

# 控制与决策

Control and Decision

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

赵道致, 冯慧中

引用本文:

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*, 2024, 39(2): 625–632.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2022.0639>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

[需求波动下考虑乘运供应能力的网约车平台动态定价](#)

Dynamic pricing for ride-hailing platform with demand fluctuation and supply capacity

*控制与决策*. 2021, 36(6): 1499–1508 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0881>

[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>

[考虑绿色网络效应的再制造产品最优生产决策及产品之间的竞争](#)

Optimal production for remanufacturing products and competition among consumers in the presence of green network effect

*控制与决策*. 2021, 36(4): 993–1002 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0366>

[考虑绿色网络效应的再制造产品最优生产决策及产品之间的竞争](#)

Optimal production for remanufacturing products and competition among consumers in the presence of green network effect

*控制与决策*. 2021, 36(4): 993–1002 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0366>

[损失厌恶下考虑参照利润效应的供应链决策模型](#)

Decision model of supply chain considering reference profit under loss aversion

*控制与决策*. 2020, 35(11): 2810–2816 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0094>

# 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

赵道致<sup>†</sup>, 冯慧中

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

**摘要:** 基于双边市场理论, 考虑产能分享双边市场具有网络外部性特性, 同时考虑产能需求方对加工交期和价格敏感, 研究垄断型制造业产能分享平台的定价策略. 首先, 建立平台和双边用户的两阶段决策模型; 然后, 通过计算求解探索了注册费和交易费收费模式下的平台均衡利润, 并分析了交叉网络外部性等外生变量对各方决策和平台利润的影响. 研究发现: 注册费模式下的平台均衡利润大于固定交易费模式下的平台均衡利润; 两种定价模式下的平台利润与双边用户的网络外部性均正相关, 与产能需求方的交期预期偏差均负相关, 与产能需求方的产能价格预期均正相关; 产能需求方的交期敏感度在实际交期早于或晚于预期交期时对平台利润有不同影响, 产能需求方的产能价格敏感度在产能实际价格低于或高于预期价格时对平台利润也有不同影响.

**关键词:** 产能分享; 平台定价; 双边平台; 交期敏感; 价格敏感; 平台利润

中图分类号: F224 文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2022.0639

引用格式: 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, 2024, 39(2): 625-632.

## Capacity sharing platform pricing strategy considering delivery time and price sensitivity of capacity demand side

ZHAO Dao-zhi<sup>†</sup>, FENG Hui-zhong

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Based on the two-sided market theory, this paper studies the pricing strategy of the monopolistic manufacturing capacity sharing platform, considering the network externality of the two-sided market and the sensitivity of the demand side to the processing delivery and price. Firstly, a two-stage decision-making model of platform and bilateral users is established, and the platform equilibrium profit under registration fee and transaction fee charging model is explored through calculation and solution, and the influence of exogenous variables such as the externality of the cross network on the decision-making and platform profit of all parties is analyzed. The results show that the platform equilibrium profit under registration fee mode is greater than that under fixed transaction fee mode. Platform profits under the two pricing models are positively correlated with the network externalities of bilateral users, negatively correlated with the expected deviation of delivery date of the demand side of capacity, and positively correlated with the expected price of capacity. When the actual delivery date is earlier or later than the expected delivery date, the sensitivity of the demand side has different influences on the platform profit. When the actual price of the demand side is lower or higher than the expected price, the sensitivity of the demand side has different influences on the platform profit.

**Keywords:** capacity sharing; platform pricing; two-sided platforms; delivery time sensitive; price sensitive; platform profit

## 0 引言

工业互联网技术和 5G 的发展使得分享经济从消费领域的产品分享进入生产领域的产能分享. 基于平台的分享业务萌生于消费领域的产品分享 (如 Airbnb 和 Uber), 近年来快速进入生产领域, 形成了基

于平台的产能分享业务 (如航天云网、淘工厂、智能云科等)<sup>[1]</sup>. 国家信息中心发布的《中国制造业产能分享发展年度报告 (2018)》中将产能分享定义为: 制造业产能分享主要是指以互联网平台为基础, 以使用权分享为特征, 围绕制造过程各环节, 整合和配置分散的

收稿日期: 2022-04-18; 录用日期: 2022-10-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72072125).

