



物流系统规划——建模及 实例分析

蔡临宁 编著

物流系统规划——建模及 实例分析

蔡临宁 编著



机械工业出版社

本书围绕生产及商业流通中的物流活动,通过近 10 年来的国际企业实例,分析介绍物流网络设计、物流配送模型、库存模型及仓储设计、生产物流、回收物流以及物流仿真技术的最新发展应用。其主要特色在于理论与实例相结合,注重可操作性及实用性,致力于帮助读者提高解决实际问题的能力。

本书可供物流专业的大学生、研究生作为教材,也可供物流工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

物流系统规划——建模及实例分析/蔡临宁编著. —北京:机械工业出版社,2003.9

ISBN 7-111-12495-2

I. 物… II. 蔡… III. 物流-系统建模
IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 052029 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:周国萍

责任编辑:周国萍 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英

封面设计:陈 沛 责任印制:路 琳

高等教育出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5 · 8.625 印张·333 千字

0 001-4 000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

物流被称为“第三利润源泉”。近年来,随着顾客需求的多样化、企业竞争的激烈、全球制造概念的发展以及我国加入 WTO,物流已经引起了全球的重视。我国政府也将其视为新的经济热点。从中央到地方,从政府到企业,纷纷开始各级物流战略的规划、物流系统的建设。大量的物流园区不时见于报道,大量的物流公司不断涌现,掀起了一股“物流热”。如何看待,如何参与,物流发展的趋势如何? 是我在课堂上、在企业中经常与大家探讨的话题。

有的观点认为,物流,不就是运输么,自古就有,根据老师傅的经验就可以了,没有什么需要研究的;有的观点认为,物流,成本太高、理论太深,应该是高校、研究所研究的东西,距离企业实际应用太远;有的观点认为,物流也是一个泡沫,很快会破裂的。

我想,物流,尤其是现代物流,不是一门只依靠经验的学科,不需要理论研究;但是,也不是纯理论的学科,不只是单纯地研究整数规划、图论等,尽管,这些知识是物流研究的基础知识。物流,应该是工程背景很强的学科,侧重于运用运筹优化理论知识解决实际问题。物流的研究目标是低成本、高效率、高质量地实现物料的移动,使得准确品种与数量的物料在正确的时间、按照正确的路线、到达正确的地点。本书中介绍了大量大企业的物流活动,如土耳其最大的家电公司用整数规划解决各种家电的月配送计划问题,他们将配送计划与卡车的装车发运方式结合起来进行规划,较好地解决了公司 7 个工厂、8 个配送中心、1500 个销售代理的月配送计划,为了使得没有运筹学知识的人员也能够运用,提高公司的物流效率,对该系统进行了软件实现。类似的实例说明,现代物流应该是一个整合的系统,是用系统、整体的观点来研究传统的物流问题。

现代物流的问题,既要研究战略层的选址问题,又要研究运作层的仓库物料搬运、装车发运问题。

因此,本书根据物流的环节,从物流网络的设计——节点的选址开始,逐一介绍布置规划、库存及仓储规划、运输规划的基础理论。在此基础上,围绕每一个专题,介绍1个或2个实际企业物流运作的相关实例,便于读者结合起来,加深理解,增强对物流活动的运作能力。

本书是在清华大学几届本科生及研究生的课程讲义基础上修改而成的。在成稿过程中,第3章、第8章由吕新福负责材料组织,另外,曲志伟、王煜也参加了部分工作。

在本书的写作过程中,参阅借鉴了大量的国内外文献,在此,向这些作者表达诚挚的谢意,如有遗漏,敬请原谅。为了保持数据的整齐性,引自文献的数据没有换算成法定计量单位,只在第1次该种单位出现时,给出它和法定单位的换算关系。

终于完稿了,在此,感谢家人对我的支持,感谢为作者提供物流研究机会的国家自然科学基金委员会、德意志学术交流中心(DAAD)、教育部博士点基金、北京市科委及各个横向合作企业。感谢系领导的关心与帮助。

