

流程企业计划调度体系结构研究

贾勇^{1,2}, 罗焕佐¹, 宋国宁¹

¹(中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁沈阳 110016)

²(中国科学院研究生院, 北京 100086)

E-mail: jia yong@ms.sia.ac.cn

摘要: 以石化企业为背景, 在深入分析流程企业计划调度系统结构特征的基础上, 结合流程企业计划调度的关键目标, 提出了一种基于模型的中心化流程企业计划调度通用结构, 突出了计划调度的中心地位. 以此为指导, 进一步建立并实现了基于知识的智能计划调度总体结构, 为流程企业生产系统的运行优化提供了方法论的指导.

关键词: 流程企业; 计划调度; 体系结构

中图分类号: TP273+.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1220(2005)03-0540-04

Research on Architecture of Planning and Scheduling for Process Enterprises

JIA Yong^{1,2}, LUO Huan-zuo², SONG Guo-ning²

¹(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

²(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086, China)

Abstract: After analyzing the core and characters of planning and scheduling system of process enterprises, such as the refinery, a kind of central architecture is proposed. And a new planning and scheduling system model for process enterprises is established. This architecture model gives prominence to planning and scheduling. And then, a new knowledge-based intelligent architecture is realized. Therefore, it can provide a methodology for operation and optimization of process production system.

Key words: process enterprises; planning and scheduling; system architecture

1 引言

流程企业生产批量大、生产周期短, 生产过程连续, 对生产调度的实时性、准确性有较高的要求^[1]. 因此, 流程企业的信息化主要是在保证安全生产的前提下, 以生产过程优化为核心带动管理优化, 从而使企业达到整体优化. 作为生产过程的核心, 计划调度系统是制约流程企业发展的瓶颈所在, 也是企业核心竞争力的关键所在. 与离散制造业的计划调度相比, 流程企业的生产过程中离散决策变量与连续决策变量共存, 需要建立相应的过程模型来对连续生产过程进行系统分析, 为计划调度提供反映生产实际的约束条件, 因而基于BOM等离散变量概念的MRPII、JIT等模型结构都不再适用, 必须根据流程企业的生产特点, 建立新的适合流程企业的计划调度系统结构模型.

近年来, 国内外学者在这方面也作了一定的研究, 取得了一些成果. 如美国普渡大学提出的五层普渡企业参考体系结构^[2], 重点解决了流程企业计算机集成制造的分层结构问题, 但层次划分过多, 信息流通不畅; 最初由美国AMR(Advanced Manufacturing Research)提出, 并由东北大学柴天佑等人在国内提倡的三层BPS/MES/PCS结构^[3], 解决了由于层次复杂而带来的信息流通不畅的困难, 实现了企业的扁平化管理, Guang xiong等提出了面向生产过程优化的流程企业计划调

度体系结构^[4], 重点解决了流程企业生产过程中的异常情况调度及资源优化配置问题, 但没有说明计划调度系统与其他系统的信息集成问题, 弱化了计划调度的动态特征, Meyer等提出了面向供应链的先进计划调度体系结构^[5], 重点解决了流程企业生产计划的盲目性, 建立了以市场价格为导向的流程企业先进计划调度系统, 但这种结构没有强调生产过程中的优化问题. 上述这些研究成果, 虽然从不同侧面解释了流程企业计划调度系统的特征, 但均难于从根本上提供方法论的指导; 因此, 建立一种智能化的通用计划调度体系结构, 不仅对流程企业CIMS体系结构的研究具有重要的理论意义, 而且对解决流程企业生产优化问题也具有十分重要的现实意义. 本文基于这一思想, 对流程企业计划调度的体系结构进行了系统的研究, 进一步突出了计划调度的智能和动态特征, 有助于提高流程企业适应市场变化的敏捷能力.