责任编委: 梁樑.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: dzzhao@tju.edu.cn.

制造资源和制造能力,最大化提升制造业生产效率的新型经济形态.当前产能分享平台可划分为中介型、服务型、众创型和协同型4种,其中中介型通过为产能供需双方提供基础的调度匹配服务以及其他附加服务来收取注册费或交易费实现盈利,实现生产资料和制造能力的高效配置的效果,平台本身不拥有制造设备<sup>[2]</sup>.

国家信息中心于2019年6月发布的《加快推进我国制造业产能共享》指出近年来我国制造业产能分享取得创新性进展,成为分享经济领域发展的新亮点<sup>[3]</sup>.基于平台的产能分享是助力制造业转型升级,发展智慧制造,提升供应链柔性的重要途径.根据国家信息中心正式发布的《中国共享经济发展报告(2022)》显示,从市场结构上看,分享经济市场规模位居前3的领域分别为生活服务(17 118亿元)、生产能力(12 368亿元)、知识技能(4 540亿元).产能分享已成为分享经济中的重要领域<sup>[4]</sup>.

产能分享解决的是产能和资源配置不均衡的问题,目前国内总体存在制造能力过剩的情况,订单集中的企业面临产能不足、不能按期交货的风险,同时很多企业的制造资源闲置,此时自然形成产能供需双方,其通过产能分享平台进行交易,平台通过为产能供需双方提供媒介而达到协调和均衡的目的,从而推动产能分享领域发展.在基于平台的产能分享中,由于制造企业面对外部产品市场环境和实时运营状况动态变化,其对加工价格和交期的预期也随之改变.受内部运营状况、外部市场等条件影响,不同的产能需求企业对于加工交期和价格敏感程度也不同,以上也是本文研究的基础.

## 1 文献综述

### 1.1 关于双边市场(双边平台)的研究现状

双边市场的交易建立在双边匹配的基础上. *Armstrong*<sup>[5]</sup>表明影响双边市场定价的关键因素有交叉网络外部性、用户归属和定价模式. *Rochet*等<sup>[6]</sup>研究了平台的消费者剩余和定价结构受何种因素影响,分析在竞争环境下双边市场的利润如何受定价影响.以上学者为双边市场研究奠定了理论基础,对平台型企业具有指导意义.在 *Armstrong*<sup>[5]</sup>考虑组间交叉网络外部性的研究基础上, *Belleflamme*等<sup>[7]</sup>得出平台与双边用户3者间的交易不仅受组间交叉网络外部性影响,也受组内交叉网络外部性影响. *Lu*等<sup>[8]</sup>基于双边市场理论,引入了时间敏感系数,考虑交叉网络外部性和司机、用户不同归属情况对网约车平台定价问题进行研究,得出平台定价和平台所获利润

与时间敏感系数、用户归属结构和交叉网络外部性均相关的结论.

### 1.2 关于平台服务的研究现状

平台服务通常会对平台的定价模式和策略产生影响,许多学者对平台服务进行了研究. *Xue*等<sup>[9]</sup>研究了垄断和竞争情况下,考虑平台服务质量在市场上影响双边市场的定价问题. *Tang*等<sup>[10]</sup>将平台提供的服务细分为匹配服务和增值服务,研究了平台的用户数量、定价和利润情况,研究表明,平台提供差异化服务有利于增加平台用户数量和平台利润.在平台服务方面,现有研究关注B2B平台的较少,更多关注B2C或C2C平台的服务对平台定价的影响,传统的产品分享为B2C或C2C,而产能分享平台为典型的B2B平台.对于平台而言,面向用户是企业还是消费者存在差别,企业用户对平台提供服务的要求更复杂,敏感性也更强,故面向企业用户需要付出更多的时间,需谨慎选择合适的策略以达到理想的平台利润.

