

基于Multi-agent的优化排产系统的分析与设计

王 玉¹, 罗焕佐¹, 牟洪健², 常 波²

(1. 中国科学院沈阳自动化研究所, 沈阳 110016; 2. 中国石油锦西石化分公司, 葫芦岛 125001)

摘 要: 以石化企业为背景, 从智能性和灵活性入手, 着重研究了基于Multi-agent的流程企业优化排产系统的流程分析和结构控制技术, 构建了基于对象设计技术的流程企业优化排产系统框架, 并结合可视化实现技术, 阐明了系统的应用前景。

关键词: Multi-agent; 优化排产; 系统; 分析; 设计

Analysis and Design of Intelligent Planning and Optimal Scheduling System Based on Multi-agent

WANG Yu¹, LUO Huanzuo¹, MU Hongjian², CHANG Bo²

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016;

2. Jinxi Petrochemical Company of China National Petroleum Corporation, Huludao 125001)

【Abstract】This paper is based on petrochemical enterprises. The technology of the flow analysis and the control structure of the optimal scheduling system in process enterprises is emphasized according to intelligence and agility. This system prototype is based on multi-agent technology. An optimal scheduling system model based on the technology of object design is elaborated and combines with visual implementing technology to illustrate the foreground of the system.

【Key words】Multi-agent; Planning and scheduling; System; Analysis; Design

石化企业是一种典型的流程企业, 它的生产过程连续, 必须依靠一个准确详实的生产计划来驱动。所以, 生产计划的优劣决定着企业经济效益的好坏。国内外的石化企业大都采用各自的优化排产软件, 虽然国外的一些软件在技术上比较成熟、功能比较完善, 但在使用上比较复杂, 对工厂设备的自动化水平要求较高, 并且要随着国外软件产品的升级而更新, 不符合我国石化企业的现状。所以研究和开发符合我国实际情况的计划排产软件是十分必要的。基于Multi-agent技术的合作求解方法提供了一种动态灵活、快速响应市场的运行机制, 其优点是速度快、可靠性高、可扩展性强, 能处理带有空间分布的问题, 对不确定性数据和知识有较好的容错性^[1]。由于高度的模块化特性, 能够澄清概念和简化设计, 因此, 将Multi-agent技术应用于流程企业的智能排产有着广阔的前景。本文结合石化企业实例, 阐述了基于Multi-agent的对象分析与设计技术的具体应用。本文的研究成果, 对开发具有自主知识产权的流程企业计划排产软件系统将提供有益的示范。

1 Multi-agent系统的基本特性

Agent原意为代理商, 后来被借用到人工智能和计算机科学等领域, 以描述计算机软件的智能行为, 称为智能体, 而多智能体(Multi-agent)系统已成为分布式人工智能研究的一个重要分支。在多智能体系统中, Agent是一个自主的实体, 它不断地与环境发生交互作用。多智能体的研究涉及到在一组自主的Agent之间协调其智能行为、目标及规划, 以联合起来采取行动或求解问题^[2]。在具体实现过程中, Agent之间可能是协作关系, 也可能存在着竞争。Agent以最大化自身利益为目标, 但在满足自身目标的前提下, 会与其他Agent进行合作达成全局目标^[3]。Agent具有如下技术特性:

(1)自治性(Autonomy)。具有属于其自身的计算资源和局部于自身行为控制和机制, 能在无外界直接操纵的情况下, 根据其内部状态和感知到的(外部)环境信息, 决定和控制自身的行为。

(2)主动性(Proactivity)。具有根据内部状态和外部环境, 产生面向预定目标的主动行为的性能, 称为“主动性”或“预见性”。例如, Internet上的Agent可以漫游全网, 为用户收集信息, 并将信息提交给用户。

(3)反应性(Reactivity)。能感知环境, 并对环境作出适当的反应。

(4)可动性(Mobility)。可在其所处环境中随意流动或移动, 去访问各种有关场合的服务设备, 获取信息、查询数据、传递消息、提取知识、执行命令、采取行动, 具有“可动性”。

(5)社会性(Social Ability)。具有一定的社会性, 即它们可能同Agent代表的用户、资源或其它Agent进行交流。

目前, 多智能体系统的研究非常活跃, 通常应用在比较复杂的、韧性高的、动态的、开放的分布式环境中^[4]。在这样的环境中, Agent不仅要保持对紧急情况的及时反应, 还要使用一定的策略对中短期的行为作出规划, 以及通过通信语言实现与其它Agent的协作及协商。随着人工智能和计算机技术在流程企业中的广泛应用, 多智能体系统为生产计划领域提供了更有效的手段^[2]。其突出优点在于其广泛的适应性、设计的简单性和所设计出来的系统在运行中所表现出的良好性能。

