

沥青路面裂缝养护就地再生技术的低碳应用研究

周妍雨

北京交通大学交通运输学院

DOI: 10.12238/ems.v6i6.8001

[摘要] 我国日益突出的对公路养护低碳节能的需求是一个需要重视和解决的挑战。在此背景下, 沥青路面就地再生技术是一种具有广阔应用前景的解决方案。该技术通过对旧沥青路面进行再生和更新, 能够显著改善路面质量, 延长使用寿命, 同时降低养护成本和低碳节能。本文通过对沥青路面裂缝和路面预防性养护的介绍, 重点研究了沥青路面就地再生技术中的就地再生冷技术和就地再生热技术, 阐述了两种技术的应用优势与未来发展前景。未来, 沥青路面就地再生技术将继续得到广泛应用和推广。随着技术的不断创新和发展, 就地再生冷技术和就地再生热技术将进一步提高道路施工效率和质量, 降低养护成本, 为我国公路养护问题的解决提供更加可靠和可持续的解决方案。

[关键词] 低碳节能; 沥青路面; 路面裂缝; 就地再生; 路面养护

Asphalt pavement crack maintenance based on in-situ regeneration technology

ZHOU Yan-yu

School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University

[Abstract] The increasingly prominent need for low-carbon and energy-saving road maintenance in China is a challenge that needs to be taken seriously and addressed. In this context, asphalt pavement in-situ regeneration technology is a solution with broad application prospects. By regenerating and renewing old asphalt pavements, this technology can significantly improve the quality of the pavement and extend its service life, while reducing maintenance costs and low-carbon energy saving. This paper focuses on the in-situ regeneration cold technology and in-situ regeneration hot technology of in-situ regeneration technology by introducing the cracks of asphalt pavement and preventive maintenance of pavement, and describes the advantages of the application of the two technologies and the prospects for future development. In the future, in situ regeneration technology of asphalt pavement will continue to be widely used and promoted. With the continuous innovation and development of technology, in-situ regeneration cold technology and in-situ regeneration hot technology will further improve the efficiency and quality of road construction, reduce the maintenance cost, and provide a more reliable and sustainable solution for the solution of China's road maintenance problems.

[Key words] Low-carbon energy efficiency; Asphalt Pavement; pavement cracking; In-Situ Regeneration; Pavement Maintenance

自上世纪九十年代以来, 中国公路进入飞速发展的阶段。在中国公路总里程中 80% 以上为沥青路面, 但随着使用年限的增加, 许多沥青路面已经步入养护维修阶段, 目前我国公路养护维修里程已达到总里程的 99%^[1]。沥青路面具有良好的驾驶体验、高承载能力等优点, 但随着交通运输量的增加, 沥青路面的性能呈现下降的趋势, 容易出现明显的裂缝、松散、变形等现象。

在节能减排和低碳环保的政策引领下, 面对沥青路面产生的裂缝等病害, 采用沥青路面再生技术是处理废旧沥青混合料的有效手段之一, 使用合适的再生技术既能延长道路的使用寿命, 同时减少综合养护成本。但沥青再生技术仍存在强度不足、冻稳定性较差等问题, 为改进再生技术并提升路面修复后的强度和耐久性, 需要进一步探索研究。

1 沥青路面裂缝问题及其成因

1.1 纵向裂缝

纵向裂缝主要是由于在荷载作用下, 路面出现承载能力不足、路基压实不均匀的情况。纵向裂缝主要产生在填挖结合路段, 这些路段的主要特征是排水不畅容易产生积水。积水严重的路段尤其是路基边缘受水侵蚀, 更易产生纵向裂缝。

1.2 横向裂缝

横向裂缝分为荷载型裂缝和非荷载型裂缝。荷载型裂缝是由于路面承载能力下降、强度不足以承担车辆荷载反复作用, 一般首先在路面底面发生。非荷载型裂缝是横向裂缝的主要形式, 其产生受温度影响最大。当温度变化过大时, 热胀冷缩引起基层开裂, 在基层开裂处的面层底部持续产生应力集中, 从而导致面层开裂, 这就造成横向裂缝自上而下贯