### 1.3 关于制造业产能分享的研究现状

随着产能分享的发展,学者们也逐渐关注产能分享领域的研究. *Öztürk*等<sup>[11]</sup>研究了生产计划调度问题,发现当制造技术允许时将生产订单数量分配到符合条件的机器并行,可降低总成本. *Qi*等<sup>[12]</sup>构建了在博弈群体处于非均匀混合和均匀混合状态时考虑双方行为的产能分享制造资源的演化博弈模型,求得模型均衡点并分析稳定性,发现促进企业联盟中的资源共享和信息互通对博弈双方的策略演化结果具有显著影响. *Zhao*等<sup>[13]</sup>研究了产能分享领域涉及的众多问题,包括产能分享供应链的协调和合作,产能的匹配和调度等.其中, *Zhao*等<sup>[13]</sup>建立了Stackelberg博弈模型,比较产能分享模式和传统制造模式下用户企业和制造商利润,发现用户企业总是从产能分享模式中受益. *Zhao*等<sup>[14]</sup>研究了产能分享平台中的调度优化问题,以成本和时间最小为目标函数,提出了可分享产能时间窗的更新策略.

### 1.4 关于云制造平台定价的研究现状

近年来众多学者对智慧制造领域的“云制造”逐渐关注.“云制造”概念首先由李伯虎等<sup>[15]</sup>提出,定义为:云制造是一种利用网络和云制造服务平台,按用户需求组织网上制造资源(制造云),为用户提供各类按需制造服务的一种网络化制造新模式.制造业的产能分享建立在云制造基础上,故产能分享平台的定价策略可参考云制造平台的定价研究. *Lin*等<sup>[16]</sup>研究了考虑平台生命周期的平台定价和服务策略,发现垄断平台应在初期和成熟阶段设置高服务水平和高价

格策略,成长阶段采用低服务水平和低价格策略. 纪汉霖等<sup>[17]</sup>研究了垄断和竞争情况下提供高或低质量服务的平台定价策略和基于用户多归属情形和平台差异化的平台定价研究. 赵道致等<sup>[18]</sup>在考虑产能需求方对交货时间具有敏感性情况下的平台利润,发现平台利润最大时,均衡定价与产能需求方时间敏感性负相关,与产能供应方交货时间正相关.

上述学者主要从双边市场角度研究平台服务等问题,少有结合产能分享的背景进行研究. 且对于平台定价这个值得深入研究的问题,将平台作为决策主体且考虑产能需求方敏感性的平台定价策略研究尚不充足,且关注平台双边用户敏感性的现有研究中,大多只关注用户单一方面的敏感性,缺乏全面考虑. 故本文将产能分享平台作为决策主体,以双边市场理论为基础,考虑产能分享的相关特点,构建考虑需求方对产能交期和价格敏感度的定价模型,对产能分享平台的定价策略展开研究,探讨其中蕴含的管理和经济意义,希望给垄断环境下的产能分享平台采用何种定价策略提供参考.

## 2 问题描述

本文探讨的对象是垄断的中介型产能分享平台,平台仅为产能供需双方提供“资源深度可视”和“资源便利可得”的产能交易便利. 产能供应方将自己闲置的产能分享在平台上,产能需求方也在平台发布其制造加工所需的产能以及对交期的要求和预算等. 基于平台的产能分享供应链运营模式如图1所示.

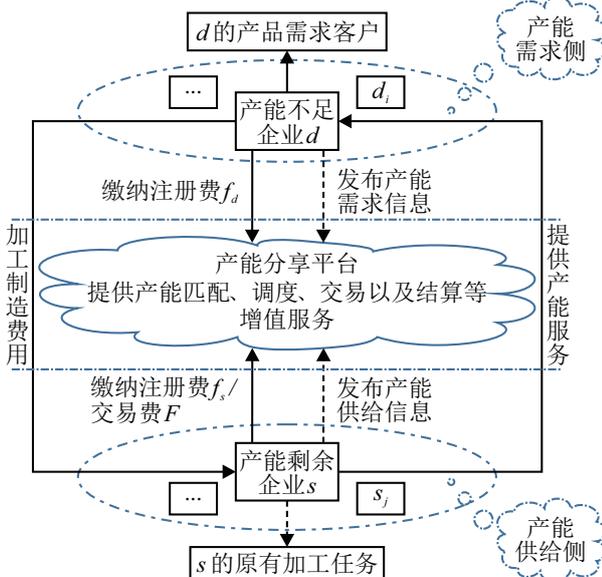


图1 基于平台的产能分享供应链运营模式

垄断的产能分享平台可采用两种不同的收费方式:第1种是向双边用户收取注册费,交易中无需缴纳交易服务费,如智能云科、淘工厂等平台采取这种

定价模式(如图2所示);第2种是在产能分享交易中向产能供应方收取固定交易费,双边用户加入平台时无需缴纳注册费,如航天云网采用此种定价模式(如图3所示).



