

Yibianzhi Chanpin De
Dinggou Yu Dingjia Juece

易变质产品的 订购与定价决策

冯 颖 著

Juece

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

易变质产品的订购与定价决策

冯 颖 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要围绕易变质产品库存模型中的订购与定价决策问题进行了四个方面的研究,即多种易变质产品的订购与定价决策、供应链环境下的易变质产品的生产/库存决策、随机需求情况下的易变质产品的订购与定价决策,以及易变质产品销售价格的最优控制。基于运筹学、控制论等数学分析方法,分别建立了这四种情形下易变质产品的库存模型,对最优决策进行了分析与求解,并对给出的算例进行了计算机仿真。

图书在版编目(CIP)数据

易变质产品的订购与定价决策 / 冯颖著. — 徐州 :
中国矿业大学出版社, 2010. 11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0679 - 4

I. ①易… II. ①冯… III. ①库存—仓库管理:物资
管理—研究 IV. ①F253.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 105144 号

书 名	易变质产品的订购与定价决策
著 者	冯 颖
责任编辑	付继娟
责任校对	杜锦芝
出版发行	中国矿业大学出版社有限责任公司 (江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线	(0516)83885307 83884995
出版服务	(0516)83885767 83884920
网 址	http://www.cumtp.com E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷	徐州中矿大印发科技有限公司
开 本	850×1168 1/32 印张 5 字数 128 千字
版次印次	2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷
定 价	20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着易变质产品种类和数量的不断增加,以及消费者对易变质产品品质要求的不断提高,产品变质所引发的经济问题已日渐受到企业界和学术界的普遍关注。世界上每年由于产品变质造成的经济损失非常巨大。以食品为例,据美国食品药品监督管理局估算,世界上每年约有 20% 以上的粮油及食品因腐败变质而造成巨大的浪费,由此引起的经济损失高达 170 亿美元。在这种背景下,将易变质产品作为一类特殊的产品,研究其订购与定价决策等问题,非常具有现实意义。

本书研究的是连续变质的易变质产品。第一,研究了多种易变质产品的订购与定价决策。首先,在无限时间范围内,研究了需求率相互影响的两种易变质产品的最优订购与定价决策问题,建立了数学模型并给出了此模型的一些重要性质。其后,在给定时间范围内,研究了多种易变质产品的一次性联合订购决策,使库存系统总成本最小的问题。在允许缺货、库存空间和资金有约束的条件下,建立了此问题的数学模型,并证明了该问题是一个凸规划问题。第二,对供应链环境下的易变质产品生产 and 库存决策进行研究。针对单一易变质产品,建立了由一个生产商和一个零售商组成的两级供应链环境下的生产/库存模型。在采用集中决策方式的前提下,研究了生产商的生产决策及零售商的订购决策,使库存系统的平均成本最小的问题。此外,还考虑了生产商处产品不变质且顾客对零售商的需求为非时变的特殊情形,给出了生产商的生产时间与零售商的订购次数之间

的关系式。第三,对随机需求情况下的易变质产品的订购与定价决策进行研究。首先,在采用周期盘点的 (T, S) 库存策略的情形下,研究了单一易变质产品的订购与定价决策使库存系统平均期望利润最大的问题。其后,在采用连续盘点的 (r, Q) 库存策略的情形下,研究了单一易变质产品最优的 (r, Q) 决策使库存系统平均期望成本最小的问题。在需求率为离散型随机变量、提前期和变质率均为常数的条件下,建立了此问题的数学模型。第四,对易变质产品销售价格的最优控制进行研究。在有限时间范围内,研究了单一易变质产品销售价格的最优控制问题。当库存成本为库存水平的线性函数时,针对给定初始库存水平和初始库存水平待定两种情形分别建立了数学模型,将问题分别转化为有控制变量约束的拉格朗日问题和波尔扎问题。根据极大值原理,得到了系统最优定价策略的所有可能情况,并给出了判定每种情况合理性的步骤。其后,针对库存成本为库存水平的二次函数情形,分别分析了有限时间范围和无限时间范围内的销售价格的最优控制问题。将此问题转换为线性二次型的推广形式即跟踪问题,得到了最优控制的状态反馈形式即最优销售价格(控制变量)和最优库存水平(状态变量)的关系式。

