



供应链管理 与商业模式 分析与设计

胡奇英 ◎ 著

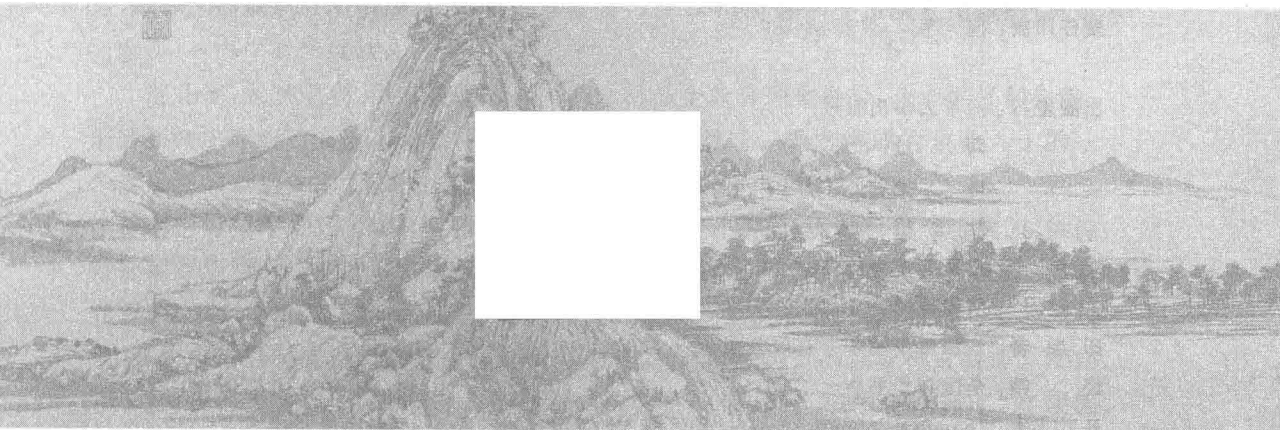


清华大学出版社



供应链管理 与商业模式 分析与设计

胡奇英 © 著



清华大学出版社
北京

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

供应链管理与商业模式:分析与设计/胡奇英著. —北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-43503-7

I. ①供… II. ①胡… III. ①供应链管理—商业模式—研究 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 075007 号

责任编辑:吴雷 左玉冰

封面设计:汉风唐韵

责任校对:宋玉莲

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

印装者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.75 字 数:339千字

版 次:2016年4月第1版 印 次:2016年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00元

产品编号:065274-01

供应链管理自从 20 世纪 90 年代中期兴起至今,已有二十年的时间了。俗话说,三十年河东,三十年河西。一门学科兴衰发展,也有其一定的周期。2006 年前后,我觉得供应链管理学科已经到了鼎盛时期,其是否开始走下坡路了?思考再三后,我发现不是,理由就是我将供应链管理的定义从传统的降低物流成本推广为对上下游企业之间的竞争与合作关系的管理。因此,其范围包括企业决策的所有领域。而传统的供应链管理只是企业的运营管理,通常所说的是物流、信息流、资金流,而实际上是以物流为主,围绕物流的信息流、资金流的研究。我也从那时开始研究在供应链框架下的上下游合作的研发管理。

在我的上述观点下,供应链管理的内容就变得比传统供应链管理庞大许多,因为它包括了企业管理的方方面面,如营销、生产、研发、财务与会计、人力资源、组织行为,等等。这就是我所谓的“供应链管理框架”,在 2011 年由科学出版社出版的《竞争与合作》一书中有所反映。

近几年,我感觉到,供应链管理这一概念将与企业管理相融合,企业的任何决策,都需要在供应链的框架下来考虑。从而,供应链管理这一概念将成为企业人士的一个常识性的概念。我想,这是供应链管理理论的最终归宿。

本书的写作时间比较长,大约是从 2013 年年初开始的,那时只是想将我的“供应链管理框架”细化,所以将书取名为《供应链管理的定义及其框架》,之后不断地将其完善。在 2013 年 12 月时我发现,商业模式的骨架就是供应链,由此将这二者等同起来,并考虑用供应链管理的方法来分析商业模式的性能、设计与商业模式变革。2014 年 3 月,我将书名改为《供应链与商业模式:分析与设计》。书中也阐释了“互联网+”的本质是产业供应链与商业模式的变革。

本书尝试回答如下四个问题:

第一,什么是供应链管理?所有企业都有供应链吗?

