摘要

## 为了应对我国物流需求急剧增加的挑战，仓储作为生产制造和商品流通中至关重要的物流环节，扮演着关键角色。现代仓储管理的重要目标之一是提高管理水平，降低物流成本，并实现向智慧仓储的转型升级，以解决低效率仓储的问题并推动其发展。随着新一代信息技术的迅猛发展，如大数据、物联网和人工智能等，以及规划调度算法的不断优化，智慧仓储在智能化方面取得了巨大进步。

## 本文旨在研究一些有利于智慧仓储发展的核心技术、核心算法、原理框架、应用技术路线以及智能仓储智能管理系统的实现。通过提高智慧仓储的智能化水平和运营效率，我们能够实现高度自动化、高效率和存拣一体化储存。这将为未来智能仓储管理系统的研发提供一种新的设计思路。

## 综上所述，本文的研究旨在推动智慧仓储的发展，提高其智能化水平和运营效率。通过核心技术的研究、原理框架的设计以及应用技术路线的制定，我们可以实现智慧仓储的高度自动化、高效率和存拣一体化储存。这将为未来智能仓储管理系统的研发提供创新的设计思路和解决方案。

## 关键词：智慧仓储，人工智能，物联网，管理系统

**Abstract**

In response to the challenge of rapidly increasing logistics demand in our country, warehousing, as a critical link in production and commodity circulation, plays a pivotal role. One of the primary objectives of modern warehousing management is to enhance management efficiency, reduce logistics costs, and facilitate the transition to smart warehousing in order to address inefficiencies and drive development. With advancements in new generation information technology such as big data, Internet of Things, artificial intelligence, and continuous optimization of planning algorithms, intelligent warehousing has made significant strides towards greater sophistication.

The aim of this study is to explore core technologies, algorithms, framework principles, application routes for intelligent storage systems. By enhancing the intelligence level and operational efficiency of smart warehouses through research into core technologies and design principles while formulating application routes for technology implementation we can achieve highly automated efficient integrated storage solutions. This will provide innovative design concepts for future research and development within intelligent warehouse management systems.

In summary，the objective of this paper is to promote the advancement of intelligent warehousing by improving its intelligence level and operational efficiency. Through exploration into core technology research，designing principle frameworks，and developing application technology routes we can realize highly automated efficient integrated storage solutions within intelligent warehouses providing innovative design ideas for future research & development within intelligent warehouse management system.

**Keywords:**Smart warehousing, artificial intelligence, Internet of Things, management systems

目录

[0引言 6](#_Toc25751)

[1核心技术概述 7](#_Toc32451)

[1.1 互联网和物联网技术 7](#_Toc11557)

[1.2人工智能(AI)和机器学习 7](#_Toc21888)

[1.3大数据分析 8](#_Toc859)

[1.4 云计算 8](#_Toc16584)

[1.5 自动化设备 8](#_Toc12631)

[1.6 智能软件系统 9](#_Toc468)

[1.7RFID（射频识别）技术 9](#_Toc5292)

[1.8 机器视觉 9](#_Toc12876)

[1.9 无人化技术 10](#_Toc19717)

[1.10 移动计算和实时定位系统 10](#_Toc29954)

[2智慧仓储系统的算法理论介绍 11](#_Toc23490)

[2.1路径优化算法 11](#_Toc30154)

[2.2 库存管理算法 11](#_Toc15753)

[2.3货物定位与检索算法 11](#_Toc25270)

[2.4自动化机器人控制算法 11](#_Toc1053)

[2.5数据分析与决策支持算法 11](#_Toc6804)

[2.6 仿真与优化算法 11](#_Toc7904)

[3智慧仓储系统原理架构 12](#_Toc21462)

[3.1感知层 12](#_Toc25747)

[3.2网络层 12](#_Toc1010)

[3.3处理层 12](#_Toc20415)

[3.4应用层 12](#_Toc21136)

[3.5执行层 12](#_Toc11174)

[3.6用户界面层 12](#_Toc32565)

[4智慧仓储系统应用技术路线说明 14](#_Toc7620)

[4.1 系统集成与规划 14](#_Toc5462)

