

模块化智能制造系统环境下生产-内部物流同步决策框架和方法研究

(刘磊 20级管科博士生)

一、背景简介

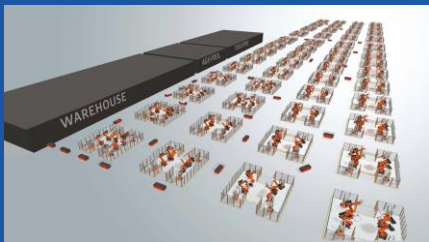


图1 面向工业4.0的模块化智能制造车间

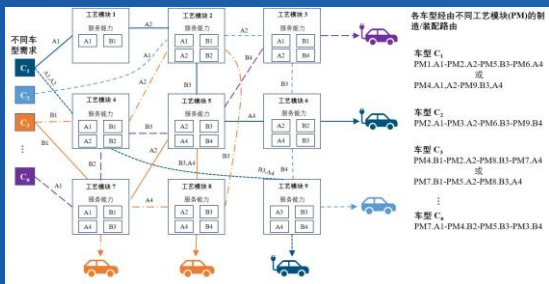


图2 模块化制造系统的工位配置和柔性工艺路由

模块化智能制造系统是工业4.0技术使能下面向大规模个性化定制需求提出的新一代高柔性制造系统概念，其应用潜力已受到奥迪、库卡等先进工业企业的重视，然而学术界关于它的生产运作理论与方法目前还很匮乏。图1为模块化制造系统的车间工位布局，每一个工位是一个综合的工艺模块，可提供多种工艺服务能力，内部物流通过AGV、搬运机器人完成，这易于实现多品种产品以柔性工艺路由的生产，如图2所示多种车型混合生产的柔性工艺路由。

二、研究动机

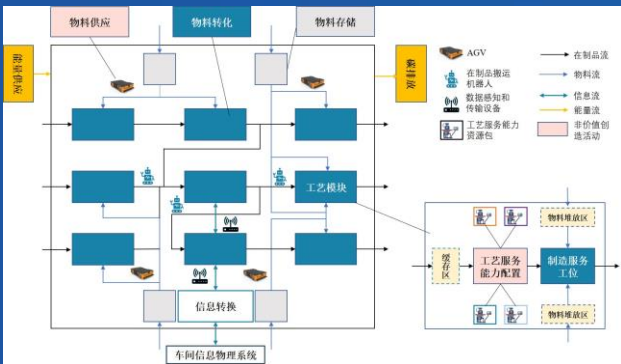


图3 模块化制造系统的结构分析视图

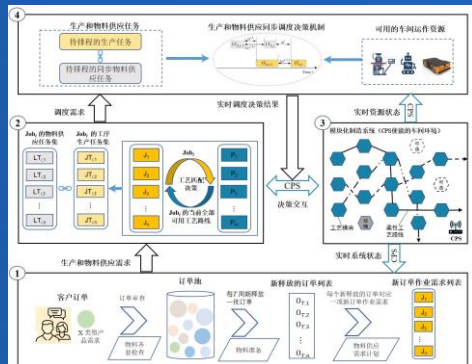


图4 实时数据驱动的生产-内部物流同步

- 1.生产-内部物流同步的重要性：**如图3所示，模块化制造系统内部广泛存在着在制品流、物流、信息流以及能量流的复杂交互，其生产与内部物流的运作交互贯穿整个产品制造过程，而模块化工位的柔性工艺配置与柔性自动化的内部物流加剧了生产和物流运作的复杂性，使得单独的生产或内部物流决策容易产生各自目标冲突的运作调度方案，进而造成运作混乱，以至于延误订单交付，要保证生产与内部物流间协调一致的集成运作，实现生产-内部物流同步调度决策就至关重要。
- 2.现有方法的局限性：**针对高柔性复杂生产-内部物流运作排程问题，目前学术界和企业实践普遍关注基于优先级规则的分布式动态调度决策方法，该类方法虽计算响应快，但难以考虑系统整体绩效，存在决策的短视性，无法获得全局最优解。
- 3.考虑碳减排的必要性：**生产-内部物流中非价值创造活动产生的碳排放增加了产品制造的碳足迹和系统能耗，故在其运作流程优化中考虑碳减排指标很有必要性。

