

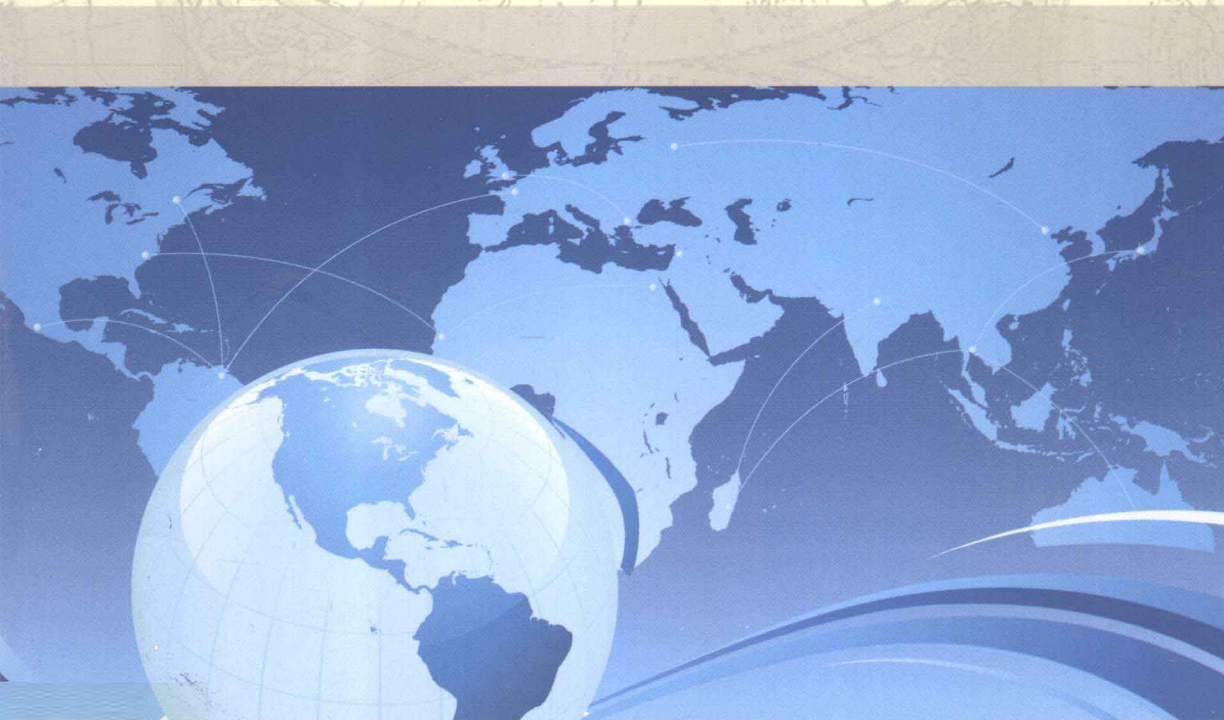
中国科学院规划教材·物流管理系列




Logistics Systems Analysis

物流系统分析

赵林度 主编



科学出版社



中国科学院规划教材·物流管理系列

Logistics Systems Analysis
物流系统分析

赵林度 主编

科学出版社

北京

前言

物流活动是当今社会发展和企业经营活动中最具影响力的要素之一，它是企业和社会连续再生产的前提，与人类的生存和社会发展的各个环节息息相关。用系统的观点来研究物流活动是现代物流系统工程学的核心思想，物流作为一项经济行为系统，通过广泛的信息技术支持，实现了以信息为中枢的系统化体系。掌握物流系统分析的方法和技术，能够帮助管理者高效地设计、运营并持续改进物流系统，使其真正成为第三利润源泉。

作者撰写本书的目的，是希望能够系统而广泛地阐述物流系统分析的理论方法和技术。因此，通过深入的研究分析，确定了本书的基本框架。本书共八章内容，具体安排包括如下几个部分。

第 1 部分 物流系统分析基本框架

物流系统分析是以系统思想为基础，针对不同类型的问题，运用不同的系统分析方法进行分析的一种技术经济方法，其目的在于给解决物流系统问题的决策提供综合信息。本书第 1 章着重介绍物流系统以及物流系统分析的基本框架。该部分详细介绍了物流系统的概念、结构、发展以及物流系统分析的要素、原则和过程，为形成物流系统分析的基本轮廓以及深入介绍物流系统分析的理论方法和技术奠定基础。