图2 平台向双边用户收取注册费模式



图3 平台向产能供应方收取固定交易费模式

根据问题描述,本文涉及参数及其对应含义如表1所示.

表1 变量和参数符号说明

符号	含义
$i$	$i \in \{d, s\}$ 为下标值, $d, s$ 分别为产能需求方和供应方
$k$	$k \in \{M, T\}$ 为上标值, $M, T$ 分别为收取注册费和固定交易费的定价模式
$\alpha_i$	$i$ 方用户的交叉网络外部性, $0 \leq \alpha_i \leq 1$
$\lambda$	产能需求方对外包加工交货时间的敏感系数, $0 \leq \lambda \leq 1$
$\beta$	产能需求方对产能价格(外包加工费)的敏感系数, $0 \leq \beta \leq 1$
$p$	产能需求方付给产能供应方的单位产能交易价格, $0 \leq p \leq 1$
$p_0$	产能需求方预期单位产能交易价格, $0 \leq p_0 \leq 1$
$p_1$	产能需求方外包加工产品的市场价格, $0 \leq p_1 \leq 1$
$c_s$	产能供应方分享产能加工每单位产能的边际成本, $0 \leq c_s \leq 1$
$t$	产能供应方的实际交货提前期, $0 \leq t \leq 1$
$t_0$	产能需求方预期交货提前期, $0 \leq t_0 \leq 1$
$n$	产能供需双方交易的加工订单的产能交易量, $0 \leq n \leq 1$
$n_i^{k*}$	平台采取 $k$ 定价模式时, $i$ 方用户效用为0时的临界产能交易量
$f_i$	注册费模式下,平台对产能 $i$ 方用户收取的注册费
$F$	交易费模式下,平台对供应方用户收取的每单固定交易费
$U_i^k$	平台采取 $k$ 定价模式时, $i$ 方用户的效用函数
$N_i^k$	平台采取 $k$ 定价模式时, $i$ 方用户加入平台的用户数量
$\pi^k$	平台采取 $k$ 定价模式时所获得的利润函数

为了便于建模,并不失一般性,本文做出以下合理假设:1) 根据文献[19-20],产能分享平台双方用户的交叉网络外部性相等,即  $\alpha_s = \alpha_d = \alpha$ . 2) 双边市场规模标准化为1. 3) 产能需求方交易订单的加工量全卖出. 4) 产能需求方对产能价格和交期敏感,且仅考虑产能需求方分别对交期和产能价格的敏感度,不考虑交期与产能价格间的交叉影响. 5) 正常情况下,对于产能需求方而言,  $p_1 > p$ ; 对于产能供应方而

言,  $p > c_s$ .

### 3 模型构建与求解

本文构建一个产能分享平台和双边用户的两阶段决策模型:第1阶段,产能分享平台在给定收费方式下确定最优收费;第2阶段,双边用户根据效用决定是否加入平台,进而确定双边用户数量.

#### 3.1 平台收取注册费的最优定价

产能需求方加入平台并支付注册费  $f_d$ . 产能需求方为生产  $n$  单位产品在平台上发布制造产能需求. 平台匹配后,产能供应方为需求方加工并收取单位加工费  $p$ . 产能需求方的产品市场价格为  $p_1$ ,通过分享产能获得的利润边际为  $p_1 - p$ ,产能交易量为  $n$  的订单可获利润为  $(p_1 - p)n - f_d$ . 平台的交叉网络外部性带来正效用  $\alpha N_s^M$ ,产能需求方会有一个预期的费用  $p_0$  和交期  $t_0$ ,实际的制造费用  $p$  和实际交期  $t$  与需求方预期的偏差会带来额外的正或负效用. 对价格敏感度为  $\beta$  的需求方实际制造费用  $p$  与预期制造费用  $p_0$  的偏差给需求方带来的效用为  $-\beta(p - p_0)$ ,对时间敏感度为  $\lambda$  的需求方实际交期  $t$  与预期交期  $t_0$  的偏差给需求方带来的效用为  $-\lambda(t - t_0)$ ,用  $T$  替换  $t - t_0$ ,则产能需求方的效用函数为

$$U_d^M = (p_1 - p)n + \alpha N_s^M - \beta(p - p_0) - \lambda T - f_d. \quad (1)$$