蔡临宁 于清华园

2003年5月

目 录

前言

第 1 篇 物流和选址	1
第 1 章 物流及相关概念	1
1.1 物流的重要性	1
1.1.1 经济全球化的影响	1
1.1.2 物流成本在 GDP 中占有很高份额	2
1.1.3 生产模式的影响	3
1.1.4 企业的“第三利润源泉”	4
1.1.5 客户服务	4
1.1.6 信息技术	4
1.1.7 环境要求	5
1.2 物流:一个不断发展的概念	5
1.2.1 概念的发展	5
1.2.2 物流与供应链管理	8
1.2.3 物流的结构	10
1.2.4 第三方物流	16
1.2.5 现代物流的特征	19
1.3 习题	22
第 2 章 选址模型及应用	23
2.1 选址的意义	23
2.2 选址决策的影响因素	24
2.2.1 选址决策的外部因素分析	24
2.2.2 选址决策的内部因素分析	25
2.3 选址模型的分类	25

2.3.1 被定位设施的维度及数量	26
2.3.2 选址问题目标区域的特征	26
2.3.3 选址成本	27
2.3.4 选址约束	29
2.4 选址问题中的距离计算	29
2.4.1 直线距离	30
2.4.2 折线距离	30
2.5 选址模型	30
2.5.1 连续点选址模型	31
2.5.2 离散点选址模型	36
2.6 实例分析	44
2.6.1 TransAlta Utilities(TAU)的服务网络重构规划	44
2.6.2 Efes 饮料集团的新麦芽厂选址与配送	50
2.7 习题	58
第 2 篇 生产物流分析与设施规划	60
第 3 章 企业物流相关信息	62
3.1 基本信息的分类和相互关系	62
3.2 产品设计信息	63
3.3 工艺流程信息	66
3.3.1 工艺分析	66
3.3.2 工艺选择	69
3.3.3 工艺排序	72
3.4 生产规划信息	75
3.4.1 市场信息	75
3.4.2 消耗估测	77
3.5 习题	78
第 4 章 企业物流分析	79
4.1 设施布置的基本形式	79
4.2 设施布置的目标	83
4.3 企业物流的基本形式	83
4.4 物流分析的图表方法	84
4.4.1 物流优化的目标	84
4.4.2 物流分析的图表方法	85
4.5 非物流因素分析技术——作业单位相互关系分析	92

4.6 实例分析——某汽车厂设施布置分析	93
4.7 习题	95
第5章 设施布置方法	96
5.1 系统化设施布置方法——SLP	96
5.1.1 经典的 SLP 方法	96
5.1.2 关系表技术	99
5.2 计算机化布置方法	100
5.2.1 CRAFT	100
5.2.2 CORELAP	102
5.2.3 ALDEP	104
5.2.4 MultiPLE	106
5.3 实例分析	107
5.3.1 某抵押公司的办公室布置规划	107
5.3.2 Renold 齿轮公司的布局优化	112
5.4 习题	121
5.5 附录——排序聚类法(ROC)	122
第3篇 库存管理及仓储规划	125
第6章 库存管理	125
6.1 库存管理简介	125
6.1.1 库存管理功能分类	125
6.1.2 库存管理基本概念	127
6.2 独立需求库存模型	132
6.2.1 确定性需求	132
6.2.2 随机需求模型	138
6.3 相关需求库存模型——MRP	142
6.3.1 MRP 简介	142
6.3.2 MRP 记录分析	142
6.4 配送需求计划(DRP)	146
6.4.1 DRP 和 MRP	146
6.4.2 DRP 的应用过程	147
6.4.3 DRP 明细表的调整	148
6.4.4 DRP 的优缺点	149
6.5 库存 ABC 管理方法	149
6.6 库存管理发展	150

