

文章编号:1000-582X(2003)12-0043-05

炼钢物流仿真系统的设计与开发*

张 鲲¹, 高小强², 郑 忠¹, 赵克文³, 宋国菊³, 张大德³, 陈小平³

(1. 重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044; 2. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044;

3. 攀枝花钢铁集团公司, 四川 攀枝花 617067)

摘 要:针对炼钢生产物流情况,在确定系统的设计目标和设计原则基础上,综合运用赋时着色 Petri 网和排队网络方法,以面向对象技术设计和开发了炼钢物流仿真系统。设计的仿真系统具有建模、运行、模型管理、数据管理、动画展示、结果分析和在线帮助功能。介绍了该系统的总体结构和数据流程,以攀钢提钒炼钢厂主物流的输入条件进行了实例仿真,检验了仿真系统的有效性。仿真结果还可提供炼钢生产调度的 Gantt 图和仿真结果统计分析,可用于辅助炼钢生产管理决策。

关键词:炼钢;物流;仿真;软件开发

中图分类号:TP273;TP393

文献标识码:A

炼钢生产作为钢铁企业的一个重要环节,其生产质量和管理水平直接影响到最终产品——钢材的质量和成本。在炼钢生产中,合理的生产计划及其动态调度策略是实施有效的生产组织与管理、保证物流畅通的关键。目前国内大部分炼钢厂的计划制定特别是计划调整主要由人工完成,效率低、计划不尽合理,调度人员工作量大、难以实现调度优化。

仿真是通过模型对真实系统进行模拟的一种方法^[1]。随着计算机仿真技术的不断发展,仿真技术已广泛应用于国民经济的各行业。早在 1988 年,按产值排名的美国前 500 强企业,其生产的各个环节就已应用了仿真技术;仅 1991 年,仿真技术就为英国节约了 3 亿英镑的资金^[2]。世界发达国家对仿真技术的认识和应用已很普遍,仿真技术在我国的水利建设、机械制造、电力工业、航空航天以及人文社会科学领域也已得到应用^[3]。

在钢铁制造业中,贯穿于钢铁企业制造流程各环节的仿真也将成为生产调度和管理决策的有力工具。目前关于炼钢物流系统的仿真研究有日本 NKK 公司的炼钢过程调度系统^[4]、宝钢的柔性炼钢连铸仿真调度系统^[5]、上钢三厂的全连铸调度系统^[6]等。已有的研究大多侧重于炼钢-连铸过程某一具体环节的调度问题。笔者以炼钢生产全流程的物流为对象,考虑不同炼钢物流模式和物流调度策略的仿真问题,运用面向对象的组

件技术,以 Petri 网和排队网络相结合的方法建立仿真模型,设计开发具有可扩展性和适应性的炼钢物流系统仿真软件,通过实例仿真,检验其有效性。

1 炼钢物流仿真系统的设计目标与设计原则

炼钢物流是一个复杂的离散/准连续的随机系统,其主要的物质对象是待加工的高温铁水与钢水,随着过程的进行,它将发生包括化学成分、温度和物态在内的物性改变和位置迁移。并且作为产品的钢坯品种规格不同,冶炼的钢种、物流性质、工艺路径以及处理时间等也随之发生变化。因此,要保证炼钢生产的正常进行,就要求生产组织者具有较高的管理水平与协调能力。

针对炼钢生产环境与加工对象的复杂性,为了使炼钢物流仿真系统能够适应复杂冶金过程生产组织和管理的要求,炼钢物流仿真系统的设计目标是为炼钢厂的生产管理提供流程优化、物流控制和管理等的决策支持工具。作为一个功能完善、操作简便、界面友好、图形直观易懂的软件系统,炼钢物流仿真系统的设计原则如下:

1) 可用性。充分考虑炼钢物流仿真系统的潜在用户的需求,并使软件的人机交互界面友好、操作简便。

* 收稿日期:2003-08-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50174061);重庆市科技攻关资助项目(6717)

