



上海市“十一五”重点图书
交通运输规划与管理研究系列

集装箱码头物流运营系统 通用性建模与仿真

JIZHUANGXIANG MATAOU WULIU YINGYING XITONG
TONGYONGXING JIANMO YU FANGZHEN

沙梅 著

上海交通大学出版社



内 容 提 要

本书是在对上海港、盐田港等系统调研、数据收集和抽象的基础上,基于离散事件动态系统(discrete event dynamic systems, DEDES)提出了适用于战略型仿真和操作型仿真,并适合各种典型装卸工艺系统的通用性建模与仿真理论,并构建和实施仿真系统使得仿真建模理论得以实现。其主要内容包括:绪论;集装箱码头生产和物流系统建模与仿真研究综述;集装箱码头物流运营系统及其通用性建模与仿真界定;基于DEDES的通用性仿真建模的基本要素构成;通用性建模的关键性问题共性抽象及人为规则的提取;通用性建模与仿真的输入参数与随机变量、输出指标体系、模型特征;“船舶排队”子系统、“装卸船生产”子系统、“堆场—道口生产环节”子系统、“倒箱作业子系统”模型构建;建模的描述工具;仿真系统的构建与实施;案例;研究展望等。

本书适合于从事港口管理者、港口专业技术人员阅读和参考,也适合于高等院校相关专业的学生学习、研究之用。

图书在版编目(CIP)数据

集装箱码头物流运营系统通用性建模与仿真/沙梅

著. —上海:上海交通大学出版社,2009

(交通运输规划与管理研究系列)

上海市“十一五”重点图书

ISBN978-7-313-05749-5

I. 集... II. 沙... III. ①集装箱码头—物流—物资管理—系统仿真 ②集装箱码头—物流—物资管理—系统建模 IV. U656.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 055388 号

集装箱码头物流运营系统通用性建模与仿真

沙 梅 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

太仓市印刷厂有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:15 字数:281 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~2030

ISBN978-7-313-05749-5/U 定价:42.00 元

版权所有 侵权必究

序

为实现由教学型大学向教学研究型大学转变的目标,上海海事大学一直将学科建设作为学校工作的重中之重,从体制、机制和投入三方面予以支持,以便更好地为国家交通事业的发展和上海国际航运中心建设服务。

交通运输规划与管理学科作为交通部重点学科和学校的传统优势学科,目前设有1个博士点(交通运输规划与管理),3个硕士点(交通运输规划与管理、交通运输工程、港口海岸及近海工程),2个中外合作研究生培养项目(国际航运与物流工程、物流工程与管理)。

长期以来,交通运输规划与管理学科坚持以水路运输为特色,围绕交通运输战略与规划、交通运输现代化管理、海事信息与控制领域中的重大理论、技术和管理问题,注重学科建设和科学研究,取得了一定的学术成果。据统计,2002年以来,该学科共承担了包括国家863计划、国家自然科学基金等在内的各类科研课题100余项,科研经费达1000多万元,并获得省部级科研成果奖8项次,发表学术专著17部,在国内外重要学术刊物发表论文近两百篇。

《交通运输规划与管理研究系列》丛书收录的学术专著均源自交通运输规划与管理学科的教师近年来所完成的科研成果,从整体上代表了该学科的学术水平。这些专著作者,既有在学术上已卓有成就的资深学科带头人,也有正在快速成长的中青年学科带头人和学术带头人,其中还不乏初出茅庐的青年才俊,这充分显示了交通运输规划与管理学科雄厚的学科人才梯队。更值得一提的是:此次出版的丛书涉及了交通运输领域的方方面面,既有基础理论领域的探索,也有技术层面的应用创新,这表明了交通运输规划与管理学科的发展正逐渐呈现出多学科交叉的特色和优势。

《交通运输规划与管理研究系列》丛书的顺利出版,标志着交通运输规划与管理学科建设又达到了一个新的高度。在此衷心希望交通运输规划与管理学科团队继续振奋精神,努力创新开拓,坚持“理论上有一个高度,应用上有一个落脚点”的发展模式,在理论研究层面能密切跟踪当前国际学术发展前沿动态,并与之相接轨;在应用研究领域,能与海事领域具体应用密切结合,切实解决重大海事管理与规划问题,力争成为国内海事规划与管理领域不可或缺的思想库、专家库、技术库和成果库。

