

智能化调度技术在内河航道物流中的应用研究

袁冶凯

河南安钢周口钢铁有限责任公司 河南 周口 466000

摘要: 随着内河航运高质量发展需求持续提升,内河航道物流智能化调度成为行业降本增效、提质升级的核心抓手。内容围绕智能化调度的核心内涵,梳理态势感知、运力匹配、路径规划、协同管控四大核心技术体系,拆解全流程调度、仓储转运等四大应用维度,提出技术适配、链路优化等系列优化路径,为内河物流智能化升级提供理论参考,助力内河航运网络运行效能全面提升。

关键词: 内河航道物流;智能化调度;路径规划;协同管控

引言:内河航运凭借运量大、成本低、能耗低的核心优势,是我国综合立体交通网不可或缺的组成部分。当前内河物流量稳步增长,传统人工调度模式存在响应滞后、资源匹配失衡、风险防控能力不足等短板,已难以适配行业现代化发展需求。新一代信息技术与智能算法的快速迭代,为内河航道物流调度的智能化转型提供了坚实支撑,推动调度体系向全流程数字化、全场景智能化方向深度革新。

1 内河航道物流智能化调度概述

内河航道物流智能化调度以现代信息技术为核心,通过物联网、大数据、人工智能等技术实现航道运输资源的动态优化配置。系统实时采集船舶位置、航道水深、气象水文等数据,运用智能算法分析船舶航行路径、货物装载效率及航道通行能力,实现运输任务的精准匹配与航线的智能规划。该调度模式突破传统人工调度局限,通过自动化决策减少人为干预误差,提升航道通行效率与货物周转速度;技术架构包含数据感知层、网络传输层、智能分析层与应用服务层,各层级协同运作确保调度指令的精准执行。其优势在于动态响应航道环境变化,优化船舶航行轨迹,降低燃油消耗与碳排放,同时通过实时监控提升航行安全系数,形成高效、绿色、安全的内河物流运输新生态,推动内河航运向智能化、可持续化方向演进^[1]。

2 内河航道物流智能化调度核心技术体系

2.1 内河航道物流态势感知技术应用

内河航道物流态势感知技术聚焦多维数据融合与实时动态监测,通过部署传感器网络、AIS船舶自动识别系统及视频监控设备,采集航道水位、流速、能见度、船舶位置、航速及货物装载状态等关键参数。数据经边缘计算节点预处理后,传输至云端平台进行深度分析,实现航道通行能力评估、船舶航行风险预警及货物在途状

态追踪;感知系统采用机器学习算法对历史数据建模,预测航道拥堵趋势与异常事件发生概率,提升调度决策前瞻性。技术集成物联网、5G通信及大数据处理能力,支持多源异构数据实时同步与智能解析,构建航道全要素数字孪生模型,为智能化调度提供精准态势画像;同时优化数据采集频率与传输协议,降低网络延迟,保障感知信息时效性,推动内河物流从被动响应向主动预判转型,提升运输系统韧性与服务可靠性。

2.2 内河物流运力智能匹配调度技术

内河物流运力智能匹配调度技术依托智能算法与数据驱动模型,实现船舶运力与货物需求的精准对接。系统通过分析货物类型、体积、重量及目的地信息,结合船舶载重能力、航速、油耗等参数,动态计算最优运力配置方案;技术采用聚类分析与遗传算法优化船舶调度路径,减少空驶率与等待时间,提升运输效率。同时,集成实时交通流量数据与航道通行状态,动态调整运力分配策略,应对突发拥堵或天气变化;系统支持多船型协同作业,通过智能排班算法平衡船舶负载,避免运力过剩或不足。技术还融入能耗监测模块,通过优化航速与航线降低燃油消耗,推动绿色物流发展;整体技术体系强调自适应性与可扩展性,支持不同规模内河航道的运力智能匹配需求,提升物流系统整体运行效率与资源利用率^[2]。

2.3 内河航道通航路径智能规划技术

内河航道通航路径智能规划技术以动态数据驱动为核心,融合航道地形、水流特性、船舶性能及实时交通信息,构建多维度路径优化模型。技术采用深度学习算法分析历史航行数据,预测航道通行效率与潜在风险点,生成安全、高效、低耗的路径方案;系统实时监控航道水位、流速、能见度及船舶密度,动态调整路径规划策略,避开拥堵区域与危险航段,提升航行安全性与

运输时效。技术集成地理信息系统与数字孪生技术,实现航道三维可视化建模与路径模拟验证,支持多方案对比与智能决策;同时,优化路径长度与航速组合,降低燃油消耗与碳排放,推动绿色航运发展。整体技术体系强调自适应性与鲁棒性,适应不同航道条件与运输需求,提升内河物流系统运行效率与可持续性。