穿于整个沥青面层,甚至直达基层和底基层。

2 沥青路面裂缝养护措施

沥青路面的养护维修工作一般可分为两类:预防性养护和矫正性养护。我国道路养护目前以预防性养护为辅、矫正性养护为主,这就导致旧路面沥青材料浪费现象严重,对新沥青材料需求更大。而沥青路面的预防性养护就是在道路没有发生损坏或只出现轻微损坏时,对路面进行修整,相较于矫正性养护提高了对沥青旧料的利用率。常见的沥青路面预防性养护技术有砂雾封层、碎石封层、微表处、厂拌和就地再生等。

在处理路面病害和结构不良的路面时,将产生大量的老化沥青材料。掩埋等方式处理废弃沥青材料会造成水土污染,并占用大量人力和土地资源。若采用沥青就地再生技术,将老化沥青路面二次利用,通过添加掺合料、附加剂等材料,制成再生沥青修复路面,降低了新沥青材料的生产数量,减少了生产过程中的碳排放和生产成本,降低了污染排放和土地资源占用。

3 沥青路面就地再生技术

传统的沥青路面的养护维修方法大多采用铣刨、加铺以及重铺等,但这几种传统方式都会造成一定的沥青材料的浪费。从经济角度和自然保护角度,此类传统病害处理方法都与我国新时代绿色交通理念不符。而沥青路面的就地再生技术具有环保、快速、优质等特点。该技术对需要修补的沥青路面原废旧材料进行再利用,废旧材料利用率高,且再生速度快,对修补对象路段交通影响小。

沥青路面再生技术包括厂拌热再生、厂拌冷再生、就地热再生、就地冷再生四种。前两种技术在拌合厂内进行操作,而后两种技术则是在路面现场进行操作。就地再生技术相较于厂拌技术不仅节约了旧沥青材料的运输成本,也节约了修复路面的时间成本。

4 节题及编号

4.1 纵向裂缝

就地再生技术分为就地冷再生技术和就地热再生技术。就地冷再生技术是指采用专用的就地再生设备,针对出现裂缝等病害的沥青面层进行铣刨,再经新旧沥青集料等混合料拌合、摊铺、压实等一系列步骤形成新沥青面层的一种技术。目前我国就地冷再生再生深度可达 $100\sim 150\text{mm}$ ^[2]。根据经验和数据,采用就地冷再生处理技术修复沥青路面,应满足当混合料中旧沥青总占比超过40%、直径大于5mm的粒料。沥青路面就地热再生技术是一种用于维护和改善沥青路面的绿色、可持续的技术。其利用特殊的设备和工艺,在不破坏路面的情况下,将旧沥青路面中的沥青料进行热再生和再利用。利用专业的就地热再生设备,对需要修补的沥青路面进行加热处理。经加热后,原路面材料会变得松散,在此时添加一定配比的再生剂进行混合。随后,将新的沥青原料加入混合物中,进行充分拌合。最后,通过摊铺和压实等工艺步骤,形成新的沥青面层。目前我国就地热再生技术适用的路面深度可达 $600\sim 800\text{mm}$ 。由于在热态下拌合,旧沥青混合料可软化到松散状态,与再生剂、新集料和新沥青可充分拌合,再生效果较好,性能甚至可与普通热拌沥青混合料相差无几^[3]。文献^[4]中,以某段高速公路就地热再生沥青工程为例,结合能源碳排放系数,计算得出碳排放量如图1所示。案例计算结果显示,就地热再生技术碳排放增长率与新料掺比呈线性正相关,新料掺比每提高1%,碳排放增加2%。表明相比再生

