

大比例旧沥青混合料厂拌热再生技术在公路养护中的应用

张忠文

敖汉旗公路管护和运输保障中心, 内蒙古 赤峰 024300

DOI:10.61369/ETQM.2025110031

摘 要 : 大比例旧沥青混合料厂拌热再生技术 (RAP 技术) 在公路养护中应用广泛, 通过高比例掺加旧料实现资源循环利用, 同时降低能耗和碳排放。沥青路面实际使用年限约为 15 年左右, 我国过去建造的沥青路面目前已经陆续进入大修周期, 需要翻修的工程项目日益增多。如果将翻修期间产生的废旧沥青路面材料直接弃置, 既会增大堆放及处置成本, 又会造成资源浪费。旧沥青路面材料厂拌热再生技术能循环利用废旧资源, 降低沥青路面维修成本, 还能维持原路几何特性, 节省新集料和沥青胶结料用量, 社会效益和经济效益显著。当前, 厂拌热再生过程中循环利用的 RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) 沥青混凝土回收料比例较低, 无法充分发挥旧料应有的价值和效益。

关 键 词 : 公路养护; 大比例旧沥青混合料; 厂拌热再生

Application of High-Proportion Plant-Mixed Hot Recycling Technology for Reclaimed Asphalt Pavement in Highway Maintenance

Zhang Zhongwen

Aohan Banner Highway Maintenance and Transportation Security Center, Chifeng, Inner Mongolia 024300

Abstract : The high-proportion plant-mixed hot recycling technology for reclaimed asphalt pavement (RAP technology) is widely applied in highway maintenance. It achieves resource recycling by incorporating a high percentage of reclaimed materials, while simultaneously reducing energy consumption and carbon emissions. Asphalt pavements typically have a service life of around 15 years, and many asphalt pavements constructed in China in the past have now entered their major overhaul cycles, with an increasing number of projects requiring renovation. Directly discarding the waste asphalt pavement materials generated during renovation would not only increase storage and disposal costs but also result in resource waste. The plant-mixed hot recycling technology for reclaimed asphalt pavement materials enables the recycling of waste resources, reduces the cost of asphalt pavement maintenance, maintains the original geometric characteristics of the road, and saves the consumption of new aggregates and asphalt binders, yielding significant social and economic benefits. Currently, the proportion of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) recycled asphalt concrete used in the plant-mixed hot recycling process is relatively low, failing to fully leverage the value and benefits of the reclaimed materials.

Keywords : highway maintenance; high-proportion reclaimed asphalt mixture; plant-mixed hot recycling

人们越来越认识到公路交通事业发展与社会发展的相互促进作用, 故而也愈发重视公路养护工程。我国沥青再生技术与西方发达国家相比起步较晚, 但发展迅速。笔者在 2024 年作为赤峰市国省干线公路养护项目技术负责人, 参与了内蒙古自治区 G305 线赤峰段厂拌热再生沥青材料绿色养护工程试点项目, 项目完成后各项指标均达到设计要求。因此笔者认为以沥青再生技术进行公路养护更加符合节能环保理念, 施工效果也更好。

一、大比例旧料厂拌热再生混合料设计技术

1. 基本概念与原理。大比例旧料厂拌热再生技术是一种将回收的旧沥青路面材料 (RAP) 运至拌和厂, 经加热与新集料、新沥青、再生剂等混合, 形成再生沥青混合料的技术。其核心原理是

通过物理和化学手段恢复旧沥青混合料的性能, 实现资源的高效利用。RAP 定义: 指回收的旧沥青路面材料, 通过破碎、筛分等处理, 可用于再生沥青混合料的生产^[1]。技术特点: 以 30 ~ 50% 高旧料掺量与新集料、新沥青、再生剂等进行热拌或温拌。技术优势: 具有环保 (减少资源浪费与碳排放)、经济 (降低材料成本

30%–50%) 和性能稳定等优点。

2. 设计方法与工艺流程。设计流程, 原路面调查分析: 评估旧路面的使用状况、材料特性等。材料要求: 确定 RAP、新集料、新沥青和再生剂的技术指标。配合比设计: 检测旧料沥青含量与老化程度, 确定再生剂、新集料添加比例。性能验证: 通过马歇尔试验、车辙试验等验证混合料性能。