2.4 内河物流作业协同智能管控技术

内河物流作业协同智能管控技术聚焦多节点实时协同与智能决策,通过整合船舶、港口、仓储等节点数据,构建全流程可视化管控平台。系统采用分布式计算架构,支持多源数据实时同步与智能解析,实现货物装卸、船舶调度、仓储管理全链条协同作业;技术融入机器学习算法,动态优化作业流程与资源配置,减少等待时间与资源浪费;集成物联网传感器与5G通信技术,实时监测设备状态与作业进度,预警潜在故障与延误风险。系统支持自适应调整策略,应对航道拥堵、天气变化等突发情况,保障作业连续性与稳定性;整体技术体系强调智能化与柔性化,提升内河物流作业效率与服务质量,推动物流系统向自动化、智能化方向升级,增强运输网络韧性与服务可靠性。

3 内河航道物流对智能化调度的应用维度

3.1 内河航道通航全流程调度应用

内河航道通航全流程调度应用聚焦货物从装船到卸货的全链条智能化管理,通过实时数据采集与智能算法优化各环节操作。系统整合船舶定位、货物追踪、航道状态等多源信息,动态调整装船顺序、航行路径及卸货计划,减少等待时间与资源浪费;技术采用机器学习模型预测航道拥堵与货物需求波动,提前优化调度策略,提升运输效率。集成物联网传感器与5G通信技术,实现设备状态实时监测与故障预警,保障作业连续性与安全性;全流程协同强调各节点数据共享与智能决策,推动船舶航行、港口作业、仓储管理无缝衔接,提升运输系统整体运行质量与服务可靠性。技术体系注重自适应性与可扩展性,适应不同规模航道与货物类型需求,推动内河物流向精准化、高效化方向发展^[1]。

3.2 内河物流仓储转运调度优化应用

内河物流仓储转运调度优化应用聚焦货物存储、转运全流程的智能协同与效率提升。通过部署智能仓储管理系统,实时监测货物位置、库存状态及转运需求,动态优化存储布局与拣选路径,减少人工干预与作业时间。技术采用机器学习算法分析历史转运数据,预测货物周转率与需求波动,提前调整转运策略,避免库存积压或短缺;集成物联网传感器与5G通信技术,实现设备

状态实时监测与故障预警,保障转运作业连续性与安全性。系统支持多模式转运路径智能规划,结合船舶航行状态与港口作业进度,动态调整转运顺序与运输方式,提升转运效率与资源利用率。整体应用强调智能化与柔性化,适应不同货物类型与转运需求,推动内河物流仓储转运向精准化、高效化方向发展。

3.3 内河船舶航行安全智能调度应用

内河船舶航行安全智能调度应用聚焦航行全过程的实时风险防控与智能决策支持。通过集成船舶定位、航道状态、气象水文等多维数据,构建动态安全评估模型,实时监测船舶航行轨迹、速度及周边环境变化,预警碰撞、搁浅、能见度不足等潜在风险。技术采用深度学习算法分析历史航行数据,识别高风险航段与航行模式,优化航行路径与速度策略,降低事故发生率。系统支持自适应调整航行计划,应对突发天气变化或航道拥堵,保障航行安全与运输时效;整体应用强调数据驱动与智能决策,提升内河船舶航行的安全性与可靠性,推动内河物流向智能化、安全化方向发展,增强运输网络的整体韧性与服务品质。

3.4 内河物流资源统筹调度整合应用

内河物流资源统筹调度整合应用以多源数据融合与智能算法为核心,实现船舶、港口、仓储、运输线路等资源的全局优化配置。通过构建资源数字孪生模型,实时同步各节点状态与需求,动态调整资源分配策略,减少闲置与浪费;技术采用强化学习算法优化资源调度路径,提升船舶装载率与仓储空间利用率,降低空驶率与库存成本。系统支持跨节点协同作业,通过智能排程平衡资源负载,避免局部拥堵与资源过剩;整体应用强调数据驱动与动态调整能力,适应航道条件、货物类型及运输需求的变化,推动内河物流资源向高效化、集约化方向发展,提升物流系统整体运行效率与资源利用效益^[4]。