产能供应方加入平台并支付注册费  $f_s$ . 产能供应方向需求方收取单位加工费  $p$ ,而每单位交易量的制造成本为  $c_s$ ,故每单位交易量产能供应方获得的边际利润为  $p - c_s$ ,产能交易量为  $n$  的订单可获利润为  $(p - c_s)n$ . 交叉网络外部性带来的正效用为  $\alpha N_d^M$ ,则产能供应方的效用函数为

$$U_s^M = (p - c_s)n + \alpha N_d^M - f_s. \quad (2)$$

当效用  $U_i^M$  为正时双边用户才加入平台,令  $U_i^M = 0$ ,可求得双边用户加入平台的临界交易量  $n_s^{M*} = (\alpha N_d^M - f_s)/(c_s - p)$  和  $n_d^{M*} = (\alpha N_s^M - \beta(p - p_0) - \lambda T - f_d)/(p - p_1)$ ,当交易量大于临界量  $n_i^{M*}$  时,双边用户加入平台. 由假设双边用户的市场总规模均为1,且交易量  $n$  的概率分布函数服从  $[0, 1]$  的均匀分布,故双边用户加入平台的规模分别为

$$N_s^M = 1 \times P[n > n_s^{M*}] = \frac{c_s - p - \alpha N_d^M + f_s}{c_s - p}, \quad (3)$$

$$N_d^M = 1 \times P[n > n_d^{M*}] = \frac{(p - p_1 + \beta(p - p_0) - \alpha N_s^M + \lambda T + f_d)}{p - p_1}. \quad (4)$$

产能分享平台通过向双边用户收取注册费来获利,分别为  $N_d^M f_d$  和  $N_s^M f_s$ . 故平台利润函数为

$$\pi^M = N_s^M f_s + N_d^M f_d. \quad (5)$$

联立方程(3)和(4)可求得双边用户规模为

$$\begin{cases} N_s^M = \frac{\left( p^2 - pp_1 + c_s(-p + p_1) + f_s(-p + p_1) + f_d\alpha + (p - p_1)\alpha + (p - p_0)\alpha\beta + T\alpha\lambda \right)}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2}, \\ N_d^M = \frac{f_s\alpha + (p - c_s)\left( \frac{f_d + p - p_1 - \alpha + \lambda T}{(p - p_0)\beta + \lambda T} \right)}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2}. \end{cases} \quad (6)$$

将  $N_s^M$ 、 $N_d^M$  代入  $\pi^M$ ,并令  $\frac{\partial \pi^M}{\partial f_s} = 0$ 、 $\frac{\partial \pi^M}{\partial f_d} = 0$ ,求取使得平台利润最大的双边注册费  $f_s^*$  和  $f_d^*$ ,有

$$\begin{cases} f_s^* = \frac{-c_s + p}{2}, \\ f_d^* = \frac{(-p + p_1 - p\beta + p_0\beta - T\lambda)}{2}. \end{cases} \quad (7)$$

平台利润  $\pi^M$  的条件海塞阵为

$$H(\pi^M) = \begin{bmatrix} \frac{2(-c_s + p)}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2} & \frac{2\alpha}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2} \\ \frac{2\alpha}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2} & \frac{2(-p + p_1)}{(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

为了保证使得平台利润最大的双边注册费  $f_s^*$ 、 $f_d^*$  存在,需满足海塞阵负定,即需要特征值小于0且结合假设  $p_1 - c_s > 0$ ,求得需要满足的条件为  $(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2 < 0$ .