上海海事大学校长

於世成 教授

前 言

近年来,中国港口集装箱吞吐量增势迅猛,1986~2006 年的 20 年来,我国大陆集装箱港口吞吐量年均增长率接近 30%,吞吐量目前已居世界首位。20 世纪 90 年代以来,上海港集装箱吞吐量高速增长,年均增长率超过 25%。2006 年,上海港集装箱吞吐量达到 2171 万 TEU,排名仅次于新加坡和中国香港,稳居世界第三;深圳港集装箱吞吐量达到 1847 万 TEU,排名第四。2007 年上海港集装箱吞吐量达 2615 万 TEU,首次跃居世界第二,超过中国香港,仅次于新加坡,深圳港以 2110 万 TEU 排名第四。为了满足日益增长的集装箱运输的需要,上海、深圳、广州和宁波等主要沿海城市都在大力兴建和扩建集装箱码头。随着集装箱运输的快速发展以及集装箱船舶大型化的发展趋势,加之集装箱码头造价高,项目投资风险大,运营水平要求高,对集装箱码头物流运营系统的战略性决策和操作性决策提出了越来越高的要求。

国内外文献表明,集装箱码头物流运营系统的战略性和操作性决策支持的有效方法是利用计算机仿真系统进行仿真。仿真是一种基于模型的活动,系统仿真就是建立系统模型并在模型上进行试验。建模与仿真技术在港口码头系统上的应用,是伴随着仿真技术本身的发展和港口码头机械化、自动化水平的提高而深入的。国外学术界自 20 世纪 90 年代末开始对此研究并逐渐升温,国内的研究目前还处在起步阶段,但自 2000 年以来进展十分迅速。运用计算机仿真对集装箱码头系统规划和管理进行研究已经成为热点问题。

国外对于涉及集装箱码头物流运营系统整体研究的仿真建模,往往以具体港口为背景展开,将一个具体港口作为研究对象或者为了解决某一个具体的问题而设计,旨在为这些港口提供解决方案。涉及的港口有鹿特丹港、釜山港、Virginia 港、Los Angeles 港、Brani(新加坡)港、Riga 港、马来西亚的 Kelang 集装箱码头、Gdansk 港等。国内研究涉及的港口有上海、香港和宁波等。在此背景下,使得每一次建模只能适用于一个对象,不仅对需求的响应较慢,而且不利于利用仿真系统进行经验积累和规律寻求。

截至 2008 年,国外的任何一个国家都不像我国在世界十大集装箱港口吞吐量排名中不但占据六强的席位,而且连续三年有三个港口排名前四,他们的码头建设速度和投资规模无法与我国相提并论,因此,他们对于如何建立适合于多种不同集装箱港口进行管理决策的通用性仿真系统尚未有迫切需求。相反,我国由于集装

箱港口的飞速发展和投资建设规模的不断扩大,恰恰对此有紧迫的需求,但国内外尚缺乏该领域的通用性的建模与仿真的理论研究,且各大港口建设和设计单位也缺少这样的作为决策支持工具的通用性仿真系统。

集装箱码头物流运营系统的通用性建模与仿真是一个具有挑战性和创新性的研究领域:第一,集装箱码头物流运营系统是一个离散事件动态系统(discrete event dynamic systems, DEDES),具有随机性、复杂性和动态性特征,建模的难度较大;第二,“通用性”的要求使得建模与仿真的难度加大;第三,利用非港口专用仿真的仿真软件建模难以覆盖港口的所有管理和运营环节。

本书在真实系统调研和抽象的基础上,基于 DEDES 系统提出了适用于战略型仿真和操作型仿真并适合各种典型装卸工艺系统的通用性建模与仿真理论,从而使仿真建模理论得以实现,为基于 DEDES 的集装箱码头物流运营系统建模与仿真提供了一个较为清晰的全貌、框架和体系。

“通用性”建模和仿真研究有如下特点:

① 为待建、扩建、改建的集装箱码头进行其物流运营系统仿真,目的是为待建、扩建、改建码头的建设规模和主要机械配置的相关决策提供支持;为正在运营的集装箱码头通过仿真系统的仿真实验预先评估决策的影响,从而为现有的运营决策提供支持。

② 适应各种装卸工艺系统。目前世界上集装箱码头工艺方案系统应用较典型的有 5 种装卸系统,即轮胎式龙门起重机系统、轨道式龙门起重机系统、轮胎吊和轨道吊的混合系统、自动导向车系统和跨运车系统。

③ 满足各种资源配置的要求。任意种船型到港所触发的码头生产;适用于任意多个集装箱泊位的仿真;可根据岸线及船型动态确定泊位及其数量;各环节机械数量的确定及各种机型的比例;倒箱作业是否有利等。

本书内容主要包括 5 个部分:

