

筑路养路机械智能化改造与道路养护效率提升研究

郭 涛

山西省交通新技术发展有限公司, 山西 太原 030012

[摘要]文中全面且细致地探讨了在筑路养路机械领域推行智能化改造的实际必要性,其主要目的是克服传统作业模式所存在的技术方面的诸多局限。文中还对构成智能化改造核心部分的技术体系展开了详尽分析,这里所说的技术体系包含有状态感知与数据采集方面的相关技术、物联网通信技术以及大数据智能决策技术等诸多关键构成要素。文章重点阐述了智能化改造借助驱动作业过程朝着精准自动化的方向发展、推动养护模式从被动修复转变为更加积极主动的预防模式、达成资源与施工之间的协同优化效果,以及构建起能够为全生命周期管理提供决策支持的系统等一系列不同途径,从而对提升道路养护效率起到了内在作用原理。

[关键词]筑路养路机械;智能化改造;道路养护效率;主动预防

DOI: 10.33142/aem.v7i10.18215

中图分类号: U491

文献标识码: A

Research on Intelligent Transformation of Road Construction and Maintenance Machinery and Improvement of Road Maintenance Efficiency

GUO Tao

Shanxi Provincial Transportation New Technology Development Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030012, China

Abstract: This article comprehensively and meticulously explores the practical necessity of promoting intelligent transformation in the field of road construction and maintenance machinery, with the main purpose of overcoming the many technical limitations of traditional operation modes. The article also provides a detailed analysis of the technical system that constitutes the core part of intelligent transformation, which includes various key components such as state perception and data collection technologies, Internet of Things communication technology, and big data intelligent decision-making technology. The article focuses on the development of intelligent transformation towards precise automation through driving the operation process, promoting the transformation of maintenance mode from passive repair to a more proactive prevention mode, achieving collaborative optimization effects between resources and construction, and building a system that can provide decision support for the entire life cycle management. These various approaches play an inherent role in improving road maintenance efficiency.

Keywords: road construction and maintenance machinery; intelligent transformation; road maintenance efficiency; proactive prevention

引言

为提高段管理部门对工务机械段大型养路机械维修保养、定检、年检过程数据及时掌控和精准定位,帮助检修人员借助智能手机终端能够随时、随处及时获取大型养路机械维修部件的检修规则和标准,使维修作业人员在现场都能按规则维修作业,以提高大型养路机械维修的质量和进度。对于筑路养路机械智能化改造而言,对其内涵予以深入探究,对其技术构成加以细致剖析,对其提升养护效率的机理给予详尽阐述,以及对其推进进程当中所面临诸多挑战展开全面审视,这些无疑都具备颇为重要的理论

价值,并且还存在不容忽视的现实紧迫性。

1 筑路养路机械发展现状与智能化改造必要性

1.1 传统筑路养路机械的技术局限性与面临的挑战

传统筑路养路机械以往的发展重点在于提升单一环节的机械动力以及基本功能,其操作很大程度上依靠人员个人技能和现场经验,使得作业质量的稳定性难以得到保障。面对复杂的路面损害以及不断演进的材料工艺,传统机械缺少实时感知状态并动态调整参数的自适应能力,在沥青路面就地热再生或者精密铣刨等作业当中,控制精度常常无法达到高标准。养护过程中产生的大量设备运行、

材料消耗以及环境数据大多处于未得到有效利用的状态,形成了信息孤岛。随着劳动力成本的上升以及熟练工人短缺问题的凸显,对人力的高度依赖进一步加剧了成本压力以及作业的不确定性,同时还伴随着明显的安全风险。这些技术局限以及外部挑战共同构成了推动行业变革的刚性需求。