易变质产品库存问题已经发展成为经典库存理论的一个重要分支,关于易变质产品库存问题中的订购与定价决策仍有许多问题有待研究,本书的观点和论述难免有不尽完善之处,敬请读者和同行批评和指正。

著 者

2010年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 供应链管理	1
1.2 易变质产品	8
2 多种易变质产品的订购与定价决策	20
2.1 概述	20
2.2 两种易变质产品的订购与定价决策	21
2.3 多种易变质产品的订购策略	38
2.4 本章小结	54
3 供应链环境下易变质产品的生产/库存模型	56
3.1 引言	56
3.2 问题描述	60
3.3 数学模型	62
3.4 生产商处产品不变质情形下的生产/库存模型	70
3.5 算例分析	74
3.6 本章小结	77
4 随机需求情形下易变质产品的订购与定价决策	78
4.1 概述	78
4.2 基于 (T, S) 策略的易变质产品的订购与定价决策	79

4.3	具有提前期的易变质产品的 (r, Q) 库存策略	91
4.4	本章小结	104
5	易变质产品销售价格的最优控制	106
5.1	引言	106
5.2	问题描述	107
5.3	库存成本为库存水平的一次函数的情形	108
5.4	库存成本为库存水平的二次函数的情形	118
5.5	算例仿真	124
5.6	本章小结	127
6	总结与未来展望	128
6.1	主要研究成果及创新	128
6.2	研究展望	131
	参考文献	133

1 绪 论

1.1 供应链管理

1.1.1 概述

供应链管理思想产生之前,传统的企业管理与运作模式一直占据企业管理模式的主导地位。在这种传统的运作模式下,企业生产与经营系统的设计没有考虑供应链的影响;供、产、销系统各自为政,相互脱节,没有形成“链”;企业存在着严重的部门主义障碍,激励机制以部门目标为主,孤立地评价部门业绩;信息系统落后,信息处理不准确、不及时,不同地域的数据没有集成;没有建立有效的市场响应、用户服务、供应链管理方面的评价与激励机制;与供应商和经销商都缺乏合作的战略伙伴关系,系统协调性差。随着全球范围内市场竞争的加剧,产品生命周期和交货期的不断缩短、产品品种数量的飞速膨胀、产品快速响应市场的需求、消费者需求趋于个性化和多样化、客户对高效流畅型服务的需求、企业迫切需要降低存货成本等一系列因素,使得传统的企业管理与运作模式已不再适应快速多变的市场形势,这也为供应链管理思想的形成提供了强大的驱动力。

供应链管理起源于“二战”后期美、英等同盟军队对后勤保障系统的研究。其概念的正式提出是在 1982 年,Keith Oliver 和 Michael D. Webber 在《观察》杂志上发表《供应链管理:物流的更新战略》,首次提出了“供应链管理”^[1]。供应链管理的发展进程大

致可以划分为三个阶段,即企业内部供应链(20 世纪 80 年代初至 1995 年)、产业供应链或动态联盟供应链(1996 年至 2000 年)、网络供应链(2000 年以后)。ERP 系统的日益发展和完善,使得企业内部各个业务环节的信息能够迅速准确地在企业内各部门之间传递,这为企业内部供应链的整合奠定了坚实的基础。这种企业内部供应链将企业的各个业务环节,包括订单管理、采购管理、库存管理、生产计划、生产制造、运输管理、销售与分销、售后服务及市场预测等整合在一起,使得企业内部各业务环节的信息能够实现集成和共享。产业国际化和经济全球化的发展趋势进一步推动了供应链管理的发展,使其从一种企业内部的行为逐步扩展为面向全行业的产业供应链管理。产业供应链将单一供应链上的供应商、制造商、分销商、批发商以及零售商纳入其管理体系,实现了从生产领域到流通领域全业务过程的一步到位,使得这些企业能在一个整体的管理下实现协作经营和协调运作。进入 21 世纪,不同的产业供应链之间联系日益密切,以一家企业为核心的单一产业供应链管理,已不能满足企业之间错综复杂的供需关系。由众多供应商、分销商、零售商等企业构成的这种网络供应链的商业模式,不仅是指企业之间的信息共享,更是指为打破企业之间营运的壁垒而进行的商业流程再造。最终目的是使企业之间能更迅速地建立和终止合作关系,降低相应的费用,而企业间的合作也逐渐趋向基于价格、服务等客观因素的合作,而不是靠“关系”的合作^[2]。