作者简介:张鲲(1977-),男,内蒙古乌海人,重庆大学硕士,从事复杂系统仿真研究。

2)通用性与可移植性。系统的数据接口应具有好的通用性和可移植性,系统输入数据库、仿真结果输出数据库与结果统计处理数据库的数据结构、表结构、视图结构遵循规范,程序编码中采用信息屏蔽原则,不使用语言标准文本以外的语句。

3)可靠性。软件的程序实现要具备较高、较强的容错能力及各种可能的误操作保护能力。

4)灵活性和可拓展性。应用面向对象技术便于分析复杂的炼钢物流仿真系统对象和数据关系,可使仿真软件系统具有良好的灵活性和可拓展性。

2 炼钢物流仿真系统的功能要求

炼钢物流仿真系统的主要功能是对炼钢厂的生产组织模式、生产计划的制定和调优、生产调度策略等进行仿真。仿真系统应能在给定的工艺布局等条件下对流程各环节的物流量和物流时间进行仿真,获得对流程物流和物流时间的定量认识;当炼钢生产物流通畅时,可以依照合同编制生产计划,选择优化的物流路径,缩短物流处理时间、减少运输尤其是等待过程的温降;当物流存在瓶颈或堵塞时,能够模拟突发事件的发生,并根据仿真结果,提供合理的解决方案,消除瓶颈或排除故障。仿真系统还应具备从仿真模型建立、仿真运行、仿真结果输出各环节的可视化表达功能。在进行需求分析的基础上,明确了系统的如下功能要求:

1)能够实现按照真实生产情况进行建模、仿真运行、动画展示、结果的存储与可视化表达等主要功能;

2)能够模拟物流畅通、阻塞、故障等多种情况,及时显示系统的瓶颈位置;

3)系统性能可靠,响应迅速;

4)具有足够的数据处理能力,以满足复杂炼钢物流仿真的数据处理要求;

5)能提供系统故障处理提示或帮助信息;

6)系统界面友好,便于使用和维护。

3 炼钢物流仿真系统的体系结构

炼钢物流仿真系统按功能特点设计为仿真建模、仿真运行、模型管理、数据管理、动画展示、结果分析与在线帮助7个模块组成,各部分既具有独立的功能,同时又与其它部分的模块存在一定的相互作用。其体系结构如图1所示。

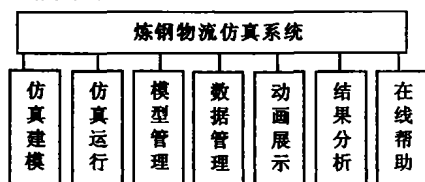


图1 炼钢物流仿真系统功能模块结构图

4 炼钢物流仿真系统的功能分析

4.1 仿真建模

仿真建模方式分为用户自主建模与自动建模两种,用户自主建模自由灵活,但在建模速度与规范方面不如自动建模。将炼钢物流系统中的各个处理环节抽象成一些基本的单元模块,通过提供给用户的相对自由的组态环境,用户可以根据实际情况进行组态,通过鼠标拖放,联线方式进行系统的自由组态;在自动建模方式下,根据系统提示明确仿真要求条件后,系统可自动生成待仿真的对象模型。

4.2 仿真运行

仿真运行是仿真软件的核心部分。仿真运行是通过仿真方法选择模块、路由算法模块和扰动处理模块来实现的。物流系统的仿真模型能否准确反映仿真对象的特性之关键在于模型的抽象与运行规则的设计是否符合实际的物流系统。仿真模型有基于Petri网与排队网络结合的模型,以及其它仿真模型,它们分别采用不同的建模原理构建,并预先封装在系统中,可以根据需要分别实现对炼钢生产物流运行情况的动态仿真。

