

普通高等学校物流管理专业系列教材

# 物流系统仿真

# Logistic Systems Simulation

王红卫 谢勇 王小平 祁超 编著

Wang Hongwei Xie Yong Wang Xiaoping Qi Chao

清华大学出版社

普通高等学校物流管理专业系列教材

# 物流系统仿真

Logistic Systems Simulation

王红卫 谢勇 王小平 祁超 编著

Wang Hongwei Xie Yong Wang Xiaoping Qi Chao

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书的内容按照物流系统、系统仿真原理及方法、可视化物流系统仿真工具及案例等3个方面来组织。首先介绍了物流系统及仿真的基本原理和方法、现代生产物流系统及仿真的基本原理和方法;接着介绍了系统仿真原理及方法,包括随机数产生、连续系统及离散事件系统仿真、仿真输入及输出分析方法和物流系统可视化交互仿真;最后介绍了几种目前主流的可视化物流系统仿真工具: Flexsim、Witness、Arena、Extend,并介绍了利用 Flexsim 仿真平台进行物流系统仿真的案例,包括单服务台排队系统仿真、半导体晶圆制造生产线仿真、港口集装箱物流系统仿真、物流配送中心仿真。

本书可作为物流工程、物流管理、管理科学与工程、自动化、工业工程、系统工程等专业本科生及研究生的教材,也可供上述领域的工程技术人员阅读参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

物流系统仿真 / 王红卫等编著. —北京:清华大学出版社, 2009.4

(普通高等学校物流管理专业系列教材)

ISBN 978-7-302-19507-8

I. 物… II. 王… III. 物流—计算机仿真—高等学校—教材 IV. F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016634 号

责任编辑:张秋玲 洪 英

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:15.75

字 数:339 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。  
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:026593-01

## 编 委 会

- |      |   |               |
|------|---|---------------|
| 顾    | 问 | 盛昭瀚(南京大学)     |
| 主    | 任 | 赵晓波(清华大学)     |
| 副    | 主 | 任 赵道致(天津大学)   |
| 委    | 员 | (按姓氏笔画排列)     |
|      |   | 马士华(华中科技大学)   |
|      |   | 王红卫(华中科技大学)   |
|      |   | 华中生(中国科技大学)   |
|      |   | 孙晓明(上海交通大学)   |
|      |   | 李 波(天津大学)     |
|      |   | 周跃进(南京大学)     |
|      |   | 赵忠秀(对外经济贸易大学) |
|      |   | 徐瑞华(同济大学)     |
| 责任编辑 |   | 张秋玲(清华大学出版社)  |

# 丛 书 序

物流业正在成为我国新兴的快速发展的行业,对物流人才的需求也急剧上升。据人才市场需求信息统计显示,物流被列为我国 12 类紧缺人才门类之一。业内专家认为,在未来 7~10 年里,随着经济的高速增长和物流业的快速发展,我国将进入物流人才需求的高峰期,人才缺口会持续扩大。

当前,与我国物流业的迅速发展不相协调的是我国物流人才培养体系的滞后,主要表现为以下两个方面:一是物流人才的培养速度跟不上物流业的发展速度;二是物流从业人员大多数没有受过系统的物流教育,与发达国家相比,我国物流从业人员的素质有很大的差距。(据有关统计资料显示,美国物流管理人员大约 95% 拥有学士学位、45% 拥有研究生学位、22% 获得了正式的从业资格证书。)

可喜的是,我国有关教育部门已认识到物流人才培养的紧迫性,在本科专业目录中设置了“物流工程”和“物流管理”两个专业,各专业人才培养的定位如下:

物流工程专业——从工程和技术角度,对物流系统的硬件进行设计、制造、安装、调试等,同时也需要规划软件的能力。

物流管理专业——应用管理学的基本原理和方法,对物流活动进行计划、组织、指挥、协调、控制和监督,使物流系统的运行达到最佳状态,实现降低物流成本、提高物流效率和经济效益的目标。

