

智能仓储研究现状与应用

侯宇阳

国家能源集团陕西神延煤炭有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要: 本文聚焦煤矿物资智能仓储, 阐述智能仓储的定义与自动化、可视化、智能化、协同化特征, 介绍物联网、数字孪生、人工智能、自动化等核心技术。分析国内外研究现状, 以神延煤炭为例说明其在工业领域的应用实践, 包括项目背景、系统建设内容与应用成效。同时探讨智能仓储应用面临的挑战, 如技术融合、员工技能、成本投入等问题, 并展望其技术创新、绿色低碳、个性化定制等未来发展趋势。

关键词: 煤矿物资; 智能仓储; 管理系统

引言: 随着工业4.0和数字化转型的深入推进, 智能仓储作为现代化供应链管理的重要支撑, 已成为企业提升运营效率与核心竞争力的关键。在煤矿等工业领域, 物资种类繁多、管理流程复杂, 传统仓储模式面临效率低下、数据孤岛及安全风险等多重挑战, 向智能化转型的需求日益迫切。本文以煤矿物资智能仓储为研究对象, 旨在梳理其核心内涵、技术体系与应用现状, 结合具体实践案例, 分析当前面临的挑战, 并展望未来发展方向, 以期对相关领域的智能仓储建设提供参考。

1 智能仓储的定义与特征

智能仓储是指综合运用物联网、人工智能、自动化、数字孪生等技术, 实现物资自动识别、存储、搬运、分拣以及库存数据实时采集、分析与智能决策的现代化仓储管理模式。其核心特征包括: 自动化操作, 利用AGV、无人叉车等设备替代人工, 提升效率与精度; 可视化监控, 通过数字孪生技术实时映射仓储状态, 支持直观决策; 智能化决策, 基于大数据与AI算法实现需求预测、库存优化等; 协同化运作, 借助统一信息平台, 打通仓储、ERP及供应链系统, 促进信息共享与业务联动^[1]。

2 智能仓储核心技术

2.1 物联网技术

物联网技术是智能仓储数据采集与传输的核心支撑, 通过在物资、设备上部署RFID标签、红外传感器、摄像头等感知设备, 实现对物资信息、设备状态、环境参数等数据的实时采集。这些数据通过无线网络传输至数据中心, 为仓储管理的各项操作提供精准的数据支持。在神延煤炭智能仓储系统中, 物联网技术实现了物资从入库到出库全流程的数据自动采集, 通过与ERP系统的接口对接, 确保物资信息的实时同步, 避免了人工录入导致的误差。

2.2 数字孪生技术

数字孪生技术通过构建仓储场景的1:1虚拟模型, 实现物理实体与虚拟模型的实时数据联动, 为仓储管理提供可视化、可模拟的管理工具。在基于数字孪生的智能巡检机器人系统中, 技术人员将油库及各部件的物理尺寸与形态进行精准建模, 针对油库易燃易爆的特殊属性, 在虚拟模型中额外标注安全阈值参数与应急处置流程, 通过与机器人巡检数据的关联, 实现对设备运行状态的动态监控与模拟分析。在智能仓储领域, 数字孪生技术可实现对仓储布局的优化设计、设备运行的模拟调试、库存状态的实时映射, 尤其在油库管理中, 能通过虚拟仿真预判泄漏、超温等风险, 帮助管理人员提前规避安全隐患, 提升管理效率。

2.3 人工智能技术

人工智能技术在智能仓储中主要应用于图像识别、数据分析与智能决策等方面。基于深度学习的图像识别算法, 可实现对物资外观、条码、二维码的自动识别, 以及人员入侵、设备异常等情况的智能监测。神延煤炭智能仓储系统中的可见光摄像机, 通过搭载图像识别算法, 实现了人脸识别、车辆品牌识别等功能, 针对油库区域, 还增设了火焰、烟雾识别模块, 一旦检测到异常立即触发声光报警并推送信息至管理人员, 提升了仓储安全管理水平。在数据分析方面, 人工智能算法可对海量的仓储数据进行挖掘分析, 实现库存需求的精准预测与智能补货, 优化仓储资源配置^[2]。

2.4 自动化技术

自动化技术是实现智能仓储物理操作自动化的关键, 主要包括AGV机器人、智能立体货架、自动分拣设备等。AGV机器人通过激光导航、视觉导航等技术, 可自主完成物资的搬运与转运, 在神延煤炭的智能仓储系统中, AGV机器人与无人叉车配合, 针对油库燃料转运

需求,采用了防爆型AGV设备,在满足自动化搬运的同时确保作业安全,实现了物资从入库到出库的全流程自动化搬运,大幅降低了人工劳动强度。智能立体货架则通过自动化的存取机构,实现物资的高密度存储与快速存取,提升了仓储空间的利用率。