第一,为确立和构建仿真系统的基本构成要素,归纳并提出了基于 DEDES 的集装箱码头物流运营通用性仿真系统的实体、事件、活动和进程研究;对实体确定了仿真系统边界内的对象;对事件和活动明确了系统内所有事件的类别和数量以及每一个事件可以驱动的活动类型;对进程明确了系统中进程种类,同时展现了每一个进程所包含的事件及活动之间的逻辑关系和时序关系。

第二,为反映通用性特征,提出了基于 DEDES 的集装箱码头物流运营通用性建模与仿真的共性抽象研究方法,主要包括:辨识仿真系统建模的关键性问题;通过共性抽象关键性问题建立人为规则;系统中随机变量的提取方法以及确定其模型的方法;仿真系统参数的设定方法;建立基于通用性仿真系统的输出指标及其体系。

第三,以上述共性抽象研究为基础,构建集装箱码头物流运营系统的通用性仿

真模型。根据集装箱码头物流运营系统随机发生的离散事件、代表系统中所描述主要对象的实体流以及仿真时间的推进机制,按照集装箱码头物流运营的运行进程来建立模型。模型包括“船舶排队”、“装卸船生产”、“堆场一道口生产环节”和“倒箱作业”4个子系统模型。模型涉及船舶到达、码头装卸、堆场作业、进出道口集疏运作业,覆盖了集装箱码头物流运营系统各主要环节,使该仿真系统建立在完整的集装箱码头物流运营系统而不是局部系统或单环节基础之上。

第四,在研究仿真建模理论的基础上,创建一套系统的、完整的、规范的标准化图例集,作为集装箱码头物流运营通用性仿真建模的描述工具。通过高度归纳、抽象该仿真系统的核心元素,使得不同的仿真系统如标准工程图一样被不同的参与者正确理解。这样既可以提供给程序设计人员对程序逻辑进行建模,也可以提供给非程序设计人员对业务过程进行建模,有效地解决了由于离散系统建模的个人风格特点而带来的建模经验积累和继续深化研究方面的困难。随着仿真系统复杂度和多个研究小组异地合作进行并行设计的增加,这种方法会显得越发有意义。此外,建立基于标准化图例集的仿真建模描述工具将为可视化编程奠定基础。

第五,构建和实施仿真系统使得仿真建模理论得以实现。集装箱码头物流运营通用性仿真系统主要包括参数输入、模拟运算、结果输出以及模拟计算结果的可视化及展示4部分;辅助功能包括随机分布拟合、港口场景设计等。在仿真实施系统建立的基础上,选取上海洋山深水港一期集装箱码头作为案例研究对象,研究如何设定输入参数、如何分析输出结果和比选主要机械数量的配比,并获得仿真实验规律。

在研究工作和成书过程中,深刻认识到利用通用性建模和仿真方法,可以探索集装箱码头物流运营这一复杂系统深层次的运动机理和规律性,具有科学的先验性、良好的可控性和经济性。

本书的研究工作由上海市教育委员会科研项目“集装箱码头物流系统通用性建模与仿真研究”(06FZ018)资助,出版由上海市第三期重点学科“交通运输规划与管理研究系列”(S30601)资助。

在研究工作中,得到我的博士生导师真虹教授的悉心指导;在港口真实系统的调研中,得到上海沪东国际集装箱码头有限公司(原上海外高桥四期集装箱码头有限公司)、盐田国际集装箱码头有限公司、宁波港集团有限公司等港口企业及其业务专家的配合,并获得丰富的现场实测数据;在仿真系统开发中,得到李士鹏、沈维幸的帮助;现场测试时曾获120多位本科学生的协助。在此一并表示诚挚的谢意!

由于作者水平有限,书中错误与不当之处敬请专定、读者指正。

沙 梅

2008年12月10日于上海海事大学

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 项目的研究意义	1
1.2 研究方法	3
1.3 研究内容及技术路线	5
参考文献	8
第 2 章 国内外集装箱码头生产和物流系统建模与仿真研究综述	10
2.1 离散事件动态系统建模与仿真	10
2.2 国内外集装箱码头生产和物流系统建模与仿真的研究动态	13
参考文献	28
第 3 章 集装箱码头物流运营系统及其通用性建模与仿真的界定	33
3.1 “集装箱码头物流运营系统”界定	33
3.2 集装箱码头装卸工艺方案系统概述	36
3.3 集装箱码头物流运营仿真系统的“通用性”界定	42
3.4 小结	43
参考文献	44
第 4 章 基于 DEDS 的集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模的 基本构成要素	45
4.1 离散事件动态系统的基本要素	45
4.2 基本模型与集总模型	49
4.3 基本模型的实体、事件、活动与进程	50
4.4 集总模型的实体、事件、活动与进程	53
4.5 仿真子系统的实体、事件、活动与进程	58
4.6 小结	60
参考文献	61

