

供应链成员企业投资 RFID 技术的激励机制： 共享收入与谈判批发价的比较

喻鸣谦¹, 骆建文¹, 杨惠霄²

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030; 2. 浙江工业大学 管理学院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 许多已有研究发现供应链成员投资 RFID 技术的动机是一致的, 它们假定投资前后的批发价能以相同方式制定。然而, 供应链成员在投资前可能已达成固定的批发价。考虑包含一个制造商(她)和一个零售商(他)的供应链系统, 成员可采用如分享销售收入(RS)、重新谈判批发价格(WR)、二者并用(B)的激励机制。结果发现在 WR 和 B 下, 当制造商的谈判权力中等且标签成本较小时, 投资 RFID 能实现双赢, 但两家企业的投资动机不总是完全一致; 当初始批发价足够高时, 若制造商的谈判权力足够强, 制造商和零售商对 WR 的偏好都高于 N, 对 B 的偏好都高于 RS; 当初始批发价较低时, 若制造商的谈判权力中等, 双方对 RS 的偏好都高于 WR。若制造商的谈判权力较强, 供应链系统在 B 下的收益比 WR 下的高; 若制造商的谈判权力中等或较弱, 供应链系统在 B 或 WR 下的收益都比 N 和 RS 下的高。

关键词: 议价博弈; 收入共享; RFID; 激励机制; 契约偏好

中图分类号: F273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2154(2022)08-0041-17

DOI: 10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2022.08.004

Schemes to Align Supply Chain Members' Incentives for the Investment of RFID Technology: Revenue Sharing vs. Wholesale Price Negotiation

YU Mingqian¹, LUO Jianwen¹, YANG Huixiao²

(1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;

2. School of Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Most existing research shows that supply chain members' incentives to employ Radio - Frequency Identification (RFID) technology are perfectly aligned. They assume that both the wholesale prices before and after RFID adoption can be freely set in the same way. Yet, the members of supply chains may reach an exogenous wholesale price before adopting RFID technology. We study a supply chain with a single manufacturer (she) and a single retailer (he). The members can adopt some incentive alignment schemes, such as sharing the sales revenue (RS), renegotiating the wholesale price (WR), or using both incentive policies (B). Our results show that under both WR and B, investing in RFID technology can bring win - win results for both firms when the manufacturer holds moderate negotiating power and the cost of RFID tags is low, but firms' incentives for RFID investment are not al-

收稿日期: 2022-01-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“资金约束供应链融资风险的分担与转移策略研究”(71772122); 国家自然科学基金重点项目“关键核心产品供应链风险防控和智能管理”(72131010); 国家自然科学基金青年项目“供应商直销下的契约设计与协调机制”(71802096); 广东省自然科学基金面上项目“环保政策、成本分摊与博弈模式对供应链碳减排决策的影响与协调”(2020A1515011118)

作者简介: 喻鸣谦, 男, 博士研究生, 主要从事供应链管理研究; 骆建文(通讯作者), 男, 教授, 博士生导师, 理学博士, 主要从事供应链管理研究; 杨惠霄, 男, 研究员, 管理学博士, 主要从事供应链管理研究。

ways aligned. Besides, when the initial wholesale price is high enough, if the negotiation power of the manufacturer is strong enough, both the manufacturer and the retailer prefer WR to N and B to RS. When the initial wholesale price is low, if the negotiation power of the manufacturer is moderate, both parties prefer RS to WR. Finally, if the negotiation power of the manufacturer is strong, the profit of the supply chain system under B is higher than that under WR; if the bargaining power of manufacturer is medium or low, the profit of supply chain system under B or WR is higher than that under N and RS.

Key words: bargaining game; revenue sharing; RFID; incentive scheme; contract preferences

一、引言

通过射频识别(RFID)技术可实现非接触的双向数据通信。因此,贴有RFID标签的物品可实时远程跟踪。从而,零售企业有望从投资RFID技术中获得巨大的价值^[1]。Hardgrave等(2013)^[2]的实地调查发现,基于RFID的可视化技术能显著降低库存记录的不准确(约26%)。Shin和Eksioglu(2014)^[3]的实证研究表明,RFID技术可显著提高库存管理效率。研究报告^[4]预计到2025年,自动射频识别和数据捕获市场将增长到803亿美元。

然而,RFID技术在零售供应链中的实际应用远远落后于专家的预测^[5]。根据RFID解决方案供应商(SML集团)的估算^[6],RFID技术在零售行业的普及率约为5%。Changy(2011)^[7]的实证分析表明,投资RFID技术会使一些企业受益,但另一些企业受损。Gaukler等(2007)^[8]指出,供应链伙伴投资RFID技术的动机并不完全一致:产品层面的RFID技术看起来更加符合零售商的利益,但制造商却处于为产品贴上RFID标签的最近位置,因为RFID标签通常是产品包装的一部分。因此,应当引入适当的激励机制,以使上下游合作伙伴投资RFID的动机保持一致。

为此,许多学者研究了供应链企业投资RFID技术的动机协调问题。一些学者发现,当固定投资成本被忽略(Camdereli和Swaminathan,2010;Zhang和Yang,2019)^[9-10]或被考虑(Yang和Chen,2020)^[11]时,制造商和零售商投资RFID技术的动机完全一致。然而,这一结论与RFID技术投资的商业实践不符,因为上游和下游企业之间在投资RFID中经常存在利益冲突^[8]。供应链成员投资RFID技术动机的理论预测和商业实践存在的分歧,促使我们重新审视这个问题。审阅相关研究,可以发现为得出供应链企业投资RFID技术的动机完全一致的结论,已有研究假定采用RFID前后的批发价格能以同样的方式自由设定,这可能是导致上述分歧的关键原因。

批发价格契约在供应链实践和理论文献中十分常见^[12]。出于各种原因,供应链成员可能会达成一个固定的批发价格契约,例如供应链合作伙伴间签订的长期合同^[13],价格联盟导致行业标准价格的形成^[14]。此外,长期的市场竞争也会导致固定的批发价格,从而使制造商成为价格接受者^[15]。因此,传统零售供应链采用RFID之前的批发价格可能是一个固定值,而不是一个变量。

同时,供应链企业也可以采用一些激励协调机制,以更好地协调成员投资RFID技术的动机。在众多协调企业的投资动机的激励机制中,收入共享契约最为常见^[16],且已被广泛应用在各个行业^[17]。虽然收入共享契约在协调供应链方面的作用广为人知^[18],但其在协调供应链企业投资RFID技术动机的价值并未明确。

另外,上下游企业也可以重新协商采用RFID后的批发价格。在大多文献中,贴有RFID标签的产品的批发价格由一个充当Stackelberg领导者的企业决定(Camdereli和Swaminathan,2010)^[9]。然而,尽管领导者—追随者的研究框架经常被模型研究采用,但它与许多实证证据不符。Nagarajan和Bassoky(2008)^[19]的实证证据表明,双边谈判在供应链垂直关系中普遍存在。Liu等(2022)^[20]的实证研究也表明,供应商对零售商需求变化的响应性受到供应商与零售商之间相对权力的影响。然而,双边谈判博弈模型较少地被用在RFID技术投资方面的研究。虽然Yang和Chen(2020)^[11]运用双边谈判博弈模型研究了供应链企业投资RFID技术的决策问题,但他们把采用RFID前后的批发价格当成能以同样的方式重新制定的变量。这与在诸多情况下,采用RFID技术之前的批发价格为一个外生给定的固定值的事实不符,正如前文所讨论

的一样。

基于上述背景, 本文探讨应当如何利用激励机制协同制造商和零售商对产品级别的 RFID 技术的投资动机。本文将研究当单独或联合使用时, 收入共享 (RS) 和批发价格重新谈判 (WR) 在协调供应链企业投资 RFID 技术动机中的作用。本文重点研究以下问题: 当投资 RFID 前的批发价格为外生的固定值时, 上述激励机制对企业投资 RFID 技术的动机有何影响? 两家企业对这些激励机制的偏好是否存在均衡?

本文的创新性主要体现在: (1) 假定投资 RFID 技术之前的批发价为外生的固定值, 并以此作为投资决策的基准; (2) 系统比较了制造商与零售商对各种激励机制的偏好问题; (3) 探讨了两家企业的均衡激励机制选择问题; (4) 探讨了供应链系统对各种激励机制的偏好问题。

二、文献综述

本文与 RFID 投资决策、收入共享契约、双边议价博弈这三方面的研究相关。

(一) RFID 投资激励决策方面

当前已有大量文献分析了在零售供应链中投资 RFID 技术的成本效益。通常, 零售供应链中投资产品级 RFID 技术的目标, 是减少因库存萎缩 (如过期或盗窃) 和库存错放而造成的库存记录不准确。Ishfaq 和 Raja (2020)^[21] 的实证研究表明, 技术驱动的库存检查是零售商应对库存记录不准确问题的最佳方法。Gaukler 等 (2007)^[8] 的研究表明, 分摊标签成本在制造商主导的 Stackelberg 博弈中并不影响渠道利润的分配, 但在零售商主导的 Stackelberg 博弈下会影响渠道利润的分配。随后, 学者们对不同情景下的成本分担问题进行了大量研究, 如 Fu 等 (2019)^[22], Tao 等 (2019)^[23], Zhang 和 Yang (2019)^[10], Yang 和 Chen (2020)^[11]。另外, 许多学者分析了竞争下的 RFID 投资问题, 包括竞争的零售商 (Zhang 等, 2018; Zhang 和 Wang, 2020)^[24-25]、竞争的供应商 (Tao 等, 2022)^[26] 和双渠道竞争 (Zhang 等, 2022)^[27]。最后, Choi 等 (2018)^[28] 探索了 RFID 在压缩提前期中的价值, Zhang 等 (2018)^[29] 研究了 RFID 在缓解产品错放和需求预测误差方面的价值, 杨惠霄和骆建文 (2020)^[30] 分析了供应链成员定价权与收入共享机制对成员投资 RFID 技术的动机的影响。关于 RFID 技术在零售供应链应用的文献综述, 请参见 Fu 等 (2019)^[22] 和 Yang 等 (2019)^[31]。本文与上述论文有两方面的不同。第一, 上述文献假定投资 RFID 技术前后的批发价都由制造商制定, 较少考虑批发价可通过双边谈判制定的情况 (Yang 和 Chen, 2020; 杨惠霄和骆建文, 2020)^[11, 30]; 而本文将投资 RFID 技术前的批发价视为外生给定的固定值, 而将投资 RFID 技术后的批发价看作由上下游通过双边谈判商定的变量。第二, 已有研究较少考虑收入共享在调整供应链企业投资 RFID 技术动机方面的作用 (杨惠霄和骆建文, 2020)^[30]。本文与 Yang 和 Chen (2020)^[11] 相关。他们探讨了博弈模式和投资成本分摊对两家企业投资 RFID 技术动机的影响。然而, 如之前研究一样, Yang 和 Chen (2020)^[11] 假定投资 RFID 技术前后的批发价格可以以相同的方式自由制定, 但本文将投资 RFID 技术前的批发价视为外生给定的固定值。此外, 他们没有考虑收入共享的影响, 而本文深入探讨了收入共享的作用。此外, 本文与杨惠霄和骆建文 (2020)^[30] 密切相关。杨惠霄和骆建文 (2020)^[30] 分别分析并比较了供应链成员没有定价权和有定价权下的 RFID 投资决策, 而本文以供应链成员没有定价权的情况作为成员投资 RFID 决策的比较基准, 分别探索了收入共享、重新制定批发价及二者兼用下成员的投资 RFID 技术的动机, 并比较了供应链成员及系统对不同激励协调机制的偏好。