我认为,所有企业都有供应链,就是一起为客户提供产品与服务的各利益相关者所组成的整体。而供应链管理就是对供应链进行的竞争与合作的管理。

第二,企业的所有管理活动都与供应链有关吗?

既然是一个整体,任何企业的决策都会影响到其他企业,从而影响到为最终的客

户提供的产品与服务上，因此，企业的任何决策都应该从供应链的整体上来考虑。

第三，什么是商业模式？它与供应链的异同是什么？

商业模式的定义有很多，我将定义所包括的内容一分为二，一是供应链；二是企业内部。本书认为供应链是商业模式的核心与骨架，从而可以用供应链管理的方法来分析商业模式的性能，并进而设计、改进商业模式。我们以中国的家电零售商国美等为例对这个产业过去十余年的变革与变化进行了深入的分析。

第四，什么是“互联网+”？它与供应链、商业模式有什么关系？

在2015年3月遇到了热词“互联网+”。思考了整整一个月，结合不同产业的供应链管理，我发现“互联网+”就是产业供应链在互联网环境下如何变革的问题，所以“互联网+”与供应链管理、与商业模式密不可分。我的发现是：“互联网+”是将一切业务数据化，基于此作减法以重组供应链，然后与其他企业作加法的方法。

本书用企业实例来进行系统阐释，提出了企业界、学术界所应该考虑、研究的相关问题，那在供应链的框架下，我们应该如何思考。本书也尝试回答其中的部分问题。

现在，将之出版，请读者了解与批判。

从2014年底开始，一直到本书的正式出版。清华大学出版社的编辑吴雷先生一直非常关心本书的进展。

在本书的成书过程中，作者先后在上海财经大学、山西大学、复旦大学、浙江工业大学、南京大学作过报告。报告中的听众，提出了很多很好的建议，特此感谢这些报告的组织者魏航、王素娟、孟志青、沈厚才等，以及各位热心听众。

最后要感谢我的学生金雁南、陈继光、胡婧、陈思、张天骄、张斌、柳心怡、区伟明、魏轶华等，本书的部分内容取材于他们的研究成果；感谢我的合作者宋京生、夏玉森、沈学文等。同时也感谢国家自然科学基金委对本人研究工作的资助(71271059)。

胡奇英

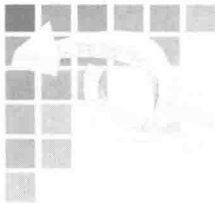
2016年2月

第 1 章 供应链管理概述	1
1.1 基于物质产品的供应链管理	3
1.1.1 库存管理	3
1.1.2 需要供应链管理的原因	9
1.1.3 如何降低采购价	10
1.1.4 如何降低需求的波动性	13
1.2 供应链的新特征	14
1.2.1 牛鞭效应	14
1.2.2 逆向与闭环供应链管理	15
1.3 供应链管理的定义与研究内容	16
1.3.1 供应链管理的定义与框架	16
1.3.2 供应链管理中研究的问题	19
本章小结	27
第 2 章 供应链管理的功能	28
2.1 供应链营销管理	28
2.1.1 促销	32
2.1.2 定价	33
2.1.3 渠道	35
2.1.4 产品	39
2.2 供应链财务与金融管理	42
2.2.1 资金流	44
2.2.2 风险与保险管理	47
2.2.3 参股与承诺	48
2.2.4 供应链金融	50
2.3 供应链会计与税收管理	53

2.4	供应链研发管理	61
2.4.1	降低生产成本	62
2.4.2	降低次品率	66
2.4.3	提升需求：新产品研发与设计	68
2.4.4	发展相匹配的技术能力	69
2.5	供应链组织行为	70
2.5.1	人力资源管理	70
2.5.2	组织结构	70
2.5.3	知识转移与知识学习	77
2.5.4	组织文化	77
2.6	供应链项目管理	78
2.7	供应链流程管理与“五流”合一	81
2.7.1	供应链流程管理	81
2.7.2	“五流”合一	83
2.8	供应链战略管理	85
2.8.1	战略管理框架	86
2.8.2	企业战略与供应链战略	89
	本章小结	90
第3章	产业供应链	91
3.1	手机业	91
3.1.1	产业链组成	91
3.1.2	小米	102
3.1.3	行业趋势	107
3.2	影视业	110
3.2.1	电视节目制作	110
3.2.2	互联网电视	114
3.2.3	电影业	124
3.3	物联网	125
3.3.1	企业面临的挑战	127
3.3.2	供应链原有结构变成网状：飞机供应链	130
3.3.3	供应链新增企业变成网状：电力供应链	133
3.3.4	网状供应链管理：爱森肉	133
3.4	旅游业：机票与酒店销售	135
3.4.1	携程与去哪儿的供应链	135

