大难题^[4-5]。

针对此问题,不少学者提出将 RAP 中的旧集料与老化沥青分离以减少 RAP 结团。黄磊^[6]采用多级联合筛分工艺对 RAP 进行筛分、分档,从而有效降低了 RAP 材料的变异性,有利于提升 RAP 掺量。Zhan 等^[7]采用常规破碎筛分方式处理 RAP,通过多级分档,有效降低了 RAP 的变异性,但 RAP 的结团程度依旧较大,不利于大规模推广应用。孙学楷^[8]采用“反击-转子离心多级联合筛分工艺”处理 RAP,其分离效率可达 70%以上。这项工艺通过剥离 RAP 表面黏附的沥青胶砂,使粒径为 5~10 mm、10~15 mm 的 RAP 粗料表面的沥青含量降至 1%以下,可直接当作原生集料进行使用。现行《公路沥青路面再生技

术规范》(JTG/T 5521—2019)要求将 RAP 至少分成 2 档及以上,但未规定采用何种措施来处理 RAP。因此,选取合适的 RAP 处理方式以降低 RAP 的结团,对 RAP 原层位、大掺量使用至关重要。另外,《公路沥青路面再生技术规范》通过加热效率来限制 RAP 含水率,并未考虑筛分的影响,也未阐述分离过后 RAP 存储过程中的复结团问题,因而对于日常 RAP 的存储管理没有指导作用。本文介绍了一种 RAP 精细化油石分离新技术的分离效果和结团组成,同时基于分级后的各档 RAP 特性探究了 RAP 的储存条件,以期作为 RAP 预处理及后期存储管理提供参考。

1 精细化油石分离技术

RAP 精细化油石分离技术是通过特殊的离心装置剪切并研磨 RAP 粗料,将 RAP 表面黏结的沥青胶砂剥离,然后根据颗粒大小将其筛选成 3~5 档。本文以山东临沂某县道上面层 AC-13 和下面层 AC-20 整体铣刨所获取的 RAP 材料为例,说明该技术的工艺过程。

精细化油石分离过程(见图 1)为:首先,将 RAP 料投入喂料仓,由提升机将其送至分离机中;然后,分离机通过离心作用对 RAP 料进行剪切和研磨,以剥离黏附在 RAP 集料上的老化沥青胶砂(见图 2),由于剥离过程会产生大量沥青粉,为减少粉尘污染,由除尘器收集后归置到 0~3 mm 档;最后,经过分离的 RAP 进入筛分机,经过第一层 25 mm 的筛网无法筛落的大粒径 RAP 通过传送带送到喂料仓重新分离,25 mm 以下的由筛分机分成贫油粗 RAP

收稿日期: 2022-12-07

基金项目: 江苏现代路桥有限公司科技项目(2021JKY18)

作者简介: 王红祥(1973—),男,学士,高级工程师,从事资源再生、绿色环保型路面养护技术的研究工作。

(15~25 mm、10~15 mm、5~10 mm、3~5 mm) 和富油细料(0~3 mm)共 5 档成品料。

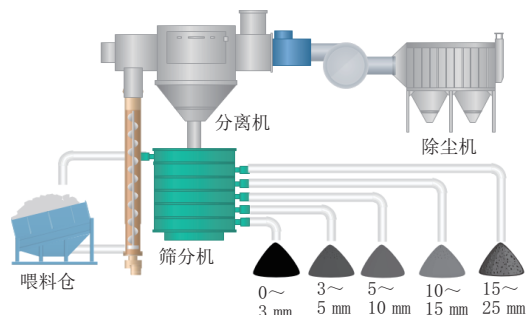


图1 精细化油石分离示意图

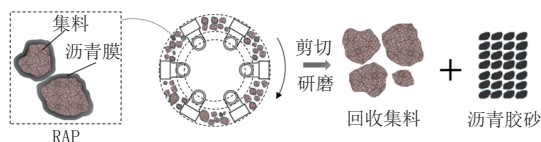


图2 油石分离原理示意图

2 试验与方法

2.1 抽提筛分试验

按照《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)中 T0722—1993 和 T0725—2000, 分别进行抽提和筛分试验。

