

高等院校物流管理与  
物流工程专业系列教材

(第二版)

# 物流系统建模与仿真

主审 张晓萍   ◎ 彭 扬 吴承健 编著

Logistics Modeling and Simulation



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

等院校物流管理与  
流工程专业系列教材

(第二版)

# 物流系统建模与仿真

主审 张晓萍   ◎ 彭 扬 吴承健 编著

Logistics Modeling and Simulation

## 图书在版编目 (CIP) 数据

物流系统建模与仿真 / 彭扬, 吴承健编著. —2 版.  
—杭州: 浙江大学出版社, 2015. 8  
ISBN 978-7-308-14860-3

I. ①物… II. ①彭…②吴… III. ①物流—系统建模②物流—系统仿真 IV. F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 157064 号

## 内容简介

本书介绍了系统仿真技术的一般原理以及系统仿真在物流领域的具体应用。通过本书的学习可以使学生掌握系统仿真的一般方法以及专业物流系统仿真软件 Flexsim 等的应用, 同时可以培养学生对物流系统进行综合分析的能力。

本书可作为物流管理、物流工程及经济管理类专业本科及研究生的教学用书, 同时也可作为对物流供应链领域的科研和管理与工程应用感兴趣的相关人士的学习参考书。

## 物流系统建模与仿真(第二版)

彭 扬 吴承健 编著

---

丛书策划 黄兆宁 樊晓燕  
责任编辑 黄兆宁  
文字编辑 何 瑜  
责任校对 余梦洁 王文舟  
封面设计 刘依群  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)  
排 版 杭州中大图文设计有限公司  
印 刷 富阳市育才印刷有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 20.5  
字 数 473 千  
版 次 2015 年 8 月第 2 版 2015 年 8 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-14860-3  
定 价 42.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

高等院校物流管理与物流工程专业系列教材  
**审稿专家委员会名单**

(以姓氏笔画为序)

邬跃	刘南	李严锋	杨东援
张锦	张良卫	张晓萍	屈福政
赵林度	黄福华	谢如鹤	靳志宏

## 前 言

现代物流的发展将在未来十年进入关键时期。现代物流在经济发展中的重要作用已被深刻认识,物流在一些地区成为经济发展的支柱(或瓶颈),各级政府均为物流发展提供了有利的政策环境。企业纷纷将物流作为降低成本的重要途径,对物流运作提出了新的要求,促使物流运作与服务更加快捷、高效、安全、便利。这些便是现代物流需求的重要来源。

当前,我国现代物流在功能和发展潜力上的瓶颈在于现代物流系统的不完善以及物流运作过程的不合理。自然形成的物流系统由于缺乏前瞻性和系统规划,在物流资源的配置、物流网络的结构等方面,很难保证其可靠性、合理性、协调性和最优化;而物流运作过程,主要是运输过程和仓储过程,仍以经验管理为主,基本上没有采用优化理论和方法,不合理现象随处可见,难以产生“第三利润”。现代物流系统正朝着自动化、信息化、集成化的方向快速发展,随着功能的不断综合完善,现代物流系统的构成也越来越复杂。一个好的物流系统的建立与优化已经不可能通过人的经验手段或者数学的解析推理来完成,因此计算机建模与仿真作为一种先进的解决问题的手段被越来越多地应用到现代物流系统的分析评价中。学习和掌握建模与仿真的基础知识将为学生今后的工作和研究打下良好的基础。

仿真(Simulation),也称为模拟,通俗来讲,它就是按照客观的实际情况,把所要研究的问题或对象构造成模型,然后在模型上进行实验或试验,以观察一项设计或计划方案,在接近于实际的条件下,其工作(或运行)情况是否合乎主观的意图或要求,或者是同时分析比较几个设计或计划方案,以确定其中哪一个方案更符合主观的意图或要求、具有更好的技术性能或经济效果,从而确定选择其中一个较好的设计或计划方案。

计算机没有普及以前,物流系统仿真普遍采用的是运用数学方法建立数学模型。当研究的物流系统不是十分复杂,或经过简化降低了系统的复杂程度时,可以利用数学方法,如线性代数、微积分、运筹学、计算数学等方法去求解问题。但在实际研究中,随着物流理论和实践的不断深入,所提出的研究问题日益复杂,非确定因素、不可知因素、模糊因素众多,因果关系复杂,单独应用数学方法就难以进行描述或很难求解且有时无法求解,因此,我们的研究需要采用计算机仿真的方法来辅助解决。