2022年广东省研究生学术论坛--工商管理分论坛



智汇创新 2022年暨南大学研究生创新论坛--管理学院分论坛

管理学院建院二十五周年系列活动

三、基于实时数据驱动的生产-内部物流同步决策框架

模块化制造系统主要面向按订单多品种小批量或单件个性化定制产品的生产场景，针对其生产-内部物流同步决策问题，本研究提出一种基于实时数据驱动的同步决策框架，如图4所示，其主要由以下四部分组成：1.基于系统负荷控制的周期性订单释放机制；2.基于工艺路线总体负荷最小的作业工艺匹配决策方法；3.信息物理系统（CPS）使能的模块化制造系统；4.数据驱动的生产与物料供应同步调度决策机制。其中，每个订单所需某种产品的生产均有多条综合性而非支配的工艺路线可选；CPS使能的模块化制造系统可提供各类决策过程所需的实时数据。

四、碳效益感知的生产与物料供应同步调度模型

关于生产内部物流，本研究仅关注工位生产的物料供应问题，而在制品转运物流由于一旦确定了订单作业的工艺路由，其运作效率主要与工艺路由有关，其转运路线固定。生产-物料供应同步调度问题，可分解为带工艺配置时间的作业车间调度子问题和多配送批次的多AGV指派子问题，基于问题特征建立以碳效益优化的多目标混合整数规划模型，并采用效用函数法转为单目标优化模型进行求解，如图5的建模说明。

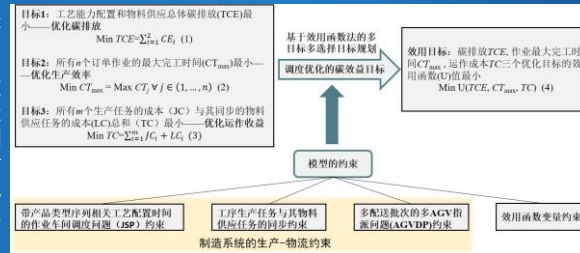


图5 生产与物料供应同步调度模型的构建说明

五、数据驱动的生产与物料供应同步调度决策方法

由于所构建的生产-物料供应同步调度模型包含带工艺配置时间的作业车间调度问题和多配送批次的多AGV指派问题的特征，而一般作业车间调度问题和多AGV指派问题在理论上均为NP-hard问题，故本问题具有NP-hard的复杂性，传统运筹优化算法难以在短时间求解本问题。考虑到实际车间生产与物料供应调度决策的及时性要求，并结合所提数据驱动的生产-物料供应同步调度决策机制，设计了数据驱动的生产-物料供应同步调度决策方法，其执行流程如图6所示，其中各工序生产任务的优先级通过增强拓补神经网络决策模型输出，而物料供应任务的AGV路由通过插入启发式算法进行规划。

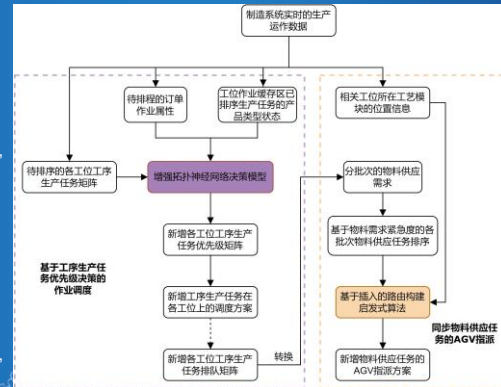


图6 数据驱动的生产与物料供应同步调度决策方法执行流程

六、总结与计划

本研究首次探究了模块化智能制造系统环境下生产-内部物流同步决策问题，具体针对生产与物料供应的同步调度问题，提出了实时数据驱动的同步运作框架和决策机制，建立了相应碳效益感知的多目标调度决策优化模型，并设计了一种数据驱动模型求解方法，可保证决策模型解的质量，同时能实现在线快速求解计算。下一步研究，将对测试所提模型和算法的性能。

欢迎感兴趣的朋友
扫码右侧二维码，
加汇报人微信，
一起交流、探讨！



主办单位：暨南大学研究生院
承办单位：暨南大学管理学院
协办单位：暨南大学管理学院研究生会