

供应链合作的利润分配机制研究

潘会平^{1, 2}, 陈荣秋²

(1. 长江大学管理学院, 湖北 荆州 434023; 2. 华中科技大学管理学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 利润的分配是供应链企业间合作与纷争的焦点问题. 在制造商主导的下游供应链中, 制造商如果将产品简单地批发给零售商, 只能得到生产利润; 如果与零售商一道参与销售, 就能够在销售渠道中获得利益. 作者利用 Stackelberg 博弈分析了不同分配比例对合作双方利润产生的影响, 并基于不同区间利润变化率快慢, 从各自的偏好区间中, 找到合作区间; 依据合作区间得到了一个利润分配的新方法——零售商与制造商四六分成. 接下来的对比分析说明了这一方法的可行性. 最后用 Dell 直销成功和 Compaq 渠道改造失败进行了案例分析, 提出了利润四六分成和分步实施的渠道改造方案, 突出了供应链合作与利益分配的中心问题.

关键词: 供应链管理; 销售渠道; 合作区间; 利润分配

中图分类号: F203.9; F202

文献标识码: A

A Study on Division of Cooperative Profit in Supply Chain

PAN Hui ping^{1, 2}, CHEN Rong qiu²

(1. College of Management, Yangtze University, Jingzhou 430023, China; 2. College of Management, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The division of profits is focus in SCM (supply chain management). In a downstream supply chain with manufacturer as a leader, manufacturer could both produce and market in order to get both profits. This paper, by the game theory of Stackelberg model, analyzes the effect of profits division. A cooperative internal is observed gradually, which leads to a ratio of division, 4:6. Sequentially comparisons show that such a ratio is feasible; finally the paper takes Dell's success and Compaq's failure for the cases providing further analyses. A stepping methodology is presented, further demonstrates cooperation and cooperative profit distribution.

Key words: SCM; marketing channel; cooperative internal; profit division

1 引言

自斯托克^[1]的名著问世以来, 有关基于时间竞争的讨论日渐深入. 探讨的方向之一是协调成员企业之间的关系直至实现企业与企业之间的无缝连接, 保证各种流(如物流, 信息流等)在供应链上的畅通. 如何协调成员企业之间的关系是供应链管理的基本问题^[2], 而利润的分配又是供应链中企业关系的焦点问题^[3]. 可以说, 供应链能否取得成功, 利润的分配至关重要^[4]. 在这种背景下, 有关渠道合作利润分配的探讨不一而足^[5-8]; 但似乎没有找到一个具体的、可操作的分配比. 如果供应链上缺少一个能够激励各方的、让大家感到满意的分配机制, 企业成员之间就没法实现无缝连接, 那么就会造成流通不畅, 最终使时间无端地消磨, 竞争优势丧失, 基于时间的竞争必是一句空话.

我们所处的信息时代已经为物流或信息流的畅通提供了技术平台, 能否保持这种畅通, 关键处决于组织与组织之间的协调、衔接能否做到无缝连接, 这使得分配问题进一步凸现出来. 事实上, 自 Dell 成功实施直销后^[9, 10], 在制造商主导的下游供应链上, 制造商越来越重视与分销商之间的关系. 直销为研究人员和实业界人士所看好, 那么从传统分销模式到现代直销这一理想模式的渠道改造可否一蹴而就, 如果像

收稿日期: 2004-05-21

资助项目: 国家自然科学基金重点资助项目“基于时间竞争的运作管理新技术与新方法研究”(70332001)

作者简介: 潘会平(1965)男, 湖北天门人, 博士研究生, 主要从事生产运作管理与微观经济理论的研究

Compaq 遭遇“渠道冲突”^[11] 怎么办等相关问题并未从理论上予以圆满解决. 这些看似相去很远但却本质相关的问题, 本文通过分配问题纳入同一模型, 以一个新的视角, 寻找到可行的利润分配和渠道改造方案.

2 建模与求解

考虑一个由制造商主导的制造商—零售商—消费者构成的供应链. 用 P_1 表示制造商将产品卖给零售商的批发价, 它是制造商的决策变量; P_2 表示零售商将产品卖给消费者的零售价, 它是零售商的决策变量; C_1 表示单位产品的制造成本, 假定为常量; C_2 表示单位产品销售成本, 为常量. π_1 表示制造商利润; π_2 表示零售商利润. λ 表示在参与销售时, 制造商从销售渠道中获得的利润分成, 从而零售商获得的分成为 $1-\lambda$ ^[12]. 显然, $\lambda \in [0, 1]$ 是本文所关心的中心问题.

假定商品的需求函数为简单线性关系:

$$Q = a - bP_2, \quad (1)$$

其中 $a > 0, b > 0, P_2 > 0, Q > 0, a, b$ 为常量.

于是, 制造商的利润:

$$\pi_1 = \lambda(P_2 - P_1 - C_2)Q + (P_1 - C_1)Q. \quad (2)$$

零售商的利润:

$$\pi_2 = (1 - \lambda)(P_2 - P_1 - C_2)Q. \quad (3)$$

等式(3)意味着在双方合作的情况下, 零售商不独占渠道的利润, 而是拿出 λ 份给制造商, 因而自己获得的分成比例是 $1-\lambda$. 等式(2)的含义是合作时, 制造商的利润来源有二部分: 一部分来自批发价高出制造成本的生产利润; 另一部分是对销售渠道利润的分享, 也就是零售商分出的部分. 显然, 等式(2)和等式(3)兼容了双方不合作的极端情况. 当 $\lambda=0$ 时, 就表示制造商不参与销售活动, 只简单地将产品批发给零售商; 零售商包揽全部销售活动, 并独占全部销售利润. 当 $\lambda=1$ 时, 就表示制造商将自己生产的产品直接销售给消费者, 根本不需要零售商, 它占有生产和销售的全部利润. 所以该模型将合作与不合作多种情况纳入同一框架进行考虑.

根据 Stackelberg 博弈思想, 制造商和零售商通过价格调整达到均衡^[13], 其中制造商是价格的领导者和先行者, 零售商则是跟随者^[14]. 制造商首先确定批发价后, 零售商根据批发价决定零售价, 但是制造商在决定批发价前, 预料到零售商的定价反应^[15].

零售商视批发价格 P_1 既定, 要实现利润最大化, 决策变量 P_2 必须满足一阶条件 $\partial \pi_2 / \partial P_2 = 0$, 即:

$$\partial [(1 - \lambda)(P_2 - P_1 - C_2)(a - bP_2)] / \partial P_2 = 0,$$

$$a - 2bP_2 + bP_1 + bC_2 = 0,$$

$$P_2 = \frac{a + b(P_1 + C_2)}{2b}.$$

将上式代入(2)式, 制造商也要实现利润最大化, 一阶条件是 $\partial \pi_1 / \partial P_1 = 0$. 于是有:

$$P_1 = \frac{(1 - \lambda)a + b[C_1 - (1 - \lambda)C_2]}{(2 - \lambda)b}. \quad (\text{见附录 1}) \quad (4)$$

将(4)式分别代入(1)式, (2)式和(3)式, 得到:

$$P_2 = \frac{(3 - 2\lambda)a + b(C_1 + C_2)}{2(2 - \lambda)b}. \quad (5)$$

$$Q = \frac{a - b(C_1 + C_2)}{2(2 - \lambda)}. \quad (6)$$

$$\pi_1 = \frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{4b(2 - \lambda)}. \quad (7)$$

$$(1 - \lambda)[a - b(C_1 + C_2)]^2 \quad (8)$$

3 求解合作区间与分配系数

为简洁, 设 $\frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{4b} = R$ (显然为常量). 为了清晰地描绘双方利润随分配比例的变化规律曲线, 我们将利润函数等式(7)和等式(8)之起止点的函数值及其变化规律列表如下:

表 1 利润曲线的起止点函数值与变化规律

	表达式	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	一阶导数	二阶导数	单调性
制造商利润	$\pi_1 = \frac{R}{2 - \lambda}$	$\pi_1^0 = \frac{R}{2}$	$\pi_1^1 = R$	$\frac{R}{(2 - \lambda)^2}$	$\frac{2R}{(2 - \lambda)^3}$	↗
零售商利润	$\pi_2 = \frac{(1 - \lambda)R}{(2 - \lambda)^2}$	$\pi_2^0 = \frac{R}{4}$	$\pi_2^1 = 0$	$-\frac{\lambda R}{(2 - \lambda)^3}$	$-\frac{(2 + 2\lambda)R}{(2 - \lambda)^4}$	↘

依据表中所提供的各种数据, 我们取 $\frac{R}{4}$ 为纵轴单位, 将制造商和零售商各自的利润随分配比例变化而变化的情况绘图如图 1.

从图 1 我们可以非常直观地看出, 制造商与分销商的利润最大化点各在一端, 如果始终各自坚持从自己的利润最大化目标出发, 双方就会各执一端, 不可能握手合作; 要合作, 双方就得向着对方各自迈进一步. 进一步的观察发现, 就制造商而言, 利润随分配比例的增加会不断增加. 虽然总在增加, 但在接近 0 的区域增加速率远不如在接近 1 的区域增加速率显著. 在曲线上, 总能够找到一点, 使得此前各点的增加速率低于平均值, 此后各点的增加速率高于平均值; 而这一点的增加速度正好等于平均增加速率, 就是制造商临界偏好点 λ_1^* .

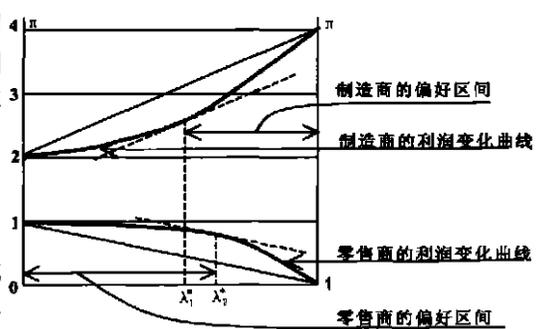


图 1 随 λ 变化的利润曲线, 双方的偏好区间, 合作区间

同样的利润分配增量, 在不同的区域带来的利润增量有着显著差异, 所以制造商当然期望利润分配比越大越好. 在无法完全占有渠道利润的情况下^[16], 偏向于在这个显著增加其利润的区间里与零售商展开合作, 我们将这一区间定义为制造商的偏好区间.

根据 Lagrange 中值定理, 容易求得 $\lambda_1^* = 0.586$ (见附录 2).

于是, 制造商的偏好区间为 $\lambda_1 \in [0.586, 1]$.

同样道理, 零售商的偏好临界点 $\lambda_2^* = 0.635$ (见附录 3); 其偏好区间为 $\lambda_2 \in [0, 0.635]$.

合作的基础是双方的分配系数都在各自的偏好区间内, 即 $[0.586, 1] \cap [0, 0.635] = [0.586, 0.635]$. 这就是双方的合作区间.

考虑到合作分配中多以 5% 为一个等级的实际情况, 我们取 $\lambda = 0.6, 1 - \lambda = 0.4$. 即双方四六分成, 零售商占四成, 制造商占六成.

4 数据比较分析及其管理含义

既然得到了 $\lambda = 0.6$ 的分配系数, 我们就可以对这一分配系数下的各种经济指标与典型分销和典型直销型进行比较分析. 为简捷明了, 我们将分销与合作两种不同情形下的各经济指标列表 2.

4.1 与典型分销对比分析

由表 2 可以看出, 从 $\lambda = 0$ 过度到 $\lambda = 0.6$ 时, 批发价和零售价都会下降, 下降的程度要视需求和成本的具体情况而定. 但是, 销售量则会上升, 理论上增加 42.86%, 而且上升的比率与需求和成本似乎没有关系. 从某种意义上讲, 我们可以直观地感觉到会增加, 但是准确的增加比率则无法直接觉察到. 在表 2 中,

位, 整个渠道的利润则为二者之和 3 单位; 在 $\lambda = 0.6$ 的合作状态下, 制造商和整个渠道的利润将分别上升为 2.86 单位和 3.68 单位, 对应的当上升比率分别为 43% 和 22.67%. 此时分销商的利润会有所下降, 从 1 单位下降到 0.82 单位, 下降比率为 18%.

表 2 分销与合作的经济指标对比

	$\lambda = 0$	$\lambda = 0.6$	变化情况	
			增减	百分比(%)
批发价	$[a + b(c_1 - c_2)]/2b$	$[2a + 5b(c_1 - 0.4c_2)]/7b$	下降	视需求与成本的具体情况而定
零售价	$[3a + b(c_1 + c_2)]/4b$	$[a + b(c_1 - c_2)]/2b$	下降	
销售量	$[a - b(c_1 + c_2)]/4$	$5[a - b(c_1 + c_2)]/4$	增加	42.86
制造商利润	2	2.86	增加	43
分销商利润	1	0.82	下降	18
渠道利润	3	3.68	增加	22.67

制造商从完全外包销售到积极参与销售渠道合作的转变过程中, 所有经济指标都会向着有利于整个渠道和全社会(对消费者而言, 价格下降并且销售量增加意味着消费者剩余增加)的方向发展. 值得注意的是: 制造商参与销售意味着分销商的地位受到削弱, 这一点可以从销售商利润的下降上看得非常清楚.

4.2 与典型直销对比分析

类似的, 我们将合作与直销两种不同情形下的各经济指标列表如表 3:

表 3 合作与直销的经济指标对比

	$\lambda = 0.6$	$\lambda = 1$	进一步改进情况	
			增减	百分比(%)
批发价	$[2a + 5b(c_1 - 0.4c_2)]/7b$	c_1	下降	视需求与成本的具体情况而定
零售价	$[a + b(c_1 - c_2)]/2b$	$[a + b(c_1 + c_2)]/2b$	下降	
销售量	$5[a - b(c_1 + c_2)]/4$	$[a - b(c_1 + c_2)]/2$	增加	40
制造商利润	2.86	4	增加	40
分销商利润	0.82	0	下降	100
渠道利润	3.68	4	增加	8.89

由表 3 可以看出, 从 $\lambda = 0.6$ 过渡到 $\lambda = 1$ 时, 批发价和零售价都会继续下降, 下降的程度依然要视需求和成本的具体情况而定. 但是, 销售量则会进一步上升, 理论上增加 40%, 而且上升的比率与需求和成本仍然没有关系. 在表 3 中, 我们发现, 进一步改进结果是对前一阶段的延续, 只不过具体数据稍有不同而已. 我们同时注意到: 制造商进一步参与销售甚至完全拥有渠道, 意味着分销商的地位进一步受到削弱乃至完全丧失.

4.3 分配系数 $\lambda = 0.6$ 在管理上的含义

$\lambda = 0$ 和 1 是两种极端的情形, $\lambda = 0$ 意味着由分销商完全拥有渠道并独占渠道利润; 相反, $\lambda = 1$ 则意味着由制造商完全拥有渠道并独占渠道利润, 而不是制造商和分销商在销售渠道上的合作. 事实上, 几乎没有那一家制造企业愿意完全放弃销售渠道而将产品的销售全部外包, 同时完全由制造商拥有销售渠道也是一种少见的或理想的情形^[17], 在绝大多数情况下, 对产品的销售还是需要经过双方的合作来完成. 那么, 一个彼此都能够接受的分配系数对双方长期的合作显然是必要的.

必须强调的是: 一方面, $\lambda = 0.6$ 虽然在模型中指利润分配系数, 但实际上也暗含着制造商在渠道建设

销商所得 $1 - \lambda = 0.4$ 的分配比例并不是指分销商只能得到完全由他来完成销售 $\lambda = 0$ 时利润的 40% 或者说相比之下下降 60%，由于合作增加了整个渠道的利润，此时他得到的利润为最初利润的 82%。其利润下降率仅为 18%，应该说这为分销商方面的合作提供了一定基础。制造商虽未能达到他所认为 $\lambda = 1$ 的理想状态，但其利润毕竟比 $\lambda = 0$ 时增加了 43%，则应视作制造商合作的基础。

如果考虑消费者和全社会的利益， $\lambda = 1$ 是最理想的状态，但是在实现最佳状态遭遇困难的前提下， $\lambda = 0.6$ 不失为一种切实可行的方案，它比 $\lambda = 0$ 时的消费者剩余之增长率可以像其他经济指标一样准确求出。

一般地讲，传统的、经过分销商的销售方式即为 $\lambda = 0$ 的渠道结构对分销商比较有利，但是比较之下，对制造商和消费者则不利。在我们这个 IT 技术迅猛发展的时代，电子商务是最热门的话题之一。而电子商务在某种意义上讲就是网上直销，即制造商直接拥有销售渠道 $\lambda = 1$ 的情形，这种渠道结构对分销商不利甚至威胁其生存，但反过来对制造商和消费者均有利。

在这样的时代背景下，我们通过以下的案例研究来进一步说明 $\lambda = 0.6$ 的内涵和作用。

5 案例研究

在 IT 业，有 Dell, Inc. 和 Compaq 两家大的制造商，我们以这两家公司进行研究。

5.1 Dell 公司的成功

从 1984 年公司创建之初，Dell 公司就将销售模式确立为直销。正如理论模型告诉人们的一样，直销比起分销具有先天的优势，它不仅能够给 Dell 公司带来分销所无法相比的巨大利润，而且由于相比之下价格低廉，能够给消费者带来更多的实惠，所以更受消费者的青睐。

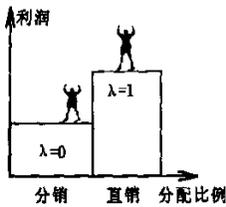


图 2 分销与直销的不同层次

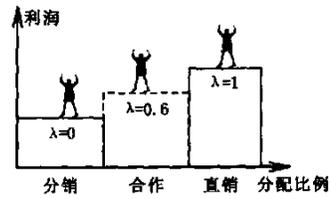


图 3 从分销到直销的过渡：合作

形象地说，直销和分销就象站在两个不同层次上的人，如图 2 所示，不同的营销模式所固有的起点和利润基础完全不同。Dell 公司因为实现直销站到了一个更高的层次，这正是其成功的起点。当然，这并不意味着分销就不能够成功，只不过利润层次偏低。这一点可以从一些企业实施从分销到直销的渠道改造中得到证实。

颇具讽刺意味的是，从 1990 开始，Dell 公司像行业中的其它公司一样，也通过 CompUSA, Circuit City 和 Price Club 等渠道实施分销，结果直接导致了利润的大幅度下降，乃至 1993 年第一季度的亏损^[18]。幸运的是聪明的 Michael Dell 能够及时发现问题，于 1994 年重新回到了直销的轨道并且得以坚持，利润与市场占有率的稳步攀升，从而谱写了 Dell 公司今天的辉煌。

5.2 Compaq 公司的失败

在 Dell 公司创立之前，Compaq 已经是一家规模很大并颇富盛名的公司，不过，这家公司实施分销模式。从我们的分析模型中可以看出，一开始它所在的层次就不及 Dell 公司。当经营业绩远不如后来者时，该公司就深刻意识到分销模式固有的不足，并于 20 世纪 90 年代试图以直销模式取代旧有的分销模式，但是这次渠道改造并没有成功^[11]。

如图 2 所示，分销与直销是两个相去甚远利润层次，谁不想立足于利润高端？但是跳跃式一步就位的结果往往是“欲速则不达”。假如按照图 3 的循序渐进的方式，渠道改造通过合作逐步实施，结果可能完全不同 C

没有认识到从分销到直销的巨大差距 企图一夜之间完成这种渠道改造 从而导致了他们与

的方案,渠道改造也许就不会在失败后重操分销.