第5章 通用性仿真建模的关键性问题共性抽象及人为规则提取	62
5.1 建模关键性问题的辨识	62
5.2 运营节点机械效率的计算方法	64
5.3 机械及工艺系统的共性提取方法	69
5.4 堆场阻塞问题的处理方法	71
5.5 运营生产线生产能力的确定方法	72
5.6 小结	74
参考文献	75
第6章 通用性建模与仿真的输入参数与随机变量	76
6.1 系统通用性建模与仿真的输入参数设定方法	76
6.2 随机变量提取及其模型确定方法	79
6.3 小结	86
参考文献	86
第7章 通用性建模与仿真的输出指标体系	87
7.1 经验公式及其存在问题	87
7.2 主要输出指标	91
7.3 小结	99
参考文献	99
第8章 集装箱码头物流运营系统通用性仿真模型的特征	100
8.1 通用性	100
8.2 一体化	100
8.3 封装性与关联性	102
8.4 输入、输出变量相互映射	106
8.5 以流程图形式表达仿真模型	107
8.6 小结	108
参考文献	109
第9章 “船舶排队”子系统模型构建	110
9.1 “船舶排队”子系统模型需要解决的主要问题	110
9.2 “船舶排队”子系统建模的人为规则	111

9.3 系统主要输入、输出变量集合	111
9.4 按船型分类的主要输入、输出变量集合	111
9.5 “船舶排队”子系统模型	114
9.6 小结	114
参考文献	115
第 10 章 “装卸船生产”子系统模型构建	116
10.1 “装卸船生产”系统总体模型构建	117
10.2 “泊位及装卸桥资源配置”模型构建	118
10.3 “装卸桥作业”模型构建	120
10.4 “水平搬运作业”模型构建	122
10.5 “堆场作业”模型构建	125
10.6 “为装卸船服务的瓶颈处理”模型构建	126
10.7 小结	128
参考文献	129
第 11 章 “堆场—道口生产环节”子系统模型构建	130
11.1 “堆存策略驱动的集疏运作业”子系统模型需要解决的主要问题	130
11.2 “堆存策略驱动的集疏运作业”模型构建	131
11.3 “基于道口效率的集疏运作业”及“堆场—道口”瓶颈处理 模型构建	137
11.4 “确定道口数量”模型构建	140
11.5 小结	142
参考文献	143
第 12 章 “倒箱作业”子系统模型构建	144
12.1 “卸船—疏运出堆场”倒箱作业模型构建	144
12.2 “集运入堆场—装船”倒箱作业模型构建	153
12.3 小结	161
参考文献	162
第 13 章 集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模的描述工具研究	163
13.1 标准化图例集	163
13.2 利用标准化图例集描述集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模	

的意义	164
13.3 集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模的标准化图例集设计	165
13.4 构建“建模描述图”描述仿真建模	169
13.5 小结	176
参考文献	176
第14章 集装箱码头物流运营通用性仿真系统构建与实施	178
14.1 仿真系统整体设计	178
14.2 仿真实施系统框架结构	180
14.3 仿真系统实施	180
14.4 利用仿真系统进行通用性仿真的步骤和方法	185
14.5 小结	186
参考文献	187
第15章 案例研究	188
15.1 运用仿真系统需要解决的问题	188
15.2 运用通用性仿真系统研究集装箱码头装卸工艺方案仿真的意义	190
15.3 案例	192
15.4 仿真模型确认	220
15.5 小结	222
参考文献	222
第16章 结论与展望	224
16.1 结论	224
16.2 进一步研究的方向	228

第1章 绪 论

1.1 项目的研究意义

1.1.1 集装箱运输的迅猛发展以及集装箱船舶大型化趋势的要求

集装箱运输开始于20世纪50年代的后半期,60年代后半期逐步发展到欧洲、北美、澳大利亚、日本等工业发达国家,从而进入到海上国际集装箱运输时期。20世纪70年代初期,第三世界一些国家和地区也相继开展海上集装箱运输。我国的集装箱运输开始于50年代的集装箱试点运输;70年代,中日航线上开展的海上小型集装箱运输标志着我国集装箱运输正式起步。从此,我国集装箱运输走上快速发展的道路,并取得了举世瞩目的成绩。1986~2006年的20年里,我国大陆集装箱港口吞吐量年均增长率接近30%,吞吐量目前已居世界首位。20世纪90年代以来,上海港集装箱吞吐量高速增长,年均增长率超过25%。2006年,上海港集装箱吞吐量达到2171万TEU,排名仅次于新加坡和中国香港,稳居世界第三;深圳港集装箱吞吐量达到1847万TEU,排名第四。2007年上海港集装箱吞吐量达到2615万TEU,首次跃居世界第二,超过中国香港,仅次于新加坡,深圳港以2110万TEU排名第四。包括中国香港在内的以上海为首的中国十一大港口,2007年集装箱吞吐总量达1亿1807万TEU,与2006年同比增长17.6%,为1994年以来年增长率的新高,超过2006年与2005年同比17.5%的年增长率。

