穿梭机器人拣选系统的物流仓储技术优势分析

辛正咏
山东理工大学 管理学院，中国·山东 淄博 255012

摘　要：随着电子商务的蓬勃发展和制造业的不断升级，物流仓储行业正经历着前所未有的变革与飞跃。在这个快速变化的时代，消费者对于物流速度的要求日益提升，企业对于仓储管理的精准性和效率性也提出了更高要求。面对这一挑战与机遇并存的局面，多层穿梭车拣选系统作为一种创新的自动化仓储解决方案，正逐步成为众多企业的优选。论文将深入探讨多层穿梭车拣选系统的组成、工作原理、技术优势以及其在物流仓储行业中的广泛应用。
关键词：多层穿梭车拣选系统；物流；自动化技术

Analysis of Logistics and Warehousing Technology Advantages of Shuttle Robot Picking System

Zhengyong Xin
School of Management, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong, 255012, China

Abstract: With the booming development of e-commerce and the continuous upgrading of manufacturing, the logistics and warehousing industry is undergoing unprecedented changes and leaps. In this rapidly changing era, consumers have increasingly high demands for logistics speed, and enterprises have also put forward higher requirements for the accuracy and efficiency of warehouse management. Faced with the coexistence of challenges and opportunities, the multi-layer shuttle picking system, as an innovative automated warehousing solution, is gradually becoming the preferred choice for many enterprises. The paper will delve into the composition, working principle, technical advantages, and wide application of the multi-layer shuttle picking system in the logistics and warehousing industry.
Keywords: multi layer shuttle picking system; logistics; automation

0 前言

近年来，中国物流产业规模不断壮大，如图 1 所示，从 2016 年至 2023 年，社会物流总额持续上升，特别是在“十三五”和“十四五”期间，均保持了稳定的增长态势。2024 年作为“十四五”规划的重要一年，社会物流总额预计将超过 360 万亿元，这一数字不仅体现了物流行业的持续发展，也彰显了中国经济的稳健增长。仓储系统是物流关键领域，对降低成本、提高效率至关重要。多层穿梭车存取系统作为先进物流系统，集存储与分拣于一体，得到广泛推广与应用。

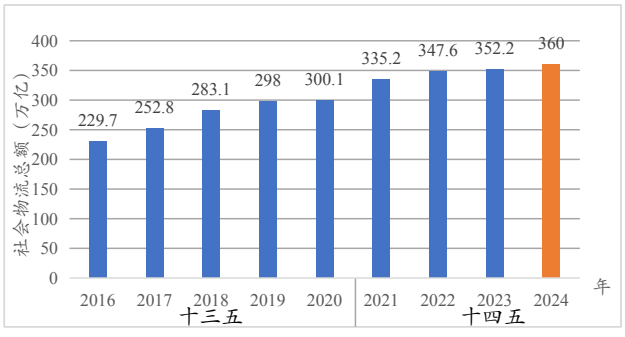

图 1 2016 年至 2024 年社会物流总额（数据来源于国家统计局资料）

1 多层穿梭车拣选系统概述

1.1 系统组成

多层穿梭车系统主要有两大部分组成，分别为硬件系统和软件系统，硬件系统主要包括货架系统、穿梭机、提升机、输送系统、货到人拣选工作站等，软件系统主要包括仓库管理系统以及仓库监管系统等，以下是对该系统各部分的详细介绍。

货架系统：用于存放货物，提供穿梭车的行走轨道，并满足穿梭车的检测需求。

穿梭车：在货架层间快速穿梭，负责货物的存取操作。穿梭车可以在多个巷道和层间进行作业，提高了系统的灵活性和效率。

提升机：用于将货物从货架层提升到输送系统，或将货物从输送系统送回货架层。提升机的运行速度和稳定性直接影响系统的整体效率。

输送系统：连接各设备的料箱出入口，负责货物的排序和寄放。输送系统确保货物按照系统要求有序流动。

货到人拣选工作站：将货物送至拣选员的工作区域，拣选员根据系统指示完成拣选任务。工作站的设计符合人机工程学，提高了操作人员的绩效和安全性。

电控系统：调度设备的各执行元件，实现任务的自动

化执行，并提供安全保障功能。

软件系统：包括仓库管理系统（WMS）和仓库控制系统（WCS），负责任务调度、订单优化和设备运行优化，确保系统的高效运行。

1.2 工作流程

多层穿梭车系统利用穿梭车在货架巷道内的高速运行和精确定位，实现货物的快速存取和搬运。同时，通过提升机的垂直移动，实现了货物在不同楼层之间的快速传输。此外，输送机作为辅助设备，将货物从穿梭车输送到拣选台或出库口，完成了整个拣选流程。该系统工作流程如图 2 所示。