现在有条件的大学已纷纷设立了物流相关专业,着力培养物流领域的人才。到目前为止,超过 300 所高校设置了物流专业,其中超过 200 所高校设置的是物流管理专业。

为了促进物流管理专业人才培养体系的规范和完善,2006 年 8 月 26—27 日,清华大学工业工程系召开了“全国高校物流管理(暨工业工程)教学与实验室建设研讨会”。在这次会议上,教材建设问题是大家讨论的一个焦点。会上决定由清华大学和天津大学牵头组织国内一些在物流管理领域有丰富教学科研经验的专家学者编写一套体系合理、知识实用、内容完整的物流管理专业系列教材,以满足各兄弟院校本科人才培养的需求。

在此后的一个月,清华大学和天津大学进行了充分沟通,初步确定了教材定位与教材结构。为了使这套教材真正编出特色、编出水平,又进一步确定了南京大学、同济大学、上海交通大学、华中科技大学、中国科学技术大学、对外经济贸易大学等院校物流管理专业的教师组成“普通高等学校物流管理专业系列教材”编委会,共同完成这套教材的组织与编写工作。

2006 年 10 月编委会正式成立,并于 14—15 日在清华大学召开了编委会第 1 次工作会

议,进一步明确了本系列教材的具体编写任务和计划。2007年3月31日—4月1日,编委会第2次会议在清华大学召开,对教材大纲逐一进行了审查,并明确了编写进度以及编写过程中需要注意的问题,整个教材编写工作进展顺利。

这套教材主要定位为普通高等学校物流管理专业以及其他相关专业的本科生。共有11本主教材和1本实验教材,分别是《物流导论》、《物流网络规划》、《现代物流装备》、《交通运输组织基础》、《库存管理》、《采购与供应管理》、《企业生产与物流管理》、《物流服务运作管理》、《物流信息系统》、《国际物流与商务》、《物流系统仿真》和《物流管理系列实验》。在内容的组织和编排上,与学生已学过的工程管理类专业基础课程的内容成先后关系,一般要求学生进入本系列的专业课程学习之前,应先修诸如“工程经济学”、“概率论与应用统计学”、“运筹学”(数学规划、应用随机模型)、“数据库原理”等课程。

这套教材基本涵盖了物流管理专业的主要知识领域,同时也反映了现代物流的管理方法及发展趋势,不仅适用于普通高等学校物流管理、物流工程、工业工程、管理科学与工程、交通运输等专业的本科生使用,对研究生、高职学生以及从事物流工作的人员也有很好的参考价值。

因作者水平所限,加之物流工程与管理发展迅速,故教材中不妥之处在所难免,欢迎批评指正,以便再版时修改、完善。

盛昭瀚

2008年元月于南京大学

# 前 言

物流系统是指在一定的时间和空间里,由能够完成运输、存储、装卸搬运、包装、流通加工、配送及信息处理活动的若干要素构成的具有特定物流服务功能的有机整体。随着经济全球化和信息技术的发展,现代物流系统也越来越复杂,其构成要素及要素之间的关系错综复杂,通常很难用一种准确的数学模型来进行描述并加以分析,往往需要采用定性与定量相结合的方法或采用计算机仿真的方法来进行处理。通过对物流系统的仿真,可以预演或再现物流系统的运行规律,对物流系统的规划、设计和运行中的科学管理与决策有重要的支持作用。物流系统仿真已成为研究物流系统的一种重要的方法和技术手段,在物流管理和物流工程领域中显得越来越重要。

作为物流管理系列教材之一,本书旨在让读者全面了解和掌握物流系统及仿真的概念、原理和方法,以及相关仿真工具。读者通过学习,不但能了解物流系统仿真的基本理论,而且能掌握运用仿真工具的技能并应用于实际物流系统。

目前有关物流系统仿真的书籍很多,一类主要是强调物流系统仿真的应用,主要介绍可视化物流系统仿真工具及在物流系统中的应用;另一类则是以介绍系统仿真原理和方法为主,同时穿插介绍物流系统仿真的案例,但两者没有很好地融合在一起。

在本书的编写过程中,作者按物流系统、系统仿真原理、仿真工具及案例等内容进行组织,力图把物流系统、系统仿真原理及方法、可视化物流系统仿真工具及案例等三个方面的内容有机地融合在一起。在物流系统的阐述中,着重概括一般物流系统的分类、特征、要素和结构,并对现代生产物流系统进行详细的介绍,使读者对仿真对象能有深刻认识。在系统仿真原理的阐述中,除了介绍随机数产生、连续系统及离散事件系统仿真、仿真输入及输出分析方法等基本仿真原理和方法外,还着重介绍了可视化交互仿真方法,这样使仿真原理与仿真工具能够较好地衔接。仿真案例部分的案例都是从实际的科研项目中提炼和抽象出来的,并且由浅入深,由易到难,循序渐进地进行组织安排,案例的设计充分体现了前面的理论和方法,这样既适合于教学,也兼顾到研究的需要。

