

## 公路沥青路面就地热再生施工技术探究

张明斌 魏海强

陕西三秦路桥有限责任公司, 陕西 西安 710000

**[摘要]**随着城市化进程的不断加快,对交通基础设施的需求逐渐上升,公路养护及施工技术的创新显得尤为重要。由于传统沥青混凝土路面施工方法在维护成本、施工效率及环保方面的不足日益凸显,热再生施工技术因此成为了解决这些问题的有效方案。该技术通过现场加热,迅速恢复旧沥青路面,施工速度可达1.5至4米/分钟,同时消除了对封闭道路的需求。在显著降低新材料需求的同时,热再生施工技术具有较高的废料再利用能力,实现了旧路面材料的100%循环使用。施工过程中,环境影响被显著减少,为推动公路养护的可持续发展作出了贡献。文中探讨热再生施工技术在沥青路面施工中的应用及其带来的经济与社会效益。

**[关键词]**热再生施工技术; 沥青路面养护; 资源循环利用; 经济效益

DOI: 10.33142/ucp.v1i3.13943

中图分类号: U4

文献标识码: A

### Exploration on In-situ Thermal Regeneration Construction Technology for Asphalt Pavement on Highways

ZHANG Mingbin, WEI Haiqiang

Shaanxi Sanqin Road and Bridge Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

**Abstract:** With the continuous acceleration of urbanization, the demand for transportation infrastructure is gradually increasing, and innovation in highway maintenance and construction technology is particularly important. Due to the increasingly prominent shortcomings of traditional asphalt concrete pavement construction methods in terms of maintenance costs, construction efficiency, and environmental protection, hot recycling construction technology has become an effective solution to address these issues. This technology quickly restores the old asphalt pavement through on-site heating, with a construction speed of 1.5 to 4 meters per minute, while eliminating the need for closed roads. While significantly reducing the demand for new materials, hot recycling construction technology has a high ability to reuse waste materials, achieving 100% recycling of old pavement materials. During the construction process, the environmental impact was significantly reduced, contributing to the sustainable development of highway maintenance. The article explores the application of hot recycling construction technology in asphalt pavement construction and the economic and social benefits it brings.

**Keywords:** hot recycling construction technology; asphalt pavement maintenance; resource recycling and utilization; economic performance

#### 引言

在经济持续发展的背景下,交通运输系统的建设与维护已成为现代城市发展的重要组成部分。公路作为关键交通基础设施,其质量直接影响着城市的经济发展及居民的出行体验。然而,面对传统沥青混凝土路面施工方法在维修与养护过程中所面临的众多挑战,如施工周期长、环境影响显著及材料浪费等,这些问题不仅增加了施工成本,也降低了路面的使用寿命。近年来,热再生施工技术逐渐引起行业内人士的广泛关注。该技术通过现场加热再利用旧路面材料,有效减少了新材料的使用,从而降低了资源消耗与环境污染。同时,热再生施工的快速特性使得在道路维修过程中不需要封闭交通,从而最大限度地减少了对公众出行的影响。

#### 1 就地热再生施工技术特点

##### 1.1 关键技术

就地热再生施工技术的实施,依赖于对旧沥青混凝土

路面材料的再利用,旨在实现环保与经济效益的双重目标。核心在于旧材料的多次配合比设计,确保经过优化后其满足工程要求。通过这种技术,新原材料的消耗得以减少,工程成本也有效降低,充分体现了可持续发展的理念。在实际操作中,加热温度的控制被视为关键因素之一。旧沥青的软化及新旧材料的融合效果,均受加热过程的影响。建议的加热温度应保持在130°C至160°C之间。温度过高会导致旧沥青的老化,进而影响再生混合料的整体性能;反之,温度不足则可能造成混合料无法充分融合,最终降低路面强度。因此,采用高精度温度监控设备,确保加热温度的稳定性,对提升再生过程的质量与效果至关重要。

##### 1.2 施工要点

在施工过程中,旧路面的加热温度控制被视为首要考虑的因素,因其准确性直接影响后续施工的顺利进行。同时,旧路面铣刨厚度的合理控制也是施工中的一个重要环节。铣刨深度一般设置在2至5厘米之间,这样既能有效