第 2 部分 物流系统分析理论方法

任何一门学科或技术的出现和发展，都少不了理论研究和实际应用的基础。由于物流系统的研究涉及众多领域，所以采用的研究手段和技术也多种多样。本书在第 2、3 章中除介绍一般数学理论、运筹学、控制论、信息论乃至大系统理论等外，还详细描述了物流系统论、物流系统控制论以及物流系统博弈论，为全面地介绍物流系统分析技术打下了坚实的理论基础。

第 3 部分 物流系统分析技术

在物流系统分析理论方法的基础上，本书逐步形成了物流系统分析的技术体系，主要涉及物流系统建模技术、物流系统优化技术、物流系统仿真技术、物流系统响应技术、物流系统控制技术。本书将在第 4~8 章中分别对其进行详细介绍。针对不同的物流系统，运用适当的物流系统分析技术，有利于物流系统朝着

更加有序、更加高效的方向发展。

本书在写作和出版过程中，得到了许多同行专家的热情帮助，得到了科学出版社编辑林建先生的帮助。博士研究生王新平、孙胜楠、江亿平、孙立、杨世才、赵永等，硕士研究生帅颖、马伊琳、宋厚飞、张益清、裴英超、李富稳、祝静静、徐倩、苗晓翠等同学认真阅读全文，并提出了许多宝贵意见，硕士研究生王书琴和本科生张伟力同学提供了仿真程序，借此机会向他们表示诚挚的谢意。

本书得到了“十一五”国家科技支撑计划重大项目“现代服务业共性技术支撑体系与应用示范工程”——“现代物流综合管理关键技术与平台”（2006BAH02A06）课题、“十一五”国家科技支撑计划重大项目“食品安全关键技术”——“食品污染溯源技术”（2006BAK02A16）和“超市食品安全质量控制技术研究”（2006BAK02A28）、江苏省“333工程”培养资金资助项目和江苏省六大人才高峰项目资助。

本书的完成首先是作者对物流系统分析重要性认识上的一次飞跃。尽管作者为本书花费了大量的精力，但由于物流系统的复杂性、动态性和多样性，以及物流系统分析本身就是一项环环相扣的系统工程，加上作者水平有限，书中难免有疏漏或不当之处，恳请读者批评指正（ldzhao@seu.edu.cn）。

作者

2012年1月

目 录

前言

第 1 章

物流系统分析基本框架	1
1.1 物流系统分析基本框架概述	1
1.2 物流系统	2
1.3 物流系统工程	19
1.4 物流系统分析	30
小结	38
思考题	38

第 2 章

物流系统分析理论	39
2.1 物流系统分析理论概述	39
2.2 物流系统论	41
2.3 物流系统控制论	48
2.4 物流系统博弈论	60
小结	68
思考题	68

第 3 章

物流系统分析方法	69
3.1 物流系统分析方法概述	69
3.2 物流系统工程方法论	70
3.3 物流系统建模、仿真与分析	77
3.4 物流系统评价与决策	91
小结	100
思考题	100

第4章		
	物流系统建模技术	101
4.1	物流系统建模技术概述	101
4.2	物流系统建模基础	103
4.3	物流系统评估技术	109
4.4	物流系统动态建模技术	125
	小结	132
	思考题	133
第5章		
	物流系统优化技术	134
5.1	物流系统优化技术概述	134
5.2	物流系统优化的基础	138
5.3	物流系统结构优化	147
5.4	物流系统功能优化	165
5.5	物流系统行为优化	175
	小结	189
	思考题	189
第6章		
	物流系统仿真技术	191
6.1	物流系统仿真技术概述	191
6.2	物流系统仿真基础	193
6.3	物流系统状态分析	204
6.4	物流系统过程仿真	215
	小结	230
	思考题	230
第7章		
	物流系统响应技术	232
7.1	物流系统响应技术概述	232
7.2	物流系统响应需求分析	234
7.3	物流系统自适应性	241
7.4	物流系统动态响应	253

