

路桥施工沥青路面离析成因及智能压实控制

唐 弦

孝感市永成建设有限责任公司 湖北 孝感 432000

摘要: 沥青路面离析是路桥施工中常见的质量隐患,直接影响路面使用寿命与行车安全。本文以路桥施工沥青路面为研究对象,系统阐述沥青路面离析的理论基础,从材料、施工工艺、设计环境及人为管理四个维度深度剖析离析成因,明确智能压实技术的核心原理、关键特性及在离析控制中的核心优势,最终提出涵盖参数优化、闭环控制、针对性策略及协同优化的智能压实控制优化方案。通过科学的智能压实控制策略,可有效防控沥青路面离析问题,提升路面施工质量与耐久性。本文成果为路桥施工沥青路面离析防控提供理论参考与实践路径,助力路桥工程高质量发展。

关键词: 沥青路面; 离析成因; 智能压实; 施工质量

引言: 沥青路面因平整度好、行车舒适、施工便捷等优势,被广泛应用于路桥工程建设。但在实际施工中,沥青路面离析问题频发,导致路面出现裂缝、坑槽、松散等病害,大幅缩短路面使用寿命,增加养护成本,甚至引发行车安全事故。随着路桥工程建设标准不断提高,传统压实技术已难以满足离析防控的精准化需求。智能压实技术凭借实时监测、精准调控等优势,为沥青路面离析控制提供了新的解决方案。基于此,本文深入探讨沥青路面离析成因及智能压实控制要点,为提升路桥施工质量提供坚实支撑。

1 沥青路面离析相关理论基础

1.1 沥青路面离析的定义

沥青路面离析是指在路桥施工及使用过程中,沥青混合料的组成成分(包括粗集料、细集料、沥青胶浆及填料)因各种因素影响,出现空间分布不均匀的现象,表现为局部区域集料集中、沥青含量不足,或沥青胶浆富集、集料匮乏。根据离析发生位置与形态,可分为集料离析、沥青离析及温度离析三类:集料离析多表现为局部粗集料聚集,细集料与沥青胶浆含量不足;沥青离析则呈现局部沥青含量过高,出现泛油现象;温度离析是因摊铺过程中混合料温度差异过大,导致压实效果不均,进而引发的结构性离析。离析本质上是混合料组成平衡被破坏的结果,会从根本上降低路面结构的整体性与稳定性。

1.2 离析对沥青路面性能的影响

沥青路面离析会全方位劣化路面核心性能,严重影响其使用效果与寿命。在力学性能方面,离析区域因混合料组成不均,承载能力大幅下降,易出现局部沉降、开裂等问题,如粗集料集中区域沥青胶浆黏结力不足,

抗剪强度低,易发生松散、坑槽;沥青富集区域则硬度不足,高温下易出现车辙。在耐久性方面,离析会加剧水分渗透与冻融破坏,粗集料集中区域空隙率大,水分易渗入内部,冬季冻胀会导致路面开裂,夏季高温会加速沥青老化;同时,离析区域的病害会逐步扩散,引发路面整体性能衰退^[1]。另外,离析会降低路面平整度,增加行车颠簸与噪音,影响行车舒适性,且病害区域易成为安全隐患,提升交通事故发生率。

1.3 沥青路面离析的检测方法

沥青路面离析检测可分为施工过程中的实时检测与竣工后的性能检测,形成全方位检测体系。实时检测方法主要包括温度检测与视觉检测,温度检测通过红外测温仪或红外热像仪监测沥青混合料摊铺温度,识别温度离析区域;视觉检测由专业人员观察摊铺后路面的颜色、集料分布状态,初步判断离析位置与类型。竣工后检测方法包括钻芯取样法、核子密度仪法及无核密度仪法,钻芯取样法通过分析芯样的集料级配、沥青含量及空隙率,精准判断离析程度;核子密度仪与无核密度仪法则通过检测路面密度分布,间接反映离析情况,其中无核密度仪因非破坏性、检测速度快的优势,被广泛应用于大面积离析筛查。此外,雷达检测技术可实现路面内部离析的无损检测,提升检测的全面性。

2 路桥施工沥青路面离析成因深度分析

2.1 材料因素

材料自身特性是引发沥青路面离析的核心基础因素,一是集料级配不合理,若集料级配中粗集料比例过高或级配不连续,混合料易出现粗集料聚集,形成集料离析;细集料含量不足则会导致沥青胶浆无法充分包裹集料,降低混合料黏结性。二是沥青性能不佳,若沥青

