



煤炭码头生产作业计划仿真推演技术

苏志国¹, 李云军², 商剑平²

(1. 神华黄骅港务有限责任公司, 河北 黄骅 061113; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 基于面向对象的建模方法, 以煤炭码头生产系统为研究对象, 在系统仿真软件Simio的环境下建立码头生产作业计划仿真推演平台。该平台基于码头生产作业计划及计划起始时刻的码头实时生产数据, 以友好的三维动画形式动态推演码头在计划周期内的运营过程, 辅助码头计划人员分析与评估码头作业计划的合理性, 找出计划执行过程中可能出现的问题, 并进行优化。应用案例说明本仿真推演平台能够为码头生产作业的制定提供科学的帮助和支持, 具有广泛的工程应用前景。

关键词: 生产作业计划; 建模; 仿真; 推演

中图分类号: U 691⁺.31

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)01-0097-05

Simulation deduction techniques of coal wharf production plan

SU Zhi-guo¹, LI Yun-jun², SHANG Jian-ping²

(1. Shenhua Huanghai Harbour Administration Corp., Huanghua 061113, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Based on the object-oriented modeling method, this paper studies coal wharf production system, and establishes a work plan deduction platform for wharf production planning using the system simulation software Simio. This platform, which is based on the wharf production planning and the real-time production data at the start moment of that plan, employs a friendly 3D animation form to dynamically deduce the operational process during the plan cycle, assists wharf production planner to analyze and evaluate the rationality of the proposed production planning, tries to find out the possible problems during the execute process and optimize it. Application shows that the deduction technology can be used to supply scientific help and support for wharf production planning making and has a widespread prospects for project practice.

Key words: production planning; modeling; simulation; deduction

煤炭码头的生产作业计划是指在码头现有装卸工艺和有限生产资源等约束前提下, 按时间顺序分配作业任务, 以提高码头作业效率。计划的合理性对提高煤炭码头的整体效率尤为重要。传统的作业计划优化方法是通过建立完整的数学模型并进行求解, 此种方法的缺点是: 1) 计划执行的动态演化过程无法体现和可视化; 2) 必须进行大量假设, 越是复杂的系统, 在数学上就越难以实现。

面向对象仿真是面向对象的开发技术和策略在仿真领域的应用, 是一整套关于如何看待仿真系统与现实世界的关系, 以及如何进行仿真系统构造的仿真系统开发方法学^[1]。在国内, 仿真技术已广泛应用于码头的通过能力计算、布局规划、生产策略和调度规则等问题的分析, 从已发表的文献来看, 目前还鲜有为码头生产调度提供在线支持的应用实践。区别于传统仿真技术的应用, 本文介绍的仿真推演平台有以下特点:

收稿日期: 2013-08-26

作者简介: 苏志国(1979—), 男, 工程师, 从事码头生产的信息化和智能化技术管理工作。

1) 该平台以友好的三维动画形式展示未来调度周期内给定生产计划的码头作业情况，直接服务于码头计划人员的日常计划工作；而传统码头仿真技术一般服务于码头规划设计人员和码头管理人员。

2) 该平台的仿真输入数据是码头生产作业计划及计划起始时刻的码头实时生产数据；而传统码头仿真技术的输入数据一般是建立在统计或假设基础上的随机数据。

3) 该平台实际上为码头计划人员提供了一个友好的码头生产计划试验环境，码头计划人员在该环境下可以比较分析多套生产计划的可能作业情况，从而优化码头生产计划，提高码头作业效率。

1 Simio仿真软件介绍

Simio是美国Simio LLC公司研发的新一代基于“智能对象”技术的仿真模拟软件，和流行的其它仿真软件相比，Simio仿真软件具有如下特点：

1) Simio是面向对象的仿真软件。Simio模型的开发方法完全与面向对象建模的基本概念和原则吻合。

2) Simio易于理解和掌握。Simio模型中逻辑过程的图形化编程来实现，而不是由代码实现。

3) Simio具有良好的开放性。它基于微软新一代互动平台.NET4开发，和微软新技术与时俱进，用户可以使用.Net支持的50多种语言进行深度开发，创建个性化的步骤、元素、动态选择规则和优化算法等。

4) Simio具有良好的3D展示效果。它采用了先进的实时3D技术，使模型逻辑和3D对象融为一体；此外，它还具有支持多种动画追踪模式，图形的导入兼容主流的3D文件格式等诸多优点。

2 仿真推演平台的系统框架

码头生产计划仿真推演平台的作用机理是：构建系统仿真模型，从外部数据源中读取生产系统的实时状态和配置数据，并以推演周期内的生产计划作为模型输入，通过运行仿真模型和分析仿真结果，实现对生产计划进行验证、评估分析与再调整的目的。因此，平台应该包括数据的读取，仿真模型和系统输出3个部分，平台建设框架如图1所示。

