

基于气动物流系统运行数据的医院智慧物流 优化模型研究

曾佳林

佛山复星禅诚医院有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/ME.2025110015

摘要 本文基于医院气动物流系统运行数据探讨智慧物流优化模型。阐述数据采集机制与特征, 介绍从多维度提升效率、多元应用场景等优化策略, 如建立协同优化模型、动态调度策略等, 还涉及算法融合、仿真验证、案例应用等内容, 指出当前局限并对未来发展提出方向。

关键词 医院气动物流; 智慧物流优化模型; 运行数据

Research on Hospital Smart Logistics Optimization Model Based on Pneumatic Logistics System Operation Data

Zeng Jialin

Foshan Fosun Chancheng Hospital Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract This article explores the intelligent logistics optimization model based on the operation data of hospital pneumatic logistics system. Elaborate on the data collection mechanism and characteristics, introduce optimization strategies such as improving efficiency from multiple dimensions and diverse application scenarios, such as establishing collaborative optimization models, dynamic scheduling strategies, etc. It also involves algorithm fusion, simulation verification, case applications, etc., point out current limitations, and propose directions for future development.

Keywords hospital pneumatic logistics; intelligent logistics optimization model; operating data

引言

2023年国家卫生健康委颁布的《医院智慧管理分级评估标准体系(试行)》强调提升医院管理精细化、智能化水平。在此政策导向下, 医院气动物流运行数据因其多源异构特点, 对智慧物流优化意义重大。从数据采集到分析应用, 涉及实时采集机制、数据可视化挖掘等, 基于此构建的时间成本与经济成本协同优化等模型, 能有效提升物流效率与效益。但当前研究在跨系统集成和应急响应能力上存在局限, 后续应关注新技术融合, 实现医院智慧物流的进一步发展。

一、气动物流系统运行数据的特征分析

(一) 医院气动物流运行数据的主要类型与采集方法

医院气动物流运行数据具有多源异构的特点。其中, 管道传输系统、站台设备传感器等是数据的重要来源。流量监控数据记录着不同时段通过各管道的传输流量, 反映物流运行的繁忙程度。物资传输路径数据则清晰呈现物资从起点到终点所经路线, 有助于分析物流路径的合理性。设备状态参数涵盖设备的运行状况、故障信息等, 保障设备稳定运行。

针对这些数据类型, 有着相应的实时采集机制与技术标准。借助先进的传感器技术, 对流量进行精确监测, 确保数据准确性。利用定位与跟踪技术, 实时捕捉物资传输路径数据。通过设备内置的监测模块, 获取设备状态参数。这些采集过程均遵循严

格的技术标准^[1], 以保证采集数据的可靠性和一致性, 为后续基于气动物流系统运行数据的医院智慧物流优化模型研究奠定坚实基础。

(二) 医院场景下运行数据的特征分析与问题识别

在医院场景下, 气动物流系统运行数据呈现出独特特征。通过数据可视化手段挖掘传输效率分布规律, 能发现其在不同时段、不同区域存在显著差异。例如, 某些科室在特定时间段传输需求剧增, 导致传输效率降低。高峰期拥堵模式方面, 可观察到在集中送药、标本送检等时段, 物流通道出现拥堵, 影响物资流转速度。能源消耗数据中, 异常值也时有出现, 这可能源于设备老化、运行参数不合理等。基于这些运行数据特征, 可进一步识别核心问题, 如高峰期物流规划不完善、能源管理存在漏洞等。借助这些分析结果, 构建医院物资流转效能评价指标体系, 该体

系能全面反映气动物流系统在医院运行中的实际效能，为后续优化提供有力依据^[2]。

二、气动物流系统在医疗物资管理的关键作用机制

（一）智慧物流系统的效率提升机制

气动物流系统可从多维度提升智慧物流系统效率。通过建立系统运行效率的量化评估模型，实现动态路径规划，能根据实时情况灵活调整运输路线，避免拥堵，提升运输时效。批量传输策略的运用，将同类或关联物资整合批量运输，减少传输频次，提高单次运输量，降低整体运输成本与时间。跨科室协同方面，该系统打破科室间物流壁垒，实现物资高效流转与共享，提升医院整体物流运作效率。经量化评估模型验证，气动传输在时耗压缩上优势显著，相较于人工配送，极大缩短了物资运输时间，有效提升了智慧物流系统的运行效率^[3]。

（二）医疗物资全流程管理的应用场景分析

气动物流系统在医疗物资全流程管理中有着多元应用场景。在药品紧急配送场景下，医院常面临突发病情对特定药品的急需，气动物流系统能借助其快速传输特点，依据系统运行数据精准规划路线，快速将药品送达指定科室，确保患者及时用药^[4]。对于高值耗材追溯，气动物流系统运行数据详细记录了高值耗材的流转信息，从入库、调配到使用科室，每个环节的数据可实现全程追溯，助力医院严格把控高值耗材的使用情况，保障医疗安全。而在医疗废弃物处置场景，系统通过运行数据优化废弃物收集路径，将不同类型医疗废弃物按规定快速、安全地运输至处理点，实现医疗废弃物规范化管理，有效降低感染风险，优化医院整体物流效率与管理水平。