本文将投资 RFID 技术前的批发价格视为外生给定的固定值, 并把这种情况作为投资 RFID 技术决策的比较基准。这可为已达成固定批发价的传统零售供应链企业投资 RFID 技术决策及其激励协调机制的选择提供有益的参考。

(二) 收入共享契约方面

当前已有大量文献分析了如何利用收入共享契约协调供应链, 如 Cachon 和 Lariviere (2005)^[18], Yang 等 (2018)^[32] 等。同时, 一些研究者将收入共享契约与其他契约进行了比较, 如 Yang 和 Chen (2018)^[16], 李

建斌等(2021)^[33]等。此外,许多研究人员探索了收入共享契约在更好地协同企业的自利行为中的作用,如Chen等(2022)^[34]。最后,许多论文探讨了收入共享契约对供应链伙伴投资努力水平的影响,如Yang等(2017)^[35],姜璇等(2020)^[36],胡婉婷等(2021)^[37]等。有关零售供应链中收入共享契约的综述性研究,请参见Bart等(2021)^[38]。本研究与Yang等(2018)^[32]相关,他们也在议价博弈框架下研究了如何使用收入共享来协调企业的策略性行动。然而,Yang等(2018)^[32]探索了供应商直销下的影响,本文研究了它在RFID投资决策中的作用。此外,他们考虑了企业在一个非线性价格契约下进行谈判,本文探讨了两个企业就单一价格契约进行谈判的情况。

(三) 双边议价博弈方面

最后,本文与运用议价博弈(Bargaining game)刻画供应链成员互动关系的研究相关。Hwang等(2018)^[39]发现当供应商的努力不可验证时,批发价格契约的绩效随供应商议价能力的增加而增加。Davis和Hyndman(2019)^[40]研究了库存所有权风险和谈判条款对渠道效率的影响,胡本勇和张家维(2020)^[41]研究了移动App供应链系统因合作而增加的利润的再分配问题,王兴棠和李杰(2020)^[42]从中间品贸易视角,运用谈判博弈模型研究了国际研发合作行为,杨惠霄和欧锦文(2020)^[43]在低碳供应链中分析了收入共享契约与生产商谈判权力对链上成员决策与收益的影响,Wang等(2021)^[44]的实证研究表明,随着契约复杂性的增加,谈判效率先升高后降低。本文与Adhikari和Bisi(2020)^[45]相关,他们也探讨了双边谈判博弈和收益分享契约对供应链成员决策的影响。然而,Adhikari和Bisi(2020)^[45]研究了它们对绿色服装供应链中零售商和制造商之间合作的影响,本文考虑了它们在协调供应链企业投资RFID技术动机方面的影响。此外,他们考虑了谈判成本分担比例和利润分享比例的问题,本文研究了供应链企业谈判批发价格的情况。

三、模型描述

本文以一个供应链系统为研究对象,其中一个上游制造商(她)生产并将单个产品销售给一个下游零售商(他)。出于各种原因,零售商可能会面临库存错放的问题^[46]。错放的产品在销售季节结束前,如果不能被及时放回正确的货架,将会错过最近的销售期,从而给零售商造成严重的损失。

为了减少错放错误,零售商可以请求制造商投资RFID技术。然而,投资RFID会带来较大的投资成本,包括RFID标签的费用,以及相应的IT基础设施和静态阅读器的成本。前者是可变且持续性的成本,后者是固定且一次性的成本。Kambil和Brooks(2002)^[47]指出,可变标签成本(标记为 g)是影响零售供应链中普及产品级RFID的最重要因素。因此,参考Gaukler等(2007)^[8]和Zhang等(2020)^[25],本文不考虑投资的固定成本。事实上,固定成本也会影响企业对RFID的投资决策,正如Camdereli和Swaminathan(2010)^[9],Yang和Chen(2020)^[11]所讨论的一样。经略微修改,本文的模型也可反映包括固定成本的情况。由于RFID标签通常是商品包装的一部分,因而制造商负责把标签贴在商品包装上的经济效益更好。因此,本文假定制造商拥有投资RFID的决定权。如果制造商发现投资RFID技术有利可图,她会在每个库存量单位(SKU)上贴一个RFID标签。

为简化研究,本文假定在没有采用RFID的情况下,零售商订购的产品仅有一部分可被顾客选购,记为 θ (初始可得率, $\theta < 1$)。很多案例研究表明,RFID标签的读取率接近100%,如Ellis等(2018)^[48]和Swedberg(2018)^[49]。因此,为方便处理,参考Camdereli和Swaminathan(2010)^[9],Yang和Chen(2020)^[11],本文假定采用RFID技术后产品的可得率是100%(即 $\theta = 1$)。事实上,正如Zhang和Yang(2019)^[10]所讨论的那样,在某些情况下RFID标签的读取率可能低于100%。经略微修改,我们的模型也可反映可读率低于100%的情况。

在没有采用RFID时,本文假定两家企业通过简单的批发价格契约交易产品^[39]。现实中,制造商间的价格战可能会导致价格协会或联盟的建立,从而形成统一的行业价格^[14]。同时,制造商可能在不同的国家

间制定一个统一的批发价^[50], 且批发价可能在长期的协议中固定不变^[51]。因此, 本文假定在投资 RFID 技术之前, 零售商向制造商支付的单位批发价为外生给定的固定值 w_0 (初始批发价)。固定批发价格的假定在模型研究中很常见 (Chen 等, 2022; Federgruen 和 Hu, 2021)^[34, 52]。这一独特的假定是本文与已有的相关研究的根本性差别。

RFID 投资对供应链中的各个伙伴产生的效益不尽相同^[47], 因此需要通过激励协调机制协同供应链成员的投资动机。例如, 他们可以分享销售收入, 重新谈判批发价格, 或者两者都使用。我们将这三种激励协调机制分别称为“收入共享机制”(RS)、“批发价格重新谈判机制”(WR)和“二者并用机制”(B)。特别地, 在 WR 或 B 机制下, 批发价格由两家企业重新谈判决定。本文通过一个三阶段的博弈构建两家企业的互动行为, 如图1所示。

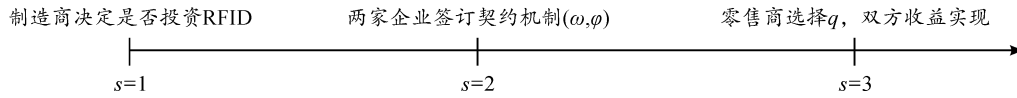


图1 决策时序图

在第一阶段, 制造商决定是否投资产品级的 RFID 技术。如果投资, 她需要在每件商品上贴上 RFID 标签, 此时 $\theta = 1$, 本文将这种情况称为“投资 RFID”。相反, 她也可以不投资 RFID 技术, 此时 $\theta < 1$, 我们把这种情况称为“不投资 RFID”。在第二阶段, 两家企业签订激励机制 (w, φ) , 其中 w 是制造商向零售商收取的单位批发价格, φ 是制造商享有的销售收入比例。当 $\varphi = 0$ 且 $w = w_0$ 时, 两家企业既不共享收入, 也不重新谈判批发价, 本文把这种机制称为“二者皆弃机制”(N)。一旦双方未能就契约机制达成一致, 他们得到的保留利润为零。在第三阶段, 零售商向制造商提交订货量为 q 的订单, 接着可获得的产品被消费者全额选购, 两家企业的收益最终实现。

为处理方便, 本文采用常用的逆需求函数刻画需求^[53], 即 $p = a - \theta q$, 其中 a 代表了市场规模, θ 指代产品的可得率, q 是产品的数量, p 是零售价格。本文假定 c 为不使用 RFID 标签的产品的单位生产成本, 分别用 $c_t = c + g$ 和 $c_n = c$ 表示投资 RFID 和不投资 RFID 时产品的单位生产总成本。此外, 本文假定 $c_t < a$ 以避免无效的结果。为了比较 RS 和 B 的结果, 本文参考 Kong 等 (2013)^[54], 假定 φ 是外生给定的参数。最后, 本文假定不存在不对称信息。

本文将使用的主要符号总结到表1, 以方便查阅。

表1 本文使用的符号

符号	释义	符号	释义
t	投资 RFID 的情况	φ	制造商享有的收入比例
n	不投资 RFID 的情况	γ	制造商的谈判权力
θ	不投资 RFID 时的初始可得率	w_0	初始批发价
g	投资 RFID 的变动成本	w	批发价
RS	收入共享机制	q	订货量
WR	重新谈判批发价机制	p	市场出清价格
B	二者并用机制	a	市场规模
N	二者皆弃机制	c	单位制造成本
$\Pi_{x_i, y}$	在 x 和 i 下 y 的利润, $y \in \{r, m\}$, r : 零售商, m : 制造商, $x \in \{N, RS, WR, B\}$, $i \in \{n, t\}$		

四、模型分析

本章首先考虑供应链不投资 RFID 技术的情况, 以作为企业投资 RFID 决策的基准。然后, 考虑在各种激励机制下投资 RFID 的情况, 再通过比较两家企业在投资和不投资 RFID 下的利润, 以识别供应链企业

能从 RFID 投资中获利的条件。最后探讨两家企业对激励机制类型的偏好和均衡的激励机制选择。

根据第三章描述的事件顺序,制造商首先决定是否投资 RFID,然后上下游企业签订激励机制 (w_i^x , φ),最后零售商提交订货量为 q_i^x 的订单。两家企业的利润可以表示为:

$$\Pi_{i,r}^x = (1 - \varphi)(a - \theta q_i^x)\theta q_i^x - w_i^x q_i^x, \quad (1)$$

$$\Pi_{i,m}^x = \varphi(a - \theta q_i^x)\theta q_i^x + (w_i^x - c_i)q_i^x. \quad (2)$$

两家企业的优化问题可通过逆向归纳法求解。在最后阶段,对于给定的 w_i^x ,零售商选择 q_i^x 。求解 $\partial \Pi_{i,r}^x / \partial q_i^x = 0$ 可得零售商的响应订货量:

$$q_i^x = [(1 - \varphi)\theta a - w_i^x] / 2\theta^2. \quad (3)$$

当制造商不投资 RFID 时, $\theta < 1$, $w_i^x = w_o$ 且 $\varphi = 0$ 。将式(3)代入式(1)和或(2),可得两家企业的利润分别为 $\Pi_{n,r}^{N*} = (\theta a - w_o)^2 / 4\theta^2$ 和 $\Pi_{n,m}^{N*} = (\theta a - w_o)(w_o - c) / 2\theta^2$ 。两家企业在不投资 RFID 时的利润可作为其是否投资 RFID 技术的决策基准。另外,制造商也会考虑投资 RFID 技术,则 $\theta = 1$ 。此时,制造商承担全部标签成本,即 $i = t$, $c_i = c + g$ 。由于标签成本分担的问题已被现有文献(Gaukler 等, 2007; Yang 和 Chen, 2020)^[8,11] 广泛讨论,本文不再赘述。

(一) 二者皆弃机制(N)

首先考虑第二阶段中企业采用二者皆弃机制(N)的情况,即 $w_i^N = w_o$ 且 $\varphi = 0$ 。这种情况可作为企业激励机制选择的参考基准。将式(3)代入式(1)和式(2),得到两家企业的最大利润: $\Pi_{t,r}^{N*} = (a - w_o)^2 / 4$ 和 $\Pi_{t,m}^{N*} = (a - w_o)(w_o - c) / 2$ 。