2.2 料堆取样方法

取样的 RAP 料堆高 7.5 m。由于堆放场地没有做硬化处理, 直接堆放时底层会受到湿气和尘土污染; 同时, 料堆表面会形成一个厚度为 100~200 mm 的硬壳, 因此取样时舍去距地面 0.5 m 以内的 RAP 以及硬壳。采用挖掘机挖掘 RAP 料堆以获取垂直剖面, 然后按照 0 m、2.5 m、5 m、7 m 的堆高依次获取 RAP 料样品。RAP 料堆不同深度取样位置见图 3。

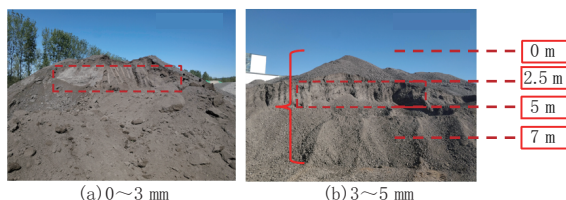


图3 RAP 料堆不同深度取样位置

3 预处理方法对 RAP 性质的影响

3.1 各档 RAP 质量分布

通过称取分离前后的各档 RAP 质量, 可获取各档 RAP 比例, 结果见图 4。

对比分离前后各档 RAP 质量占比可知, 5 mm 以上 3 档均被不同程度地破碎分离, 其中 15~25 mm 档的比例下降 10%, 但是 5~10 mm、10~15 mm 这 2 档受 15~25 mm 档破碎影响, 无法得出其真实比例, 为此下文将细化至以每个筛孔尺寸为 1 档来研究

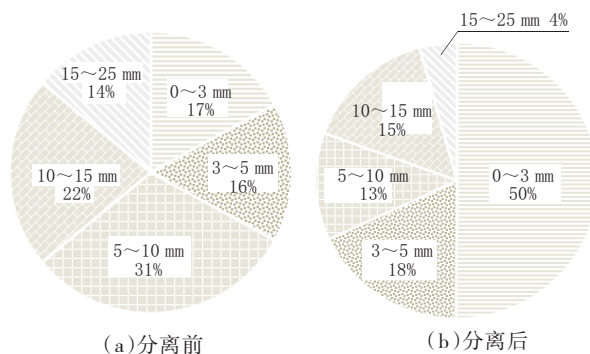


图4 各档 RAP 质量占比

RAP 的油石比、结团率和结团组成。0~3 mm 档分离后的比例增加了 33%, 说明分离机通过高速离心所产生的剪切和研磨作用可以有效地将 RAP 上裹覆的沥青胶浆剥离。

3.2 RAP 结团率

为评价通过精细化油石分离获得的 RAP 结团程度, 将分离后的各档 RAP 料按照图 4(b)所示比例混合均匀, 再筛分成 2.36~4.75 mm、4.75~9.5 mm、9.5~13.2 mm、13.2~16 mm、16~19 mm 这 5 档, 然后进行抽提筛分。抽提后, 每档 RAP 样品的集料均不同程度地通过了抽提前粒径范围的下限, 抽提损失率即定义为结团率。5 档 RAP 集料的级配通过率见图 5, 结团率见图 6。