Petri网模型具有图形建模的直观性和分析理论的严谨性,对带有并发性、异步性、分布式、非确定性、并行性的系统能进行有力的描述,已被广泛使用于物流系统仿真中^[7]。对于钢铁企业生产环境、生产设备以及加工原料,既存在与机械行业处理离散事件相类似的情况,又存在与化工行业处理连续事件相类似的情况,因此,所建模型要解决的是半结构化混合事件流问题。对这一类问题进行建模分析,可充分利用Petri网具有的应用范围广泛,描述能力强大,并易于程序化等特点,有效描述现有炼钢生产的物流系统。文中仿真实例采用的模型主要是在采用Petri网模型的基础上,结合排队网络模型来反映物流出现的瓶颈问题。仿真模型运行后的结果将存放于仿真结果数据库中,此数据库是仿真结果分析与仿真过程动画展示数据源的中间数据库。

4.3 模型管理

模型管理主要完成软件的实体模型与算法模型的系统管理。实体模型是经过建模模块对现实炼钢物流系统经过抽象后转变成仿真对象模型的图形化表达;算法模型是在实体模型的基础上,根据所选择的仿真方法以及仿真条件生成的用于仿真运行的针对某一特定实体模型的数学模型。

4.4 数据管理

数据管理是仿真软件重要的功能模块。快捷的数据传递与强大的数据管理功能是仿真运行的可靠保障。通过对软件功能的综合分析,可将炼钢物流仿真所涉及的数据分为静态与动态两部分存储于系统的仿真条件数据库、仿真结果数据库与统计处理数据库中。它们之间的关系如图 2 所示。

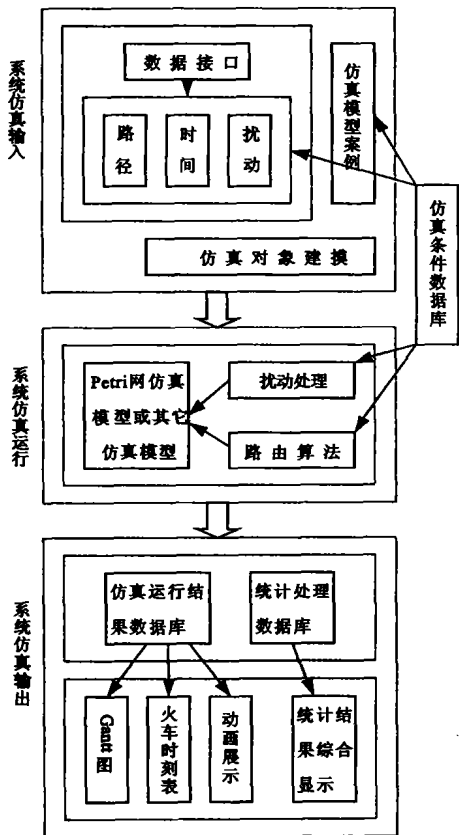


图 2 炼钢物流仿真系统结构与数据关系图

4.5 动画展示

动画展示是仿真软件的可视化途径之一。实体仿真对象在仿真系统中得以不同形式的抽象,处理设备被抽象为不同的图标,运输线路则被抽象为连线,运动过程中的铁水罐与钢包被抽象为线上运动中的点。在进行动画展示时,将相应数据库中的数据信息传递给抽象的实体模型,实体模型以可视化的动画展示效果将仿真运行过程的数据信息表达出来,从而将整个炼钢物流系统的仿真运行情况直观清晰地展现给用户。

4.6 结果分析

结果分析包括反映炼钢生产计划执行情况仿真的 Gantt 图、物流系统调度的火车时刻表与仿真系统统计数据组合图等部分组成,并可根据不同需要对仿真运行结果进行相应的统计分析。这些图表形式的直观表达方法,有助于辅助用户进行计划的制定与优化、动态计划的调整与调度策略的评价等。

