

干线公路沥青面层就地热再生现场施工技术应用研究

兰 佳

乌兰察布市察右后旗交通事业发展中心 内蒙古自治区 乌兰察布 察哈尔右翼后旗 012400

【摘 要】：干线公路作为区域交通运输的重要骨架，长时间受到交通荷载、自然环境的侵蚀，沥青面层容易出现车辙、裂缝、松散、抗滑性能降低等一系列的病害，传统的铣刨重铺养护方式存在着资源浪费、工期长、造价高、环保性差等弊端。就地热再生技术可以实现旧沥青路面材料 100%就地循环利用，符合绿色交通养护发展理念。本文立足于干线公路养护工程的实际，对就地热再生技术的核心理论和施工原理进行系统的阐述，对现场施工过程中存在的原材处理、温控、摊铺碾压、质量控制等方面的问题进行分析，针对这些问题提出可行的操作办法，同时给出标准化的施工优化方案以及质量控制标准，根据工程实际应用检验技术的可行性和实用性，为干线公路沥青路面高效、绿色、长效养护施工提供技术支持和实践保障。

【关键词】：干线公路；沥青面层；就地热再生；现场施工；质量管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.074

引言

我国干线公路路网规模很大，大部分早期建成的沥青公路已经进入养护大修高峰期，路面老化破损问题越来越严重。常规铣刨重铺工艺会产出大量的废旧沥青混合料，不但占地，而且会造成环境的污染，还会消耗大量的新材，从而提高养护成本，并且施工占道时间长，严重干扰干线公路的通行。就地热再生技术属于新型绿色路面养护技术，现场加热、耙松、掺配再生剂及新料、拌和摊铺碾压一体化施工完成旧沥青面层的修复再生，具有资源利用率高、施工周期短、交通干扰小、路面结构整体性好等特点。现阶段该技术在干线公路施工中还存在着工艺标准化程度不高、温控精度低、再生效果不好、病害复发率高等问题，限制了其规模化使用。因此，本文根据干线公路施工工况，系统研究就地热再生施工技术体系，总结施工问题并给出精准落地的解决对策，以提高干线公路沥青路面养护施工质量及使用寿命。

1 干线公路沥青面层就地热再生核心理论与技术体系

1.1 就地热再生技术核心原理

沥青面层就地热再生技术的核心原理是依靠沥青材料热可逆性和老化修复的原理，老化沥青在高温加热的作用下可以恢复流变性能，在加入一定量的再生剂后，补充沥青中缺少的轻质组分，调整新旧沥青的掺配比例，重新建立沥青混合料的级配结构，达到旧路面材料性能的再生利用。干线公路沥青面层长时间服役之后，沥青会表现出氧化老化的特性，组分会迁移移动，黏度变大并且延展性减小，集料会出现轻微的磨损状况，粘结力也会逐渐减弱，这些变化最终会导致各种路面问题^[1]。就地热再生施工利用分级加热技术，精确控制旧路面的加热温度和深度，防止沥青二次老化和集料破碎，将耙松后的旧

料就地收集，掺配适量再生剂、新沥青混合料，充分拌和均匀后重新摊铺碾压成型，使再生面层平整度、密实度、抗滑性、稳定性恢复到规范标准。

1.2 干线公路就地热再生技术适用范围与技术优势

干线公路交通流量大、车型多、重载车占比高，路面病害以浅层病害居多，就地热再生技术十分适应，主要适用于路面轻度至中度车辙、浅层网状裂缝、表面松散、泛油、抗滑性能衰减、表层老化等病害，只对沥青面层进行再生修复，不扰动路基、基层结构，适合二级及以上干线公路日常养护和预防性大修使用。与传统的养护技术相比，其技术上的优势有三个特点，即绿色节能，旧料全部就地再生利用，大大减少砂石、沥青新材料的消耗，降低固废排放和施工扬尘污染；高效便捷，一体化流水线施工不需物料转运，施工周期缩短 50%以上，可以快速开放交通，最大限度降低干线公路交通拥堵的影响；结构性能好，热再生施工保留原有路面集料骨架结构，新旧料热粘结强度高，再生路面抗裂性、防水性、耐久性好于传统铣刨重铺路面，长期服役稳定性更好。

2 干线公路沥青面层就地热再生现场施工现存核心问题

2.1 原材料预处理与配比管控不规范

原材料质量、配比精度是影响热再生路面性能的关键因素，在干线公路现场施工过程中，原材料管理问题比较严重。一方面旧路面混合料预处理缺少标准化流程，在施工前没有对旧料的老化程度、集料级配、杂质含量等进行全面的检测，部分路段旧料中混有泥土、碎石、杂物，新旧老化的程度差别较大，从而影响再生混合料的均匀性。另一方面是再生剂、新沥青掺量控制随意，施工人员大多靠经验来配比，没有根据旧沥

青老化指标来调节再生剂的用量,造成再生剂用量不足而无法修复沥青性能,或者过剩而产生路面泛油软化^[2]。新料和旧料掺配比例不合理,混合料级配不符合设计标准,再生路面空隙率大、压实度不够,后期容易产生渗水、松散、脱落等病害,大大缩短路面使用寿命。