集装箱运输经过四十余年的发展,形成了以海运为中心环节、两端向内地延伸的集装箱运输体系,港口是向两端延伸的唯一转接点。为了满足日益增长的集装箱运量的飞速发展以及集装箱船舶的大型化发展趋势,上海港、深圳港、广州港、宁波港等主要沿海港口都在大力兴建和扩建集装箱码头。如上海洋山深水港建设从2002年开始建设,预计2020年完成,建成后将成为世界上最大的深水港之一。

为了满足日益增长的集装箱运输的需要,上海、深圳、广州和宁波等主要沿海城市都在大力兴建和扩建集装箱码头。随着集装箱运输的迅猛发展以及集装箱船舶向大型化发展的趋势,加之集装箱码头造价高及项目投资风险大,运营水平要求高,对集装箱码头物流运营系统的战略性和操作性决策提出了越来越高的要求。国内外文献表明,集装箱码头物流运营系统的战略性和操作性决策支持的有效方

法,是利用计算机仿真系统进行仿真。因此,集装箱港口的快速发展要求亟待研究集装箱物流运营系统建模与仿真的理论与应用。

1.1.2 研究“集装箱码头物流运营系统的通用性建模与仿真”具有创新性和挑战性

仿真是一种基于模型的活动,系统仿真就是建立系统模型并在模型上进行试验。建模与仿真技术在港口码头系统上的应用,是伴随着模拟技术本身的发展和港口码头机械化、自动化水平的提高而深入的。综观国内外文献,国外学术界从20世纪90年代末开始对集装箱码头建模与仿真研究逐渐升温。与国外相比,国内对集装箱物流系统仿真与建模的研究目前还处在起步阶段,但自2000年以来进展十分迅速。运用计算机仿真对集装箱码头系统规划和管理进行研究已经成为热点问题。

目前对于集装箱码头物流运营系统的建模与仿真研究,在通用性建模与仿真理论领域尚有待研究,主要原因在于:

1. 一个新的具有挑战性和创新性的研究领域

2004年之前,国内外集装箱码头物流运营系统建模与仿真的研究内容可以概括为两大类:运营环节研究和装卸工艺系统研究。2004年Dirk Steenken等提出了三类仿真,即根据仿真技术在集装箱码头规划设计和运营操作的不同阶段,可将其应用分为战略型仿真、操作型仿真以及战术型仿真^[1]。战略型仿真用于码头规划、设计和改造中的装卸工艺方案的优化。操作型仿真用于测试码头运营中不同的作业方式。文献[2]认为,仿真模型能够被用来作为码头操作管理的决策支持系统。用于须先评估决策的影响,使用拟作业的实际数据来模拟作业中的变化。战术型仿真意味着将仿真系统集成于码头的操作系统之中,仿真系统几乎并行地与实际作业系统同步运行,对于实际系统中出现的不合理的干扰情况,仿真系统能提出多种解决方案。通过将实际操作中的真实数据连续输入,可以对该作业同步地进行分析。战术型仿真这一大胆的设想由于其系统的复杂性,目前尚无成功的实际应用。

比较这两个阶段的研究,有两个特点:

① 无论是运营环节研究还是装卸工艺系统研究,均包含操作型仿真和战略型仿真。

② 某一研究如果既可用于战略型仿真又可用于操作性仿真,往往是针对某具体港口的研究,而不适用于其他集装箱码头或其他类型的集装箱码头。

现有的文献表明尚缺乏在两类领域均适用的通用性建模理论的研究,而适用于战略型仿真和操作型仿真,并适合各种典型工艺系统的通用性建模与仿真理论,将为基于离散事件动态系统的集装箱码头物流运营系统建模与仿真提供一个较为

清晰的全貌、框架和体系。由于集装箱码头物流运营系统是一个离散事件动态系统,具有随机性、复杂性和动态性特征,建模的难度较大^[14]。因此,研究该领域通用性仿真建模与仿真系统是一个具有挑战性和创新性的研究领域。