3. 技术标准与规范。主要参考《DB1306/T 244-2023 大比例厂拌热再生废旧沥青混合料设计及施工技术规范》, 该规范规定了: 材料要求: RAP、新集料、沥青和再生剂的技术指标。配合比设计: 包括目标配合比设计、生产配合比设计和验证。施工控制: 拌和、运输、摊铺和碾压各环节的质量控制标准。质量检验: 现场施工质量检验与评定方法。

4. 应用案例与效果。广州 100% 全比例再生技术: 实现废旧沥青 100% 再生利用, 再生路面比全新材料更抗压、更耐久, 碳排放减少超过 30%。集团应用: 旧料掺量达 30–55%, 使用专利再生剂后最高可达 80%。高掺量温拌同步再生技术: 实现废旧 SBS 混合料再生利用率 30% 以上, 性能恢复至 90% 以上。

5. 技术难点与解决方案。主要技术难点, 加热问题: 再生料加热温度控制困难, 影响成品料稳定性。粘接问题: 再生料在加热后易粘接, 影响生产工艺连续性。解决方案, 加热优化: 采用分仓加热技术, 新旧材料分别加热至最佳温度。使用红外加热装置, 提高加热效率 (如 2.4m² 加热面积)。粘接控制: 优化加热温度曲线, 避免过度加热。使用专用再生剂改善沥青性能。设备表面采用防粘处理。沥青烟处理: 采用组合工艺 (焚烧法 + 活性炭吸附 + 电除尘法) 处理。

二、沥青路面再生技术的应用优势

1. 环保与经济。沥青路面再生技术有别于其他的道路养护工作, 不会消耗过多的材料, 也很少在工程项目施工的过程中产生大量废弃物, 对环境造成负面影响, 也为工程管理工作增加难度。沥青路面再生技术是将预改造路段进行二次挖掘、回收、破碎、筛分后结合新材料重新拌和, 重新铺筑, 这种方式也就是通俗意义上的“回收再利用”, 其所产生的经济效益、社会效益与生态效益都是巨大的。沥青路面再生技术所养护的道路, 工程造价更低, 材料与资金被节缩, 也实现了行业循环经济和生态保护。

2. 提升施工效率。沥青路面再生技术具备高效率与高质量的特点, 具体是指沥青路面再生技术进行公路养护相较于一般的道路养护工作而言涉及到的操作更为简单, 节省了大量的时间, 为公路的养护提供诸多便利。另一方面, 沥青路面再生技术可以实现对道路性能与状态的优化, 延长道路使用寿命。

三、大比例旧料厂拌热再生技术施工工艺

大比例旧料厂拌热再生技术是一种高效、环保的路面修复工艺, 其核心在于通过专业设备实现旧沥青混合料的回收、再生与再利用。以下是该技术的施工工艺流程及关键点:

1. 施工工艺流程。旧料回收与处理, 采用路面冷铣刨机将旧沥青路面分层铣刨, 回收的旧料运输至拌合厂后, 需经破碎筛分设备分级处理, 分类存放。旧料加热与预拌, 回收的旧料通过输送系统进入再生沥青混凝土拌合设备, 经加热后与再生剂预拌, 以恢复其性能。新料添加与混合, 新骨料经配料系统加热后, 与预拌的旧料、新沥青等材料按设计比例混合, 生成符合要求的再生混合料。摊铺与碾压, 再生混合料运输至现场后, 通过摊铺机整平, 压路机压实, 形成新路面结构层。

2. 关键技术要点。旧料利用率: 通过合理配合比设计, 旧料掺配比例可达 30% 以上, 部分工程案例中甚至实现 80% 以上旧料循环利用^[2]。设备配置: 需配备破碎筛分设备、再生拌合主机及加热系统, 确保旧料处理均匀性。温度控制: 旧料加热温度需控制在 160–210℃ 范围内, 避免沥青过度老化。