6.6.1 供应商管理库存	150
6.6.2 联合库存管理	151
6.6.3 多级库存优化与控制	152
6.7 实例分析——Pfizer 医药公司的集成库存管理	152
6.8 习题	155
第 7 章 仓库规划及管理	157
7.1 仓库功能	157
7.1.1 存储货物	157
7.1.2 运输中转	157
7.1.3 响应顾客需求	158
7.2 仓库规划	159
7.2.1 选址	159
7.2.2 仓库总体布局	159
7.2.3 装卸站台的选址和设计	160
7.2.4 仓库尺寸设计	161
7.2.5 存储原则	164
7.3 仓库操作——存储与提取系统	170
7.3.1 存储与提取系统	170
7.3.2 仓库提取系统分析	172
7.4 实例分析——惠普北美配送中心的设计	173
7.5 习题	179
第 4 篇 运输决策和回收物流仿真	182
第 8 章 配送线路规划	182
8.1 运输模式的选择	182
8.1.1 运输模式的特点	182
8.1.2 库存与运输决策	183
8.2 线路优化模型	185
8.2.1 点对点运输——最短路径求解方法	185
8.2.2 多点间运输——运输算法	193
8.2.3 单回路运输——TSP 模型及求解	200
8.2.4 多回路运输——VRP 模型及求解	205
8.3 实例分析	214
8.3.1 某销售公司的配送线路设计	214
8.3.2 家庭电器的月配送计划	220

8.4 习题	229
第9章 回收物流系统及仿真	231
9.1 回收物流系统	231
9.1.1 回收物流的概念	231
9.1.2 回收物流的分类体系	232
9.1.3 回收物流系统设计	235
9.1.4 总结	238
9.2 物流系统仿真	238
9.2.1 系统仿真基础	238
9.2.2 系统仿真软件	242
9.3 垃圾回收物流系统仿真	246
9.3.1 背景介绍	246
9.3.2 系统框架	246
9.3.3 数据模型	247
9.3.4 系统逻辑结构	249
9.3.5 仿真模型	251
9.3.6 仿真结果	256
9.3.7 总结	260
9.4 习题	260
参考文献	264

第1篇 物流和选址

第1章 物流及相关概念

1.1 物流的重要性

所谓物流，就是指“物”的“流动”。这里的“物”指的是有形的物质，如原材料、半成品、成品等；“流动”指的是空间位置及时间上的变化。如一箱饮料从工厂运到了超市，发生了空间位置的变化，发生了物流活动；同样，这箱饮料卖出之前，停留在超市的货架上一段时间，没有发生任何位置移动，也会产生物流活动，因为从买进到卖出，这箱饮料发生了时间上的变化，产生了随时间的“流动”。前一种物流活动，主要是运输活动；后一种物流活动，主要是库存现象。

物流的活动，可以说自古有之，为什么近年来牵动了全球各国政府、经济界等各行各业的关注呢？为什么我们要研究物流？

原因来自于以下方面：即经济全球化、物流在国民生产总值中的份额、生产模式的改变、企业竞争（成本、效率）、环境、现代信息技术对于传统物流的冲击。

1.1.1 经济全球化的影响

随着经济全球化的加强，在绝大多数国家加入 WTO，并大幅度减让关税，关税壁垒不再成为国际贸易主要障碍的情况下，其他非关税壁垒的作用将更加突出。其中，能否拥有发达的现代运输物流设施及高水平的现代物流服务，对于一个国家及地区，尤其是发展中国家或地区，提高经济运行效率和质量，改善投资环境，以及吸引外资和跨国企业，具有至为重要的作用。

在经济全球化的环境下，跨国公司为了充分发挥比较优势和竞争优势，必须在全球范围内配置和利用资源。如何在全球范围内，选择最低制造成本的生产地点、降低制造成本，如何在全球范围内将产品从多个生产地点向再生产、消费地点用最低成本运输，是每一个企业，尤其是跨国大企业所重点关注的问题。要实现这种战略，没有一个高度发达的、可靠而快捷的物流系统是不可能的。高效率的现代国际综合物流服务将成为企业控制成本，成功实现全球经营的关键因素之一。

1.1.2 物流成本在 GDP 中占有很高份额

图 1-1 是 1993 年美国的 GDP 排序，可以看出：1993 年美国的总物流成本是 6 700 亿美元，约占 GDP 的 11%，超过社会保险、医疗服务以及国防开支的比例，位居首位；到 2000 年，美国的总物流成本超过 9 000 亿美元，约占 GDP 的 10%，为当年的第二位（首位为医疗保健）。