全书共 13 章,其中第 1、2 章主要介绍物流系统基本概念,包括物流系统及仿真的基本原理和方法、现代生产物流系统及仿真的基本原理和方法;第 3~8 章主要介绍了系统仿真原理及方法,包括随机数的产生(第 3 章)、连续系统及离散事件系统仿真(第 4、5 章)、仿真输入及输出分析方法(第 6、7 章)和物流系统可视化交互仿真(第 8 章);第 9~13 章主要介绍可视化物流系统仿真工具及案例,第 9 章主要介绍了几种主流的物流系统仿真工具,包括

Flexsim、Witness、Arena、Extend 等软件,第 10~13 章给出了利用 Flexsim 仿真平台进行物流系统仿真的 4 个典型案例,包括单服务台排队系统仿真(第 10 章)、半导体晶圆制造生产线仿真(第 11 章)、港口集装箱物流系统仿真(第 12 章)和物流配送中心仿真(第 13 章)。

全书的内容和结构由王红卫构思和确定,第 1 章由王红卫和谢勇编写,王红卫编写第 3、7 章,谢勇编写第 2、6、12、13 章,王小平编写第 4、5、9、10 章,祁超编写第 8、11 章。全书由王红卫统稿和修改。在物流系统仿真的案例设计中,吴颖、涂琰、姚刘芳等研究生也做了大量的工作,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,编委会成员提出了一些宝贵的建议和意见,清华大学出版社给予了大力的支持,在此表示衷心的感谢。

因为作者的水平有限,本书一定还存在着许多不足之处,欢迎广大读者批评指正。

作者

2008 年 10 月于武汉喻家山



# 目 录

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 物流系统及仿真 .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 物流系统概述 .....            | 1         |
| 1.1.1 系统的概念及思想 .....        | 1         |
| 1.1.2 物流系统的基本概念 .....       | 4         |
| 1.1.3 物流系统的分类 .....         | 5         |
| 1.1.4 物流系统的特征 .....         | 6         |
| 1.2 物流系统的要素 .....           | 7         |
| 1.3 物流系统的结构 .....           | 11        |
| 1.3.1 物流系统的层次结构 .....       | 12        |
| 1.3.2 物流系统的功能结构 .....       | 13        |
| 1.4 物流系统仿真 .....            | 14        |
| 1.4.1 系统仿真的概念 .....         | 14        |
| 1.4.2 系统仿真的分类 .....         | 16        |
| 1.4.3 物流系统仿真目的、内容及步骤 .....  | 18        |
| 小结与讨论 .....                 | 20        |
| 习题 .....                    | 21        |
| <b>第 2 章 现代生产物流系统 .....</b> | <b>22</b> |
| 2.1 现代生产物流概述 .....          | 22        |
| 2.2 现代生产物流系统的组成 .....       | 24        |
| 2.3 现代生产物流系统的监控与管理 .....    | 25        |
| 2.3.1 现代生产物流系统的监控 .....     | 25        |
| 2.3.2 现代生产物流系统的管理 .....     | 27        |
| 2.4 自动化立库的工作原理 .....        | 29        |
| 2.4.1 概述 .....              | 29        |
| 2.4.2 自动化立库的分类 .....        | 29        |
| 2.4.3 自动化立库的工作原理 .....      | 31        |
| 2.4.4 自动化立库的作用 .....        | 33        |