2 流程企业计划调度的关键目标

流程企业计划调度的系统结构取决于其生产经营的根本目标, 流程企业综合集成系统是一个十分复杂的大系统, 设备繁杂、产品关联度高、人员众多. 在综合集成系统中, 生产是基础, 没有安全稳定的生产就没有优质低耗的产品, 企业就成为无源之水、无本之木; 经营是核心, 企业的效益要靠经营去创造; 决策是关键, 企业在竞争中靠正确的决策才能立于不败之

地. 生产和经营是通过物流连接起来; 伴随物流的是资金的流动, 资金在生产和经营活动的循环中不断产生增值; workflow 决定着企业生产经营的整体架构, 与信息流一道贯穿于生产、经营、决策的各个过程中.

计划调度系统作为整个企业综合集成系统中的核心部分, 包含了物流、资金流、工作流、信息流等在内的过程流, 不仅要保证生产过程的安全稳定运行, 还要将经营决策层的管理信息传达到生产计划中, 调度信息反馈到过程控制中. 计划调度系统在整个企业综合集成系统中起着承上启下的作用, 是整个企业综合集成系统的关键所在, 因此, 要使整个企业优化运行, 必须对包括物流、资金流、工作流、信息流等在内的过程流进行优化. 流程企业计划调度的关键目标就是支持流程企业的过程优化, 使综合集成系统实现过程流的融合与优化. 由此, 基于流程企业生产经营的根本目标, 从管理、生产、经营不同角度入手, 可建立起具备不同特征的计划调度系统, 实现企业的整体优化.

3 流程企业计划调度的基本特征

3.1 面向管理层次的计划调度

3.1.1 五层结构模型中的计划调度

普渡流程企业 CIMS 结构是在计算机网络、数据库系统的支撑下, 由经营决策层、管理计划层、生产调度层、过程优化层、过程控制层等五个层次组成 (图 1), 其中, 经营决策层根据生产状况以及上级指令等信息, 针对企业发展情况作出决

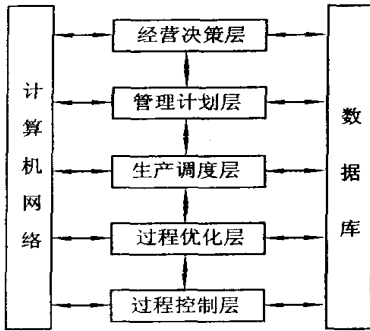


图 1 普渡流程企业参考体系结构

策; 管理计划层根据决策部门的指令, 参考市场价格、企业库存、生产需求等情况制定相应的生产计划、财务计划、物资供应计划、能源计划、检修计划等, 而生产计划的编制是根据对市场各种产品价格的预测、上级生产指令要求, 通过流程模拟的方式, 以一定的优化计算方法对生产流程中各生产设备作出月度生产计划; 生产调度层主要是将管理计划层制定的生产计划分解为短期计划, 并根据现有设备情况, 应用一定的优化算法, 对资源进行动态分配, 使计划能够正常执行. 此外, 对生产过程中的突发事件要有一定的处理能力, 最大限度地保证生产过程的正常运行, 降低生产成本, 获取最大利润; 过程优化层和过程控制层主要是实现对生产装置的操作优化、过程控制优化、DCS 控制和实时监控, 并通过数据采集系统实时采集各生产和储存设备的使用情况, 传递给生产调度层.

五层结构采用了横向分层的方法, 强调了管理的层次概念, 但是在这种结构中忽视了计划调度的统一, 计划调度系统居于第二层和第三层, 而实际上计划调度是一个相互间联系紧密的逻辑整体, 分为两层不利于整个企业生产流程的优化和信息集成. 此外, 层次过多, 将导致结构复杂, 不利于管理, 也不利于实现扁平化结构的要求.

3.1.2 三层结构中的计划调度

文献[3]中提出的三层结构(图 2)中, 最上层的经营计划系统(BPS)主要是负责企业生产经营决策过程, 其中包括产品的运输、销售、客户关系管理, 原料采购以及主生产计划的制定等等. 而制造执行系统(MES)层则负责生产计划的执行、生产调度、现场生产数据的采集等功能, 最下层的过程控制系统则聚焦于生产设备的监控.