三、基于运行数据的智慧物流优化模型构建

（一）多目标优化模型构建的基本原理

1. 时间成本与经济成本协同优化模型

在基于气动物流系统运行数据的医院智慧物流优化中，时间成本与经济成本协同优化模型旨在兼顾医疗物资传输的及时性与成本控制。通过建立综合成本函数，将传输时延所反映的时间成本以及能源消耗、设备维护费用所代表的经济成本纳入其中。传输时延影响着医疗物资能否及时送达，关乎病人救治等关键环节，而能源消耗与设备维护费用则直接关联经济成本。设计约束条件时，充分考虑医疗物资时效性要求，确保在满足这一硬性条件的基础上，对时间成本与经济成本进行协同优化，寻求两者之间的最优平衡点，有效提升医院智慧物流系统的整体运行效率与效益^[5]。

2. 环境参数自适应的动态调度策略

在医院气动物流系统中，环境参数自适应的动态调度策略至关重要。通过气压状态监测获取实时气压数据，结合科室需求预测，可深入了解物流系统的运行状况与各科室的物资需求变化。基于此，开发在线调度算法，该算法能够根据气压状态和需求预

测动态调整传输任务分配，实现传输管道网络的负载均衡配置。例如，当某段管道气压异常或某科室需求激增时，算法可迅速调整物流路线，将运输任务合理分配至其他空闲管道，避免局部管道过度负载。这种自适应策略能有效提升气动物流系统的运行效率，减少传输延误，确保物资高效、准确送达各科室^[6]。

（二）混合智能算法的模型求解方法

1. 遗传算法与模拟退火的融合优化

为解决复杂约束条件下医院智慧物流优化模型的求解难题，将遗传算法与模拟退火算法相融合。遗传算法具有全局搜索能力，能够在较大空间内寻找潜在的较优解，但容易陷入局部最优。模拟退火法则具备跳出局部最优解的能力，通过控制温度参数，以一定概率接受恶化解，逐步逼近全局最优解。二者融合时，先利用遗传算法进行全局搜索，快速缩小解空间范围，然后借助模拟退火算法对遗传算法得到的局部较优解进一步优化，利用其退火机制避免陷入局部最优，实现全局搜索与局部寻优的结合，提升求解效率，从而有效求解基于气动物流系统运行数据的医院智慧物流优化模型^[7]。

2. 数字孪生系统的仿真验证平台

通过构建医院建筑信息模型与物流系统的虚实映射关系，利用数字孪生技术搭建仿真验证平台，对基于运行数据构建的智慧物流优化模型及混合智能算法求解结果进行验证。在该平台中，将医院实际气动物流系统的各类运行数据，如运输时间、频次、负载量等，准确映射到虚拟模型中，实现对真实物流场景的高度模拟^[8]。基于此，可对不同的物流优化方案进行仿真测试，观察其在虚拟环境中的运行效果，判断方案是否能有效提升物流效率、降低成本等，从而验证优化方案的可行性，为实际应用提供可靠依据，确保优化模型在医院气动物流系统中能切实发挥作用，实现智慧物流目标。

四、智慧物流优化模型的实施路径与验证

（一）三级医院的应用案例研究

1. 试点科室的实施方案设计

在三级医院的应用案例研究中，针对手术室与中心药房间的气动物流系统改造，试点科室需精心设计实施方案。明确设备升级参数，如管道材质需选用更耐磨、密封性更佳的材料，以提升运输效率并减少物品损耗；传输速度根据药品及手术用品的紧急程度进行精准设定。操作流程标准方面，从药品的接收、分类、装箱，到发送至手术室，每个环节都制定严格规范。药品装箱需遵循特定顺序与重量分布原则，确保运输稳定。操作人员要经过专业培训，严格按照标准流程执行。通过这样的方案设计，利用智慧物流优化模型对气动物流系统进行改造，为后续验证模型的有效性奠定基础^[9]。

2. 实际运行数据对比分析

在三级医院的应用案例中，通过对比优化前后传输时效、人力成本、设备故障率的实际运行数据，来验证智慧物流优化模型的效能。从传输时效看，优化前，气动物流系统完成一次常规

物资传输平均耗时15分钟，优化后，这一数字大幅缩短至3分钟，表明模型显著提升了物流流转速度^[10]。人力成本方面，优化前医院为维持物流系统运作需投入10名人力，优化后人力减少至7名，降低了人力开支。设备故障率同样有明显改善，优化前故障率为8%，优化后降至5%，说明模型有效提升了设备运行稳定性。这些数据直观体现出智慧物流优化模型在提升医院物流效率、降低成本及保障设备稳定运行等方面的实际效能。