[4.2. 硬件设施部署 14](#_Toc6161)

[4.3软件系统开发与集成 14](#_Toc27128)

[4.4智能化与自动化 14](#_Toc25261)

[4.5安全与监控 14](#_Toc30528)

[4.6用户体验与服务 14](#_Toc8097)

[4.7持续改进与升级 14](#_Toc3494)

[5基于物联网技术的仓储物资智能管理系统实现 15](#_Toc460)

[5.1 物资管理模块 15](#_Toc20395)

[5.2 入库管理模块 15](#_Toc30790)

[5.3 库存盘点功能 15](#_Toc21564)

[5.4 室内定位模块 15](#_Toc22966)

[6结论 16](#_Toc27943)

7参考文献

# 0引言

智能仓储是当今物流行业发展的重要趋势之一。在国内外范围内，智能仓储的研究与应用正迅速发展。中国政府对智能仓储行业的支持政策为该领域的发展提供了强有力的政策保障和发展方向。同时，智能仓储技术与人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术的深度融合也为智能仓储行业的快速发展提供了技术支持。

智能仓储在中国具有重要的战略意义。中国物流总费用与GDP的比率相对较高，降低物流成本是当前亟需解决的问题。智能仓储通过提升仓储效率、降低成本，能够满足市场对降本增效的需求。相比于发达国家，中国物流运输费用、仓储费用和管理费用占GDP的比重较高，因此智能仓储行业在中国具有巨大的发展潜力[1]。

智能仓储的快速发展离不开与人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术的深度融合。人工智能技术可以用于智能仓储系统的优化和决策支持，通过对大规模数据的分析和挖掘，提高仓储运作的智能化水平。云计算技术为智能仓储提供了强大的计算和存储能力，实现了仓储信息的实时共享和处理。物联网技术则实现了仓储设备和物品的互联互通，提高了仓储系统的可视化和自动化水平。

互联网+战略也推动了智能仓储行业的快速发展。通过互联网技术的应用，智能仓储实现了仓储流程的重构和优化。例如，在电子商务领域，智能仓储可以优化供应链管理，提高订单处理速度和准确度，提供快速的配送服务。同时，智能仓储系统还可以通过数据分析和预测，为仓储企业提供智能化的库存管理和调度决策[2]。

新技术的进步为智能仓储提供了更多可能性。3D视觉、虚拟现实、环境感知、自主定位、路径规划算法等技术的应用使得智能仓储系统能够更加高效、快速地运行。借助机器视觉技术，智能仓储机器人能够具备更好的环境感知和自主定位能力，实现高效的货物搬运和仓库管理。

国外智能仓储研究也取得了显著进展。在发达国家，智能仓储技术已经广泛应用于物流行业，提高了仓储效率和准确度。例如，自动化存储和检索系统、智能拣货系统、无人机配送等技术在国外已经得到了广泛应用。

智能仓储作为物流行业的重要发展方向，受到了中国政府的高度重视和支持。通过与人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术的深度融合，智能仓储在提高效率、降低成本和满足市场需求方面取得了显著成果。互联网+战略的推动以及3D视觉、虚拟现实、环境感知、自主定位、路径规划算法等技术的进步为智能仓储提供了更多发展可能性。同时，国外智能仓储研究也在不断取得进展，为中国智能仓储行业的发展提供了借鉴和参考。随着技术的不断创新和应用，智能仓储行业将进一步提升物流效率，降低成本，为中国物流行业的发展做出更大贡献[3]。

# 1核心技术概述

## 互联网和物联网技术

智慧仓储系统通过远程监控功能，使仓库管理者能够远程实时监视仓库内的各项运行情况。传感器和监控摄像头通过物联网连接到中央监控系统，实时采集并传输仓库内的温度、湿度、光线等环境数据，以及货物的存储状态和位置信息。仓库管理者可以通过互联网登录系统，随时查看这些数据，了解仓库的实时状况，及时发现并解决潜在问题[4]。