比较在 N 下投资和不投资 RFID 的均衡结果,可得以下引理。^①

引理1 (在 N 下投资 RFID 的经济可行条件) $\Pi_{t,r}^{N*} > \Pi_{n,r}^{N*}$; 当 $g \leq \bar{g}_m^N$ 时, $\Pi_{t,m}^{N*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 反之, $\Pi_{t,m}^{N*} < \Pi_{n,m}^{N*}$ 。特别地,当仅当 $w_o > w_0$ 时, $\bar{g}_m^N > 0$, 其中 $w_0 = \theta a / (1 + \theta)$, $\bar{g}_m^N = (1 - \theta)(w_o - c)[(1 + \theta)w_o - \theta a] / (a - w_o)\theta^2$ 。

引理1说明在 N 下,投资 RFID 对零售商总是有利的;而只有当 g 足够高时,它才对制造商有利,而这要求初始批发价(w_o)较高。这一发现表明在 N 下,只有当 w_o 较高时,制造商才考虑投资 RFID 技术,这意味着投资 RFID 之前达成的批发价格对制造商有利。这要求在商定初始批发价的时候,制造商拥有相对较强的议价能力。然而,这种条件并不是总能满足的,尤其是在大型零售巨头(如沃尔玛、家乐福、开市客等)占据主导地位的零售供应链中。因此,在缺乏额外激励机制的情况下(即 N),投资 RFID 技术很难使双方企业共赢。因此,RFID 技术在零售企业中的采用比例不高,仅占 57%^[55]。此外,在 N 下,当 g 很高时,两家企业投资 RFID 技术的动机不一致。因此,需要引入额外的激励机制协同企业的投资动机。

(二) 收入共享机制(RS)

接着考虑第二阶段中企业采用收入共享机制(RS)的情况,即 $w_i^{RS} = w_o$ 且 $0 < \varphi < 1$ 。将式(3)代入式(1)和式(2),可得: $\Pi_{t,r}^{RS*} = [(1 - \varphi)a - w_o]^2 / 4(1 - \varphi)$ 和 $\Pi_{t,m}^{RS*} = [(1 - \varphi)a - w_o][\varphi a + (2 - \varphi)w_o / (1 - \varphi) - 2c_i] / 4(1 - \varphi)$ 。为确保这些结果具有现实意义,需要满足 $q_i^{RS*} > 0$ 且 $\Pi_{t,m}^{RS*} \geq 0$, 即 $\underline{w}_o^{RS} < w_o < \bar{w}_o^{RS}$, 其中 $\underline{w}_o^{RS} = (1 - \varphi)(2c_i - \varphi a) / (2 - \varphi)$, $\bar{w}_o^{RS} = (1 - \varphi)a$ 。

引理2 (1)(在 RS 下投资 RFID 的经济可行条件) 当仅当 $\varphi \leq 1 - \theta$ 时, $\Pi_{t,r}^{RS*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$; 当仅当 $g \leq \bar{g}_m^{RS}$ 时, $\Pi_{t,m}^{RS*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$, 其中 $\bar{g}_m^{RS} = (2 - \varphi)w_o / 2(1 - \varphi) - (1 - \varphi)(\theta a - w_o)(w_o - c) / [(1 - \varphi)a - w_o]\theta^2 + \varphi a / 2 - c$;

(2) 并且,当 $\theta < 2w_o / a$ 时, $\partial \bar{g}_m^{RS} / \partial \theta < 0$; 当 $\theta > 2w_o / a$ 时, $\partial \bar{g}_m^{RS} / \partial \theta > 0$ 。

引理2(2)的证明 $\partial \bar{g}_m^{RS} / \partial \theta = (1 - \varphi)(w_o - c)(\theta a - 2w_o) / [(1 - \varphi)a - w_o]\theta^3$, 从而易知结果成立。

引理2表明在 RS 下,投资 RFID 在 $\varphi \leq 1 - \theta$ 时对零售商有利;而只有当 g 足够低时,它才对制造商有利。这一发现表明在 RS 下,只有当 g 和 φ 都较小时,投资 RFID 可以给两家企业开创双赢的局面。这是因

①为了简洁起见,本文只呈现证明过程较为复杂的结论的证明,而省略其他证明过程较为直观的证明。

为投资 RFID 技术可以消除产品错放的损失, 这对零售商有利, 但成本却由制造商承担, 当维持投资前后的批发价不变时, 共享零售商的收入可以弥补制造商的投资支出, 这能覆盖较小的标签成本, 但这同时会使零售商的利润下降。

此外, 随着产品的初始可得率 (θ) 的增加, 制造商能承担的最大标签成本呈现出先下降后上升的趋势, 并且初始批发价越低, 这种趋势越早出现。这是因为随着 θ 的增加, 制造商在投资 RFID 技术前的利润呈现出先上升后下降的趋势, 并且初始批发价越低, 这种趋势越早出现。^①

比较 RS 与 N 下的结果可以发现引入 RS 对企业决策与利润的影响。

定理1 (1) $q_i^{RS*} < q_i^{N*}$; $\Pi_{i,r}^{RS*} < \Pi_{i,r}^{N*}$; 当 $c_i < w_o \leq \bar{w}_1^{SN}$ 时, $\Pi_{i,m}^{RS*} \geq \Pi_{i,m}^{N*}$; 当 $\bar{w}_1^{SN} < w_o < \min\{(1-\varphi)a, \theta a\}$ 时, $\Pi_{i,m}^{RS*} < \Pi_{i,m}^{N*}$, 其中 $\bar{w}_1^{SN} = (1-\varphi)[c_i + \sqrt{c_i^2 + (3-\varphi)a^2}]/(3-\varphi)$;
(2) 当 $0 < \varphi \leq \bar{\varphi}_1^{SN}$ 时, $\bar{g}_m^{RS} \geq \bar{g}_m^N$; 当 $\bar{\varphi}_1^{SN} < \varphi < \bar{\varphi}_2^{SN}$ 时, $\bar{g}_m^{RS} < \bar{g}_m^N$; 其中 $\bar{\varphi}_1^{SN} = 1 - [w_o/\theta^2 a^2 (a - w_o)] \times [(\theta a - w_o)(w_o - c) + \sqrt{(\theta a - w_o)^2 (w_o - c)^2 + \theta^4 a^2 (a - w_o)^2}]$, $\bar{\varphi}_2^{SN} = \arg\{\bar{g}_m^{RS} = 0\}$ 。

定理1说明与 N 相比, 在 RS 下, 零售商的订货量和利润都更小。这是因为 RS 降低了零售商的边际利润, 放大了双重边际化效应。此外, 当 w_o 较小时, 制造商在 RS 下的利润比在 N 下的高, 而在其他情况下则低, 这是因为当批发价保持不变时, 收入共享对制造商利润的影响具有两面性, 一方面它能提高制造商的边际利润, 但另一方面它会导致其销售量 (即零售商的订货量) 下降。因此, 当 w_o 较大时, 两家企业都同时偏好 N 而非 RS; 当 w_o 较小时, 零售商更喜欢 N 而不是 RS, 而制造商更喜欢 RS 而不是 N。这一结果表明, 当批发价维持不变时, 分享零售商的销售收入不一定对制造商有利, 这取决于他们先前达成的批发价格。零售商在 RS 下的利润总是比 N 下的低。

此外, 当 φ 较小时, 制造商在 RS 下所能承受的最大标签价格比 N 下的高, 反之, 则情况相反。因此, 当 φ 较小时, 制造商在 RS 下投资 RFID 技术的动机比 N 下强, 反之, 则情况相反。这一发现证实了恰当的 RS 可以提高制造商投资 RFID 技术的动机。

以上结果表明, 当共享比例不太大时, 分享销售收入能增强制造商投资 RFID 的动机。

我们接着讨论 WR 和 B 机制下的情况, 其中 w_i^* 由两家企业通过广义纳什议价 (GNB) 机制进行谈判。GNB 机制被广泛应用于求解议价博弈的均衡结果 (Yang 和 Chen, 2020)^[11]。本文中的 GNB 机制可描述为求解以下优化问题。

$$\max \Omega(w_i^*) = (\Pi_{i,m}^*)^\gamma (\Pi_{i,r}^*)^{1-\gamma}, \quad (4)$$

其中 Ω 是纳什乘积, $\gamma \in [0, 1]$ 用于指代制造商相对于零售商的谈判权力, 而 $\gamma = 0$ 和 $\gamma = 1$ 分别指代制造商和零售商分别作为领导者的情况。

(三) 重新谈判批发价机制 (WR)

现在考虑第二阶段中企业采用重新谈判批发价机制 (WR) 的情况。将式 (3) 代入式 (1) 和式 (2), 再将它们代入式 (4), 并进行优化, 容易得到 WR 下的均衡结果。

结果1 在 WR 下, 批发价为 $w_i^{WR*} = [\gamma a + (2-\gamma)c_i]/2$, 零售商订货量为 $q_i^{WR*} = (2-\gamma)q_i^{C*}/2$, 两家企业的利润分别为 $\Pi_{i,r}^{WR*} = [(2-\gamma)/2]^2 \Pi_i^{C*}$ 和 $\Pi_{i,m}^{WR*} = \gamma(2-\gamma)\Pi_i^{C*}/2$, 其中 $q_i^{C*} = (a - c_i)/2$, $\Pi_i^{C*} = (a - c_i)^2/4$ 。

结果1的证明 本文仅提供均衡批发价的推导过程, 其他部分较为直观, 因此予以省略。在第2阶段, $\partial \Omega(w_i^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) = (1-\gamma)(\Pi_{i,r}^{WR})^{-\gamma} (\Pi_{i,m}^{WR})^\gamma (\partial \Pi_{i,r}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) + \gamma (\Pi_{i,r}^{WR})^{1-\gamma} (\Pi_{i,m}^{WR})^{\gamma-1} (\partial \Pi_{i,m}^{WR}) / (\partial w_i^{WR})$
 $= (\Pi_{i,r}^{WR})^{-\gamma} (\Pi_{i,m}^{WR})^{\gamma-1} [(1-\gamma)\Pi_{i,m}^{WR} (\partial \Pi_{i,r}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) + \gamma \Pi_{i,r}^{WR} (\partial \Pi_{i,m}^{WR}) / (\partial w_i^{WR})]$, 从而 $(\partial \Omega(w_i^{WR})) / (\partial w_i^{WR}) = 0$, 这意味着 $(1-\gamma)\Pi_{i,m}^{WR} (\partial \Pi_{i,r}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) + \gamma \Pi_{i,r}^{WR} (\partial \Pi_{i,m}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) = 0$ 。注意到 $(\partial \Pi_{i,r}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) = -(a - w_i^{WR})/2$ 和 $(\partial \Pi_{i,m}^{WR}) / (\partial w_i^{WR}) = (a + c_i)/2 - w_i^{WR}$, 从而可得 $w_i^{WR*} = [\gamma a + (2-\gamma)c_i]/2$ 。

^① 容易证明, 当 $\theta \leq 2w_o/a$ 时, $\partial \Pi_{i,m}^{N*} / \partial \theta \geq 0$; 当 $\theta > 2w_o/a$ 时, $\partial \Pi_{i,m}^{N*} / \partial \theta < 0$ 。