小结 265
 思考题 266

第 8 章

物流系统控制技术 267
 8.1 物流系统控制技术概述 267
 8.2 物流系统绩效分析 272
 8.3 物流系统环境控制 278
 8.4 物流系统过程控制 284
 小结 299
 思考题 299

参考文献 301

第 1 章

物流系统分析基本框架

在自然界和人类社会中，任何事物都是以系统的形式存在的，物流也不例外。可以将物流的各种要素视为一个系统，用综合分析的思维方式进行研究，这也是系统工程方法论的一个基本特点。物流系统作为社会经济系统中的一个重要组成部分，其功能和巨大的经济价值已经引起广泛关注。物流系统分析提供了一个揭示具有时间跨度和空间跨度的物流系统内在复杂性的工具，它成为物流、物流系统、物流系统工程理论方法的集合体。

■ 1.1 物流系统分析基本框架概述

物流活动包含了物流功能的实施和管理过程，主要由运输、储存、包装、装卸搬运、配送、流通加工、信息处理等基本物流活动组成。物流活动是当今社会发展和企业经营活动中最具影响力的要素之一，它是社会和企业生产、再生产或连续生产的前提，是社会经济发展的重要基础，所以物流活动与人类生存和社会发展息息相关。

物流活动构成了物流系统的基本要素，与此同时物流系统又运行于一个更大、更复杂的社会经济系统中，它一端连接着生产者一端连接着消费者，同时又使原材料或半成品、产成品进入另一个生产领域进行再生产。

物流系统是相对环境而言的，既有运行于社会经济系统中的宏观物流系统，也有运行于物流网络节点（如企业内部物流或仓库内物流）的微观物流系统。物

流系统在整个社会经济系统中处于重要地位,对社会经济发展有着重要的推动作用或制约作用,它支撑着社会发展和企业经营活动中每时每刻所需要的大量原材料、设备投入生产、加工和装配等环节,以及每时每刻产生的大量产成品满足社会需求。面对如此复杂的社会经济系统,物流系统工程作为一项科学的组织管理技术应运而生。

物流系统工程属于物流与系统工程两门学科的交叉性边缘学科,它将系统工程的基本理论和方法推广应用到物流领域。

物流系统工程以物流系统为对象,从物流系统的整体利益和观念出发,将物流、信息流和资金流融为一体,应用分析、推理、判断、综合等系统工程理论方法建立系统模型,揭示各个组成部分、各种因素之间的关系,进而应用最优化方法探索物流系统的最佳方案、最佳效果,实现系统最满意的结果,即运用系统工程理论和方法为物流系统规划、设计、管理和控制选择最优方案,以低物流成本、高服务水平达到提高社会效益的目的。

物流系统分析从不同的视角、不同的层次探索物流、物流系统、物流系统工程领域的问题,系统的观点成为研究领域内的核心思想。广泛的网络技术、信息技术、通信技术的强有力支持,不仅有助于实现物流、信息流和资金流的有效集成,而且有助于构筑一个以信息系统为中枢的系统化体系。因此,可以认为物流系统分析的灵魂在于系统。

1.2 物流系统

物流系统是随着工业化发展的历程,从手工物流系统、机械化物流系统、自动化物流系统、集成化物流系统、智能化物流系统逐步发展起来的。目前,现代化生产水平的不断提高,对物流系统赋予了新的内涵,即在正确的时间,以正确的方式,将正确的货物,送达正确的地点和正确的客户。可见,物流系统已经发展成为与生产活动密不可分的包括工艺、设备、控制、管理在内的一个复杂系统。

1.2.1 物流概论

人类社会自从开始进行商品交换以来,就存在着与生产和流通相适应的物流活动。随着商品经济的发展,物流活动的形式由简单到复杂,范围由小到大,技术水平由低到高。在物流活动实践不断发展的基础上,人们逐渐形成了对物流的理解和认识,进而从对物流概念的研究扩展到对物流理论的研究。物流的最原始含义是指实物的实体运动,即物的流通,人们通过物流活动实现商品交换,以满足各自的生产或生活的需要。