3.4.2	机票与酒店的分销供应链	140
3.4.3	收益供应链管理	145
3.5	金融供应链管理	148
3.6	物流供应链	150
	本章小结	153
第4章	商业模式——定义、性能分析与设计	154
4.1	商业模式概述	155
4.1.1	商业模式的定义	155
4.1.2	商业模式的研究内容	160
4.1.3	商业模式的研究现状	161
4.2	商业模式的性能分析	164
4.2.1	批发价合约	165
4.2.2	收入分享合约	167
4.3	商业模式转型：家电零售业的变革历史	168
4.3.1	国美的变革历史	168
4.3.2	国美商业模式的进一步讨论	183
4.4	商业模式改进：基于产业链流程	187
4.4.1	微笑曲线与武藏曲线	187
4.4.2	商业模式改进	191
4.5	商业模式与供应链的结构设计	194
4.5.1	供应商选择	194
4.5.2	外包	198
	本章小结	198
第5章	环境对供应链管理、商业模式的影响	200
5.1	新兴技术	200
5.2	新趋势——设计	203
5.3	社会潮流——企业社会责任	208
5.3.1	企业社会责任框架	209
5.3.2	绿色供应链管理	213
5.4	政府政策法规对供应链管理的影响	215
5.5	基于供应链管理的国家产业政策研究	217
	本章小结	218

第 6 章 互联网+：供应链的加减与商业模式变革	219
6.1 商业与互联网的本质	219
6.1.1 商业的本质	219
6.1.2 互联网本质	222
6.2 “互联网+”的商业模式变革	223
6.2.1 互联网下消费行为的改变	224
6.2.2 互联网下的商业模式	225
6.2.3 互联网+：供应链的加减	230
6.2.4 互联网思维	232
6.3 “互联网+”案例：纸媒、手机、酒店、租车	234
6.3.1 纸媒业	234
6.3.2 手机业	237
6.3.3 酒店业	242
6.3.4 租车业	243
6.4 数据从哪来到哪去	245
6.5 未来趋势	249
本章小结	253
参考文献	254
后记：前沿、潮流、时尚、常识	256



第 1 章

供应链管理概述

供应链管理(supply chain management, SCM)对我们生活的影响,从 2012 年 7 月发表在《时代周刊》上的文章《沃尔玛改变世界的十种方式》可见一斑,这十种方式如下。

- 每天低价。这是一种强有力的市场策略。
- 选择多样。50 步内,你所急需的东西触手可及。
- 零售格局。刷新物流格局,创造性地在小城镇郊区或大城市外围建大型仓储式商店。
- 劳工运动的平息。它对效率的追求加速了美国工作机会的外包,但促进了供应链的发展。
- 供应商合作模式。和供应商分享实时销售数据,和供应商一起削减成本。
- 企业文化。善于向员工灌输创业精神及分散式管理的企业文化,吸引无数模仿者。
- 数据管理。开发和分享 Retail Link 软件,通过商品上的条形码追踪消费者信息,并渗透供应商的市场决策。
- 过度消费文化。在沃尔玛,你不会理性思考购买。
- 可持续发展。沃尔玛致力于减少对环境的污染。
- 开放的力量。它联通了全球的生产者和消费者。

上面的十种方式中,大部分是要通过供应链管理来实现的:每天低价、选择多样、零售格局、外包、供应商合作模式、数据管理、可持续发展、开放的力量。

供应链管理对社会的重要性,从 2012 年时任中国国家主席胡锦涛在 APEC 会议上的讲话中也可见一斑。为深入推进亚太经合组织重点领域合作,他提出以下四点建议:

- 第一,抓住重点,进一步深化贸易和投资自由化、区域经济一体化;
- 第二,夯实基础,进一步加强粮食安全合作;
- 第三,突破瓶颈,进一步建立可靠的供应链;
- 第四,开拓思路,进一步加强创新增长合作。

其中的第三点建议就是关于供应链的,其具体的含义包括如下五个方面:

- 建立亚太地区可靠的供应链体系对提高本地区贸易便利化水平、迈向紧密联系的区域经济、提高本地区竞争力有着特殊重要的作用。
- 我们应该加大对基础设施建设的投入，加强区域互联互通和网络化建设，提高供应链智能化水平。
- 要提高通关便利化水平，降低商品流通时间和成本
- 要加强经验交流和能力建设，努力提高本地区供应链的抗风险能力和灾后恢复能力。
- 要营造良好政策环境，鼓励工商界积极参与供应链建设。

在此之前，还没有哪一个企业管理的概念，进入到了国家领导人在国际会议上所作的建议之中。

随着互联网对生活方式的改变和对企业管理的影响，供应链管理的战略性意义和价值越来越凸显。相比十年前，现在欧美负责供应链管理的高管们不仅开始直接向 CEO 汇报，更不乏 CEO 直接从供应链部门提拔而来。例如，美国苹果公司创始人乔布斯去世前，选择负责供应链管理的蒂姆·库克接任其公司 CEO，相信一定是其看到了供应链管理对苹果公司的的重要性。

- 有哪些过去不需要供应链管理服务的企业或领域，在未来会需要这些服务呢？

(1) 在上游的复杂性越来越凸显的时候，全球化采购产品时，虽然制造成本得到降低，但跨越太平洋的运输和时间窗口期让供应链管理的复杂性变高了。

(2) 在下游需要提高速度的企业，比如更需要实时管理，从而客户服务水平方面有所保证。

(3) 从内部管理和决策的角度来说，那些以往通过电子数据表和电子邮件进行管理和决策的企业已经发现，这样的方式效率低下，缺少协同效应，因此需要先进的供应链管理来确保信息的透明化和决策的一体性。

- 云平台给供应链管理带来的价值。

(1) 速度上的效益，项目执行的速度更快，相应的成本也更为集约，让公司可以对用户环境变化保持敏锐反应。

(2) 云服务带来化繁为简的效应，让 IT 人可以将更多的精力放在真正的运营和战略上。

(3) 系统变得更稳定，服务质量得到提升。

- 电子商务对供应链管理的挑战。实体零售店通过资源调配，确保商品能够尽快到达门店和货架，并且整个过程的成本最低化。这是非实时、批处理的模式。而电商在此基础上，进一步实现了定制化，每次分拣和发货都根据客户的要求来进行。这是实时、单件处理模式。

2003 年波音 787 项目正式启动，它采用了航空史上革命性的全球供应商的战略：除将重要飞机部件生产保留在自己的工厂外，波音将占百分之七十的其余部件

的制造交给了全球 50 家次级供应商。然而,波音也面临着巨大风险:一是供应链管理不善导致零部件供应衔接不上;二是波音追赶生产进度和供应商短期内难以消化大量新技术导致的矛盾。波音七次推迟交付时间,比原定计划推迟了 3 年。外界质疑:外包零件是以前的 2 倍,波音是否将过去的经验充分分享给了那些供应商?这也说明供应链管理与研究的迫切性。

本章将首先回答企业为什么需要供应链管理的问题,其次会讨论作为与企业不同的一个新概念,供应链管理所具有的一些新特征,最后给出供应链管理的定义及其框架。

1.1 基于物质产品的供应链管理

供应链管理是在制造企业中提出与发展起来的,所以本节的标题中包含了“基于物质产品”的说明。实际上,无论是在理论研究中,还是在企业实践中,供应链管理最早都是从库存管理的基础上提出的。要更好地进行库存管理,必须在供应链的框架下来进行。

1.1.1 库存管理

何谓库存?为了满足某种物品的需求,组织、个人或家庭通常需要自己生产、或从外部订购(即采购)物品,这些物品并非立即满足需求从而需要存放,或者满足即时需求之外有多余的物品需要存放,这种存放就是库存。

产生库存的原因有很多。例如,因为物品不能立即得到,为了更好地满足顾客的需求,就要事先生产或订购而存放;也可能是因为一次生产量或订购量大时,成本低廉,但这个量超过了一定时段的需求量,故而形成了库存。很多时候,生产与订购的问题相同,故下文就用“订购”一词。

库存管理就是如何管理库存,其目标主要是在满足需求的前提下使成本达到最低、或者使利润达到最大。库存管理问题涉及的成本,一般包括如下四类。

① 固定订购费(set up cost),即补充一次物品所需要的固定花费(如手续费、采购人员的差旅费、机器开工时的启动费等,又如一次订购需要用一辆汽车来运输,此时相应的费用),它与补充的数量无关。