引理3 (1)(在WR下投资RFID的经济可行条件)当 $g < \bar{g}_r^{WR}$ 时, $\Pi_{t,r}^{WR*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$; 当 $\bar{g}_r^{WR} < g < a - c$ 时, $\Pi_{t,r}^{WR*} < \Pi_{n,r}^{N*}$; 当 $g \leq \bar{g}_m^{WR}$ 时, $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 当 $\bar{g}_m^{WR} < g < a - c$ 时, $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{n,m}^{N*}$, 其中 $\bar{g}_r^{WR} = a - c - 2(\theta a - w_o) / (2 - \gamma)\theta$ 且 $\bar{g}_m^{WR} = a - c - 2\sqrt{(w_o - c)(\theta a - w_o)} / (2 - \gamma)\gamma / \theta$ 。

(2)并且, $\partial \bar{g}_r^{WR} / \partial w_o > 0$; 当 $w_o < (\theta a + c) / 2$ 时, $\partial \bar{g}_m^{WR} / \partial w_o < 0$; 当 $w_o > (\theta a + c) / 2$ 时, $\partial \bar{g}_m^{WR} / \partial w_o > 0$ 。

引理3表明在WR下, 当 g 较小时, 投资RFID能提高两家企业的利润。并且, 随着初始批发价格(w_o)上升, WR下零售商能承担的最大标签成本上升, 而制造商能够承担的最大标签成本呈现出先下降后上升的趋势。这是因为当不投资RFID技术时, 若初始批发价外生(w_o), 则随着 w_o 的上升, 零售商的利润下降, 而制造商的利润呈现出先上升后下降的趋势。这一结果表明, 随着初始批发价格的上升, 在重新谈判批发价格下, 零售商投资RFID技术的动机增强, 而制造商的投资动机呈现出先下降后上升的趋势。

然而, 两家企业在WR下投资RFID技术的动机是否完全一致? 我们通过以下命题中回答这个问题。

命题1 (1) 当 $\gamma \geq \gamma_e^{WR}$ 时, $\bar{g}_m^{WR} \geq \bar{g}_r^{WR}$; 此时, 若 $g \leq \bar{g}_r^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $\bar{g}_r^{WR} < g \leq \bar{g}_m^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $g > \bar{g}_m^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{n,m}^{N*}$; 特别地, 当仅当 $\gamma = \gamma_e^{WR}$ 时, $\bar{g}_m^{WR} = \bar{g}_r^{WR}$; 其中 $\gamma_e^{WR} = 2(w_o - c) / (\theta a - c)$ 。

(2) 当 $\gamma < \gamma_e^{WR}$ 时, $\bar{g}_m^{WR} < \bar{g}_r^{WR}$; 此时, 若 $g \leq \bar{g}_m^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $\bar{g}_m^{WR} < g \leq \bar{g}_r^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $g > \bar{g}_r^{WR}$, $\Pi_{t,r}^{WR*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{n,m}^{N*}$;

(3) 当仅当 $\gamma_1^{WR} < \gamma < \gamma_2^{WR}$ 且 $g < \min\{\bar{g}_r^{WR}, \bar{g}_m^{WR}\}$ 时, $\Pi_{t,r}^{WR*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$, 其中 $\gamma_1^{WR} = 1 - \sqrt{1 - 4(w_o - c)(\theta a - w_o) / (a - c)^2 \theta^2}$, $\gamma_2^{WR} = 2(w_o - \theta c) / (a - c)\theta$ 。

命题1揭示了在WR下, γ 和 g 对两家企业利润的影响。它表明在WR下的 $\gamma - g$ 区域中, 投资RFID会给制造商与零售商带来双赢或双输的结果, 也会产生输赢和赢输的结果。特别地, 在WR下, 当 γ 中等且 g 较小时, 投资RFID能实现双赢, 如图2所示。这是因为与投资前的情况相比, 当制造商的谈判权力中等时, 重新谈判批发价才能同时改善制造商与零售商的利润; 而只有当标签成本较低时, 投资RFID技术才会具有经济价值。正是因为投资RFID技术有可能使上下游企业都受益, 日用消费品零售商如美国服饰、梅西百货、玛莎百货等零售商才相继引入RFID技术, 以收集关于库存存放错误的详细信息^[56]。

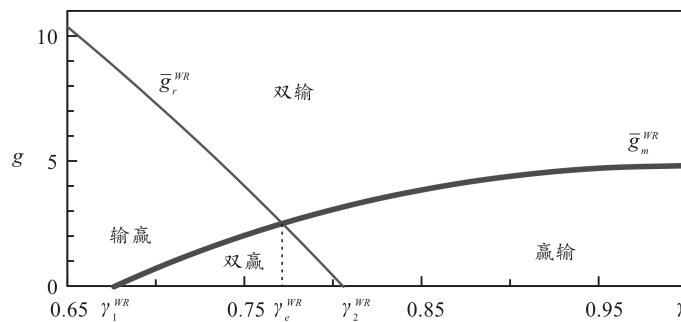


图2 在WR下 γ 与 g 对两家企业投资RFID动机的影响($w_o = 37, \theta = 0.8, a = 100, c = 10$)

值得注意的是, 在WR下, 只有当制造商的谈判权力等于某一固定值时, 两家企业投资RFID技术的动机才完全一致。这是因为当两家企业在投资RFID之前已经达成固定的批发价格时, 产品利润在上下游的分配也会被固定下来, 因而要使得他们投资RFID技术的动机一致, 就要求投资后产品利润以某一特定的比例在上下游间分配, 从而要求特定制造商具备某一特定的谈判权力。这表明, 当两家企业在投资RFID技术之前已经达成了某个固定的批发价后, 通过重新谈判投资后的批发价, 很难完全协同两家企业的投资动机。因此, 在WR下, 两家企业投资RFID技术的动机不完全一致。当前已有研究表明, 当投资的固定成本被忽略时, 两家企业在批发价契约下采用RFID的动机完全一致(Gaukler等, 2007; Camdereli和Swaminathan, 2010; Yang和Chen, 2020)^[8,9,11]。本文的相应结果与之不同。这是因为在已有的工作中, 投资RFID前后的批发价格可以以相同的方式自由选择, 而本文假定供应链企业在投资前已经达成了固定的批发价

契约。这一差异表明本文将投资 RFID 之前的批发价格设定成外生参数的重要作用, 从而使本文的结果与现实供应链上下游企业投资 RFID 动机不完全一致的情况相一致。例如, 由于投资 RFID 的成本较高, 尽管已有 600 多个沃尔玛的供应商将继续使用 RFID 技术, 但其他的数千个供应商并未采用 RFID 技术^[57]。

(四) 二者并用机制(B)

考虑第二阶段中企业采用二者并用机制(B)的情况, 亦即两家企业联合使用收入共享和重新谈判批发价机制。将式(3)代入式(1)和式(2), 再将它们代入式(4), 并进行优化, 容易得到 B 下的均衡结果。^①

结果2 在 B 下, 批发价为 $w_i^{B*} = (1 - \varphi) [(\gamma - \varphi)a + (2 - \gamma)c_i] / (2 - \varphi)$, 零售商订货量为 $q_i^{B*} = (2 - \gamma)q_i^{C*} / (2 - \varphi)$, 两家企业的利润分别为 $\Pi_{i,r}^{B*} = (1 - \varphi) [(2 - \gamma) / (2 - \varphi)]^2 \Pi_i^{C*}$ 和 $\Pi_{i,m}^{B*} = (2 - \gamma)\gamma \Pi_i^{C*} / (2 - \varphi)$ 。

引理4 (1) (在 B 下投资 RFID 的经济可行条件) 当 $g \leq \bar{g}_r^B$ 时, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$; 当 $\bar{g}_r^B < g < a - c$ 时, $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{n,r}^{N*}$; 当 $g \leq \bar{g}_m^B$ 时, $\Pi_{i,m}^{B*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 当 $\bar{g}_m^B < g < a - c$ 时, $\Pi_{i,m}^{B*} < \Pi_{n,m}^{N*}$, 其中 $\bar{g}_r^B = a - c - (2 - \varphi)(\theta a - w_o) / [(2 - \gamma)\theta \sqrt{1 - \varphi}]$ 且 $\bar{g}_m^B = a - c - \sqrt{2(2 - \varphi)(w_o - c)(\theta a - w_o)} / (2 - \gamma)\gamma / \theta$ 。

(2) 并且, $\partial \bar{g}_r^B / \partial w_o > 0$; 当 $w_o < (\theta a + c) / 2$ 时, $\partial \bar{g}_m^B / \partial w_o < 0$; 当 $w_o > (\theta a + c) / 2$ 时, $\partial \bar{g}_m^B / \partial w_o > 0$ 。

引理4表明在 B 下, 当 g 较小时, 投资 RFID 能提高两家企业的利润。并且, 随着初始批发价格(w_o)上升, 在 B 下零售商能承担的最大标签成本上升, 而制造商能够承担的最大标签成本呈现出先下降后上升的趋势。这一结果与重新谈判批发价下的类似。

类似地, 需要探索 B 对两家企业投资 RFID 技术动机的影响, 如下命题所述。

命题2 (1) 当 $\gamma \geq \gamma_e^B$ 时, $\bar{g}_m^B \geq \bar{g}_r^B$; 此时, 若 $g \leq \bar{g}_r^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $\bar{g}_r^B < g \leq \bar{g}_m^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $g > \bar{g}_m^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} < \Pi_{n,m}^{N*}$; 特别地, 当仅当 $\gamma = \gamma_e^B$ 时, $\bar{g}_m^B = \bar{g}_r^B$; 其中 $\gamma_e^B = 4(1 - \varphi)(w_o - c) / [2(\theta a - c) - \varphi(\theta a + w_o - 2c)]$ 。

(2) 当 $\gamma < \gamma_e^B$ 时, $\bar{g}_m^B < \bar{g}_r^B$; 此时, 若 $g \leq \bar{g}_m^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $\bar{g}_m^B < g \leq \bar{g}_r^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} < \Pi_{n,m}^{N*}$; 若 $g > \bar{g}_r^B$, $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} < \Pi_{n,m}^{N*}$;

(3) 当仅当 $\bar{\gamma}_m^B < \gamma < \bar{\gamma}_r^B$ 且 $g < \min\{\bar{g}_r^B, \bar{g}_m^B\}$ 时, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{n,r}^{N*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} \geq \Pi_{n,m}^{N*}$ 。

命题2揭示了在 B 下, 投资 RFID 会给制造商与零售商带来双赢或双输的结果, 也会产生输赢和赢输的结果。特别地, 在 B 下, 当 γ 中等且 g 较小时, 投资 RFID 能同时提高两家企业的利润。此外, 在 B 下, 只有当制造商的谈判权力等于某一特定值时, 两家企业投资 RFID 技术的动机才完全一致。这表明, 当两家企业在投资 RFID 技术之前已经达成了某个固定的批发价契约后, 通过重新谈判投资 RFID 技术后的批发价且共享销售收入, 很难完全协同两家企业的投资动机。这些结果与 WR 下的相类似。

为弄清共享收入在批发价内生下的作用, 需要比较 WR 与 B 下的结果。

定理2 (1) $w_i^{B*} < w_i^{WR*}$ 且 $q_i^{B*} > q_i^{WR*}$; (2) $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{i,r}^{WR*}$ 且 $\Pi_{i,m}^{B*} > \Pi_{i,m}^{WR*}$; (3) $\bar{g}_r^B < \bar{g}_r^{WR}$ 且 $\bar{g}_m^B > \bar{g}_m^{WR}$ 。