由于物流及信息技术的发展，美国物流成本占 GDP 的份额逐年下降。如图 1-2 所示，从 20 世纪 80 年代的 16% 左右持续下降，90 年代后，基本在 10% 左右，仍然在 GDP 中占有很高份额。

同样，日本的物流成本在 20 世纪 90 年代后，基本也占其 GDP 的 10% 左右，如图 1-3 所示。

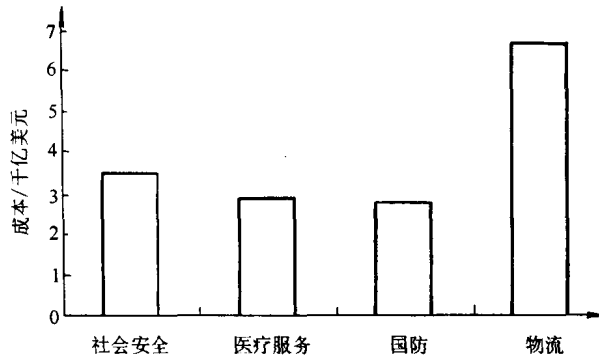


图 1-1 1993 年美国 GDP 的份额

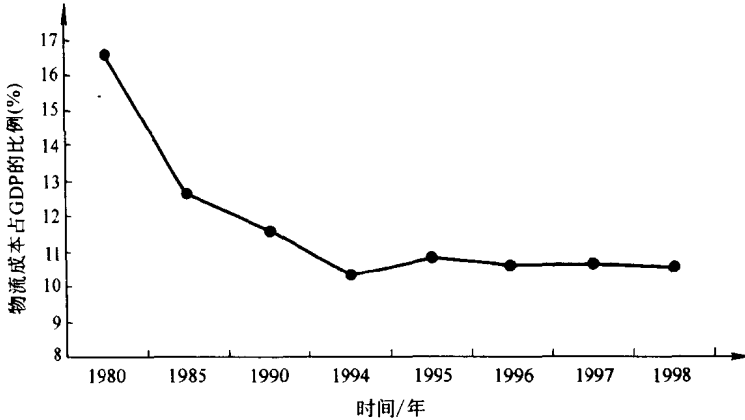


图 1-2 美国物流成本占 GDP 的比例随时间的变化

我国的情况，根据中国物流与采购联合会统计，2001 年，中国与物流相关的年总支出有 19 000 亿人民币，物流成本占 GDP 的比重为 20% 左右。由于基数很大，如果我国的物流成本从目前占 GDP 的 20%，降至美、日的 10% 左右的水平，这将是一个巨大的利润源泉。

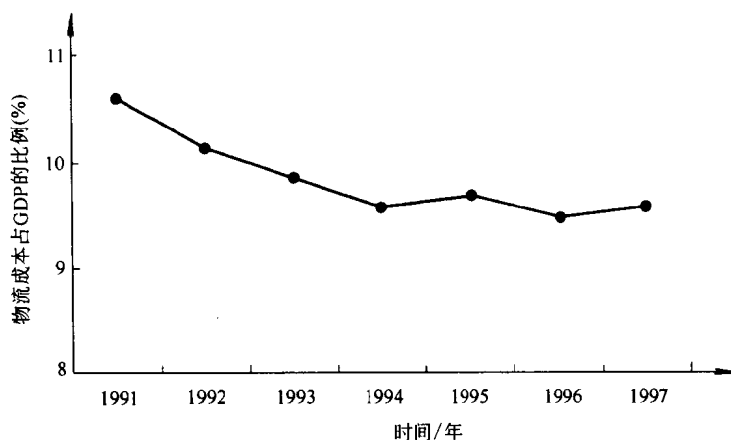


图 1-3 日本物流成本占 GDP 的比例随时间的变化

1.1.3 生产模式的影响

日本丰田公司提出的即时制 (Just in Time, JIT) 的生产模式已经得到了普遍的认可, JIT 要求产品只是在需要的时候才被提供, 这就要求有一个快捷、可靠的物流系统来支持这种生产模式。

图 1-4 为位于德国法兰克福的 OPEL 新汽车工厂的外形布置, 可以看到这是一种异型的厂房布置。为什么要采用这种异型的厂房布置?