2 优化排产系统的流程分析

基于Multi-Agent的优化排产系统的数据计算与主要功能流程如图1所示。系统主要由用户登录、用户管理、流程建模、毛利计算、连接矩阵、毛利矩阵、进行分配、切割调整、生成流程、优化切割等功能模块构成。

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2001AA413410)

作者简介: 王 玉(1977-), 女, 助工, 主要研究方向: 智能优化方法, 企业信息化; 罗焕佐, 副研究员; 牟洪健, 高级经济师; 常 波, 统计师

收稿日期: 2003-10-17

E-mail: wangyu@ms.sia.ac.cn

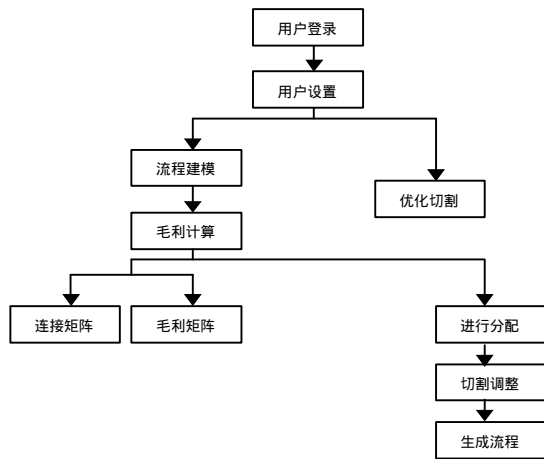


图1 优化排产系统主要功能流程示意

系统通过各个产品的价格、装置成本、收率等参数计算出各个装置的最大毛利；通过计算出的毛利，分配选择路线；调整切割方案，进行分配及再调整；计算出各个装置的加工额。

以石脑油为例，首先在流程建模模块中可以按照企业实际情况进行实体建模，如图2所示，根据实际情况，石脑油可以经过重整这条加工路线。

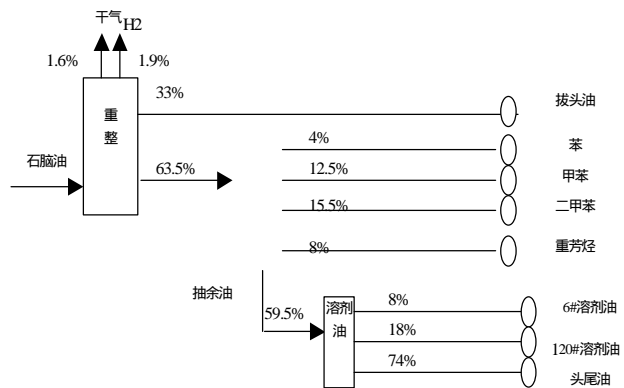


图2 加工路线示意图(一)

然后，根据建模中设定的各个产品的价格、装置成本、收率等参数，在毛利计算模块中计算出石脑油在这条路线上的总毛利 = 拔头油的价格 × 33% + 芳烃抽提的总毛利 × 63.5% - 重整装置的成本。同样，根据实际情况石脑油也可以经过如图3所示的加工路线。

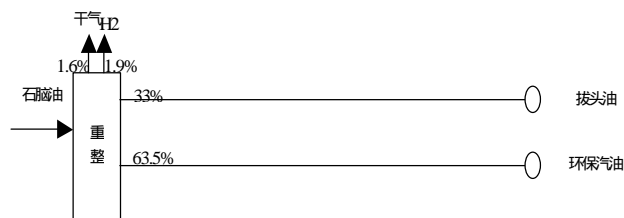


图3 加工路线示意图(二)

石脑油经过这条重整装置之后的毛利为：

毛利 = 拔头油的价格 × 33% + 环保汽油的价格 × 63.5% - 重整装置的成本。

然后，比较石脑油经过这两种加工路线后计算出的毛利和毛利，选择分配路线。在分配模块中按照现有的切割数据进行分配，算出每个装置的最大毛利，然后根据这个最大毛利，在切割模块中进行切割，使其切割方案尽量向毛利

大的组分油靠拢。这样经过几次调整，形成原油切割分配方案。最终计算出各个装置的加工额，并生成优化排产流程。

3 优化排产系统的Agent控制结构

3.1 排产Agent系统的对象设计

优化排产系统采用面向对象设计 (Object-oriented Design, OOD) 技术进行问题解决方案的设计工作，它将问题的解决方案表为“类 + 关联”的形式，具体步骤如图4。