定理2表明, 与 B 相比, 零售商更偏好于 WR, 因为在采用 RFID 下, 零售商在 B 下的利润比在 WR 下的低。这表明, 当批发价格由双方协商时, 零售商不喜欢与制造商分享销售收入。然而, 制造商的情况却正好相反。原因在于, 在 B 下, 零售商(制造商)的利润总是随 φ 的增大而降低(增加)。因此, 制造商与零售商在 WR 和 B 之间的偏好不存在均衡。此外, 当批发价格由双方协商时, 收入共享确实使制造商投资 RFID 技术的动机增强, 但却使零售商的动机减弱。

五、激励机制的偏好和均衡机制选择

为了揭示各种激励机制对供应链成员投资 RFID 技术的影响, 本节分别从制造商、零售商的角度探索了成员对各种激励机制的偏好, 并且讨论他们的均衡机制选择问题。最后从供应链系统的角度, 分析了各

^①结果2的证明过程与结果1相类似。

种激励机制对供应链系统利润的影响。

(一) 制造商的视角

定理1和定理2分别讨论了制造商对 RS 和 N , 以及对 B 和 WR 的偏好。然而, 制造商对 WR 和 N 、 B 和 RS 、 RS 和 WR 、 B 和 N 的偏好如何? 结果如以下命题所示。

命题3 (1) 当仅当 $\gamma \geq \gamma_m^{WN}$ 时, $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{t,m}^{N*}$, 其中 $\gamma_m^{WN} = \min\{\gamma_r^{WN}, 2 - \gamma_r^{WN}\}$, $\gamma_r^{WN} = 2(w_o - c_t)/(a - c_t)$; 特别地, 当 $w_o > \bar{w}_t^{WN}$ 时, $\gamma_r^{WN} > 1$, 从而 $\gamma_m^{WN} = 2 - \gamma_r^{WN}$, 否则, $\gamma_m^{WN} = \gamma_r^{WN}$, 其中 $\bar{w}_t^{WN} = (a + c_t)/2$;

(2) 当 $\gamma \geq \gamma_m^{BS}$ 时, $\Pi_{t,m}^{B*} \geq \Pi_{t,m}^{RS*}$; 其中 $\gamma_m^{BS} = \min\{\gamma_r^{BS}, 2 - \gamma_r^{BS}\}$, $\gamma_r^{BS} = 2 - (2 - \varphi)[(1 - \varphi)a - w_o]/(1 - \varphi)(a - c_t)$; 特别地, 当 $w_o > \bar{w}_t^{BS}$ 时, $\gamma_r^{BS} > 1$, 从而 $\gamma_m^{BS} = 2 - \gamma_r^{BS}$, 否则, $\gamma_m^{BS} = \gamma_r^{BS}$, 其中 $\bar{w}_t^{BS} = (1 - \varphi)[(1 - \varphi)a + c_t]/(2 - \varphi)$;

(3) (i) 当 $w_o \in [w_1^{WS}, w_2^{WS}]$ 时, 对所有的 $\gamma \in [0, 1]$, 都有 $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{t,m}^{RS*}$; (ii) 当 $w_o < w_1^{WS}$ 或 $w_o > w_2^{WS}$ 时, 若 $\gamma \geq \gamma_m^{WS}$, $\Pi_{t,m}^{WR*} \geq \Pi_{t,m}^{RS*}$; 否则, $\Pi_{t,m}^{WR*} < \Pi_{t,m}^{RS*}$; 其中 $\gamma_m^{WS} = 1 - \sqrt{1 - 2\Pi_{t,m}^{RS*}/\Pi_{t,m}^{C*}}$, γ_m^{WS} 在当 $w_o < w_1^{WS}$ 或 $w_o > w_2^{WS}$ 时存在, 其中 $w_1^{WS} = (1 - \varphi)[(1 - \varphi)a + c_t - (a - c_t)\sqrt{\varphi/2}]/(2 - \varphi)$, $w_2^{WS} = (1 - \varphi)[(1 - \varphi)a + c_t + (a - c_t)\sqrt{\varphi/2}]/(2 - \varphi)$; 而当 $\varphi < (1 + c_t/a)^2/2$ 时, $w_1^{WS} > 0$;

(4) 当仅当 $\gamma \geq \gamma_m^{BN}$ 时, $\Pi_{t,m}^{B*} \geq \Pi_{t,m}^{N*}$, 并且, 当 $w_o < (a + c_t)/2$ 时, $\partial\gamma_m^{BN}/\partial w_o < 0$; 当 $w_o > (a + c_t)/2$ 时, $\partial\gamma_m^{BN}/\partial w_o > 0$; 其中 $\gamma_m^{BN} = 1 - \sqrt{1 - 2(2 - \varphi)(a - w_o)(w_o - c_t)/(a - c_t)^2}$ 。

以上结果表明, 在投资 RFID 下, 无论是否分享销售收入, 与保持批发价格不变的情况 (即在 N 和 RS 下) 相比, 只有在议价能力较强时, 制造商才更愿意对批发价格进行重新谈判, 如图3和图4所示。这是因为只有当制造商的议价能力较强时, 重新谈判后达成的批发价格才会对制造商有利, 从而使其分得较高的利润。

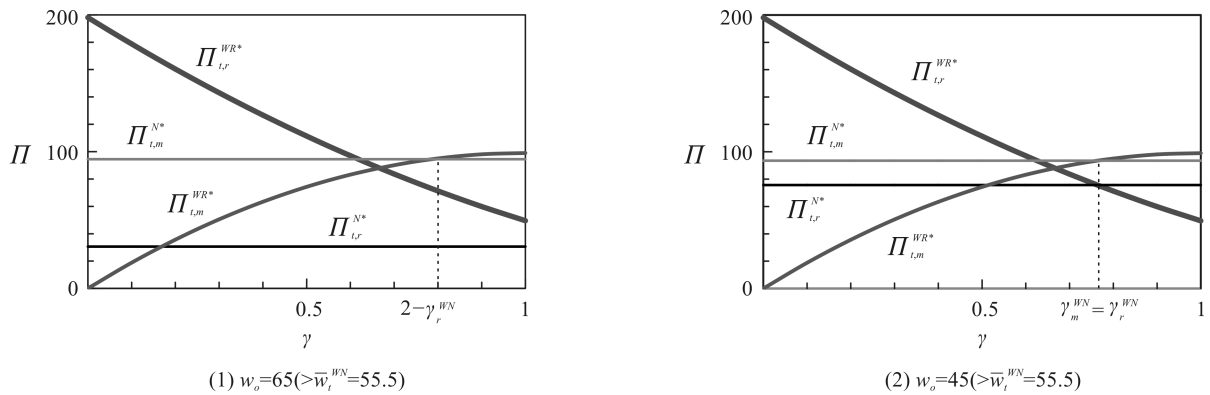


图3 制造商与零售商对 WR 和 N 的偏好 ($a = 100, c = 10, g = 1$)

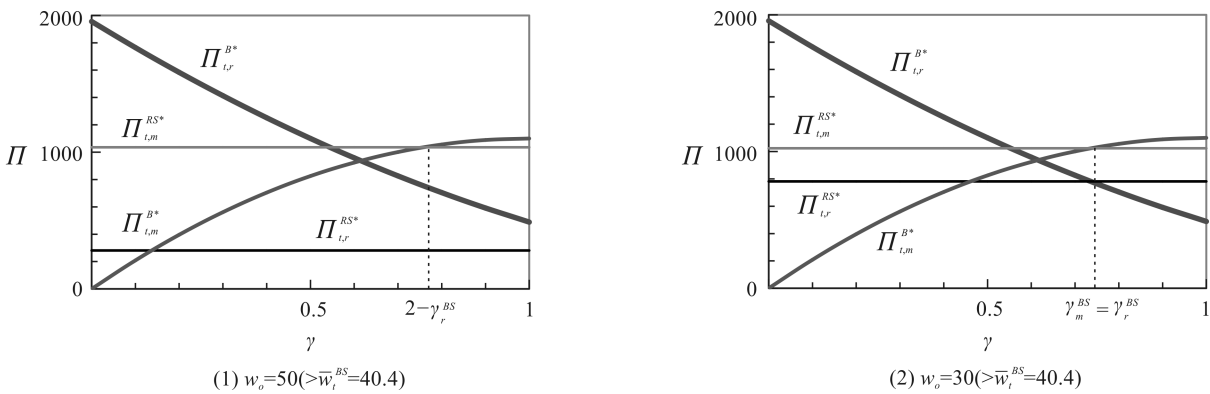


图4 制造商与零售商对 B 和 RS 的偏好 ($a = 100, c = 10, g = 1, \varphi = 0.2$)

然而, 与重新协商批发价格机制(即 WR)相比, 当初始批发价格为中等大小时, 制造商总是倾向于偏好 RS 机制(见图5(1)和图5(2)), 这是因为初始批发价格中等时, 达成的批发价对制造商很有利, 这使得 RS 机制下制造商的利润总是比 WR 下的高; 当初始批发价过高或过低时, 只有当她的议价能力很弱时, 她才会选择 RS 机制而不是 WR 策略(见图5(3)和图5(4)), 这是因为初始批发价过高或过低时, 她在 RS 机制下的利润较低, 这一利润仅当她的议价能力很弱时, 才会比 WR 下的高。

最后, 一旦制造商的议价权力(γ)过某一阈值时, 制造商对 B 的偏好总是高于 N , 反之, 则情况相反, 如图6所示。这是因为当制造商的议价权力(γ)较大时, 其在 B 下的利润较高, 这在 γ 足够大时会超过其在 N 下的利润。并且该阈值随初始批发价的增大呈现出先下降后上升的趋势, 这与初始批发价对制造商在 N 下利润的影响有关。

(二) 零售商的视角

定理1和定理2证实了零售商更偏好于 N 而不是 RS , 更偏好于 WR 而不是 B 。换言之, 在投资 RFID 时, 不管批发价是外生给定还是由重新谈判制定, 零售商都不愿意向制造商共享销售收入。然而, 零售商对 WR 和 N 、 B 和 RS 、 RS 和 WR 、 B 和 N 的偏好如何? 相关结果归纳为以下命题。

命题4 (1)(i) 若 $w_o \geq \bar{w}_i^{WN}$, 对所有的 $\gamma \in [0, 1]$, 都有 $\Pi_{i,r}^{WR*} \geq \Pi_{i,r}^{N*}$; (ii) 若 $w_o < \bar{w}_i^{WN}$, 当仅当 $\gamma \leq \gamma_r^{WN}$ 时, $\Pi_{i,r}^{WR*} \geq \Pi_{i,r}^{N*}$, 其中 $\bar{w}_i^{WN} = (a + c_i)/2$, $\gamma_r^{WN} = 2(w_o - c_i)/(a - c_i)$;

(2)(i) 若 $w_o \geq \bar{w}_i^{BS}$, 对所有的 $\gamma \in [0, 1]$, 都有 $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{i,r}^{RS*}$; (ii) 若 $w_o < \bar{w}_i^{BS}$, 当仅当 $\gamma \leq \gamma_r^{BS}$ 时, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{i,r}^{RS*}$, 其中 $\gamma_r^{BS} = 2 - (2 - \varphi)[(1 - \varphi)a - w_o]/(1 - \varphi)(a - c_i)$;