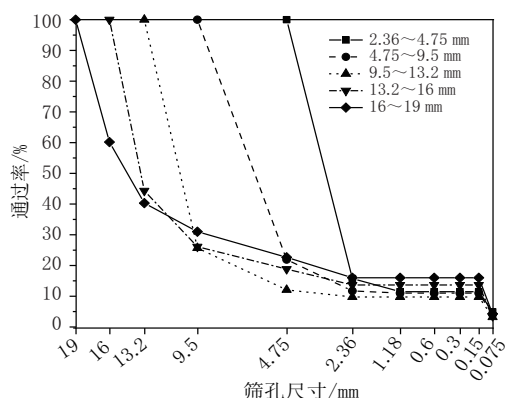


图5 精细化油石分离各档 RAP 料通过率

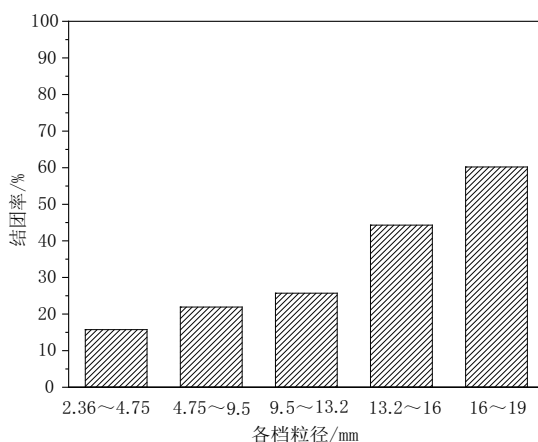


图6 分离后各档 RAP 料结团率

由图6可以看出,精细化分离后的各档RAP料结团率随着粒径增大而增大;2.36~13.2 mm这3档的结团率较小,而13.2~19 mm这2档的结团率均在50%左右。原因可能是RAP原材料由上、下面层同时铣刨,上面层沥青由于直接受到氧气、光照等自然因素与行车作用,虽然与下面层所用沥青材料一致,但是其老化程度却更大,沥青与集料裹覆性也更差,沥青变硬变脆,因此其分离效果更佳,结团率较小。下面层沥青受到上面层的保护作用,并不直接承受复杂的环境因素,老化程度小,沥青与集料黏附性更好,因此分离效果不佳,结团程度更大。再结合上、下面层混合料类型AC-13、AC-20的最大公称粒径分别为13 mm、19 mm,可以得出13.2 mm以上的结团在很大程度上应该是由中面层的AC-20所构成。

3.3 RAP 结团组成

RAP主要由旧沥青和旧集料组合而成,因此,RAP结团组成也从这两方面入手。将精细化油石分离后的5档RAP料分别进行抽提和筛分,获取每档油石比以及分计筛余百分率,具体评价每档RAP的构成。

3.3.1 油石比

图7为精细化油石分离后各档RAP料实物图。由图7可见,粗集料表面的沥青胶浆已基本被剥离干净。

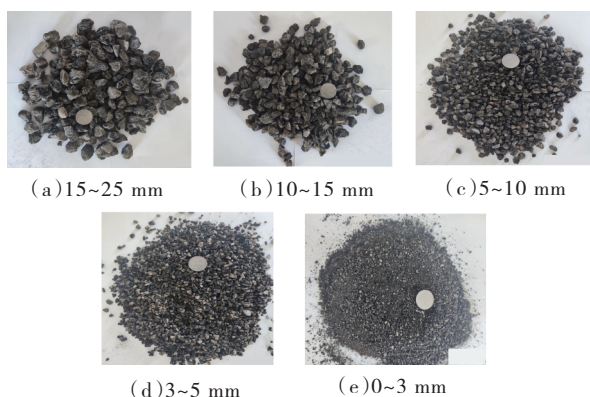


图7 精细化油石分离后各档RAP料样品

采用抽提试验获取各档RAP油石比。分离前后的RAP油石比见图8。

原路面的整体RAP油石比为4.07%,通过精细化油石分离后,粗RAP料的油石比降低约1.23%~2.40%,其中5~10 mm、10~15 mm这2档更是降低到1.7%以下。油石比的降低在一定程度上表明RAP结团已被打开,这样可以减少实际生产拌和中RAP料因黏料而对升温的限制,适当提高RAP料加热温度,从而有利于保障再生混合料的出料温度,这为粗

