



基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间建设分析

方磊磊

(宁波南方电器制造有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 数字孪生车间中, 环境较为复杂, 数据流较大, 传统的数据处理、信息采集模式已经无法满足整体运行需求, 而在物联网云平台与边缘计算的辅助下, 这一问题可以得到根本上的解决。基于此, 本文从数字孪生车间建设工作发展现状入手, 结合实际深入分析物联网云平台与边缘计算的具体需求以及其中应用到的技术、理论, 以期高效节能地优化生产调度, 在确保资源合理运用同时, 保持峰值效率, 保障生产安全, 以更好地满足智能制造、绿色制造需求。

关键词: 物联网; 边缘计算; 数字孪生; 车间建设

引言

物联网云平台与边缘计算和数字孪生车间之间的有效结合, 可以切实提高动态调度工作的效率、质量, 让车间的智能化、网络化、智慧化水平的提高。从物联网云平台的角度来看, 数据采集、数据整合等工作可以得到进一步落实, 车间内设备之间的联系性增强, 从边缘计算的角度来看, 车间的数据映射、远程控制、数据处理、数据分析等工作增强, 实现了自适应数据采集策略。因此, 基于物联网云平台与边缘计算构建全新数字孪生车间具有重要价值。

1. 数字孪生车间建设现状

数字孪生是一种完全匹配自适应模型, 这种基于复杂物理系统打造的系统可以让车间生产调度工作得到更加科学地落实, 让物理实体和虚拟部件实现有机结合。数字孪生系统在实际运行过程中集成、聚合多方面的数据, 从而准确、全面地落实决策, 企业在进行现代化、机械化、信息化改革发展的过程中, 需要承担更多的生产任务, 在面对日益复杂合作关系的同时, 生产连续性必须要得到保证, 数字孪生技术让车间的生产工作拥有了全新的出路, 实时性、可灵活性得到提高。在数字孪生车间的基础上, 加入了物联网云平台和边缘计算技术, 可以更好地响应实际生产过程中发生的动态事件, 数据处理能力、数据传输能力、数据安全性都得到了不同程度的提高, 也解决了调度计划和实际生产之间的偏差, 在物联网云平台的基础上, 让边缘计算和云计算、雾计算相结合, 可以更好地满足智能制造需求, 确保资源得到合理的调度。

企业、车间在实际发展过程中, 需要根据订单数据、订单情况制定出科学的生产计划, 这就需要车间全面收集生产信息, 及早发现其中可能存在的问题, 调整生产计划、调度计划, 作出科学的调整转变, 尤其是生产供给、资源配置等方面都需要得到系统的优化, 以此更好实现一体化、集成化、数字化生产。比如: 某车间为了提高生产决策工作效果, 构建形成了基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间, 全面收集企业的信息数据以及订单信息, 对比分析企业生产指

标情况, 进而科学地调整生产目标、资源配置, 让资源得到最优化、最大化配置, 企业可以引入最新的数字化技术, 包括深度学习、知识图谱、自主学习、数据处理, 通过模型分析完成对信息数据的整合, 配合生产计划、管理决策工作开展常规工作处理, 让企业真正意义上实现数字化转型发展。在这个过程中, 智能化系统分为决策层、管理层和业务层三方面, 借助业务流程建模构建出可视化、透明化的管理平台, 打造出敏捷、高效的经营模式, 实现系统和业务同步更新^[1]。

2. 基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间建设技术分析

2.1 基础理论算法分析

基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间建设过程中, 边缘协同调度算法必须要得到落实, 以此能够更好地确保生产调度工作得到动态化发展, 根据实际情况, 让方案的可行性得到提高。从目前来看, 神经网络、预测模型、任务包 FJSS 是最为关键的三个方面。在实际发展过程中, 如果订单规模较大, 那么要进一步提高调度效率, 尤其是要合理地分配算法任务, 让生产任务在最短时间内完成。图 1 为算法任务自适应分配动态生产调度工作流程图, 在实际计算分析的过程中需要明确具体的车间数量、工件订单数量、神经网络数量, 从而得到一个完善的生产能力预测模型, 确定具体的训练样本数量以及具体的子任务包数量, 从而完成 FJSS 的算法自适应分配工作^[2]。

