

自动化立体仓库系统规划与设计的关键技术研究

陈 龙

浙江顾家梅林家居有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：文章聚焦自动化立体仓库系统，概述其由货架、堆垛机等构成，具有自动化、空间利用率高等特点，且分类多样、适用场景丰富。深入探讨系统规划中的仓库布局、存储策略等关键技术，以及系统设计里的设备选型、控制与信息管理系统设计技术。还研究系统设计的仿真与优化技术，通过建模模拟评估性能，利用智能算法优化调整，为自动化立体仓库系统建设提供全面技术指引。

关键词：自动化立体仓库；系统规划；设计技术；物流自动化；仓储优化

引言：在现代物流行业迅猛发展的当下，自动化立体仓库系统凭借高效、智能等优势成为关键设施。它高度集成现代物流、自动化与信息技术，能极大提升仓储作业效率与空间利用率，降低人力成本与错误率。然而，其规划与设计涉及众多复杂且关键的技术环节，从仓库布局到设备选型，从存储策略到系统仿真优化等，每个环节都影响着系统的整体性能，故对这些关键技术展开研究十分必要。

1 自动化立体仓库系统概述

1.1 系统基本构成

自动化立体仓库系统是现代物流技术、自动化技术与信息技术高度集成的产物，它主要由货架、堆垛机、输送系统、自动分拣系统、信息管理系统以及控制系统等部分组成。货架是立体仓库的存储主体，为货物提供存放空间，通常采用多层、多列的结构形式，以充分利用仓库的垂直空间，提高存储密度。堆垛机是自动化立体仓库的核心搬运设备，它能够在货架的巷道内沿着轨道进行水平和垂直运动，实现货物的自动存取作业。输送系统包括各种输送机，如辊道输送机、链条输送机、皮带输送机等，用于将货物在不同区域之间进行传输，连接仓库的各个作业环节^[1]。自动分拣系统则根据货物的订单信息，自动将货物分拣到指定的出货口或装载区域，提高分拣效率和准确性。信息管理系统是自动化立体仓库的“大脑”，它负责管理货物的入库、出库、库存等信息，实现仓库作业的信息化和智能化。控制系统则对堆垛机、输送系统等设备进行实时控制和调度，确保各个设备协同工作，实现仓库作业的自动化运行。

1.2 系统主要特点

自动化立体仓库系统具有诸多显著特点。首先，它实现了仓库作业的高度自动化，减少了人工操作，大大提高了作业效率和准确性。与传统仓库相比，自动化

立体仓库可以在短时间内完成大量货物的存取和分拣任务，降低了人力成本和人为错误的发生概率。其次，该系统具有较高的空间利用率。通过采用多层货架结构，充分利用了仓库的垂直空间，使得在相同的占地面积下，能够存储更多的货物，提高了仓库的存储能力。再者，自动化立体仓库系统能够实现信息的实时管理和共享。信息管理系统可以实时记录货物的出入库情况、库存数量等信息，并通过网络与其他相关系统进行数据交互，为企业决策提供及时、准确的数据支持。另外，该系统还具有良好的扩展性和灵活性，可以根据企业的业务发展和需求变化，方便地对仓库的规模、设备和系统进行升级和改造。

1.3 系统分类与适用场景

自动化立体仓库系统根据不同的分类标准可以分为多种类型。按照建筑形式可分为整体式和分离式。整体式自动化立体仓库的货架与建筑结构融为一体，适用于新建仓库项目，能够充分利用建筑空间，提高仓库的整体性和稳定性；分离式自动化立体仓库的货架与建筑结构相互独立，适用于对现有仓库进行改造或对空间利用要求不高的场景。按照货物存取方式可分为单元货架式、移动货架式和拣选货架式。单元货架式是最常见的类型，货物以单元形式存放在货架上，通过堆垛机进行存取；移动货架式货架可以在地面上移动，减少巷道面积，提高存储密度；拣选货架式则主要适用于小批量、多品种货物的拣选作业。不同类型的自动化立体仓库系统适用于不同的场景。