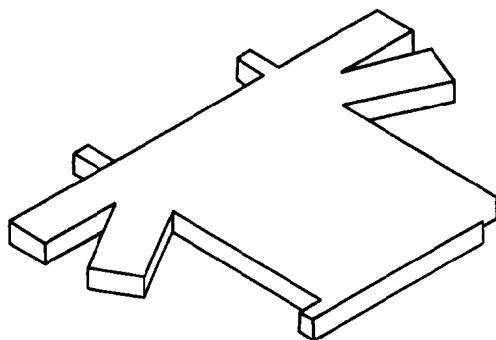


图 1-4 OPEL 新汽车工厂的外形布置

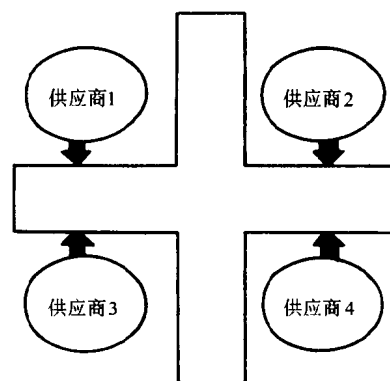


图 1-5 奔驰的 Smart 汽车
装配厂的外形布置

这是因为采用 JIT 的生产模式, 生产用的零部件要直接上线, 因此, 必须采用一套新的物流系统。传统的物流系统中, 供应商的零部件先进入生产厂的仓

库，再从仓库由生产厂的物料搬运系统上线；而在现代物流系统中，来自供应商的集装箱卡车，要直接开到生产现场，减少周转时间，提高资金利用率，因此，必须设计大量的集装箱卡车停车场。图 1-4 中的几个扇形区域均为停车场，通过专用的集装箱站台，汽车零部件直接送上生产线。该工厂总共设立了 60 多个专用的集装箱站台。

同样，图 1-5 所示的奔驰的 Smart 汽车装配厂也采用了类似的外形布置来适应物流系统的要求。

所以，可以看出，生产模式的改变，必须要有现代的物流系统来适应。

1.1.4 企业的“第三利润源泉”

激烈的竞争要求企业必须降低成本以求生存，因而，物流作为企业的“第三利润源泉”日益受到社会的重视。

“第三利润源泉”的说法主要出自日本。从历史发展来看，人类历史上曾经有过两个大量提供利润的领域。第一个是资源领域，第二个是人力领域。资源领域起初是廉价原材料、燃料的掠夺或获得，其后则是依靠科技进步，节约消耗、节约代用、综合利用、回收利用乃至大量人工合成资源而获取高额利润，习惯称之为“第一个利润源泉”。人力领域最初是廉价劳动，其后则是依靠科技进步提高劳动生产率，降低人力消耗或采用机械化、自动化来降低劳动耗用，从而降低成本、增加利润，这个领域习惯称做“第二个利润源泉”。在前两个利润源潜力越来越小，利润开拓越来越困难的情况下，物流领域的潜力被人所重视，按时间序列排为“第三个利润源泉”。这三个利润源泉注目于生产力的不同要素。第一个利润源泉的挖掘对象是生产力中的劳动对象，第二个利润源的挖掘对象是生产力中的劳动者，第三个利润源泉则主要挖掘生产力要素中劳动工具的潜力，与此同时又挖掘劳动对象和劳动者的潜力，因而更具有全面性。

1.1.5 客户服务

全球市场以及其他因素使得市场的竞争更加激烈，因此，迫切需要产品更快、更精确地发运，以满足快速地市场变化。物流已经从单纯地降低成本发展为通过提高客户服务质量提高企业综合竞争力的一个关键因素，为企业带来效益，也就是从单纯节流发展为节流、开源。