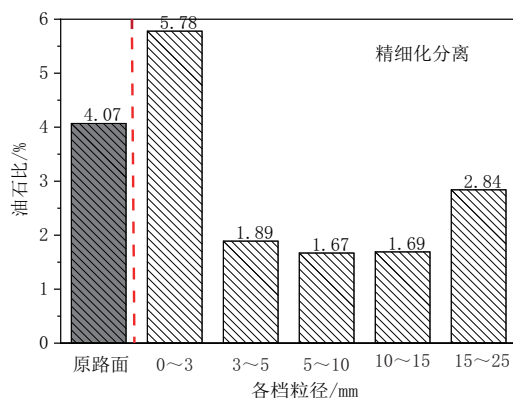


图8 分离前后RAP油石比

RAP料如同新集料一样直接添加在原生滚筒中的再生方式提供了可能。15~25 mm档的油石比降低1.23%,原因可能是该档RAP大部分由强结团构成,也可能是部分铣刨RAP料混杂了水稳层材料,造成该档RAP结团不同于其他档。3~5 mm档的油石比降低2.18%,说明精细化油石分离不仅可以将RAP粗料进行有效破碎,还因为离心分离方式而使得3~5 mm档的RAP也得到了有效破碎。

3.3.2 粒径组成

不同粒径RAP集料的分计筛余百分率见图9。

由图9可见,任意一档的最大筛孔尺寸分计筛余百分率均最大,除16~19 mm档外均大于50%,说明经过精细化油石分离后的每档RAP基本还是由该档的集料构成,这也从侧面说明了分离效果较好。另外,某档粒径的旧料颗粒主要是由2.36 mm以上的集料和0.15 mm以下的粉料结团而成,原因可能是精细化油石分离需要全粒径RAP均通过离心分离,导致0.15 mm以下的集料和矿粉有所增加。

4 RAP 存储条件研究

4.1 堆放高度和堆放时间对RAP复结团的影响

经过精细化油石分离之后的5档RAP料中,大于5 mm的粗料油石比较低,通过简单取样发现,大于5 mm以上的精细化油石分离料不会产生复结团。因此,本节主要针对0~3 mm、3~5 mm这2档RAP料进行研究。

精细化油石分离之后,不同堆高的RAP料级配见图10。

由图10(a)可知,在不同堆高下,0~3 mm档的复结团程度均较高,原因可能是0~3 mm档的油石比较高(5.78%),其所受压力随着堆高增加而增大,使得RAP料之间嵌挤更加密实,复结团更加严重。当堆高

