

智能化技术在工程施工机械设备中的应用

李 强

中铁大桥局集团第八工程有限公司 重庆 400026

摘 要: 随着科技的不断进步,智能化技术在众多领域展现出巨大潜力,本文首先概述了智能化技术定义、关键部分及发展历程。接着分析了国内外发展现状与差距,国外在智能化控制、监测诊断等方面领先,国内在政策支持等推动下取得进展但仍有差距。然后阐述了智能化技术在工程施工机械设备中的具体应用,包括智能化控制、监测与诊断、远程运维、人机交互技术等,这些应用提升了施工效率与质量,降低设备故障率与成本,推动施工机械设备向智能化方向发展。

关键词: 智能化技术; 工程施工; 机械设备; 应用现状

引言: 工程施工领域对效率与质量要求不断提升,智能化技术成为关键推动力。智能化技术融合多学科知识,赋予设备感知、分析等能力。在工程施工机械设备中,其发展意义重大。国外在智能化控制、监测诊断等方面领先,国内在政策支持下取得进展但仍有差距。本文将深入探讨智能化技术在工程施工机械设备中的具体应用,为行业发展提供参考。

1 智能化技术概述

智能化技术是融合计算机科学、控制理论、人工智能、传感器技术等多学科知识,赋予设备或系统感知、分析、决策和执行能力,使其能自主完成特定任务或适应环境变化的技术。在工程施工机械设备领域,它让设备获得类似人类智能,能依施工环境和任务要求自动调整工作状态,提升施工灵活性与适应性。其关键组成部分涵盖多方面: 传感器技术作为智能化设备的“感觉器官”,可实时感知设备运行状态、工作环境等信息,像温度、压力、位移、速度等参数,并将这些信息转化为电信号传输给控制系统,为智能化控制提供数据支撑。计算机与控制技术中,计算机是智能化设备的“大脑”,负责对传感器采集的数据处理分析,依据预设算法和程序决策,向执行机构发控制指令实现精确控制,控制技术包含开环和闭环控制等多种方式,保障设备按预定目标运行^[1]。人工智能技术中的机器学习、深度学习等在智能化设备中作用重大,通过对大量数据学习分析,设备能不断优化自身性能和行为,提高决策准确性与智能化水平。通信技术实现设备与设备、设备控制中心间的信息交互,借助有线或无线通信方式,如以太网、Wi-Fi、蓝牙、4G/5G等,将设备运行数据实时传至远程监控平台,同时接收控制中心指令,达成设备远程监控和操作。智能化技术发展历经多个阶段,早期主要是简单自动控制技

术应用,如机械式自动调节装置,在计算机技术出现发展后,数字化控制技术取代模拟控制技术实现设备精确控制,进入21世纪,人工智能、传感器、通信等技术飞速发展,推动智能化技术迈向更高层次,智能化设备具备自主学习、自主决策和自主执行能力,在各领域广泛应用。

2 工程施工机械设备智能化发展现状

2.1 国外发展现状

(1) 智能化控制技术领先,一些发达国家企业率先取得成果,将先进电液比例控制技术与智能控制系统应用于挖掘机等设备,达成自动化操作与精准作业,提升施工效率与质量。(2) 监测与诊断技术成熟,国外构建起较为完备的技术体系,借助先进传感器技术和数据分析算法,可实时监测设备运行状态,及时察觉潜在故障隐患,还能通过远程诊断系统为设备维护提供技术支撑,部分企业设备配备完善健康管理系统,能实现设备全生命周期监测与诊断。(3) 远程运维技术广泛应用,国外企业积极推行该技术,建立远程监控中心,对分布在全球的施工机械设备进行实时监控与远程操作,设备出现故障时,技术人员能借助远程诊断和指导快速解决问题,减少设备停机时间,提高设备利用率。整体上,国外在工程施工机械设备智能化控制、监测诊断、远程运维等关键领域发展成熟,技术先进且应用广泛,为工程施工带来高效、精准、便捷等优势,推动行业向智能化方向不断迈进。

2.2 国内发展现状

政策支持为发展注入强大动力,相关部门高度重视该领域智能化进程,出台系列政策鼓励企业加大智能化技术研发与应用投入。在此引导下,国内工程机械企业积极投身智能化改造升级工作并取得一定成果。技术水

