

基于 MAS 的双回字形自动化集装箱码头建模与仿真

孙涛¹ 张煜¹ 高延辉²

1 武汉理工大学物流工程学院 武汉 430063 2 天津港(集团)有限公司 天津 300461

摘要: 针对现有集装箱码头自动化、智能化程度较低的现状,在双回字形自动化集装箱新型装卸工艺基础上,结合 MAS (Multi-Agent System) 建模理论,对双回字形自动化集装箱码头进行建模方法研究,并利用 Flexsim 仿真软件建立了可视化的自动化集装箱码头三维仿真模型。以天津港某集装箱码头为例进行仿真分析,找出循环小车配比,为自动化集装箱码头的建设提供了参考。

Abstract: In view of the low level of automation and intelligence in the existing container terminals, based on the new loading and unloading technology of double-loop automatic containers, combined with MAS (Multi-Agent System) modeling theory, the modeling method of double hollow square automatic container terminals is studied, and a visual three-dimensional simulation model of automatic container terminals is established by using Flexsim simulation software. Taking a certain container terminal in Tianjin Port as an example, simulation analysis is carried out to find out the ratio of circulating trolley, which provides a reference for the construction of automatic container terminal.

关键词: 自动化集装箱码头; 双回字形; MAS; 建模仿真

Key words: automatic container terminal; double hollow square; MAS; modeling and simulation

中图分类号: U169.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-0785 (2018) 11-0133-05

0 引言

随着经济高速发展,我国全球贸易量不断增长,其中集装箱运输在世界范围内的货物运输中占有很大的比重,集装箱吞吐量跃升为全球第一,而我国现有集装箱码头仍大多沿用传统集装箱的装卸方式,人力成本较高且装卸效率不高,目前只有青岛港及上海港洋山四期有自动化集装箱码头投入商业运营,自动化集装箱码头的建设成为摆在港口发展进程中的一个重要课题。

港口物流系统是一个典型的动态离散事件系统,具有很强的随机性,虽然国内外专家学者都在自动化集装箱码头系统的研究上有一定程度的成果,但仍然存在亟待解决的问题。针对装卸工艺存在的问题,高延辉研究提出了基于双轨轮小车与双回字形平面布置的集装箱码头新工艺,本文根据双回字形平面布局的自动化集装箱码头装卸工艺,理论建模和仿真技术相结合进行研究,探索将多 Agent 建模方法运用到港口物流系统,并建立三维仿真模型,从系统整体角度进行分析评价。

1 双回字形自动化集装箱码头装卸工艺

双回字形的自动化集装箱码头平面布局的整体方案

由前沿装卸部分、堆场堆存部分以及后方集疏运部分等组成,见图 1。

双回字形自动化集装箱码头装卸工艺主要由岸边集装箱起重机、海侧回字形双轨轮小车系统、高架起重机、陆侧回字形双轨轮小车系统、低架起重机、闸口自动控制系统等组成,如图 2 所示。

当有进口箱作业时,岸桥将进口集装箱卸船,并将集装箱放置在循环小车上,小车沿回字形轨道行走,运行到高架起重机下,高架起重机对循环小车进行卸车作业,并在堆场堆存;当有进口箱需要出港时,高架起重机对循环小车进行装载作业,小车沿回字形轨道行走,运行到低架起重机下,低架起重机对循环小车进行卸车,并将该集装箱放在外部集卡上,进行疏港作业。

当有出口箱作业时,载有集装箱外部集卡进入闸口,低架起重机对集卡进行卸车,并将集装箱放置在循环小车上,小车沿回字形轨道行走,运行到高架起重机下,高架起重机对循环小车进行卸车作业,并在堆场堆存;当有出口箱需要装船时,高架起重机在堆场抓取出口箱,对循环小车进行装载作业,小车沿回字形轨道行走,运行到岸桥下,岸桥对循环小车进行卸车,并将该集装箱