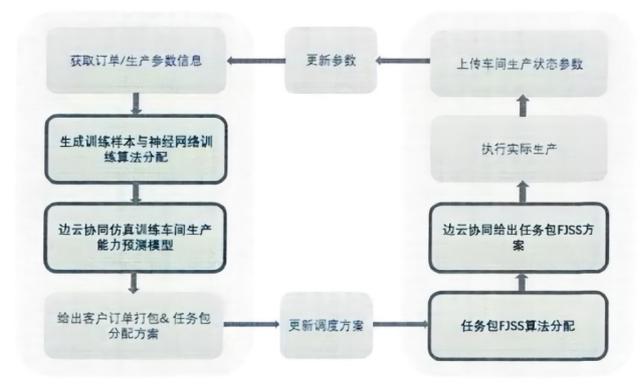


图 1 算法任务自适应分配动态生产调度工作流程图

需要注意的是，基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间对任务流程有着严格的需求，工件打包和任务包分配需要建立在训练样本和神经网络之上，在分配工作完成后才可以进行任务包的FJSS。需要注意的是，如果车间生产参数或者订单出现变化，调度方法需要更新时，必须要重新进行上述计算步骤，以此确保数字孪生车间可以正常运作。相比较传统的数字孪生车间而言，这种建立物联网云平台和边缘计算基础上的算法自适应分配动态预测模型，可以更好地在云端和边缘侧计算位置上完成自适应分配，根据分配结果了解不同的车间生产能力情况，实现科学的控制。从实际仿真实验分析来看，基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间生产调度效率提高，随着生产任务规模增加这种优势更加明显，不仅可以及时地刷新边缘侧参数，出货节奏也得到了提高，对企业本身的发展具有极大的帮助。未来还可以将机器负载、加工能耗、加工成本等生产因素引入其中得到性能更优的预测算法，同时不断降低计算复杂度，让车间的生产工作更加平稳、高效运行。公式(1-6)为任务包FJSS算法任务自适应分配方案流程，同时借助贪心算法求解任务包FJSS算法任务分配问题。其中b表示边缘作业车间调度节点的数量，b+1表示云端生产调度系统计算位置的数量，q表示任务包数量，t表示任务方案所需要的时间，k表示对应计算位置上分配得到的任务包数量。其中i的取值范围在0~b，公式(2)和公式(3)分别为公式(1)对不同状态下的初始问题转化，在假设存在最优解的前提下，可以得到公式(4)，但公式(4)并非最优解，根据最优解的状态可以确定最终这一问题的解为公式(5)，而在明确初始解的基础上可以得到最终的公式(6)，配合相应的算法程序，并且重复公式(1-6)可以将所有的任务包进行科学分配。

$$\arg \min_{k_0, k_1, \dots, k_b} \max (t_0 k_0, t_1 k_1, \dots, t_b k_b) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=0}^b k_i = q, k_i \in N \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=0}^b k_i = q, k_i \in R^+ \quad (3)$$

$$t_{\max} k_{\max} > t_{\max} (k_{\max} - \varepsilon) \geq t_{\min} (k_{\min} + \varepsilon) \quad (4)$$

$$\tilde{k}_i = \frac{q}{t_i \sum_{j=0}^b \frac{1}{t_j}} \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^b \text{floor}(\tilde{k}_i) \leq q \quad (6)$$

2.2 物联网云平台技术分析

数字孪生系统是一种交互性极强的运行系统，因其本身的全流程、全要素、全业务特点，在诸多车间得到了广泛应用。根据具体的情况来看，基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间一共可以分为五个层次，分别为物理层、边缘层、服务层、传输层和应用层。物理层是最为基础的部分，物理层涵盖了车间内的所有实体，包括但不限于人、机、料

等，在物联网技术的辅助下，车间内实现互联互通，对车间环境展开系统的监控，在传感器等设备的辅助下，可以建立良好的驱动体系，实现数据之间的传递，车间内采集得到的运行参数和基本数据都会得到更好的落实。边缘层是边远计算实现的重要架构，位于物理层和服务层之间，在接收到相应的设备参数数据后，借助边远层实现数据转换，为服务层通过参考。在边远计算落实后，车间自动化水平也会得到根本上的提高，在自动识别、故障预警等方面上效果突出，实现了动态化感知。服务层是基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间中必不可少存在，在实际设计过程中，为车间提供不同的服务，在边缘层提供的数据支撑下，对护具流转服务展开进一步的加工处理，为企业车间提供信息化服务。传输层位于服务层和应用层之间，具备双向传输功能，在实际应用过程中，传输层不仅可以实现应用层和物理层的数据映射，还可以支持应用层传输数据，实现远程控制^[3]。应用层最为关键，是人机交互的主要架构，系统在实际发展过程中，实现交互主要功能包括三维可视化、自动巡检、虚实联动等方面内容功能，从而让数据得到有效存储，确保车间稳定落实，图2为三维常见运行模式结构。在数字化和智能化技术有机融合的过程，能够实现二维和三维之间的协同设计，确保数据的有效性。从企业车间的角度来看，在生产经营过程中存在诸多复杂的工艺装置，借助数字化、智能化技术的控制，可以在工艺装置之间构建形成良好的工作联系。