1. 物流的概念

1985年,美国物流管理委员会(2005年更名为美国供应链管理专业协会)将物流定义为:“物流是以满足客户需求为目的,为提高原材料、在制品、半成品、产成品,以及相关信息的流动和储存的效率和效益,而对其进行的计划、执行和控制的过程。”相应的物流功能性活动则包括需求预测、物料采购、订单处理、客户服务、存货控制、分销配送、仓库管理、工业包装、物料装卸搬运、工厂和仓库或配送中心的选址、零配件和技术服务支持、退货处理、废弃物和报废产品的回收处理等。随着物流活动的发展,其含义和范围已不再局限于上述定义,1998年10月,美国物流管理委员会对物流的定义进行了修改,将其定义成供应链管理的一部分。

我国在2001年8月1日正式实施的国家标准《中华人民共和国国家标准物流术语》(GB/T18354—2001)中,将物流定义成:“物流(logistics)是指物品从供应地向接收地的实体流动过程,根据实际需要,将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合。”

早期的物流管理理论仅仅局限于运输领域,随着相关理论研究的深入和应用实践的发展,企业逐渐认识到整合物流功能或物流系统能够带来巨大的效益。在物流运营实践和利益的驱动下,企业逐步开始集成各个物流子系统,形成了物流系统。在企业由于降低物质消耗而增加的“第一利润源”和因节约活劳动消耗而增加的“第二利润源”被尽量挖掘之后,物流作为降低成本的“第三利润源”被提了出来。因此可以认为,物流概念正在不断扩展,并逐步形成了现在的广义物流概念(图1-1)。

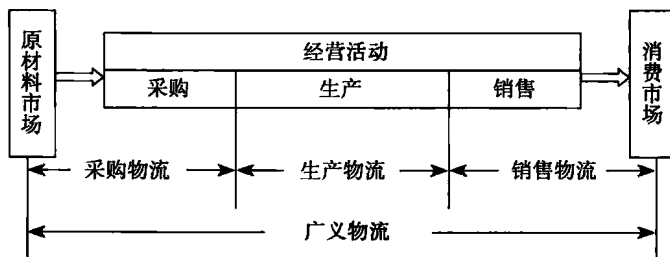


图 1-1 物流的基本概念

2. 物流的特点

物流始终伴随着采购、生产和销售的价值链过程,没有物流的支持就不可能实现价值增值,物流已经成为生产和交易过程中必不可少的重要组成部分。物流不单纯考虑生产者对原材料的采购,以及生产者本身在产品制造过程中的运输、

销售等市场行为，而是综合集成整个价值链过程进行思考的一种战略措施。因此，在物流管理战略目标的驱动下，物流逐步形成了如下几个特点。

1) 系统性

在社会经济系统中，物流、信息流和资金流不仅各自构成了一个具有同等重要价值的子系统，而且它们共同组成了一个内涵丰富的集成系统——物流系统。在原始市场驱动和增值市场吸引下，物流系统在社会经济系统中持续发展（图 1-2）。

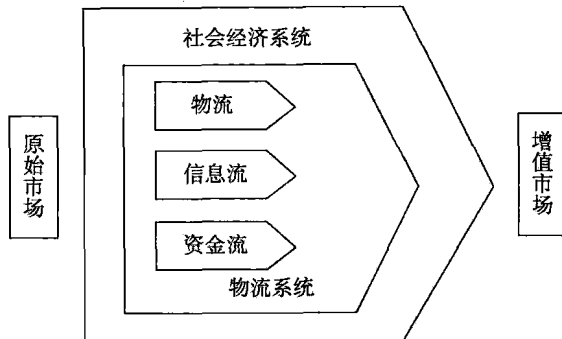


图 1-2 物流系统图

2) 复杂性

物流活动在价值增值中的重要作用，使物流、信息流和资金流的有效集成变得相对比较复杂。物流中所包含的运输、储存、包装、装卸搬运、配送、流通加工、信息处理等环节并不是简单地环环相扣，而是一个交织着信息流和资金流的具有复杂结构的网络。

3) 高成本

物流活动贯穿于整个社会经济系统，物流系统中的每一项活动都需要消耗一定数量的成本。在物流环节就包含了运输、储存、包装、装卸搬运、配送、流通加工、信息处理等综合成本，正是由于物流高昂的成本，物流被视为降低成本的“第三利润源”。