本书系统介绍了物流系统建模与仿真,特别是离散事件系统仿真的一般理论基础,然后介绍了一些计算机仿真软件,并主要以先进的物流仿真软件 Flexsim 为基础介绍物流领域相关问题的建模仿真应用过程。本书的目的是帮助读者掌握一些建模仿真的一般原理和理论基础,学会运用自己的所学对物流系统进行分析与评价,理解物流领域中各个物流子系统的仿真方法及仿真目的,并能够基本掌握专业物流仿真软件的使用,能



对一些实际物流系统进行简单的建模仿真并得出有意义的结论,以期运用以前先修物流课程的相关知识结合专业的物流仿真软件解决一些物流系统的实际问题。

本书由浙江工商大学彭扬、吴承健老师编写,作者在2008年第一版的基础上,结合多年相关课程教学与科研经验,并注重吸收各方面的研究成果,希望能提供给读者系统而易读易用的专业教材。在编写过程中,得到了物流管理系专业教师们的大力支持,物流专业的研究生和高年级本科生也提出了许多很好的建议,并帮助收集和整理了许多资料,在此表示诚挚的感谢。在成稿过程中,参考了大量相关的书籍、论文、报刊、杂志、网站的资料,作者已尽可能在参考文献中列出。

由于物流建模与仿真的理论和技术仍在不断发展和完善中,且作者水平有限,成稿时间仓促,书中表述难免出现疏忽和谬误,敬请各位专家、读者提出批评意见,并及时反馈给作者,以便逐步完善(联系邮箱:pengyang@mail.zjgsu.edu.cn)。

2015年6月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 系统概述 .....	1
1.1.1 系统的定义 .....	2
1.1.2 系统模型、研究内容与方法 .....	4
1.1.3 系统的特征与分类 .....	6
1.2 系统模型概述 .....	12
1.2.1 系统模型的定义与分类 .....	12
1.2.2 系统建模过程与方法 .....	16
1.2.3 系统建模原则与注意事项 .....	21
1.3 系统仿真概述 .....	23
1.3.1 仿真及其组成要素 .....	23
1.3.2 系统仿真的一般方法与步骤 .....	27
1.3.3 仿真的发展趋势 .....	28
1.4 系统、模型与仿真 .....	31
1.4.1 系统模型与仿真的作用和发展历程 .....	31
1.4.2 系统、模型与仿真的关系 .....	31
1.4.3 在系统研究中的基本假定 .....	33
<b>第 2 章 物流系统建模</b> .....	35
2.1 物流系统概述 .....	35
2.1.1 物流系统的概念与模式 .....	36
2.1.2 物流系统分析 .....	39
2.1.3 物流系统工程 .....	42
2.2 物流系统模型 .....	49
2.2.1 物流系统模拟技术的应用 .....	49
2.2.2 物流系统模型的概念与特点 .....	50
2.2.3 物流系统分析的模型化 .....	51
2.2.4 物流系统的常用模型 .....	52
2.3 物流系统建模的步骤 .....	53
2.3.1 物流模型构建的原则 .....	53
2.3.2 建模需要注意的问题 .....	54



2.3.3	物流系统建模的步骤	55
2.4	物流系统建模技术	56
2.4.1	物流系统建模方法	56
2.4.2	物流系统的主要建模技术	58
<b>第3章</b>	<b>排队模型与存储模型及应用</b>	<b>64</b>
3.1	排队系统模型	64
3.1.1	排队系统的特征	64
3.1.2	排队系统模型符号	65
3.1.3	顾客到达和服务的时间分布	66
3.2	基于排队系统的建模与仿真	68
3.2.1	排队系统的常用模型	68
3.2.2	物流排队系统仿真应用处理过程	72
3.3	存储论模型及应用	73
3.3.1	存储论的基本思想	73
3.3.2	确定型存储控制模型	75
3.3.3	随机型存储控制模型	79
3.4	应用库存模型进行库存规模决策	81
<b>第4章</b>	<b>系统仿真应用基础</b>	<b>85</b>
4.1	系统仿真的特点与分类	85
4.1.1	系统仿真方法的概念与发展	85
4.1.2	系统仿真的特点	86
4.1.3	系统仿真方法的分类	87
4.2	离散事件系统仿真	89
4.2.1	离散事件系统	89
4.2.2	基本术语	90
4.2.3	离散事件系统中的主要概念	91
4.2.4	仿真钟的推进	94
4.2.5	离散系统仿真策略	95
4.3	数据输入分析	99
4.3.1	数据收集	99
4.3.2	数据输入统计分析	100
4.3.3	相关性分析	102
4.4	随机变量及其生成方法	104
4.4.1	随机变量的类型	104
4.4.2	随机数发生器	104
4.4.3	随机变量产生的方法	106
<b>第5章</b>	<b>物流系统仿真概述</b>	<b>108</b>
5.1	物流系统仿真	108