2.2 现场加热工艺不合理,温控精度不足

温度控制属于就地热再生施工的重要工序,直接影响到沥青再生的效果以及施工质量,目前现场施工中普遍存在着加热不准、工艺不合理的情况。大多数施工现场只使用一种加热方式,没有按照路面厚度、老化程度、环境温度的变化来调节加热参数,容易造成路面表层温度过高、内部温度过低的温差问题。表层高温会造成旧沥青二次老化、集料灼伤,内部低温使旧料软化不彻底,耙松困难、破碎率高。施工过程中缺少温度监测,没有对加热、拌和、摊铺、碾压全过程的温度进行实时控制,低温环境下、大风天气下施工时热量散失过快,混合料摊铺温度、碾压温度达不到要求,新旧料粘结强度不够。另外局部路段出现加热不均匀状况,路面高低参差不齐,后续摊铺碾压之后平整度差,是造成路面后期开裂沉降的又一个重要原因。

2.3 摊铺碾压施工工序标准化程度低

摊铺和碾压是形成高质量再生路面的关键环节,目前干线公路热再生施工工序缺乏规范性,人为质量偏差问题十分明显。摊铺阶段,摊铺机行驶速度忽快忽慢造成混合料摊铺厚度不均、离析严重,局部存在缺料、积料情况,并且摊铺连续性不够,中途反复停顿造成施工接缝,降低路面的整体性。同时摊铺厚度没有严格按照设计标高控制,厚度偏差过大,造成路面的承载力不均匀。碾压环节有碾压顺序、碾压速度、碾压遍数不规范的问题,初压、复压、终压的工序衔接不合理,部分路段漏压、过压,过压造成集料破碎、路面泛油,漏压造成压实度不够、空隙率超标。碾压温度控制不严,终压温度过低,混合料密实度达不到要求,再生路面成型后平整度、密实度、稳定性都不能满足干线公路重载通行的要求。

2.4 施工质量检测与后期养护管控缺失

完善的质量检测及养护体系是保证热再生路面长久使用的保证,目前施工现场存在重施工、轻检测、轻养护的问题。施工过程没有全过程动态检测,在施工结束后才做简单的抽检,没有对再生混合料级配、油石比、温度、压实度等关键指标进行实时监测,不能及时发现施工隐患。检测手段单一,对于路面的抗滑性能、渗水系数、结构稳定性等主要指标的检测频率偏低,部分质量隐患不能得到及时的解决。后期养护管控体系不到位,施工结束后没有严格执行封闭养护制度,部分路

段过早开放交通,路面未完全成型受力变形。而且缺少后期常态化的病害巡查,对于再生路面早期细微裂缝、松散、渗水等病害的发现不能及时,使小病害不断发展成大病损,从而大大缩短了道路的养护时间并加大了二次养护的投资^[3]。

3 干线公路沥青面层就地热再生现场施工落地性优化策略

3.1 规范原材料预处理流程,精准把控混合料配比

对原材料的管控不到位,创建起全流程标准化预处理和配比控制体系,从而达成源头质量的可控。施工前做好全路况的检测工作,用钻芯取样、沥青性能试验等方法对旧路面的沥青老化状况、集料级配、混合料含水率和杂质含量进行检测,按照检测结果将施工路段分为不同的等级,制定出相应的预处理措施。彻底清除旧路面表面的杂物、泥土、油污,对局部破损、松散严重的部位提前修补,剔除不合格的旧料,保证再生原材料的纯净度。建立动态配比设计机制,严禁经验化施工,以旧沥青针入度、延度、软化点检测数据为依据,精确计算再生剂最佳掺量,常规老化路段再生剂掺量控制在旧沥青质量的3%~6%,重度老化路段适当提高掺量,保证沥青组分得到有效恢复。严格控制新旧料的配比,按照设计级配的要求,通过试验确定最佳的新料掺配比例,一般控制在10%~20%,同时优化油石比,使混合料的空隙率保持在3%~6%^[4]。施工时每200m进行一次混合料抽检,实时调整微调配合比参数,防止出现级配失衡、性能不合格等状况,从源头保证再生混合料质量的稳定。

3.2 优化分级加热工艺,建立全流程温控体系

为了克服施工温控精度不够、沥青二次老化等缺陷,采取分级分段加热的方法,建立全流程温度控制体系来适应干线公路的施工工况。抛弃传统的单一加热方式,使用预热、深层加热和保温三个等级的加热工艺,根据沥青面层厚度(常规4~6cm)调节加热设备参数,预热阶段低温缓慢升温,消除路面温差应力,深层加热阶段精确控温,使旧路面耙松温度保持在120~140℃,保证旧料充分软化而不产生二次老化。严格控制各个工序的核心温度指标,新旧料拌和出料温度控制在130~150℃,摊铺温度不低于145℃,初压温度不低于140℃,终压温度不低于110℃,防止低温施工。配置全自动温度监测系统,专人负责全天候不间断实时检测路面加热温度、混合料出料温度、摊铺碾压温度等,50米一组数据,大风、低温时及时调整加热功率和施工速度,做好混合料保温防护,减少热量散失^[5]。对路面局部加热不均的问题进行分区控制,对弯道、坡道、路口等特殊路段降低行驶速度、延长加热时间,保证全路段温度均匀,彻底消除温差造成的施工质量问题。