事实证明,供应链管理已成为近年来最流行和最有效的管理模式之一。目前,美国大约有 10%~15% 的国民生产总值与供应链的运作管理有关。在日本,这一数字更高达 30% 左右^[2]。成功的供应链管理使得企业能够在激烈的市场竞争中,明显地提升企业的核心竞争力,减少系统运作成本,提高企业的总体效益。美国著名的日用品制造商 Proctor & Gamble(宝洁)和全球最大的百货零售企业 Wal-Mart(沃尔玛),早期就启用了供应链管理,取得

了巨大成效,企业发展也达到了相当大的规模。宝洁有 10 万名员工,生产 250 种日用品,供应全球 100 多个国家和地区的 50 亿人消费;沃尔玛有 140 万名员工,在全球拥有 4 400 多家大型百货零售店和大卖场,每星期就有 1 亿人光顾^[3]。沃尔玛、宝洁所开拓的供应链的丰硕成果,引领着包括世界五百强在内的众多跨国公司竞相追逐高效的供应链梦想。

1.1.2 供应链与供应链管理的概念

供应链概念的提出仅有几十年的历史,目前尚未形成一套完整的理论体系。许多学者依据供应链的不同发展阶段从不同的角度出发给出了许多不同的定义。早期的观点将供应链定义为制造企业内部中的一个物流过程,即把从企业外部采购的原材料和零部件,经过生产和加工等业务环节转换为中间产品和成品,最终传递给零售商和客户的过程。这种企业内部供应链覆盖了企业内部产品生产和流通过程中所涉及的采购、生产、仓储和销售等部门的职能协调问题,最终目的是优化企业内部的业务流程,降低物流成本,从而提高经营效率。但是,这种传统的供应链概念局限于企业内部操作层次上,注重企业自身资源的利用,并没有注意与之相关的企业。

随着产业供应链的出现,供应链的概念从企业内部延伸至企业外部,囊括了单一供应链上的供应商、制造商、分销商、批发商以及零售商等众多企业。有学者认为:“通过增值过程和分销渠道控制从供应商的供应商到客户的客户的流就是供应链,它开始于供应的源点,结束于消费的终点。”^[4]全球供应链论坛认为:“供应链是为消费者带来有价值的产品、服务以及信息,从源头供应商到最终消费者的集成业务流程。”^[5]这些定义都体现了供应链的完整性,考虑了供应链中所有成员操作的一致性。

供应链网络的形成,使得供应链的概念再次发生了根本性的

变革。F. Harrison 认为:“供应链是执行采购原材料,将它们转换为中间产品和成品,并且将成品销售到用户的功能网。”美国供应链协会对供应链的概念给出了权威性的解释:“供应链,目前国际上广泛使用的一个术语,它囊括了涉及生产与交付最终产品和服务的一切努力,从供应商的供应商到客户的客户。供应链管理包括管理供应与需求,原材料、备品备件的采购、制造与装配,物件的存放及库存查询,订单的录入与管理,渠道分销及最终交付用户。”^[5]我国学者马士华认为:“供应链是围绕核心企业,通过对信息流、物流、资金流的控制,从采购原材料开始,到制成中间产品以及最终产品,最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商直至最终用户连成一个整体的功能网链结构模式。”^[6]中国 2001 年发布的《物流术语》国家标准中对供应链的定义是:“供应链是生产及流通过程中,涉及将产品或服务提供给最终用户活动的上游与下游企业所形成的网链结构。”^[7]