3. 技术优势。经济性: 减少新材料使用, 综合成本降低 50%–60%。环保性: 旧料全量利用, 减少废弃物排放。适用性: 目前的技术能适用于一级以下等级路面的建养施工, 尤其适合中等破损深度的修复。该技术通过模块化设备与精准配比设计, 实现了资源高效利用与路面性能恢复的平衡。

四、沥青路面再生技术在公路养护工程中的应用

1. 厂拌热再生技法。公路大修或中修工程中比较适用的方法就是厂拌热再生技术方法, 此方法可以较好的利用回收旧料, 减少新材料的投入比例, 对旧料重复循环率较高, 且施工的工艺较简单, 也较为方便, 成品效果较好。厂拌热再生技法的使用, 应先完成新配合比试配, 然后严格依据设计及规范要求进行混合料调配、拌和、摊铺及碾压, 保证各工序质量达标。相比较另外一种就地热再生技法, 这种厂拌热再生技法在流程上就更为复杂一点。工程人员先要在修复路段铣刨回收老旧路面材料, 为了保障收回材料的品质, 就要减少铣刨回收过程中废土和杂质的掺入量。完成铣刨回收这步后, 操作人员还需对铣刨回收的材料进行捣碎和分筛, 为下一步掺配集料做准备。

2. 厂拌冷再生技法。厂拌冷再生技法与厂拌热再生技法有相同的步骤, 第一步都是要把收回路段的老旧面层铣刨后收回到集料场, 再用专业回收机器将老旧回到集料进行捣碎、分筛, 再依据新配的配合比要求, 选加新碎石、再生剂、砂料、其他外加剂等原材。在接到养护计划安排后, 交由工程试验人员结合项目现场的实际需求试验后调配出新配的配合比方案, 接着依配比方案进行搅拌生产, 以常温搅拌, 还要严格控制出料的品质达到最佳要求, 以保证各项性能指标达到工程的目标值。在摊铺过程中还要做好压实控制, 避免压实厚度超过最佳厚度而影响到粘接效果, 最终影响到成品的质量达标。

3. 就地热再生技法。此技法可以采用新型的就地热再生设备, 提高效率。开工前要对现场的交通进行管控, 以半幅改造为宜, 另外半幅交替放行。浅表层次的病害问题就可以用此技法进行处理, 对浅表层采取铣刨回收, 在回收拌和设备中直接加入沥青新料、粗细集料及再生剂等, 现场拌和出新沥青混合料。进行

新沥青混合料的拌和生产中，要控制好温度高低及拌和时间长短均要达到合格的要求^[3]。生产好的沥青混合料直接就可以进行摊铺作业，摊铺施工作业中要保证下料速度均匀，摊铺温度也要控制好。在碾压时应使用双钢轮压路机静压初压和振动压实复压，再应用轮胎压路机压实终压，当路面表面没有任何轮迹时即符合收工标准。施工完毕后，各项指标检验合格验收完成，即可恢复交通行车。

4.就地冷再生技法。就地冷再生与就地热再生同样需要采用新型的就地冷再生专业设备，此技术可以对旧路面的结构层全部进行改造，是深层次的病害问题处理技术。可利用再生专业设备，对旧路材料进行冷铣刨、破碎、回收、筛分，加入新沥、改性料及活性料等进行拌和、摊铺及压实。相较于其他技术，该技术无需转运材料，减低费用，减少环境污染，而且方便施工。但这种方法对质量的控制要求很高，增加了难度，设备的成本也较高，一般情况下不推荐在低等级公路或农村公路大中修工程中应用。

五、再生技术的优化控制措施

1.加强质量管控意识。开工前，要充分做好施工准备工作，包括专业机械设备配置、原材料备料、外加剂选择、施工配合比调控、技术交底及现场管理人员培训等。加强技术交底及提高现场管理人员管控水平是做好质量管控的关键因素^[4]。由建设单位组织设计单位对现场管理人员进行技术交底和关键技术指标的培训宣贯，明确需要注重的事项，熟悉设计方案，建立质量管控目标，可以有效提高沥再生技术的应用效果。