去除表面损坏的沥青层,又能保留坚固的基层结构,以确保再生材料具备足够的强度与稳定性。在旧路面中添加新沥青混凝土时,混合料的拌合均匀性尤为重要。只有均匀地混合,才能保证整个混合料的性能达到标准要求,从而确保路面质量。混合料的拌合及摊铺温度需要控制在 160°C 至 170°C 之间,以确保混合料良好地摊铺并与旧路面牢固粘结。实时监测温度变化,对避免拌合料摊铺过程中的不均匀现象也显得尤为必要。新旧路面的接缝处理同样是不可忽视的环节。合理的接缝处理不仅可以提高路面的整体强度,还能有效防止后期使用中可能出现的开裂或剥落问题。通过设定适当的重叠宽度及使用高质量的处理剂,确保接缝的密封性与强度,从而延长路面的使用寿命<sup>[1]</sup>。总之,成功应用就地热再生技术需在每个环节上保持精细管理。无论是旧材料的选择、加热温度的准确控制,还是混合料均匀性的把握,均不可忽视,提高了旧路面材料的再利用率,为沥青混凝土路面的施工提供了经济有效的解决方案。

## 2 在工程中的应用情况

### 2.1 施工工艺流程

就地热再生的施工工艺流程可概括为几个关键步骤:首先,由加热机加热路面后,热铣刨机将立即进入作业区域进行铣刨。在此过程中,旧路面被铣刨的同时,再生剂与新沥青被加入。随之,热复拌机对混合料进行强制搅拌,新沥青被均匀地添加至其中。接下来,摊铺机将复拌的再生沥青混合料均匀摊铺,紧接着,压路机组对摊铺的混合料进行碾压。路面降温至 50°C 后,质量检测将随之进行,以确保施工质量。通过系统化的施工流程安排,得以保障再生路面的性能与质量。

### 2.2 加热机加热

在施工过程中,通常将加热机之间的间距设定为 1 米,以确保加热区域宽于再生宽度 5 至 10 厘米。对加热温度的严格控制是就地热再生施工的关键环节:1#加热机的目标温度需保持在 120°C 至 140°C,2#加热机则应确保在 140°C 至 160°C 之间,3#加热机的温度应控制在 160°C 至 180°C 的范围内。温度的精准控制至关重要,过高的温度可能导致旧路面过度老化,过低的温度则会损害铣刨过程中原路面级配,进而影响路面的强度。此外,低温可能造成再生混合料中空隙增加,进而削弱混合料之间的粘结力,这将直接影响路面的压实度及渗水系数。为了确保加热温度的有效控制,施工中应使用经过校准的远红外测温枪与温度计进行实时监测。加热机的运行需要与铣刨机及复拌机密切协作。复拌机的操作手根据摊铺温度(通常为 120°C 至 150°C)估算行驶速度,通过对讲机或手语与其他操作手进行有效沟通,从而确保设备的运行速度协调。机组的行驶速度应控制在 1.5 至 5 米每分钟,现场负责人将全面统筹再生机组的操作。在施工接近尾声时,加热功率应逐步降低,行驶速度也需相应减缓。3#加热机采用多次往复及长时间加热的方式,以确保加热温度的稳定。

### 2.3 路面加热翻松、添加再生剂、添加沥青

当加热机行驶至铣刨机的一个车位时,铣刨机迅速进入工作区域。此时,加热铣刨机下方的加热板再次对原路面进行加热,以便于铣刨翻松。在确认两侧铣刨鼓与施工起点线对齐后,副操作手通知主操作手降下铣刨鼓并开始两侧路面的铣刨。副操作手负责监控铣刨深度,并根据需要进行微调,以确保达到设计深度。当中间铣刨鼓到达起始边线时,副操作手再次通知主操作手降下铣刨鼓,启动中间路面的铣刨,并根据情况喷洒再生剂与新沥青。铣刨深度的误差应控制在 5 毫米以内。在中间铣刨鼓铣刨软化的沥青路面时,应翻松并搅拌洒有适量再生剂与新沥青的混合料,以向路中央汇集集料,从而形成初步预混合的梯形集料带。此时,料垄的温度应保持在约 110°C。再生剂与新沥青的喷洒装置与铣刨机的行驶速度联动并自动控制,以确保按照设计剂量喷洒,减少人为因素及行驶速度变化的影响。若铣刨翻松后的“路槽”边缘出现多余的旧料堆积,需指派专人进行清理,以保证施工质量。