供应链管理目前也没有一个公认的定义。有学者认为:“供应链管理是通过前馈的信息流和反馈的物料流及信息流,将供应商、制造商、分销商、零售商,直到最终客户连成一个整体的模式。”^[6]全球供应链论坛给出的定义为:“供应链管理是从提供产品、服务和信息来为用户和股东增添价值的,从原材料供应商一直到最终用户的关键业务过程的集成管理。”我国 2001 年发布的《物流术语》国家标准中将供应链管理定义为:“利用计算机网络技术全面规划供应链中的商流、物流、信息流、资金流等,并进行计划、组织、协调与控制。”^[7]此外,供应链管理还有许多别称,如有效客户反应、快速反应、虚拟物流或连续补充等等。这些定义和别称是从不同的层次、角度出发得到的。尽管其表述不尽一致,但它们反映的供应链管理基本内容和实质都是相同的,即供应链管理是以市场和客户需求为导向,站在系统、集成的角度上对与产品相关的物流、信息流、资金流、价值流及业务流进行计划、协调、控制与优化,

以寻求建立供应链上各实体之间的战略合作伙伴关系,实现协同商务、协同竞争和双赢,最大程度地减少系统运作成本,从而使整个供应链成为一个具有高度竞争力的、能为消费者提供最大价值的战略联盟。

供应链管理的内容覆盖面相当广泛,它涵盖了供应链上各企业实体的全部活动。我国著名的供应链专家马士华认为供应链管理主要涉及到四个领域,即供应、生产计划、物流以及需求^[6]。具体内容包括:

- (1) 战略性供应商和用户合作伙伴关系管理;
- (2) 基于供应链的产品需求预测和计划;
- (3) 供应链的设计(全球节点企业、资源、设备等的评价、选择和定位);
- (4) 推动式或拉动式供应链运作方式的确定;
- (5) 渠道联盟的创建;
- (6) 企业内部与企业之间物料供应与需求管理;
- (7) 基于供应链管理的产品设计与制造管理、生产集成化计划、跟踪和控制;
- (8) 产品定价和促销;
- (9) 基于供应链的用户服务和物流(运输、库存、包装等)管理;
- (10) 企业间资金流管理(汇率、成本等问题);
- (11) 供应链管理环境下的绩效测量与评价;
- (12) 基于 Internet/Intranet 的供应链运作的信息支持平台及交互信息管理。

1.1.3 供应链管理的研究现状

国际上对供应链管理的早期研究主要集中在供应链的组成、多级库存、供应链的财务等方面,主要解决供应链的操作效率问

题。近来的研究则扩展到了所有加盟企业的长期合作关系,特别是集中在合作制造和建立战略伙伴关系方面,而不仅仅是供应链的连接问题,其范围已经超越了供应链出现初期的那种以短期的、基于某些业务活动的经济关系,更偏重于长期计划的研究。

我国企业供应链管理发展相对缓慢。这是因为我国企业供应链管理的发展正面临着严峻的挑战,受到众多因素的影响,如:

(1) 贸易合作伙伴之间互不信任,供应链节点上的企业存在着严重的利益冲突,导致对抗行为的产生,使得无法对供应链进行整合和协调。

(2) 供应链物流标识标准体系不完善,货运过程中的基本设备不标准,商品信息标准化工作滞后,严重影响了供应链的实施效率。

(3) 企业内部整合欠缺,组织结构职能化,热衷于追求部门利益。

(4) 业务外包整体水平较低,供应链上信息不共享,管理人才欠缺。

这些因素使得国内的大多数中小企业,对供应链的关注还仅仅停留在供应商到制造商这一层面上,未能形成有效的管理体系,相关的业务合作伙伴较少,研究的内容主要局限于供应商的选择和定位、降低成本、控制质量,而没有从系统、集成的高度去考虑整个从供应商、分销商、零售商到最终客户的完整供应链。