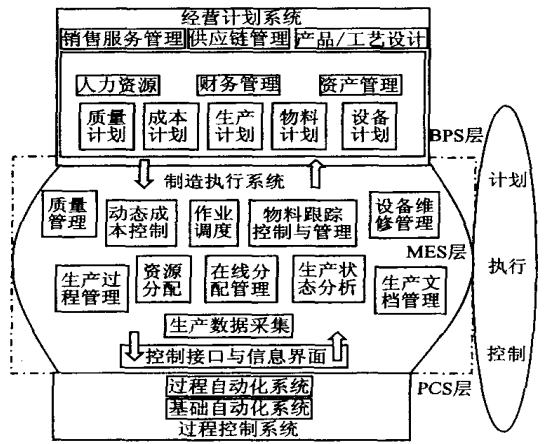


图 2 三层结构模型

三层结构中, 解决了层次过多而引起的概念混乱、结构繁杂的缺点, 实现了企业的扁平化管理, 是现在提倡的流程企业体系结构模式之一. 其中 MES 层, 主要强调了计划的执行(即作业调度). 但是, 对于计划调度来说, 这种结构不是一个完善的结构. 首先它过分突出了计划与调度的层次区分, 忽略了其计划调度的统一性; 其次, 它没有明确描述计划调度中各种过程流的信息, 因而难于通过计划调度系统实现过程优化.

3.2 面向资源配置的计划调度

面向资源配置的计划调度系统主要是根据企业有限生产资源对企业生产任务进行计划和调度, 它针对企业生产过程中各种突发事件(如生产设备故障等), 有效地调配资源, 在保证生产正常进行的前提下, 使企业所获得的总体利润最大, 文献[4]在分析炼油企业生产实际的基础上提出了面向资源配置的计划调度系统的体系结构(如图 3(见下页)所示).

这种结构将系统分为人机接口、问题求解、支撑共三个部分, 操作人员首先通过人机接口, 将指令输入到计算机中, 由系统对所要解决的问题进行建模分析, 再通过建立的模型找到相应的解决方案, 如知识库、混合线性规划、专家系统等各种解决方案, 最后由计算机进行求解, 输出结果.

这种面向生产过程资源集成的计划调度系统强调根据生产过程中出现的各种突发情况和生产资源的约束条件对生产资源进行调节和优化配置,实现了物流优化。然而,企业生产

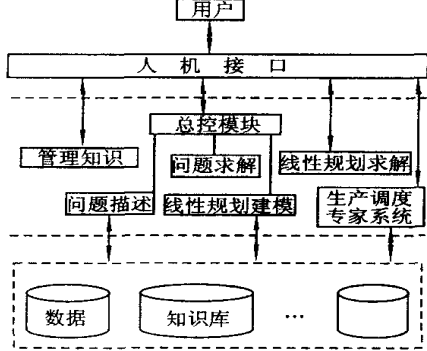


图3 面向资源配置的计划调度体系结构

经营必然要受到市场的影响,其生产计划的制定亦必然要受到原材料以及产品市场价格的影响,但该结构没有说明由于市场导向引起的计划调度过程中的资金流优化问题,从而难于使企业实现利润优化。此外,这种结构模型中各模块过于松散,模块之间关联度不够,因而缺乏必要的系统性。

3.3 面向营销过程的计划调度

面向营销的计划调度将生产计划看作整个供应链计划的一部分,企业根据客户订单和市场信息制定采购、生产、分销

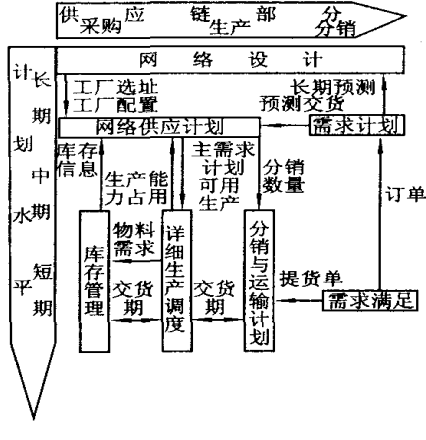


图4 面向营销过程的计划调度体系结构

和库存计划。根据供应链计划的决策目标和时间范围不同,文献[5]提出了面向供应链的先进计划系统分层式结构(图4)。图中的各方框对应于先进计划系统中各模块,箭头表示各模块间的信息流,该结构反映出通常处理计划问题的分层思想,降低了单一决策问题的复杂性。

