

工业4.0背景下离散制造业生产调度的数字化转型研究

聂智峰

联通(江西)产业互联网有限公司, 江西 南昌 330096

DOI: 10.61369/VDE.2025060004

摘要 : 在工业4.0浪潮席卷全球的当下, 离散制造业作为制造业的重要组成部分, 其生产调度的数字化转型已成为行业发展的必然趋势。本研究聚焦工业4.0背景下离散制造业生产调度的数字化转型, 通过分析转型的必要性, 剖析转型过程中面临的阻碍, 进而探索切实可行的转型路径。研究发现, 数字化转型能有效提升离散制造业生产调度的效率、优化资源配置并增强企业竞争力, 但同时也面临技术、管理、人才等多方面的挑战。基于此, 本研究提出从战略规划、技术应用、管理优化、人才培养等维度构建转型路径, 为离散制造业实现生产调度的数字化转型提供理论参考与实践指导。

关键词 : 工业4.0; 离散制造业; 生产调度; 数字化转型; 转型路径

Research on the Digital Transformation of Production Scheduling in Discrete Manufacturing under the Background of Industry 4.0

Nie Zhifeng

China Unicom (Jiangxi) Industrial Internet Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330096

Abstract : As the wave of Industry 4.0 sweeps the globe, the digital transformation of production scheduling in discrete manufacturing, an important component of the manufacturing industry, has become an inevitable trend in industry development. This study focuses on the digital transformation of production scheduling in discrete manufacturing under the background of Industry 4.0. By analyzing the necessity of the transformation and dissecting the obstacles faced during the transformation process, it explores practical transformation paths. The study finds that digital transformation can effectively improve the efficiency of production scheduling in discrete manufacturing, optimize resource allocation, and enhance enterprise competitiveness, but it also faces challenges in technology, management, talent, and other aspects. Based on this, this study proposes to construct transformation paths from the dimensions of strategic planning, technological application, management optimization, and talent cultivation, providing theoretical references and practical guidance for discrete manufacturing to achieve the digital transformation of production scheduling.

Keywords : industry 4.0; discrete manufacturing; production scheduling; digital transformation; transformation path

引言

工业4.0的提出使得智能制造、数字化制造成为制造业新的趋势。离散制造行业由于产品结构复杂、生产工序众多、订单需求变化快等特点在工业4.0的时代面临着更大的考验与机遇^[1]。作为离散制造企业生产管理最重要的生产调度环节, 生产调度工作的准确性在很大程度上影响企业的生产、成本与交货响应效率。传统的生产调度体系对于工业4.0时代的要求满足客户个性化的需求、市场不断变化的现状以及越来越复杂的生产调度体系日益凸显出诸多问题。因此, 探究离散制造行业生产调度的数字化转型具有较强的理论价值和现实意义^[2]。

一、工业4.0背景下离散制造业生产调度的数字化转型的必要性

（一）适应市场需求变化的必然选择

工业4.0时代下市场需求呈现明显定制化、个性化特征，消费者不仅对产品有着标准化要求，而且对产品功能、性能、外观等方面有着多样化需求。这就要求离散制造企业能够紧随市场需求变动，及时对生产计划和生产调度方案做出调整^[3]。而传统生产调度方式往往采取固定生产流程、批量生产方式来生产，不符合个性化的定制生产要求。借助数字化转型，实现工业物联网技术、大数据技术的应用，使得企业可对市场需求信息进行实时获取，准确把握市场趋势，有效实现生产调度的动态优化调整，以实现对市场需求变化的响应速度。例如汽车制造领域，消费者可要求汽车配置、颜色等方面的定制化生产，借助数字化生产调度系统，实现对于生产线的实时调整，包括生产线配置以及生产顺序的及时调整^[4]。

（二）推动制造业智能化发展的重要基础

工业4.0的主旋律是实现制造业的智能化发展，而生产调度的数字化转型是制造业实现智能化发展的关键基础。通过数字化生产调度系统可实现与企业其他信息系统（如ERP、MES、PLM等）系统之间的融合集成，实现企业生产数据实时共享和协同管理，通过分析挖掘生产数据，实现企业生产过程优化与预测，为企业智能制造发展提供数据支撑，也可实现与智能设备、机器人等智能装备的协同工作，实现生产过程的自动化和智能化控制^[5]。例如，智能制造工厂中，利用数字化生产调度系统可依据生产计划自动对机器人的工作任务进行安排，实现生产过程无人化操作，提高生产效率和产品质量。