② 变动订购费(unit cost),如订购时物品的单价,生产物品时的单位生产费用,它是物品本身的费用,是补充数量的函数。

③ 存储费(holding cost)。它包括存储货物的库存费用、资金占用所产生的费用(如利息)、货物保险的费用以及货币贬值、货物的损坏变质等方面的费用。

④ 缺货费(penalty cost)。由于供不应求造成缺货所带来的损失费用(如惩罚费),它也可能是为了让缺货的顾客等待而提供给顾客的折扣费用,或者是缺货时的

机会成本、损失顾客所带来的成本,这时其计算可能较为困难。

如果每次订购时的订购量大,那么存贮费就会大,但缺货的可能性变小,从而缺货费用小;反过来,如果每次订购时的订购量小,那么存贮费就会小,但缺货的可能性变大,从而缺货费用大。因此,库存管理的本质是在各种成本之间如何取得平衡,特别是在库存成本与缺货成本之间的平衡。

当有需求到达时,现有库存若能满足需求,即库存量不小于需求量时,则需求能够得到即时满足。否则,就满足不了需求。此时,常有两种方式来描述满足不了的需求:

- 缺货等待(back order): 缺货时顾客等待,直到补充的货物到达时,他的需求才得到满足。
- 销售损失(lost sale): 满足不了需求的顾客会离开,或者去寻找其他的需求,或者取消需求。

当然,实际中可能是二者的综合,就是一部分顾客等待,另外的顾客则选择离开。

库存管理需要回答三个问题:向谁订购或采购、何时订购、订购多少。前者属于供应商管理,后二者则是通常库存管理的内容,也就是本小节所要讨论的内容,它也是通常所谓的库存策略。库存管理研究的主要内容就是给出最优的库存策略。

库存理论中最简单,也是最基础的模型有两个,一是确定性时齐库存模型(也叫经济订购量公式, economic order quantity, 简记为 EOQ), 它自 1913 年提出,至今仍然是学术研究中常见的,也是一种可在实践中运用的优秀方法。二是报童模型。二者的主要区别是 EOQ 是确定性的模型,而报童模型中需要处理需求的随机性。

本节只给出库存理论中最基本的内容,想要了解更多内容的读者请参阅相关书籍,如本人的《随机运筹学》(清华大学出版社)。

1. 确定性时齐库存模型(EOQ 公式)

EOQ 所考虑的问题(假设、公理)如下:

- 需求是连续、均匀的;
- 等时间间隔补充,补充也是连续、均匀的;
- 允许缺货,缺货部分在补充后满足;
- 各种费用(包括固定订购费、每单位物品单位时间的存储费、单位物品单位时间缺货费、进货价)均为常数。

记 D 为单位时间的需求量; P 是补充率,即单位时间的补充量(如生产线的产量); K, c, c_h, c_p 分别表示固定订购费、进货价、单位物品单位时间的存储费、单位物品单位时间缺货费。我们称之为参数,均是大于 0 的常数。我们假定货币价值不变(也即利率为 0),目标函数为使长期运行单位时间的平均费用最小。

首先,我们来比较补充率 P 和需求率 D 。当 $P < D$, 即补充率小于需求率时,系统将永远缺货,而且缺货量会越来越大大趋于无穷。因为 $c_p > 0$, 因此,此时系统的单

位时间平均费用将趋于无穷。对这样的系统,需要考虑增加补充能力。当 $P=D$ 时,如果当库存水平降到零时系统再开始补充,并一直生产下去,那么系统既不会有库存也不会缺货,这样长期运行下去,单位时间的平均费用为0,我们可以把这种系统比喻为自来水管,供需是完全匹配的,这是一种最为理想的状态,但不需要研究了,只要欣赏即可。所以,以下我们考虑补充率大于需求率的情形,即假定 $P>D$ 。

由于补充是逐渐的,所以我们称此库存模型为逐渐补充,允许缺货的确定性时齐库存模型。下面我们来研究其最优策略。

由于 $P>D$,不需要一直生产,所以生产线应该开一会,停一会儿;当库存量下降到一定程度时再开动。于是,系统库存的变化情况可用图1.1来表示。在这里,我们称从开始缺货到下次开始缺货之间为一个补充周期。显然一个补充周期 T 内的费用与图中 $[0, T]$ 时间内的费用相同。