这种分层结构以供应链的思想实现了计划调度与市场营销有机统一,实现了各分系统信息资源共享,使计划人员在制定企业生产计划的时候,可以充分考虑市场价格的影响,大大提高了企业生产计划对市场的敏捷响应能力,从而提高企业的竞争力。但是,这种结构忽略了计划调度本身的地位和支持

运行优化的目标,从而难于使企业达到整体运行优化。

4 流程企业计划调度的优化结构

4.1 基于模型的中心化计划调度

通过对流程企业现有计划调度系统体系结构优劣的分析,在对流程企业生产调度特征进行认真总结的基础上,综合考虑了计划调度系统中存在的物流、资金流、工作流等过程流的优化,本文提出了以计算机网络为基础,以关系数据库、实时数据库为支撑的基于模型的流程企业计划调度中心化结构(图5)。

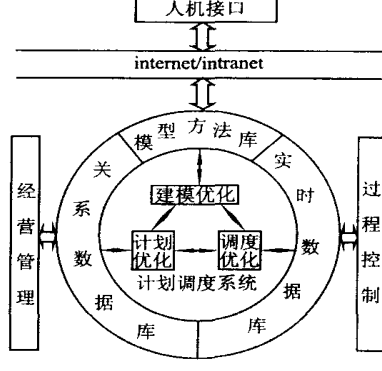


图5 基于模型的中心化计划调度体系结构

该计划调度体系结构以计划调度优化为核心,以数据库为支撑,有效地融合了经营管理、过程控制等系统。计划员通过人机接口将各种信息输入系统以实现人机交互,建模优化则是对现有生产流程进行分析,然后从模型方法库中选择最优模型进行建模,生成过程模型,实现了过程的协调控制;计划优化模块通过对现有产品销售情况的分析(来自经营管理系统),对现有生产装置的盈利能力进行评估,在满足各种约束的条件下,通过一定的优化算法,使制定出的各生产装置的生产计划尽可能的使生产产品的整体利润最大(即按资金流增值较大的顺序进行物流优化分配),在实现资源静态分配的同时达到了资金流、物流的优化;调度优化模块根据计划优化模块制定出的各生产装置的生产计划,参考分解为短期生产计划,下达到生产装置执行生产任务,实时监控各生产装置的运行状况,在出现异常情况时,通过一定的调度算法,处理异常情况,并在保证生产正常运行的条件下,使损失降到最小(按资金流损失较小的顺序分配物流),在实现资源动态分配的同时达到了资金流、物流的优化。经营决策系统将决策信息和各种采购、库存、销售信息存入关系数据库中,实现与计划优化模块的信息集成,过程控制系统将生产现场情况反馈到实时数据库中,并接受来自计划调度系统的指令。通过计划调度系统的活动分析与连接,使工作流从管理到计划调度再到过程控制的各部分信息交互能力大大加强,从而达到工作流的优化。

中心化结构解决了以前流程企业计划与调度系统体系结构中产销因素不能兼顾的问题,通过实现计划调度系统与

营决策系统、过程控制系统的信息集成,大大加强了计划调度系统对市场的敏捷反应能力;同时通过三个优化模块保证了问题模型建立及求解算法的正确可靠,从而使整个计划调度系统达到了物流、资金流、工作流的综合优化.此外,该体系结构强调了计划与调度的一体化,突出了计划调度的中心地位和数据库的支撑地位,其中,计划优化通过关系数据库与经营管理系统实现集成,而调度优化通过实时数据库与过程控制系统交互信息,从而使其可理解性大大加强,降低了系统的复杂程度,使整个系统结构显得简洁、明晰、直观.

4.2 基于知识的智能计划调度

由于生产流程的复杂性以及生产环境的可变性,使生产系统的不确定性增强,从而使得计划调度变得更加困难,计划调度系统需要更强的适应性和可伸缩性.传统的计划调度系统采用集中控制的方法进行排产和调度,使各分系统只能被动接受指令,整个系统的适应性和可伸缩性不强.近年来,国内外许多学者开始探讨用 MAS 方法来解决复杂系统的问题,并取得了一些成果,这表明 MAS 理论和方法适用于复杂的分布式计划调度系统问题的求解.