2.专业机械设备配置。沥再生技术修复路面与传统公路养护工艺是不同的，沥再生修复工法需要通过铣刨的方式取挖旧路面，再利用旧沥青混合料添加合适的再生剂形成新的混合料，这就需要配置专业的机械设备。以厂拌热再生为例，需要配置改进版的间歇式沥拌设备，再配合专用的热再生系统便能组合成为新型热再生沥拌设备，这种新型设备具有性能稳定性好，成品质量易把控的优点，完全能满足高要求的路面等级要求。这能极大地发挥专业设备优势，让沥再生修复技法的资源得到更合理的配置优化。

3.原材料的质量把控标准。要得到好的成品质量就需要好的原材料质量，新加入的碎石、沥青、再生剂、活性剂等材料均需符合沥再生技术标准的要求。选择可靠的沥青原材料供应商，并做好每个入库批次的抽样取样检测。再生剂的选择也和沥青一

样，同样需要做好抽样取样检测。新拌混凝土中加入的粗细集料都要按技术要求进行原材料相关技术指标的检测，选择合适的碎石等材料。这几类原材料的选择都要进行相关的实验对比，选择符合沥再生技术标准的最佳种类。

4.沥再生配合比的把控。沥青再生混合料最重要的控制关键就是设计配合比与施工配合比都要符合工程的要求。在实验室通过对再生沥青混凝土配合比进行反复试验检验，得到符合要求的技术参数，再进行试验路段的铺筑，对试验路段开展水稳定性、车辙稳定性性能的试检，同时开展低温抗弯曲破坏试检，最后总结出符合沥再生技术要求的分析报告^[5]。以报告中的数据控制现场施工，再根据现场情况进行实时调控，得到优化后的最佳配合比方案。

六、大比例旧料厂拌热再生技术质量控制要点

1.旧料预处理控制。破碎筛分：旧料需经破碎筛分处理，国内通常分为0-13mm、13-25mm两档，避免使用13mm以上颗粒以保证加热均匀性。老化检测：需检测旧料沥青含量、针入度（要求 $\geq 40\text{dmm}$ ）及级配组成，过度老化旧料需添加改性剂。

2.配合比设计。掺量控制：常规旧料掺量10%-30%，大比例应用时最高不超过50%。再生剂添加：根据老化程度确定再生剂掺量（如ZS型再生剂按旧沥青含量的4.5%添加）。级配调整：新集料需补充旧料缺失级配，合成级配需符合AM-13等目标要求。

3.拌合工艺。温度控制：新旧材料分仓加热至160-180℃，拌合后混合料温度需达140-160℃。设备要求：采用双烘干滚筒设计避免旧料沥青老化，南方路机RLB系列等设备支持50%旧料掺量。

4.施工过程监控。摊铺碾压：压实度需 $\geq 97\%$ ，摊铺温度偏差控制在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 内，横向接缝平整度 $\leq 3\text{mm}$ 。温度离析：红外热成像技术监测装料、运输、摊铺环节温度分布，减少离析风险。

5.环保与成本控制。每万吨旧料可减少碳排放约200吨，但成本较传统工艺高15%-20%。再生层厚度通常为2-5cm，不适用于深层修复。

总之，大比例旧料厂拌热再生养护技术在病害沥青路面面层处治中完全适用，将离散性较大的上面层铣刨料单独铣刨和堆放，并将离散性小的中、下面层整体铣刨堆放、再生使用。将旧料二次筛分为三档RAP料后均匀性更好；按照先拌和再生剂和旧料的方式添加再生剂能显著提高厂拌热再生混合料抗疲劳性能。

参考文献

- [1]景广涛,陈海强,张婷.厂拌热再生沥青混合料RAP合理掺量与路用性能研究[J].中国水运.2024,24(6)114-116.
- [2]张泽南.厂拌热再生沥青混合料优化设计研究[J].工程技术研究.2023,8(17)244-246.
- [3]甄永林.厂拌热再生沥青混合料的质量控制措施分析[J].江西建材.2023,(12)77-79.
- [4]杨永永,朱春风,李强.厂拌热再生沥青混合料应用研究现状综述[J].四川水泥.2024,(1)187-189.
- [5]张海婷.厂拌热再生沥青混合料RAP合理掺量与路用性能研究[J].交通科技与管理.2023,(21)47-51.