6 结束语

从考虑一个简单的供应链出发,本文建立了一般的数学模型,模型本身并不复杂,得到的结论非常具体,四六分成在现实世界里有着广泛的应用.当然,有时会出现偏离,因为利润分配与诸多因素相关^[17],如合作双方的相对强弱,产品本身的适销模式^[19]等等,现有的文献有所涉及.

理论分析倾向于支持由制造企业在销售渠道中发挥更大的作用,最理想的状态是直销,这样既有利于制造商,又有利于消费者.但是除非像 Dell 公司一样,一开始就实施直销战略^[9,10].在很多情况下,企业在实施直销时会有困难,此时也未必意味着要实施完全的分销,制造商的参与总会有利.那么有制造商参与的销售渠道就会遇到双方利益分配问题,本文的研究提供了一个参考.

由于现代直销模式比传统分销模式就有先天的优越性,这一观点在现有的文献中得到证实^[18,19],并被越来越多的企业所接受,所以在 Π 时代的大背景下,渠道改造在所难免.本文的研究敬告欲实施渠道改造的企业,在难于一步到位的情况下,可以先考虑本文提出的四六分成的分步实施方案,避免重蹈 Compaq 之覆辙.

案例研究的结果进一步验证了结论的有效性,同时对 Compaq 在渠道改造中失败的部分原因进行了剖析,提出了分步实施的解决方案和具体运作中的分配比例.当然 Dell 直销的成功和 Compaq 渠道改造失败的原因不止于此,其它原因将另文探究.

参考文献

- [1] Stal K G. Time the Next source of competitive advantage[J]. Harvard Business Review , July August. 1988, 41- 51.
- [2] Sandy D Jap, Chris Manolis, Barton A Weitz. Relationship quality and buyer seller interactions in channels of distribution [J]. Journal of Business Research , 1999, 46: 303- 313.
- [3] Jeuland A P, Shugan S M. Managing channel profits [J]. Marketing Science , 1983, 2: 239- 272.
- [4] Anderson E, Coughlan A. International market entry and expansion via independent or integrated channel of distribution [J]. Journal of Marketing , 1987, 51: 71- 82.
- [5] Yan Dong, Kefeng Xu. A supply chain model of vendor managed inventory [J]. Transportation Research Part E 38 (2002) 75- 95.
- [6] Weng Z K. Channel coordination and quantity discount [J]. Management Science 1995. 41(9): 1509- 1522.
- [7] Waller M, Johnson M E, Davis T. Vendor managed inventory in the retail supply chain [J]. Journal of Business Logistics 1999. 20 (1), 183- 203.
- [8] Xu K, Dong Y, Evers P T. Towards better coordination of the supply chain [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 2001. 37(1): 35- 54.
- [9] Magretta, Joan. The power of virtual integration: An interview with Dell Computer's Michael Dell [J]. Harvard Business Review 1998. March April: 73- 84.
- [10] Liang T, J Huang. An empirical study on consumer acceptance of products in electronic markets: A transaction cost model [J]. Decision Support Systems, 1998, 24: 29- 43.
- [11] Stafford Jan. Vendor expands direct effort: But VARs and distributors will play a bigger role in Compaq's plan [J]. VAR Business, 1999, 29(5): 5.
- [12] Nash J F. The bargaining problem [J]. Econometrica, 1950, 18(2): 155- 162.
- [13] McGuire T W, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration [J]. Marketing Science, 1983, 2: 161 - 191.
- [14] Hrgensen J S, Sigue S P, Zaccour G. Stackelberg leadership in a marketing channel [J]. International Game Theory Review, 2001, 3: 13- 26.
- [15] HI Mesak, Am Mayyasi. A simple model of international joint venture distributorships: the american kuwaiti experience [J]. Omega 1995 23: 525- 538

- [17] Wei Yu Chiang. Multir channel supply chain management in the e business era[D]. The University of Illinois at Urbanar Chanpaign, 2002.
- [18] Kenneth L. Kraemer, Jason Dedrick, and Sandra Yamashiro. Refining and extending the business model with information technology: Dell computer corporation[R]. the Information Society, 2000, 16: 5- 21.
- [19] Dell, Michael, with Fred man, Catherine. Direct from Dell: Strategies that revolutionized an industry[M]. New York: Harper Business. 1999.