4) 生产和销售的纽带作用

物流发挥着连接生产和销售的纽带作用（图 1-3）。在社会经济系统中，物流通过物流系统的运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能活动架起了企业通向市场、服务客户的桥梁。物流具有的桥梁和纽带作用，使其在社会经济系统中发挥了重要的服务职能。

3. 物流的分类

根据物流对象、物流目的、物流方向以及物流范围的不同，人们可以从不同的角度、采用不同的标准对物流进行分类。目前还没有一个统一的物流分类方

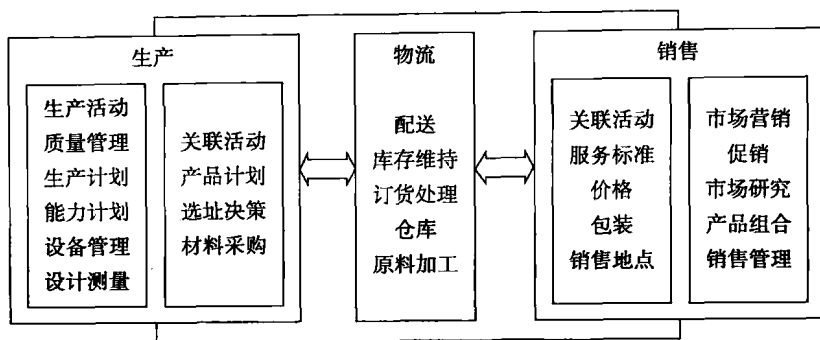


图 1-3 物流与生产和销售的界面

资料来源：赵林度，供应链与物流管理（第二版）[M]．北京：机械工业出版社，2007．

法，常见的物流分类有以下几种方式。

1) 宏观物流和微观物流

按照物流系统性质分类，可以将物流分为宏观物流和微观物流。

宏观物流是指国民经济范围内、社会再生产各过程之间、国民经济各部门之间以及国家与国家之间的物流。随着经济全球化和国内市场经济的发展，国民经济部门之间的交易关系越来越复杂，社会物流的规模也越来越大。宏观物流是从社会再生产总体角度认识和研究物流活动，其主要特点是综观性和全局性。

微观物流主要是指企业物流，研究微观主体——企业内部的物流活动，可以将其再区分为正向物流和逆向物流。通常企业逆向物流是指处理废旧物品的物流活动；而企业正向物流又包含采购物流、生产物流和销售物流。

(1) 企业采购物流，即为生产企业提供原材料、在制品、半成品、零部件和产成品时，物品在提供者的原材料仓库供应地与需求者之间的实体流动。对于生产企业而言，是指生产活动所需要的原材料、备品备件等物品的采购、供应活动所产生的物流；对于流通领域而言，是指交易活动中从买方角度出发的交易行为所产生的物流。

(2) 企业生产物流，即生产过程中，原材料、在制品、半成品、产成品等在企业内部的实体流动。生产物流和生产流程同步，是从原材料购进开始直到产成品发送为止的全过程的物流活动，如果生产物流中断，生产过程也将随之停顿。

(3) 企业销售物流，即指生产企业或流通企业出售商品时，物品在供方与需方之间的实体流动。通过销售及售后服务，物流服务提供商可以回笼资金进行再生产。

2) 自理物流和第三方物流

按照物流组织主体分类，可以将物流分为自理物流和第三方物流。

自理物流就是通常所讲的第一方物流和第二方物流，是指卖方或买方企业自

行承担的物流活动，物流服务并非其核心业务。

第三方物流是指由买卖双方以外的第三方物流服务提供商所提供的专业化物流服务，物流业务是其核心业务。第三方物流是物流社会化、专业化发展的必然结果。

3) 国际物流和区域物流

按照物流活动的空间分类，可以将物流分为国际物流和区域物流。

国际物流是指伴随着国际间经济交往、贸易活动以及其他国际交流所发生的物流活动，它是国内物流的延伸和扩展，是跨越国界、流通范围扩大的物的流动。

相对于国际物流而言，一个国家或一个地区、一个城市的物流，则属于区域物流。区域物流对于提高该地区企业物流活动效率，降低物流成本，保障当地居民的生活福利环境，稳定物价，具有不可缺少的作用（张敏 2004）。