5.1.1	物流系统仿真的特点	108
5.1.2	物流系统仿真的应用现状	110
5.1.3	物流系统仿真研究现状	111
5.2	仿真方法在物流系统中的应用	113
5.2.1	应用仿真技术的几个方面	113
5.2.2	物流系统仿真类型	114
5.2.3	物流系统仿真的主要步骤	115
5.2.4	物流系统仿真模型的确认	118
5.3	运输与装卸系统仿真	120
5.3.1	概述	120
5.3.2	仿真示例	120
5.3.3	用事件法描述装运系统	123
5.3.4	装运系统试验设计	127
5.4	物流系统仿真应用的发展	131
5.4.1	仿真技术在物流行业中的发展前景	131
5.4.2	系统仿真技术的发展方向	133
5.4.3	供应链仿真技术的发展趋势	134
5.4.4	物流系统仿真技术的研究热点	135
5.4.5	计算机仿真技术与应用的发展趋势	137
<b>第 6 章</b>	<b>物流仿真软件</b>	<b>139</b>
6.1	仿真软件发展概述	139
6.1.1	仿真软件发展的四个阶段	139
6.1.2	数学软件包	141
6.1.3	物流仿真软件包介绍	143
6.2	Arena	144
6.2.1	Arena 概述	144
6.2.2	Arena 的基本功能	145
6.2.3	Arena 的特点	145
6.3	AutoMod 软件	149
6.3.1	AutoMod 软件概述	149
6.3.2	AutoMod 软件的功能与特点	151
6.4	eM-Plant	152
6.4.1	eM-Plant 软件概述	152
6.4.2	eM-Plant 特点	153
6.5	Extend 软件	154
6.5.1	Extend 软件概述	154
6.5.2	Extend 软件的功能与特点	155
6.6	Flexsim 软件	157



6.6.1	Flexsim 软件概述	157
6.6.2	Flexsim 的功能与特点	157
6.7	RaLC 软件	159
6.7.1	RaLC 软件概述	159
6.7.2	RaLC 软件的功能与特点	160
6.8	Matlab/Simulink 软件	163
6.8.1	Matlab 软件概述	163
6.8.2	Matlab 的基本组成	164
6.8.3	Simulink 介绍及建模方法	165
6.8.4	Matlab 软件的功能与特点	167
6.9	Witness 软件	168
6.9.1	Witness 软件简介	168
6.9.2	Witness 软件的主要功能与特点	168
6.10	仿真软件比较分析	169
6.10.1	仿真软件的简单比较	169
6.10.2	仿真软件的选择因素	172
<b>第 7 章</b>	<b>Flexsim 应用基础</b>	<b>174</b>
7.1	Flexsim 基本建模思想	174
7.1.1	面向对象的思想	174
7.1.2	Flexsim 的对象层次结构	175
7.1.3	Flexsim 基本建模对象分类	177
7.2	Flexsim 术语	178
7.2.1	Flexsim 实体	178
7.2.2	实体属性和参数	179
7.2.3	模型视图	183
7.3	Flexsim 实体库与实体	187
7.3.1	实体库	187
7.3.2	固定实体类	188
7.3.3	任务执行器类	194
7.3.4	其他类实体	196
7.3.5	小结	197
<b>第 8 章</b>	<b>Flexsim 仿真应用初步</b>	<b>198</b>
8.1	Flexsim 基本建模步骤	198
8.1.1	Flexsim 仿真建模基本组成	198
8.1.2	Flexsim 仿真建模的基本步骤	199
8.1.3	仿真必要性问题	200
8.2	一个简单的仿真示例	201