技术,生产新料用于沥青路面修复会增加碳排放,对环境造成更大污染,不利于节能减排的理念。

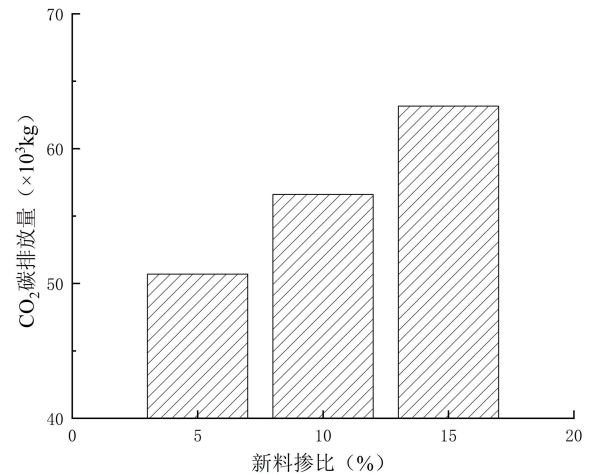


图1 不同新料掺比下的碳排放

4.2 就地冷再生技术的应用

4.2.1 施工作业前的准备工作

施工前,应配备冷再生机械、压路机、搅拌车等生产设备,用以满足修复路面的施工要求,并保证各设备均处于良好的工作状态,同时准备再生剂、新沥青原料以及其他辅助材料和工具。施工前应对原路面进行结构状况调查,对待处理的沥青路面进行全面的评估和检查,了解路面的现状、损坏情况和需要修复的部位。在此基础上将原路面清理干净,再根据再生厚度、宽度、干密度等施工要求计算单位面积沥青再生结合料、新集料、水泥等用量。

4.2.2 施工作业流程

就地冷再生技术作业流程如图2所示。先确定机器施工参数,按照设计对旧沥青路面进行铣刨。将经过冷再生处理的旧沥青混合料与再生剂、新沥青原料和其他添加剂一起混合。将混合好的再生沥青混合料摊铺在路面上,使用压路机等设备对其进行压实,确保其与路基的紧密结合。完成后使用摊铺装置匀速对路面进行摊铺。摊铺完成后的压实工作应紧密衔接进行,缩短各施工流程进行时间,避免出现路面松散的情况。整体施工完成后应确保新沥青路面与周围路面高度一致,确保路面结构的完整性^[5]。

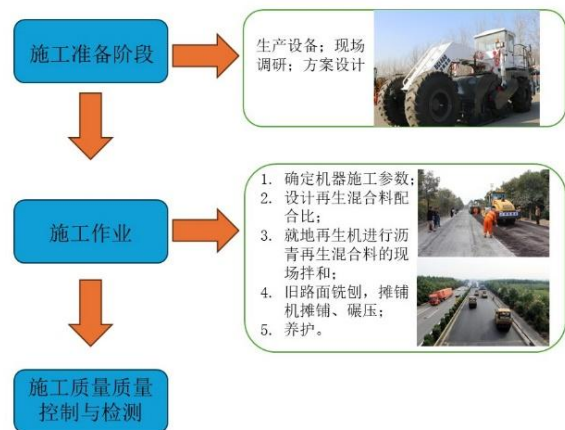


图2 就地冷再生技术作业流程

4.2.3 施工作业要求

就地冷再生技术应用现场的最低温度应大于等于 10℃,如果在低温环境下施工,无法保证沥青混合料的碾压质量。并且在雨天施工应停止施工,雨停后可较快复工。如果施工完成后的 24h 内可能出现低温天气也不得施工,需保证沥青混合料的养护质量。

4.3 就地热再生技术的应用

4.3.1 施工作业前的准备工作

施工前应配备满足施工要求的就地热再生机等生产设备,并保证其处于良好的工作状态。施工前应对路面进行实地勘测,评估原路面沥青质量,从而确定热再生沥青混合料的级配,使再生路面满足道路使用的强度、刚度要求。

4.3.2 施工作业流程

就地热再生技术作业流程如图 3 所示。就地热再生技术是先将原沥青路面进行加热处理,软化旧沥青,使其容易破碎和混合。当路面软化后,对其进行翻松。在松散过程中,设备喷洒预设配比的再生剂与旧沥青料拌合。同时,加入新沥青原料,确保混合物的质量和性能达到要求。新沥青原料通过复拌机与旧料拌合均匀,确保混合物均匀和稳定,摊铺在路面上进行压实工作。

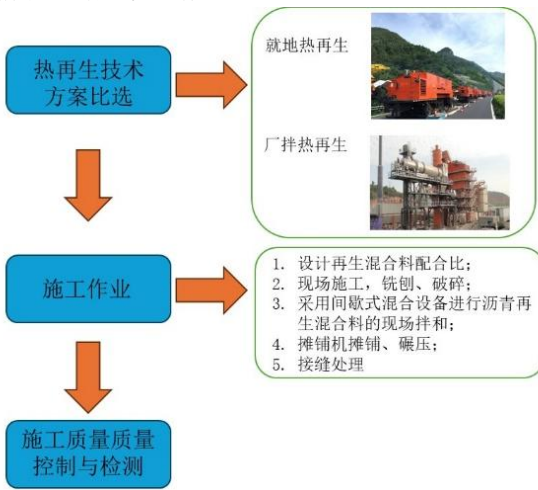


图 3 就地热再生技术作业流程

4.3.3 施工作业要求

就地热再生设备使用时应控制加热功率维持在合适的区间。基于就地热再生技术的应用原理,对沥青面层进行软化,若功率过大,沥青路面会发生老化,失去使用性能;若功率过小,沥青路面则始终无法达到软化温度,影响施工速度。