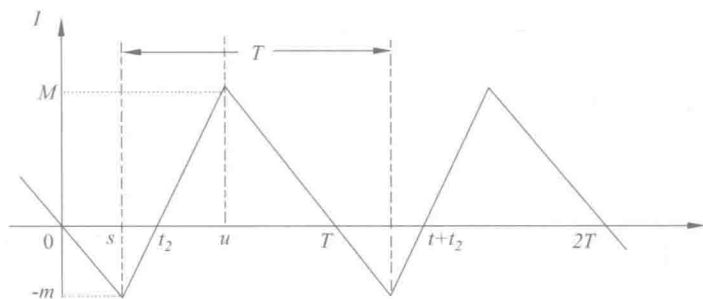


图 1.1 库存量的动态变化

在图1.1中, s, t_2, u 分别表示一个周期中开始补充的时刻、库存量从负变为正的时刻、结束补充的时刻。 t_2 也表示此周期中的缺货时间长度,而 $T-t_2$ 表示此周期中的存贮时间长度。

在此模型中,每个补充周期的补充量是这个周期的总需求量,但这个补充量是生产出来的。从图1.1中可以看出,补充并不是在整个周期中都进行的。因此,我们还需要知道补充何时开始。由于补充量是周期的需求量,因此,补充的时间长度或者补充的结束时间也就确定了。于是,一个库存策略是指一个补充周期的长度 T 以及其中开始补充的时刻 s ;或者等价地,一个周期中有一段时间是缺货的,之后是有存贮的,因此一个策略就是周期长度 T 以及其中缺货时间的长度 t_2 。

图1.1中的变量,除了上面介绍的 s, t_2, u, T 之外,还有最大缺货量 m ($-m$ 是 s 时库存量),以及最大库存量 M ,即 u 时的库存量。因此,一个周期 $[0, T]$ 内有六个变量 s, t_2, u, T, m, M 。求解可得最优的

$$T^* = \sqrt{\frac{2K}{c_h D}} \sqrt{\frac{c_h + c_p}{c_p}} \sqrt{\frac{P}{P - D}}$$

$$t_2^* = \frac{c_h}{c_h + c_p} T^*$$

进而,我们得到系统的最优库存策略如下:在系统开始缺货后,让之持续一段长度为

$$s^* = \frac{P-D}{P}t_2^* = \sqrt{\frac{2K}{D}} \sqrt{\frac{c_h}{c_p(c_h+c_p)}} \sqrt{\frac{P-D}{P}}$$

的时间后,开始补充;由于补充的量 Pl^* 等于一个周期内的总需求 DT^* ,因此补充的时间长度 t^* 为

$$t^* = \frac{D}{P}T^* = \sqrt{2K} \sqrt{\frac{c_h+c_p}{c_h c_p}} \sqrt{\frac{D}{P(P-D)}}$$

之后,停止补充。直到系统开始缺货后的 s^* 时间再开始补充,如此循环。

最优补充批量 Q^* ,最大缺货量 m^* ,最大存贮量 M^* ,及最小费用 C^* 分别为

$$Q^* = DT^* = \sqrt{\frac{2KD}{c_h}} \sqrt{\frac{c_h+c_p}{c_p}} \sqrt{\frac{P}{P-D}},$$

$$m^* = Ds^* = \sqrt{\frac{2c_hKD}{(c_h+c_p)c_p}} \sqrt{\frac{P-D}{P}},$$

$$M^* = (P-D)(u^* - t_2^*) = \sqrt{\frac{2KD}{c_h}} \sqrt{\frac{c_p}{c_h+c_p}} \sqrt{\frac{P-D}{P}},$$

$$C^* = C(T^*, t_2^*) = \sqrt{2c_hKD} \sqrt{\frac{c_p}{c_h+c_p}} \sqrt{\frac{P-D}{P}} + cD.$$

于是,最优策略也可用库存量来描述:当缺货量达到 m^* 时开始生产,当存贮量达到 M^* 时停止生产。

(1) 求解 EOQ 的最优解

从数学上来说,一个周期 $[0, T]$ 中的这六个变量 s, t_2, u, T, m, M 不是互相独立的。实际上,最大缺货量就是在 $[0, s]$ 这段时间中的需求量,故 $m = sD$;同时,最大库存量是在 $[s, t_2]$ 这段时间里面生产出来的量再减掉这段时间里面的需求量,故 $M = (u - t_2)(P - D)$ 。