2. 具体于一个港口为对象不利于经验积累和规律寻求

对于以集装箱码头为研究对象的仿真与建模研究往往以具体港口为背景展开。已经开发的集装箱码头物流仿真系统也是将一个具体港口作为研究对象,或者为了解决某一个具体的问题而设计,旨在为这些港口提供解决方案。国外研究涉及的港口有鹿特丹港^[3,4,5]、釜山港^[6,7]、Virginia 港^[8]、Los Angeles 港^[9]、Brani 港^[10]、Riga 港^[11]、Kelang 集装箱码头^[12]和 Gdansk 港^[13]等港口。国内研究涉及的港口有上海、香港和宁波等。在此背景下,使得每一次建模只能适用于一个对象,不仅对需求的响应较慢,而且不利于利用仿真系统进行经验积累和规律寻求^[15]。

3. 非港口专用软件建模难以覆盖港口所有管理和运营环节

由于这些专用仿真语言(如 Flexsim 等)的建模方法是在软件中给定的,而该软件由于是非港口专用仿真的仿真软件普适于多种系统,但却不能覆盖港口的所有管理和运营环节的仿真。因此其建模规则相较于集装箱码头物流运营系统的建模规则显得狭小,并且不完全匹配。使用这些软件建模与仿真适用于集装箱码头的单一环节或分割环节的研究,而在对于要求整体性研究的集装箱码头的物流系统仿真时往往表现出削足适履的特征。

综上,研究集装箱码头物流运营系统的通用性建模与仿真理论,无论是对于理论发展还是对于实践都具有深远的意义。

本书研究的集装箱码头物流运营系统是一个较为复杂的离散事件动态系统,其中的诸多实体之间不仅在独立的子系统内部而且在子系统之间相互联系、相互影响。因此,研究集装箱码头物流运营系统的通用性建模与仿真理论是一个具有挑战性和创新性的研究领域。

1.2 研究方法

1.2.1 调研

1. 技术调研

国内外集装箱码头物流运营系统研究的技术调研,通过广泛阅读并深入研究国内外有关文献资料,为技术思路提供参考。

2. 真实系统调研

仿真系统研究必须逼近真实的真实系统。为了观测和抽象真实系统,通过深

入国内著名集装箱码头企业广泛调研,研究并高度归纳实际生产物流运营原则,码头作业规律,从而为基于离散事件动态系统(DEDS)的集装箱码头物流运营系统仿真的基本构成要素研究、集装箱码头物流运营系统仿真建模机制的普遍性规律研究奠定基础。

3. 数据采集

现场采集数据,为随机变量提取及随机变量模型确定方法研究作准备。

1.2.2 建模的逻辑思维方法

1. 抽象与概括

建模过程大体都要经过分析与综合、抽象与概括、比较与类比、系统化与具体化的阶段,其中分析与综合是基础,抽象与概括是关键。为了要揭示集装箱码头物流运营系统的共性和联系的规律,就要忽略每个具体事物的特殊性,着眼于其整体和一般规律,即抽象。在调研的基础上,将国内著名集装箱码头物流管理方法和原则进行高度概括和抽象,力求使仿真模型及系统逼近现实系统^[16]。

2. 类比

类比是在两类不同的事物之间进行对比,找出若干相同或相似点之后,推测在其他方面也可能存在相同或相似之处的一种思维方式。在本书通用性研究中,如各种典型的装卸工艺系统的共性抽象研究将使用类比的方法^[16]。

3. 移植

拟将一个或几个学科领域中的理论和行之有效的研究方法、研究手段移用到本研究领域中,为解决领域中存在的疑难问题提供启发和帮助。移植的特点是把问题的关键与已有的规律和原理联系起来,构成一个新的模型或深掘其本质的概念和思想^[16]。

1.2.3 仿真建模方法

仿真模型是对所研究系统运行过程的一种抽象描述并能反映系统的本质系统^[17]。仿真建模分为离散系统仿真建模和连续系统仿真建模,本书研究的是离散系统仿真建模。

由于集装箱码头物流运营系统是一个离散事件动态系统,具有随机性、复杂性和动态性特征,建模的难度较大。离散事件系统与连续系统的区别在于:离散事件系统的模型难以采用某种规范的形式,而一般采用流程图或网络图的形式才能准确地定义实体在系统中的活动。对于包含多种随机因素的复杂系统,通常难以用数学模型或解析方法作精确地描述和求解。在离散事件仿真中,数学模型是一张实体的流程图。离散事件系统的模型一般可以用流程图来描述。流程图反映临时

实体在系统内部历经的过程、永久实体对临时实体的作用以及它们相互之间的逻辑关系。系统仿真可根据系统内部的逻辑关系和数学关系,面向系统的实际过程和行为来构造仿真模型。