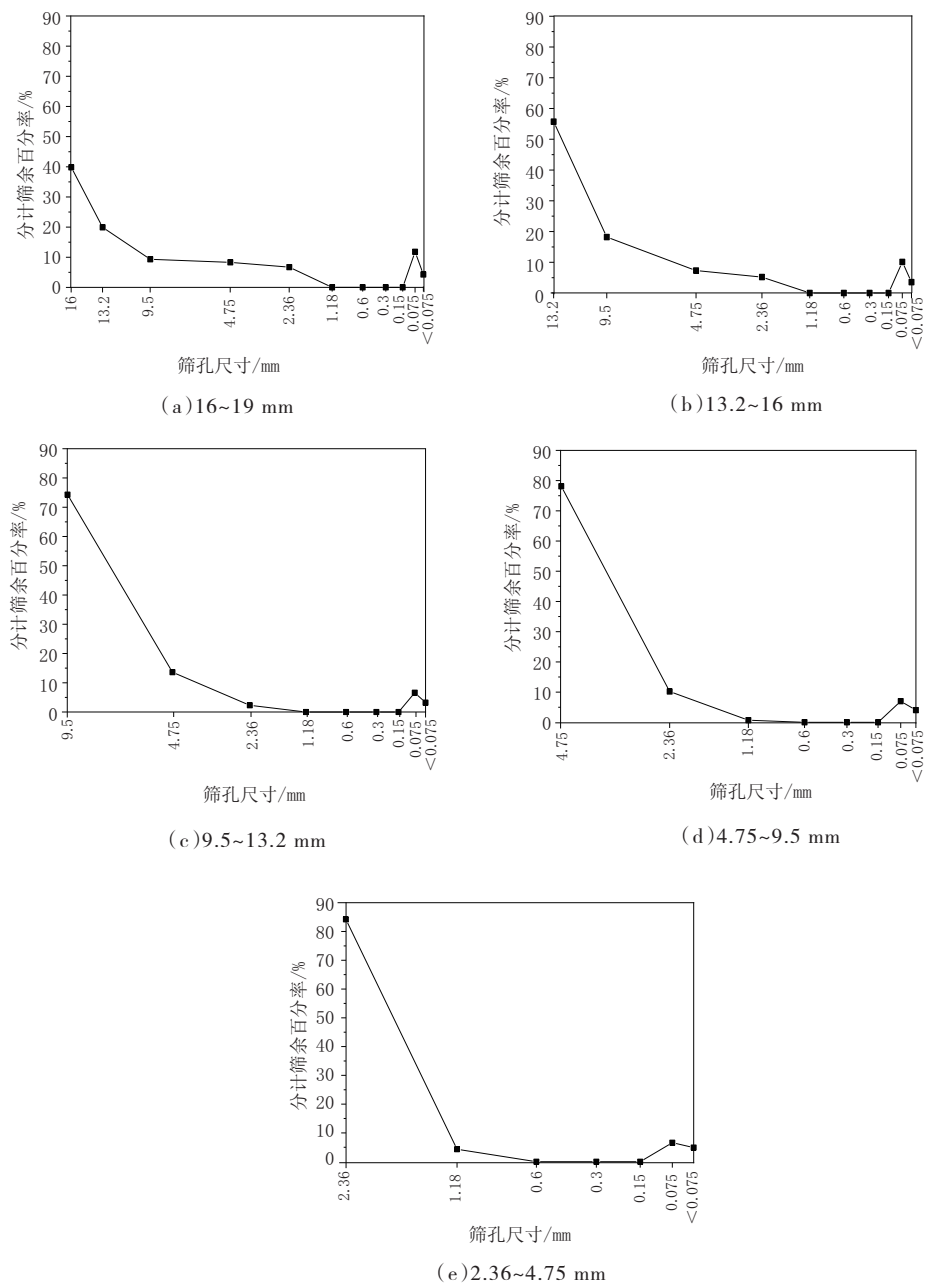


图 9 不同粒径 RAP 集料分计筛余百分率

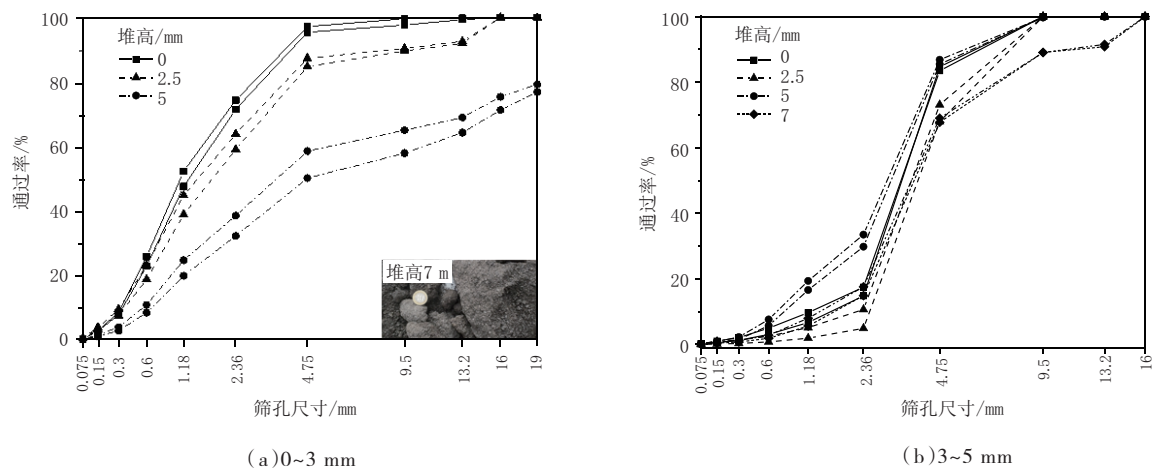


图 10 不同堆高 RAP 级配

大于 5 m 时复结团突然增大,当堆高为 7 m 时完全板结,需要使用特定破碎机进行二次破碎。由图 10 (b)可以看出,因为 3~5 mm 档的油石比仅为 1.89%,不同堆高下的 RAP 级配通过率波动较小。综合来看,油石比是决定 RAP 在不同堆放高度条件下复结

团的重要因素,建议 0~3 mm 档 RAP 的堆高不超过 5 m。

通过测定同一批铣刨料分离后堆放 3、7、15、30 d 的各档 RAP 级配,探究不同堆放时间下 RAP 复结团现象,结果见图 11。

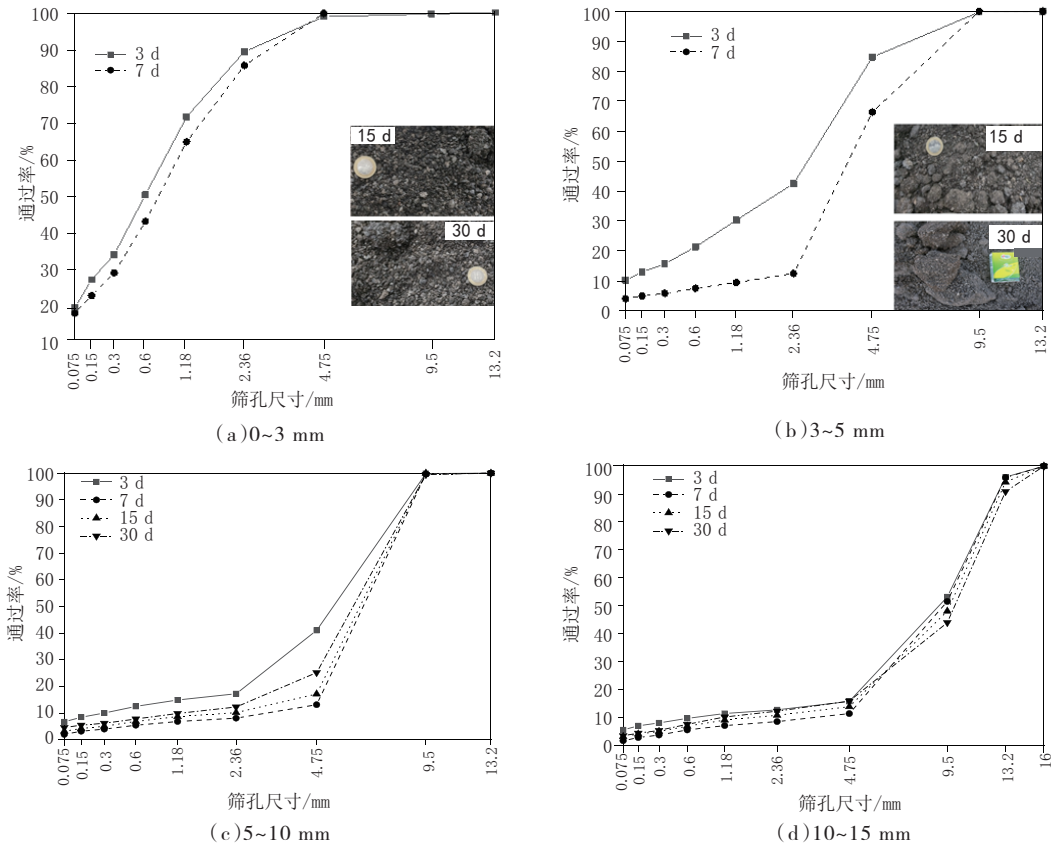


图 11 不同堆放时间下的 RAP 级配

由图 11 可知,在所测试的 4 个时间点内,5~10 mm、10~15 mm 这 2 档 RAP 级配基本没有波动。这是因为精细化油石分离以后,RAP 粗料油石比较低,因此堆放时间不会对 RAP 粗料复结团造成影响。但是由于细料含油量较高,且粒径越小,比表面积越大,其表面能也越大,团聚几率同步增大,因此 0~3 mm、3~5 mm 这 2 档 RAP 在堆放超过 7 d 后出现复结团现象。另外,由于铣刨料来源不一、精细化油石分离 RAP 分档较多以及堆场面积有限等问题,不建议堆放过长时间,否则极有可能出现混合堆放的情况。综合建议精细化油石分离 RAP 后堆放时间不超过 7 d。