3 智能仓储国内外研究现状

3.1 国外研究现状

国外智能仓储起步早,已形成成熟技术体系与应用模式,在多领域领先。亚马逊作为标杆,收购Kiva机器人构建“货到人”自动化仓储系统。Kiva机器人靠头部摄像头识别二维码,自主搬运货架至拣货员前,提升订单拣选效率。同时,亚马逊基于大数据与人工智能构建智能库存管理系统,实现精准预测与自动补货,优化运营效率。沃尔玛依托供应链优势,融合智能仓储与零售业务。引入电子数据交换系统,结合商品条码与扫描器,实现库存自动控制管理,还用ABC分类法平衡管理效率。此外,投资建设通信与数据中心,构建物流信息管理系统,实现仓储、物流、零售信息协同,降低成本。学术上,国外学者聚焦技术优化与算法改进。Lanza等人针对大型仓库产品拣选,提出FIFO策略,建立模型提高存储容量利用率;Khan等人提出物联网实时仓库管理架构;Hassan等人研究自动识别技术应用,提升供应链效率。

3.2 国内研究现状

国内智能仓储发展迅速,政策与市场需求推动下成果显著。工业领域,国家能源集团等大型企业率先建设,推动在煤矿、化工等特殊场景应用。神延煤炭构建智能仓储管理系统,实现煤矿物资全流程智能化管理;技术研发上,国内学者围绕关键技术与系统设计开展大量研究。尽管发展快,但与国外仍有差距,核心技术依赖进口,应用普及率待提升,标准尚未统一致兼容性差^[3]。

4 智能仓储在工业领域的应用实践——以神延煤炭为例

4.1 项目背景与需求

国家能源集团陕西神延煤炭有限责任公司服务保障中心物资供应站负责煤矿生产所需物资的存储与供应,包含油库、综合材料库等多个仓储区域,物资种类涵盖设备备件、燃料、劳保用品等,具有种类多、数量大、出入库频繁等特点。其中油库作为燃油存储核心区域,此前依赖人工巡检油位、记录油温,不仅效率低下,且存在漏检、误记风险,一旦发生燃油泄漏或油温异常,易引发安全事故。在智能仓储系统建设前,该物资供应站采用传统的人工仓储管理模式,存在诸多问题:一是

人工操作效率低,物资入库、上架、出库等环节均需管理人员手动输入与操作,对于大型物资仓库,需投入大量人力且难以保证操作效率;二是数据误差大,人工盘点与记录易出现错记、漏记等问题,导致物资账卡物不符,影响生产物资的正常供应;三是可视化程度低,管理人员无法实时掌握库存状态与设备运行情况,难以实现库存的精准管理与优化;四是人力成本高,长期的重复性工作需投入高昂的人力费用,增加了企业的运营成本。为解决上述问题,神延煤炭决定建设智能仓储管理系统,核心需求包括:实现物资出入库全流程的自动化操作,降低人工劳动强度;构建可视化监控平台,实时掌握库存状态与设备运行情况;实现与企业ERP系统的无缝对接,确保数据同步与共享;通过智能数据分析,优化库存结构,降低资金占用;提升仓储管理的安全性,保障生产物资的稳定供应。

4.2 智能仓储系统建设内容

4.2.1 系统架构设计

神延煤炭智能仓储管理系统采用分层架构,包括感知、数据接入、平台与应用层。感知层部署AGV机器人等设备,油库区域额外设置防爆传感器与摄像头,实时采集信息。数据接入层汇总预处理数据后传至平台层。平台层构建统一数据管理平台,实现数据存储分析共享,并与企业ERP系统对接。应用层提供入库、库存等核心功能模块,针对油库开发专项安全管理模块,各层协同保障系统高效运行。

4.2.2 核心业务流程实现

入库上架:物资验收合格后,管理人员发信号,系统指令AGV机器人等设备完成存放,信息自动录入ERP系统;油库燃油入库自动采集数据核算。出库下架:领用单位提交领料单,系统下达指令完成出库并反馈信息;油库燃油出库自动控制油泵启停。可视化监控:打通系统接口,实时更新展示信息,方便管理人员掌握情况、查询分析,辅助决策。

4.2.3 关键技术应用

物联网用RFID标签与阅读器自动采集传输物资信息,油库设备部署专属标签实现双重监控。AGV机器人与无人叉车激光导航精准定位。数字孪生构建虚拟模型联动监控预判。人工智能用于安全监控与数据分析。与ERP系统对接实现仓储与生产管理协同,提升供应链效率。