针入度、延度等指标不达标,与集料的黏附性差,施工过程中易出现沥青与集料分离,形成沥青离析;沥青含量过高或过低也会加剧离析,含量过高易出现泛油,含量过低则无法有效黏结集料。三是混合料拌和质量差,拌和过程中温度控制不当、拌和时间不足,会导致沥青与集料未充分拌匀,出现局部集料未被裹覆的现象;混合料运输过程中出现离析,也会直接导致摊铺后路面离析。

2.2 施工工艺因素

施工工艺不当是导致沥青路面离析的最主要直接因素,在摊铺环节,摊铺机行进速度不均匀会导致混合料摊铺厚度波动,速度过快时混合料布料不充分,易出现集料集中;摊铺机螺旋布料器转速与摊铺速度不匹配,会导致混合料在料斗内堆积离析;摊铺宽度过大时,边缘混合料易出现离析。在压实环节,压实机械选型不当、压实顺序混乱、压实遍数不足或过度压实,都会导致混合料密度分布不均,引发离析;压实温度控制不合理,低温压实易出现压实不足,高温压实则可能导致沥青推移^[2]。另外,混合料运输过程中覆盖不严、运输距离过长,会导致温度损失不均,形成温度离析;卸料过程中混合料自由下落高度过大,也会加剧集料与沥青的分离。

2.3 设计与环境因素

设计缺陷与环境变化会间接加剧沥青路面离析问题,路面结构设计不合理,如沥青面层厚度过薄,无法适配集料级配要求,易导致局部压实不足;混合料配合比设计未结合当地气候与交通条件,如在高温地区选用软化点过低的沥青,易出现沥青离析;施工过程中温度、风力等气象条件变化会引发温度离析,高温天气下混合料温度下降过快,风力过大则会加速表面水分蒸发与温度散失,导致摊铺后路面温度不均;路基沉降不均会导致沥青面层受力不均,长期使用后易出现结构性离析;雨水渗透会破坏沥青与集料的黏结性,加剧离析区域的病害发展。

2.4 人为与管理因素

人为操作不规范与管理体系不完善是离析问题的重要诱因,施工人员专业技能不足,对摊铺机、压路机等设备的操作不熟练,如摊铺机操作手未及时调整布料器转速,压路机司机未按规定控制压实速度与顺序;质量意识淡薄,对材料进场检验、施工过程质量管控重视不足,导致不合格材料投入使用,施工缺陷未及时整改;施工方案制定不细致,未明确各环节的技术标准与质量要求;现场管理混乱,各施工班组协调不足,摊铺与压实环节衔接不畅;质量监督机制不完善,关键工序旁站监督不到位,未及时发现并纠正离析隐患,最终导致离

析问题遗留。

3 智能压实技术原理在离析控制中的优势

3.1 智能压实技术核心原理

智能压实技术是基于传统压实技术,融合传感器技术、定位技术、数据传输技术及智能控制技术的新型压实技术,核心原理是通过在压实机械上安装加速度传感器、GPS定位模块、数据采集终端等设备,实时采集压实过程中的关键数据。加速度传感器用于监测压路机振动频率、振幅及压实反力,精准判断压实效果;GPS定位模块实现压实区域的精准定位,确保压实无遗漏、无重叠;数据采集终端将传感器与定位数据实时传输至后台控制系统,系统结合预设的压实标准,通过智能算法分析当前压实状态,若发现压实不足或过度压实,自动反馈至压路机控制系统,调整振动参数或行进速度,实现压实过程的精准调控。

3.2 智能压实技术的关键特性

智能压实技术具备实时性、精准性、可视化及自动化四大关键特性。实时性体现在设备可实时采集并传输压实数据,后台系统可同步掌握压实进度与质量,避免传统压实“事后检测、返工困难”的弊端;精准性表现为通过传感器与智能算法,可精准控制压实参数,确保路面各区域压实度均匀一致,误差控制在较小范围;可视化特性通过后台系统生成压实热力图、压实轨迹图等,直观呈现压实区域的质量分布,便于管理人员快速识别薄弱区域;自动化特性可实现压实参数的自动调整,减少人工干预,降低因人为操作失误导致的压实质量问题,同时提升压实效率^[3]。

3.3 智能压实技术在离析控制中的优势

相较于传统压实技术,智能压实技术在沥青路面离析控制中具有显著优势。一是可精准防控温度离析,通过结合红外测温数据与压实数据,对温度较低的离析区域适当增加压实遍数、调整振动参数,确保压实效果;对温度过高区域则降低压实强度,避免沥青推移。二是可提升压实均匀性,通过实时监测压实度分布,针对集料集中的离析区域,优化压实参数以确保充分压实,避免因压实不足导致的病害;同时避免过度压实引发的结构破坏。三是可实现全流程追溯,压实数据实时存储,便于后续质量核查与问题追溯,为离析防控提供数据支撑。此外,智能压实技术可提升压实效率,缩短施工周期,间接减少混合料在施工过程中的离析风险。