2 自动化立体仓库系统规划的关键技术

2.1 仓库布局规划技术

2.1.1 整体布局设计

整体布局设计是自动化立体仓库系统规划的首要环节，它需要考虑仓库的功能分区、作业流程以及与周边

环境的协调性。一般来说，自动化立体仓库应包括入库区、存储区、出库区、分拣区、办公区等主要功能区域。在布局时，要根据货物的流量和流向，合理安排各个区域的位置和面积，确保货物在仓库内的流动顺畅，减少不必要的搬运和等待时间^[2]。同时还要考虑仓库的进出口位置、道路交通状况以及与上下游企业的衔接，以便于货物的运输和配送。例如，将入库区和出库区设置在仓库的两端，中间为存储区和分拣区，这样可以形成一条清晰的作业流程线，提高仓库的作业效率。

2.1.2 货架布局设计

货架布局设计直接影响着仓库的存储能力和作业效率。在进行货架布局时，要充分考虑货物的特性、尺寸、重量以及存取频率等因素。对于存储量大、存取频率较低的货物，可以采用高层货架，以充分利用仓库的垂直空间；而对于存储量小、存取频率较高的货物，则应采用低层货架，方便货物的存取作业。另外，还要合理确定货架的间距和巷道宽度，既要保证堆垛机等设备的正常运行，又要尽可能减少巷道面积，提高存储密度。例如，在一些大型的自动化立体仓库中，采用密集式货架布局，通过特殊的货架结构和搬运设备，实现了货物的高密度存储。

2.1.3 物流通道规划

物流通道是连接仓库各个功能区域和作业环节的纽带，其规划的合理性直接关系到仓库的作业效率和物流成本。物流通道应根据货物的流量和流向进行合理设置，确保货物在通道内的运输顺畅。一般来说，物流通道包括主通道和支通道，主通道用于连接仓库的主要功能区域，宽度应根据货物的运输方式和设备的尺寸进行确定；支通道则用于连接货架和作业区域，宽度相对较窄。在规划物流通道时，还要考虑通道的坡度、转弯半径等因素，以适应不同类型货物的运输需求。例如，对于一些大型、重型货物的运输，需要设置较宽的通道和较大的转弯半径，以确保运输安全。

2.2 存储策略规划技术

2.2.1 货位分配策略

货位分配策略是自动化立体仓库系统存储策略规划的重要内容，它直接影响着货物的存取效率和仓库的运营成本。常见的货位分配策略包括随机分配策略、就近分配策略、分类分配策略等。随机分配策略是将货物随机存放在空闲的货位上，这种策略简单易行，但容易导致货物的存取效率低下；就近分配策略是根据货物的出入库频率，将货物存放在距离出入库口较近的货位上，以提高货物的存取速度；分类分配策略则是按照货物的

类别、属性等因素进行分类存放，便于货物的管理和查找。在实际应用中，可以根据仓库的具体情况和货物的特点，综合运用多种货位分配策略，以达到最佳的存储效果。

2.2.2 库存优化策略

库存优化策略旨在通过合理控制库存水平，降低库存成本，提高企业的经济效益。在自动化立体仓库系统中，可以采用多种库存优化策略，如ABC分类法、经济订货批量模型（EOQ）等。ABC分类法是根据货物的重要程度和价值大小将货物分为A、B、C三类，对不同类别的货物采取不同的库存管理策略。对于A类货物，由于其价值高、重要性大，应进行重点管理，严格控制库存水平；对于C类货物，则可以采取较为宽松的库存管理策略^[3]。经济订货批量模型则是通过计算经济订货批量，确定最佳的订货时间和订货数量，以降低库存成本和订货成本。此外，还可以结合信息技术和数据分析手段，实时监控库存状况，预测货物需求，实现库存的动态优化管理。

3 自动化立体仓库系统设计的关键技术

3.1 设备选型与参数设计技术

设备选型与参数设计是自动化立体仓库系统设计的关键环节，它直接影响着仓库的性能和运行效率。在进行设备选型时，要根据仓库的规模、货物的特性、作业要求等因素，选择合适的堆垛机、输送机、自动分拣机等设备。例如，对于高层自动化立体仓库，应选择高速、高精度的堆垛机，以满足货物快速存取的需求；对于小件货物的分拣作业，则应选择高精度的自动分拣机，以提高分拣准确率。同时还要合理确定设备的参数，如堆垛机的运行速度、加速度、载重量，输送机的输送速度、输送能力等。设备参数的设计要充分考虑仓库的作业流程和货物的流量，确保设备能够满足仓库的实际运行需求。