4.3 应用成效

神延煤炭智能仓储管理系统成效显著:操作效率提升,入库等环节操作时间大幅缩短,搬运效率提高,油

库巡检效率提升,异常响应时间缩短;数据精准度提高,账卡物相符率高,油库燃油库存数据误差降低;人力成本降低,减少管理人员需求,年省数百万元;库存管理优化,安全库存周转率提高,资金占用降低;可视化与智能化水平提升,决策响应速度提高,实现精准智能化管理^[4]。

5 智能仓储应用面临的挑战

5.1 技术融合与集成难度大

智能仓储涉及多种先进技术的融合与集成,如物联网、大数据、人工智能、数字孪生等。不同技术之间存在着差异和兼容性问题,实现它们之间的无缝对接和协同工作具有较大难度。例如,物联网设备采集的数据格式多样,需要与大数据平台进行有效的数据对接和清洗;人工智能算法的训练和优化需要大量的高质量数据支持,而数据的质量和完整性又依赖于物联网设备的稳定运行。此外,数字孪生模型的构建需要准确的物理模型和实时数据反馈,如何确保模型的准确性和实时性也是一个挑战。

5.2 员工智能化意识与技能不足

在智能仓储的推广和应用过程中,员工对智能化技术的认知和接受程度存在差异。部分员工对传统仓储管理模式形成了惯性思维,对智能化仓储系统的优势和应用价值认识不足,存在抵触情绪。同时,智能仓储系统的操作和维护需要员工具备一定的信息技术和自动化技能,而目前很多企业员工在这方面的能力较为欠缺,导致系统在实际运行过程中出现操作不规范、维护不及时等问题,影响了系统的稳定性和效率。

5.3 成本投入与投资回报平衡问题

智能仓储系统的建设和应用需要大量的资金投入,包括硬件设备采购、软件系统开发、网络通信建设、人员培训等方面。对于一些中小企业来说,如此巨大的成本投入可能会带来较大的资金压力。而且智能仓储系统的投资回报周期相对较长,企业需要综合考虑成本投入与长期收益之间的关系。如果投资回报不理想,可能会影响企业对智能仓储的持续投入和应用推广^[5]。

6 智能仓储的未来发展趋势

6.1 技术深度融合与创新

未来,智能仓储将进一步推动物联网、大数据、人工智能、数字孪生等技术的深度融合与创新。例如,通过将人工智能算法与物联网数据相结合,实现更加精准的设备故障预测和库存需求预测;利用数字孪生技术构

建更加精细、准确的仓储虚拟模型,实现仓储作业的实时模拟和优化。随着5G、区块链等新兴技术的发展,智能仓储将迎来更多的技术创新机遇,如5G的高速低延迟通信将提升仓储设备的实时控制能力,区块链技术将增强仓储数据的安全性和可信度。

6.2 绿色低碳与可持续发展

在全球对环境保护和可持续发展日益重视的背景下,智能仓储将朝着绿色低碳方向发展。通过优化仓储布局、提高设备能源利用效率、采用环保材料等措施,降低仓储作业过程中的能源消耗和环境污染。例如,利用智能调度算法优化仓储设备的运行路径,减少设备空转和无效运行,降低能源浪费;采用太阳能、风能等可再生能源为仓储设备供电,实现绿色仓储。

6.3 个性化定制与柔性化生产

随着市场需求的多样化和个性化发展,智能仓储将更加注重个性化定制和柔性化生产。企业需要根据不同客户的需求,提供定制化的仓储解决方案,实现仓储作业的灵活调整和快速响应。例如,通过模块化设计和可编程控制技术,使仓储设备能够根据不同的货物类型和作业要求进行快速配置和调整,提高仓储系统的适应性和灵活性。

结束语

智能仓储作为现代化仓储管理模式,在煤矿物资等领域展现出巨大潜力与价值。神延煤炭的实践成果证明了其有效性,但目前仍面临技术融合、员工技能、成本回报等挑战。未来,随着技术深度融合创新、绿色低碳理念深化以及个性化定制需求增长,智能仓储将不断完善与发展。企业应积极应对挑战,把握发展趋势,推动智能仓储广泛应用,提升仓储管理与供应链效率。

参考文献

- [1]成孟容,李娟.智能巡检机器人应用现状及问题分析[J].中国高新科技,2020, No.77(17):69-70.
- [2]乔立春,陈楠.基于智能立体仓储技术的管理[J].中国新技术新产品,2022(11):146-148.
- [3]曾强,黄娟.综合仓库智能设备应用[J].酒·饮料技术装备,2021(03):51-55.
- [4]于长勋.物联网技术下智能物流仓储应用现状及前景分析[J].中国航务周刊,2024,(42):67-69.
- [5]刘龙和.基于物联网和人工智能的现代物流仓储应用技术研究[J].中国物流与采购,2024,(04):108-109.