附录 1: 关于 P_1 的求解过程

将 $P_2 = \frac{a + b(P_1 + C_2)}{2b}$. 代入(1)式,

得 $Q = a - bP_2 = a - b \cdot \frac{a + b(P_1 + C_2)}{2b} = \frac{1}{2} \cdot [a - b(P_1 + C_2)]$

将它俩代入(2)式 $\pi_1 = \lambda(P_2 - P_1 - C_2)Q + (P_1 - C_1)Q$ 中,

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \lambda \left[\frac{a + b(P_1 + C_2)}{2b} - P_1 - C_2 \right] \times \frac{1}{2} \cdot [a - b(P_1 + C_2)] + (P_1 - C_1) \times \frac{1}{2} \cdot [a - b(P_1 + C_2)] \\ &= \frac{1}{4b} \cdot [a - b(P_1 + C_2)] \cdot (a\lambda - b\lambda P_1 - b\lambda C_2 + 2bP_1 - 2bC_1) \\ &= \frac{1}{4b} \cdot [a\lambda + (2 - \lambda)bP_1 - b(\lambda C_2 + 2C_1)](a - bP_1 - bC_2) \\ &= \frac{1}{4b} \left[a^2\lambda + ab(2 - \lambda)P_1 - ab(\lambda C_2 + 2C_1) - ab\lambda P_1 - (2 - \lambda)b^2P_1^2 \right. \\ &\quad \left. + (\lambda C_2 + 2C_1)b^2P_1 - ab\lambda C_2 - (2 - \lambda)b^2C_2P_1 + b^2(\lambda C_2 + 2C_1)C_2 \right] \\ &= \frac{1}{4b} \left\{ - (2 - \lambda)b^2P_1^2 + [ab(2 - \lambda) - ab\lambda + (\lambda C_2 + 2C_1)b^2 - (2 - \lambda)b^2C_2]P_1 \right\} \\ &\quad \therefore \partial \pi_1 / \partial P_1 = - 2(2 - \lambda)b^2P_1 + ab(2 - \lambda) - ab\lambda + (\lambda C_2 + 2C_1)b^2 - (2 - \lambda)b^2C_2 = 0, \\ &\quad P_1 = \frac{(1 - \lambda)a + b[\lambda C_1 - (1 - \lambda)C_2]}{(2 - \lambda)b}. \end{aligned}$$

附录 2: 关于 λ^* 的求解过程

$$\begin{aligned} \partial \pi_1 / \partial \lambda &= \frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{4b} - \frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{8b} = \frac{R}{(2 - \lambda)^2}. \\ \therefore \frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{4b} &= R, \\ (2 - \lambda)^2 &= 2, \lambda^* = 2 - \sqrt{2} = 0.586. \end{aligned}$$

附录 3: 关于 λ^* 的求解过程

$$\begin{aligned} \partial \pi_2 / \partial \lambda &= - \frac{[a - b(C_1 + C_2)]^2}{16b} = - \frac{R}{(2 - \lambda)^3}. \\ \lambda^3 - 6\lambda^2 + 16\lambda - 8 &= 0. \end{aligned}$$

故 $Y = \lambda^3 - 6\lambda^2 + 16\lambda - 8$, $\therefore \partial Y / \partial \lambda = 3\lambda^2 - 12\lambda + 16$ 大于 0.

故只能有唯一解, 利用 Newton 插值法, 借助 EXEC 插值法, 计算如下:

1	0	0.5	0.75	0.65	0.63	0.64
3	-8	-1.375	1.046875	0.139625	-0.05135	0.044544
0.635	0.6375	0.6365	0.6355	0.63525	0.63535	
-0.0033	0.020646	0.011073	0.001492	-0.0009	5.38E-05	