平逐步提升,国内企业在智能化控制、监测与诊断等关键技术实现重要突破,部分企业研发的智能化施工机械设备具备部分自主控制与监测功能,可依据施工需求自动调整工作状态,实现精准作业与实时监测^[2]。同时,国内高校和科研机构积极开展相关研究,与企业紧密合作,为企业技术创新提供坚实技术支撑,加速技术成果转化应用。市场规模不断扩大,国内基础设施建设持续推进,工程施工对智能化设备需求日益增长,促使工程施工机械设备智能化市场规模快速增长。众多企业看到市场潜力,纷纷关注并投入智能化设备研发生产,涵盖从零部件制造到整机生产等多个环节,形成较为完整的产业链。这不仅推动行业快速发展,还提升国内工程施工机械设备智能化整体水平,增强行业在国际市场上的竞争力,使我国工程施工机械设备智能化发展在政策、技术与市场的协同推动下,朝着更高水平迈进,为工程建设提供更高效、智能、可靠的设备支持。

2.3 国内外差距分析

(1) 核心技术差距,国内虽有进展,但与国外发达国家比仍有较大距离,在高端传感器、智能控制系统等关键零部件和核心技术研发应用上,国内依赖进口,这极大制约我国工程施工机械设备智能化水平进一步提升,影响设备性能优化与创新发展。(2) 产品质量和可靠性差距,国外知名企业施工机械设备以高质量和可靠性闻名,而国内部分产品存在质量和可靠性问题,智能化设备稳定性和可靠性关乎其广泛应用,国内企业需强化产品质量管理,提升产品可靠性以增强市场竞争力。(3) 市场应用和推广差距,国外智能化施工机械设备应用推广广泛,用户对智能化设备认知度和接受度高,而国内市场对智能化设备需求尚处于培育阶段,部分用户对智能化技术优势和应用效果了解不足,导致智能化设备市场推广困难,国内企业需加强市场宣传与引导,提高用户对智能化设备的认识和接受程度,推动智能化设备在国内市场的普及应用。

3 智能化技术在工程施工机械设备中的具体应用

3.1 智能化控制技术

自动操作控制借助智能化控制系统,施工机械设备可达成自动化作业。该系统整合全球定位系统(GPS)、激光定位等多种先进技术,依据预设的施工路线、挖掘深度等参数,让设备按要求自动开展作业,极大减少人工操作工作量,避免人工操作可能产生的误差,有效提升施工效率与精度,确保施工过程精准有序推进,满足工程建设对高质量和高效率的要求。负载自适应控制方面,智能化控制技术能依据设备负载状况自动调整工作参数。当设

备负载出现变化时,控制系统可实时感知这一变化,并迅速对发动机的功率输出、液压系统的压力和流量等关键参数做出调整,使设备始终维持在最佳工作状态^[3]。如此一来,能源利用效率得到显著提高,设备磨损降低,延长设备使用寿命,减少设备故障发生概率,降低维修成本,为施工项目顺利进行提供有力保障。协同作业控制主要应用于大型工程施工场景,此类工程常需多台施工机械设备协同作业。智能化控制技术可实现设备之间的信息交互与协同控制,依据预定施工方案和节奏,让多台设备有序配合。通过建立统一的控制平台,各设备能实时共享位置、速度、工作状态等信息,控制系统根据这些信息统一调度指挥,使多台设备如同一个有机整体般协同运作,提高施工整体效率与协调性,保障工程质量,避免因设备配合不畅导致的施工延误或质量问题。在沥青路面摊铺施工中,摊铺机、压路机等设备通过智能化协同控制系统同步作业,能保证路面平整度和压实度,体现协同作业控制的优势,推动施工机械设备向智能化、高效化方向发展。

3.2 监测与诊断技术

(1) 运行状态监测,借助传感器技术,实时采集施工机械设备的发动机转速、温度、液压系统压力、油液品质等运行状态参数。对这些参数进行深入分析与处理后,能及时掌握设备运行状况,精准发现潜在故障隐患,为设备稳定运行提供基础数据支撑,确保设备在正常参数范围内工作,减少意外故障发生。(2) 故障诊断与预警,基于实时监测数据和先进故障诊断算法,智能化设备可对自身故障进行准确诊断与预警^[4]。一旦设备出现故障,系统能迅速确定故障类型与位置,通过声光报警或远程通信方式及时告知操作人员和维护人员。同时,依据故障严重程度及历史数据,系统可预测故障发展趋势,让维护人员提前安排维护计划,避免故障扩大和设备损坏,降低维修成本与停机时间,保障施工连续性。(3) 健康管理及寿命预测,通过对设备运行数据长期积累与分析,构建设备健康管理模型。该模型可评估设备健康状况并预测使用寿命,依据评估和预测结果,制定科学合理的维护计划与更新策略。合理维护能保持设备良好性能,避免过度维修或维修不足;适时更新可防止设备因老化导致性能下降和故障频发,从而延长设备使用寿命,降低设备全生命周期成本,提升企业经济效益和施工项目整体效益,推动施工机械设备向智能化、高效化、可持续化方向发展,增强企业在市场中的竞争力。