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| 2.5 现代生产物流系统的建模与仿真 .....                          | 33        |
| 2.5.1 现代生产物流组织模式 .....                            | 33        |
| 2.5.2 现代生产物流系统的模型 .....                           | 37        |
| 2.5.3 现代生产物流系统仿真 .....                            | 43        |
| 2.5.4 自动化立库的建模与仿真 .....                           | 44        |
| 小结与讨论 .....                                       | 47        |
| 习题 .....                                          | 47        |
| <b>第3章 随机数的产生 .....</b>                           | <b>48</b> |
| 3.1 $[0,1)$ 均匀分布随机数的产生 .....                      | 48        |
| 3.1.1 $[0,1)$ 均匀分布 .....                          | 48        |
| 3.1.2 产生均匀随机数的方法 .....                            | 49        |
| 3.1.3 线性同余法 .....                                 | 51        |
| 3.1.4 伪随机数发生器的联合使用 .....                          | 53        |
| 3.2 $[0,1)$ 均匀分布随机数的统计检验 .....                    | 53        |
| 3.2.1 均匀随机数的随机性和均匀性检验 .....                       | 54        |
| 3.2.2 均匀随机数的独立性检验 .....                           | 55        |
| 3.2.3 矩检验 .....                                   | 56        |
| 3.3 产生各种概率分布的随机数 .....                            | 57        |
| 3.3.1 求逆法 .....                                   | 57        |
| 3.3.2 舍选法 .....                                   | 58        |
| 3.3.3 组合法 .....                                   | 60        |
| 3.3.4 经验分布法 .....                                 | 61        |
| 3.4 常用分布类型的随机数产生 .....                            | 62        |
| 3.4.1 正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$ .....               | 62        |
| 3.4.2 指数分布 $\text{Exp}(\lambda)$ .....            | 63        |
| 3.4.3 威布尔分布 $\text{Weibull}(\alpha, \beta)$ ..... | 63        |
| 3.4.4 泊松分布 $P(\lambda)$ .....                     | 63        |
| 小结与讨论 .....                                       | 64        |
| 习题 .....                                          | 64        |
| <b>第4章 连续系统仿真 .....</b>                           | <b>65</b> |
| 4.1 连续系统仿真中的数学模型 .....                            | 65        |
| 4.1.1 连续时间模型 .....                                | 65        |
| 4.1.2 离散时间模型 .....                                | 66        |
| 4.1.3 连续-离散混合模型 .....                             | 68        |

|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| 4.2        | 数值积分法 .....            | 70         |
| 4.2.1      | 数值积分法的基本概念 .....       | 70         |
| 4.2.2      | 几种常见的数值积分法 .....       | 72         |
| 4.2.3      | 数值积分法的稳定性分析 .....      | 78         |
| 4.3        | 连续系统仿真示例 .....         | 80         |
| 4.3.1      | 连续时间模型系统仿真示例 .....     | 80         |
| 4.3.2      | 离散时间模型系统仿真示例 .....     | 80         |
|            | 小结与讨论 .....            | 83         |
|            | 习题 .....               | 83         |
| <b>第5章</b> | <b>离散事件系统仿真 .....</b>  | <b>84</b>  |
| 5.1        | 基本概念 .....             | 84         |
| 5.1.1      | 排队服务系统的描述 .....        | 84         |
| 5.1.2      | 离散事件系统的基本要素 .....      | 85         |
| 5.1.3      | 离散事件系统仿真模型的部件与结构 ..... | 86         |
| 5.1.4      | 离散事件系统的特点 .....        | 87         |
| 5.2        | 仿真时钟的推进机制 .....        | 88         |
| 5.3        | 离散事件系统仿真策略 .....       | 90         |
| 5.3.1      | 事件调度法 .....            | 90         |
| 5.3.2      | 活动扫描法 .....            | 93         |
| 5.3.3      | 三段扫描法 .....            | 96         |
| 5.3.4      | 进程交互法 .....            | 97         |
|            | 小结与讨论 .....            | 101        |
|            | 习题 .....               | 101        |
| <b>第6章</b> | <b>仿真输入数据分析 .....</b>  | <b>102</b> |
| 6.1        | 仿真输入数据分析概述 .....       | 102        |
| 6.2        | 数据的收集与处理 .....         | 103        |
| 6.3        | 数据分布的分析与假设 .....       | 104        |
| 6.3.1      | 连续分布类型的假设 .....        | 104        |
| 6.3.2      | 离散分布类型的假设 .....        | 109        |
| 6.3.3      | 实验分布 .....             | 111        |
| 6.4        | 参数的估计 .....            | 112        |
| 6.4.1      | 分布参数的类型 .....          | 112        |
| 6.4.2      | 分布参数的估计 .....          | 113        |
| 6.5        | 拟合优度检验 .....           | 117        |