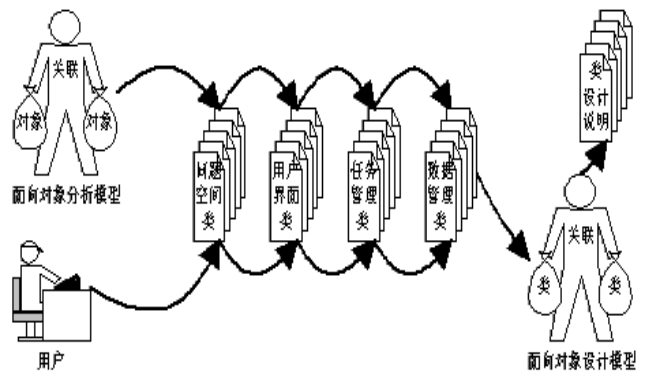


图4 面向对象设计工作内容和步骤

其中，类包括问题空间类、用户界面类、任务管理类和数据管理类，是从设计的角度出发对问题解决方案中的对象的抽象和描述，关联则用于描述这些类和类之间的关系^[5]。因此，面向对象设计工作主要包括问题空间类、用户界面类、任务管理类和数据管理类的设计。

与以往对象设计最大的不同是：系统中的Agent具有主动性，即给定一个目标后，系统通过类与类之间相互作用，并根据目标可以给出合适的计算机操作步骤。以系统中的任务Agent为例：首先，根据问题的面向对象分析模型设计建立问题解空间中的问题空间类；然后通过问题空间类中确定的任务目标函数，在问题空间类的基础上设计建立用户界面类、任务管理类和数据管理类，为了达到目标函数的值最大，由任务Agent调用用户界面类、任务管理类和数据管理类等各类相互作用，形成了一个智能封装体；最后，分别对系统的用户界面类、任务管理类和数据管理类的设计进行详细说明，按照有关规范编写设计说明书和进行复审，完成对问题的面向对象设计建模^[6]。

3.2 排产Agent系统的协调控制

在“基于Multi-agent的流程企业智能优化排产系统”中，系统内的各种资源(人员、设备和数据等)都与Agent相关联，代表相关资源参与协作活动，其控制结构如图5所示。

这种结构将系统分为人机接口、问题求解、资源共3个部分，计划排产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，在通过建立的模型找到相应的解决方案，使制定出的各生产装置的生产计划尽可能使生产产品的整体利润最大，最后由计算机进行求解、输出结果。系统包括如下几类类型的Agent：

(1)接口Agent。代表用户参与活动的主体，用于同用户交互、从用户获取指令信息，同时将系统执行的结果返回给用户。它负责系统的总体控制与协调，完成任务规划与分解，管理并监控其它Agent的行为；提供装置的可视化对

象，接收来自用户的指令，并将排产方案显示给用户，实现人机交互的显示优化，让排产人员能够以图形组态方式将原油在企业中的流动过程与其经过的一系列装置清晰地显示在界面中显示出来。

(2)任务Agent是整个系统的关键，主要包括最优切割Agent、最优分配Agent和毛利网络Agent。其中毛利网络Agent生成毛利网络，按递归方式算出各条侧线的毛利；最优切割Agent按照各侧线的毛利系数进行最佳切割，并将结果计算汇总；最优分配Agent按照各入口装置的毛利系数、物料平衡和能力约束进行最佳分配。

(3)资源Agent。它是其它Agent运行的基础，它与系统内的资源相关联，如数据库、知识库等。它接收资源的请求并启动相关资源，执行请求操作，将操作结果返回给进程。

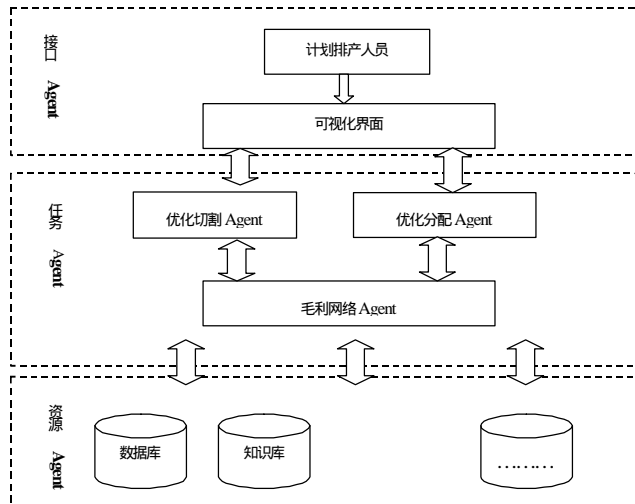


图5 优化排产系统Agent协调控制示意图

4 智能排产系统的可视化实现

可视化实现技术是将系统中信息和数据转换为人们可以直观、形象理解的图形界面表达方式。通过使用GUI图形界面技术和图形化动态建模等可视化实现技术，本系统实现了“动态”、“交互”、“智能化”的人机界面，从而使系统更易于人们使用。