2 技术优势

2.1 高度自动化与智能化

自动化设备系统在现代仓储物流领域展现出了巨大的潜力和价值 [1]，其中多层穿梭车的货物存取模式以其高度的自动化特性尤为引人注目。多层穿梭车在立体货架的层与层之间灵活穿梭，准确地将货物从存储位置搬运到拣选站，实现了从“人到货”到“货到人”[2] 拣选模式的根本转变。更进一步地，当多层穿梭车拣选系统与 WMS[3]（仓库管理系统）等智能软件紧密结合时，整个仓储物流体系便迈入了一个全新的智能化管理阶段。WMS 系统能够智能地规划货物的存储布局 [4] 和拣选路径 [5]，确保每一笔订单都能以最快的速度、最低的成本得到处理。

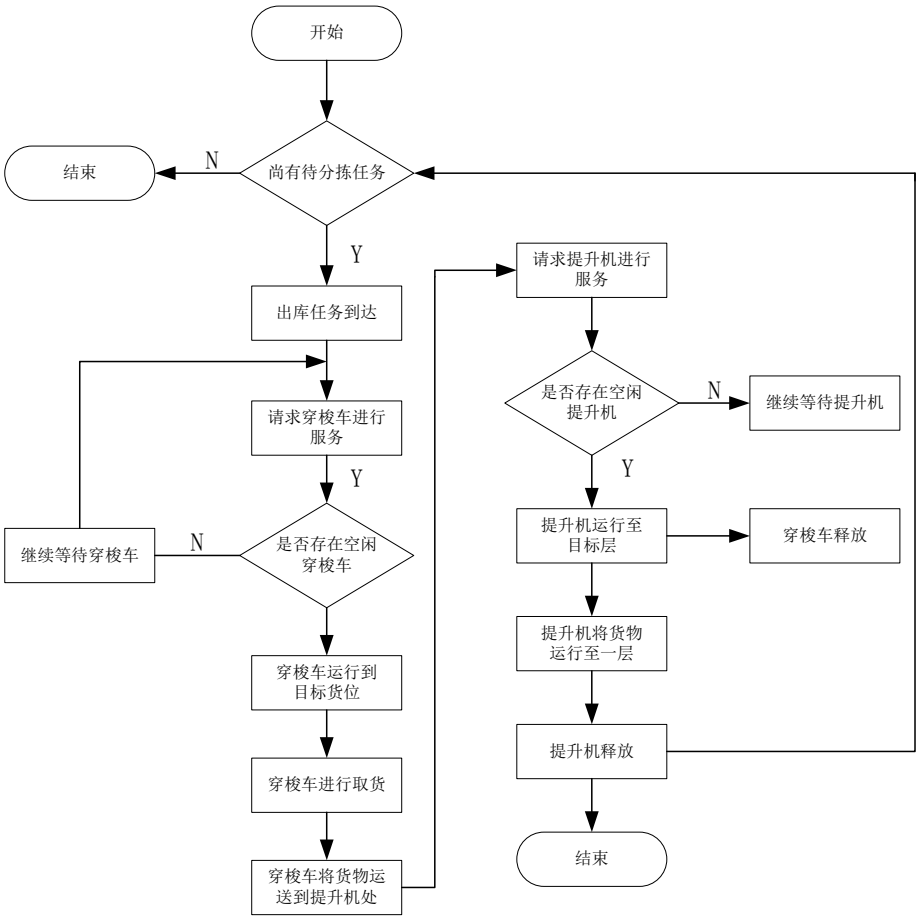

图 2 多层穿梭车系统出库工作流程图（作者绘制）

2.2 可扩展性与灵活性

易于扩展性是多层穿梭车拣选系统在设计之初就充分考虑到的关键特性之一。这意味着，在货架系统一旦建成并投入使用后，企业可以根据业务发展的需要，在任何级别上轻松增加更多的穿梭车，以进一步提升整个系统的货物处理能力。同时，多层穿梭车拣选系统在布局上也展现出了极高的灵活性 [6]。系统可以采用单深度或双深度布局 [7]，以适应不同规模和高度的仓储需求。多层穿梭车拣选系统以其易于扩展性和布局灵活性，以及紧凑的结构设计，为现代仓储物流领域带来了全新的解决方案，满足了企业对高效、高密度存储 [8] 和灵活处理能力的迫切需求。

2.3 高效存储与拣选

快速存取特性是多层穿梭车系统在设计时所强调的核心优势之一。这一系统不仅具备快速且可扩展的存储能力，还创新性地引入了双循环存取模式，从而进一步提升了工作效率 [9]。为了进一步提升作业效率，多层穿梭车系统通常与高速提升机 [10] 等设备配合使用。高速提升机能够快速而稳定地将穿梭车及其所承载的货物在货架的不同高度之间移动，大大缩短了穿梭车在不同层级之间转移的时间。多层穿梭车系统通过其快速存取特性和与高速提升机等设备的配