8.2.1	示例模型描述	201
8.2.2	建立模型	201
8.2.3	详细设计模型	204
8.2.4	模型编译与运行	210
8.2.5	模型实验	211
8.3	引入更多实体的模型仿真	218
8.3.1	基本模型	218
8.3.2	加入更多实体的模型	219
8.3.3	显示模型运行数据和信息	221
<b>第9章</b>	<b>生产物流系统仿真应用</b>	<b>223</b>
9.1	生产物流系统概述	223
9.1.1	生产物流系统定义与特征	223
9.1.2	生产物流管理	224
9.2	生产物流仿真系统仿真简介	227
9.2.1	生产物流仿真的作用与目标	227
9.2.2	生产物流系统仿真的主要内容	229
9.3	离散单一产品流水作业系统仿真	231
9.3.1	问题描述	231
9.3.2	建立模型	232
9.3.4	模型运行	240
9.3.5	数据分析	240
<b>第10章</b>	<b>配送中心系统仿真</b>	<b>248</b>
10.1	配送中心与仿真概述	248
10.1.1	配送中心的定义与发展	248
10.2	配送中心作业系统分析	250
10.2.1	进货作业	251
10.2.2	储存作业	251
10.2.3	拣选作业	252
10.2.4	出库作业	252
10.2.5	搬运作业	253
10.3	基于 Flexsim 的配送中心仿真实例	253
10.3.1	某配送中心问题需求	253
10.3.2	某配送中心的流程图	254
10.3.3	商品存储的 ABC 分析	256
10.3.4	仿真模型的建立	257
10.3.5	仿真运行与结果分析	259
10.3.6	小结	262



10.4	配送中心库存系统仿真分析 .....	262
10.4.1	系统概念模型 .....	262
10.4.2	建立 Flexsim 模型 .....	263
10.4.3	数据分析 .....	269
<b>第 11 章</b>	<b>Flexsim 高级仿真开发 .....</b>	<b>278</b>
11.1	Flexsim 高级开发简介 .....	278
11.1.1	Flexsim 的编程基础 .....	278
11.1.2	Flexsim 基本程序流程 .....	281
11.1.3	Flexsim 命令与函数 .....	283
11.2	Flexsim 开发工具 .....	288
11.2.1	Flexsim 树结构 .....	288
11.2.2	工具箱 .....	290
11.2.3	Excel 表的导入和导出 .....	295
11.2.4	仿真实验控制器 .....	296
11.3	编程举例 .....	300
11.3.1	代码编写示范 .....	300
11.3.2	标签使用模型 .....	302
11.4	设施选址优化仿真 .....	305
11.4.1	问题描述 .....	305
11.4.2	主要建模过程 .....	306
11.4.3	主要代码编写与运行结果 .....	308
<b>参考文献</b>	.....	<b>313</b>

# 第1章

系统建模与仿真(第2版)

## 绪 论

### 本章要点

本章主要说明有关系统、系统模型及系统仿真的一些基本概念和它们相互之间的关系,目的在于使读者对系统、系统模型及系统仿真有一个基本的了解,为进一步学习和阅读后续各章节打下基础。

### 1.1 系统概述

系统——作为人类认识的重要手段,其概念来源于古代人类社会实践经验。人类自有生产活动以来,无时无刻不在和自然系统打交道。在系统学科远没有形成之前,人类就已经在进行辩证的系统思维,并利用系统的知识认知自然世界和人文社会,进行开发、探索和创新。

在现代实际的社会、经济、军事系统中,人们为了更好地达到一定的系统目标和实现系统一定的功能,都希望深入地了解和研究分析系统的内部结构和各要素或组成部分之间的关系,但是实际的系统描述却极为困难,如上述的社会、经济、军事大系统,其行为和政策效果往往无法用直接试验的办法得到。有些工程技术问题,虽然可以通过试验掌握系统的部分结构功能和特性,但是往往代价太大,所以人们提出了采用系统模型与模拟仿真方法来研究分析比较复杂的现实系统。