产品容易被复制，但是，一个好的物流系统则是难以复制的，因而，企业的物流系统也是一种企业的核心竞争力。

1.1.6 信息技术

信息技术的发展对物流的发展有重大影响，如数据库技术、自动化的条码设备、GPS、GIS（地理信息系统）、电子商务及计算机决策支持系统的发展等；因为，物流系统之所以能够成为“第三利润源泉”，在于通过优化、通过整合，创造利润，没有大量基础信息的支持，这一点是无法实现的。可以说，没有信息技

术的发展，就不会有现代物流的发展。

1.1.7 环境要求

当前以及未来的环境法规对于物流系统的发展具有深刻影响，例如，回收物流的兴起，就是来源于人类对于环境问题的重视以及环保法规的制定与完善。根据“谁污染，谁治理”的政策，企业需要负责回收自己的产品消费后产生的废弃物，资源需要重复利用。

这种以可持续发展为目标的资源重复利用在欧洲及美国等发达国家已经取得了很大的成效。例如，1994年，欧洲纸制品的回收量达到了27 700 000t，占整个纸制品消费的43%，而且正在以每年7%的比例增长；1994年，欧洲玻璃的回收量达到7 000 000t，占整个玻璃品消费总量的60%，而且以每年10%的速度增长。在德国，商业包装材料的重复利用率要达到60%~75%。在荷兰，1994年46%的工业废弃物得到了重复利用，而在1992年这个比例为36%。

在所有这些资源或产品的重复利用中，都存在着一个从使用者到生产领域的物流系统，即回收物流系统。广义上讲，回收物流包含了从消费者不再使用的废弃物到转变成新产品重新上市的整个过程的所有物流活动。而首先，也是最直接的，就是怎样将废弃物从消费者那里收集起来，运输到相关的地方进行二次利用，也就是所谓的“逆向配送（Reverse Distribution）”。

回收物流系统的规划设计主要涉及到回收线路的规划、中转站、回收中心的选址等问题。

1.2 物流：一个不断发展的概念

1.2.1 概念的发展

关于物流的研究，起源于美国，在日本得到了广泛地发展。在我国，物流是一个外来词，是在20世纪70年代末从日本引进的。

物流，作为一个古老的名词，广泛地存在于日常生活、企业经营以及军事活动中，其概念一直在发展变化，尤其是近年来的变化更加频繁，这从一些学院以及美国物流管理协会的物流概念定义中可以看出。

佐治亚理工大学拥有美国最好的工业工程学院，该学院的物流研究所在国际上享有盛誉。在该所的技术白皮书中，是这样定义物流的：

物流是伴随获得、移动、存储以及分发供应链货物（制造各个阶段的产品、服务以及信息）的所有活动。物流包括运输、分配、仓储、物料搬运、库存管理等企业行为，与制造及市场密切相关。物流供应链（也叫物流系统或物流网络）出现在大量的商业部门及政府活动中，如制造公司、零售公司、食品制造厂及经销商，军事部门、运输部门（汽车运输和铁路运输）、服务公司、邮政、公用事业、石油管道及公共交通等。（Logistics is the collection of activities associated with

acquiring, moving, storing and delivering supply chain commodities (i.e., products in all stages of manufacture, services and information). Logistics encompasses the business functions of transportation, distribution, warehousing, material handling, and inventory management, and interfaces closely with manufacturing and marketing. Logistics supply chains (also called logistics systems or logistics networks) arise in numerous business segments and government functions, including: manufacturing firms, retailing firms, food producers and distributors, the military, transportation carriers (such as trucking and railroad companies), service companies, postal delivery, utilities, petroleum pipelines, and public transportation, among others.)

物流管理协会 (Council of Logistics Management, CLM) 是 1985 年由美国国家配送管理协会 (National Council of Physical Distribution Management, NCPDM) 更名而来的, 是美国一个非营利专业协会, 由一些物流管理相关专业人士组成, 目前在全世界有 14 000 会员。

1986 年, 物流管理协会对物流下的定义是: 物流是为了满足顾客需求而规划、实施以及控制原材料, 在制品库存, 产成品以及相关信息从起始点到使用点高效、低成本流动及存储的过程。(Logistics is process of planning, implementing and controlling the efficient, cost-effective flow and storage of raw materials, in-process inventory, finished goods, and related information from point-of-origin to point-of consumption for the purpose of conforming to customer requirements.)

