

紧急印刷订单全流程时效优化模型构建

罗忆辉

广州日报报业经营有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025030018

摘 要： 分析紧急印刷订单生产流程瓶颈，包括 ERP 各环节、系统协同障碍等。阐述时效优化模型架构设计原则，介绍三层联动体系等优化措施。还涉及优先级设置、算法应用、库存模型等。通过实验和案例验证模型效果，指出局限及数字孪生技术的潜力。

关 键 词： 紧急印刷订单；时效优化；数字孪生

Construction of a Full-Process Lead Time Optimization Model for Urgent Printing Orders

Luo Yihui

Guangzhou Daily Press Group, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This study analyzes bottlenecks in the urgent printing order production process, including obstacles at all ERP process stages and system coordination challenges. It elaborates on the design principles of the lead time optimization model framework and introduces optimization measures such as a three-tier linkage system. Additional aspects cover priority setting, algorithm applications, and inventory models. The model's effectiveness is validated through experiments and case studies, while also highlighting its limitations and the potential of digital twin technology.

Keywords： urgent printing orders; lead time optimization; digital twin

引言

在当今印刷行业，随着市场竞争的加剧，紧急印刷订单全流程时效优化成为企业提升竞争力的关键。2023年发布的相关产业政策强调了制造业数字化转型的重要性，这为印刷行业的发展提供了政策指引。印刷企业在紧急印刷订单处理中面临诸多问题，如 ERP 系统各环节的瓶颈、CRM 与 MES 系统数据协同障碍等。同时，时效优化模型架构设计需遵循一定原则，融合多系统的三层联动体系是关键架构，还涉及动态优先级设置、算法应用、库存模型建立等多方面内容。通过对这些方面的研究和改进，有助于提升紧急印刷订单的处理效率和质量，实现行业的高效发展。

一、紧急印刷订单全流程特征分析

（一）生产流程瓶颈识别

通过对 ERP 系统数据的分析，识别紧急印刷订单生产流程中的瓶颈。接收环节，可能因信息传递不畅或订单处理系统故障导致耗时增加，影响整体效率^[1]。预处理阶段，如文件格式转换、色彩校对等操作，如果缺乏标准化流程或专业人员，可能出现反复修改，延长该环节时间。生产排程方面，设备资源有限、任务优先级设置不合理以及排程算法不完善，都可能造成生产延误。质量检测环节，检测标准不明确、检测设备精度不足或检测人员能力参差不齐，会导致检测时间不可控，进而影响订单交付时间。这些关键制约因素在不同环节相互影响，共同构成了紧急印

刷订单生产流程的瓶颈。

（二）信息系统整合障碍

CRM 系统与 MES 系统数据协同存在障碍，这对紧急印刷订单跟踪效率产生影响。在紧急印刷订单处理中，CRM 系统记录客户订单相关信息，MES 系统负责生产过程管理。然而，两系统数据协同不佳，例如订单信息在 CRM 系统中准确录入，但传递至 MES 系统时可能出现延迟、错误或缺失，导致生产环节无法及时准确获取订单关键要求，影响生产计划安排，进而降低订单跟踪效率。这种数据协同障碍还可能造成各部门间对订单状态认知不一致，增加沟通成本和时间损耗，最终影响整个紧急印刷订单全流程的时效性^[2]。

二、时效优化模型架构设计

（一）模型构建基本原则

时效优化模型架构设计需遵循一定原则。基于敏捷制造理论与约束理论相结合，确立响应式框架设计准则。敏捷制造强调灵活性与快速响应市场变化，能使模型适应紧急印刷订单的动态需求。同时，约束理论有助于识别流程中的瓶颈环节，通过聚焦关键约束进行优化，从而提升整体时效。模型应综合考虑订单处理、生产调度、物料供应等各环节，确保各环节协同运作，避免局部优化导致整体效率低下。这种结合的设计准则能够为紧急印刷订单全流程时效优化模型提供坚实的理论基础，使其更具科学性与实用性^[9]。

（二）多系统协同逻辑架构

融合 ERP 订单池、APS 智能排程、MES 执行监控的三层联动体系是多系统协同的关键架构。ERP 订单池负责订单信息的收集与管理，为后续的排程和执行提供基础数据^[4]。APS 智能排程系统基于订单池中的数据，运用先进的算法进行生产计划的智能安排，充分考虑设备、人力、物料等资源的约束条件，以实现最优的生产排程。MES 执行监控系统则实时监控生产过程，确保生产按照 APS 制定的排程计划执行，同时反馈执行过程中的问题和数据，以便及时调整。通过这三层系统的紧密协同，实现从订单接收到生产执行的全流程时效优化，提高紧急印刷订单的处理效率和质量。