1.2 智能化改造的内涵、发展趋势与战略意义

筑路养路机械智能化改造的核心要义在于借助先进传感、物联网、大数据、人工智能以及自动控制技术的深度融合,给机械设备赋予环境感知、实时分析、自主决策以及精准执行的能力,达成从单机智能到机群协同、从被动响应到主动干预的根本性转变。这一发展趋向正向着装备高度信息化、施工过程数字化以及养护决策科学化的方向推进^[1]。从战略层面来考量,推动智能化改造对于提升行业整体效能有着多方面的意义,其可直接提高作业效率与质量,降低全生命周期成本,还是保障大规模路网长期性能安全、实现资源优化配置以及节能减排的重要支撑,并且能为培育高端装备制造新动能创造契机。所以,主动开展智能化改造已然成为行业面对未来可持续发展的必然抉择。

2 筑路养路机械智能化改造的核心技术体系

2.1 状态感知与数据采集技术

高精度且可靠的状态感知以及数据采集技术属于智能化体系中的神经末梢部分,其构成了所有上层智能应用在物理层面的基础。该技术所涉及的范畴包含了针对机械设备自身健康状态的监测,举例来讲,能够借助振动、油液还有温度压力传感器来实时获取发动机以及液压系统的关键参数,进而达成故障预警的目的。与此它还涵盖了对道路状况的全方位感知,综合运用激光雷达、视觉传感器、多频谱成像等多种技术,以此实现对路面平整度、裂缝分布情况、车辙深度等各项指标的非接触式且快速的检测操作。环境参数与地理信息的同步采集同样能为决策给予上下文方面的参考。这些来自不同源头且具有不同结构的数据能够实时且可靠地获取到,它们共同构成了用来描绘机械道路环境动态场景数字孪生体的数据来源。

2.2 物联网与机群协同通信技术

在完成前端数据采集之后,要达成数据在设备内部、设备彼此之间以及和云端之间的高速且稳定的传输,这就得依靠物联网以及机群协同通信方面的技术了。通过在各类机械装备上面去部署智能终端还有通信模块,并且借助5G或者专用无线网络等相关技术,便能够构建起一个能够覆盖整个施工现场的较为可靠的通信网络。而这个网络

能够让单台智能机械实时地上传数据并且接收指令,同时也为实现多台机械协同作业打下了相应的基础。比如,沥青摊铺机、压路机以及运输车能够组合成移动自组织网络,它们能够实时地共享位置、速度还有材料温度等方面的数据,凭借协同算法来自动地调整作业的节奏,以此来保证施工的连续性以及质量的均匀性,从而减少在传统模式下因为沟通不够顺畅而造成的效率方面的损失。

2.3 大数据分析与智能决策技术

要想让汇聚起来的海量且多维度的数据所蕴含的价值得以充分释放,那就得依靠大数据分析以及智能决策技术了。在这一技术层面,其主要的任务是要对那些原始数据展开一系列的操作,包括数据的清洗工作、数据的融合处理,还有对数据进行较为细致的挖掘分析,从而从中提取出能够表征设备健康状况不断劣化的规律、路面性能逐渐衰变的趋势等相关联的有效特征以及知识模型。借助像机器学习这类的人工智能算法,是能够去建立起路面损害的自动识别模型的,同时还能对路面性能的发展走向做出预测,并且能够对针对特定状况所制定的经济高效的养护方案予以优化。这些智能决策模型是可以被封装起来并部署到云端或者是边缘设备之上的,进而形成能够支撑养护管理工作的智慧大脑,不断地输出有关优化作业计划、预警可能出现的故障、评估相关效果以及配置资源等方面的智能建议,最终这些智能建议会作用于物理作业的执行环节,形成一个完整的闭环。

3 智能化改造对道路养护效率的提升机理

3.1 作业过程的精准化与自动化

智能化改造借助把高精度感知以及智能控制算法融入执行机构的方式,达成了对关键作业参数的闭环实时控制,进而促使作业过程朝着精准化与自动化方向发展。就像装备有智能控制系统的沥青摊铺机,它可自动调节熨平板参数来应对路基干扰,以此保证摊铺厚度与平整度契合设计要求,降低返工和浪费情况的发生。智能压路机会依据实时压实度数据动态地调整碾压参数,在防止出现过压状况之余还能确保质量的均匀性。作业自动化水平得以提高,在夜间或者恶劣环境之下,能够延长有效作业时间,并且自动化所带来的作业一致性也大幅度提升了工程质量的可靠性。