(3)(i) 若 $w_o \geq \bar{w}_i^{WS}$, 对所有的 $\gamma \in [0, 1]$, 都有 $\Pi_{i,r}^{WR*} \geq \Pi_{i,r}^{RS*}$; (ii) 若 $w_o < \bar{w}_i^{WS}$, 当仅当 $\gamma \leq \gamma_r^{WS}$ 时, $\Pi_{i,r}^{WR*} \geq \Pi_{i,r}^{RS*}$, 其中, 若 $\varphi < 1 - (1 - c_i/a)^2/4$, $\bar{w}_i^{WS} > 0$, $\gamma_r^{WS} = 2 - 2[(1 - \varphi)a - w_o]/[(a - c_i)\sqrt{1 - \varphi}]$, $\bar{w}_i^{WS} = (1 - \varphi)a - (a - c_i)\sqrt{1 - \varphi}/2$, $w_1^{WS} < \bar{w}_i^{WS} < w_2^{WS}$;

(4)(i) 当 $w_o \geq \bar{w}_i^{BN}$ 时, 对所有的 $\gamma \in [0, 1]$, 都有 $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{i,r}^{N*}$; (ii) 当 $w_o < \bar{w}_i^{BN}$ 时, 若 $\gamma \leq \gamma_r^{BN}$, $\Pi_{i,r}^{B*} \geq \Pi_{i,r}^{N*}$, 否则, $\Pi_{i,r}^{B*} < \Pi_{i,r}^{N*}$; 其中 $\bar{w}_i^{BN} = [(2 - \varphi - \sqrt{1 - \varphi})a + c_i\sqrt{1 - \varphi}]/(2 - \varphi)$, $\gamma_r^{BN} = 2 - (2 - \varphi)(a - w_o)/[(a - c_i)\sqrt{1 - \varphi}]$ 。

以上结果表明, 在投资 RFID 下, 无论是否分享销售收入, 与保持批发价格不变的情况(即在 N 和 RS 下)相比, 当初始批发价 w_o 较高时, 零售商总是偏好于参与到重新谈判批发价中; 当初始批发价格为中等大小时, 零售商仅在制造商的谈判权力较弱时, 才更偏好于重新谈判批发价, 而不是维持批发价不变, 如图3和图4所示。这是因为当初始批发价 w_o 较高时, 重新谈判批发价更有可能达成一个较低的批发价, 这对零售商有利; 而当 w_o 中等时, 此时的批发价已经对零售商比较有利了, 因而只有在制造商的谈判权力较弱时, 才能确保重新谈判达成的批发价对零售商有利。此外, 零售商对 WR 和 RS 的偏好(如图5所示)及其对 B 和 N 的偏好(如图6所示), 与其对 WR 和 N 的偏好(如图3所示)及其对 B 和 RS 的偏好(如图4所示)相类似。

(三) 两家企业的视角

定理1证实了当初始批发价 w_o 足够高时, 两家企业都更偏好于 N 而不是 RS 。定理2证明了两家企业在 WR 和 B 这两种机制之间的偏好无法达成均衡。然而, 他们在其他的激励之间的偏好能否达成均衡? 对比命题3和命题4的结果, 可得到这个问题的答案。

定理3 (1)(i) 若 $w_o > \bar{w}_i^{WN}$, 当 $\gamma > 2 - \gamma_r^{WN}$ 时, 两家企业对 WR 的偏好都高于 N ; (ii) 在其他情况下, 两家企业在 WR 和 N 之间的偏好无法达成均衡;

(2)(i) 若 $w_o > \bar{w}_i^{BS}$, 当 $\gamma > 2 - \gamma_r^{BS}$ 时, 两家企业对 B 的偏好都高于 RS ; (ii) 在其他情况下, 两家企业在 B 和 RS 之间的偏好无法达成均衡;

(3)(i) 若 $w_o \in [w_1^{WS}, w_2^{WS}]$, 当 $w_o < \bar{w}_i^{WS}$ 且 $\gamma > \gamma_r^{WS}$ 时, 两家企业对 RS 的偏好都高于 WR ; (ii) 若 $w_o < w_1^{WS}$, 当 $\gamma_r^{WS} < \gamma < \gamma_m^{WS}$ 时, 两家企业对 RS 的偏好都高于 WR ; (iii) 若 $w_o > w_2^{WS}$, 当 $\gamma \geq \gamma_m^{WS}$ 时, 两家企业对 WR

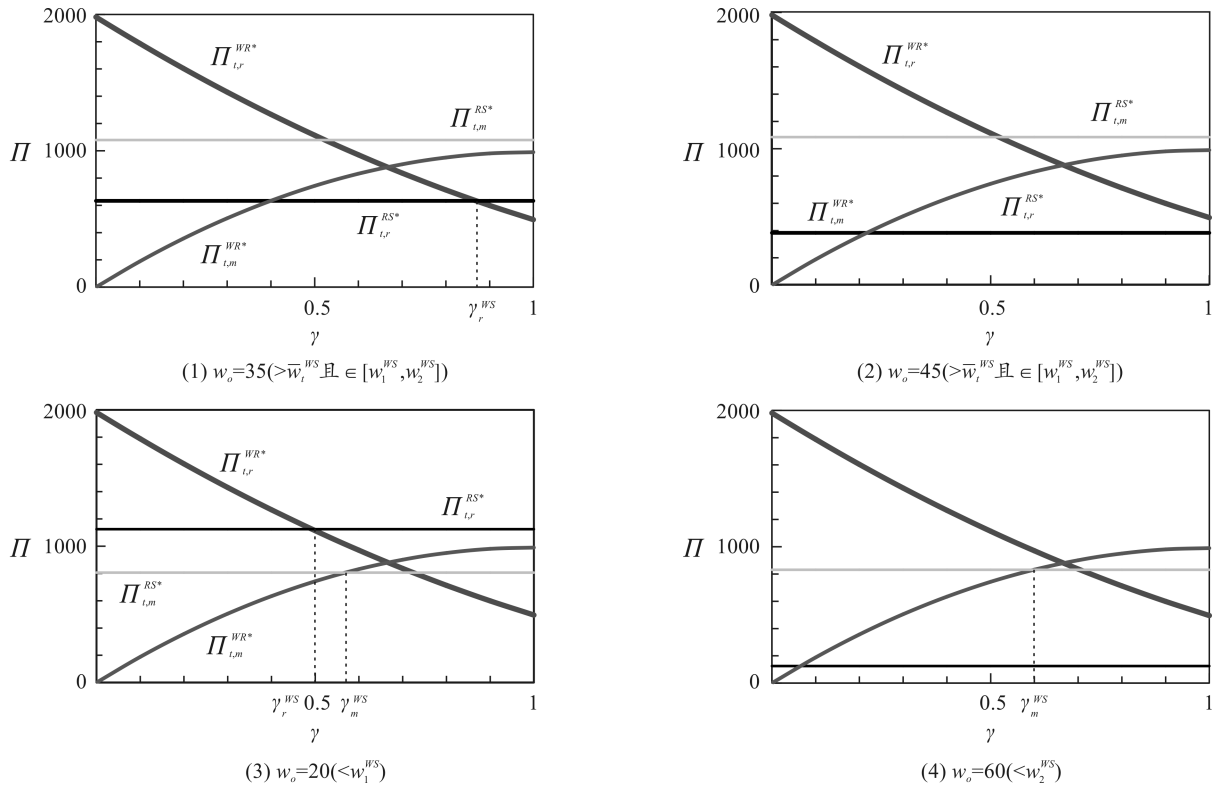


图5 制造商与零售商对WR和RS的偏好 ($a=100, c=10, g=1, \varphi=0.2, w_1^{WS}=27.9, w_2^{WS}=52.9, \bar{w}_r^{WS}=40.2$)

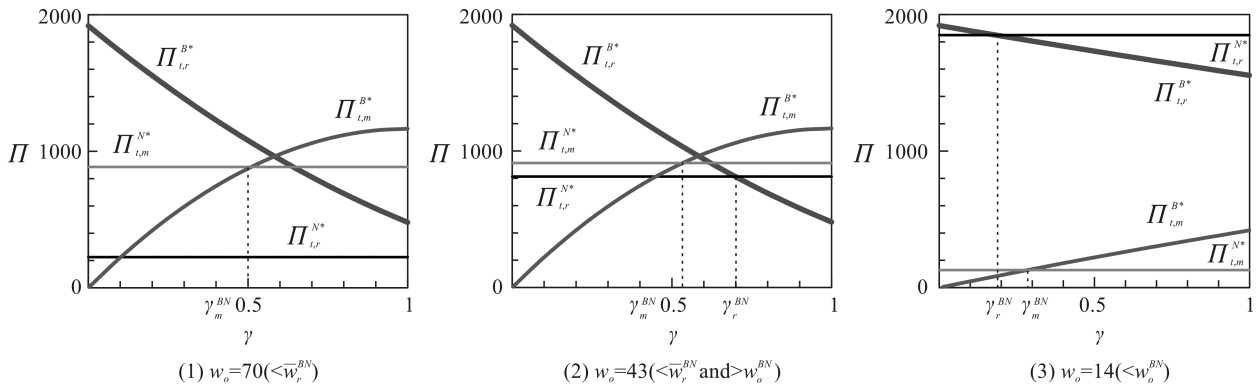


图6 制造商与零售商对B和N的偏好 ($a=100, c=10, g=1, \varphi=0.3, \bar{w}_r^{BN}=56.2, w_o^{BN}=18.9$)

的偏好都高于RS; (iv) 在其他情况下, 两家企业在WR和RS之间的偏好无法达成均衡;

(4) (i) 若 $w_o > \bar{w}_r^{BN}$, 当 $\gamma \geq \gamma_m^{BN}$ 时, 两家企业对B的偏好都高于N; (ii) 若 $w_o < \bar{w}_r^{BN}$, 假如 $w_o < w_o^{BN}$, 则当 $\gamma_r^{BN} < \gamma < \gamma_m^{BN}$ 时, 两家企业对N的偏好都高于B; 假如 $w_o > w_o^{BN}$, 则当 $\gamma_m^{BN} < \gamma < \gamma_r^{BN}$ 时, 两家企业对B的偏好都高于N; 其中 $w_o^{BN} = [2(1 - \sqrt{1 - \varphi})(a - c)] / \varphi - a + 2c$ 且 $w_o^{BN} < \bar{w}_r^{BN}$; (iii) 在其他情况下, 两家企业在B和N之间的偏好无法达成均衡。

定理3(1)和定理(2)表明, 当 w_o 足够高时, 若制造商的谈判权力足够强, 制造商和零售商对WR的偏好都高于N, 对B的偏好都高于RS, 而在其他情况下, 他们在WR和N之间, 在B和RS之间的偏好无法达成均衡, 如图3和图4所示。

定理3(3)显示, 当 w_o 中等时, 若 w_o 低于某一阈值且制造商的谈判权力足够强, 制造商和零售商对RS的偏好都高于WR; 当 w_o 较小时, 若制造商的谈判权力中等, 双方对RS的偏好都高于WR; 当 w_o 较高时, 若制造商的谈判权力足够强, 两家企业对WR的偏好都高于RS, 如图5所示。

定理3(4)说明, 当 w_o 足够高时, 当制造商谈判权力较强时, 双方对 B 的偏好都高于 N ; 当 w_o 很小且制造商谈判权力较强, 两家企业在 w_o 小于某个值时对 N 的偏好都高于 B , 在 w_o 大于某个值时对 B 的偏好都高于 N , 如图6所示。

总的来说, 上述结果表明, 初始批发价格的取值和制造商的谈判权力显著影响两家企业对 WR 和 N 、 B 和 RS 、 WR 和 RS 、 B 和 N 的均衡选择。在现实中, 零售供应链企业通常会利用契约设计来协调成员投资 RFID 技术的动机。上述的发现可为他们在做激励机制选择时提供有益的参考。