在智能优化排产系统的构建中，始终遵循“智能化”这一核心准则。智能化最直接的体现就是用户操作界面的简洁性和可理解性。本系统是基于Agent的分布式智能系统，各种装置可以作为基本的智能Agent进行工作，操作人员可以观察到流程中的每个装置并与每个装置Agent进行“对话”，了解各个装置内负荷、收率、成本等各种信息，据此判断生产计划方案是否符合实际工艺规律，从而提高最终的排产结果的可信度。

操作人员还可通过与装置Agent的“对话”，改变某些不合理的参数，参与排产过程，从而纠正了过去优化系统不透明、不可信的根本缺陷。实现“动态”、“交互”、“智能化”的人机界面。

以功能模块中的流程建模为例，它对炼油的生产加工过程进行动态建模，可以按照本企业实际情况进行实体建模，通过可视化界面，用户可以在相应区域实现复杂的添加、修

改、删除装置和产品等交互任务；在插入新装置的同时，为新装置或产品设置相应的属性，如图6、图7所示。

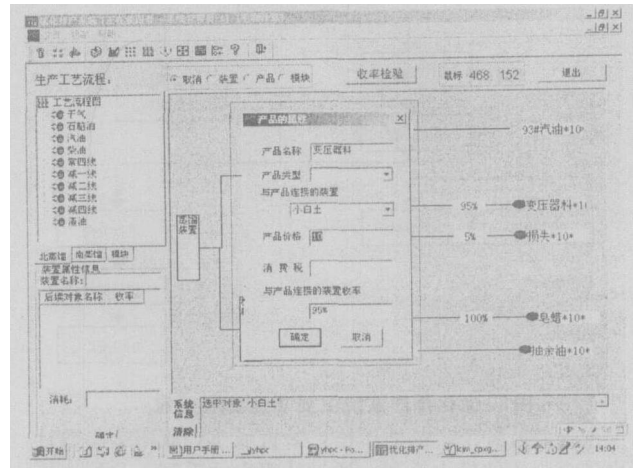


图6 可视化界面示例一

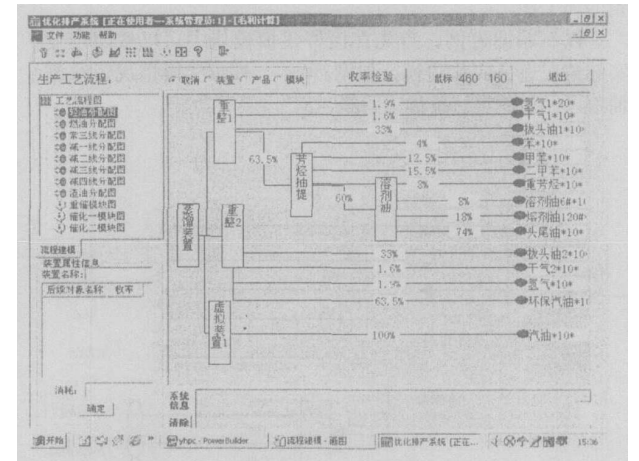


图7 可视化界面示例二

5 结束语

多智能体技术在流程企业优化排产系统中的应用研究已成为当前研究热点之一。本文采用多智能体技术构建流程企业智能优化排产系统模型，着重介绍了系统的流程分析和结构控制技术，而且实现了流程企业优化排产的可重用和可扩充。当前，以计划调度为核心的流程企业优化技术研究受到越来越多的关注。随着多智能体技术的发展，该研究必将具有良好的发展前景及重要意义。

参考文献

- 1 罗焕佐，流程企业智能排产与优化调度技术. 计算机集成制造系统, 2003, (10)
- 2 史忠植. 高级人工智能. 北京: 科学出版社, 1998
- 3 李莉. 基于Multi-agent的虚拟企业集成框架研究. 中国机械工程, 2002, (3)
- 4 Wooldridge M. Intelligent Agents: Theory and Practice. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2)
- 5 王博, 晓龙. 面向对象的建模、设计技术与方法. 北京: 希望电脑公司, 1996
- 6 蔡希尧, 陈平. 面向对象技术. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1993