3.2 养护模式的变革:从被动修复到主动预防

传统道路养护按照损坏发现后再去修复这样的被动逻辑来开展,如此一来,其养护时机往往会出现滞后的状况,并且成本也会变得颇为高昂。而智能化改造所产生的全时全域路况感知以及预测方面的能力,正在促使养护模

式朝着监测预警干预这种主动预防的方式发生转变。借助固定或者移动的传感网络,路网的健康状况能够得到持续不断的监控,其中早期出现的病害也能够被及时地识别出来。把历史数据和衰变模型综合起来,大数据平台便可以预测出路面性能的发展趋势,还能科学地去评估不同预防性养护措施在长期当中所能产生的效益。进而当路面仅仅是出现功能性衰减的早期阶段,便能够以相对较小的代价来实施精准的干预举措,以此有效地延缓大修期的到来,最终使得全生命周期的总成本得以降低。这样的模式变革,已经把养护工作从单纯的应急抢险转变成了具有可预测性的资产管理相关活动。

3.3 资源调配与施工组织的协同优化

智能化改造所构建起的全要素数字化映射以及实时信息交互的能力,给资源的高效调配以及施工动态协同带来了相应的工具。管理者能够凭借集成平台实时知晓所有机械的位置、状态还有进度情况,同时还能对材料库存以及运输动态加以监控,并且结合环境信息达成对人机料资源的精准预测与调度^[2]。当设备因为出现故障而处于闲置状态的时候,系统可以迅速分派新的任务;当施工进度滞后之时,能够及时从临近的点调配资源给予增援。这样一种基于全局实时信息展开的敏捷调度方式,最大程度地消减了设备等待、材料脱节等一系列效率方面的损失,使得整个施工现场仿佛成为一个有机的整体一样协同开展运作,施工组织也得以从原本静态的经验安排转变成由动态数据驱动优化流程。

3.4 全生命周期管理与决策支持

超越单次作业范畴,智能化改造借助对规划设计建设养护运营全过程数据链加以贯通,进而为达成道路资产全生命周期精益管理筑牢根基。持续检测所获取的数据能够形成资产独一无二的数字健康档案,此档案服务于日常养护工作,并且还能对中长期大修规划以及资金预算给予客观且量化的依据。决策者能够凭借全生命周期成本分析模型,去比较不同策略在长时间内针对资产残值以及社会成本所产生的总体影响,由此作出更为科学且经济的抉择。这种从全生命周期角度出发的管理模式,保证了有限的养护资金能够获得最大的长期回报,这正是智能化改造提高养护效率于战略层面的高度体现。

4 推进智能化改造面临的挑战与对策

4.1 技术集成与系统可靠性挑战

虽说单项技术已经较为成熟,然而要将多种技术有机地集成到工况极为恶劣的工程机械当中,并且保证它能够长期稳定地运行,这无疑是一个相当复杂的难题。不同的

供应商所提供的软硬件之间往往存在着兼容性方面的问题,而系统集成度不够高的情况很可能会导致故障点有所增加。应对之策主要在于积极鼓励产学研展开合作,共同致力于研发具有高可靠性的、一体化的专用硬件以及开放式的软件平台,同时加大对在恶劣工况之下系统耐久性方面的测试力度,借助模块化设计来提高系统的可维护性,并且建立起完善的故障诊断以及远程维护相关体系。