本书将通过面向时间间隔的仿真推进方式将系统活动的发生统一在时间基上,仿真模型通过流程图的形式表达,主要是根据集装箱码头物流运营系统随机发生的离散事件、代表系统中所描述主要对象的实体流以及仿真时间的推进机制,按照集装箱码头的物流运行进程建立模型。

1.3 研究内容及技术路线

1.3.1 研究内容

本书围绕基于集装箱码头生产和物流离散事件动态系统的集装箱码头物流运营仿真系统的建模与仿真展开,通过对集装箱码头物流运营的真实系统的研究,首先归纳并提出基于 DEDES 的集装箱码头物流运营仿真系统的实体、事件、活动和进程;然后,在此基础上,提出集装箱码头物流运营通用性建模与仿真的共性抽象研究方法;设计系统输入参数和输出指标;接着,构建集装箱码头物流运营系统通用性仿真模型,创建基于标准化图例集的通用性仿真建模描述工具;最后构建通用性仿真系统,对仿真建模理论加以实施和实现,并进行仿真实验。

本书共 15 章,内容安排如下:

第 1 章为绪论。

第 2 章对国内外集装箱码头物流运营仿真系统的建模与仿真研究进行综述。

第 3 章对“集装箱码头物流运营系统”及集装箱码头物流运营系统建模与仿真的“通用性”进行界定,并概述集装箱码头装卸工艺方案系统及其种类,奠定整个项目研究的基石。

第 4 章首先提出集装箱码头物流运营仿真系统是典型的基于离散事件动态系统(DEDES)的仿真系统,由于离散事件动态系统的基本要素由实体、事件、活动和进程所组成,因此,研究围绕实体、事件、活动和进程展开研究。其次,归纳了基于 DEDES 的集装箱码头物流运营仿真系统基本模型的实体、事件、活动和进程,并研究它们之间的相互关系以及基本模型构造的复杂性;通过对基本模型的事件、活动和进程的重构及其相互关系的研究,提出了基于 DEDES 的集装箱码头物流运营仿真系统集总模型的实体、事件、活动和进程。最后,在集总模型进程合并和封装的基础上,提出构建 4 个仿真子系统:以“船舶排队进程”为基础,构建“船舶排队”子系统;以“装卸船进程”为基础,构建“装卸船生产”子系统;以“集疏运进程”为基础,构建

“堆场—道口生产环节”子系统;以“倒箱进程”为基础,构建“倒箱作业”子系统。

第5~7章是对集装箱码头物流运营系统仿真建模的共性抽象研究。第5章对建模关键性问题的共性抽象及人为规则进行研究,辨识仿真系统建模的关键性问题,通过共性抽象关键性问题建立人为规则;第6章提出通用性仿真系统参数的设定方法,并研究系统的随机变量及其随机变量模型;第7章提出通用性仿真系统输出指标体系。共性抽象研究是通过对实际系统的观测和检测,在忽略次要因素及不可检测变量的基础上,对集装箱码头物流运营仿真系统对象进行提炼和概括,将通用性的基本属性和特征从具体的语言、环境和其他细节中抽象出来。集装箱码头物流运营系统仿真建模的提出必须经历“实际系统—共性抽象—模型”过程,因此,共性抽象研究为集装箱码头物流运营系统仿真模型的建立提供理论基础。

第8~12章在集装箱码头物流运营系统通用性建模与仿真的共性抽象基础上,研究集装箱物流运营通用性仿真模型,提出具有随机性、复杂性和动态性特征的集装箱码头物流运营系统通用性仿真模型。第8章归纳了集装箱码头物流运营系统通用性仿真模型的特征,即通用性、一体化、封装性与关联性、输出与输出变量的相互映射,最终以流程图形式表达仿真模型;第9~12章分别提出了“船舶排队”子系统模型、“装卸船生产”子系统模型、“堆场—道口生产环节”子系统模型和“倒箱作业”子系统模型。其中每个模型中又包含子子系统模型,这些模型都符合第8章中所描述的集装箱码头物流运营通用性仿真模型特征。

第13章首先归纳了标准化图例集及其应用,分析了利用标准化图例集描述集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模的意义;接着设计了集装箱码头物流运营系统通用性仿真建模的标准化图例集,包括两类图例集:一类是基于建模思想的逻辑元素标准化图例集,包括瓶颈问题、排队问题以及说明相互逻辑关系的仿真图解符号;另一类是基于作为仿真系统永久实体与临时实体的设备及设施类型的实体元素标准化图例集;最后利用标准化图例集的元素构建“建模描述图”描述仿真建模。