4.7 在线帮助

炼钢物流仿真系统帮助模块具备对软件使用的引导与疑难解答两项功能。帮助文档操作简便,功能适用,可以满足不同层次用户的需求。

5 炼钢物流仿真系统的数据流程描述

基于上述软件模块的功能说明,并结合炼钢物流系统仿真的特点,给出仿真过程的数据流程描述如图 3 所示。

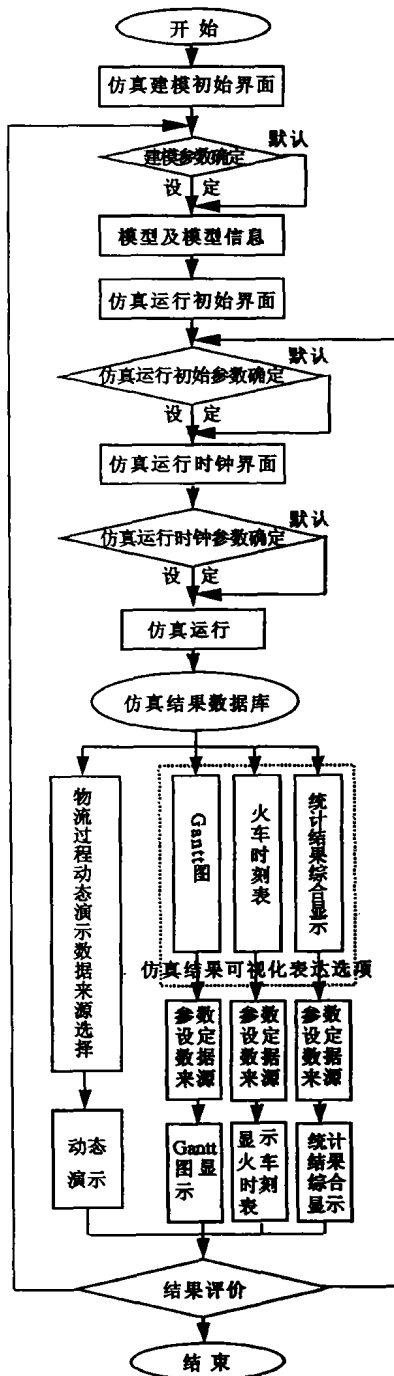


图 3 炼钢物流仿真过程数据流程图

6 炼钢物流仿真实例

为了检验开发的炼钢物流仿真系统,选择了某生产现场 16 个炉次的输入信息和未来计划可能的工艺途径进行仿真。所建立的仿真对象模型如图 4 所示,仿真所需的输入数据以及仿真模型参数等存储于仿真条件数据库中。仿真模型的运行结果存储于仿真结果输出数据库中,对结果进行统计、分析、处理后获得的数据信息存储于结果统计处理数据库中。图 5、图 6 与图 7 分别是仿真模型运行后的仿真运行的 Gantt 图、火车时刻表与部分统计结果显示图。

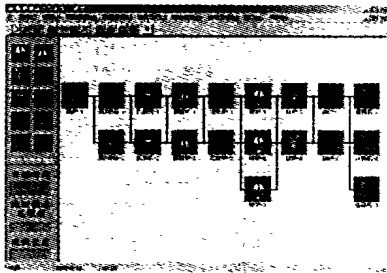


图 4 炼钢物流仿真对象模型

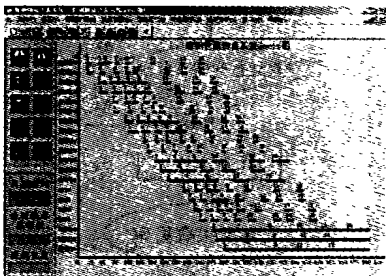


图 5 炼钢物流仿真 Gantt 图

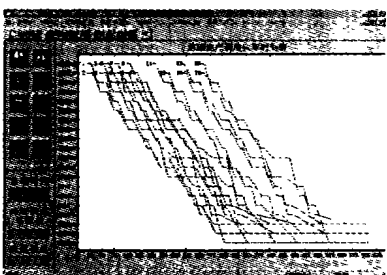


图 6 仿真运行火车时刻表

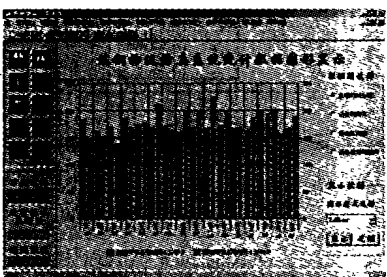


图 7 统计数据分析图

仿真运行实例表明,所设计的炼钢物流仿真系统基本达到预期目标,可以较好地满足对炼钢物流系统进行仿真的需要。

7 结论

1) 运用面向对象的软件设计方法设计和开发了炼钢物流仿真系统,借助可视化编程手段,实现了界面友好、使用简便的软件实用性要求。同时内容丰富的炼钢物流仿真系统联机帮助功能方便了初学者与使用者。