4. 物流的发展

随着社会经济的发展，人们对物流的理解和认识不断深化，分别从不同的视角认识和理解物流，使物流概念呈现多元化趋势。

20世纪60年代出现的物流技术，推动着物流产生了一次大的飞跃式发展。大型专用船舶、集装箱、自动化仓库和计算机网络，以及其他先进的物流装备获得了大量的应用，随着物流功能的不断提高，其应用范围也进一步扩大。与此同时，物流管理、供应链管理等物流技术也获得了更大的发展，并进一步推动物流技术快速发展。

在经济全球化浪潮的冲击下，物流更加注重“以客户为中心”的管理理念，在追求个性化发展的过程中，促进了物流的范围、质量、效率和成本的快速发展，促进了物流由粗放型向集约型发展。物流的发展和相关产业的发展一样，都存在由厚变薄、由长变短、由重变轻的发展趋势（图1-4），这种发展趋势不仅改变了传统的物流管理理念，也改变了物流产业的结构，改变了物流产业发展的基石。

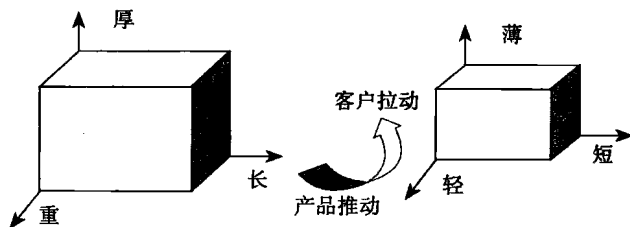


图 1-4 物流发展趋势

物流在未来的发展也会使当前的物流概念得到全面更新，并进一步推动物流管理体系的完善。物流概念所涉及的范围将会在现有的基础上进一步扩展，并渗透到社会经济系统的各个方面。从社会经济系统中的生产、配送、消费等环节中的物质运动到生产环节中的原材料、在制品、半成品、产成品的位移；从实体移

动的技术手段到组织运作的方法都会产生质的飞跃。物流概念极为丰富的内涵和极为广阔的外延,都将随着社会经济的发展而发展,并使处于社会经济系统中的物流在向着更新、更高目标迈进的过程中更趋完善。

1.2.2 系统与系统工程概论

系统与系统工程是物流系统分析的基本要素和基础理论,因此对这两个概念应该有一个更加清晰透彻的认识和理解。

1. 系统

系统是由相互联系、相互作用的若干要素经特定关系组成,并与环境发生关系的具有整体功能的有机整体。

1) 系统的定义

系统(system)一词来源于拉丁语 systema,早在古希腊就已使用,用于表示群体、集合等概念,但是有关系统的定义至今尚未统一。1937年,现代系统研究的开创者奥地利理论生物学家冯·贝塔朗菲(von Bertalanffy)提出,“系统是相互作用的诸要素的综合体”,第一次将系统作为一个科学概念进行研究。我国系统科学界一般采用钱学森给出的较为通用的定义:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成,具有特定功能的有机整体,而且这个整体又是它所从属的更大的系统的组成部分(钱学森 1988)。

根据上述定义,可以从以下三个方面理解系统的概念。

(1) 系统是由两个或两个以上的要素所组成的整体,这些要素可能是个体、单元、零部件,也可能自身就是一个系统或子系统。要素是系统构成的最基本的组成部分,没有要素就无法构成系统,单个要素也无法构成系统。

(2) 系统具有一定的结构。系统各要素之间、要素与整体之间存在着相互联系、相互作用、相互依赖的有机关系。系统结构就是系统各要素之间的有机联系,是一种相对稳定的联系方式、组织秩序及失控关系的内在表现形式。要素之间若没有任何联系和作用,则不能称其为系统。系统与其生存环境之间,也存在一定的有机联系。

(3) 系统具有一定的功能。系统各要素之间的相互联系和相互作用,使系统作为一个整体具有各要素所不具备的特定功能。整个系统具有特定功能,这个特定功能是由系统各要素之间的有机联系(即系统结构)所决定的,它就是系统的目的和宗旨。