### 2.4 新旧料复拌

新旧料复拌作为热再生施工中的重要环节,在旧路面材料经过加热、翻松后,它们与新材料的充分混合必须得到确保。通常,搅拌装置被安装在摊铺设备上,以保证旧料、新沥青混合料和添加剂能够均匀融合。新沥青与添加剂的配比需严格控制,只有精确的配比,才能有效提升旧料的性能。在复拌过程中,若温度过高,会导致材料老化加剧;若温度过低,新旧料之间难以实现良好结合。复拌时,温度通常应维持在 130°C 至 150°C 之间,这样不仅有助于确保材料的充分融合,还为后续的摊铺与压实提供了适宜的条件。合理的复拌操作,不仅减少了对新沥青和集料的依赖,还有效降低了原材料的使用量。通过循环利用旧料,施工成本得以显著降低,而环境效益与经济效益也同时得到了提升。最终,通过新旧料的均匀复拌,达到了环保与经济效益的有机统一。

### 2.5 摊铺

在沥青路面施工中,摊铺时施工参数的控制,包括厚度、速度及温度,至关重要。精准调控摊铺厚度,不仅关乎路面的高度,还直接关系到其压实度,从而决定路面的强度与耐久性。一般来说,施工速度应保持在每分钟 2 至 4 米之间。若速度过快,可能导致摊铺不均匀;反之,过慢则会使混合料的温度迅速下降,进而影响后续的压实效果。在摊铺之前,摊铺机的平整性必须得到充分确保,熨平板的调整需符合路面平整度的规范要求。同时,混合料的温度应维持在 120°C 至 140°C 之间,以确保良好的流动性与可塑性,促进后续压实作业的顺利进行。在摊铺过程中,避免停顿或材料断料的情况应被视为重要措施,因为这些问题可能导致局部不平整或冷接缝,进而影响整体施工质量。摊铺作业的连续性与稳定性需被保持,确保新摊铺层与下层之间良好的粘结,以此保证结构的稳定性。

此外,摊铺完成后,应立即进行碾压,以防止温度快速下降对压实效果造成影响。

## 2.6 碾压

在沥青路面施工过程中,碾压环节尤为重要,其质量直接影响着路面的平整性与耐用性。本项目配置了两台双钢轮压路机与一台轮胎压路机,以提升施工效率。为确保压路机能够紧跟摊铺机,其间的距离被严格限定在不超过10m。这样的紧密跟进碾压方式有效防止了混合料因温度降低而导致性能下降。选择的大吨位振动双钢轮压路机与轮胎压路机提供了更大的静压力,前者增强了压实效果,而后者则能更有效地压实沥青层的表面。此外,为了减少温度散失,尽量避免喷水的使用,以维持沥青的最佳施工温度。其它碾压技术要求应与厂拌热沥青的摊铺及碾压施工工艺保持一致,这样可确保整体施工质量的一致性与可靠性。

## 2.7 接缝施工

在热再生施工中,接缝处理的质量对路面的整体性能与使用寿命至关重要。热接缝处理技术被必须采用,以确保热再生接缝的施工质量。具体操作中,压路机在横向接缝的起点与终点处,应沿行车方向与路面形成45°角进行压实,进而提高接缝区域的密实性。完成横向接缝的压实后,随即进行纵向热缝施工,以确保接缝面平整。若接缝表面存在浮砂、杂物或尘土,需及时清理,以保证热再生材料的良好粘结。加热机被用于对接缝加热,沥青在接缝上撒布后需加热至130℃,以确保其与混合料之间的有效结合。此外,复拌机接缝的铣刨宽度应保持在15cm以上,尽量避免在复杂区域(如人行道等)进行接缝处理,这样能够有效维持路面的平整度,防止施工过程中出现潜在问题。