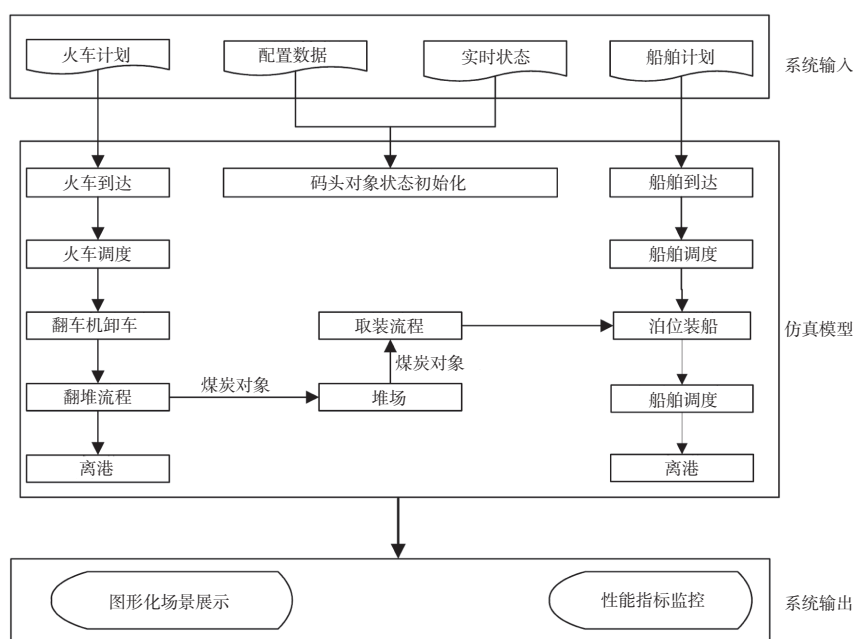


图1 系统基本框架与流程

1) 平台输入数据的读取。
生产计划仿真推演的现实目的是提供在线的

决策支持，因此系统的应用基础是初始状态数据的实时性。完整的输入数据需要从外部数据源中

获取, 包括: ①生产作业计划, 包括火车计划和船舶计划; ②配置数据, 包括设备作业参数、工艺约束等; ③实时状态数据, 包括正在作业的任务, 堆垛存量、设备状况等。

2) 仿真模型。

仿真模型是推演平台的主体部分。仿真模型应深度反映码头作业的基本流程和行为特征, 使仿真推演的演化过程相似于码头生产的动态过程。火车和船舶的基本作业流程可简要地描述为: 火车到港后, 根据卸车指导员的安排进入相应的翻车机, 煤炭经翻堆作业流程进入堆垛, 待卸车完成后火车离港; 船舶到达后, 根据港口调度安排船舶进入泊位, 煤炭从堆场经取装流程进入船舱, 待装船完成后船舶再经港口调度离港。

3) 平台输出结果与分析。

建立仿真模型的目的是搭建一个试验平台, 通过仿真的试验结果, 分析在不同工况、配置和作业计划下码头的表现水平。模型的输出是评价和检验火车和船舶作业计划可行性, 并帮助调度员获得系统行为和发现存在问题的依据。系统应输出的性能指标一般有码头的吞吐量, 设备的

利用率, 火车、船舶的在港时间等, 可以通过文字、数据和图表等方式表示。特别地, 模型运行的动画过程能实现问题的可视化, 也属于系统的输出。

3 系统的对象模型

应用面向对象的仿真方法对生产系统进行建模, 是通过应用对象的封装、继承和多态等面向对象基本设计方法, 来描述离散事件系统的组织层次、行为和交互作用, 从结构、功能、信息和控制等角度, 对其建立统一的面向对象的仿真模型。

以码头生产系统中客观存在的事物构造系统模型, 并在系统构造中尽可能地运用人类的自然思维方式, 强调直接以生产系统和生产过程等问题域中的事物为中心来思考问题、认识问题, 并根据这些事物的本质特点, 把它们抽象地表示为模型中的对象, 作为系统的基本构成单位。生产系统对象类型可概括为5大类, 即物理布局类、实体对象类、信息对象类、生产组织类和结果对象类。图2表示了系统的具体分类和层次关系, 它是对码头进行对象化建模的基础。