在自然界和人类社会中,系统是普遍存在的,如生产系统、交通系统、生命系统等。一个企业可以视为由采购、生产和销售等环节构成的价值链系统;一家

医院可以看做是由住院部、门诊、药房等构成的系统；一部交响乐可以看做是由多个乐章构成的系统。

2) 系统的特性

任何一个完备的系统都需要具备四个条件：要素、相互联系、功能、环境。在这四个条件的支撑下，系统呈现出一些鲜明的特性。

(1) 集合性。将一些具有某种属性的对象视为一个整体便形成了一个集合。集合中的对象叫做集合的要素（元素）。系统的集合性决定了系统至少是由两个或两个以上的可以相互区别的元素组成的。要素可以是实体的，如人、设备、仪器仪表等；也可以是非实体的，如文件、程序、计划等。

(2) 整体性。系统的整体性是指系统不是各个要素的简单集合，各要素之间存在一定的组合方式，它们必须是相互统一和协调的。系统的整体功能也不是各个要素功能的简单叠加，而是呈现出各组成要素所没有的新的功能，并且系统的整体功能并不等于各组成要素的功能总和。系统整体性还说明，在一个系统整体中，即使并不是所有的要素都很完善，但它们也可以协调、综合成为具有良好功能的系统，即产生 $1+1>2$ 的效果。相反，即使每一个要素都是良好的，相互间若不能协调，不能作为整体发挥良好的功能，也不能称之为一个完善的系统。

(3) 相关性。相关性是指系统内部要素之间的某种相互作用、相互依赖的特定关系。例如，社会经济系统是一个大系统，它由社会系统、经济系统、环境系统、物流系统等相互联系的部分组成，通过系统内各子系统协调运营完成整个社会经济系统特定的发展目标。各子系统之间具有密切的关系，相互联系、相互作用、相互依赖。

(4) 目的性。通常，系统具有明确的目的和目标。为了达到既定的目的，系统不仅形成了区别于其他系统的特定功能，而且将系统的目的转化为一些更具体的目标。系统的目标需要应用一个指标体系来描述，如果指标体系中的指标之间相互矛盾，就需要从整体出发，力求获得一个全局最优的效果。

(5) 环境适应性。适应性是指系统适应外部环境变化的能力。一个不能适应环境变化的系统是没有生命力的，只有能够与外部环境保持最佳适应状态的系统，才是一个具有活力的理想系统。例如，一个企业必须了解国内外市场动态、竞争对手的经营动向、行业的发展趋势等环境变化，依此制定企业的经营战略、调整内部结构以适应环境变化，从而保持企业的活力和生存发展空间。

(6) 层次性。由于系统是由一些相互作用的要素组成的，可以分解为一系列的子系统，子系统还可以进一步分解为更低一级的子系统，并存在一定的层次结构。例如，自然界中，宇宙是一个系统，银河系是一个从属于宇宙的系统，而太阳系又是一个从属于银河系的子系统。在系统层次结构中，表述了不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。一个系统的层次越高，系统的结构、功能和

属性就越复杂(魏宏森, 曾国屏 1995a)。

3) 系统的分类

系统以不同的形态存在。根据系统产生的原因和反映的属性不同, 可以将系统划分为不同类型。

(1) 自然系统和人工系统。自然系统是以自然物为基础而自然存在的系统。自然系统一般表现为环境系统, 如海洋系统、生态系统、大气系统等。人工系统是人类为达到特定目的而设计和建造的系统, 如工程技术系统、经营管理系统、科学技术系统等。

(2) 实体系统和概念系统。实体系统是以矿物、生物、能源、机械等实体组成的系统, 它的组成要素表现为静态系统的形式, 即具有实体的物质, 如人一机系统、机械系统、电力系统等。实体系统是以硬件为主体, 以静态系统的形式来表现的。概念系统是由概念、原理、方法、制度、程序等观念性的非物质实体所组成的系统, 它是以软件为主体, 依附于动态系统的形式来表现的, 如教育系统、法律系统、程序系统等。

(3) 封闭系统与开放系统。封闭系统是指与外部环境不发生任何形式交换的系统, 它不向外部环境输出, 也不从外部环境输入, 一般而言, 它是专为研究系统目的而设定的。开放系统是指系统内部与外部环境有物质、能量和信息交换的系统, 它从环境得到输入, 并向环境输出, 而且系统状态直接受到环境变化的影响。大部分的人工系统属于这一类, 如工程技术系统、经营管理系统等。