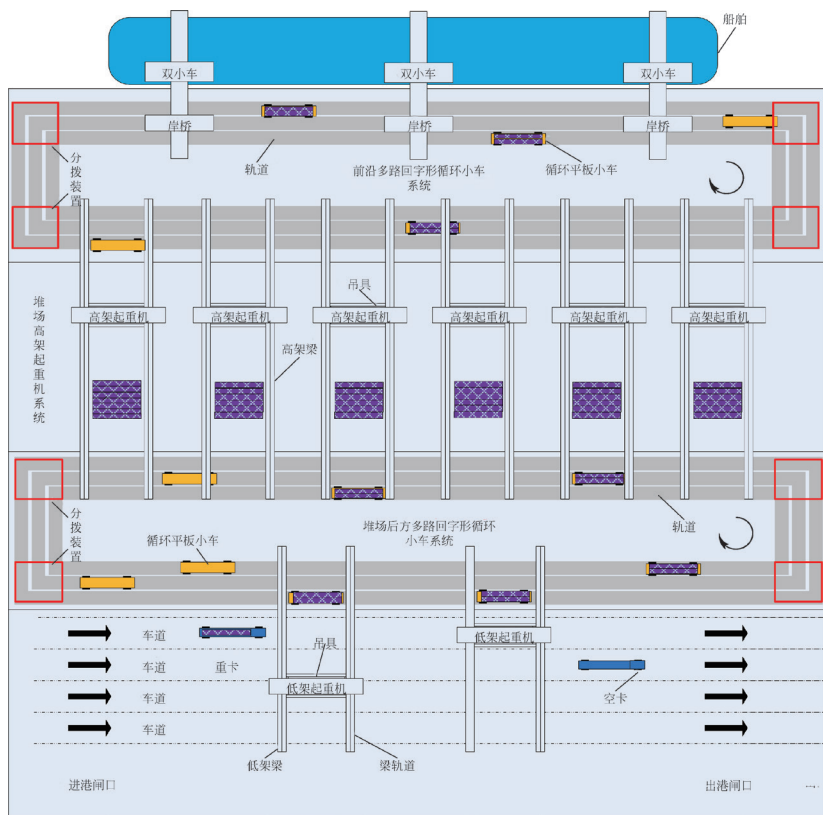


图1 单泊位双回字形自动化集装箱码头工艺布局

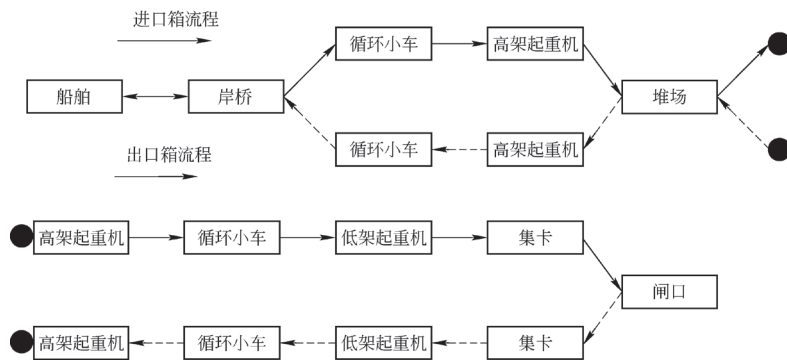


图2 双回字形自动化集装箱码头装卸工艺流程

放在船舶上，进行装船作业。

2 基于 MAS 的集装箱码头系统建模

2.1 MAS 概念建模

2.1.1 Agent 种类

根据离散事件系统理论和双回字形自动化集装箱码头的系统构成、特点、生产流程及其相互关系，可将整个码头系统抽象分解为以下 5 大类 17 种 Agent，分别

是船舶 Agent，动态单元 Agent，资源执行 Agent（泊位 Agent、岸桥 Agent、循环小车 Agent、起重机 Agent、堆场 Agent、集卡 Agent、闸口 Agent），资源决策 Agent（泊位分配 Agent、岸桥调度 Agent、循环小车指派 Agent、起重机调度 Agent、堆场管理 Agent、集卡调度 Agent、闸口管理 Agent），集装箱 Agent。分别对每一种 Agent 的属性和动作进行定义。本文以泊位 Agent 和泊位分配 Agent 为例进行分析，如图 3 和图 4 所示。

泊位 Agent 属性信息包括泊位编号、泊位岸桥数、

船舶的状态、靠泊船舶等。其动作和策略信息包括响应泊位分配 Agent 的作业指令以及与其他 Agent 进行通讯。

当有船舶进港时, 船舶 Agent 将产生动态单元 Agent, 负责整个资源调度和控制监督, 泊位分配 Agent 根据泊位状态进行分配, 将分配的结果反馈给泊位