三、关键优化技术实现路径

（一）智能排产算法开发

1. 动态优先级设置规则

在动态优先级设置规则中，构建基于客户等级、订单价值、设备状态的多元权重决策矩阵至关重要。客户等级反映了客户的重要性，直接影响订单的优先级。高等级客户的订单往往需要优先处理，以维护良好的客户关系^[5]。订单价值也是一个关键因素，包括订单的利润、数量等，高价值订单应给予较高优先级。设备状态同样不可忽视，若设备处于空闲或高效运行状态，相关订单可适当提高优先级。通过综合考虑这三个方面的因素，合理分配权重，构建决策矩阵，能够更科学地设置订单的动态优先级，实现智能排产算法的优化。

2. 遗传算法排程优化

遗传算法是一种模拟自然选择和遗传机制的随机搜索算法，在排程优化中具有广泛应用。其通过对种群中的个体进行选择、交叉和变异操作，逐步逼近最优解。在设备负载均衡与订单交付时限双重约束下，首先要对问题进行合理编码，将排程方案转化为遗传算法可处理的染色体形式^[6]。然后定义适应度函数，综合考虑设备负载均衡程度和订单是否能在交付时限内完成等因素，以评估个体的优劣。接着通过选择操作保留优良个体，交叉和变异操作产生新的个体，不断迭代进化种群，直到满足终止条件，最终得到满足双重约束的较优排程方案。

（二）成本控制机制创新

1. 应急资源储备模型

在突发订单场景下，建立原材料动态安全库存计算模型对于应急资源储备至关重要。考虑到紧急印刷订单的不确定性，需综合分析订单需求的波动范围以及原材料供应的稳定性。通过对历史订单数据的挖掘分析^[7]，确定不同时间段内订单量的分布规律以及可能出现的峰值情况。同时，结合原材料供应商的供货能力、交货周期等因素，构建一个能够实时调整的动态安全库存模型。该模型应根据订单预测情况和供应变化及时更新库存阈值，确保在满足紧急订单需求的同时，避免过度库存带来的成本增加，实现应急资源的合理储备和成本的有效控制。

2. 损耗实时监控系統

设计基于机器视觉的在线质量检测与耗材消耗预警联动机制是损耗实时监控系統的重要创新。通过机器视觉技术对印刷过程中的产品质量进行实时检测，同时监测耗材的消耗情况。当检测到质量问题或耗材消耗异常时，及时发出预警信号。这不仅可以避免因质量问题导致的产品损耗，还能有效控制耗材成本。该机制能够实时反馈生产过程中的各种信息，使操作人员可以迅速采取措施进行调整，从而提高生产效率，降低生产成本，实现成本控制机制的创新，为紧急印刷订单全流程时效优化提供有力支持^[8]。

四、应用效果评价体系构建

（一）多维绩效评价指标

1. 时效达成率计算模型

构建时效达成率计算模型需综合考虑多维度指标。从订单确认到客户签收的全链路涉及多个环节，各环节都有其关键节点和时间要求。例如订单确认时间、印刷准备时间、印刷生产时间以及运输配送时间等。每个环节的实际完成时间与预设的时效标准进行对比，计算出各环节的时效达成率。综合各环节的时效达成率，通过合理的加权计算方法得出整个订单流程的综合时效达成率。这种计算模型能够客观、准确地反映紧急印刷订单全流程的时效优化效果，为进一步的流程改进和决策提供有力依据^[9]。

2. 资源利用率评估矩阵

构建设备综合效率（OEE）与人工效能联动的评估体系，需综合考虑多方面因素。对于设备综合效率，要从时间开动率、性能开动率和合格品率等维度进行评估^[10]。时间开动率反映设备实际运行时间与计划运行时间的比例，性能开动率体现设备在运行过程中的性能发挥程度，合格品率则关乎产品质量。人工效能方面，可从劳动生产率、工作饱和度等角度衡量。通过建立两者的联动关系，分析设备与人工在紧急印刷订单全流程中的协同效果。例如，当设备出现故障或效率降低时，人工如何及时调整操作，以及人工操作的变化对设备后续运行的影响等，从而全面评估资源利用率。