|                                |                              |            |
|--------------------------------|------------------------------|------------|
| 6.5.1                          | $\chi^2$ 检验 .....            | 117        |
| 6.5.2                          | 柯尔莫哥洛夫-斯米尔洛夫检验(K-S 检验) ..... | 119        |
| 小结与讨论 .....                    |                              | 120        |
| 习题 .....                       |                              | 121        |
| <b>第 7 章 仿真输出数据分析与评价 .....</b> |                              | <b>122</b> |
| 7.1                            | 终态仿真的结果分析 .....              | 123        |
| 7.1.1                          | 重复运行法 .....                  | 123        |
| 7.1.2                          | 序贯程序法 .....                  | 124        |
| 7.2                            | 稳态仿真的结果分析 .....              | 126        |
| 7.2.1                          | 批均值法 .....                   | 127        |
| 7.2.2                          | 稳态序贯法 .....                  | 128        |
| 7.2.3                          | 再生法 .....                    | 130        |
| 7.2.4                          | 重复运行-删除法 .....               | 132        |
| 7.3                            | 方差减小技术 .....                 | 134        |
| 7.3.1                          | 公用随机数法(CRN) .....            | 134        |
| 7.3.2                          | 对偶变量法(AV) .....              | 136        |
| 7.3.3                          | 控制变量法 .....                  | 136        |
| 小结与讨论 .....                    |                              | 137        |
| 习题 .....                       |                              | 138        |
| <b>第 8 章 物流系统可视化交互仿真 .....</b> |                              | <b>139</b> |
| 8.1                            | 可视化交互仿真基本概念 .....            | 139        |
| 8.1.1                          | 可视化交互仿真的发展过程 .....           | 139        |
| 8.1.2                          | 可视化交互仿真的基本概念和内容 .....        | 139        |
| 8.1.3                          | 可视化交互仿真系统的功能 .....           | 140        |
| 8.1.4                          | 可视化交互仿真的优点 .....             | 142        |
| 8.2                            | 可视化仿真建模的概念框架 .....           | 142        |
| 8.2.1                          | 概念框架的含义 .....                | 142        |
| 8.2.2                          | 可视化仿真建模概念框架 .....            | 143        |
| 8.2.3                          | 可视化仿真建模的特征 .....             | 145        |
| 8.3                            | 物流系统可视化交互仿真方法 .....          | 146        |
| 8.4                            | 物流系统可视化仿真技术 .....            | 150        |
| 8.4.1                          | 面向对象方法 .....                 | 150        |
| 8.4.2                          | 图形技术 .....                   | 151        |
| 8.4.3                          | GIS 技术 .....                 | 152        |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 小结与讨论 .....                            | 154        |
| 习题 .....                               | 154        |
| <b>第 9 章 物流系统可视化仿真工具 Flexsim .....</b> | <b>155</b> |
| 9.1 Flexsim 软件介绍 .....                 | 155        |
| 9.2 Flexsim 软件的使用步骤 .....              | 157        |
| 9.3 Flexsim 软件的高级开发 .....              | 161        |
| 9.4 其他物流系统仿真工具介绍 .....                 | 163        |
| 9.4.1 Witness .....                    | 163        |
| 9.4.2 Arena .....                      | 166        |
| 9.4.3 Extend .....                     | 170        |
| 小结与讨论 .....                            | 173        |
| 习题 .....                               | 174        |
| <b>第 10 章 单服务台排队系统仿真 .....</b>         | <b>175</b> |
| 10.1 单服务台排队系统描述与仿真目的 .....             | 175        |
| 10.1.1 单机器加工系统的描述 .....                | 175        |
| 10.1.2 单机器加工系统中的基本概念 .....             | 176        |
| 10.1.3 单机器加工系统仿真的目的 .....              | 178        |
| 10.2 单机器加工系统工作流程 .....                 | 178        |
| 10.3 仿真模型的设计 .....                     | 179        |
| 10.3.1 单机器加工的部件建模 .....                | 179        |
| 10.3.2 单机器加工系统的仿真 .....                | 179        |
| 10.4 模型运行和数据报告 .....                   | 180        |
| 10.4.1 仿真运行及数据处理 .....                 | 180        |
| 10.4.2 仿真数据及结果分析 .....                 | 185        |
| 小结与讨论 .....                            | 185        |
| 习题 .....                               | 185        |
| <b>第 11 章 半导体晶圆制造生产线仿真 .....</b>       | <b>186</b> |
| 11.1 半导体制造系统概述与仿真目的 .....              | 186        |
| 11.1.1 半导体制造系统概述 .....                 | 186        |
| 11.1.2 半导体晶圆制造生产线仿真的目的 .....           | 187        |
| 11.2 仿真模型及实验设计 .....                   | 189        |
| 11.2.1 TRC 模型描述 .....                  | 189        |
| 11.2.2 仿真模型实现 .....                    | 190        |
| 11.2.3 生产控制策略实现 .....                  | 192        |