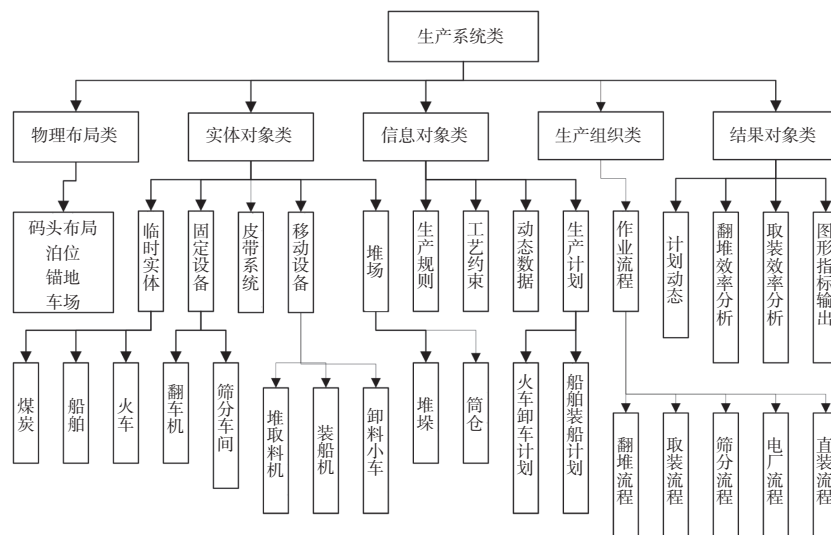


图2 生产系统对象模型层级结构

1) 物理布局类: 用于表示系统的物理布局等。

2) 实体对象类: 现实系统中能可视化的实体事物, 包括临时实体、固定设备、皮带系统、移动设备和堆场等。

3) 信息对象类: 仿真开始时加载的信息, 包括生产规则、工艺约束、码头动态信息和生产计划等。

4) 生产组织类: 即作业流程, 码头通过作业

流程的占用和释放以组织码头的生产。

5) 结果对象类: 用于对仿真结果进行评估和分析。

4 生产系统仿真模型对象

4.1 建模要求

仿真模型应用于生产系统的实时调度时, 模型系统的建立应考虑以下5个基本设计理念^[2]:

- 1) 系统可以在不同的时间, 由不同的人从不同的视角观察模型;
- 2) 系统应根据活动划分不同的逻辑单元, 模型建立时则可通过模块化的方法来获取每个单元的细节和内在机制;
- 3) 系统不但应具有良好的人机交互界面, 还应有良好的软件交互接口;
- 4) 系统可以被重复利用, 在尽可能少的改动下应用于别的工程;
- 5) 系统应对于模型开发者和最终用户都易于使用。对于开发人员, 仿真系统必须具备复杂控

制逻辑建模和不同模型间模块重复利用的柔性; 对于软件最终用户, 易用性则取决于系统视图界面的操作友好性。

面向对象的仿真建模方法以人类认识世界的方式出发, 是比较自然、直观、更具可维护性和可重复应用性的建模方法, 能够满足上述要求。特别是随着3D虚拟技术的发展, 应用3D可视化技术的仿真平台能够为系统的最终用户提供更直观、更具有现实感的交互方式。

4.2 仿真模型对象库

将煤炭码头中的问题映射到仿真模型世界的过程就是建模过程。面向对象的仿真模型首先要从结构的角度对现实世界进行分解, 将具体的同类对象映射成模型对象, 在此基础上组建煤炭码头的模型对象库。对象的开发应充分运用封装、继承、重载和多态等面向对象的基本方法。表1列出了生产系统仿真模型应实现主要子模型对象的属性、方法和继承关系。

表1 仿真模型的主要对象、属性、方法和继承关系

对象	对象基本属性	方法	继承关系
煤炭	煤种、发热量、重量等	无	继承于临时实体类
火车	装载煤炭、到达时间、作业流程和作业时间等	根据作业情况更改状态	继承于临时实体类
船舶	吨级、到达时间、船舱数及配载要求、泊位等	根据作业情况更改状态	继承于临时实体类
堆垛	煤种、储存量、温度	开垛、清垛	继承于固定实体类
翻车机	作业功率、作业火车类型集、当前流程等	准备作业、开翻堆作业、完成翻堆	继承于固定实体类
移动装卸设备	作业功率、当前流程和对象、移动速度等	准备作业、开始作业、完成作业	继承于车辆类; 派生类有: 堆料机、取料机、装船机、卸料小车等
生产流程	流程号、起始设备、终止设备、皮带序列、当前功率等	根据状态调整参数、可行性判断、流程准备、流程开始、流程结束、流程重置	继承于临时实体类, 派生类有: 翻堆流程、取装流程、筛分流程、电厂流程、直装流程等

生产仿真系统主模型对象可以看作子模型对象的有机组合, 需要根据现实系统中各事物之间的关系, 应用基本对象库中的模型对象对码头整个生产系统进行建模。主模型由系统的输入数据生成模型的驱动事件, 再通过对象之间设定的逻辑实现信息流的传递和实物流的转移, 不断地演化作业计划的执行过程。