4 内河航道物流智能化调度应用优化路径

4.1 智能化调度技术适配性优化提升

智能化调度技术适配性优化聚焦动态环境下的技术自适应能力提升。通过深度学习算法对航道水文、气象、交通流量等实时数据建模,动态调整算法参数与决策阈值,增强对复杂航道条件的适应性。技术集成多模态传感器数据与边缘计算能力,实现本地化快速响应与云端深度分析协同,降低网络延迟对调度效率的影响;优化算法采用强化学习框架,通过持续交互学习不同航道特征与运输需求模式,提升路径规划、运力匹配的精准度与鲁棒性。系统支持模块化架构设计,便于根据航道特性、船舶类型及货物属性灵活配置功能模块,适应

多样化运输场景需求。整体优化路径强调技术迭代与场景适配的深度融合,推动智能化调度从通用解决方案向定制化、高精度方向演进,提升内河物流系统的整体运行效能与服务质量。

4.2 内河物流调度数据链路优化完善

内河物流调度数据链路优化完善聚焦数据流通效率与智能解析能力提升。通过构建低延迟、高可靠的数据传输网络,实现船舶定位、航道状态、货物追踪等实时数据的高效同步,保障调度决策的时效性;采用边缘计算与云端协同架构,对数据进行本地预处理与全局深度分析,减少数据传输量与处理延迟,提升响应速度。优化数据格式标准化与接口统一化,支持不同系统间的无缝对接与信息共享,提升数据利用率与决策精准度;集成异常数据检测与修复模块,实时监测数据质量,自动修复错误数据,避免因数据异常导致的调度失误。整体优化路径强调数据链路的稳定性、实时性与智能性,推动内河物流调度从数据驱动向智能决策升级,提升物流系统整体运行效率与服务质量,增强运输网络的韧性与可靠性。

4.3 多场景调度技术融合应用优化

多场景调度技术融合应用优化聚焦不同运输场景下的技术协同与智能适配能力提升。通过整合路径规划、运力匹配、安全防控等核心技术模块,构建跨场景智能调度框架,实现航道条件、货物类型及运输需求的动态适配;采用模块化设计支持场景化功能组合与参数调整,提升调度策略的灵活性与精准度。集成多源数据融合算法,实时分析交通流量、货物需求及环境变化,动态优化调度方案,减少等待时间与资源浪费;系统支持多场景协同决策,通过智能算法平衡不同场景下的资源分配与作业进度,提升整体运行效率。整体优化路径强调技术融合的深度与广度,推动内河物流调度向多场景协同、高适应性方向发展,增强物流系统韧性,提升服务质量与资源利用效益,适应复杂多变的运输环境需求,保障物流网络持续高效运行^[5]。

4.4 智能化调度系统运行稳定性优化

智能化调度系统运行稳定性优化聚焦系统抗干扰与故障恢复能力提升,通过冗余硬件架构与容错软件设计增强设备故障、网络波动等异常场景下的持续运行能力;采用实时状态监测与异常诊断算法动态识别系统瓶颈与潜在故障,触发自动修复或降级运行策略减少服务中断风险。集成动态负载均衡模块根据资源使用情况智能调整任务分配,避免局部过载导致性能下降;优化算法采用自适应参数调整机制,结合航道状态、数据质量等实时信息动态优化决策逻辑,提升复杂环境下的鲁棒性。引入智能预警系统提前识别潜在风险并采取预防措施,降低故障发生概率;定期进行系统健康检查与维护确保硬件软件处于最佳状态,延长使用寿命。整体优化路径强调系统韧性与智能性深度融合,推动调度系统向高可靠、高可用方向发展,保障运输网络持续稳定运行与服务质量稳定输出。

结束语:内河航道物流智能化调度是内河航运数字化转型的核心引擎,其技术体系的完善与场景化应用的深化,直接决定着内河物流网络的运行效率与服务韧性。通过技术适配优化、数据链路完善、多场景融合应用与系统稳定性提升,可有效破解传统调度模式的痛点难点。未来随着智能技术的持续迭代,内河物流调度将向全要素数字孪生、全流程自主决策方向演进,助力内河航运实现更高质量的可持续发展。

参考文献

- [1] 闵建信. 数字化时代内河航道航标技术发展研究[J]. 珠江水运, 2025(24):121-123.
- [2] 郑志强, 孙雨. 内河船舶轨迹数据挖掘与可视化技术研究[J]. 中国水运, 2025(17):86-88.
- [3] 马俊, 陈星, 张赛飞. 内河智能航运系统构建——以江西省为例[J]. 中国水运, 2023(9):50-52.
- [4] 徐瑞勃, 贺朝双. 智慧航道背景下内河航道养护作业的智能化调度技术要点研究[J]. 中国海事, 2025(11):56-59.
- [5] 段永斌. 数字化转型背景下内河航运管理创新研究——以淮安为例[J]. 中国水运, 2025(2):23-25.