系统模型是对系统的特征要素、有关信息和变化规律的一种抽象表述,它反映了系统的某些本质属性,描述了系统各要素之间的相互关系、系统与环境之间的相互作用。模型是客观世界的抽象描述,具体地说,它是一个或一组表示某系统行为的方程式或描述系统行为的抽象概念的组。

研究系统模型的意义在于我们能通过建立系统模型来求解系统实际运作中的某些问题。在实际系统的实体运作过程中,很难也不可能都通过对实际系统进行试验来解



决,通过系统模型来进行替代研究可以降低这种难度。另外,许多的客观实体系统很难做试验,则可利用系统模型代替;对象问题虽然可以做试验,但是利用模型更便于理解。此外,模型易于操作,利用模型的参数变化来了解现实问题的本质和规律更经济方便。因此,无论是在一般系统还是复杂系统的分析中,系统模型都被广泛地应用。

### 1.1.1 系统的定义

“系统”一词由来已久,在古希腊是指复杂事物的总体。到近代,一些科学家和哲学家常用系统一词来表示复杂的具有一定结构的整体。在宏观世界和微观世界,从基本粒子到宇宙、从细胞到人类社会、从动植物到社会组织,无一不是系统的存在方式。系统时时处处可见:一台机器、一个工厂、一个企业、一定自然条件下的植物群落、一个组织、一个国家等,都可视为一个系统。从不同的研究和目的出发,可对系统作不同层次和不同范围的划分,例如一个细胞、一个器官、一个人、一个家庭、一条街道、一座城市等,都可相对独立地划为一个系统来进行研究,一个系统可以包括若干子系统,但它本身又是另一个更高层次系统的子系统。

虽然人类早就有关于系统的思想,但近代比较完整地提出系统理论的,则是奥地利的贝塔朗菲。

历史背景系统的存在是客观事实,但人类对系统的认识却经历了漫长的岁月,对简单系统研究得较多,而对复杂系统则研究得较少。直到20世纪30年代前后才逐渐形成一般系统论。一般系统论来源于生物学中的机体论,是在研究复杂的生命系统中诞生的。1925年,英国数理逻辑学家和哲学家N.怀特海在《科学与近代世界》一文中提出用机体论代替机械决定论,认为只有把生命体看成是一个有机整体,才能解释复杂的生命现象。1925年美国学者A.J.洛特·加龙省卡发表的《物理生物学原理》和1927年德国学者W.克勒发表的《论调节问题》中先后提出了一般系统论的思想。1924—1928年,奥地利理论生物学家贝塔朗菲多次发表文章表达一般系统论的思想,提出生物学中有机体的概念,强调必须把有机体当作一个整体或系统来研究,才能发现不同层次上的组织原理。他在1932年发表的《理论生物学》和1934年发表的《现代发展理论》中提出用数学模型来研究生物学的方法和机体系统论的概念,把协调、有序、目的性等概念用于研究有机体,形成研究生命体的三个基本观点,即系统观点、动态观点和层次观点。1937年,贝塔朗菲在芝加哥大学的一次哲学讨论会上第一次提出一般系统论的概念,但由于当时生物学界的压力,没有正式发表。1945年,他发表了《关于一般系统论》,但不久毁于战火,没有引起人们的注意。1947—1948年,贝塔朗菲在美国讲学和参加专题讨论会时进一步阐明了一般系统论的思想,指出不论系统的具体种类、组成部分的性质和它们之间的关系如何,存在着适用于综合系统或子系统的一般模式、原则和规律,并于1954年发起成立一般系统论学会(后改名为一般系统论研究会),促进一般系统论的发展,出版《行为科学》杂志和《一般系统年鉴》。虽然一般系统论几乎是与控制论、信息论同时出现的,但直到六七十年代才受到人们的重视。1968年,贝塔朗菲的专著《一般系统论——基础、发展和应用》,总结了一般系统论的概念、方法和应用。1972年他发表《一般系统论的历史和

现状》，试图重新定义一般系统论。贝塔朗菲认为，把一般系统论局限于技术方面当作一种数学理论来看是不适宜的，因为有许多系统问题不能用现代数学概念表达。一般系统论这一术语有更广泛的内容，包括极广泛的研究领域，其中有三个主要的方面：