二、工业4.0背景下离散制造业生产调度的数字化转型阻碍

（一）技术应用与集成难度大

离散制造业生产的各个环节中包含着不同的设备、不同的工艺、不同的生产环节，不同设备及设备之间的通信协议、数据格式不尽相同，这在数字化转型过程中的数字化技术应用以及相互集成带来了较大的难度。一方面，企业需要引入大量的智能传感器、工业互联网设备等硬件设施，才能实现生产数据的实时采集及数据传输，但企业由于不同设备的通信协议不同，需要投入较多的时间和精力进行设备的兼容性调试和数据接口的开发，这样就增加了企业的成本和影响了生产调度的效率。另一方面，由于企业现有的信息系统多为不同时期建设，系统之间缺乏有效的集成及数据的共享，形成了企业的信息孤岛，在数字化转型过程，企业需要将分散在各个系统之间，进行集成，打通系统的数据互联互通，需要投入大量的技术资源及资金，这对于中小企业而言，难度较大^[6]。

（二）管理模式与组织架构滞后

传统的离散制造企业大都实行层级式的管理组织架构和管理

模式，而这些层级式的管理组织架构和管理模式已经很难适应数字化转型的需求。一是传统的层级式管理模式，侧重于职责划分和岗位配置明确，上下级领导之间工作依赖，决策模式封闭，难以适应数字化转型过程中产品技术与生产需求的快速变化。在数字化转型过程中企业需要实现生产调度实时决策，快速响应，因此管理模式上需要更扁平化、柔性的管理模式和更加高效决策；二是层级式管理模式下各部门相对分散，相互之间协作、沟通不足，信息反馈不及时、不精准，影响企业生产调度效率与准确性。在数字化转型过程中企业需要突破部门组织间的壁垒，实现企业内跨部门之间的协同，组织架构规划管理也需要重新设计和优化，对企业来说十分困难。

（三）专业人才短缺

离散制造企业开展数字化转型需要具有制造业和信息专业技术背景的复合型专业人才，但离散制造企业普遍缺少这类人才。一方面传统的制造企业人才缺乏信息技术专业知识和技术水平，难以满足数字化转型需求。另一方面信息技术人才缺乏制造业的业务工艺流程了解，难于把信息技术融合到制造业之中。此外，随着工业4.0推进，对数字化人才需求不断加大，企业间对数字化的人才争夺也加剧了专业人才的短缺问题。

三、工业4.0背景下离散制造业生产调度的数字化转型路径

（一）制定科学合理的数字化转型战略

离散制造业面对工业4.0推动生产调度数字化转型，必须坚持科学化战略。一方面，对已有生产调度现状，基于现状生产能力、技术水平及管理体系等进行评估分析，寻找现有生产调度中具体存在的效率低下、资源浪费等重大问题，为企业生产调度数字化转型发展指明基本的方向。一方面，应当基于对工业4.0智能化、网络化发展的认识提出转型战略目标，即短期内能够搭建数字化数据采集的基础系统以及能够不同系统产生的数据进行交互共享，中期内形成更为智能化的决策建议优化。另一方面，应当基于变化的企业战略考量，即将面对的经济形势，是否需要转型战略的修订，是基于周期性的行业标杆管理或者内部能力评估形成的战略重新修订的过程；另一方面，在转型企业资源配置过程中，面对资源等在转型不同阶段的投入如何合理安排，在短中期给定目标下保障企业有限的资源供给^[7]。

（二）加强技术创新与应用

离散型智能生产调度发展要求“技术升级”。信息技术是工业4.0指导下的技术架构层之一。其中，工业互联网平台技术以传感、通讯协议为技术手段，连接生产设备、生产材料、生产工人等，收集生产设备的工作实时数据以及生产材料的使用情况等，从而对生产调度信息进行收集^[8]。大数据处理分析技术则以企业历史生产数据为基础，深入挖掘其中的相关信息，形成产能预测分析、产品品质趋势等数据分析结果，为企业生产调度智能调整提供参考依据。人工智能技术的应用将从数据分析模型转换为数据分析结果，并形成企业生产调度的改进算法，进而作为结果帮

助企业提出生产调度的优化决策方案。数字孪生技术以构成的虚拟孪生系统镜像为技术手段,对整个企业的生产过程进行映射和仿真,企业可以将选定的调度决策方案在数字模型中进行推演和验证,有效规避可能出现的问题或缺陷。最后,技术融合——即工业企业应用物联网收集到的实时信息与大数据分析结果相互融合,人工智能技术根据二者所得数据进行生产调度决策后,进行数字双生验证,从而达到“采集-分析-决策-验证”的技术闭环,充分挖掘技术间的应用效益,为企业智慧调度提供基础性技术保障。