在基于模型的中心化生产计划调度结构的基础上,通过某炼油企业生产调度系统的实际开发,本文对计划调度系统结构作了进一步的研究,应用 MAS 理论,提出了基于知识的智能计划调度系统总体结构(图6),该结构是中心化计划调度体系结构思想的具体实现模型.

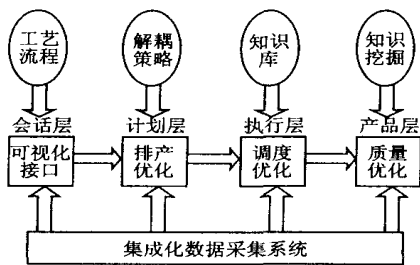


图6 智能计划调度系统总体结构

智能计划调度系统由会话层、计划层、执行层和产品层四个层次组成,整个系统以“智能”为核心,从排产、执行、产品等层次来构建智能化系统.在计划层主要解决智能排产问题,依据智能解耦策略,将生产流程进行智能解耦,从而得出优化的排产方案;在执行层,主要解决调度优化问题,通过智能知识库,使生产方案执行得到优化,并动态处理生产过程中的异常;在产品层,主要解决质量优化问题,在保证产品质量的前提下,按排产方案生产的产品通过优化组合可进一步提升质量层次,使利润最大化;在会话层,主要解决人机接口的问题,计划人员通过可视化智能接口与系统“会话”,这是计划人员介入系统的窗口,是系统透明性和可理解性的保证.集成化数

据采集系统负责采集经营管理信息和生产现场数据,然后转化为计划调度系统可用的数据,实现了计划调度系统与经营管理系统、过程控制系统的信息集成.

智能计划调度系统总体结构采用纵向分层结构模型,强调了计划调度系统的统一性,解决了以往计划调度系统分属不同层次而产生的信息流通不畅的缺陷,使得系统更接近实际,有利于系统内的信息集成,并通过集成化数据采集系统实现了与其他系统的信息集成.此外,本结构突出了智能性和自治性两个特点,使得各个系统在一定程度上能够独立进行诸如分析、推理、判断和决策等处理,各自系统之间通过协商机制合作完成共同的生产任务,这样整个计划调度系统能够适应更加复杂多变的市场环境和生产环境,大大提高了企业的综合竞争力.

5 结束语

流程工业是我国国民经济的支柱产业,由于流程生产本身的特点,使其生产调度问题成为提高企业综合竞争力的瓶颈所在.本文认为,流程企业计划调度的关键在于实现生产系统的运行优化.在这一思想指导下,本文以石油炼化企业为背景,面向整个流程行业,全面深入地分析了流程企业计划调度的结构特征,形成了基于过程流综合优化的计划调度体系结构模型.本文强调计划调度中心地位的研究结论,不仅对流程企业计划调度系统的开发有实际的指导意义,而且对计划调度方法论的研究也有积极的推动作用.

References:

- [1] Luo Huan-zuo. The technology of intelligent planning and optimal scheduling for process enterprises[J]. CIMS, 2003, 9(11): 980-983.
- [2] CIM Reference Model Committee, Purdue University. A reference model of computer integrated manufacturing from the viewpoint of industrial automation[J]. Computer Integrated Manufacturing, 1989, 2(2): 114-127.
- [3] Chai Tian-you. Contemporary integrated manufacturing system based on three-layer structure in process industry[J]. Control Engineering of China, 2002, 9(3): 1-6.
- [4] Gang Xiong. Production plan & schedule system used in modern refinery CIMS[J]. International Conference on Control Applications, 2000 September: 25-27.
- [5] Meyr H, Wagner M, Rohde J. Structure of advanced planning systems. Supply chain management and advanced planning[J]. Springer, Berlin Heidelberg New York: 75-78.

附中文参考文献:

- [1] 罗焕佐等. 流程企业智能排产与优化调度技术[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(11): 980-983.
- [3] 柴天佑等. 基于三层结构的流程工业现代集成制造系统[J]. 控制工程, 2002, 9(3): 1-6.