1992 年, CLM 修订了对物流的定义: 物流是物料从供应商通过不同的设施到达顾客过程中的运输、存储、控制, 以及在每一个环节对于所有可回收物料的收集的整合。(Logistics is the combination of transport, storage, and control of material all the way from the supplier, through the various facilities, to the customer, and the collection of all recyclable materials at each step.)

CLM 最新的定义 (1998 年) 认为, 物流是供应链的一部分, 是为了满足顾客的需求, 规划、执行并且控制从源头到消费地点的产品、服务以及相关信息的正向、逆向流动以及存储, 以达到高效、低成本的目的。(Logistics is that part of the supply chain process that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services, and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements.)

从这一系列定义的发展可以看出这样几个问题。

第一, 物流一直是以高效、低成本地满足客户的需求为研究目的, 这在几次定义的变化中没有改变。

第二, 物流研究的范围越来越广。在 1985 年的定义中, 研究对象主要是

“原材料、在制品、产成品”，而在1998年的定义中，研究对象扩大为“产品、服务以及相关信息”。也就是说，从以围绕产品生产、消费环节的生产物流研究为主发展到综合研究生产物流、服务物流以及相关的信息流；另外，研究对象的扩大还反映在对回收物流或逆向物流（Reverse Logistics）的研究，应当注意到，在1992年的定义中，单独提出了可回收物料收集过程的物流研究，在1998年的定义中，更是明确提出了回收物流或逆向物流的概念，这已经成为现代物流的研究热点之一。

1994年，美国南阿拉巴马大学的 McGinnis 等人系统地研究了物流概念的内涵变化。他们针对1975年至1992年的物流行业图书目录进行研究。该目录从1967年开始，由俄亥俄州立大学物流研究人员总结，由美国国家配送管理协会负责发布，每年出版一册。这项研究通过分析统计物流相关的34个主题词，根据这些词出现的频率、含义的变化，来研究哪些物流关键词比较重要，哪些物流关键词是新出现的。

通过研究，他们将这些物流相关词汇分为4类，分别是不再使用、低、中等、高与极高重要性。在高与极高重要性类中，包括13个主题词汇。其中，7个主题是重要的传统物流范畴词语，如汽车运输、物料搬运、库存、仓库、客户服务、国际物流以及交通管理；其余6个主题词汇是新出现的物流词汇，如物流综合管理、采购、第三方物流（The Third Party Logistics, 3PL）、供应链管理、人力资源应用、以及电子数据交换（Electronic Data Interchange, EDI）。对于传统的物流内容，虽然名词没有改变，但是这些词语的内涵在逐渐发生变化，如对库存而言，经济订货数量（EOQ）、安全库存、库存成本的概念仍然保持不变，但是又增加了一些新的内容，如自动化、即时制（Just-in-time, JIT）、MRP（物料需求计划）、DRP（配送资源规划）以及快速响应（Quick Response, QR）等。对汽车运输而言：在20世纪70年代至90年代，汽车运输相比于其他运输方式是比较重要的一种运输方式。在这个领域中，公共政策、战略、成本、价格、市场仍然是研究重点，但是增加了即时制的影响。在仓储研究领域，防火、防盗问题，公共仓库、私人仓库还是合同仓库，手工还是自动拣货，自动化与计算机化，自动化存取系统（Automatic Storage/Retrieval System, AS/RS）是热点问题。在物料搬运领域中，自动化及计算机化、手工以及自动化分拣、托盘以及无托盘化是不断发展的话题。条形码、即时制是开始发展的领域之一。其他如客户服务、国际物流及交通管理也在不断发展。

从概念的发展，我们还可以看出第三个问题：

第三，物流与供应链的关系十分密切。在1998年的定义中，认为物流是供应链的一部分，这可以说是给一直争议的物流与供应链的关系下了最后结论：那么，什么又是供应链呢？如何区分物流管理与供应链管理？