合使用，不仅大幅提高了拣选速度和准确度，还显著减少了作业等待时间，为现代仓储物流领域带来了前所未有的作业效率提升 [11]。

2.4 安全性与可靠性

减少碰撞是多层穿梭车拣选系统在设计和应用中极为重视的一个方面。相较于传统仓储作业中广泛使用的叉车，多层穿梭车以其小巧灵活的特点，在货架之间穿梭时能够显著减少与货架的碰撞，这不仅降低了货架和穿梭车自身的损坏风险，还提高了仓储作业的安全生产率和安全系数。多层穿梭车拣选系统通过减少碰撞和配备完善的安全保护系统，不仅提高了仓储作业的安全生产率和安全系数，还全方位地保障了设备和人员的安全，为现代仓储物流领域带来了更加安全、高效的解决方案。

3 应用案例

随着电商、3C 电子、汽车等行业的快速发展，这些行业对物流效率、准确性和灵活性的要求越来越高。传统的物流拣选方式已经难以满足这些需求，因此兰剑智能凭借其先进的穿梭机器人拣选系统，为这些行业提供了高效、准确的物流解决方案。

3.1 电商行业

唯品会：兰剑智能针对唯品会的大规模、高效率、高准确性的拆零拣选需求，提出了 3D 蜂巢货到人储分一体的解决方案。该方案通过穿梭机器人实现货物的快速、准确搬运和拣选，大大提高了唯品会的物流效率。

考拉海购：兰剑智能同样为考拉海购提供了穿梭机器人拣选系统，满足了其跨境电商的物流需求。该系统能够处理海量的 SKU，实现货物的快速分拣和打包。

3.2 3C 电子行业

亿联网络智能产业园：采用兰剑智能方案，结合多穿立库与托盘立库，集成顶尖机器人与 3D 监控系统。该方案通过自动化输送，实现零件全 SKU 直供线边，大幅提升生产效率。

综上所述，兰剑智能以“推动物流产业智能化升级”为企业愿景，致力于通过先进的技术和服务，为客户提供高效、节能、智能化的物流、仓储解决方案。公司秉承“创新、协作、诚信、共赢”的企业精神，不断追求卓越，为客户提供更优质的产品和服务。

4 结语

多层穿梭车拣选系统作为自动化仓储和拣选解决方案，具有高效、精准、可靠和灵活的技术优势，广泛应用于电商、制造、医药等领域。通过技术优化和创新，该系统提高了运行效率，降低了能耗和成本，为企业带来经济效益。未来，随着技术融入，系统将更智能化、自主化，为物流和仓储行业发展注入新活力。

参考文献：

[1] Boysen N, Stephan K. A survey on single crane scheduling in automated storage/retrieval systems[J]. European Journal of Operational Research,2016,254(3):691-704.

[2] 范继东.货到人系统拣选订单分批处理策略问题研究[J].物流技术,2019,38(12):71-75.

[3] 高云霞,石逸松.WMS与SAP、MES、SRM的协同设计与实现[J].物流技术与应用,2024,29(7):134-137.

[4] 马云峰,赵佳伟,胡依娜,等.考虑能耗指标的双层自动化立体仓储系统布局研究[J].物流科技,2024,47(10):1-8

[5] Zhang H, Ge Y, Sun C, et al. Picking Path Planning Method of Dual Rollers Type Safflower Picking Robot Based on Improved Ant Colony Algorithm[J]. Processes,2022,10(6):1213.

[6] Yang D, Wu Y H, Huo D Y. Research on Design of Cross-Aisles Shuttle-Based Storage/Retrieval System Based on Improved Particle Swarm Optimization[J]. Ieee Access,2021(9):67786-67796.

[7] 占翔南,徐立云,宓宏,等.双深度多层穿梭车仓储系统并行作业及建模分析[J].计算机集成制造系统,2021,27(8):2226-2236.

[8] 熊依蓓,马云峰,卢阳.基于3D穿梭车的活立方密集仓储系统及存取货调度研究[J].物流科技,2024,47(10):74-79.

[9] Xu X, Gong Y, Fan X, et al. Travel-time model of dual-command cycles in a 3D compact AS/RS with lower midpoint I/O dwell point policy[J]. International Journal of Production Research,2018,56(4):1620-1641.

[10] 马云峰,胡依娜,杨习杰,等.模块化仓储系统的提升机优化调度问题[J].系统工程理论与实践,2023,43(11):3307-3321.

[11] 李军涛,周雅琪,陈璐瑶,等.跨层跨巷道穿梭车作业多目标问题优化[J/OL].复杂系统与复杂性科学,1-10[2025-01-12].

课题项目：2024 年国家级大学生创新创业训练计划项目（项目编号：202410433015）。