近年来,国内也有少数大型企业如联想集团、华为集团、海尔集团等已经实施了供应链管理,并取得了一定成效,但真正带动起整个产业的供应链,实现整条供应链的协同运作还有待时日,需要经过一段较长的时期和一个渐进的、不断改进的过程。可喜的是,我国的企业在企业信息化管理的普及方面,如企业资源计划、客户关系管理、网络通信、电子商务等方面已打下了良好的基础,在经营理念上也逐渐在向规范化、国际化和现代化转变,这些都为我国

企业和产业的供应链管理建立了良好的基础,相信在不远的将来,供应链管理将在我国得到长足发展,为我国的企业和产业的腾飞做出应有的贡献。

到目前为止,国内外所进行的有关供应链研究的核心部分,大部分还是围绕物流和库存方面进行的,由最初围绕单一供应商的订货问题扩展到与企业生产过程的库存以及销售渠道物流的畅通,以及如何通过畅通的物流来降低库存、降低成本,研究内容主要集中在供应链管理的模型、关键技术、绩效评价等方面。而近年来,国内外供应链管理研究的热点主要集中在以下几个方面:

(1) 运用网络设计、近似和仿真等方法对供应链结构进行设计与建模;

(2) 对敏捷供应链、集成供应链管理 & 虚拟供应链的研究;

(3) 绿色供应链中的产品产生周期全过程的制造、环境影响、资源优化等问题;

(4) 对逆向物流,即产品的回收再利用的研究;

(5) 供应链电子化,以 Internet/Intranet 等信息技术为依托的供应链上各企业之间的电子商务、网上交易、网上支付、网络金融的新型商业运作模式的研究;

(6) 对供应链合作关系、合作对象、供应商联盟的建立、选择标准与方法、各种关键因素和制约因素的研究,以及供应链运作过程中合作伙伴的绩效评价、动态选择、调整等。

Bloemhof-Ruwaar 等曾于 1995 年预测未来可能影响到供应链管理的因素有:法律和顾客要求减少供应链废料、绿色供应链管理、回收或再利用原料和包装、回收产品、采用新材料、产品再设计、流程变革^[8]。而当今供应链管理的这些热点问题恰恰是对 Bloemhof-Ruwaar 预测的真实反映。

1.2 易变质产品

1.2.1 概述

1915年,美国经济学家 F. W. Harris 提出了经济发展史上的第一个库存管理的数学模型,即著名的经济订货批量模型(Economic Order Quantity, EOQ),揭开了库存管理理论发展的序幕。随着“二战”结束,全球经济开始复苏,对库存管理理论的研究经历了近半个世纪的停滞,才真正开始发展起来,并逐渐成为供应链管理领域的一个重要分支。时至今日,库存问题层出不穷,仍然是供应链管理研究的核心内容之一。伴随着经典库存理论的发展,物质产品日益丰富,以及产品多样化、生产规模化、需求情况不确定化、库存空间日趋紧张等一系列因素,使得传统上认为产品可以无限期存储和买卖的观点已不再可行。依据产品自身性质对产品进行分门别类的研究,带来了传统库存理论的重大变革。其中,比较具有代表意义的便是对易变质产品的研究。

工业文明萌芽之前,农业文明一直占据统治地位,市场交易仅以各种农副产品为主。这时,农副产品易变质的特性已引起人们的普遍关注。然而,数学发展的限制和管理学的空白使对易变质产品的研究仅停留在感性认识上,并未形成什么理论。直至1963年,P. M. Ghare 和 S. F. Schrader^[9]才第一次研究了确定性需求情况下,需求率和变质率均为常数的易变质产品的 EOQ 库存模型,奠定了第一类易变质产品研究的基础。这类易变质产品英文为“Deteriorating items”,产品的生命周期是随机变量,服从一定的概率分布。而有关这类易变质产品的库存模型被称为连续变质的库存模型(On-going/Continuously Deteriorating Inventory Models),其数学模型的求解主要建立在微分方程及非线性规划