(四) 供应链系统的视角

前面3小节分别探讨了制造商、零售商两家企业的最优激励机制选择。然而, 对个体最佳的激励机制不一定也是对供应链系统最佳的激励机制。只要系统的利润提升了, 获益的企业可以将部分收益转移支付给另一家受损企业, 从而达到帕累托改进的结果。因此, 需要从供应链系统的角度探讨对供应链整体最好的激励机制。

将供应链系统在 N 、 RS 、 WR 和 B 下的利润分别记为 Π_t^{N*} 、 Π_t^{RS*} 、 Π_t^{WR*} 和 Π_t^{B*} 。从而, $\Pi_t^{N*} = \Pi_{t,r}^{N*} + \Pi_{t,m}^{N*} = (a - w_o)(a + w_o - 2c_t)/4$ 、 $\Pi_t^{RS*} = \Pi_{t,r}^{RS*} + \Pi_{t,m}^{RS*} = [(1 - \varphi)a - w_o][(1 - \varphi)(a - 2c_t) + w_o]/4(1 - \varphi)^2$ 、 $\Pi_t^{WR*} = \Pi_{t,r}^{WR*} + \Pi_{t,m}^{WR*} = (1 - \gamma^2/4)\Pi_t^{C*}$ 、 $\Pi_t^{B*} = \Pi_{t,r}^{B*} + \Pi_{t,m}^{B*} = [1 - (\gamma - \varphi)^2/(2 - \varphi)^2]\Pi_t^{C*}$ 。

比较供应链系统在不同激励机制下的利润, 可得以下定理。

定理4 (1) $\Pi_t^{RS*} < \Pi_t^{N*}$;

(2) 当仅当 $\gamma \geq \gamma^{BW}$ 时, $\Pi_t^{B*} \geq \Pi_t^{WR*}$, 其中 $\gamma^{BW} = 2\varphi/(4 - \varphi)$;

(3) 当仅当 $\gamma \leq \gamma^{WN}$ 时, $\Pi_t^{WR*} \geq \Pi_t^{N*}$, 其中 $\gamma^{WN} = \sqrt{1 - \Pi_t^{N*}/\Pi_t^{C*}}$;

(4) 当仅当 $\gamma_1^{BS} \leq \gamma \leq \gamma_2^{BS}$ 时, $\Pi_t^{B*} \geq \Pi_t^{RS*}$, 其中 $\gamma_1^{BS} = \varphi - \xi_1$, $\gamma_2^{BS} = \varphi + \xi_1$, $\xi_1 = (2 - \varphi)\sqrt{1 - \Pi_t^{RS*}/\Pi_t^{C*}}$;

(5) 当仅当 $\gamma \leq \gamma^{WS}$ 时, $\Pi_t^{WR*} \geq \Pi_t^{RS*}$, 其中 $\gamma^{WS} = 2\sqrt{1 - \Pi_t^{RS*}/\Pi_t^{C*}}$;

(6) 当仅当 $\gamma_1^{BN} \leq \gamma \leq \gamma_2^{BN}$ 时, $\Pi_t^{B*} \geq \Pi_t^{N*}$, 其中 $\gamma_1^{BN} = \varphi - \xi_2$, $\gamma_2^{BN} = \varphi + \xi_2$, $\xi_2 = (2 - \varphi)\sqrt{1 - \Pi_t^{N*}/\Pi_t^{C*}}$ 。

定理4的证明 本文仅提供(1)和(2)部分的推导过程, 其他部分较为直观, 因此予以省略。

(1) $\Pi_t^{RS*} - \Pi_t^{N*} = -[\varphi w_o + 2(1 - \varphi)(w_o - c_t)]\varphi w_o/[4(1 - \varphi)] < 0$ 。

(2) $\Pi_t^{B*} - \Pi_t^{WR*} = [(4 - \varphi)\gamma - 2\varphi]\Pi_t^{C*}/[4(2 - \varphi)^2]$ 。

以上结果表明, 投资 RFID 技术后, 如果保持批发价不变, 供应链系统在共享收入下的利润比不共享下的低, 这是因为若保持批发价不变, 共享收入后会导致零售商的边际利润更低, 从而导致双重边际化效应更加显著; 如果批发价格可以重新谈判, 当制造商的议价能力较强时, 供应链系统在共享收入下的利润比不共享下的高, 这是因为若批发价格可以重新谈判, 共享收入对系统利润的影响具有两面性, 当共享比例低于制造商的谈判权力时, 进一步扩大共享收入会使得系统的利润增加; 反之, 则会使得系统的利润下降; ①若不共享收入, 当制造商的谈判权力较弱时, 供应链系统能从重新谈判批发价中获得的利润比保持批发价不变下的高, 这是因为此时若制造商的谈判权力较强, 则会使双边边际化效应增加, 从而使得系统的利润下降; ②若共享收入, 当制造商的谈判权力中等时, 供应链系统能从重新谈判批发价中获得的利润比保持批发价不变下的高, 这是因为共享收入下, 若重新谈判批发价, 系统的利润随着制造商谈判权力的增加呈现出先增加后减小的趋势; 与共享收入相比, 当制造商的谈判权力较弱时, 供应链系统从重新谈判批发价中获得的利润更高, 这是因为在重新谈判批发价下, 双重边际化效应随着制造商谈判权力的增加而加重, 从而使得系统利润下降; 与保持批发价不变相比, 当制造商的谈判权力中等时, 供应链系统在既重新谈判批发价又共享收入下的利润更高。我们通过图7佐证上述的结果。

① $\partial \Pi_t^{B*}/\partial \gamma = (\varphi - \gamma)(a - c_t)^2/2(2 - \varphi)^2$ 。

② $\partial \Pi_t^{WR*}/\partial \gamma = -\gamma(a - c_t)^2/8 < 0$ 。

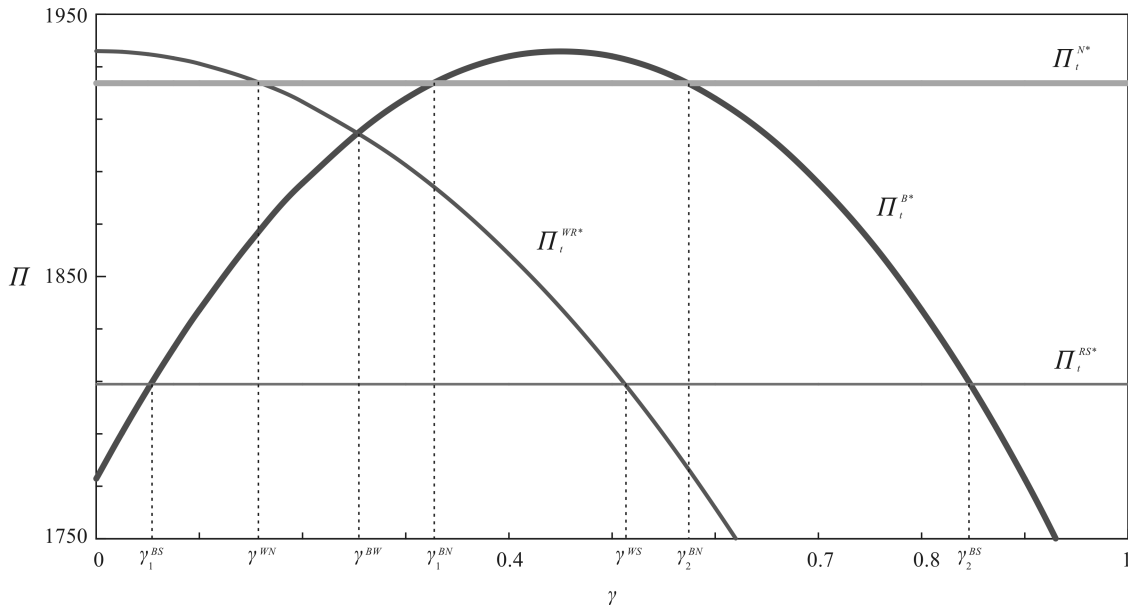


图7 谈判权力对供应链系统在各种激励机制下利润的影响 ($a = 100, c = 10, g = 2, \varphi = 0.45, w_0 = 19$)

六、结 论

大多已有的相关研究发现,供应链成员投资 RFID 技术的动机完全一致。因为这些研究假定投资 RFID 技术前后的批发价可以以相同的方式自由地制定。然而,出于多种原因,供应链成员在投资 RFID 技术前可能已经达成了固定的批发价契约。因此需要重新探索在这一情境下的 RFID 投资决策问题。本文考虑一个供应链系统,该系统由一个制造商(她)和一个零售商(他)组成,零售商遭受库存错放的损失,从而希望引入 RFID 技术消除产品错放造成的损失。为了能协调投资产品级别的 RFID 技术的动机,供应链成员可以采用一些激励机制,如分享销售收入(RS)、重新谈判批发价格(WR)、二者并用(B)。

首先分析了供应链在投资 RFID 技术前后,批发价外生且保持不变的情况,以此分别作为投资 RFID 技术决策及衡量激励机制效果的基准。研究发现此时零售商总能从投资 RFID 中获利,而制造商只有当初初始批发价较高且投资的变动成本较小时,能从投资中获利。因此,此时供应链成员投资 RFID 技术的动机不一致。

然后,分析了在投资 RFID 技术后,零售商向制造商分享销售收入的情况,即成员采用 RS 机制,结果发现当向制造商共享的收入比例较低时,零售商能从投资 RFID 中获利,而制造商在投资的变动成本较小时,能从投资中获利;并且 RS 总会减弱零售商投资 RFID 技术的动机,但它在共享比例不太大时能增强制造商的投资动机。

接着,讨论了在投资 RFID 技术后,供应链成员通过谈判重新制定批发价的情况,即成员采用 WR 机制,以及他们既通过谈判重新制定批发价又分享销售收入的情况,即成员采用 B 机制,结果表明,在 WR 和 B 下,当制造商的谈判权力中等且 RFID 标签成本较小时,投资 RFID 能给两家企业带来双赢的结果。然而,在这两种激励机制下,只有当制造商的谈判权力等于某一固定值时,两家企业投资 RFID 技术的动机才完全一致,这与已有将投资 RFID 技术前后的批发价作为内生变量的研究结果不同。

随后,分别探讨了制造商与零售商各自对各种激励机制的偏好,及他们的均衡机制选择。结果发现:当初初始批发价 w_0 较高时,当制造商议价能力较强时,制造商和零售商都对 WR 的偏好高于 N ,对 B 的偏好高于 RS ,对 WR 的偏好高于 RS ,对 B 的偏好高于 N ;当初初始批发价为中等时,当初初始批发价小于某一确定值且制造商议价能力强时,两企业都对 RS 的偏好高于 WR ;当初初始批发价较低时,若制造商议价能力为中等,两企业均对 RS 的偏好高于 WR ;当制造商议价能力较大时,若初始批发价较低且低于(高于)某一值

时, 两企业均对 N 的偏好高于(低于) B 。

最后, 通过比较供应链系统在两种不同激励机制之间的利润, 分析了能使整个供应链利润更高的激励机制。结果显示: 供应链系统在 RS 下的收益总比 N 下的低; 若制造商的谈判权力较强, 供应链系统在 B 下的收益比 WR 下的高; 若制造商的谈判权力较弱, 供应链系统在 WR 下的收益比 N 和 RS 下的高; 若制造商的谈判权力中等, 供应链系统在 B 下的收益比 N 和 RS 下的高。