3.3 远程运维技术

借助通信技术,施工机械设备与远程监控中心实现

连接,达成远程监控与操作功能,操作人员身处远程监控中心,能够实时获取设备的运行状态、工作参数以及视频图像等全方位信息,并依据这些信息对设备进行远程控制和精准调整,尤其在危险环境施工作业时,可远程操控设备完成既定任务,有效保障操作人员的人身安全,降低作业风险。当设备出现故障,远程故障诊断与维修指导功能发挥作用,远程监控中心的技术人员通过深入分析设备传输的运行数据和故障信息,开展远程故障诊断,快速确定故障原因后,利用远程视频通信等先进方式,为现场维护人员提供实时且详细的维修指导,现场维护人员在技术人员的实时指导下,能够迅速、准确地排除故障,大大提高故障维修的效率和质量,减少设备停机时间,保障施工的连续性。远程运维技术还具备设备管理与调度能力,通过建立设备管理信息系统,对设备的档案信息、运行记录、维护计划等进行统一、规范的管理,方便企业全面、清晰地掌握设备情况,同时,依据施工项目的实际需求和设备的实时运行状况,合理、科学地调度设备资源,避免设备闲置或过度使用,提高设备的利用率和施工效率,优化资源配置,降低施工成本,提升企业经济效益和项目整体效益,推动施工机械设备管理向智能化、精细化方向迈进,使设备管理更加科学、高效、有序,为施工项目的顺利开展提供坚实保障,助力工程施工行业在智能化浪潮中实现高质量发展。

3.4 人机交互技术

(1) 可视化界面设计,聚焦于为施工机械设备打造直观且易用的操作界面。操作人员借此能够便捷地获取设备运行信息并开展操作控制。该界面运用图形、图表、动画等多种形式来呈现设备的状态参数与工作过程,将原本复杂抽象的数据转化为直观可视的内容,使操作人员能迅速理解设备运行状况,减少信息获取与理解的时间,进而提高工作效率与操作准确性,降低因误操作引发故障的概率。(2) 语音交互与手势识别技术的引入,实现了操作人员与设备间的自然交互^[5]。操作人员可通过语音指令直接控制设备的启动、停止以及参数调整等操

作,无须手动操作控制面板,在双手忙碌或环境复杂的情况下优势尽显。手势识别技术则允许操作人员以简单的手势动作完成对设备的操作,进一步简化了操作流程,减轻了操作人员的操作负担,不仅提升了操作的便捷性,还增强了操作的安全性,避免因分心操作导致的意外发生。(3) 虚拟现实与增强现实技术,为操作人员带来了全新的体验。虚拟现实技术能够模拟真实的施工场景与设备操作过程,操作人员可在虚拟环境中进行反复地培训与练习,熟悉操作流程,提升操作技能与应急处理能力,且不受现实条件限制。增强现实技术则可将设备的操作信息、维修指导等内容实时叠加在现实场景中,为操作人员提供直观的指引,在设备维修等场景中,帮助操作人员快速定位问题并准确操作,提高维修效率与质量。

结束语

综上所述,智能化技术在工程施工机械设备中的应用,从控制、监测诊断到远程运维、人机交互等多方面,全方位提升了施工效率与质量,降低了设备故障率 and 成本。国外发展领先但国内进步显著,虽存在核心技术、产品质量等差距,但随着技术不断突破、政策持续支持以及市场逐步培育,未来智能化技术在工程施工机械设备领域的应用将更加广泛深入,推动行业向智能化、高效化、可持续化方向稳步迈进,为工程建设带来更多变革与机遇。

参考文献:

- [1]刘珍珍,黄仁惠.智能化施工技术在装配式建筑工程施工管理中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(1):173-175.
- [2]安韦晓,冯明辉.智能化技术在公路工程施工中的应用与优化[J].中国科技信息,2025(21):33-35.
- [3]魏智龙.智能化技术在建筑工程施工中的应用前景与现状分析[J].门窗,2025(20):43-45.
- [4]刘嵘.智能化技术在建筑工程施工中的应用策略[J].门窗,2025(17):232-234.
- [5]许林春.智能化技术在水利水电工程施工管理中的应用与研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(10):257-259.