# 3 取得的经济与社会效益

## 3.1 修路不封路

在传统的道路修复作业中,破损路面的铣刨与清运常导致交通频繁中断,影响了正常通行。而采用就地热再生施工技术后,路面加热、翻松、复拌、摊铺及碾压的多项工序,能够一次性完成。施工速度可达1.5-4 m/min,从而显著缩短了工期。施工完成后,路面温度在降至50℃时,交通即可恢复通行。施工期间,仅占用一个车道,其他车道则可保持开放,确保了交通的畅通无阻。此技术的应用,不仅提升了施工效率,还极大地减少了对交通流动的干扰,充分体现了其显著的社会价值。

## 3.2 废物再利用

在传统沥青混凝土施工工艺中,旧路面的铣刨与清运带来了大量的废弃物,对环境造成了严重污染。与此相对,采用就地热再生施工工艺时,旧沥青混凝土材料能够被有效回收,实现100%的循环利用。这一做法显著减少了对新沥青及石料等原材料的需求,降低了对自然资源的开采,从而减轻了对生态环境的压力。同时,废物的有效再利用,与现代公路建设的绿色环保理念高度契合,推动了公路养护的可持续发展,显示了对生态环境的高度重视。

## 3.3 经济成本低

在经济成本方面,就地热再生施工工艺展现出显著优势。该技术有效降低了施工所需的人员、材料及设备投入。以5cm厚的沥青混凝土路面为例,传统施工工艺的每平方米费用为75.50元,其中铣刨费用为4.5元、粘层费用为3.5元、沥青混凝土面层费用为67.5元。而采用就地热再生施工工艺时,每平方米费用仅为51.56元。因此,计算得出的成本降低率为31.7%( $1 - (51.56/75.50) = 1.7\%$ ),提升了施工的经济效益,使得公路养护与维修的资金投入更加合理,优化了资源的配置。

## 3.4 路面功能、结构恢复

通过翻松与添加剂复拌,就地热再生施工工艺生成的新沥青混凝土混合料具有优良性能。经过摊铺与碾压处理后,新路面的标高几乎保持不变,其功能及结构实现了100%恢复。施工后,超车道与行车道的级配及沥青含量经过检测,结果表明:超车道再生沥青混合料的级配为AC-13型,沥青含量为4.96%;行车道再生沥青混合料同样为AC-13型,沥青含量为4.93%。这些检测结果显示,经过热再生处理的新沥青混合料性能符合设计标准。同时,新沥青混合料的沥青含量为4.56%,满足相关技术指标要求。施工后,路面的平整度与渗水性能均符合规范,路面构造深度则位于0.55~0.95之间,进一步证明了就地热再生施工后的沥青路面在抗滑性能方面满足了规范要求,从而为道路的安全行驶提供了可靠保障。

# 4 施工总结

采用热再生施工技术施工结束后,对原沥青路面的超车道、行车道分别进行级配及沥青含量检测,并对再生混合料进行级配调整,经检测,超车道再生沥青混合料路面级配为AC-13型,沥青含量为4.96%;行车道再生沥青混合料路面级配为AC-13型,沥青含量为4.93%。新沥青混合料沥青含量为4.56%。就地热再生施工后的路面平整度、渗水性能均满足规范要求<sup>[4]</sup>。路面构造深度满足规范要求的0.55~0.95之间,表明就地热再生施工后的沥青路面抗滑性能满足规范要求。

## [参考文献]

- [1]苏明星,周传宁. 沥青路面就地热再生技术在道路施工中的应用研究[J]. 黑龙江交通科技,2021,44(10):27-29.
- [2]高燕. 高速公路养护中沥青路面就地热再生技术研究[J]. 交通世界,2022,12(9):55-56.
- [3]曹治国. 就地热再生技术在高速公路沥青路面养护中的应用[J]. 运输经理世界,2024,12(20):117-119.
- [4]李建. 高速公路沥青路面养护中的就地热再生技术[J]. 科学技术创新,2024,12(20):193-196.

作者简介:张明斌(1981.6—),毕业院校:西安建筑科技大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:陕西三秦路桥有限责任公司,职务:技术人员,职称级别:中级工程师。