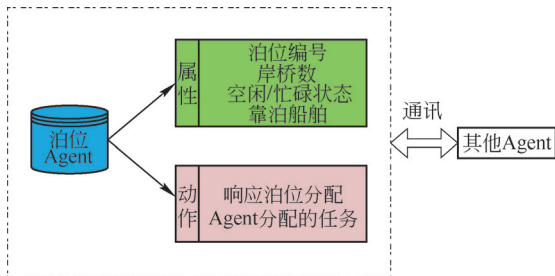


图3 泊位 Agent 知识库

泊位分配 Agent 属性信息包括泊位编号、泊位总数、各泊位的岸桥数、空闲泊位数量等。其动作以及策略信

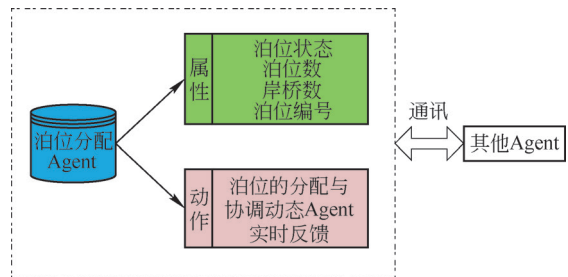


图4 泊位分配 Agent 知识库

息包括根据当前状况为到港的船舶分配、协调泊位, 并协调泊位的靠泊顺序, 兼具负责接收动态单元 Agent 对泊位分配 Agent 的实时调度指派请求, 以及与其他 Agent 之间进行通讯。

2.1.2 Agent 交互

在基于 MAS 的集装箱码头系统中, 动态单元 Agent 和集装箱 Agent 是核心 Agent, 其他 Agent 直接

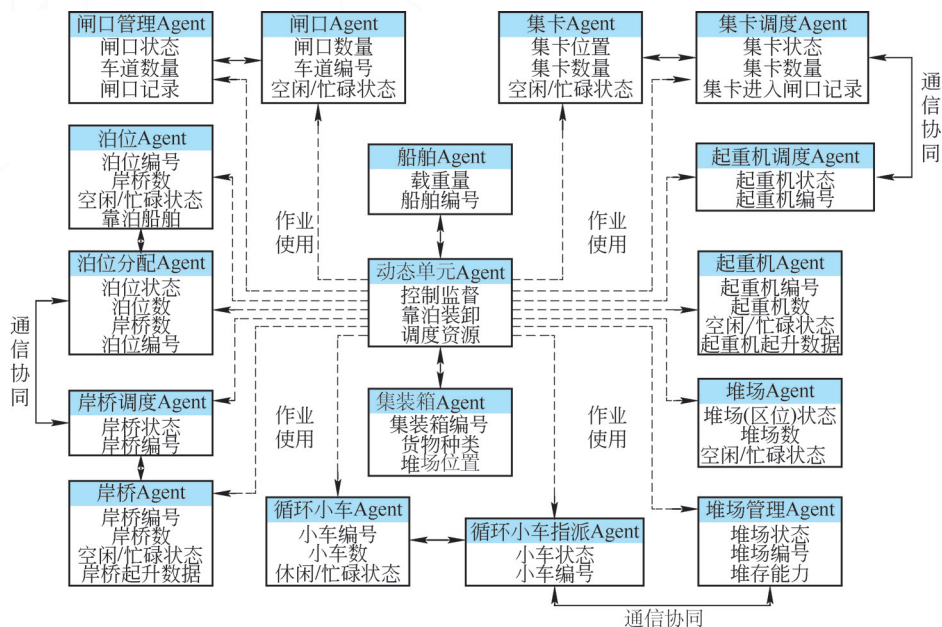


图5 各 Agent 之间的交互

或间接围绕它们开展协同装卸服务。双回字形自动化集装箱码头与 MAS 模型的交互以及结构关系拓展如图 5 所示。Agent。船舶 Agent 根据接收的信息停靠, 岸桥 Agent 进行卸船作业, 同时动态单元 Agent 向循环小车指派 Agent 发出信息, 循环小车 Agent 接收到信息, 进行运输作业。动态单元 Agent 向起重机调度 Agent 发出信息, 起重机 Agent 根据反馈的结果进行装卸作业, 起重机调度 Agent 与集卡调度 Agent 通信协同, 确定集卡 Agent 的作业线。闸口管理 Agent 根据动态单元 Agent