(4) 静态系统和动态系统。静态系统是其固有状态参数不随时间变化的系统, 它没有既定的相对输入和输出, 表征系统运动规律的模型中不含时间因素, 即模型中的变量不随时间的变化而变化。静态系统属于实体系统。动态系统是其状态变量随时间而改变的系系统, 它有输入和输出的转化过程, 一般都有人的行为因素。

(5) 对象系统和行为系统。对象系统是按照具体研究对象进行区分而产生的系统。行为系统是以完成特定目的的行为作为组成要素的系统。所谓行为是指为达到某一确定的目的而执行某一特定功能的作用, 这种作用对外部环境能产生一定的效用。不同的行为系统是根据行为特征的内容加以区别的, 也就是说, 尽管有些系统的组成要素相同, 但是如果系统执行某一特定功能的作用不同, 那么它们就不属于同一类系统。

(6) 控制系统和因果系统。控制系统是具有控制功能和手段的系统。当控制系统由控制装置自动运行时, 称之为自动控制系统。因果系统是输出完全决定于输入的系统, 其状态与结果具有一致性, 这类系统一般为测试系统, 如信号系统、记录系统、测量系统等。而且, 因果系统必须是开放系统。

(7) 简单系统和巨系统。根据组成系统的子系统以及子系统种类的多少和它们之间关联关系的复杂程度, 可将系统分为简单系统和巨系统两大类。简单系统

是指组成系统的子系统数量比较少，子系统之间的关系单纯。若子系统数量非常大（如成千上万、上百亿、上万亿），则称做巨系统。巨系统又分为简单巨系统和复杂巨系统两类：若巨系统中子系统种类不太多（如几种、几十种），且它们之间的关联关系又比较简单，就称做简单巨系统，如激光系统；如果子系统种类很多并有层次结构，它们之间的关联关系又很复杂，就称做复杂巨系统，如生物体系统、地理系统（包括生态系统）、社会系统、星系系统等。

4) 系统的模式

系统是相对外部环境而言的，它与外部环境的界限是模糊过渡的。外部环境向系统提供物质、能量和信息等，称为系统的输入。系统以自身所具有的特定功能，将输入进行必要的转化处理，使之成为有用的产成品，供外部环境使用，称为系统的输出。输入、处理、输出是系统的三要素。外部环境因资源有限、需求波动、技术进步等各种变化因素的影响，对系统加以约束和影响，成为环境对系统的约束和干扰。此外，输出的结果不一定符合理想的预期，可能偏离预期目标，因此要将输出结果的信息返回给输入，以便调整和修正系统的行为，称为反馈。系统的一般模式如图 1-5 所示。

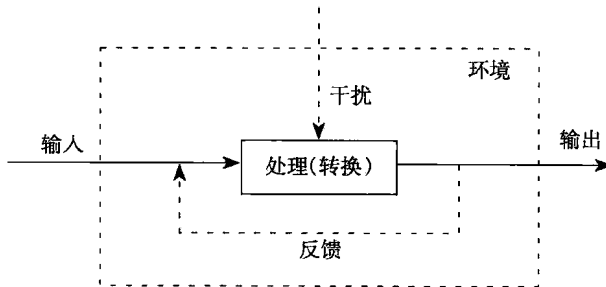


图 1-5 系统的一般模式

资料来源：汪赋．系统工程在配送中心物流系统的应用研究 [D]．厦门大学硕士学位论文，2006．

2. 系统工程

系统工程是一个先进的组织管理技术和工程技术，是一门跨学科的交叉科学。因此，应该关注系统的概念、特征、方法论及其发展。

1) 系统的概念

系统工程（system engineering, SE）是一门交叉学科，仍在不断完善和发展。在不同的学科领域，系统工程存在多种不同的定义。具有代表性的定义有以下几种。

美国学者切斯纳（H. Chestnut）指出：“系统工程认为虽然每个系统都是由许多不同的具有特殊功能的部分所组成的，而这些功能部分之间又存在着相互关