3.2 控制系统设计技术

控制系统是自动化立体仓库系统的核心，它负责对仓库内的各种设备进行实时控制和调度，确保各个设备协同工作，实现仓库作业的自动化运行。控制系统通常采用分层分布式结构，包括上位机监控层、中间控制层和现场设备层。上位机监控层主要负责对整个仓库系统的监控和管理，实时显示设备的运行状态、货物的库存信息等，并提供人机交互界面，方便操作人员进行操作和控制；中间控制层则负责对现场设备进行控制和调度，根据上位机的指令，将控制信号传输给现场设备，并接收设备的反馈信息；现场设备层包括堆垛机、输送

机等各种设备，它们通过传感器和执行机构与中间控制层进行通信，实现设备的自动化运行。在控制系统设计过程中，要注重系统的可靠性、稳定性和实时性，采用先进的控制算法和通信技术，确保系统能够高效、准确地运行。

3.3 信息管理系统设计技术

信息管理系统是自动化立体仓库系统的重要组成部分，它实现了仓库作业的信息化和智能化管理。信息管理系统通常包括仓库管理模块、库存管理模块、订单管理模块、设备管理模块等功能模块。仓库管理模块负责对仓库的基本信息进行管理，如货架信息、货位信息等；库存管理模块则实时记录货物的出入库情况、库存数量等信息，实现库存的动态管理；订单管理模块负责处理客户的订单信息，根据订单要求安排货物的出库和配送；设备管理模块则对仓库内的各种设备进行监控和管理，实时显示设备的运行状态，及时发现设备故障并进行报警。在设计信息管理系统时，要注重系统的集成性和开放性，能够与其他相关系统进行数据交互和共享，实现企业信息化的无缝对接。同时还要采用先进的信息技术和数据库管理系统，确保系统的数据安全性和处理效率。

4 自动化立体仓库系统设计的仿真与优化技术

4.1 系统仿真技术

系统仿真技术是通过对自动化立体仓库系统进行建模和模拟运行，评估系统的性能和运行效果，为系统的设计和优化提供依据。在系统仿真过程中，首先要建立仓库系统的仿真模型，包括货架模型、设备模型、物流通道模型等，准确描述系统的结构和运行规则。然后，根据实际业务情况和数据，设置仿真参数，如货物的到达时间、存取频率、设备的运行速度等。通过运行仿真模型，可以得到系统的各项性能指标，如货物的平均存取时间、设备的利用率、仓库的吞吐量等。通过对仿真结果的分析，可以发现系统存在的问题和不足之处，为系统的优化提供方向。例如，通过仿真发现仓库的物流

通道存在拥堵现象，可以调整通道布局或优化设备调度策略，以提高仓库的作业效率。

4.2 系统优化技术

系统优化技术是在系统仿真分析的基础上，对自动化立体仓库系统的布局、设备参数、存储策略等进行优化调整，以提高系统的性能和运行效率。常见的系统优化方法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等智能优化算法。这些算法能够通过对系统参数的不断搜索和优化，找到最优的解决方案^[4]。例如，利用遗传算法对货位分配策略进行优化，可以根据货物的出入库频率和相关性等因素，自动生成最优的货位分配方案，提高货物的存取效率；采用粒子群算法对设备的调度策略进行优化，可以合理安排设备的作业顺序和运行路径，减少设备的空闲时间和运行距离，提高设备的利用率，还可以结合实际运行数据，对系统进行实时优化和调整，使系统始终处于最佳运行状态。

结语

自动化立体仓库系统的规划与设计涵盖多方面关键技术，各环节紧密相连、相互影响。合理运用仓库布局、存储策略规划技术，精准进行设备选型与系统设计，借助仿真与优化技术不断改进，可打造出高效、稳定、智能的自动化立体仓库系统。随着技术持续进步，相关研究与实践将不断深入，推动自动化立体仓库系统在更多领域发挥更大作用，助力物流行业迈向新高度。

参考文献

- [1] 郭恒发,李兴森.自动化立体仓库穿梭式货架的结构可拓设计[J].广东工业大学学报,2022,39(6):123-129.
- [2] 成慧翔,李国勇,李强,等.立体仓库智能堆垛机控制系统设计[J].现代制造技术与装备,2023,59(03):27-29.
- [3] 冯勇军,李宁,童光华,王新刚.立体仓库用堆垛机的设计与选用[J].制造业自动化,2022(24):77-79.
- [4] 吕俊燕,陈福德,马龙华.自动化立体库堆垛机结构设计[J].汽车实用技术,2021,46(12):68-70.