智慧仓储系统通过实时数据交换功能，使仓库内的各个设备和系统能够高效协同工作。物联网技术连接了仓库内的各种设备，如起重机、输送带、仓库管理系统等，实现了设备之间的数据交换和共享。例如，当起重机在某个区域完成货物的装卸任务时，它会通过物联网向仓库管理系统发送信号，系统会自动更新库存数据，并通知其他设备进行相应调度。这种实时数据交换和协同工作，大大提高了仓库的运行效率和准确性。

智慧仓储系统通过信息共享功能，实现了仓库内外信息的共享和协同。通过互联网，仓库管理者可以与供应商、物流公司等外部合作伙伴进行实时的信息交流和共享，包括订单信息、货物追踪数据、运输计划等。这种信息共享能够实现供应链的可视化管理，提高供应链的响应速度和准确性，从而优化整个仓储和物流过程[5]。

## 1.2人工智能(AI)和机器学习

人工智能技术在智慧仓储系统中扮演着智能决策支持的角色。通过机器学习算法，系统能够从大量历史数据中学习，并根据数据的模式和趋势提供决策建议。例如，系统可以分析仓库内货物的流动情况、库存水平、季节性需求变化等因素，从而优化货物的储存位置和调度计划，减少行程时间和人力成本。这种智能决策支持能够帮助仓库管理者制定更加科学和有效的决策，提高运营效率。

人工智能技术通过预测分析模型，实现对未来事件和趋势的预测。基于历史数据和相关变量的分析，系统能够预测货物的需求量、交付时间、供应链瓶颈等关键指标，并提前采取相应的措施。例如，系统可以通过分析销售数据和市场趋势，预测某个产品的需求增长，并相应调整库存和供应链计划，以满足未来的需求。这种预测分析能力使仓库管理者能够更好地应对市场变化，降低库存风险和滞销风险[6]。

人工智能技术还能够实现仓储操作的自动化。通过将机器学习算法与自动化设备和机器人技术相结合，智慧仓储系统能够实现自动化的货物排序、装卸、存储等操作。系统可以通过视觉识别技术和运动规划算法，对货物进行自动分类、分拣和定位，提高操作的速度和准确性。这种自动化操作能够降低人力成本、减少操作错误，并保证仓库运营的高效性和稳定性。

## 1.3大数据分析

## 通过分析大量的仓储数据，我们可以提取有价值的信息，并将其用于优化库存管理、提高运营效率。通过对数据的深入挖掘和分析，我们可以了解货物的需求模式、销售趋势和季节性变化。这使得我们能够更准确地预测库存需求，避免库存过剩或不足的问题。此外，通过实时数据的分析，我们能够快速响应市场变化和客户需求。当市场需求发生变化时，我们可以根据数据分析的结果进行迅速调整，如调整订单量、调整供应链策略或改变产品组合。这种实时的数据分析能力使得我们能够更加灵活地适应市场的需求，提高交付速度和客户满意度。综上所述，通过对仓储数据的分析，我们可以获得有价值的信息，优化库存管理并提高运营效率。实时数据分析能力使我们能够快速响应市场变化，保持竞争优势，并为客户提供更好的服务[7]。

## 1.4 云计算

云计算技术为智慧仓储系统提供了弹性的计算资源和存储能力，从而支持大规模数据处理和应用部署。通过云服务，企业可以实现仓储管理系统的快速部署和灵活扩展，无需投入大量的硬件设备和基础设施建设。云计算提供了虚拟化的环境，使得仓库管理者能够根据实际需求动态调整计算和存储资源的规模，实现资源的最优配置[8]。此外，云计算还提供了高可用性和容灾能力，确保仓库管理系统的稳定运行和数据安全。

## 1.5 自动化设备

智慧仓储系统利用高层货架和自动化设备来提高仓库的空间利用率和存储效率。高层货架通过垂直空间的合理利用，将仓库的存储容量最大化，并且便于货物的分类和管理。自动化设备如自动导航车（AGV）用于自动搬运货物，减少人工操作，提高运输效率和准确性。AGV通过与仓库管理系统的连接，能够实现智能路径规划和货物跟踪，从而提高货物的运输效率和可追溯性[9]。自动化设备的应用不仅提高了仓库操作的效率，还减少了人力成本和错误率，同时提升了工作环境的安全性。

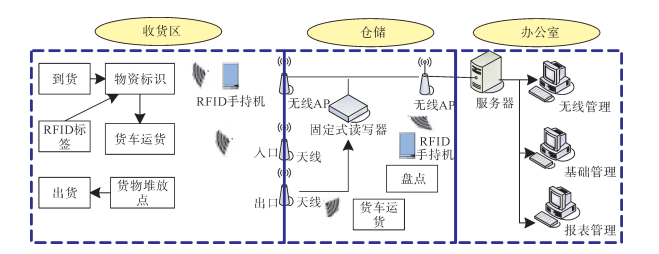
## 1.6 智能软件系统

## 智慧仓储系统中的关键组成部分是仓库管理系统（WMS）和仓库控制系统（WCS）。WMS用于管理库存、跟踪货物的流动、优化仓库布局和作业流程。通过集成各种数据源和传感器，WMS能够实时监控仓库内的货物数量、位置和状态，并提供准确的库存信息和预警功能。同时，WMS还能够优化仓库的布局和作业流程，通过分析历史数据和预测模型，提供最佳的货物存储方案和操作指导，从而提高仓库的效率和准确性。

## WCS负责控制自动化设备的运行，确保仓库操作的顺畅和准确。WCS与仓库管理系统紧密配合，根据WMS提供的任务和指令，协调自动化设备的运行和货物的搬运。WCS具备实时监控和调度功能，能够对设备状态进行监控，实现设备的智能调度和路径规划，确保货物的准时交付和仓库作业的高效运行。通过WCS的应用，仓库管理者能够实现对自动化设备的远程控制和管理，提高仓库操作的可视化程度和自动化程度。

## 1.7RFID（射频识别）技术

RFID技术通过无线通信识别和跟踪货物，实现快速准确的库存管理和物品追踪。图 1-1 为 RFID 系统分布流程图,仓储门口的上、左、右处分别放三个 RFID阅读器天线,确保物资进出仓库时,固定式 RFID阅读器可识别货物标签。仓储入口处设置一台射频标签打 印机,针对无RFID标签的物资,打印机可打印标签并添加商品信息如物品库存、代码、发货号和厂家,同时 登记录入系统中,物品转出后则收回标签。每个货架都有对应的 RFID,货架位置的序号均指显示,RFID系统和库存商品信息相连接。安装 RFID 末端,库房工作人员可通过RFID核对库房的商品。



**图 1-1 RFID系统分布流程图**

## 1.8 机器视觉

机器视觉是智慧仓储系统中的关键技术之一，它利用摄像头和图像处理技术，实现对货物的自动识别、分类和质量检测。通过配置摄像头和相应的图像处理算法，系统可以对仓库内的货物进行实时监测和分析。机器视觉系统能够自动识别货物的特征，如形状、颜色、条形码等，从而实现货物的自动分类和定位。此外，机器视觉还可以用于货物的质量检测，通过分析图像和比对标准，检测货物是否存在破损、变形或缺陷。机器视觉技术的应用可以提高仓库操作的准确性和效率，减少人工干预和错误率。

## 1.9 无人化技术

无人化技术在智慧仓储系统中发挥着重要作用。首先，无人机可以用于仓库内部或特定区域的快速搬运小型货物或进行库存盘点。无人机通过搭载摄像头和导航系统，能够实现自主飞行和目标定位，从而实现货物的快速搬运和定位。其次，自动化的叉车也是无人化技术的一个应用。通过自动导航和操作系统，自动化的叉车可以无需人工操作即可完成货物的上架和下架作业。这些无人化设备可以减少人工搬运的工作量，提高搬运效率和准确性，并减少搬运过程中的人身安全风险。

## 1.10 移动计算和实时定位系统

移动计算和实时定位系统是智慧仓储系统中的关键技术之一。通过移动设备，如智能手机或平板电脑，工作人员可以实时接收任务指令和信息更新。移动计算技术使得工作人员能够随时随地访问仓库管理系统，并进行任务的接受、执行和报告。此外，实时定位系统如GPS技术，用于实时监控车辆和货物的位置。通过在车辆或货物上安装GPS设备，仓库管理者可以实时追踪车辆的位置和路径，确保物流的高效和安全[10]。移动计算和实时定位系统的应用提高了仓库操作的灵活性和可视化程度，加强了仓库管理的实时监控和调度能力。

# 2智慧仓储系统的算法理论介绍

## 2.1路径优化算法

路径优化算法中包含遗传算法、蚁群算法和A\*算法，遗传算法用于优化仓库内自动引导车辆（AGV）或机器人的路径规划，通过模拟自然选择过程来寻找最优路径。蚁群算法用于模拟蚂蚁觅食行为，用于寻找仓库中最短的货物搬运路径。A\*算法是一种启发式搜索算法，用于在仓库地图中寻找两点之间的最短路径[11]。

## 2.2 库存管理算法

库存管理算法中包含库存预测算法和动态补货策略。库存预测算法如时间序列分析、机器学习模型（如随机森林、支持向量机等），用于预测库存需求，优化库存水平。动态补货策略结合预测算法，动态调整库存水平，以减少库存成本同时避免缺货[12]。

## 2.3货物定位与检索算法

机器视觉算法利用计算机视觉技术识别和定位仓库中的货物，如使用卷积神经网络（CNN）进行图像识别。二维码/RFID识别通过二维码或RFID标签快速识别和定位货物。

## 2.4自动化机器人控制算法

深度强化学习用于训练机器人执行复杂的任务，如货架搬运、货物分拣等，通过自我学习和试错来优化操作。PID控制算法用于精确控制机器人的运动，如速度和位置控制。

## 2.5数据分析与决策支持算法

聚类分析对仓库数据进行分类，以识别货物存储和搬运的模式。关联规则学习如Apriori算法，用于发现货物之间的关联性，优化存储布局和货物摆放。

## 2.6 仿真与优化算法

蒙特卡洛仿真用于模拟仓库操作，评估不同策略的效果。多目标优化算法如多目标遗传算法，用于同时优化多个目标，如减少成本和提高效率。

# 3智慧仓储系统原理架构

## 3.1感知层

感知层是智慧仓储系统的最底层主要负责收集仓库内的各种信息，RFID标签和传感器网络用于实时监测货物的位置、状态和环境参数如温湿度等。视频监控设备则用于安全监控和货物识别[13]。

## 3.2网络层

网络层负责将感知层收集到的信息传输到处理层。无线和有线通信网络确保数据的实时传输，物联网网关则作为不同网络和协议之间的转换器。

## 3.3处理层

处理层是智慧仓储系统的大脑，负责对收集到的数据进行存储、分析和优化处理。数据中心或云存储用于存储大量数据，分析与优化引擎则利用机器学习和大数据分析技术对数据进行深入处理，以优化仓储操作[14]。

## 3.4应用层

应用层包括智能仓库管理系统和其他相关应用，如智能分拣系统和自动化搬运设备。智能仓库管理系统是核心应用，包括多个子模块，别负责不同的仓储管理任务

## 3.5执行层

执行层由自动化执行设备和仓库作业人员组成，负责根据应用层的指令执行具体的仓储操作，如货物的搬运、分拣和存储。

## 3.6用户界面层

用户界面层提供了与智慧仓储系统交互的界面，包括PC端管理平台和移动端应用。管理人员可以通过这些界面监控仓库状态、发出指令和获取报告[15]。

**表 3 智慧仓储系统原理框架**

|  |  |
| --- | --- |
| 感知层 | RFID标签 |
| 传感器网络 |
| 视频监控设备 |
| 其他环境检测设备 |
| 网络层 | 无线通信网络（WIFI、蓝牙、5G等） |
| 有线通信网络（以太网、光纤） |
| 物联网网关 |
| 处理层 | 数据采集与处理模块 |
| 数据中心/云存储 |
| 分析与优化引擎（机器学习、大数据分析等） |
| 应用层 | 智能仓库管理系统   * 仓库物流管理模块 * 仓库设备管理模块 * 订单管理模块 * 财务信息管理模块 * 客户管理模块 * 人力资源管理模块 |
| 智能分拣系统 |
| 自动化搬运设备（AGV、机器人等） |
| 智能货架与存储系统 |
| 执行层 | 自动化执行设备（自动化叉车、分拣机等） |
| 手持终端设备（RFID读写器、PDA等） |
| 仓库作业人员（辅助操作与监控） |
| 用户界面层 | PC端管理平台 |
| 移动端应用（iOS/Android应用） |

# 4智慧仓储系统应用技术路线说明

智慧仓储系统的应用技术路线是一个系统化、综合性的工程，它涉及到多个技术领域的融合与创新。

## 4.1 系统集成与规划

首先进行需求分析，对企业的仓储需求进行深入分析，包括存储、分拣、包装、配送等各个环节。根据需求分析结果，设计智慧仓储系统的整体架构和流程，确保系统的高效性和可扩展性。选择合适的硬件设备和软件系统，如自动化立体仓库、AGV、WMS、WCS等[16]。

## 4.2. 硬件设施部署

部署自动化立体仓库、AGV、无人叉车等设备，提高存储和搬运效率。安装传感器和RFID标签，实现货物的实时监控和精确追踪。建立稳定可靠的网络基础设施，确保数据的实时传输和设备间的通信。

## 4.3软件系统开发与集成

实施仓库管理系统(WMS)，管理库存、订单处理、货物流转等核心业务。开发仓库控制系统(WCS)，控制自动化设备的运行，确保操作的准确性和流畅性。构建数据分析平台，利用大数据和AI技术进行数据挖掘和智能分析。

## 4.4智能化与自动化

应用机器学习算法对仓储流程进行优化，提高作业效率和准确性。通过自动化技术，如机器视觉、自动分拣系统等，减少人工干预，提升作业速度。利用AI技术提供智能决策支持，帮助管理人员制定更合理的仓储策略[17]。

## 4.5安全与监控

建立安全机制，确保系统运行的稳定性和数据的安全性。通过视频监控、传感器等技术实时监控仓库内部情况，及时发现并处理异常。

## 4.6用户体验与服务

开发移动应用，使管理人员和工作人员能够随时随地访问仓储信息。提供优质的客户服务，包括培训、技术支持和维护，确保系统的持续运行[18]。

## 4.7持续改进与升级

随着新技术的出现，不断对系统进行升级和优化，保持技术的先进性。建立反馈机制，收集用户意见和市场信息，不断改进系统功能和服务。

# 5基于物联网技术的仓储物资智能管理系统实现

## 5.1 物资管理模块

管理与物资有关信息。物资基本情况包含商品生产日期、厂家、名字、类别、价格、有效期等。管理人员可利用此模块更改商品信息[18]。

## 5.2 入库管理模块

物资运送到仓库时,由管理人员录入物资的信息,使用电子标签和 RDIF 核对物资信息。仓储管理员检验物资时,会对比物资信息与入库单中信息,信息一致时,则制作完成的电子标签添加至所属 U 盘,标注物资有关信息于电子标签,转运商品途径仓库入口过程中,利用三个连接的 RFID 阅读器天线,照射扫描电子标签,使用无线网络技术向管理系统提供扫描的数据,由管理系统读取标签,并保存商品入库时间[19]。

## 5.3 库存盘点功能

盘点库存是管理人员定期清点仓库物品,查看库房储存使用情况。清点库房时需通过 RFID 手持机库存盘点功能读取商品电子标签。RFID 识别标签文字,对比扫描盘点单、物资信息。信息不一致时,需与其他负责人共同检查审阅。清点后,盘点的信息录入到管理系统中。

## 5.4 室内定位模块

室内定位功能可帮助仓储管理人员定位寻找指定物资、储位,通过导入入库单、移库单、出库单查找相关物资、储位,或单个查询输入物资、储位信息。系统通过储位信息定位位置坐标,于电子地图显示标记。仓储管理员通过 W-i Fi 模块车载终端定位确定自身坐标位置[20]。

# 6结论

基于人工智能的物联网技术在智慧仓储研究领域展现出了巨大的潜力和广阔的应用前景。通过将物联网技术与人工智能相结合，智慧仓储系统能够实现对仓库内部和供应链环节的智能化管理和优化。基于人工智能的物联网技术为智慧仓储系统带来了诸多优势和创新。通过云计算、机器视觉、无人化技术和移动计算与实时定位系统的应用，智慧仓储系统实现了对仓库操作和供应链环节的智能化管理和优化。这些技术的集成和应用将为仓库管理者提供更高效、智能化的仓储管理解决方案，提升仓库操作的准确性、效率和安全性。未来的研究可以进一步探索人工智能和物联网技术在智慧仓储领域的深度融合，为仓库管理带来更多创新和突破。

参考文献

1. 冯仁宇,夏凯.多重约束下智慧仓储搬运机器人移动路径选择研究[J].现代电子技术,2023,46(22):1-4.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2023.22.001.
2. 吴秀兰,罗厚朝.智慧物联网新技术在智慧仓建设中的应用研究[J].物流科技,2024,47(06):146-149.DOI:10.13714/j.cnki.1002-3100.2024.06.036.
3. 周仁才,徐雨,刘杰,等.基于多源传感器的电力新材料智慧仓储系统设计[J].自动化与仪器仪表,2024,(03):153-157.DOI:10.14016/j.cnki.1001-9227.2024.03.153.
4. 陈昀,王理,袁明浩,等.基于物联网实现智慧仓储配送与绿色共享快递——以中圆物流为例[J].科技创业月刊,2023,36(S1):102-105.
5. 李晓涛,李朝晖,赵松涛,等.基于PLC、RFID、AGV协同的智慧仓储与配送系统设计[J].机电工程技术,2023,52(12):176-180.
6. 薛玉东,贺鹏飞,王中训,等.基于分布式控制系统的带电作业工器具智慧仓储设计[J].电子设计工程,2023,31(24):42-46.DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2023.24.009.
7. 王亚丽,李栋臣,岳梦阳.基于消防机器人的物流仓储智慧消防及安防建设[C]//中国消防协会.2023中国消防协会科学技术年会论文集——三等奖.山东未来机器人有限公司;,2023:6.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.083417.
8. 田诗雨.物联网技术在仓储物流领域应用与展望[J].中国储运,2023(09):121-122.DOI:10.16301/j.cnki.cn12-1204/f.2023.09.077.
9. 陈晶晶.物联网技术在智慧城市建设中的应用分析[J].电信快报,2023(04):34-37.
10. 李滢.智慧城市中大数据时代下物联网技术的运用[J].互联网周刊,2023(01):74-76.
11. 杜雪娟.基于物联网技术的智慧校园系统建设分析[J].电子技术与软件工程,2023(01):25-30.
12. 孙永武.基于物联网技术基础的智慧仓储系统建设与应用分析[J].数字通信世界,2022(06):147-149.
13. 王学艺.物联网技术在仓储物流领域应用分析与展望建议[J].科技资讯,2022,20(09):16-18.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2112-5042-6892.
14. 武晓钊.物联网技术在仓储物流领域应用分析与展望[J].中国流通经济,2011,25(06):36-39.DOI:10.14089/j.cnki.cn11-3664/f.2011.06.009.
15. 黄育鹏,何雪明,卢立新,等.改进粒子群算法在库存预测中的应用[J].轻工机械,2022,40(02):103-108.
16. 邓华军,段月红,卢培文.基于RobotStudio的机器人搬运码垛虚拟仿真平台[J].自动化与信息工程,2023,44(01):27-32.
17. 李如年.基于RFID技术的物联网研究[J].中国电子科学研究院学报,2009,4(06):594-597.
18. 王岩.PLC技术在机械电气控制装置中的应用分析[J].硅谷,2014,7(07):128-129.
19. 王东升,王中训,高阳. 融合RFID技术的智慧仓储管理系统设计[J]. 电子设计工程,2022,30(21):156-160. DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2022.21.033.
20. 林秋雄. 基于物联网技术的智慧物流仓储管理研究[J]. 物流工程与管理,2023,45(9):69-71. DOI:10.3969/j.issn.1674-4993.2023.09.016.