①关于系统的科学，又称数学系统论。这是用精确的数学语言来描述系统，研究适用于一切系统的根本学说。

②系统技术，又称系统工程。这是用系统思想和系统方法来研究工程系统、生命系统、经济系统和社会系统等复杂系统。

③系统哲学，它研究一般系统论的科学方法论的性质，并把它上升到哲学方法论的地位。

贝塔朗菲企图把一般系统论扩展到系统科学的范畴，几乎把系统科学的三个层次都包括进去了，但是现代一般系统论的主要研究内容尚局限于系统思想、系统同构、开放系统和系统哲学等方面。而系统工程专门研究复杂系统的组织管理的技术，成为一门独立的学科，并不包括在一般系统论的研究范围内。

虽然发展至今，关于系统的认识，目前科技界和哲学界的认识很不一致，众说纷纭，国内外学者给系统所下的定义不下几十个，真是“仁者见仁，智者见智”，但主要有以下几种：

①一般系统理论创始人贝塔朗菲认为，系统是相互作用的诸要素的综合体。

②韦氏大辞典(Webester 大辞典)中系统(System)被解释为有组织的或被组织的整体，被组合的整体所形成的各种概念和原理的综合，以有规则的相互作用、相互依赖的形式组成的诸要素的集合。

③钱学森教授把系统定义为：“极其复杂的研制对象，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分组合成的具有特定功能的有机整体，而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”

尽管学者们提出的系统定义，具体说法或多或少存在着差异，但不难看出，其中有三项是普遍的、本质的东西：其一是系统的整体性；其二是系统由相互作用和相互依存的要素所组成；其三是系统受环境影响和干扰，和环境相互发生作用。学者们提出的系统定义虽然语句不同，并有各种附加条件，但没有一个关于系统的定义不包括这三项。从实际情形来看也是这样，任何系统都必须具备这三者，缺一不可，否则就不称其为系统。谈到系统的作用，它可以促进组织的发展，也可以阻碍组织的发展，在一定条件下，甚至可以对组织的存在和发展起着决定的作用。环境也是组织发展的必要条件，任何组织都同其周围环境相互联系、相互作用着，都不可能孤立地存在和发展。一个城市，要是封闭起来，人流、物流、能流和信息流统统切断，不能进出，那么不要多久，就会变成一座死城。在当今世界上，一个国家的经济，不同其他国家的经济相互联系、相互交流、互通有无、取长补短，就不可能迅速发展。

在这里，我们给系统下一个定义：“系统是由若干可以相互区别、相互联系而又相互作用的要素所组成，在一定的阶层结构形成中分布，在给定的环境约束下，为达到整体的目的而存在的有机集合体。”



### 1.1.2 系统模型、研究内容与方法

#### 1. 系统的一般模型

系统是相对外部环境而言的,并且和外部环境的界限往往是模糊过渡的,所以严格地说系统是一个模糊集合。外部环境向系统提供劳力、手段、资源、能量、信息,称为系统的“输入”。系统以自身所具备的特定功能,将“输入”进行必要的转换处理活动,使之成为有用的产品,供外部环境使用,称之为系统的“输出”。输入、处理和输出是系统的三要素。直观地讲,对于一个工厂而言,我们需要输入原材料,经过加工处理,才能得到一定产品作为输出,这一切我们就称之为一个生产系统。外部环境因资源有限、需求波动、技术进步以及其他各种变化因素的影响,对系统加以约束或影响,这些因素称为系统的“干扰”因素。此外,输出的成果不一定是理想的,可能偏离预期目标,因此要将输出的信息返回给输入,以便调整和修正系统的活动,这称为系统的“反馈”。系统的一般运作模型如图 1-1 所示。

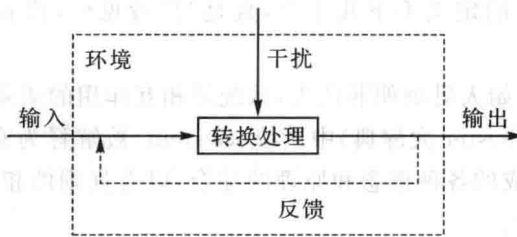


图 1-1 系统的一般运作模式

从运作模型分析,我们要着重把握以下四点:

① 系统由输入、处理、输出三部分组成。任何系统都由环境输入物质、能量和信息,经系统处理后向环境输出物质、能量和信息,因此系统均具有将输入转化为输出的功能。

② 系统内部都有物质、能量、信息三种流的流动。系统本身的运动过程就是对这三种流的处理过程,我们过去往往只重视物质、能量两种流的管理,而忽视了信息流的管理,这是造成工作被动的原因之一。从对系统的组织管理角度研究,信息流是至关重要的。

③ 系统都有反馈和环境自适应能力。系统都靠信息的反馈控制调整自身的运行,以适应环境并实现目标。

④ 系统都有一严密的层次结构。生物系统、工程系统和非工程系统均如此。

#### 2. 系统的研究内容

我们抽象出系统的一般运作模式是为了方便研究,以发现问题、解决问题。任何系统对我们而言都存在三方面需要研究的内容,即实体、属性和活动。

实体:存在于系统中的每一项确定的物体,即组成系统的具体对象元素。

属性:实体所具有的一项有效的特征,即实体的特性(状态和参数)。

活动:导致系统状态发生变化的一个过程,是在一段时间发生的情况,即实体随时间



推移发生的状态变化。

系统研究除了研究实体、属性和活动,还需要研究系统的环境。环境是指对系统的活动结果产生影响的外界因素。自然界的一切事物都是相互联系和相互影响的,而系统在外界因素不断变化的环境中产生活动,因此,环境因素是必须考虑的。

从边界的因素来看,系统的活动可分为:

①内生活动——系统内部实体相互作用产生的活动;

②外生活动——系统外部环境影响产生的活动。

仅考虑内生活的系统称为封闭系统,既考虑内生活动又考虑外生活的系统称为开放系统。

应该注意到,系统与环境的边界是不确定的,它们随研究的目的不同而异。对于工厂系统的订货问题,既可将其视为环境对生产产生的影响,也可将销售纳入系统作为系统内的活动来研究。

就图 1-2 的工厂系统而言,系统的实体是工厂的各部门、订单和产品;它的属性是部门类型、订单数量、各部门的设备数量;它的活动则是各个部门的计划、采购、装配和销售过程;环境则是该工厂所处的社会经济环境和自然环境。

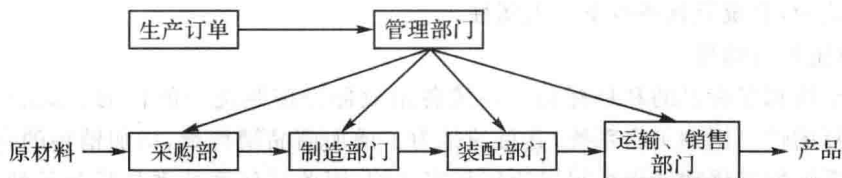


图 1-2 工厂系统

应注意的是,一次具体的研究不需要、也不太可能关注系统的所有实体、属性、活动以及环境,而只需要关注与研究目的有关的部分。

### 3. 系统工程的一般研究方法

20 世纪 60 年代,系统思想的量化已发展成既有理论指导,又有科学方法和实践内容的新的工程技术学科——系统工程。进行任何一项工作所使用的方法,总是取决于它的指导思想。系统工程的研究方法也同样取决于它的指导思想——系统思想。综合系统方法、反馈方法和信息方法就构成了系统工程处理问题的基本方法。

由于系统工程是人、设备和过程有机地、有秩序地组合于一定环境之中的工程技术,因此,系统工程就必须在系统思想的指导下,不仅要研究系统的组成部分,还必须研究各部分之间的关联;不仅要研究单一过程,而且还要研究事物发展的全过程;不仅要考虑技术因素,还要研究考虑社会、经济、环境、心理、生态等各种因素;不仅要研究工程问题,而且还必须研究其组织和管理问题;不仅要考虑当前情况进行静态的研究,还必须考虑长远的发展和变化进行动态的研究;不仅要考虑单一方案,还必须综合地考虑各种方案;不仅要考虑最优解,还必须因地制宜地考虑满意解或次优解;不仅要研究物质、能量的流动,而且更重要的是研究信息的流动;不仅要考虑系统内在的联系,而且要考虑与系统有关的环境因素和人的因素等。

总之,我们需要从以下四个方面着手研究一个系统: