

# 控制与决策

Control and Decision

## 竞合关系下共享制造模式选择与决策优化

蒋忠中, 林群庚, 何娜, 臧元基

引用本文:

蒋忠中, 林群庚, 何娜, 臧元基. 竞合关系下共享制造模式选择与决策优化[J]. *控制与决策*, 2023, 38(8): 2401–2414.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2023.0274>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### [基于Bertrand博弈的共享单车定价与投放联合策略研究](#)

Joint pricing and launching strategy for bike-sharing enterprises based on Bertrand game

*控制与决策*. 2021, 36(7): 1786–1792 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1638>

#### [考虑Showrooms效应的供应链定价与渠道模式策略](#)

Strategies of pricing and channel mode in a supply chain considering Showrooms effect

*控制与决策*. 2021, 36(12): 2891–2900 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0877>

#### [不同担保模式下考虑零售商公平关切的闭环供应链博弈模型](#)

Game models of closed-loop supply chain under different warranty modes considering retailer's fairness concerns

*控制与决策*. 2021, 36(6): 1489–1498 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1328>

#### [考虑碳限额的制造/再制造混合系统生产优化决策](#)

Production optimization decision of manufacturing/remanufacturing under carbon emission permits

*控制与决策*. 2021, 36(9): 2249–2256 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1457>

#### [风险规避制造商市场入侵策略](#)

Market encroachment strategy of risk-averse manufacturer

*控制与决策*. 2021, 36(10): 2528–2536 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1819>

# 竞合关系下共享制造模式选择与决策优化

蒋忠中<sup>1,2</sup>, 林群庚<sup>1</sup>, 何娜<sup>1,2†</sup>, 臧元基<sup>1,2</sup>

(1. 东北大学 工商管理学院, 沈阳 110169; 2. 东北大学 行为与服务运作管理研究所, 沈阳 110169)

**摘要:** 随着共享制造的迅速发展,其服务模式逐渐丰富,衍生出共享生产设备和生产线的制造能力共享模式以及共享产品设计和研发能力的创新能力共享模式. 共享制造供需双方通常属于同一垂直行业,因此,广泛地存在竞合关系. 在竞合关系下如何进行共享制造模式选择与决策优化,进而提高参与主体利润是亟待解决的重要问题. 鉴于此,针对竞合关系下共享制造模式选择与决策优化问题,首先,分别在两种共享模式下构建由供给方和需求方组成的博弈模型;然后,通过分析不同模式下供给方和需求方的均衡利润,给出供需双方的最优模式选择策略;最后,通过分析最优模式选择策略,给出在何种情形下共享制造模式是双赢模式. 结果表明:最优模式选择主要由市场潜在需求规模和核心零部件占比决定,二者在不同情形下应选择不同的共享制造模式;当且仅当市场潜在需求规模中等且核心零部件占比中等时,共享制造模式是供需双方的双赢模式. 研究结论可为竞合关系下共享制造模式选择与决策优化提供有益管理启示.

**关键词:** 共享制造; 竞合关系; 模式选择; 制造能力共享; 创新能力共享

**中图分类号:** O225 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.13195/j.kzyjc.2023.0274

**引用格式:** 蒋忠中,林群庚,何娜,等. 竞合关系下共享制造模式选择与决策优化[J]. 控制与决策, 2023, 38(8): 2401-2414.

## Model selection and decisions optimization of sharing manufacturing under co-opetitive relationships

JIANG Zhong-zhong<sup>1,2</sup>, LIN Qun-geng<sup>1</sup>, HE Na<sup>1,2†</sup>, ZANG Yuan-ji<sup>1,2</sup>

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China; 2. Institute of Behavioral and Service Operations Management, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

**Abstract:** With the rapid development of sharing manufacturing, its sharing models are gradually enriched, which has derived the manufacturing model of sharing production equipment and lines, and the innovation model of sharing product design, research and development capabilities. There are substantial co-opetitive relationships between the suppliers and demanders of sharing manufacturing since they normally belong to the identical industry. It is a significant problem to be solved urgently how to improve the profit of participants for model selection and decisions optimization in sharing manufacturing under co-opetitive relationships. Focusing on the problem, firstly, the two models composed of suppliers and demanders are established respectively. Secondly, the optimal model selection strategies are given by analyzing the equilibrium profit. Finally, when the sharing model are win-win models is given by analyzing the optimal strategies. The results show that the optimal model selection strategies are mainly determined by the market potential and the proportion of core components, and the suppliers and demanders should select different models under different circumstances. In addition, only the potential market and the proportion of core components are moderate, sharing models are win-win models for suppliers and demanders. Results provide useful management enlightenment for the model selection and decisions optimization of sharing manufacturing under co-opetitive relationships.

**Keywords:** sharing manufacturing; co-opetitive relationships; model selection; manufacturing capability sharing; innovation capability sharing

收稿日期: 2023-03-12; 录用日期: 2023-05-29.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71971052); 教育部人文社会科学研究项目(22YJC630031); 中央高校基本科研业务费国防重大项目(2023GFZD01).

责任编委: 杨涛.

†通讯作者. E-mail: hena@mail.neu.edu.cn.

## 0 引言

制造业是立国之本、强国之基,是国家经济命脉所系<sup>[1]</sup>.当前,全球科技和产业竞争日趋激烈,大国间战略博弈进一步聚焦于制造业.改革开放以来,我国制造业取得长足发展,然而,大而不强、全而不优的矛盾日益突出,实现制造业高质量发展势在必行.随着新一轮科技革命和产业变革,先进信息技术与现代制造业的深度融合孕育出共享制造新模式,逐渐成为推动制造业高质量发展的有力引擎.

共享制造也称制造共享或制造资源共享,是指运用共享经济理念,在制造业全生产流程上将生产资源模块化、智能化、弹性化地共享给需求方的一种社会化制造模式<sup>[2]</sup>.区别于传统外包和代工等其他制造模式<sup>[3-4]</sup>,共享制造的核心是面向服务,其参与主体呈现高度开放性,包括各类型企业、组织和个人<sup>[5]</sup>,且其共享内容呈现多样性,包括制造能力共享、创新能力共享等<sup>[6]</sup>.其中:制造能力共享主要围绕中小型企业的制造需求,提供如生产设备和生产线等制造资源与能力的共享服务;创新能力共享主要围绕中小型企业的创新需求,提供如产品研发和设计等创新资源与能力的共享服务.如“海创汇”<sup>[7]</sup>依托海尔全生态产业资源和开放的社会资源为中小企业发展加速赋能,为其提供了生产设备、厂房和供应链等制造能力共享服务以及产品设计、研发和创新技术等创新能力共享服务.

近年来,共享制造在工业互联网和云制造等先进智能制造技术的支撑下迅速发展,并通过提高生产效率和产品质量等方式重塑制造业的竞争优势<sup>[8]</sup>.然而,在发展共享制造助力中小企业转型发展方面仍然面临企业参与意愿不强、利用不充分等问题<sup>[9]</sup>.为了充分发挥大型制造企业的赋能作用,实现大中小企业融通发展,由大型制造企业搭建共享制造平台向中小企业提供支持和服务实现平台化运营、生态化扩张逐渐成为产业发展的大趋势<sup>[10]</sup>.

在共享制造下,大型制造企业通过提供服务实现更有效的资源利用的同时,也极大程度地提高了中小型企业企业的生产能力和产品质量<sup>[11]</sup>;中小型企业企业在接受服务的同时,需要根据共享内容的不同支付相应的费用,因此,被视为中小型企业一个具有前途的挑战<sup>[12]</sup>.如海尔“卡奥斯COSMOPlat”<sup>[13]</sup>面向家电行业内的中小型企业提供了全品类家电智能控制板生产所需的制造能力共享服务及其质量提升设计方案等创新能力共享服务.其中:前者以计时、计件、计价值等方式收费,后者基于方案内容由双方

协商价格并支付给平台.此外,由于受到服务需求的限制,现实中供给方与需求方身份通常难以相互转换<sup>[14-16]</sup>.如富士康“工业富联”<sup>[17]</sup>向多家整车制造企业共享了自动化精密设备等制造能力以助力其提升交付效率和产品质量.在支付双方协商的方案价格后,三一重工“树根互联”<sup>[18]</sup>为重庆宏钢提供了智能化升级建设方案;航天科工“航天云网”<sup>[19]</sup>为贵州航天电器提供了电子元器件智能制造方案,实现其研发效率和产品质量的提高.可见,共享制造供给方多为垂直行业内的大型制造企业,而需求方则为行业内的中小型制造企业,双方广泛地存在竞合关系.然而,为了实现利润提升,在竞合关系下供给方是否提供共享制造,需求方是否参与共享制造,供需双方如何选择共享制造模式均是企业普遍面临的重要决策问题.

现有关于共享制造的研究主要聚焦于共享制造平台的供需匹配、调度以及平台运营模式等问题.在共享制造平台的供需匹配和调度方面,一些学者考虑基于共享制造内不同对象构建供需匹配和调度模型.如Wang等<sup>[20]</sup>构建了数字孪生服务模型以实现共享制造资源的无缝监控和基于资源供给方信用的资源调度模型.关于共享制造模式参与主体特征对供需匹配和调度的影响也受到了广泛关注,一些学者考虑主体心理预期构建了云制造资源双边“多对多”匹配机制<sup>[21]</sup>.在共享制造平台运营模式方面,由于共享制造平台具有明显的双边市场特征,Pan等<sup>[22]</sup>考虑了双边市场理论,建立了共享制造平台的定价和产能调度模型.此外,为了促进共享制造高质量发展,基于平台的策略研究近年来也受到学者的广泛关注,如Basu等<sup>[23]</sup>研究了共享制造平台向供需双方提供搜索和认证服务决策以及对应的定价策略.在此基础上,由于产品质量对各参与主体的显著影响,Huang等<sup>[24]</sup>研究了排斥低质量供应商、补贴高质量供应商和自主提供高质量产品等3种共享制造平台针对供给方的产品质量监管策略.

上述文献从不同角度对共享制造平台及其供需双方进行了研究,但是,大多未考虑共享制造供需双方的博弈行为和市场均衡.然而,现实中由于共享制造参与主体的多样性和动态性,供给方或需求方广泛存在博弈.近年来,国内外学者开始从博弈论和供应链视角研究共享制造供需双方的策略行为,其中共享制造单侧博弈关系和行为受到了学者们的广泛关注.如Zhao等<sup>[25]</sup>分析了供给方之间的合作博弈关系对共享制造服务水平的影响.此外,需求方内部的合作博弈关系也受到了部分学者的关注,如Ren等<sup>[26]</sup>

研究了需求方之间针对已预定共享制造产能进行内部协调和交易的合作博弈。

针对竞合供应链问题,学者们也开展了有关研究。如Chen等<sup>[27]</sup>探究了竞争环境下制造商合作激励共享供应商创新的竞合问题。由于信息不对称对竞合关系的影响,刘丛等<sup>[28]</sup>研究了考虑潜在信息泄露的垂直整合企业与下游外包企业的竞合策略。此外,Jung等<sup>[29]</sup>研究了由零售商、制造商和回收商组成的竞合供应链中的差异化合作策略选择问题。进一步地,肖旦等<sup>[30]</sup>在竞合框架下探究了竞争企业在绿色产品开发中合作提升效率降低成本的场景应用。

综上所述,已有关于共享制造的研究主要聚焦于共享制造平台的供需匹配及其运营模式,而关于参与主体博弈行为的研究较少,且相关研究忽略了供需双方的竞争关系,即市场竞争对于供需双方模式选择的显著影响。此外,有关竞合供应链研究也未涉及共享制造模式选择。然而,现实中以大型制造企业搭建平台为主导的共享制造下,供需双方竞合关系广泛存在,如何在竞合关系下进行共享制造模式选择和决策优化,进而提高参与主体的利润是亟待解决的重要问题。为此,本文首先分别在制造能力共享模式和创新能力共享模式下构建并求解由供给方和需求方组成的博弈模型;然后,通过比较分析竞合关系下供给方与需求方的利润,给出供需双方的最优模式选择策略;最后,通过比较分析供需双方的最优模式选择策略,给出在何种情形下共享制造模式是双赢模式,并获得相应的管理启示。

## 1 问题描述和符号说明

### 1.1 问题描述和决策序列

考虑一个由共享制造服务供给方 $M$ 、共享制造服务需求方 $D$ (以下简称“供给方”和“需求方”)和消费者组成的供应链。其中:供给方 $M$ 是能够生产高质量产品的行业内大型制造企业;需求方 $D$ 是仅能生产低质量产品的行业内中小型制造企业,但是可通过参与共享制造模式生产高质量产品。两者产品在下游市场中形成竞争。

低质量产品仅能够满足消费者的基本需求,而高质量产品能够满足消费者的基本需求和期待需求<sup>[31]</sup>,从而吸引更多的消费者<sup>[32-33]</sup>。如消费者对手机产品的基本需求包括通讯功能等,期待需求包括良好的娱乐功能等。此外,现实中消费者的期待需求能否满足往往与产品的核心零部件性能有关,如手机产品的娱乐功能与处理器和屏幕性能高低直接相关。高质量产品通常拥有对产品质量起关键作用的高性能

核心零部件(以下简称“核心零部件”),低质量产品的核心零部件性能则相对较差,而非核心零部件性能与高质量产品差异不大。为了刻画上述特征,假设产品中核心零部件的价值量占比(以下简称“占比”)表示为 $\mu$ ,且 $0 < \mu < 1$ 。值得指出的是,当 $\mu = 0$ 时,表示高、低质量产品无差异;当 $\mu = 1$ 时,由于消费者先前的期待需求演变为新的基本需求,此时,低质量产品将因无法满足消费者新的基本需求而被淘汰。实践中,如消费者对通讯、摄像、上网、娱乐等基本需求的逐步增加对手机产品质量提出了更高的要求,从而影响整个行业内产品的迭代升级<sup>[34-35]</sup>。

产品的核心零部件占比越高,产品质量差异越高,同时,产品质量差异高低将影响产品的潜在需求,因此,定义 $1 - \mu$ 描述质量差异对产品潜在需求的影响<sup>[36]</sup>。假设市场潜在需求规模为 $a$ ,进一步地,假设高、低质量产品的潜在需求分别为 $a$ 、 $(1 - \mu)a$ 。本文参考Chambers等<sup>[33]</sup>采用数量决策的反需求函数作为高、低质量产品的反需求函数,有

$$P_h = a - (Q_m + Q_t) - b_h Q_d, \quad (1)$$

$$P_l = (1 - \mu)a - Q_d - b_l(Q_m + Q_t). \quad (2)$$

其中: $P_h$ 和 $P_l$ 分别为高、低质量产品的市场价格; $Q_m$ 、 $Q_d$ 和 $Q_t$ 分别为供给方 $M$ 的高质量产品生产数量、需求方 $D$ 的低质量产品生产数量和需求方 $D$ 的高质量产品生产数量; $b_h$ ( $b_l$ )为价格敏感系数,即消费者对高(低)质量产品价格因低(高)质量产品数量变动产生的交叉影响的敏感程度。由于消费者对低质量产品的价格变动更敏感,为了简化模型,假设 $b_l = 1$ , $b_h = b$ 且 $0 < b < 1$ 。在生产成本方面,考虑到高质量产品的单位生产成本通常相对较高,假设其表示为 $S$ ( $S < a$ )。低质量产品中性能相对较差的核心零部件生产成本相对较低,为了便于分析,假设其为 $0$ ,而非核心零部件性能差异不大,生产成本与高质量产品相同,因此,低质量产品的单位生产成本为 $(1 - \mu)S$ 。

在由大型制造企业即供给方运营的共享制造平台中提供两种共享制造模式,包括制造能力共享模式和创新能力共享模式。在制造能力共享模式下,供给方共享自身先进制造产能并决定单位产能共享价格 $v$ ,需求方按需利用制造产能生产高性能核心零部件并根据总消耗量向供给方支付费用。在创新能力共享模式下,供给方共享自身智力资源和研发能力为需求方提供产品创新方案,需求方与供给方协商方案价格 $w$ 并支付后能够拥有独立生产高质量产品的能力。此外,通常大型制造企业运营共享制造平台有一定成本,但是由于对于问题研究无本质影响,暂不考虑平

台运营成本<sup>[37-38]</sup>.

在单个销售季节前,供给方通过平台提供不同的共享制造模式,需求方选择具体模式.确定以上选择后,供需双方分别决定产品的生产数量.最终,高、低质量产品在市场上销售.共享制造模式下的供应链结构如图1所示.具体决策过程描述如下.

- step 1: 供给方  $M$  与需求方  $D$  签订服务合同;
- step 2: 供给方  $M$  决定单位产能共享价格  $v$  或与需求方  $D$  协商确定产品创新方案价格  $w$ ;
- step 3: 供给方  $M$  决定高质量产品生产数量  $Q_m$ ;
- step 4: 需求方  $D$  决定低质量产品生产数量  $Q_d$  和共享制造模式下高质量产品生产数量  $Q_i$ ;
- step 5: 销售季节内,产品在市场上销售.

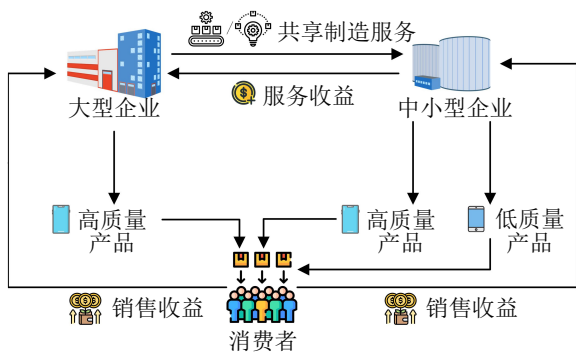


图1 共享制造模式下的供应链结构

1.2 模型假设和符号说明

为了更好地描述和建立模型,本文做出如下假设.

**假设1** 下游市场所有消费者在销售季节内对产品的需求是同质的,即基本需求与期待需求均相同.

**假设2** 需求方  $D$  通过共享制造生产的高质量产品与供给方  $M$  生产的高质量产品无差异.

**假设3** 为了提高消费者满意度和忠诚度,同时维护高端品牌形象,供给方  $M$  仅生产高质量产品.

表1为模型符号和说明.

表1 模型符号和说明

类型	符号	说明
角标	$X$	上角标, $X \in \{M, I, N\}$ , $M, I, N$ 分别为制造能力共享模式、创新能力共享模式和独立制造模式
	$Y$	下角标, $Y \in \{m, d\}$ , $m, d$ 分别为供给方和需求方
	$Z$	下角标, $Y \in \{h, l\}$ , $h, l$ 分别为高、低质量产品
决策变量	$Q_m^X$	供给方的高质量产品生产数量
	$Q_d^X$	需求方的低质量产品生产数量
	$Q_i^X$	需求方的高质量产品生产数量
	$v$	单位产能共享价格
模型参数	$\mu$	核心零部件占比, $0 < \mu < 1$
	$a$	市场潜在需求规模, $a > S$
	$b$	价格敏感系数, $0 < b < 1$

表1 (续)

类型	符号	说明
模型	$S$	高质量产品的单位生产成本, $S > 0$
	$w$	产品创新方案价格, $w > 0$
参数	$P_Z^X$	$X$ 模式下 $Z$ 质量产品的市场价格
	$\Pi_Y^X$	$X$ 模式下制造企业 $Y$ 的利润

2 模型建立和求解分析

2.1 基础模型

首先构建基础模型,即不参与共享制造时独立制造模式下的模型,此时,供给方  $M$  和需求方  $D$  均独立生产制造产品,则有  $Q_i^N = 0$ ,即需求方  $D$  不生产高质量产品.由式(1)和(2),在独立制造模式下高、低质量产品的反需求函数如下式所示:

$$P_h^N = a - Q_m^N - bQ_d^N, \tag{3}$$

$$P_l^N = (1 - \mu)a - Q_m^N - Q_d^N. \tag{4}$$

其中:  $Q_m^N$  为在独立制造模式下,供给方  $M$  决策独立生产的高质量产品生产数量,  $Q_d^N$  为需求方  $D$  决策独立生产的低质量产品生产数量.则在独立制造模式下供给方  $M$  与需求方  $D$  的利润函数分别为

$$\max_{Q_m^N} \Pi_m^N = (a - Q_m^N - bQ_d^N)Q_m^N - SQ_m^N, \tag{5}$$

$$\max_{Q_d^N} \Pi_d^N = [(1 - \mu)a - Q_m^N - Q_d^N]Q_d^N - (1 - \mu)SQ_d^N. \tag{6}$$

通过逆向求解法求解式(5)和(6),分别求出供给方  $M$  和需求方  $D$  的最优生产数量,由此得到定理1.

**定理1** 独立制造模式下,供给方与需求方博弈时可获得唯一均衡生产数量和利润,如表2所示.

表2 供给方、需求方的生产数量均衡解

变量	区间	
	$0 < \mu < \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \leq \mu < 1$
$Q_m^N^*$	$\frac{(a - S)[b(\mu - 1) + 2]}{2(b - 2)}$	$\frac{a - S}{2}$
$Q_d^N^*$	$\frac{(a - S)[b(\mu - 1) - 4\mu + 2]}{4(b - 2)}$	$N/A$

**证明** 通过逆向求解法,对式(6)求取关于  $Q_d^N$  的一阶、二阶偏导数,得到

$$\frac{\partial \Pi_d^N}{\partial Q_d^N} = -2Q_d^N - Q_m^N + a(1 - \mu) - S(1 - \mu),$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_d^N}{\partial Q_d^N^2} = -2 < 0.$$

求解  $\frac{\partial \Pi_d^N}{\partial Q_d^N} = 0$ ,得到  $Q_{d1}^N = \frac{1}{2}(a - \mu a - Q_m^N + \mu S - S)$ .

将  $Q_{d1}^N$  代入式(5),求取关于  $Q_m^N$  的一阶、二阶偏导数,得到

$$\frac{\partial \Pi_m^N}{\partial Q_m^N} = a - Q_m^M + \left(-1 + \frac{b}{2}\right)Q_m^M - S - \frac{1}{2}b(a - Q_m^M - S - ah\mu + S\mu),$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m^N}{\partial Q_m^{N^2}} = -2 + b < 0.$$

求解  $\frac{\partial \Pi_m^N}{\partial Q_m^N} = 0$ , 得到

$$Q_{m_1}^N = \frac{-ab\mu + ab - 2ah + b\mu S - bS + 2S}{2(b-2)}.$$

将  $Q_{m_1}^N$  代入  $Q_{d_1}^N$ , 由于  $Q_d^N > 0$ , 得到  $0 < \mu < \frac{1}{2}$ .

当  $0 < \mu < 1/2$  时,  $Q_{d_1}^N > 0$ , 此时,  $Q_{m_1}^{N*} = Q_{m_1}^N$ ,  $Q_d^{N*} = Q_{d_1}^N$ ; 当  $1/2 \leq \mu < 1$  时,  $Q_{d_1}^N \leq 0$ , 即不存在均衡解  $Q_d^{N*}$ , 令  $Q_d^N = 0$  并代入式(5)和(6), 类似地, 得到  $Q_{m_2}^N = \frac{a-S}{2} > 0$ , 因此, 此时  $Q_{m_2}^{N*} = Q_{m_2}^N$ .

综上, 当  $0 < \mu < \frac{1}{2}$  时, 将  $Q_{m_1}^{N*} = Q_{m_1}^N$  和  $Q_d^{N*} = Q_{d_1}^N$  代入式(5)和(6), 得到

$$\Pi_m^{N*} = -\frac{(a-S)^2[2+b(-1+\mu)]^2}{8(-2+b)},$$

$$\Pi_d^{N*} = \frac{(a-S)^2[2+b(-1+\mu)-4\mu]^2}{16(-2+b)^2}.$$

当  $\frac{1}{2} \leq \mu < 1$  时, 将  $Q_{m_2}^{N*} = Q_{m_2}^N$  代入式(5)和(6), 得到  $\Pi_m^{N*} = \frac{1}{4}(a-S)^2$  和  $\Pi_d^{N*} = 0$ .  $\square$

定理1给出了独立制造模式下供给方  $M$ 、需求方  $D$  的生产数量、利润均衡解. 定理1表明在独立制造模式下: 当核心零部件占比较低时, 需求方生产低质量产品; 当核心零部件占比较高时, 需求方则不生产低质量产品. 原因在于当核心零部件占比较低时, 高、低质量产品的质量差异较低, 市场潜在需求均较高, 进而高、低质量产品的市场价格均较高, 需求方有动机生产低质量产品从而获利; 反之, 当核心零部件占比较高时, 高、低质量产品的质量差异较高, 高质量产品的市场价格较高而低质量产品的市场价格较低, 即使低质量产品生产成本相对更低, 但需求方由于没有利润不再生产低质量产品.

在独立制造模式下, 进一步探究核心零部件占比  $\mu$  对双方利润的影响, 通过对核心零部件占比  $\mu$  进行灵敏度分析, 得到引理1.

**引理1** 独立制造模式下: 当  $0 < \mu < \mu_5$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{N*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{N*}}{\partial \mu} < 0$ ; 当  $\mu_5 < \mu < \frac{1}{2}$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{N*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{N*}}{\partial \mu} > 0$ ; 当  $\frac{1}{2} < \mu < 1$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{N*}}{\partial \mu} = 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{N*}}{\partial \mu} = 0$ .

**证明** 由定理1可知, 当  $0 < \mu < \frac{1}{2}$  时, 有

$$\Pi_m^{N*} = -\frac{(a-S)^2[2+b(-1+\mu)]^2}{8(-2+b)},$$

$$\Pi_d^{N*} = \frac{(a-S)^2[2+b(-1+\mu)-4\mu]^2}{16(-2+b)^2},$$

通过  $\Pi_m^{N*}$  和  $\Pi_d^{N*}$  对  $\mu$  求偏导, 得到

$$\frac{\partial \Pi_m^{N*}}{\partial \mu} = -\frac{b(ah-S)^2[2+b(-1+\mu)]}{4(-2+b)} > 0,$$

$$\frac{\partial \Pi_d^{N*}}{\partial \mu} = \frac{-4(a-S)^2(1-2\mu)}{(-4+b)^2}.$$

由于  $\frac{\partial^2 \Pi_d^{N*}}{\partial \mu^2} = \frac{(b-4)^2(ah-S)^2}{8(b-2)^2} > 0$ , 求解

$\frac{\partial \Pi_d^{N*}}{\partial \mu} = 0$ , 得到  $\mu_5 = \frac{b-2}{b-4}$ . 当  $0 < \mu < \mu_5$  时,  $\frac{\partial \Pi_d^{N*}}{\partial \mu} < 0$ ; 当  $\mu_5 < \mu < \frac{1}{2}$  时,  $\frac{\partial \Pi_d^{N*}}{\partial \mu} > 0$ .

当  $\frac{1}{2} < \mu < 1$  时,  $\Pi_m^{N*} = \frac{1}{4}(a-S)^2$  和  $\Pi_d^{N*} = 0$ ,

通过  $\Pi_m^{N*}$  和  $\Pi_d^{N*}$  对  $\mu$  求偏导, 得到  $\frac{\partial \Pi_m^{N*}}{\partial \mu} = 0$  和  $\frac{\partial \Pi_d^{N*}}{\partial \mu} = 0$ .  $\square$

引理1表明在独立制造模式下: 当核心零部件占比较低时, 供给方的利润随着核心零部件占比增加而增加, 而需求方的利润随着核心零部件占比增加而减少; 当核心零部件占比中等时, 供需双方的利润均随着核心零部件占比增加而增加; 当核心零部件占比较高时, 核心零部件占比变动对供需双方利润无影响. 这是因为当核心零部件占比较低时, 市场上存在高、低质量产品竞争, 由定理1可知, 若核心零部件占比增加, 则即使低质量产品的生产成本降低, 但是市场价格同时降低, 使得需求方销售单位低质量产品收益减少; 且市场价格降低使得需求方生产低质量产品的数量减少, 进而使得市场竞争激烈程度降低, 高质量产品的市场价格提高, 供给方销售收益增加. 然而, 当核心零部件占比中等时, 即使需求方生产低质量产品数量减少, 但低质量产品的生产成本降低程度高于市场价格的降低程度, 因此需求方利润增加. 此外, 当核心零部件占比较高时, 市场上仅存在高质量产品从而不存在产品竞争, 由式(5)和(6)可知, 此时, 核心零部件占比变动对供给方和需求方的利润无影响.

## 2.2 制造能力共享模式

在制造能力共享模式下, 需求方  $D$  可利用由供给方  $M$  共享的先进制造产能生产高性能核心零部件, 而非核心零部件由需求方  $D$  利用自身产能生产, 经过加工装配后能够在市场上销售高质量产品. 由

式(1)和(2),在制造能力共享模式下高、低质量产品的反需求函数如下式所示:

$$P_h^M = a - Q_m^M - Q_t^M - bQ_d^M, \quad (7)$$

$$P_l^M = (1 - \mu)a - Q_m^M - Q_t^M - Q_d^M. \quad (8)$$

供给方  $M$  于销售季节前提供共享制造服务模式,需求方  $D$  选择制造能力共享模式并签订服务合同,同时,接受供给方  $M$  决定的生产单位高质量产品所需制造产能的单位产能共享价格  $v$ . 供给方  $M$  决策高质量产品生产数量  $Q_m^M$ 、需求方  $D$  决策低质量产品生产数量  $Q_d^M$  以及高质量产品生产数量  $Q_t^M$ ; 生产期结束后,需求方  $D$  根据制造产能总消耗量向供给方  $M$  支付服务费用  $\mu Q_t^M v$ . 在制造能力共享模式下供给方  $M$  和需求方  $D$  的利润函数分别为

$$\max_{v, Q_m^M} \Pi_m^M = (a - Q_m^M - Q_t^M - bQ_d^M)Q_m^M - S(Q_m^M + \mu Q_t^M) + \mu Q_t^M v, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \max_{Q_d^M, Q_t^M} \Pi_d^M = & [(1 - \mu)a - Q_m^M - Q_t^M - Q_d^M]Q_d^M + (a - Q_m^M - \\ & Q_t^M - bQ_d^M)Q_t^M - (1 - \mu)S(Q_d^M + Q_t^M) - \mu Q_t^M v. \end{aligned} \quad (10)$$

通过逆向求解法首先求解式(9)和(10),分别求出供给方  $M$  和需求方  $D$  的最优生产数量,然后求出供给方  $M$  的最优共享价格,由此得到定理2.

**定理2** 制造能力共享模式下,供给方和需求方博弈时可获得唯一均衡共享价格、生产数量和利润,如表3所示.表3中: $\mu_1 = \frac{b^3 - 2b^2 - b + 2}{b^3 - b + 4}$ ,  $\mu_2 = \frac{b^3 + 3b - 4}{4b - 8}$ .

表3 供给方、需求方的共享价格和生产数量均衡解

变量		区间
		$\mu_1 < \mu < \mu_2$
$v^*$	$\frac{a[b(\mu - 2) + \mu + 2] + S[b^2\mu + b(2 - 3\mu) + 4\mu - 2]}{(b^2 - 2b + 5)\mu}$	
$Q_t^{M*}$	$-\frac{(a - S)[b^3(\mu - 1) + 2b^2 - b\mu + b + 4\mu - 2]}{b^4 - 2b^2 + 16b - 15}$	
$Q_m^{M*}$	$\frac{(a - S)[b(\mu - 1) - \mu + 3]}{b^2 - 2b + 5}$	
$Q_d^{M*}$	$\frac{(a - S)[b^3 + b(3 - 4\mu) + 8\mu - 4]}{b^4 - 2b^2 + 16b - 15}$	
变量		区间
		$0 < \mu \leq \mu_1$ 或 $\mu_2 \leq \mu < \frac{1}{2}$
$v^*$	$N/A$	$\frac{a - S + 2S\mu}{2\mu}$
$Q_t^{M*}$	$N/A$	0
$Q_m^{M*}$	$-\frac{(a - S)[b(\mu - 1) + 2]}{2(b - 2)}$	$\frac{a - S}{2}$
$Q_d^{M*}$	$-\frac{(a - S)[b(\mu - 1) - 4\mu + 2]}{4(b - 2)}$	$N/A$

**证明** 通过逆向求解法,对式(10)分别求取关于  $Q_d^M$  和  $Q_t^M$  的一阶、二阶偏导数,得到

$$\frac{\partial \Pi_d^M}{\partial Q_d^M} =$$

$$a(1 - \mu) - bt - 2Q_d^M - Q_m^M - (1 - \mu)S - t,$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_d^M}{\partial Q_d^{M2}} = -2 < 0;$$

$$\frac{\partial \Pi_d^M}{\partial Q_t^M} =$$

$$a(1 - \mu) + a\mu - a - bt - (1 - \mu)S - (\mu - 1)S - t,$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_d^M}{\partial Q_t^{M2}} = -1 - b < 0.$$

联立一阶条件  $\frac{\partial \Pi_d^M}{\partial Q_d^M} = 0$  和  $\frac{\partial \Pi_d^M}{\partial Q_t^M} = 0$ , 得到

$$Q_{d1}^M = -\frac{\left( \begin{matrix} a(-b) - 2a\mu + a + bQ_m^M - b\mu S + \\ bS + b\mu v - Q_m^M + \mu S - S + \mu v \end{matrix} \right)}{b^2 + 2b - 3},$$

$$Q_{t1}^M = -\frac{\left( \begin{matrix} a(-b) - 2a\mu + a + bQ_m^M - b\mu S + \\ bS + b\mu v - Q_m^M + \mu S - S + \mu v \end{matrix} \right)}{b^2 + 2b - 3},$$

并代入式(9),求取关于  $Q_m^M$  的一阶、二阶偏导数,得到

$$\frac{\partial \Pi_m^M}{\partial Q_m^M} = \frac{\left( \begin{matrix} -a(b - 1)(\mu - 2) - 4(b - 1)Q_m^M + \\ (b - 1)[(b + 1)\mu v - S(b\mu + 2)] \end{matrix} \right)}{(b - 1)(b + 3)},$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m^M}{\partial Q_m^{M2}} = -\frac{4}{b + 3} < 0.$$

求解  $\frac{\partial \Pi_m^M}{\partial Q_m^M} = 0$ , 得到

$$Q_{m1}^M = \frac{1}{4}[-a(\mu - 2) - S(b\mu + 2) + (b + 1)\mu v],$$

并代入式(9),求取关于  $v$  的一阶、二阶偏导数,得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_m^M}{\partial v} = & \left( \begin{matrix} a \left\{ -\frac{1}{4}(b - 1)(b + 1)(\mu - 2)\mu - \right. \\ \left. \mu[b(\mu - 1) + \mu + 1] \right\} \end{matrix} \right) + \\ & \frac{\mu[(b - 1)(\mu - 1)S + 2\mu v]}{(b - 1)(b + 3)} + \\ & \frac{\frac{1}{4}(b - 1)(b + 1)\mu[(b + 1)\mu v - S(b\mu + 2)]}{(b - 1)(b + 3)} + \end{aligned}$$

$$\frac{-2\mu^2(S - v)}{(b - 1)(b + 3)},$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m^M}{\partial v^2} = \frac{\frac{1}{4}(b - 1)(b + 1)^2\mu^2 + 4\mu^2}{(b - 1)(b + 3)} < 0.$$

由一阶条件  $\frac{\partial \Pi_m^M}{\partial v} = 0$ , 得到

$$v_1 = \frac{\left( a[b(\mu - 2) + \mu + 2] + S[b^2\mu + b(2 - 3\mu) + 4\mu - 2] \right)}{(b^2 - 2b + 5)\mu} > 0.$$

将  $v_1$  代入  $Q_{m_1}^M$ 、 $Q_{d_1}^M$  和  $Q_{t_1}^M$ , 得到

$$Q_{m_1}^M = \frac{(a - S)[b(\mu - 1) - \mu + 3]}{b^2 - 2b + 5},$$

$$Q_{d_1}^M = \frac{(a - S)[b^3 + b(3 - 4\mu) + 8\mu - 4]}{b^4 - 2b^2 + 16b - 15},$$

$$Q_{t_1}^M = -\frac{(a - S)[b^3(\mu - 1) + 2b^2 - b\mu + b + 4\mu - 2]}{b^4 - 2b^2 + 16b - 15}.$$

由  $Q_d^M > 0$  和  $Q_t^M > 0$ , 得到

$$0 < \mu < \frac{b^3 + 3b - 4}{4b - 8},$$

$$\frac{b^3 - 2b^2 - b + 2}{b^3 - b + 4} < \mu < 1.$$

令  $\mu_1 = \frac{b^3 - 2b^2 - b + 2}{b^3 - b + 4}$ ,  $\mu_2 = \frac{b^3 + 3b - 4}{4b - 8}$ , 其中  $\mu_1 < \mu_2$ .

当  $0 < \mu \leq \mu_1$  或  $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$  时,  $Q_d^M > 0$ ,  $Q_{t_1}^M \leq 0$ , 即不存在均衡解  $Q_{t_1}^{M*}$ , 令  $Q_{t_1}^M = 0$  并代入式(9)和(10), 类似地, 得到

$$Q_{m_2}^M = -\frac{(a - S)[b(\mu - 1) + 2]}{2(b - 2)},$$

$$Q_{d_2}^M = -\frac{(a - S)[b(\mu - 1) - 4\mu + 2]}{4(b - 2)}.$$

此时,  $Q_m^{M*} = Q_{m_2}^M$ ,  $Q_d^{M*} = Q_{d_2}^M$ , 不存在均衡解  $Q_t^{M*}$  和  $v^*$ .

当  $\mu_1 < \mu < \mu_2$  时,  $Q_d^M > 0$ ,  $Q_{t_1}^M > 0$ , 此时,  $Q_m^{M*} = Q_{m_2}^M$ ,  $Q_d^{M*} = Q_{d_2}^M$ ,  $Q_t^{M*} = Q_{t_1}^M$  和  $v^* = v_1$ .

当  $\mu_2 \leq \mu < 1$  时,  $Q_d^M \leq 0$ , 即不存在均衡解  $Q_d^{M*}$ 、 $Q_{t_1}^M > 0$ . 令  $Q_d^M = 0$  并代入式(9)和(10), 类似地, 得到  $Q_{m_3}^M = \frac{a - S}{2}$ 、 $Q_{t_3}^M = 0$  和  $v_3 = \frac{a - S + 2S\mu}{2\mu} > 0$ . 此时,  $Q_m^{M*} = Q_{m_3}^M$ ,  $Q_t^{M*} = Q_{t_3}^M$  和  $v^* = v_3$ , 均衡解  $Q_d^{M*}$  不存在.

综上, 当  $0 < \mu \leq \mu_1$  时, 将  $Q_m^{M*} = Q_{m_2}^M$  和  $Q_d^{M*} = Q_{d_2}^M$  代入式(9)和(10), 得到

$$\Pi_m^{M*} = -\frac{(a - S)^2[2 + b(-1 + \mu)]^2}{8(-2 + b)},$$

$$\Pi_d^{M*} = \frac{(a - S)^2[2 + b(-1 + \mu) - 4\mu]^2}{16(-2 + b)^2}.$$

当  $\mu_1 < \mu < \mu_2$  时, 将  $Q_m^{M*} = Q_{m_2}^M$ 、 $Q_d^{M*} = Q_{d_2}^M$ 、 $Q_t^{M*} = Q_{t_1}^M$  和  $v^* = v_1$  代入式(9)和(10), 得到

$$\Pi_m^{M*} = -\frac{\left( (a - S)^2[b^2(\mu^2 - 3\mu + 2) + b(4\mu - 6) + \mu^2 - \mu + 4] \right)}{(b - 1)(b + 3)(b^2 - 2b + 5)},$$

$$\Pi_d^{M*} = -\frac{\left( (a - S)^2[b^2(\mu^2 - 3\mu + 2) + b(4\mu - 6) + \mu^2 - \mu + 4] \right)}{(b - 1)(b + 3)(b^2 - 2b + 5)}.$$

当  $\mu_2 \leq \mu < \frac{1}{2}$  时, 将  $Q_m^{M*} = Q_{m_2}^M$  和  $Q_d^{M*} = Q_{d_2}^M$  代入式(9)和(10), 得到

$$\Pi_m^{M*} = -\frac{(a - S)^2[2 + b(-1 + \mu)]^2}{8(-2 + b)},$$

$$\Pi_d^{M*} = \frac{(a - S)^2[2 + b(-1 + \mu) - 4\mu]^2}{16(-2 + b)^2}.$$

当  $\frac{1}{2} \leq \mu < 1$  时, 将  $Q_m^{M*} = Q_{m_3}^M$ 、 $Q_t^{M*} = Q_{t_3}^M$  和  $v^* = v_3$  代入式(9)和(10), 得到  $\Pi_m^{M*} = \frac{1}{4}(a - S)^2$  和  $\Pi_d^{M*} = 0$ . □

定理2给出了制造能力共享模式下的共享价格、生产数量和利润均衡解. 定理2表明在制造能力共享模式下: 当核心零部件占比较低时, 需求方仅生产低质量产品; 当核心零部件占比中等时, 需求方同时生产高、低质量产品; 当核心零部件占比较高时, 需求方不生产产品. 其中: 当核心零部件占比较低或中等时, 需求方才会生产低质量产品, 其原因类似于定理1, 不再赘述. 值得注意的是, 当核心零部件占比中等时, 需求方才会生产高质量产品. 原因在于当核心零部件占比较低时, 高质量产品的市场价格低于单位成本, 即生产非核心零部件的成本与生产高性能核心零部件的费用和, 需求方因没有利润而不生产高质量产品; 当核心零部件占比较高时, 由于供给方共享价格较高, 以至于高质量产品的市场价格恰好等于单位成本, 完全挤占需求方的利润空间, 需求方恰好因没有利润而不生产高质量产品. 相反, 当核心零部件占比中等时, 需求方通过生产高质量产品可获得利润, 因此有动机生产高质量产品.

在制造能力共享模式下, 进一步探究核心零部件占比  $\mu$  对双方利润的影响, 通过对核心零部件占比  $\mu$  进行灵敏度分析, 得到引理2.

**引理2** 制造能力共享模式下: 当  $0 < \mu < \mu_5$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{M*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{M*}}{\partial \mu} < 0$ ; 当  $\mu_5 < \mu < \frac{1}{2}$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{M*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{M*}}{\partial \mu} > 0$ ; 当  $\frac{1}{2} < \mu < 1$  时, 有  $\frac{\partial \pi_m^{M*}}{\partial \mu} = 0$  和  $\frac{\partial \pi_d^{M*}}{\partial \mu} = 0$ . 其中:  $\mu_5 = \frac{b - 2}{b - 4}$  且  $\mu_5 > \mu_2$ . 由定理2可知  $\Pi_m^{M*}$  和  $\Pi_d^{M*}$ , 证明过程类似于引理1的证明, 不再赘述.

引理2中, 核心零部件占比对双方利润的影响类似于引理1, 然而不同的是, 当核心零部件占比中等即  $\mu_1 < \mu < \mu_2$  时, 市场不仅存在供给方销售的高质量产品, 还存在需求方销售的高质量产品和低质量产

品. 由定理2和式(10)可知,若核心零部件占比增加,类似引理1需求方销售低质量产品的收益减少且生产数量减少,即使生产非核心零部件的成本降低,且高质量产品的市场价格提高,但是,由于需求方利用制造产能生产核心零部件的成本提高,使得生产单位高质量产品的成本提高,因此需求方的利润降低;此外,供给方即使由于市场竞争加剧导致销售收益减少,但是,供给方通过共享制造产能获得了较多的利润,因此供给方利润增加

2.3 创新能力共享模式

不同于制造能力共享模式下供给方M向需求方D共享先进制造产能,在创新能力共享模式下,供给方M共享的是自身智力资源和研发能力进而向需求方D提供产品创新方案,因此,需求方D能够独立生产高质量产品中的核心零部件,从而在市场上销售高质量产品. 由式(1)和(2),在创新能力共享模式下高、低质量产品的反需求函数如下式所示:

$$P_h^I = a - Q_m^I - Q_t^I - bQ_d^I, \tag{11}$$

$$P_l^I = (1 - \mu)a - Q_m^I - Q_t^I - Q_d^I. \tag{12}$$

首先,由供给方M提供共享制造服务模式,需求方D选择创新能力共享模式并签订服务合同,双方协商确定产品创新方案价格w;提供服务后,供给方M决策高质量产品生产数量Q\_m^I、需求方D决策低质量产品生产数量Q\_d^I和高质量产品生产数量Q\_t^I. 在创新能力共享模式下,供给方M和需求方D的利润函数分别为

$$\max_{Q_m^I} \Pi_m^I = (a - Q_m^I - Q_t^I - bQ_d^I)Q_m^I - SQ_m^I + w, \tag{13}$$

$$\begin{aligned} \max_{Q_d^I, Q_t^I} \Pi_d^I &= (a - Q_m^I - Q_t^I - bQ_d^I)Q_t^I + \\ &[(1 - \mu)a - Q_m^I - Q_t^I - Q_d^I]Q_d^I - \\ &SQ_t^I - (1 - \mu)SQ_d^I - w. \end{aligned} \tag{14}$$

通过逆向求解法首先求解式(13)和(14),分别求出供给方M和需求方D的最优生产数量,由此得到定理3.

定理3 创新能力共享模式下,供给方与需求方

表4 供给方、需求方的生产数量均衡解

变量	区间	
	$0 < \mu < \mu_3$	$\mu_3 \leq \mu < 1$
$Q_t^{I*}$	$-\frac{(a-S)[b(3\mu-2)+5\mu+2]}{4(b^2+2b-3)}$	$\frac{a-S}{4}$
$Q_m^{I*}$	$-\frac{(\mu-2)(a-S)}{4}$	$\frac{a-S}{2}$
$Q_d^{I*}$	$\frac{(a-S)(b(\mu+2)+7\mu-2)}{4[b^2+2b-3]}$	$N/A$

博弈时可获得唯一生产数量和利润,如表4所示. 表4中,  $\mu_3 = \frac{2-2b}{b+7}$ .

证明 类似定理2的证明,通过逆向求解法求解,当  $0 < \mu < \mu_3$  时,有

$$\Pi_m^{I*} = \frac{\left( a^2(\mu-2)^2 - 2a(\mu-2)^2S + \right)}{8(b+3)},$$

$$\begin{aligned} \Pi_d^{I*} &= \\ &-w + \frac{a^2[b(3\mu^2+4\mu-4)+13\mu^2-4\mu+4]}{16(b^2+2b-3)} \\ &\frac{2aS(b(3\mu^2+4\mu-4)+13\mu^2-4\mu+4)}{16(b^2+2b-3)} + \\ &\frac{S^2(b(3\mu^2+4\mu-4)+13\mu^2-4\mu+4)}{16(b^2+2b-3)}. \end{aligned}$$

当  $\mu_3 \leq \mu < 1$  时,  $\Pi_m^{I*} = \frac{1}{8}(a^2 - 2aS + S^2 + 8w)$  和  $\Pi_d^{I*} = \frac{1}{16}(a^2 - 2aS + S^2 - 16w)$ . 具体证明过程不再赘述. □

定理3给出了创新能力共享模式下供给方M、需求方D的生产数量和利润均衡解. 定理3表明在创新能力共享模式下:当核心零部件占比较低时,需求方同时生产高、低质量产品;当核心零部件占比较高时,需求方仅生产高质量产品. 其中:当核心零部件占比较低时,需求方才会生产低质量产品,其原因类似于定理1,故不再赘述. 区别于制造能力共享模式下需求方生产高质量产品的最优策略,在创新能力共享模式下高质量产品的市场价格始终高于独立生产单位高质量产品的生产成本,因此,需求方始终会生产高质量产品.

在创新能力共享模式下,进一步探究核心零部件占比μ对双方利润的影响,通过对核心零部件占比μ进行灵敏度分析,得到引理3.

引理3 创新能力共享模式下:当  $0 < \mu < \mu_6$  时,有  $\frac{\partial \Pi_m^{I*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \Pi_d^{I*}}{\partial \mu} < 0$ ; 当  $\mu_6 < \mu < \mu_3$  时,有  $\frac{\partial \Pi_m^{I*}}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial \Pi_d^{I*}}{\partial \mu} > 0$ ; 当  $\mu_3 < \mu < 1$  时,有  $\frac{\partial \Pi_m^{I*}}{\partial \mu} = 0$  和  $\frac{\partial \Pi_d^{I*}}{\partial \mu} = 0$ . 其中:  $\mu_6 = \frac{2-2b}{3b+13}$  且  $\mu_6 < \mu_5$ . 由定理3可知  $\Pi_m^{I*}$  和  $\Pi_d^{I*}$ , 证明过程类似于引理1的证明,其中  $\mu_6 = \frac{2-2b}{3b+13}$ , 故不再赘述.

引理3中,核心零部件占比对双方利润的影响类似于引理1和引理2,值得指出的是,创新能力共享模式下核心零部件占比变动对需求方利润影响更为显著. 这是因为在创新能力共享模式下,需求方生产高质量产品不再具有比较劣势,从而增加高质量产品的

生产数量. 因此, 当核心零部件占比增加时, 类似引理1市场上低质量产品数量减少且将更快退出市场, 从而影响需求方的利润. 此外, 当核心零部件占比较高时, 市场上仅存在高质量产品因而不存在质量差异, 由式(13)和(14)可知, 此时, 核心零部件占比变动对供给方和需求方的利润无影响.

### 3 对比分析

#### 3.1 供给方的共享制造模式提供意愿和策略

通过对比供给方在独立制造模式、制造能力共享模式和创新模式下的均衡利润, 分析在不同情形下是否提供以及如何提供共享制造模式对其更有益, 可得到供给方的共享制造模式提供意愿和策略, 进一步给出命题1.

**命题1** 当市场潜在需求规模较小时, 供给方倾向于提供创新能力共享模式; 否则, 供给方倾向于提供制造能力共享模式. 随着 $\mu$ 和 $a$ 的变动, 供给方的模式提供策略有所调整, 如表5所示.

表5 供给方的模式提供策略

$\mu$ 区间	$0 < \mu \leq \mu_3$		$\mu_3 < \mu \leq \mu_1$ 或 $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$	
$a$ 区间	$a > a_1$ $S < a \leq a_1$		$a > a_2$ $S < a \leq a_2$	
最优模式	$M$ $I$		$M$ $I$	

$\mu$ 区间	$\mu_1 < \mu \leq \mu_2$		$\frac{1}{2} < \mu < 1$	
$a$ 区间	$a > a_3$ $S < a \leq a_3$		$a > a_4$ $S < a \leq a_4$	
最优模式	$M$ $I$		$M$ $I$	

**证明** 根据定理1~定理3, 由 $0 < \mu_3 < \mu_1 < \mu_2 < \frac{1}{2} < 1$ 对比不同区间内独立制造模式、制造能力共享模式与创新能力共享模式下供给方的利润.

当 $0 < \mu \leq \mu_3$ 时

$$\begin{aligned} \Pi_m^{N*} &= -\frac{(a-S)^2[b(\mu-1)+2]^2}{8(b-2)}, \\ \Pi_m^{M*} &= -\frac{(a-S)^2[b(\mu-1)+2]^2}{8(b-2)}, \\ \Pi_m^{I*} &= \frac{(a^2(\mu-2)^2 - 2a(\mu-2)^2S + 8(b+3)w + (\mu-2)^2S^2)}{8(b+3)}, \end{aligned}$$

其中 $\Pi_m^{N*} = \Pi_m^{M*}$ .

对比 $\Pi_m^{I*}$ 与 $\Pi_m^{M*}$ , 通过求解 $\Pi_m^{I*} - \Pi_m^{M*} > 0$ , 得到当 $S < a < a_1$ 时, 有 $\Pi_m^{I*} > \Pi_m^{M*}$ ; 否则,  $\Pi_m^{I*} < \Pi_m^{M*}$ . 其中

$$a_1 = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{b^2w + bw - 6w}{(b+2)(b^2\mu^2 - 2b^2\mu + b^2 + b\mu^2 + 2b\mu - 3b - \mu^2 + 4\mu + 2)}} + S.$$

当 $\mu_3 < \mu \leq \mu_1$ 时, 类似通过求解 $\Pi_m^{I*} - \Pi_m^{M*} > 0$ , 得到当 $S < ah < a_2$ 时, 有 $\Pi_m^{I*} > \Pi_m^{M*}$ ; 否则,  $\Pi_m^{I*} < \Pi_m^{M*}$ . 其中

$$a_2 = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{bw - 2w}{b^2\mu^2 - 2b^2\mu + b^2 + 4b\mu - 3b + 2}} + S.$$

当 $\mu_1 < \mu \leq \mu_2$ 时, 有 $\Pi_m^N < \Pi_m^M$ , 类似通过求解 $\Pi_m^{M*} - \Pi_m^{I*} > 0$ , 得到当 $a > a_3$ 时, 有 $\Pi_m^{M*} > \Pi_m^{I*}$ ; 否则,  $\Pi_m^{M*} < \Pi_m^{I*}$ . 其中

$$a_3 = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{b^4w - 2b^2w + 16bw - 15w}{(b^4 + 8b^2\mu^2 - 24b^2\mu + 14b^2 + 32b\mu - 32b + 8\mu^2 - 8\mu + 17)}} + S.$$

当 $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$ 时, 类似通过求解 $\Pi_m^{I*} - \Pi_m^{M*} > 0$ , 得到当 $S < ah < a_2$ 时, 有 $\Pi_m^{I*} > \Pi_m^{M*}$ ; 否则,  $\Pi_m^{I*} < \Pi_m^{M*}$ .

当 $\frac{1}{2} < \mu \leq 1$ 时, 类似通过求解 $\Pi_m^{I*} - \Pi_m^{M*} > 0$ , 得到当 $S < a_4$ 时, 有 $\Pi_m^{I*} > \Pi_m^{M*}$ ; 否则,  $\Pi_m^{I*} < \Pi_m^{M*}$ . 其中 $a_4 = S + 2\sqrt{2}\sqrt{w}$ .

综上, 当 $0 < \mu < 1$ 时,  $\Pi_m^{M*} - \Pi_m^{N*} \geq 0$ , 即 $\Pi_m^{M*} \geq \Pi_m^{N*}$ . 当 $a > a_1$ 或 $a > a_2$ 或 $a > a_3$ 或 $a > a_4$ 时,  $\Pi_m^{M*} > \Pi_m^{I*}$ ; 当 $S < a \leq a_1$ 或 $S < a \leq a_2$ 或 $S < a \leq a_3$ 或 $S < a \leq a_4$ 时,  $\Pi_m^{M*} < \Pi_m^{I*}$ .  $\square$

命题1表明在任何情形下, 供给方均愿意提供共享制造服务. 具体而言, 当市场潜在需求规模较小时, 供给方倾向于提供创新能力共享模式; 反之, 供给方倾向于选择制造能力共享模式. 图2给出了参数 $S = 0.01$ 、 $w = 0.60$ 、 $b = 0.80$ 时供给方的模式提供策略. 其中: “M”为制造能力共享模式, “I”为创新能力共享模式. 这是因为当市场潜在需求规模较大时, 供给方通过大量生产高质量产品获得的利润较高. 在制造能力共享模式下, 共享先进制造产能甚至会加剧市场竞争, 导致销售收益降低, 但是, 通过共享制造产能获得的利润高于销售损失, 因此可进一步提高利润; 在创新能力共享模式下, 供给方通过提供产品创新方案获得的利润低于通过共享制造产能获得的利润. 因此, 此时供给方倾向于提供制造能力共享模式. 反之, 当市场潜在需求规模较小时, 供给方通过生产高质量

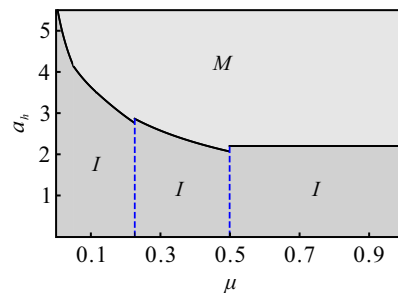


图2 供给方均衡利润的对比分析

产品获得的利润较低. 在创新能力共享模式下, 供给方提供产品创新方案获得的利润较高, 且高于制造能力共享模式下共享制造产能获得的利润, 进而能够提高供给方的利润. 因此, 当市场潜在需求规模较小时, 供给方倾向于提供创新能力共享模式.

3.2 需求方的共享制造模式选择意愿和策略

进一步地, 通过对比需求方在不同模式下的均衡利润, 分析在不同情形下是否参与共享制造模式以及选择何种共享制造模式对需求方更有益, 可得到需求方的共享制造模式选择意愿和策略, 进一步给出命题2.

**命题2** 当市场潜在需求规模较大时, 需求方选择创新能力共享模式, 当市场潜在需求规模较小且核心零部件占比中等时, 需求方选择制造能力共享模式; 否则, 需求方不参与共享制造模式. 随着 $\mu$ 和 $a$ 的变动, 需求方的模式选择策略有所调整, 如表6所示.

表6 需求方的模式选择策略

$\mu$ 区间	$0 < \mu \leq \mu_3$	$\mu_3 < \mu \leq \mu_1$ 或 $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$	
$a$ 区间	$a > a_5$ $S < a \leq a_5$	$a > a_6$	$S < a \leq a_6$
最优模式	$I$	$N$	$I$ $N$
$\mu$ 区间	$\mu_1 < \mu \leq \mu_2$		$\frac{1}{2} < \mu < 1$
$a$ 区间	$a > a_5$ $S < a \leq a_5$	$a > a_6$	$S < a \leq a_6$
最优模式	$I$	$M$	$I$ $N$

**证明** 根据定理1~定理3, 由  $0 < \mu_3 < \mu_1 < \mu_2 < \frac{1}{2} < 1$  对比不同区间内独立制造模式、制造能力共享模式与创新能力共享模式下需求方的利润.

类似命题1的证明, 其中

$$a_5 = 4[(b^4w - 2b^3w - 7b^2w + 20bw - 12w) / (b^4\mu^2 - 2b^4\mu + b^4 - 3b^3\mu^2 + 12b^3\mu - 6b^3 - 2b^2\mu^2 - 6b^2\mu + 13b^2 + 16b\mu^2 - 36b\mu - 12b + 4\mu^2 + 32\mu + 4)]^{\frac{1}{2}} + S,$$

$$a_6 = 4\sqrt{-\frac{b^2w - 4bw + 4w}{(b-4)\mu(b\mu - 2b - 4\mu + 4)}} + S,$$

$$a_7 = 4[(b^6w - 2b^5w + 3b^4w + 20b^3w - 57b^2w + 110bw - 75w) / (b^6 + 16b^5\mu - 18b^5 - 16b^4\mu^2 + 16b^4\mu + 19b^4 - 32b^3\mu^2 + 48b^3\mu + 4b^3 + 112b^2\mu^2 - 144b^2\mu - 9b^2 - 256b\mu^2 + 320b\mu + 14b + 256\mu^2 - 256\mu - 11)]^{\frac{1}{2}} + S,$$

$$a_8 = S + 4\sqrt{w}. \quad \square$$

命题2表明, 当市场潜在需求规模较大时, 需求方会参与共享制造模式, 而当市场潜在需求规模较小时, 需求方选择性地参与共享制造模式. 图3给出了参数  $S = 0.01$ 、 $w = 0.60$ 、 $b = 0.60$  时需求方的模式选择策略. 其中: “ $M$ ” 为制造能力共享模式, “ $I$ ” 为创新能力共享模式, “ $N$ ” 为独立制造模式. 这是因为市场潜在需求规模较大时, 即使需求方的生产策略会随着核心零部件占比变动发生调整, 但是, 通过生产高质量产品相比于不生产高质量产品仍可获得较多的利润. 此外, 在生产相同数量的高质量产品时, 需求方选择产品创新方案的成本低于消耗制造产能的成本, 且能够获得独立生产高质量产品的能力. 因此, 此时需求方选择创新能力共享模式. 当市场潜在需求规模较小, 且核心零部件占比较高或较低时, 即使需求方的生产策略会随着核心零部件占比变动发生调整, 但是, 通过生产并销售高质量产品获得的利润较低, 低于接受制造能力共享服务或创新能力共享服务的成本, 因此需求方不参与共享制造模式, 其原因类似于定理2, 不再赘述.

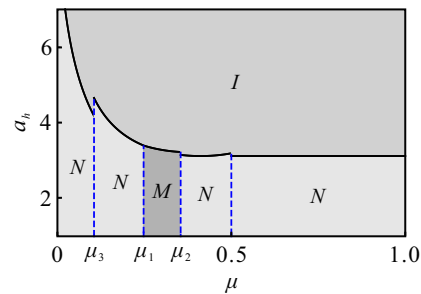


图3 需求方均衡利润的对比分析

值得注意的是, 当市场潜在需求规模较小且核心零部件占比中等时, 需求方选择制造能力共享模式. 原因在于此时通过生产并销售高质量产品获得的利润较高, 高于消耗制造产能的成本而低于选择产品创新方案的成本, 因此, 此时需求方选择制造能力共享模式. 命题2在一定程度上解释了需求方即中小型制造企业参与意愿不强的原因.

3.3 共享制造均衡策略

由命题1和命题2, 通过对比供给方的共享制造模式提供策略和需求方的共享制造模式选择策略, 可得到共享制造供需双方的均衡策略. 供需双方共同选择共享制造模式时才会签订服务合同, 因此, 本文仅给出何种情形下对供给方和需求方均更有益, 即选择共享制造模式是双赢模式, 进而给出命题3.

**命题3** 当且仅当市场潜在需求规模中等且核心零部件占比中等时, 共享制造模式可能是供需双方的双赢模式. 随着 $\mu$ 、 $a$ 和 $b$ 的变动, 共享制造模式是双

赢模式时合同签订情况如表7所示.

表7 共享制造服务合同签订情况

签订模式	$b$ 区间	$\mu$ 区间	$a$ 区间
$M$	$0 < b < 1$	$\mu_1 < \mu \leq \mu_2$	$a_3 < a \leq a_7$
$I$	$b_1 < b < 1$	$\mu_2 < \mu \leq \mu_4$	$a_6 < a \leq a_2$

**证明** 由命题1和命题2证明可知:

1) 当  $0 < \mu \leq \mu_3$  时, 由于  $a_1 - a_5 > 0$ , 此时共享制造模式不是双赢模式.

2) 当  $\mu_3 < \mu \leq \mu_1$  时, 由于  $a_2 - a_6 > 0$ , 此时共享制造模式不是双赢模式.

3) 当  $\mu_1 < \mu \leq \mu_2$  时, 由于  $a_7 - a_3 > 0$ , 此时制造能力共享模式是双赢模式.

4) 当  $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$  时, 由  $a_2 - a_6 > 0$ , 得到  $b_1 < b < 1$  且  $\mu_2 < \mu < \mu_4$ , 此时创新能力共享模式是双赢模式. 其中

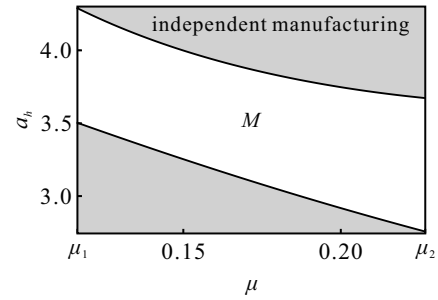
$$200 - 4600b_1 + 21700b_1^2 - 43185b_1^3 + 42916b_1^4 - 24164b_1^5 + 9456b_1^6 - 2248b_1^7 + 128b_1^8 = 0,$$

$$\mu_4 = \frac{2b^3 - 9b^2 + 14b - 8}{2b^3 - 5b^2 + 8b - 16} + \sqrt{\frac{-6b^5 + 39b^4 - 76b^3 + 12b^2 + 96b - 64}{(2b^3 - 5b^2 + 8b - 16)^2}}.$$

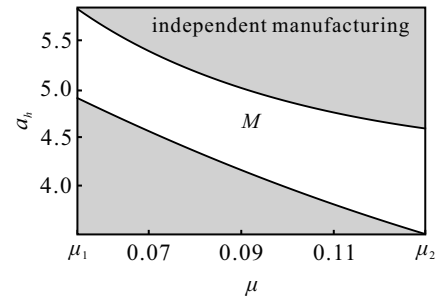
5) 当  $\frac{1}{2} < \mu \leq 1$  时, 由于  $a_4 - a_8 > 0$ , 此时共享制造模式不是双赢模式.  $\square$

命题3表明: 当核心零部件占比较低时, 制造能力共享模式是供需双方的双赢模式; 当核心零部件占比较高且价格敏感系数较高时, 创新能力共享模式是供需双方的双赢模式. 这是因为当核心零部件占比较低时, 在制造能力共享模式下, 供给方通过共享先进制造产能获得的利润较高, 而市场竞争加剧导致销售损失较低, 同时, 需求方通过生产高质量产品所获利润高于消耗制造产能的成本, 因此双方均会选择制造能力共享模式; 否则, 其中一方不选择制造能力共享模式. 然而, 当核心零部件占比较高且价格敏感系数较高时, 在创新能力共享模式下, 供给方通过提供产品创新方案获得的利润较高, 而市场竞争加剧导致销售损失较低, 同时, 需求方通过独立生产高质量产品所获利润高于选择产品创新方案的成本, 因此, 此时创新能力共享模式是供需双方的双赢模式; 否则, 其中一方因达不到最优利润而不选择创新能力共享模式, 双方无法签订服务合同. 图4具体地展示了价格敏感系数、核心零部件占比和市场潜在需求规模对共享制造模式是否为供需双方的双赢模式的影响.

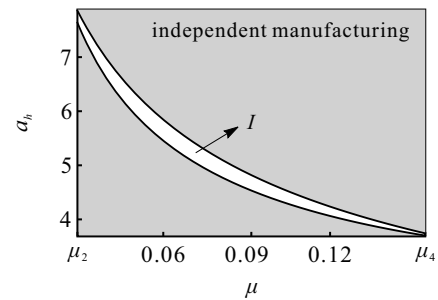
影响.



(a)  $S=0.01, w=0.60, b=0.80$



(b)  $S=0.01, w=0.60, b=0.90$



(c)  $S=0.01, w=0.60, b=0.98$

图4 共享制造供需双方的均衡策略

在共享制造模式是供需双方的双赢模式的情形下, 进一步探究其对社会福利即消费者剩余与供应链总利润的总和的影响, 通过比较共享制造模式与独立制造模式下的消费者剩余和供应链总利润, 得到推论1.

**推论1** 当共享制造模式是供需双方的双赢模式时, 消费者剩余和供应链总利润均高于独立制造模式, 因此, 社会福利高于独立制造模式.

**证明** 由定理1~定理3和命题3可知, 当  $\mu_1 < \mu \leq \mu_2$  时, 制造能力共享模式下供应链总利润最高, 独立制造模式下

$$Q_m^{N*} = -\frac{(a-S)[b(\mu-1)+2]}{2(b-2)},$$

$$Q_d^{N*} = -\frac{(a-S)[b(\mu-1)-4\mu+2]}{4(b-2)};$$

制造能力共享模式下

$$Q_t^{M*} = -\frac{(a-S)[b^3(\mu-1)+2b^2-b\mu+b+4\mu-2]}{b^4-2b^2+16b-15},$$

$$Q_m^{M*} = \frac{(a-S)[b(\mu-1) - \mu + 3]}{b^2 - 2b + 5},$$

$$Q_d^{M*} = \frac{(a-S)[b^3 + b(3-4\mu) + 8\mu - 4]}{b^4 - 2b^2 + 16b - 15}.$$

因此,得到  $(Q_t^{M*} + Q_m^{M*})^2 + (Q_d^{M*})^2 - (Q_m^{N*})^2 - (Q_d^{N*})^2 > 0$ . 当  $\mu_2 < \mu \leq \frac{1}{2}$  时,创新能力共享模式下供应链总利润最高,独立制造模式下

$$Q_m^{N*} = -\frac{(a-S)[b(\mu-1) + 2]}{2(b-2)},$$

$$Q_d^{N*} = -\frac{(a-S)[b(\mu-1) - 4\mu + 2]}{4(b-2)};$$

创新能力共享模式下

$$Q_t^{I*} = \frac{a-S}{4},$$

$$Q_m^{I*} = -\frac{(\mu-2)(a-S)}{4}.$$

因此,得到  $(Q_t^{I*} + Q_m^{I*})^2 - (Q_m^{N*})^2 - (Q_d^{N*})^2 > 0$ .  $\square$

推论1表明,当共享制造模式是供需双方的双赢模式时,同时能够增加消费者剩余.这是因为当供需双方共同选择任一共享制造模式并签订服务合同时,需求方均会大量生产高质量产品,使得市场上高质量产品的总数量增加,进而加剧市场竞争导致高、低质量产品的市场价格均降低,从而增加消费者剩余.此外,由命题1和命题2可知,此时,供需双方均达到最优利润即供应链总利润最高.因此,共享制造模式下的社会福利高于独立制造模式.

## 4 结论

本文基于共享制造背景,针对供需双方普遍存在的竞合关系,构建了由供给方和需求方组成的 Stackelberg 博弈模型.在此基础上对比供给方与需求方的利润,获得了共享制造供需双方的最优模式选择策略;进一步地,给出了在何种情形下共享制造模式是供需双方的双赢模式,双方会签订服务合同.本文的主要结论包括:1)当市场潜在需求规模较小时,供给方倾向于提供创新能力共享模式;否则,供给方倾向于提供制造能力共享模式.2)当市场潜在需求规模较大时,需求方选择创新能力共享模式,当市场潜在需求规模较小且核心零部件占中等时,需求方选择制造能力共享模式;否则,不参与共享制造模式.3)当且仅当市场潜在需求规模中等且核心零部件占比中等时,共享制造模式是供需双方的双赢模式.

本文研究结论可为竞合关系下共享制造模式选择和决策优化提供有益的管理启示,即市场潜在需求规模和核心零部件占比对供需双方的共享制造模式提供和选择有重要影响,供需双方应根据具体情形选择不同的共享制造模式.其中,当市场潜在需求规模

较大时,需求方应主动参与到创新能力共享模式中,实现自身产品质量的长久提升以免被市场淘汰.此外,虽然供给方提供共享制造模式有利于增加收益,但是,仍然应根据实际情况选择提供合适的共享制造模式以实现利润最优化;特别地,相比于制造能力共享模式,创新能力共享模式能够加快整个行业内产品质量的升级迭代,因此向需求方共享创新资源和能力后,供给方应进一步加大自身产品创新力度,以免在下一季度竞争中不具有比较优势.

本文的研究工作仅考虑由单一服务供给方、单一服务需求方和消费者组成的共享制造供应链,然而,现实中共享制造的参与主体更为多样化和动态化,未来研究可进一步探讨由单个服务供给方、多个服务需求方以及消费者构成的共享制造供应链.此外,本文假设消费者需求是同质化的,消费者需求异质化的情形是值得进一步研究的方向.

## 参考文献(References)

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 新格局下我国制造业发展迎来新使命[EB/OL]. [2021-12-17]. [https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202112/t20211217\\_1308310.html](https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202112/t20211217_1308310.html).
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部关于加快培育共享制造新模式新业态促进制造业高质量发展的指导意见[EB/OL]. [2019-10-22]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-11/13/content\\_5451530.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-11/13/content_5451530.htm).
- [3] 杨桂菊,程兆谦,侯丽敏,等. 代工企业转型升级的多元路径研究[J]. 管理科学, 2017, 30(4): 124-138. (Yang G J, Cheng Z Q, Hou L M, et al. The research on the multiple paths of OEM enterprises transition and upgrading[J]. Journal of Management Science, 2017, 30(4): 124-138.)
- [4] 王芹鹏. 考虑参考减排努力水平效应的联合减排与竞争动态策略研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(10): 172-182. (Wang Q P. Dynamic strategies of joint emission-reduction and competition considering reference emission-reduction effort effect[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28(10): 172-182.)
- [5] 晏鹏宇,杨柳,车阿大. 共享制造平台供需匹配与调度研究综述[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(3): 811-832. (Yan P Y, Yang L, Che A D. Review of supply-demand matching and scheduling in shared manufacturing[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2022, 42(3): 811-832.)
- [6] He J B, Zhang J, Gu X J. Research on sharing manufacturing in Chinese manufacturing industry[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 104(1): 463-476.

- [7] 海尔集团. 海尔“海创汇”[EB/OL]. [2023-03-12]. <https://www.haier.com/hch/>.
- [8] 张子鸣, 王新平, 苏畅, 等. 不同成本收益摊配机制下共享制造质量协同演化博弈[J]. 系统管理学报, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.N.20230207.1701.004.html>.  
(Zhang Z M, Wang X P, Su C, et al. Co-evolutionary game for shared manufacturing quality under different cost-benefit allocation mechanisms[J]. *Journal of Systems & Management*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.N.20230207.1701.004.html>.)
- [9] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. “共享经济思·享·汇”第十二期: 培育共享制造新业态助力中小企业转型发展[EB/OL]. [2020-05-21]. <http://www.sic.gov.cn/News/568/10487.htm>.
- [10] 中国国家信息中心信产部. 张新红: 共享制造的春天已经到来[EB/OL]. [2020-10-10]. <http://www.sic.gov.cn/News/568/10610.htm>.
- [11] Andrea G, Christofer L, Christina Ö. Copycats among underdogs-echoing the sharing economy business model[J]. *Industrial Marketing Management*, 2021, 96: 287-299.
- [12] Soltysova Z, Modrak V. Challenges of the sharing economy for SMEs: A literature review[J]. *Sustainability*, 2020, 12(16): 6504.
- [13] 海尔数字科技(上海)有限公司. 海尔卡奥斯 COSMOPlat[EB/OL]. [2023-03-12]. <https://www.cosmoplat.com/>.
- [14] 赵道致, 冯慧中. 考虑产能需求方交期和价格敏感的产能分享平台定价策略[J]. 控制与决策, DOI: 10.13195/j.kzyjc.2022.0639.  
(Zhao D Z, Feng H Z. Pricing strategy of capacity sharing platform considering delivery date and price sensitivity of demand side[J]. *Control and Decision*, DOI: 10.13195/j.kzyjc.2022.0639.)
- [15] 中国国家信息中心分享经济研究中心. 中国制造业产能共享发展年度报告2018[EB/OL]. [2018-02-27]. <http://admin.ilinkmall.com/Content/ueditor/net/upload/2018-03-14/e4bc466d-31cb-4bf3-a8cf-da8371714929.pdf>.
- [16] 李凯, 肖巍, 朱晓曦. 基于云平台的共享制造模式定价策略[J]. 控制与决策, 2022, 37(4): 1056-1066.  
(Li K, Xiao W, Zhu X X. Pricing strategies for sharing manufacturing model based on cloud platform[J]. *Control and Decision*, 2022, 37(4): 1056-1066.)
- [17] Fii. 富士康“工业富联”[EB/OL]. [2023-03-12]. <https://www.fii-foxconn.com/index>.
- [18] 树根互联股份有限公司. 三一重工“根云互联”[EB/OL]. [2023-03-12]. <https://www.rootcloud.com>.
- [19] 航天云网. 航天科工“航天云网”[EB/OL]. [2023-03-12]. <https://www.casicloud.com/>.
- [20] Wang G, Zhang G, Guo X, et al. Digital twin-driven service model and optimal allocation of manufacturing resources in shared manufacturing[J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2021, 59: 165-179.
- [21] 赵道致, 李锐. 考虑主体心理预期的云制造资源双边匹配机制[J]. 控制与决策, 2017, 32(5): 871-878.  
(Zhao D Z, Li R. Two-sided matching mechanism with agents' expectation for cloud manufacturing resource[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(5): 871-878.)
- [22] Pan X Y, Ma J Z, Zhao D Z. Study on pricing behaviour and capacity allocation of cloud manufacturing service platform[J]. *Cluster Computing*, 2019, 22(6): 14701-14707.
- [23] Basu A, Bhaskaran S, Mukherjee R. An analysis of search and authentication strategies for online matching platforms[J]. *Management Science*, 2019, 65(5): 1949-2443.
- [24] Huang P, Lv G Y, Xu Y. Quality regulation on two-sided platforms: Exclusion, subsidization, and first-party applications[J]. *Management Science*, 2022, 68(8): 4415-4434.
- [25] Zhao D Z, Han H S, Shang J, et al. Decisions and coordination in a capacity sharing supply chain under fixed and quality-based transaction fee strategies[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, 150: 106841.
- [26] Ren L, Cui J, Wei Y C, et al. Research on the impact of service provider cooperative relationship on cloud manufacturing platform[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2016, 86(5): 2279-2290.
- [27] Chen J, Huang G Q, Wang J Q, et al. A cooperative approach to service booking and scheduling in cloud manufacturing[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 273(3): 861-873.
- [28] 刘丛, 黄卫来, 杨超, 等. 竞争环境下制造商激励共享供应商创新的决策研究[J]. 系统工程学报, 2020, 35(1): 105-119.  
(Liu C, Huang W L, Yang C, et al. The decision on stimulating shared-supplier innovation under competition[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2020, 35(1): 105-119.)
- [29] Jung S H, Kouvelis P. On co-opetitive supply partnerships with end-product rivals: Information asymmetry, dual sourcing and supply market efficiency[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2022, 24(2): 1040-1055.
- [30] 肖旦, 聂珊珊. 回收商相互竞争下闭环供应链成员的竞合策略[J]. 系统工程学报, 2021, 36(6): 833-850.

- (Xiao D, Nie S S. Members' co-opetition strategy in closed-loop supply chains with competing recyclers[J]. Journal of Systems Engineering, 2021, 36(6): 833-850.)
- [31] Hafezi M, Zhao X, Zolfagharinia H. Together we stand? Co-opetition for the development of green products[J]. European Journal of Operational Research, 2023, 306(3), 1417-1438.
- [32] 秦星红, 苏强, 洪志生. 考虑顾客期望与质量成本的网购物流服务供应链的竞争合作策略研究[J]. 管理工程学报, 2019, 33(3): 136-146.
- (Qin X H, Su Q, Hong Z S. Competitive and cooperative strategies for online shopping logistics service supply chain considering customer expectations and quality cost[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2019, 33(3): 136-146.)
- [33] Chambers C, Kouvelis P, Semple J. Quality-based competition, profitability, and variable costs[J]. Management Science, 2006, 52(12): 1884-1895.
- [34] Niu B Z, Mu Z H, Cao B, et al. Should multinational firms implement blockchain to provide quality verification?[J]. Transportation Research—Part E: Logistics and Transportation Review, 2021, 145: 102121.
- [35] Jean-Etienne B, Liu H F, David T, et al. Competition and innovation in markets for technology[J]. Management Science, DOI: 10.1287/mnsc.2022.4574.
- [36] 李四杰, 邵灵芝. 考虑消费者策略行为的供应商产品升级策略[J]. 中国管理科学, 2018, 26(4): 1-10.
- (Li S J, Shao L Z. Upgrade strategies in the presence of strategic consumers[J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(4): 1-10.)
- [37] 张翠华, 李慧思. 考虑产品质量差异的制造商入侵决策研究[J]. 管理工程学报, 2020, 34(4): 161-170.
- (Zhang C H, Li H S. Research on manufacturers encroachment decision-making considering quality difference of products[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2020, 34(4): 161-170.)
- [38] 谢乃明, 吴乔, 郑绍祥. 面向云平台中心化集成调度的跨供应商订单分配模型[J]. 控制与决策, 2020, 35(3): 667-676.
- (Xie N M, Wu Q, Zheng S X. Cross-vendor order allocation model for centralized integrated scheduling of cloud platforms[J]. Control and Decision, 2020, 35(3): 667-676.)

### 作者简介

蒋忠中(1979—), 男, 教授, 博士生导师, 从事服务型制造与数智化运营管理等研究, E-mail: zjiang@mail.neu.edu.cn;

林群庚(2002—), 男, 本科生, 从事工业工程与运营管理的研究, E-mail: linqungeng@stumail.neu.edu.cn;

何娜(1992—), 女, 博士后, 从事供应链与可持续运营管理等研究, E-mail: hena@mail.neu.edu.cn;

臧元基(1997—), 男, 博士生, 从事行为运营与供应链管理研究, E-mail: neu\_yjzang@163.com.



**特邀专家** 蒋忠中, 国家“万人计划”青年拔尖人才, 现任东北大学工商管理学院院长、教授、博士生导师, 东北大学行为与服务运作管理研究所所长, 辽宁省服务型制造研究院院长兼首席专家, 辽宁省科技创新智库服务型制造研究基地负责人; 曾任美国明尼苏达大学访问教授, 国家自然科学基金委创新研究群体及国际重大合作项目骨干成员; 兼任POM、Decision Sciences编委, OMEGA、IJPR客座主编, 《系统工程理论与实践》《系统管理学报》编委等. 围绕服务型制造与数智化运营管理研究领域主持国家自然科学基金项目4项(已完成的3项评估成绩为: 1项特优、2项优秀), 在MSOM、POM、TRB、管理科学学报等国内外顶级/重要学术期刊发表论文90余篇, 获省部级优秀成果奖12项, 省部级领导批示4项.

**专家寄语** 白山嵯峨, 黑水滔滔; 巍巍东大, 勋业煌煌. 自强不息方为贵, 知行合一以登高. 遥想当年肇始, 岁月缱绻, 救亡图存旗帜高扬; 值此十秩新篇, 葳蕤生香, 踔厉奋进再启华章. 愿百年东大, 迎潮踏浪; 学脉延绵, 赓续辉煌!