4.2 初期投入成本与经济性分析

智能化改造涉及增加数量可观的传感、计算以及通信模块方面的投入,这对于众多养护单位而言,无疑会形成一定的财务方面的压力^[3]。不过,得从整个生命周期的总成本这个角度来展开相应的评估工作。政府部门还有行业机构需要积极开展深入的研究,并且发布有关智能化养护投入产出的具体案例,要将它在提升效率、节约能耗以及延长设备和道路寿命等方面所具有的长期综合效益予以量化,以此助力建立起正确的成本效益观念。去探索像设备租赁、服务付费这类创新模式,同样可以在一定程度上降低前期的资金门槛。

4.3 行业标准体系与数据互联互通

当下,在筑路养路机械智能化这个领域当中,缺少统一的数据格式、通信协议、接口规范以及性能评价标准,这就使得不同品牌、不同型号的设备之间很难达成数据共享以及协同作业,进而形成了一种新的“数据壁垒”。要加快构建起涵盖数据采集、传输、处理、应用各个环节的行业标准体系,这是推动该产业实现规模化发展极为关键的前提条件。相关的标准化组织需要联合龙头企业以及科研院所一道加快对关键标准的制定工作,并且做好推广事宜,重点先去解决感知数据格式、设备间的通信、数据安全等方面的基础共性问题,同时鼓励开展开放接口以及开源生态的建设工作,从而为不同来源的设备与系统可以“讲同一种语言”、实现互联互通与互操作扫除各种障碍。

4.4 专业技术人才培养与组织变革

智能化养护系统要想实现有效运营维护,其数据价值要得到充分挖掘,这就需要有那种既了解机械、道路工程,又对信息技术、数据分析很熟悉的复合型专业技术人才。然而当下行业在这样的人才储备方面存在很大缺口,这促使高等院校去调整相关专业的课程设置,强化跨学科人才培养^[4]。企业也要加大对现有技术人员的转型培训投入,还可与职业院校展开合作,开展定向人才培养工作。与此养护单位的管理组织架构以及业务流程也都得做出相应改变,以适应数据驱动决策这种新模式,比如设立数据管

理中心,优化跨部门协作流程,培育数据驱动的管理文化,以此来保证技术投资可切实转化成组织能力以及运营效益的实际提升。

5 结束语

筑路养路机械开展智能化改造,这无疑是对传统模式所处瓶颈的一次有力应对,更是引领整个行业朝着高质量发展方向迈进的深刻变革举措。在本研究当中,本文对智能化改造的技术体系构成展开了较为系统的梳理工作,同时将其内在逻辑也给揭示了出来。具体而言,智能化能够赋予作业更为精准的状态,促使驱动模式从被动转向主动预防,达成资源协同方面的优化效果,并且还能对全生命周期管理起到支撑作用,进而从多个维度全面提升养护工作的效率。不过,要迈向全面智能化的状态,那么就还得去克服诸如技术集成方面的问题、成本所带来的压力、标准存在的缺失情况以及人才出现的短缺等一系列挑战。展望未来的发展态势,就需要产业界、学术界以及政府部门共同携手发力,持续不断地攻克技术层面的瓶颈问题,加

速构建起开放的产业生态以及相应的标准体系,并且要着重关注人才培养以及组织创新等方面的工作。只有这样做,才能够充分地发挥出智能化改造所蕴含的潜能,推动我国的道路养护事业迈向一个更加安全、高效、经济并且可持续发展的全新阶段。

【参考文献】

- [1]万铁军.大型养路机械司机技能大师工作室[J].铁道工务,2025,3(2):97-100.
- [2]汪雄.应急抢险中公路养护机械设备的调度与安全标准化管理[J].大众标准化,2025(19):101-103.
- [3]温景玺.大型养路机械车轮多边形故障的声学检测研究[J].铁道工务,2025,3(5):76-80.
- [4]张发荣.基于 EN15085 标准的大型养路机械焊接工艺智能化系统开发[J].科技视界,2021(17):87-89.

作者简介:郭涛(1988.9—),毕业院校:太原科技大学,所学专业:机械设计制造及自动化,当前就职单位:山西省交通新技术发展有限公司,职称级别:副高级工程师。