（二）仿真验证方案设计

1. 离散事件仿真建模

离散事件仿真建模是构建虚拟生产环境压力测试方案的关

键。通过对紧急印刷订单全流程进行分析，确定各个环节的事件及相关参数。以印刷设备的运行状态、订单处理时间、物料供应情况等作为离散事件的关键要素。对设备的故障概率、维修时间，订单到达的时间间隔及优先级，物料配送的延迟时间等进行合理设定与建模。采用 Plant Simulation 软件提供的功能模块，构建起能够准确反映紧急印刷订单生产流程的离散事件模型。该模型能够模拟不同订单量、设备配置及人员安排下的生产情况，为后续的应用效果评价和仿真验证提供基础。

2. 蒙特卡洛风险模拟

蒙特卡洛风险模拟在紧急印刷订单全流程时效优化模型中具有重要作用。通过设定关键参数的概率分布，模拟订单处理各环节的不确定性。例如，设备故障概率、原材料供应延迟概率等。对每个模拟样本，计算订单总时效，并重复大量次数以获得时效的概率分布。这有助于评估在突发订单场景下系统稳定性的概率。同时，可以分析不同因素对时效的影响程度，如不同设备故障率对整体时效的影响差异。通过模拟结果，可针对性地提出优化措施，提高系统在紧急订单情况下的时效性和稳定性。

（三）案例实证分析

1. 快消品包装案例验证

选取典型的 48 小时交付的快消品包装紧急印刷订单进行全流程对比实验。从订单接收开始，详细记录各个环节的时间节点和相关数据。对比优化模型应用前后，在印前准备、印刷过程、印后加工以及包装交付等环节的时效变化。分析各环节中人员调配、设备运行效率、物料流转速度等因素对整体时效的影响。通过实际案例验证优化模型是否能够有效提高紧急印刷订单的全流程时效，是否达到了预期的优化目标，同时总结实际应用中可能

出现的问题以及进一步改进的方向。

2. 跨基地协同案例研究

本部分通过跨基地协同案例研究紧急印刷订单全流程时效优化模型的应用效果。在实际案例中，多厂区面临资源调度的复杂场景。模型实施后，各厂区之间的协同效率显著提高，资源得到更合理配置。订单处理时间大幅缩短，从接单到成品交付的整个流程更加顺畅。通过对不同订单类型和规模的数据分析，验证了模型在不同情况下的有效性和稳定性。同时，员工对新流程的接受度较高，减少了因流程变动带来的抵触情绪。成本方面，由于资源的优化利用，降低了不必要的浪费，提高了企业的经济效益。综合来看，该模型在跨基地协同的紧急印刷订单场景中展现出良好的应用效果，为企业提高生产效率和市场竞争力提供了有力支持。

五、总结

紧急印刷订单全流程时效优化是提升印刷企业竞争力的关键。提炼关键成功要素有助于明确优化方向，如精准的订单评估、高效的资源调配等。然而，当前模型在特殊材料印刷领域存在局限，这可能源于特殊材料的特性及相应工艺的复杂性，导致现有模型无法准确适配其生产流程和时效要求。随着技术发展，数字孪生技术展现出巨大潜力。其在印刷项目管理中的深化应用，可实现对印刷流程的精准模拟和实时监控，为优化紧急订单处理时效提供更有效的决策支持，有望突破现有局限，推动印刷行业的高效发展。

参考文献

- [1] 郑琴芳. GD 公司订单管理流程优化研究 [D]. 吉林大学, 2023.
- [2] 刘红兰. NT 公司订单管理流程优化研究 [D]. 吉林大学, 2021.
- [3] 申婷睿. T 拉链公司订单管理流程优化研究 [D]. 大连海事大学, 2023.
- [4] 赵宇翔. A 公司订单交付流程优化策略研究 [D]. 电子科技大学, 2022.
- [5] 李智浩. 基于数字孪生的氧化铝生产全流程运行优化控制仿真实验平台 [D]. 东北大学, 2021.
- [6] 刘峰源. 印刷企业改善要诀一：流程优化 [J]. 印刷杂志, 2021, 000(2): P.24-261.
- [7] 熊占兵, 毕海娟, 金健, 等. 新一代运载火箭结构件制造全流程工艺优化模型构建 [J]. 质量与可靠性, 2023(1): 11-17.
- [8] 蒋卫. 印刷全流程机检工艺方法及实践 [J]. 印刷工业, 2021, (4): 33-3
- [9] 邓斌. 国有金融企业集中采购流程时效优化建议 [J]. 招标采购管理, 2021, (11): 47-48.
- [10] 盛峰松, 乔雪飞, 姜永根, 等. 全流程自动化病毒核酸检测系统构建与优化 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39(09): 269-273.