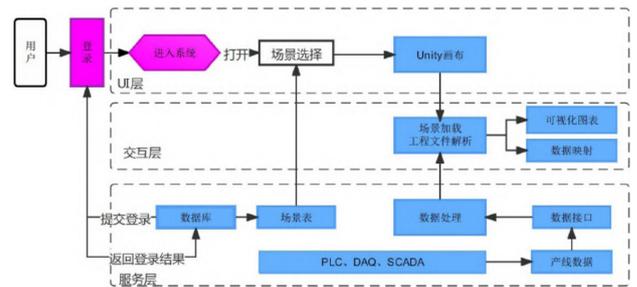


图2 三维常见运行模式结构

2.3 边远计算技术分析

边缘计算是最为关键的存在，尤其是在基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间中，边缘计算体系的构建直接关系到最终的执行、管理系统，也是实现人机交互的核心关键。其中边指的是边远计算网关，采集、通信、计算、分析、控制都是由其进行服务，数据处理、分析能力相对较强。在物理层硬件终端，可以实现对设备参数、环境参数、运行参数等多种基础数据的检测，但从目前来看，边远计算需要实现全局化、整体化的管控，实现对数据节点的精准、深度挖掘，为车间生产、运行、调度提供有效数据。在边远计算的支撑下，数据孪生系统能够高效完成数据处理，满足系统的实施需求，为数字化转型提供有效支撑。在边缘端中包括了诸多节点，分别为：中间件节点、知识模型节点、计算单元节点，在边缘计算的支持下可以实现智能处理、反馈控制，打造出



合适的知识模型。在实际生产过程中,实现了数据标准化处理,能够完成多视图监测分析,和仿真预测分析,在不同的节点上实现知识模型,完成局部工艺参数优化,让整体加工效率得到最大程度的提高,为后续的发展奠定良好的基础。边缘计算工作以动态调度工作为主要内容,需要结合具体的车间需求展开工作,从目前来看,基于边缘计算可以建立形成知识模型,完成知识采集,打造出完善的ECDTJ-DC模型,切实满足车间生产调度优化需求,让生产调度优化需求最大化。从实际运行效果来看,在ECDTJ-DC模型的辅助下,数据调度规则得到了充分的落实,计算负载也会得到科学的分配,运行效率极大提高。尤其是在复杂、动态的车间调度环境中,边远计算的引入,可以让调度效果进一步优化,解决车间阻塞流问题,让调度工作中存在的问题得到妥善解决。需要注意的是,在实际设计的过程中,需要对调度规则进行挖掘,进而结合边远计算,完成负载计算分析,让计算运行效率得到提高。从实际仿真测试结果来看,边缘计算工作格外关键,无论是数据环境的搭建,还是数据采集,都需要得到重视,遵从相应的数据采集方案,落实系统的数据采集工作^[4]。

2.4 实际案例分析

以某车间为例,将其改造成为基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间,在这个过程中严格按照智能标准车间进行改造升级,确保现场所有设备能够对接到物联网云平台,同时实现了边缘计算和数字孪生生产方案。从仿真实验效果来看,数字孪生系统可以帮助工作人员全面系统地监控设备状态,并且显示数据上的变化,在这个过程中可以重现所有设备的运行状态,在控制面板上输入运行参数,可以实现高效率的控制工作,让数字孪生系统科学地运行。从数据传输实时性效果来看,基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生

车间实时性得到了极大的提高,实现了虚实联动,在边缘计算技术的辅助下,计算工作得到全方位、实时性增强,生产效率、生产安全都得到了保证^[5]。最为关键的是,故障预警、自动巡检等工作也可以在这一系统下完成,综合来看,系统本身具备较优的实时性、交互性和适用性。在实际运行过程中边缘计算实现了实时数据采集,从而对虚拟车间运行实现全面系统的控制,实时虚拟联动效果突出。

3. 总结

综上所述,基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间建设分析,旨在提高数据融合、数据采集等方面的工作,从根本上优化车间生产方案,提高车间运行性能。从实际计算结果来看,基于物联网云平台与边缘计算的数字孪生车间运行效果突出,具备可行性和有效性,未来还可以进一步形成全景式的数字孪生车间,打造出智能智慧工厂。

参考文献

- [1] 杨一帆, 邹军, 石明明. 数字孪生技术的研究现状分析 [J]. 应用技术学报, 2022, 22 (02): 176-184+188.
- [2] 王超, 鲁效平, 孙明, 孙贺, 于晓义, 江民圣. 数字孪生技术在智能轧钢车间的应用与探索 [J]. 轧钢, 2022, 39 (03): 85-90.
- [3] 陶飞, 张辰源, 戚庆林. 数字孪生成熟度模型 [J]. 计算机集成制造系统, 2022, 28 (05): 1267-1281.
- [4] 庞建军. 基于数字孪生的数字化车间升级方案及实现 [J]. 制造技术与机床, 2022 (04): 165-171.
- [5] 赵一丁, 闫兴非, 姚嘉轶. 数字孪生技术在装配式桥梁构件生产中的应用 [J]. 四川水泥, 2022 (03): 77-79.