5 就地再生技术低碳评估

随着我国公路使用年限的增长以及车辆载荷的增加,沥青路面出现病害的情况持续增多,利用沥青路面就地再生技术能够降低施工成本、减少原材料消耗,提高施工效率,从而带来显著的经济回报。目前中国公路沥青路面保有量约为 150 多万千米,每年产生的旧沥青混合料多达 2.3 亿吨^[6]。横向对比传统的路面养护技术,通过碳排放计算模型,能量化对比不同养护技术的碳排放优势特征^[7]。

整个养护工程施工碳排放量由材料生产阶段、材料运输阶段以及机械施工阶段 3 部分组成,如式 (1)~(4) 所示。

$$P = \sum_{m=1}^n \sum_{k=1}^n P_{mk} \quad (1)$$

$$P_{1k} = \sum_{k=1}^n d_k q_k \quad (2)$$

$$P_{2k} = \sum_{k=1}^n l_k v_k \quad (3)$$

$$P_{3k} = \sum_{k=1}^n e_k E_k M_k \quad (4)$$

式中: P 表示养护工程总碳排放量; Pmk 表示第 m 阶段第 k 各影响类别的碳排放量; dk 为原材料用量; qk 为单位材料碳排放系数; lk 为运输车辆数; vk 单位车辆碳排放系数; ek 为施工机械台班数; Ek 为能源排放系数; Mk 为单位台班能源消耗量。

由文献^[8]数据可得如图 4 所示碳排放强度对比。由图可知,在 3 种技术碳排放强度中再生技术具有明显的减排效果。

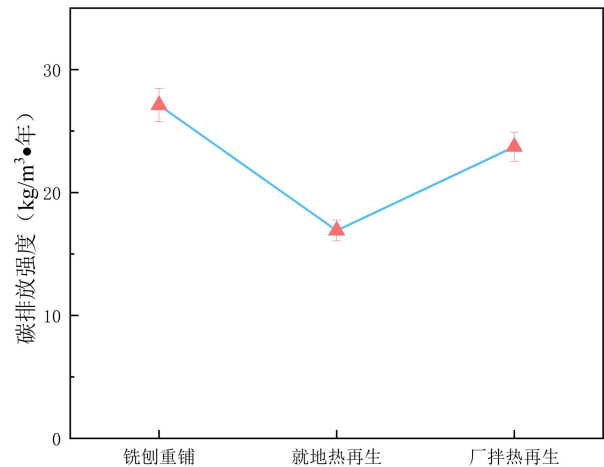


图 4 不同养护技术碳排放强度对比

[参考文献]

[1]《中国公路学报》编辑部.中国路面工程学术研究报告·2024[J].中国公路学报,2024,37(03):1-81.
 [2]杨强光.沥青路面典型再生工艺能耗与碳排放量化研究[D].广州:华南理工大学,2022.
 [3]仇银吉.沥青路面再生技术的研究与应用[D].济南:山东大学,2014.
 [4]柴明明,李明,齐桂才,等.就地热再生沥青路面建设期碳排放分析[J].公路交通科技,2016,33(10):148-151+158.
 [5]王立超,郝鹰鹏.泡沫沥青就地冷再生技术在哈同高速养护工程中的应用[J].黑龙江交通科技,2024,47(04):5-9.
 [6]杨文娟,顾海荣,董强柱,等.沥青路面就地再生加热技术与装备的发展现状[J].筑路机械与施工机械化,2019,36(02):24-32.
 [7]齐小飞.沥青混凝土路面预防性养护技术碳排放量化分析[J].公路,2017,62(05):227-232.
 [8]李健.改性沥青路面就地热再生关键技术研究[D].南京:东南大学,2017.