的调度分配, 对闸口 Agent 进行控制, 以此来进行卸船作业, 当船舶卸载完成离港时作业结束。当有集卡集港时, 其过程与此相反。

2.2 Flexsim 仿真建模

采用面向对象的建模方法, 根据双回字形自动化集装箱码头工艺流程以及主要 Agent 的功能属性和通信、协同方式的逻辑关系, 以 Flexsim 软件为仿真平台, 利用 Visual C++ 语言编写程序, 构建各子模型的 Agent,

然后通过各 Agent 预留的接口功能和通信机制以及协同机制将各 Agent 模块拼装连接起来, 构成一个完整的基于 MAS 的自动化集装箱仿真模型, 如图 6 和图 7 所示。

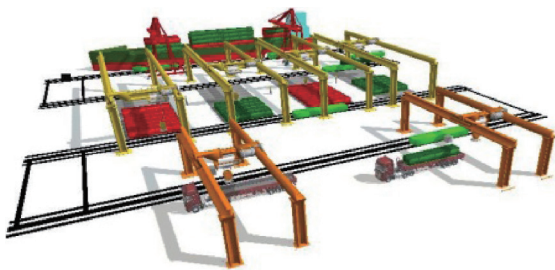


图 6 双回字形自动化集装箱码头仿真模型

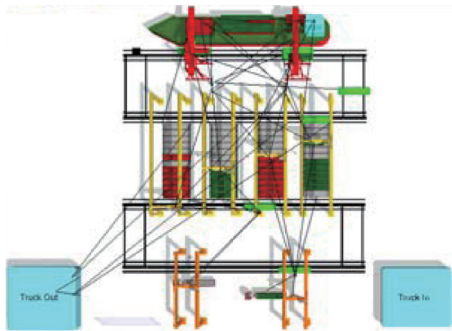


图 7 双回字形自动化集装箱码头运行图

3 仿真试验及结果分析

3.1 仿真试验

以天津港某集装箱码头的泊位分布、堆场分布、机械设施配置情况和港口集装箱码头年吞吐量等基础数据信息及实际作业情况为案例进行分析, 结合本文建立的仿真模型, 重点对循环小车数量进行分析, 找出小车利用率在 70% ~ 80% 之间时循环小车的配比。

3.1.1 仿真参数设置

主要仿真试验参数设置如表 1 所示, 其他参数可以从码头相关的设计资料中获得。

表 1 仿真参数设置

参数名称	参数设置
岸桥 Quay Crane	2 台
高架起重机 H Crane	4 台
低架起重机 L Crane	2 台
堆场 Container Yard	4 个
仿真时间 Time	7 天
循环小车 Circling Car	1 ~ 7 辆

3.1.2 仿真验证

采用双回字形自动化集装箱布局的装卸新工艺, 按照 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》进行计算分析, 折算后得出码头年吞吐量为 131.3 万 TEU, 根据仿真模型仿真结果分析得到的码头年吞吐量为 136 万 TEU, 仿真结果与计算结果接近, 在误差允许的范围内, 表明建立的仿真模型比较准确, 能够较好地模拟集装箱码头物流系统的作业过程。

3.2 仿真结果及分析

修改循环小车数量, 重复运行模型, 分析得到循环小车利用率数据。采用 7 种方案, 每种方案运行 10 次, 取 95% 的置信区间, 对相关数据进行处理, 见表 2。

表 2 循环小车仿真数据整理结果 (95% 置信度)

仿真车辆数	平均利用率 / %	置信区间
1	99.9	[98.1, 101.2]
2	98.7	[97.4, 99.9]
3	97.7	[96.9, 98.4]
4	97.38	[96.7, 98.1]
5	82.34	[80.3, 84.3]
6	76.62	[75.1, 78.2]
7	62.13	[61.3, 62.9]