我们再来考虑缺货周期 $[0, t_2]$ 。从图 1.1 中可知,从 0 开始,系统的缺货量按速度 D 下降,而在 s 时开始补充后,则以速度 $P - D$ 上升,记开始补充的时刻为 s ,则在 $[0, t_2]$ 时段内的总需求量 Dt_2 与总补充量 $P(t_2 - s)$ 应该相等,即 $Dt_2 = P(t_2 - s)$,解之得 $s = [(P - D)/P]t_2$ 。所以, s 与 t_2 是互相唯一确定的。

我们再来考虑其中的存贮周期 $[t_2, T]$ 。在此期间的总需求量为 $D(T - t_2)$,它是时间段 $[t_2, u]$ 内生产出来的,产量为 $P(u - t_2)$ 。显然,两者应该相等,即 $D(T - t_2) = P(u - t_2)$ 。从而 $u - t_2 = (D/P)(T - t_2)$ 。

于是, u 时的存贮量为 $(P - D)(u - t_2) = [(P - D)D/P](T - t_2)$ 。从而, u 与 T 也是互相唯一确定的。

在一个周期 $[0, T]$ 内的固定订购费为 K 。为计算周期内的总缺货费,我们需要知道最大缺货量。由于在开始补充时的缺货量就是 $[0, s]$ 期间的总需求量,为 Ds ,从而一个周期内的总缺货量为图 1.1 中以 $[0, t_2]$ 为底的三角形的面积:

$$\frac{1}{2}D \frac{P-D}{P} t_2 \cdot t_2 = \frac{1}{2} \frac{(P-D)D}{P} t_2^2$$

故一个周期内的总缺货费为 $\frac{1}{2}c_p \frac{(P-D)D}{P} t_2^2$ 。而总存贮费为 c_h 乘以图 1.1 中以 $[t_2, T]$ 为底的三角形的面积, 即 $\frac{1}{2}c_h \frac{(P-D)D}{P} (T-t_2)^2$ 。最后, 一个周期内的进货总价 c 乘以总需求量 DT (也是总产量), 即 cDT 。因此, 一个周期内的单位时间平均总费用为

$$C(T, t_2) = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2}c_h \frac{(P-D)D}{P} (T-t_2)^2 + \frac{1}{2}c_p \frac{(P-D)D}{P} t_2^2 + K + cDT \right]$$

这也是长期运行下单位时间内的平均费用。于是, 我们的问题是选择 T, t_2 使得 $C(T, t_2)$ 达到最小:

$$\min_{T, t_2} C(T, t_2) = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2}c_h \frac{(P-D)D}{P} (T-t_2)^2 + \frac{1}{2}c_p \frac{(P-D)D}{P} t_2^2 + K \right] + cD$$

由此可知, 进货价 c 不影响库存策略 (T, t_2) 。

为求其最优解, 我们令 $C(T, t_2)$ 的两个偏导数为 0, 得以下方程组:

$$\frac{\partial}{\partial T} C(T, t_2) = \frac{1}{2} \frac{(P-D)D}{P} \left[c_h + (c_h + c_p) t_2^2 \left(-\frac{1}{T^2} \right) \right] - \frac{K}{T^2} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t_2} C(T, t_2) = \frac{1}{2} \frac{(P-D)D}{P} \left[-2c_h + 2(c_h + c_p) t_2 \frac{1}{T} \right] = 0$$

解之得上述的最优 T^* 与 t_2^* 。最后, 要保证 T^*, t_2^* 是最优解, 在数学上还需要证明 $C(T, t_2)$ 是二元凸函数, 即其海塞矩阵非负定。

2. 报童模型

报童 (News vendor) 问题是大部分随机库存模型的基础, 它研究产品生命周期仅为一周期的问题, 我们称之为随机需求库存问题的基准模型。报童问题可描述如下产品的存贮问题: (1) 迅速过时的产品, 如报纸; (2) 迅速变质的产品, 如蔬菜; (3) 只存贮一次的产品, 如中秋节前的月饼; (4) 超过一个时期后其前途变得不确定的产品, 如时装、高新技术产品。同时, 单周期库存问题也是研究多周期库存问题的基础。

报童问题如下。设有一报童卖《参考消息》, 它卖报区域每天对这份报纸的需求量是随机的, 报童每天进报时每份的进价是 c 元, 而售价是 p 元。因此, 报童每卖出去一份报纸的获利是 $p-c$ 元, 但如果卖不出去, 报纸到第二天就一钱不值了, 也即每份要赔 c 元。试问, 此报童每天进多少份《参考消息》?