5 仿真推演实例分析

5.1 工程概况

我国某煤炭码头分为一至四期工程, 年吞吐

能力预计达2亿 t, 其生产系统涉及区域广、规模庞大、工艺复杂多样、影响因素众多。码头配置有11个房车机房, 12个泊位和12台装船机, 运营高峰时期, 每天有100多列火车, 20多条船舶参与生产作业。对于这样一个复杂系统, 仅仅依赖人的经验将难以胜任码头生产计划的整体评估与分析。由于码头已实现了生产管理信息系统和调度控制系统的一体化, 该一体化平台能够准确地从现实系统中采集到码头的实时状态和当前的作业计划等数据, 因而为仿真推演平台的开发和最终应用创造了现实条件。

5.2 基于Simio的仿真模型实现

基于Simio仿真环境, 根据码头实际对象分类和功能的要求, 搭建黄骅港煤炭码头整个生产系统的模型。用户可以通过2D的形式观察模型, 也可以以3D的形式从任意角度观察模型的细节, 图3为整港生产系统仿真推演模型的海侧3D视图。

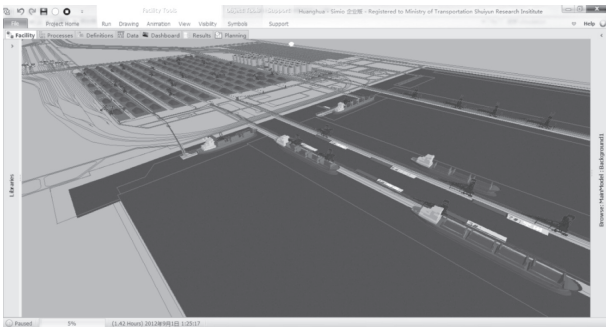


图3 黄骅港煤炭码头生产系统仿真截图

5.3 推演平台应用实例和仿真结果分析

在码头实际生产的某一个时刻, 调度人员拟通过运行推演平台了解未来6 h的火车生产作业计划执行情况。推演平台调用API接口从信息系统读取码头的实时状态和预定计划, 并启动仿真模型的运行。随着模型的运行, 系统指标通过丰富的图形、表格和文字表述等方式同步输出; 模型可以调整运行速率, 如果需要, 仿真模型可以以快进模式运行, 在不输出演示过程的情况下直接给出最终结果。

图4所示为推演结束时关于翻车机的动态信息和重要指标输出, 从中容易发现, 翻车机CD8在等流程状态下时间占比过大(达到35.64%), 因

翻车机	当前状态	当前流程	作业堆垛	翻卸总量	等流程	状态图	时间序列图
CD1	空闲	0	0	7841t	0		
CD2	工作	112200	302	7120t	9.25%		
CD3	空闲	0	0	5980t	0		
CD4	排空	0	0	8218t	0		
CD5	对车	0	0	8230t	0		
CD6	工作	215600	1006	7695t	0		
CD7	工作	111700	604	9946t	0		
CD8	等流程	215800	1005	4060t	35.64%		
CD9	对车	0	0	9280t	0		
CD10	对车	0	0	7592t	0		
CD11	工作	311408	D02	7871t	0		

图4 推演平台动态输出

此可判定与此翻车机相关的火车计划应进行适当调整。通过仔细分析等流程状态出现的时间(可查看时间序列图)和作业的火车, 调度人员能有针对性地与作业火车相对应的翻车机、工作流程和堆垛的选择等进行再调整。运行仿真平台对调整后的火车计划进行再评估, 如果仿真结果的各项指标能够达到满意值, 则可接受该计划方案, 否则还需要再次进行优化和调整。此外, 该仿真推演平台也可以实现对船舶作业计划进行预演和分析。

6 结语

本文应用面向对象仿真的建模思想, 在Simio仿真环境下, 开发了生产系统的仿真推演平台, 该平台基于码头生产计划及计划起始时刻的码头实时生产数据, 以友好的三维动画形式动态推演码头在计划周期内的运营过程。论文最后以实际码头生产系统为例, 通过仿真结果评价和检验了码头生产计划, 并帮助调度人员预测系统行为、发现并修正问题。该推演平台能够很好地适应在各种复杂工况下, 满足煤炭码头生产计划预分析的要求, 达到提高码头生产效率的目的。

应用仿真推演技术在线分析和评估煤炭码头的实时生产作业计划, 是对传统调度方法的有益补充和仿真技术应用的新探索, 具有广阔的应用空间和巨大的推广价值。目前, 本平台生产作业计划的形成仍需要计划人员手工制定和输入, 本研发团队正在开发煤炭码头生产计划自动排产系统, 最终建立码头生产智能调度系统, 进而有效提高我国煤炭码头作业管理水平。

参考文献:

- [1] 刘宝宏. 面向对象建模与仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [2] Glenn R D, Jeffrey S S. Simulation system for real-time planning, scheduling and control [C]// Simulation Conference Proceedings. Piscataway NJ: IEEE, 1996: 1 083-1 089.

(本文编辑 郭雪珍)