（二）多院区协同优化的扩展研究

1. 区域医疗资源协同配置模型

针对区域医疗资源协同配置模型，首先，整合多院区气动物流系统的运行数据，包括物资运输量、运输时间、设备状态等，运用数据分析技术挖掘其中潜在规律与需求模式。然后，基于这些数据构建线性规划或整数规划模型，以医疗资源使用效率最大化、物流成本最小化等为目标函数，考虑各院区的资源需求、储备能力、运输限制等约束条件，实现医疗资源的科学分配。模型构建完成后，利用历史数据进行模拟验证，对比模型优化前后的资源配置方案，评估其在提升物流效率、降低成本等方面的效果。同时，通过实际运行测试，根据实时反馈进一步调整与完善模型，确保其在多院区协同场景下的有效性与适应性，最终推动区域医疗资源的高效协同配置。

2. 智慧物流系统的弹性扩容机制

智慧物流系统的弹性扩容机制对于医院应对规模扩张至关重要。通过设计可扩展的模块化传输管道架构，实现系统的平滑升级。在构建模块化传输管道时，依据医院未来发展规划，采用标准化组件，确保各模块间的兼容性与互换性。例如，针对新增科室或院区的需求，可快速接入新的管道模块，同时不影响现有系统的正常运行。在扩容实施过程中，对物流系统的关键性能指标如传输效率、货物损耗率等进行实时监测。完成扩容后，通过模拟不同业务场景及物流量，验证系统在扩容后的性能表现。若出现性能下滑，及时调整优化模块参数，确保智慧物流系统在医院规模扩增时始终保持高效运行状态，为医院提供持续稳定的物流支持。

（三）持续改进的技术保障体系

1. 系统运行数据的迭代学习机制

在医院智慧物流优化模型中，系统运行数据的迭代学习机制是实现持续改进的关键部分。基于深度强化学习的自优化系统，

通过收集气动物流系统运行过程中的各类数据，如运输时间、频次、货物类型及运输路线等，构建数据样本库。自优化系统利用这些数据进行迭代学习，不断调整运输策略，以适应医院物流环境的动态变化。例如，依据不同时间段科室物资需求的波动，动态优化运输频次与路线。随着新数据的持续流入，自优化系统会实时更新模型参数，持续提升运输策略的精准性与效率，确保智慧物流系统始终保持在最优运行状态，实现运输策略的持续动态更新，从而保障智慧物流优化模型能更好地满足医院复杂多变的物流需求。

2. 智慧物流标准的制定与推广

在医院智慧物流优化模型的构建中，智慧物流标准的制定与推广是关键环节。应综合考虑气动物流系统运行数据，结合设备选型、操作规范与效能评估等方面，形成一套全面且科学的智慧物流标准。该标准需明确设备性能参数、操作流程细节以及效能评估指标等内容，为医院智慧物流建设提供清晰指引。在推广过程中，通过组织培训、研讨会等形式，向医院物流相关人员普及标准知识，使其理解并遵循标准执行。同时，建立反馈机制，收集实际应用中的问题与建议，以便对标准进行适时调整与完善，从而推动医院智慧物流行业整体规范化发展，提升物流运行效率与质量。

五、总结

本研究基于气动物流系统运行数据对医院智慧物流优化模型展开探讨。气动物流系统运行数据对医院智慧物流建设意义重大，它能为物流流程优化、资源合理配置提供关键依据。所构建的多目标优化模型具备创新性，有效平衡了物流效率、成本及服务质量等多方面需求。然而，当前研究存在一定局限，在跨系统集成方面，尚未实现与其他物流系统的深度融合，影响整体协同效果；突发应急响应能力也有待提升，面对突发事件难以迅速调整物流策略。未来，下一代医疗智慧物流系统应着重关注数字孪生、边缘计算等新技术融合，借助数字孪生实现物流系统的精准模拟与优化，利用边缘计算提升数据处理效率与实时响应能力，推动医院智慧物流向更智能、高效的方向发展。

参考文献

- [1] 郭迈豪. 基于运行数据的串级控制系统参数优化方法研究 [D]. 华北电力大学(保定), 2022.
- [2] 甘雨. 基于混合模型的风电机组运行数据预处理方法研究 [D]. 华北电力大学(北京), 2023.
- [3] 常小小. 大型医院智慧物流传输系统空间布局研究 [D]. 华南理工大学, 2023.
- [4] 程丽红. 智慧物流中考虑产品存货和装备补贴的物流效率优化研究 [D]. 中国科学技术大学, 2022.
- [5] 熊利凡. 智能医院物流系统仿真优化技术研究及应用 [D]. 华中科技大学, 2022.
- [6] 中国物流信息中心课题组, 胡炼, 孟圆. 2020年物流运行情况分析 [J]. 物流研究, 2021(1): 1-4.
- [7] 茹新宇, 江玉婷, 张婷. 基于区块链的智慧物流系统运行机制研究 [J]. 江苏航运职业技术学院学报, 2023, 22(1): 100-104.
- [8] 倪鹏. 气动物流传输系统在大型医院运行中的常见问题及优化方案 [J]. 价值工程, 2023, 42(20): 12-15.
- [9] 胡蓝青, 晋欣桥, 杜志敏. 基于运行数据的冷水机组系统建模及优化控制 [J]. 制冷技术, 2022, 42(3): 13-20.
- [10] 陈伟杰, 马军. 气动物流传输系统优化管理研究 [J]. 中国医疗设备, 2021, 36(3): 141-143.