2) 软件的自动建模功能可以弥补用户自主建模难以达到对象模型工整美观和建模速度较慢的不足。基于赋时着色 Petri 网和排队网络相结合的仿真算法,可以对炼钢生产物流运行过程进行仿真。丰富的可视化表达方式如动画展示、计划仿真的 Gantt 图、仿真运行火车时刻表以及多项统计评价图等,为辅助决策提供了直观的信息。

3) 该物流仿真软件的开发为进一步完成钢铁企业全流程的物流仿真积累了宝贵的经验。

参考文献:

- [1] 郭云芳,欧阳玲,刘继美. 计算机仿真技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1991.
- [2] 张晓萍,骆建彬. 仿真技术在制造业中的应用[J]. 中国机械工程,1995,6(2):10-12.
- [3] 熊光楞,王昕. 仿真技术在制造业中的应用与发展[J]. 系统仿真学报,1999,11(3):145-151.
- [4] MANOHAR P A, SHIVATHAYA S S, FERRY M, et al. Development of an integrated system for designing steelmaking aim compositions[A]. Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Processing and Manufacturing of Materials IPMM 99[C]. Hawaii: IEEE Industrial Electronics Society, 1999. 1:105-110.
- [5] 嵇振平,陈文明,于戈. 分层有色 Petri Net (HCPN) 及其在宝钢炼钢连铸生产物流系统仿真建模中的应用[J]. 冶金自动化,2002,26(2):6-9.
- [6] 田乃媛,吴晓东. 全连铸生产调度系统仿真模型的建立[J]. 北京科技大学学报,1996,18(3):226-229.
- [7] 袁崇义. Petri 网原理[M]. 北京:电子工业出版社,1998.

Design of Simulation System for Logistics in Steel – making Process

ZHANG Kun¹, GAO Xiao-qiang², ZHENG Zhong¹, ZHAO Ke-wen³,
SONG Gub-jū³, ZHANG Da-de³, CHEN Xiao-ping³

- (1. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China ;
2. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
3. Panzhihua Iron and Steel (Group) Co. Panzhihua 617067, China)

Abstract: A simulation system for logistics in steel – making process has been developed by analyzing the state of logistics in steel plant, integrating the approach of coloured Petri nets with time and queuing network and using object – oriented methodology. The software functions for building – up simulation model, executing simulation, managing simulations, playing demo, analyzing statistics and online help. The objectives and principles of the simulation software have schematically been introduced. At last, the software is visually validated with measured input data of primary logistics in Vanadium – extracting, Steel – making Plant of Panzhihua Iron and Steel Corporation. A Gantt diagram and statistics of simulation case are included in simulation results and can be used to assist decision – making for scheduling in steel – making process.

Key words: steelmaking; logistics; simulation; software package developing

(编辑 李胜春)

(上接第31页)

Additive in Titania Electrorheological Fluid

DENG Xu-dong, ZHENG Ling, DENG Zhao-xiang

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: This thesis studies the influences of additives on shear stress of electrorheological fluid (ER fluid) in order to improve performance of ER fluid. ER fluid contains additives, and it is organic carboxylic acid (T1) or fatty acid and many entity mellow fat (T2, T3). Then we test it. The result shows that all of the additives improve the performance of ER fluid. When the electric field is strengthened to 4 kV/mm under the condition that the content of additive is 3 percent, the shear stress of the ER fluid with different additive is improved in the rate of 12%, 26%, 33% respectively. The result also demonstrates that T1 contributes to a considerable increase in the stability of ER fluid. It is concluded that there will be a significant improvement in the property of ER fluid by dispersing appropriate type and a mount of additive to a certain ER fluid.

Key words: Al₂O₃; TiO₂; electrorheological fluid; additive

(编辑 张小强)