的理论基础之上。在此之后,众多学者专家开始对此类模型进行深入研究:常数需求率扩展到时变需求率、依赖于产品库存水平的需求率以及依赖于产品销售价格的需求率;产品变质时间由服从指数分布发展到服从两个或三个参数的 Weibull 分布;单一易变质产品扩展到多种易变质产品;单级库存模型扩展到多级库存模型;单纯的易变质产品库存模型扩展到生产库存模型;无限生产率到有限生产率;单周期易变质产品库存模型扩展到多周期模型;不允许缺货到允许缺货;缺货完全补充到缺货部分补充、缺货完全不补;不考虑补货提前期到引入提前期;确定性需求扩展到特殊分布的随机需求以及任意分布的随机需求;考虑通货膨胀、价格折扣和货币时值等经济因素。

战后工业的迅猛发展,使得工业成品/半成品迅速取代农副产品占领市场,成为各国经济贸易中利润的主要来源。原材料经过加工、制造成为工业成品/半成品,为了防止产品发生变质,生产过程中采用了一系列生产工艺,如添加适量防腐剂、抗氧化剂,包装袋内加入干燥剂,真空包装,热封技术等,而存储技术也不断进步,如冷藏及高温存储等技术。生产和存储技术的进步,已经使得人们可以去预测和控制产品的生命周期。于是,“保质期”这一名词诞生了,并成为了产品外包装上必不可少的组成部分。围绕产品保质期的法律法规也趋于完善,如《中华人民共和国食品卫生法》规定禁止销售超过保质期的食品,对各种食品的保质期的期限也作了具体规定。另外,国家标准中也对化妆品、药品等与健康息息相关的产品的保质期作了严格的规定。保质期的出现,使得需求为随机变量,具有固定的生命周期即“Fixed lifetime”的第二类易变质产品库存模型迅速成为易变质产品研究的热点。这类易变质产品英文为“Perishable items”,其库存模型的求解建立在非线性规划、动态规划、排队论和马尔可夫过程的基础上。经典的报童问题,便是这类问题的起源。报童每天从报商处购入报纸,每卖出一

份报纸可获得一份利润,但若卖不出去每退回一份报纸也会产生一份损失,每天报纸的需求量是随机的,报童应如何订购报纸,以使其获利的期望值最大?不难发现,报纸其实可以看做一类最简单的易变质产品,保质期只有一个周期即一天。早在1958年,K. Arrow等人^[10]便证明了若易变质产品的生命周期只有一个周期且每周期的订购决策独立,则可以简化为一系列简单的报童问题。之后,又有许多学者对这类易变质产品进行了深入研究:产品生命周期由一个周期推广到两个周期,再到多个周期;由先进先出(FIFO)到后进先出(LIFO)的产品出售原则(Issuing Policy);需求由连续随机变量到离散随机变量;需求到达由服从泊松过程到更新过程;库存盘点策略由基本库存策略到周期盘点的 (s, S) 策略等。

近年来,电子行业及服装业等产业的迅速崛起,使得时尚产品成为引起学术界关注的第三类易变质产品。时尚产品又被称为易过时产品,英文译做“Obsolescent Items”。诸如时装、电脑、手机、MP3等时尚产品会随着技术更新和新产品的引入而迅速贬值。易过时产品的库存模型中通常假定系统的计划期是随机的并且一旦产品过时则不再订购,这与前两类易变质产品有明显的差别。但由于它与上述第二类易变质产品在数学模型上有一定的类似之处,易过时产品也于近年来被纳入易变质产品行列。

1.2.2 易变质产品含义

关于易变质产品的含义,目前尚未达成共识。要给易变质产品赋予一个准确的定义,首先需明确易变质产品的分类。围绕易变质产品的分类问题,众多学者分别给出了自己的观点。G. J. Van Zyl(1964)^[11]将易变质产品划分为两类,即 Age Dependent Perishability 和 Age Independent Perishability,以此来区分具有固