4.2 含水率对分离混筛率的影响

采用不同含水率的 RAP 料进行精细化分离处理,研究不同含水率 RAP 的分离效果,采用混筛率来具体评价 RAP 含水率对精细化分离设备的影响。分离后各档通过重新筛分来获取该档最小筛孔通过

的质量,其筛下质量占总质量的百分比即为混筛率。

不同 RAP 含水率下,精细化油石分离 RAP 料的混筛率见表 1。

表 1 不同 RAP 含水率下精细化油石分离 RAP 料的混筛率			
RAP 料的混筛率			单位: %
含水率 / %	3~5 mm	5~10 mm	10~15 mm
3.1	35.43	15.53	61.32
1.71	3.41	3.06	41.98

由表 1 可知,当 RAP 料的含水率大于 3% 时,会造成精细化油石分离设备筛孔堵塞,导致各档 RAP 料混筛严重,特别是 10~15 mm 档 RAP 料混筛率达到 60% 以上。当 RAP 料含水率为 1.71% 时,在精细化油石分离后 10~15 mm 档 RAP 料的混筛率仍偏高,但 3~5 mm 和 5~10 mm 这 2 档 RAP 料的混筛率相对降低,仅为 3%~4%。精细化油石分离设备对 RAP 料含水率指标的要求较高,建议精细化油石分离前要控制 RAP 料含水率在 1.5% 以内,在储存时建

议室内封闭储存;含水率较大时采用摊铺晾晒方式来降低含水率,且检查精细化油石分离设备筛网是否通畅。

5 结 语

(1)精细化油石分离方式可以将 RAP 粗集料中旧沥青与旧集料分离,经筛分后得到不同粒径分布的 RAP 粗料和富含老化沥青的 RAP 细料。

(2)精细化油石分离大幅降低了 RAP 粗料的油石比,RAP 粗料的油石比可降低约 2.0%,同时有效降低 RAP 结团程度,其结团程度随粒径增大而增大。

(3)从复结团和含水率的角度出发,精细化油石分离前 RAP 含水率要控制在 1.5%以下,分离后临时堆放建议采用室内封闭储存;0~3 mm 档 RAP 堆高小于 5 m;0~3 mm、3~5 mm 档 RAP 堆放时间不大于 7 d。

参考文献:

- [1] 蔡全辉.废旧沥青混合料厂拌热再生应用问题研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [2] 王玄同.高 RAP 掺量下温拌再生沥青混合料性能研究[D].大连:大连理工大学,2020.
- [3] 郑健龙,吕松涛,刘超超.长寿命路面的技术体系及关键科学问题与技术前沿[J].科学通报,2020,65(30): 3219-3227.
- [4] 马辉,茅荃,李宁.沥青路面厂拌热再生 RAP 料掺量影响因素分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2020,39(9):97-104.
- [5] 彭文耀,李婷玉,陈宇亮,等.高掺量厂拌热再生改性沥青混合料路用性能研究[J].公路工程,2022,47(4):1674-0610.
- [6] 黄磊.基于 RAP 材料预处理的厂拌热再生技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [7] ZHAN He, LI Ning, TANG Wei, et al. Impact of RAP classification on the road performance variability of recycled mixture[C]// Proceeding of 6th Chinese-European Workshop on Functional Pavements (CEW 2020). Nanjing: CRC Press, 2020: 146-151.
- [8] 孙学楷.厂拌改性热再生沥青路面施工过程质量控制与改进研究[D].广州:华南理工大学,2020.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com