(三) 优化管理模式与组织架构

离散行业工业4.0的生产调度数字化转型亟待打破传统组织的管理方式和管理结构的掣肘。树状型管理结构中多层次的领导架构使得决策传递路径过长,外部需求的传递难以跟上需求到生产工厂的决策速度,无法满足数字化生产调度的及时性要求。企业需要进行管理架构扁平化,缩短管理层级,使得信息传递决策执行层与决策管理层“扁平化”结构,缩短生产调度指令传递的链条,提高生产调度指令传递的时效性,以应对订单更新、设备故障等各种实时场景响应。离散行业传统组织管理中部门分工形成的壁垒,也极易在一定程度上造成信息孤岛现象的产生,影响产品生产、加工等过程,协调过程组织效率低下。企业应打破传统“部门墙”,跨部门的协同设置,设立生产调度小组,以生产计划、生产工艺、物料采购、质量检查等多个部门组成,利用定期会议、数据共享的方式等,对订单需求、产品库存、工艺设备产能等多种信息进行集成共享,减少订单需求与现实库存、工艺设备等信息不对称造成的生产调度过程不顺畅等问题^[9]。企业还需设立专门负责数字化应用的归口管理部门,负责调度全过程的生产数字化系统的规划及应用和落实MES系统、ERP系统等信息系统的对接和统筹,通过重组业务过程,对生产计划、物料管理、工艺管理、加工质量控制等多个过程或阶段标准化、模块化,将计划-实施-反馈的数字化业务流程形成完整的闭环循环,为最终智能化生产调度工具的运用进行组织保障、流程布局。

(四) 加强人才培养与引进

以实现智能制造为标志的离散制造企业的生产调度信息化转型,关键是打造一批“既懂制造、又懂数智”的复合型人才。但在传统观念中,现代智能制造技术和人才中已经形成“有生产不懂技术,有技术不懂生产”的人才缺失现象。企业一方面建立梯次人才培养模式,对于操作层面的员工,可进行工业车间内的技能培训和职业认证相结合的工控设备操作、工业智能调度(如智能排产系统)、智能设备维护等实践性操作能力,帮助一线员工在岗位实践中掌握相关专业知识和操作技能;对于技术干部,可采用大数据技术运用、算法研发等进行培训,以辅助相应的调度系统的维护和更新改造。对企业领导者的信息化思想培训也必不可少。建议结合企业实际业务发展问题,开发相应的战略研修班,让各级管理者领悟数据思维技术解决问题的基本思路,掌握离散制造智能调度(资源配置、风险控制)的思想方法。对于引进人才,可根据要求以“技术人才+工程师”的复合型人才模式引进高端人才,这类人才应从提供工业软件和智能系统架构设计人员,并通过激励措施,如高薪福利政策、项目合伙人机制等激励手段吸引更多人投入到此领域;另一方面,与高校和职业院校联合建立“数字化制造实训基地”,定向培养既有熟练的离散制造工艺经验,又有工业智能调度技术的能力素养的专业人才^[10]。

四、结束语

工业4.0时代,离散制造业的生产调度数字化转型是时代的需要,有利于提升企业的竞争力,适应市场的动态变化,有助于企业的数字化转型,推动制造业发展。但转型的过程中还面临着各种阻力,需要企业科学合理地转型规划,加大技术的攻关应用,改善管理方式和组织结构,加强人才的培养和吸引。只有这样才能实现离散制造业企业生产调度的数字化转型,在工业4.0时代提升企业核心竞争力,才能为企业的可持续发展积累优势。

参考文献

- [1] 彭清畅,丁兆正,高爽.基于数据驱动的离散型制造业数字化转型实践研究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(12):119-121.
- [2] 陈磊,王宇,戎彬,等.离散装备制造行业供应链数字化转型路径研究[J].中国工业和信息化,2024,(09):42-48.
- [3] 钟书棋,徐海,胡宁,等.离散制造业数字化场景资源池建设研究[J].电子产品可靠性与环境试验,2024,42(04):104-107.
- [4] 武逸凡,吴亚渝,陈仕勇,等.离散型特种制造业数字化转型建设路径探究[J].新技术新工艺,2024,(03):1-8.
- [5] 熊奕.离散制造行业数字化转型与智能化升级途径分析[J].中国设备工程,2024,(02):230-232.
- [6] 于若尘.离散制造行业数字化转型与智能化升级路径研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(08):82-84.
- [7] 周成效,潘文静,刘晖.通过数据驱动离散型制造业数字化转型[J].电站辅机,2023,44(02):38-43.
- [8] 罗韦华.数字经济时代江西离散型制造业数字化转型的水平评价与对策研究[D].南昌大学,2023.
- [9] 苏玉学.离散型制造业数字化转型的“破局之道”[J].信息化建设,2022,(10):40.
- [10] 李新宇,李昭甫,高亮.离散制造行业数字化转型与智能化升级路径研究[J].中国工程科学,2022,24(02):64-74.