3.3 标准化摊铺碾压工序，严控现场施工精度

根据干线公路重载交通的需求来制定标准化的摊铺、碾压施工规程，细化工序操作标准，提高路面的成型质量。摊铺施工前做好路面找平、标高复核工作，校准摊铺机参数，设定匀速摊铺模式，行驶速度控制在 $2\sim 4\text{m/min}$ 之间，连续不间断施工，避免中途停顿、变速行驶，减少施工接缝。通过摊铺厚度控制优化，按照设计标高、松铺系数精确控制摊铺厚度，松铺系数设为 $1.15\sim 1.25$ ，摊铺时随时观测厚度，及时调整，防止厚薄不均和混合料离析。碾压工序严格按照“初压稳压、复压密实、终压收光”的顺序进行，采用双钢轮压路机和胶轮压路机相结合的碾压方式，明确碾压参数，初压用双钢轮压路机静压 $1\sim 2$ 遍，速度 $2\sim 3\text{km/h}$ ；复压用胶轮压路机碾压 $3\sim 4$ 遍，速度 $3\sim 4\text{km/h}$ ，保证混合料密实度；终压用双钢轮压路机静压收光 1 遍，清除轮迹、平整路面。严格划分碾压作业区，杜绝漏压、过压、碾压速度过快等现象，相邻碾压带重叠宽度为轮宽的 $1/3$ ，施工接缝处重点碾压处理，保证路面整体性和平整度，保证成型路面压实度、平整度指标符合干线公路施工规范要求。

3.4 构建全过程质量检测与常态化养护体系

建立施工前检测、施工中动态监测、施工后验收检测的全过程质量管控体系，配以后期常态化养护制度，从源头上保证施工质量和路面的长效性。施工前做好原材料、设备参数、施工方案的全面检查；施工中对混合料级配、油石比、施工温度、摊铺厚度、压实度等主要指标进行实时抽检，每天对路面平整度、渗水系数、抗滑性能等进行检测，发现问题立即停止施工

并及时整改，避免质量问题产生^[6]。完善竣工验收标准，严格依照《公路沥青路面施工技术规范》进行全方位检测，重点对路面密实度、平整度、构造深度、渗水性能等主要指标进行检测，不合格路段需返工。建立闭环式后期养护体系，在施工结束之后实行封闭警示标识管理，严格遵照 $4\sim 6$ 小时封闭养护规定，直到路面温度降低到 50°C 以下为止，才能让路面顺利开放通行，防止因提前通车引发的路面变形、起砂、开裂等情况发生。建立后期常态化巡检机制，通车后 1 个月、 3 个月、 6 个月定期进行路况检查，及时处理微细裂缝、局部松散等初期病害，并保存施工档案，记载施工参数、检测数据、养护状况，为以后路段施工改进给予数据支持，达成施工品质和养护成果两方面的保证。

4 结语

就地热再生技术由于具有绿色高效、经济环保、结构性能好等特点，高度适应于目前公路干线公路沥青路面养护施工的需求，是公路绿色养护的主要技术之一。本文从理论角度整理该技术的核心理论以及它的应用优势，对现场施工中的原材管控、温度控制、摊铺碾压、质量养护四个主要问题展开系统分析，给出可操作、能落地的施工优化对策和控制方法。经过规范化的原材料配比、精确的全流程温控、标准的工序施工和闭环的质量养护，可以有效地克服干线公路热再生施工中存在的质量缺陷问题，提高再生路面的平整度、密实度和耐久性。将智能化施工设备、数字化监测技术融合起来，不断改善就地热再生技术的标准化、智能化水平，给干线公路长效养护、绿色交通创建赋予强有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 李萃莹.一级公路沥青路面厂拌热再生技术要点[J].交通世界,2026,(13)106-108.
- [2] 张焱,管尧,丁逸锋,等.高旧料掺量下热再生沥青混合料宏观损伤断裂试验表征[J].材料科学与工程学报,2026,44(2)262-271+338.
- [3] 王修山,徐建,金家明,等.一种环氧沥青全热再生RAP料的施工技术与质量控制[J].中国工程机械学报,2026,24(2)321-326.
- [4] 潘克,郑钦煌.基于热再生技术的公路沥青路面裂缝修补工艺与应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(10)103-105.
- [5] 赵东辉.基于沥青路面现场热再生技术的高速公路沥青路面养护[J].广东建材,2024,40(12)134-136.
- [6] 李文学.基于厂拌热再生技术的公路沥青路面养护方法[J].中国科技信息,2024,(19)103-105.