根据表 2, 当小车数量较少时, 利用率基本达到 100%, 说明循环小车处于超负荷运转状态, 码头装卸效率不高, 堆场堆存货物停留时间较长, 影响码头整体产能, 是本仿真模型的生产瓶颈环节, 因此需对其进行优化。逐渐增加循环小车数量, 发现小车利用率在下降, 当循环小车达到 6 辆时, 小车平均利用率 76.62%, 得到较优结果。因此, 通过仿真试验优化, 可使整个码头系统产能达到最优, 装卸效率保持较高水平, 可为以后自动化码头的建设提供参考。

4 结论

在分析双回字形自动化集装箱码头新型装卸工艺的基础上, 建立了基于 MAS 的自动化集装箱码头仿真模型。结合实例, 以循环小车的利用效率为指标, 对系统进行仿真分析, 可为未来建设更智能化和自动化的集装箱码头提供指导。

基于 Matlab 的叉车模型动态横向稳定性研究

徐传斌¹ 苏欣平² 王荔军¹ 王曦¹ 刘洋¹

1 陆军军事交通学院研究生队 天津 300161 2 陆军军事交通学院军用物资配送系 天津 300161

摘要: 分析表明叉车动态横向稳定性满足条件,在此基础上,设计了一种能够提高叉车动态横向稳定性的可横向移动配重,并建立了叉车配重改进前后的模型,运用 Matlab 进行仿真运算,得到改进前后两种模型的动态横向稳定性系数与转向角度的关系图。结果表明,文中提出的可横向移动配重设计能有效提高叉车动态横向稳定性。

Abstract: The analysis shows that the dynamic lateral stability of the forklift meets the conditions. Based on the analysis, a laterally movable counterweight capable of improving the dynamic lateral stability of the forklift is designed, and the models before and after the forklift counterweight improvement are established. The relationship between the dynamic lateral stability coefficient and the steering angle of the two models before and after the improvement is obtained by simulation with Matlab. The results show that the design of the laterally movable counterweight proposed in this paper can effectively improve the dynamic lateral stability of the forklift.

关键词: 叉车动态横向稳定性; Matlab; 仿真

Key words: dynamic lateral stability of forklift; Matlab; simulation

中图分类号: TH 242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0785(2018)11-0137-05

美国职业安全与健康管理局调查统计数据显示^[1],每年在美国各地区发生的多起工业事故中叉车事故约占1/6,共计11万件,所造成的直接经济成本损失高达1.35亿美元,其中叉车侧翻事故达到42%,物体刮蹭达到25%,车辆碰撞达到11%,其他原因事故为22%。因而,国内外专家就提升叉车稳定性问题进行了大量研究,尤其在提高叉车横向动态稳定性方面。文献[2]利用车辆仿真模型和驾驶模拟器的方法对四轮叉车在超速转弯下的横向稳定性进行研究,通过对叉车一些重要技术性能,如最大速度、重心位置、后桥设计特点和轮胎性能等,

进行参数化研究,为叉车横向稳定性研究提供更可靠的验证依据。文献[3]对横向运行稳定性试验原理与叉车重心的关系进行分析研究,重点研究了叉车转向桥与车架铰轴中心位置的改变对叉车横向运行稳定性的影响及提高叉车横向运行稳定性的设计方法,并通过实例验算来证明改进方案的可行性。

1 叉车动态横向稳定性应满足的条件

在叉车技术高速发展过程中,出现了稳定系数法、重心法、平台实验法三种衡量叉车静态稳定性的方法^[4]。

参考文献

- [1] 高延辉, 魏世桥, 周强, 等. 基于双轨轮小车与双回路字形平面布置的集装箱码头新工艺[J]. 港口装卸, 2015(4):43-47.
- [2] 高延辉. 配送中心式自动化集装箱码头装卸工艺系统研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015.
- [3] 孙彬, 孙俊清, 陈秋双. 基于MAS的集装箱码头物流运作调度管理系统[C]// 中国自动化学会控制理论专业委员会, 2011.

- [4] 唐骏驰. 基于MAS的件杂货码头作业系统仿真建模方法研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015.
- [5] 侯东亮. 基于Flexsim的集装箱码头物流作业系统建模与仿真[J]. 物流科技, 2016, 39(12):70-72.

作者: 孙涛

电子邮箱: 1740863633@qq.com

收稿日期: 2018-03-27