|               |                          |            |
|---------------|--------------------------|------------|
| 11.3          | 实验结果分析 .....             | 193        |
| 11.3.1        | 投料策略对系统特性曲线的影响 .....     | 194        |
| 11.3.2        | 工件分派规则对系统特性曲线的影响 .....   | 196        |
|               | 小结与讨论 .....              | 196        |
|               | 习题 .....                 | 196        |
| <b>第 12 章</b> | <b>港口集装箱物流系统仿真 .....</b> | <b>197</b> |
| 12.1          | 港口集装箱物流系统概述与仿真目的 .....   | 197        |
| 12.1.1        | 港口集装箱物流系统概述 .....        | 197        |
| 12.1.2        | 港口集装箱物流系统仿真的目的 .....     | 200        |
| 12.2          | 港口集装箱物流系统的作业流程 .....     | 201        |
| 12.2.1        | 港口集装箱物流系统的描述 .....       | 201        |
| 12.2.2        | 港口集装箱物流系统的作业流程 .....     | 203        |
| 12.2.3        | 港口集装箱物流系统的离散模型分析 .....   | 204        |
| 12.3          | 港口集装箱物流系统的仿真模型 .....     | 204        |
| 12.3.1        | 港口集装箱物流系统布局模型设计 .....    | 204        |
| 12.3.2        | 港口集装箱物流系统的设备建模 .....     | 205        |
| 12.3.3        | 港口集装箱物流系统的仿真 .....       | 207        |
| 12.4          | 仿真运行及数据分析 .....          | 212        |
| 12.4.1        | 仿真运行及数据处理 .....          | 212        |
| 12.4.2        | 仿真数据的结果分析 .....          | 214        |
|               | 小结与讨论 .....              | 215        |
|               | 习题 .....                 | 216        |
| <b>第 13 章</b> | <b>物流配送中心仿真 .....</b>    | <b>217</b> |
| 13.1          | 物流配送中心概述与仿真目的 .....      | 217        |
| 13.1.1        | 物流配送中心简介 .....           | 217        |
| 13.1.2        | 仿真目的 .....               | 219        |
| 13.2          | 配送中心的作业流程描述 .....        | 219        |
| 13.2.1        | 配送中心功能 .....             | 219        |
| 13.2.2        | 配送中心系统流程 .....           | 221        |
| 13.3          | 配送中心的仿真模型 .....          | 222        |
| 13.3.1        | 配送中心仿真的布局模型设计 .....      | 222        |
| 13.3.2        | 配送中心的设备建模 .....          | 223        |
| 13.3.3        | 配送中心的仿真 .....            | 223        |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 13.4 仿真运行及数据分析 .....   | 228 |
| 13.4.1 仿真运行及数据处理 ..... | 228 |
| 13.4.2 仿真数据结果分析 .....  | 229 |
| 13.4.3 系统优化 .....      | 231 |
| 小结与讨论 .....            | 232 |
| 习题 .....               | 232 |
| 参考文献 .....             | 233 |

# 第 1 章 物流系统及仿真

随着人类社会发展的信息化、高科技化和全球化,物流已受到各国政府、学者和管理者的高度重视,并已成为当今社会经济活动的重要组成部分。

目前,国际上比较普遍采用的对物流的定义为: Logistics is that part of the supply chain process that plans, implements, and controls the efficient, effective flow and storage of goods, services, and related information from the point of origin to the point of consumption in order to meet customers' requirements.