研究基于标准化图例集的仿真建模描述工具,通过高度归纳、抽象该仿真系统的核心元素,创建使得不同的仿真系统如标准工程图一样被不同的参与者正确理解。这样既可以提供给程序设计人员对程序逻辑进行建模,也可以提供给非程序设计人员对业务过程进行建模。

第14~15章主要对仿真建模理论的实现和仿真实验进行研究。首先构建集装箱码头物流运营的通用性仿真实施系统,然后在此基础上,选取上海洋山深水港一期集装箱码头作为案例研究对象。研究使得本书第4~12章提出的理论方法在构建的仿真实施系统中实现;选用某一具体港口作为案例研究对象,研究如何设定输入参数、如何分析输出结果的数据和对比选机械数量的配比,并获得仿真实验规律。

1.3.2 研究的技术路线

上述的研究内容采用如图 1.1 所示的研究的技术路线展开。

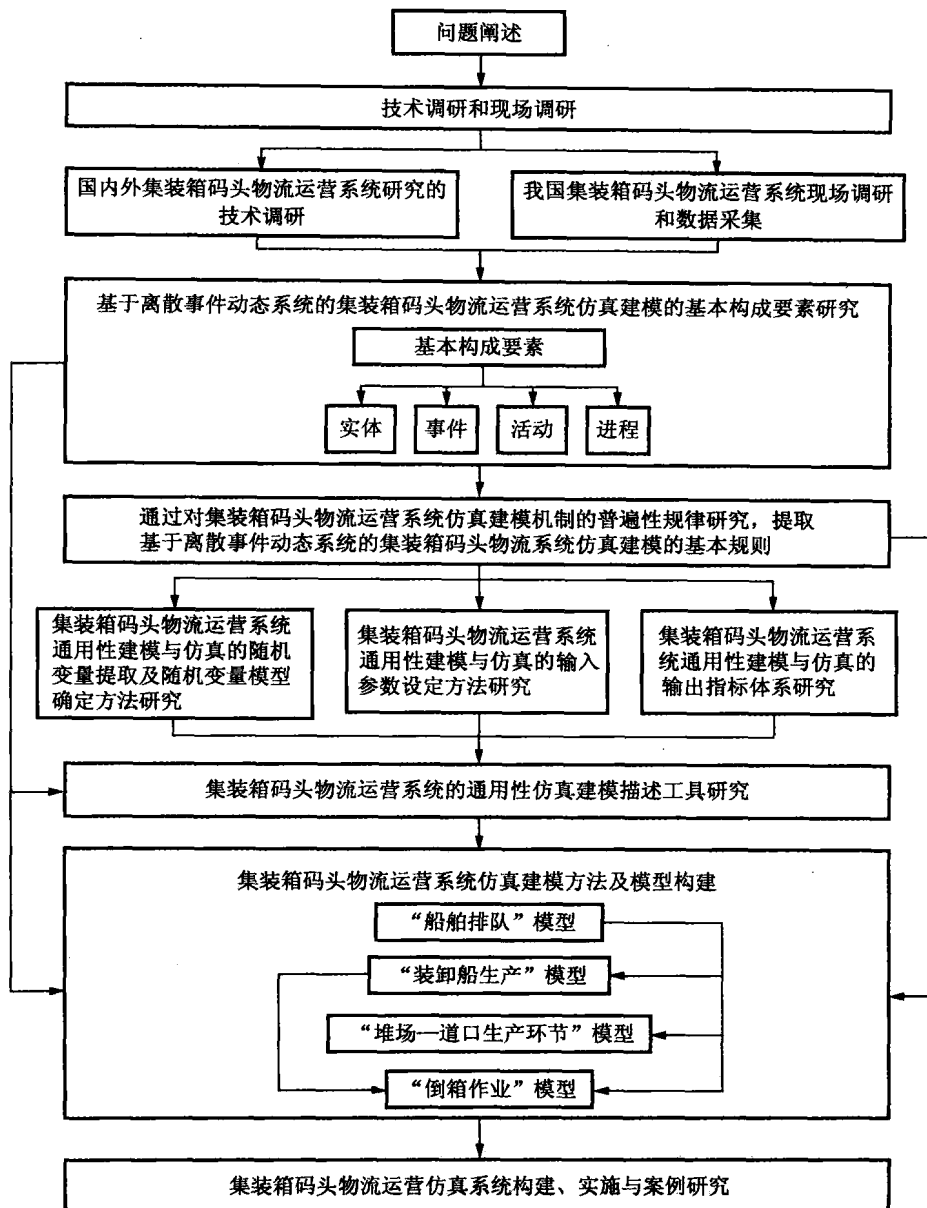


图 1.1 研究的技术路线