本文只考虑 RFID 技术在消除物品摆放错误从而提高库存可用水平方面的价值。然而, 本文得到的管理启示也适用于考虑 RFID 在消除盗窃方面价值的情况。此外, 本研究结果也适用于考虑 RFID 在降低单位可变成本方面价值的情况。

本文存在一些局限性。首先, 本文只考察了一个垄断零售商和一个垄断制造商组成的特定供应链, 而没有考虑上下游存在竞争的情况。其次, 本文假定所有模型参数信息对两家企业都是对称的, 而没有考虑信息不对称下的情况。最后, 本文仅考虑零售商面临需求确定的情况, 而没有考虑需求不确定下的情况。这些关键因素将被纳入未来的研究。

参考文献:

- [1] DUTTA A, LEE H L, WHANG S. RFID and operations management: technology, value, and incentives [J]. *Production and Operations Management*, 2007, 16(5): 646–655.
- [2] HARDGRAVE B C, ALOYSIUS J A, GOYAL S. RFID-enabled visibility and retail inventory record inaccuracy: experiments in the field [J]. *Production and Operations Management*, 2013, 22(4): 843–856.
- [3] SHIN S, EKSIÖGLU B. Effects of RFID technology on efficiency and profitability in retail supply chains [J]. *Journal of Applied Business Research*, 2014, 30(3): 633–646.
- [4] WOOD L. Global automatic identification and data capture market (2020 to 2025): imposing governments regulations for adoption of AIDC solutions presents opportunities [EB/OL]. (2020–10–07) [2021–08–25]. <https://www.businesswire.com/news/home/20201007005752/en/Global-Automatic-Identification-and-Data-Capture-Market-2020-to-2025—Imposing-Governments-Regulations-for-Adoption-of-AIDC-Solutions-Presents-Opportunities—ResearchAndMarkets.com>.
- [5] DAS R, HARROP P. RFID forecasts, players and opportunities 2014 – 2024 [EB/OL]. IDTechEx Technical Report, (2013–12–13) [2021–08–25]. <https://www.idtechex.com/en/research-report/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024/368>.
- [6] MICHEL R. Is RFID ready for a reinvention [J]. *Modern Materials Handling*, 2015, 70(10): 28–30.
- [7] CHANGY B. Does RFID improve firms' financial performance? An empirical analysis [J]. *Information Technology and Management*, 2011, 12(3): 273–285.
- [8] GAUKLER G M, SEIFERT R W, HAUSMAN W H. Item-level RFID in the retail supply chain [J]. *Production and Operations Management*, 2007, 16(1): 65–76.
- [9] CAMDERELI A Z, SWAMINATHAN J M. Misplaced inventory and radio-frequency identification (RFID) technology: information and coordination [J]. *Production and Operations Management*, 2010, 19(1): 1–18.
- [10] ZHANG L H, YANG H. Incentives for RFID adoption with imperfect read rates: wholesale price premium versus cost sharing [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2019, 70(9): 1440–1456.
- [11] YANG H, CHEN W. Game modes and investment cost locations in radio-frequency identification (RFID) adoption [J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 286(3): 883–896.
- [12] HWANG W, BAKSHI N, DEMIGUEL V. Wholesale price contracts for reliable supply [J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27(6): 1021–1037.
- [13] KHANJARI N E, IRAVANI S, SHIN H. The impact of the manufacturer-hired sales agent on a supply chain with information asymmetry [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2014, 16(1): 76–88.
- [14] WANG Y, NIU B, GUO P. On the advantage of quantity leadership when outsourcing production to a competitive contract manufacturer [J]. *Production and Operations Management*, 2013, 22(1): 104–119.
- [15] DONG L, RUDI N. Who benefits from transshipment? Exogenous vs. endogenous wholesale prices [J]. *Management Science*,

- 2004,50(5):645-657.
- [16] YANG H, CHEN W. Retailer-driven carbon emission abatement with consumer environmental awareness and carbon tax: revenue-sharing versus cost-sharing[J]. *Omega*, 2018, 78: 179-191.
- [17] HEESE H S, KEMALIOGLU-ZIYA E. Enabling opportunism: revenue sharing when sales revenues are unobservable[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(9): 1634-1645.
- [18] CACHON G P, LARIVIERE M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations[J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30-44.
- [19] NAGARAJAN M, BASSOK Y. A bargaining framework in supply chains: the assembly problem[J]. *Management Science*, 2008, 54(8): 1482-1496.
- [20] LIU Y, ECKERT C M, EARL C. Assessing suppliers for complex products from the perspective of power[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2022, 69(4): 1605-1621.
- [21] ISHFAQ R, RAJA U. Empirical evaluation of IRI mitigation strategies in retail stores[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2020, 71(12): 1972-1985.
- [22] FU N, CHENG T C E, TIAN Z. RFID investment strategy for fresh food supply chains[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2019, 70(9): 1475-1489.
- [23] TAO F, FAN T, WANG Y Y, et al. Joint pricing and inventory strategies in a supply chain subject to inventory inaccuracy[J]. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(9): 2695-2714.
- [24] ZHANG L H, LI T, FAN T J. Radio-frequency identification (RFID) adoption with inventory misplacement under retail competition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 270(3): 1028-1043.
- [25] ZHANG L H, WANG S S. Strategic analysis of RFID adoption sequences in a supply chain with Cournot competition: effects of ordering-timing strategies[J]. *Annals of Operations Research*, 2020: 1-40.
- [26] TAO F, WANG L, FAN T, et al. RFID adoption strategy in a retailer-dominant supply chain with competing suppliers[J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 315: 2169-2208.
- [27] ZHANG L H, TIAN L, CHANG L Y. Equilibrium strategies of channel structure and RFID technology deployment in a supply chain with manufacturer encroachment[J]. *International Journal of Production Research*, 2022, 60(6): 1890-1912.
- [28] CHOI T M, YEUNG W K, CHENG T C E, et al. Optimal scheduling, coordination, and the value of RFID technology in garment manufacturing supply chains[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2018, 65(1): 72-84.
- [29] ZHANG L H, LI T, FAN T J. Inventory misplacement and demand forecast error in the supply chain: profitable RFID strategies under wholesale and buy-back contracts[J]. *International Journal of Production Research*, 2018, 56(15): 5188-5205.
- [30] 杨惠霄, 骆建文. 定价权与收益共享对 RFID 投资激励的影响[J]. *管理工程学报*, 2020(1): 46-54.
- [31] YANG H, KUMARA S, BUKKAPATNAM S T S, et al. The internet of things for smart manufacturing: a review[J]. *IIEE Transactions*, 2019, 51(11): 1190-1216.
- [32] YANG H, LUO J, ZHANG Q. Supplier encroachment under nonlinear pricing with imperfect substitutes: bargaining power versus revenue-sharing[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 267(3): 1089-1101.
- [33] 李建斌, 郭培强, 陶智颖. 双边收益共享与两部收费契约下的全渠道协调策略[J]. *系统工程理论与实践*, 2021(11): 2887-2901.
- [34] CHEN Y H, KUNG L C, YU J Y, et al. Impact of management models on revenue sharing for signaling medical equipment reliability[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2022, 73(6): 1379-1392.
- [35] YANG H, LUO J, WANG H. The role of revenue sharing and first-mover advantage in carbon emission abatement[J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 193: 691-702.
- [36] 姜璇, 程相惠, 李沿海. 基于收益共享契约的网络零售联合促销策略研究[J]. *管理工程学报*, 2020(3): 122-133.
- [37] 胡婉婷, 丁晶晶, 丁涛, 等. 存在收益共享与合作努力的双渠道动态定价策略研究[J]. *管理工程学报*, 2021(5): 247-257.
- [38] BART N, CHERNONOG T, AVINADAV T. Revenue-sharing contracts in supply chains: a comprehensive literature review[J]. *International Journal of Production Research*, 2021, 59(21): 6633-6658.
- [39] HWANG W, BAKSHI N, DEMIGUEL V. Wholesale price contracts for reliable supply[J]. *Production and Operations*

- Management, 2018, 27(6): 1021-1037.
- [40] DAVIS A M, HYNDMAN K. Multidimensional bargaining and inventory risk in supply chains: an experimental study [J]. Management Science, 2019, 65(3): 1286-1304.
- [41] 胡本勇, 张家维. 基于收益共享的移动 App 供应链合作的博弈分析 [J]. 管理工程学报, 2020(5): 137-144.
- [42] 王兴棠, 李杰. 中间品贸易视角下的国际研发合作行为研究 [J]. 管理科学学报, 2020(9): 61-75.
- [43] 杨惠霄, 欧锦文. 收入共享与谈判权力对供应链碳减排决策的影响 [J]. 系统工程理论与实践, 2020(9): 2379-2390.
- [44] WANG R, LU W, WEI Y. Understanding the inverted u-shaped relationship between contractual complexity and negotiation efficiency: an institutional perspective [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2021, doi: 10. 1109/TEM. 2021. 3091673.
- [45] ADHIKARI A, BISI A. Collaboration, bargaining, and fairness concern for a green apparel supply chain: an emerging economy perspective [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 135: 101863.
- [46] REKIK Y, SAHIN E, JEMAI Z, et al. Execution errors in retail supply chains: analysis of the case of misplaced products [J]. International Journal of Systems Science, 2008, 39(7): 727-740.
- [47] KAMBIL A, BROOKS J D. Auto-ID across the value chain: from dramatic potential to greater efficiency and profit [EB/OL]. (2002-06-01) [2021-08-25]. https://cocoa.ethz.ch/downloads/2014/06/None_ACN-AUTOID-BC-001.pdf.
- [48] ELLIS S C, RAO S, RAJU D, et al. RFID tag performance: linking the laboratory to the field through unsupervised learning [J]. Production and Operations Management, 2018, 27(10): 1834-1848.
- [49] SWEDBERG C. Project zipper finds order accuracy jumps to nearly 100 percent with RFID [EB/OL]. (2018-10-24) [2021-08-25]. <https://www.rfidjournal.com/project-zipper-finds-order-accuracy-jumps-to-nearly-100-percent-with-rfid>.
- [50] YU J J, TANG C S, SODHI M M S, et al. Optimal subsidies for development supply chains [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2020, 22(6): 1131-1147.
- [51] REINDORP M, TANRISEVER F, LANGE A. Purchase order financing: credit, commitment, and supply chain consequences [J]. Operations Research, 2018, 66(5): 1287-1303.
- [52] FEDERGRUEN A, HU M. Global robust stability in a general price and assortment competition model [J]. Operations Research, 2021, 69(1): 164-174.
- [53] YANG H, OU J, CHEN X. Impact of tariffs and production cost on a multinational firm's incentive for backshoring under competition [J]. Omega, 2021, 105: 102500.
- [54] KONG G, RAJAGOPALAN S, ZHANG H. Revenue sharing and information leakage in a supply chain [J]. Management Science, 2013, 59(3): 556-572.
- [55] DONALDSON T. Survey: more manufacturers, retailers adopt RFID for better inventory visibility [EB/OL]. (2015-03-25) [2021-08-25]. <https://sourcingjournal.com/topics/retail/survey-manufacturers-retailers-adopt-rfid-better-inventory-visibility-26379/>.
- [56] TREBILCOCK B. RFID: the Macy's way [EB/OL]. (2013-06-01) [2021-08-25]. https://www.mmh.com/article/rfid_the_macys_way.
- [57] REYES P M, LI S, VISICH J K. Determinants of RFID adoption stage and perceived benefits [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 254(3): 801-812.



(责任编辑 郭宝才 王 权)