我们用随机变量 D 来表示需求的大小。假定报童通过过去每天卖报的记录, 获得了需求 D 的分布函数 $F(x)$ 。为方便起见, 假定 F 是连续型的分布函数, 有密度函数 $f(x)$ 。报童模型中的成本结构如下: 货物进价为 c , 零售价是 p , 每份报纸的缺货费为 c_p , 多余物品每件的处理费用是 c_h (c_h 为负表示残值, 为正表示处理费用; 它也可以表示为存贮费)。

如果报童的订购量为 Q ，那么报童的进货成本为 cQ ；多余的量是 $(Q-D)^+$ （其定义见脚注^①），故处理费为 $c_h(Q-D)^+$ ；缺货量为 $(D-Q)^+$ ，故缺货费为 $c_p(Q-D)^+$ 。而销售量是 $D \wedge Q$ （其定义见脚注^②），故销售收入是 $p(D \wedge Q)$ 。于是报童订购 Q 份报纸时的期望利润为

$$\begin{aligned} V(Q) &= E\{p(D \wedge Q) - c_h(Q-D)^+ - c_p(D-Q)^+\} - cQ \\ &= \int_0^Q [px - c_h(Q-x)]f(x)dx + \int_Q^\infty [pQ - c_p(x-Q)]f(x)dx - cQ \end{aligned}$$

于是报童的问题是确定订购量 Q 使其利润 $V(Q)$ 达到最大，即 $\max_Q V(Q)$ 。不难推知， $V(Q)$ 是连续可导的，其导数为 $V'(Q) = p + c_p - c - (p + c_p + c_h)F(Q)$ 。令其等于零，得到最优订购量 Q^* 所满足的一阶条件：

$$F(Q^*) = \frac{p + c_p - c}{p + c_p + c_h} \quad (1)$$

进而， $V''(Q) = -(p + c_p + c_h)$ ， $f(Q) \leq 0$ ，因此， $V(Q)$ 是凹函数，从而方程(1)的解 Q^* 是最优订购量。由于需求是连续型的，方程(1)的解存在。进而当 $f(Q^*) > 0$ 时， Q^* 是唯一的。

【例 1】 中秋节快要到了，某商店决定订购一批月饼。根据以往经验与市场信息，商店获知以下的信息：此月饼的进价是每盒 70 元，商店准备以每盒 120 元销售，在中秋节之前销售不出去的月饼在中秋节之后只能以每盒 40 元销售（能全部销售完），中秋节前对月饼的需求量可用正态分布 $N(100, 102)$ 来近似。试确定此时商店的订购量。

解 这是一个报童问题， $c=70$ ， $p=120$ ， $c_p=50$ ， $c_h=-40$ 。则由(1)知最优订购量满足

$$F(Q^*) = \frac{p + c_p - c}{p + c_p + c_h} = \frac{120 + 50 - 70}{120 + 50 - 40} = 0.77$$

由于

$$F(Q^*) = P\left\{\frac{D-100}{10} \leq \frac{Q^*-100}{10}\right\} = \Phi\left(\frac{Q^*-100}{10}\right)$$

查正态分布表，可得使 $\Phi(x) \leq 0.77$ 的最大 $x=0.739$ 。于是，解 $(Q^*-100)/10 = 0.739$ 得到最优订购量 $Q^*=107$ 盒。

显然，我们所得到的最优订购量是依赖于需求的分布函数。需求的分布函数不同，最优订购量也就不同。在实际应用中，如果想得到非常精确的结果，那么必须运用数理统计的方法对需求的分布函数及其参数进行精确的估计。

注 1.2

(1) 以上假定商品的零售价 p 是固定的，这可推广到零售价是可以选择的决策

① 对任一实数 x ，其正部定义为 $x^+ = \min\{x, 0\}$ 。也即，若 x 非负，则 $x^+ = x$ ；否则， $x^+ = 0$ 。

② 对任实数 x, y ，定义 $x \wedge y = \min\{x, y\}$ ， $x \vee y = \max\{x, y\}$ 。