4 基于离析防控的智能压实控制策略优化

4.1 智能压实参数的优化设计

基于离析防控目标,需结合沥青混合料类型、路面

结构及施工工况,优化设计智能压实参数。首先明确核心压实参数区间,根据混合料级配与沥青性能,确定压路机振动频率、振幅及行进速度的基准值,如对粗集料含量较高的混合料,选用较大振幅、较低频率的压实参数,确保集料充分嵌挤;对细集料含量高的混合料,则采用较小振幅、较高频率的参数,避免集料破碎。其次建立参数动态调整机制,结合实时采集的压实度数据、温度数据及离析检测数据,通过智能算法优化参数,如在温度离析区域,适当降低行进速度、增加压实遍数;在集料离析区域,调整振动参数提升压实效果。同时,针对不同压实阶段(初压、复压、终压)设计差异化参数,确保压实质量^[4]。

4.2 智能压实过程的闭环控制体系构建

构建“数据采集-分析决策-参数调整-效果反馈”的智能压实闭环控制体系,强化离析防控的系统性。数据采集阶段,通过压路机搭载的传感器、红外测温仪及密度检测仪,同步采集压实参数、温度数据及压实度数据,确保数据全面性;分析决策阶段,后台系统结合预设的离析防控标准与压实质量要求,对采集的数据进行实时分析,判断是否存在离析风险及压实质量问题;参数调整阶段,系统自动生成参数调整指令,控制压路机调整振动频率、振幅或行进速度,针对离析风险区域强化压实;效果反馈阶段,通过后续检测数据验证调整效果,若未达到要求则再次优化参数,形成闭环循环,确保离析问题得到及时有效防控。

4.3 不同离析类型的针对性智能压实策略

针对不同类型的沥青路面离析,制定差异化的智能压实策略。对于温度离析,采用“分区压实、动态调参”策略,通过红外热像仪划分不同温度区域,对低温区域(低于120℃)采用“低频率、大振幅、慢速度”的压实参数,增加压实遍数;对高温区域(高于160℃)采用“高频率、小振幅、快速度”的参数,避免沥青推移。对于集料离析,采用“强化嵌挤、精准压实”策略,粗集料集中区域选用较大振幅的压实参数,确保集料充分嵌挤密实;细集料富集区域则降低振幅,避免过度压实导致空隙率过低。对于沥青离析,采用“温和压实、控制遍数”策略,沥青富集区域减少压实遍数,避

免泛油;沥青匮乏区域则精准控制压实参数,确保黏结稳定。

4.4 智能压实与其他施工环节的协同优化

实现智能压实与摊铺、拌和、运输等施工环节的协同优化,从全流程防控离析。与摊铺环节协同,建立摊铺机与压路机的数据互通机制,压路机实时接收摊铺机的摊铺速度、混合料温度等数据,提前调整压实参数;摊铺机根据压路机的压实反馈数据,优化摊铺速度与布料转速。与拌和及运输环节协同,通过智能系统共享混合料拌和温度、运输时间等数据,压路机结合这些数据调整压实策略,如对运输时间过长、温度损失较大的混合料,适当强化压实^[5]。此外,建立全流程质量管控平台,整合各环节数据,实现离析风险的提前预判与精准防控,确保各环节衔接顺畅,形成离析防控的合力。

结束语

沥青路面离析是制约路桥施工质量的关键问题,其成因涉及材料、施工、设计、管理等多个维度,需采用科学有效的控制技术加以解决。智能压实技术凭借实时监测、精准调控等优势,为离析防控提供了高效解决方案。本文通过深入分析离析成因,优化提出了涵盖参数设计、闭环控制、针对性策略及协同优化的智能压实控制方案。未来,需进一步加强智能压实技术与数字化、智能化技术的融合,完善参数优化模型,提升技术的适应性与精准度。相信通过技术创新与全流程管控,沥青路面离析问题将得到有效破解,为路桥工程的长效稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]魏艳娥,梁意珈.沥青路面施工离析现象的成因与防治[J].时代汽车,2025(14):196-198.
- [2]王旭东.沥青路面施工离析机理与防治研究[J].公路工程,2020,45(2):112-118.
- [3]刘建国.沥青混合料施工质量控制关键技术[J].道路交通科技,2022,36(5):45-51.
- [4]蒋香梅.高速公路沥青路面施工关键技术参数控制研究[J].工程机械与维修,2025,(03):51-53.
- [5]朱文辉.公路工程沥青路面施工现场试验检测技术要点[J].黑龙江交通科技,2022,45(10):16-18.