对应地,我国对物流的定义为: 物流是供应链的重要组成部分,是为了满足消费者需求,有效地计划、管理和控制原材料、中间仓储、最终产品及相关信息从起始点到消费地的流动过程。

由此可见,能够完成各项物流活动及信息处理的物流系统是一种非常复杂的系统,仿真已成为研究物流系统的一种重要的方法和技术手段,在物流系统分析、设计及运行中发挥着重要的作用。

## 1.1 物流系统概述

### 1.1.1 系统的概念及思想

“系统”一词源于古希腊语。系统论的创立者贝塔朗菲把系统定义为“相互作用的要素的综合体”。目前比较公认的系统的定义为: 系统是为达到某种目的,由相互作用、相互关联的若干要素结合而成的具有特定功能的有机整体。因此,系统由两个或者两个以上要素组成,各要素间相互联系,使系统具有一定结构,保持系统的有序性,从而使系统具有特定的功能。

系统功能是系统与环境相互联系和作用的外在活动形式或外部秩序,它是系统与外部环境相互联系和相互作用过程的秩序和能力。任何一个系统功能的发挥,不仅取决于这个系统各组成部分或要素对该系统的作用大小,而且也取决于系统的各种关系对该系统所产生的影响大小。



系统是相对于外部环境而言的,外部环境向系统提供资源、能量、信息等,称为输入。系统应用自身所具有的功能,对输入的元素进行转换处理,形成有用产品,再输出到外部环境

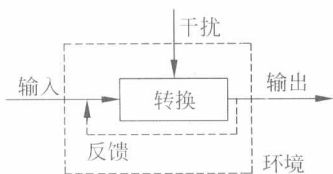


图 1.1 系统的一般模式

供其使用。输入、转换、输出是系统的三要素。另外,由于外部环境的影响,系统的输出结果可能偏离预期目标,所以系统还具有将输出结果的信息反馈给输入的功能。系统的一般模式如图 1.1 所示。

按照一般系统运作模式,一个完整的系统是由输入部分、输出部分、转换过程和系统运行过程中的信息反馈等环节构成的。在系统运行过程中,或当系统循环周期结束时,会有外界信息反馈回来,为原系统的完善提供改进信息,使下一次系统运行得到改进。如此循环往复,便可实现系统有序的良好循环。

从系统的概念和模式中,可以看出系统具有以下几个主要特征:

(1) 整体性。系统的整体性是指系统必须是由两个或两个以上的既有一定区别又有一定联系的要素组成的整体,系统中任何一个要素的功能都不能代替系统的整体功能。

(2) 相关性。系统的相关性是指系统本身的构成要素之间存在着相互作用和相互依赖的内在联系,这种内在联系使系统内任一要素的变化都可能影响到其他要素也发生变化。

(3) 目的性。任何一个系统都是以实现某种功能为目的的,其行为具有极其明确的目标。

(4) 动态性。系统的动态性是指系统处于不断的变化和运动之中,即系统要不断输入各种能量、物质和信息,通过转换处理,输出满足人们某种期望的要求。人们也正是在系统的动态发展中实现对系统的管理和控制,以便充分发挥系统的功能。

(5) 环境适应性。系统总是处于一定的环境之中,受环境的约束和限制。当环境发生变化时,系统的功能就会受到影响,甚至会导致其目标也发生改变。因此,系统必须具有自我调节能力,以适应环境的各种变化,这种自我调节的应变能力就是系统的环境适应性。

(6) 约束性。系统受到外部环境的约束,对环境来说,它表现为功能。而系统内部则受结构的影响,形成了系统内部约束。所以,大多数系统既受到环境施加于它的外部约束,又受到自身固有的结构局限性而带来的内部约束。

要正确地运用系统的概念和思想方法必须要掌握几种基本的系统原理,它们分别是整体性原理、层次性原理、开放性原理和目的性原理。

(1) 系统的整体性原理。系统整体性原理是指系统是由若干要素组成的具有一定新功能的有机整体,各个作为系统子单元的要素一旦组成系统的整体,就具有独立要素所不具有的新的性质和新的功能,从而表现出整体的性质和功能并不等于各个要素的性质和功能的简单相加,即“整体大于它的各个部分的总和”,这是对系统整体性原理的最精辟的阐述。

物流系统也是一个整体,利用整体性原理中的整体的有机构成、整体与部分之间的加和关系等原理,可以帮助我们深入研究物流系统的特征,并为物流系统的设计提供理论依据。