将  $f_s^*$ 、 $f_d^*$  代入  $N_s^M$ 、 $N_d^M$  和  $\pi^M$  三个公式,可求得均衡时双边用户加入平台的规模数量和平台利润为

$$N_s^{M*} = \frac{\left( c_s(-p + p_1) + p(-p_1 + \alpha + \alpha\beta) + \frac{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)} \right)}{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}, \quad (9)$$

$$N_d^{M*} = \frac{(p - c_s)(p - p_1 - \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda)}{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}, \quad (10)$$

$$\pi^{M*} = (c_s - p) \times \frac{\left( p^2\beta(2 + \beta) + (p_1 + p_0\beta - T\lambda)c_s \times (p_1 + 2\alpha + p_0\beta - T\lambda)(p - p_1) - p \times (p_1 + 2p_1\beta + 2(1 + \beta)(\alpha + p_0\beta - T\lambda)) \right)}{4((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}. \quad (11)$$

为了保证双边用户数量为正值,结合上述均衡条件和参数本身范围,注册费模式下平台追求自身利润最大化需满足

$$p_1 > \frac{-p(p - c_s + \alpha + \alpha\beta) + \alpha(p_0\beta - T\lambda)}{c_s - p - \alpha},$$

$$(p - p_1 - \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda) < 0,$$

$$(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2 < 0.$$

### 3.2 平台收取交易费的最优定价

产能分享平台另一种收费模式是每笔交易向产能供应方收取固定服务费. 此种收费模式产能供应方的效用函数为

$$U_s^T = (p - c_s)n + \alpha N_d^T - F N_s^T. \quad (12)$$

产能需求方的效用函数为

$$U_d^T = (p_1 - p)n + \alpha N_s^T - \beta(p - p_0) - \lambda T. \quad (13)$$

在效用  $U_i^T = 0$  时, 求得双边用户愿意加入平台的临界交易量, 分别为  $n_s^{T*} = \frac{(-F + \alpha)N_d^T}{c_s - p}$  和  $n_d^{T*} = \frac{N_s^T \alpha - (p - p_0)\beta - T\lambda}{p - p_1}$ , 当交易量大于临界量时, 双边用户选择加入平台, 其规模分别为

$$N_s^T = 1 \times P[n > n_s^{T*}] = \frac{c_s - p + (F - \alpha)N_d^T}{c_s - p}, \quad (14)$$

$$N_d^T = 1 \times P[n > n_d^{T*}] = \frac{p - p_1 - N_s^T \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda}{p - p_1}. \quad (15)$$

产能分享平台通过产能供应方收取固定交易费  $F$  来获利, 加入平台的双边用户间均有一定概率发生交易, 如上文假设交易匹配率为1, 因而潜在的交易规模用  $N_d^T N_s^T$  表示. 故平台利润函数为

$$\pi^T = N_d^T N_s^T F. \quad (16)$$

联立方程(14)、(15)可求得双边用户数量为

$$\begin{cases} N_s^T = \frac{\left( \frac{(p - c_s + \alpha - F)(p - p_1) + (p - p_0)\beta(\alpha - F) + T\lambda(\alpha + 1)}{(p - c_s)(p - p_1) - \alpha(F - \alpha)} \right)}{1} \\ N_d^T = \frac{(p - c_s)(p - p_1 - \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda)}{(p - c_s)(p - p_1) - \alpha(F - \alpha)}. \end{cases} \quad (17)$$

将  $N_s^T$ 、 $N_d^T$  代入  $\pi^T$ , 并令  $\frac{\partial \pi^T}{\partial F} = 0$ , 求取使得平台利润最大的固定交易费  $F^*$  为

$$F^* = \frac{((c_s - p)(p - p_1) - \alpha^2) \left( \begin{matrix} p(p - c_s - p_1 + \alpha + \alpha\beta) + (c_s - \alpha)p_1 - \alpha(p_0\beta - T\lambda) \end{matrix} \right)}{\left( \begin{matrix} \alpha^2(p_1 + p_0\beta - T\lambda) - 2p^3(1 + \beta) + p^2(\alpha + 2p_0\beta + 2p_1(2 + \beta) - 2T\lambda) + c_s(p - p_1)(-2p_1 - \alpha - 2p_0\beta + 2p(1 + \beta) + 2T\lambda) - p(2p_1^2 + \alpha^2(1 + \beta) + p_1(\alpha + 2p_0\beta - 2T\lambda)) \end{matrix} \right)}. \quad (18)$$

为了使得  $F^*$  存在, 需满足  $\frac{\partial^2 \pi^T}{\partial F^2} < 0$ , 通过计算画图可验证. 将  $F^*$  代入  $N_s^T$ 、 $N_d^T$  和  $\pi^T$ , 可求得达到均衡时双边用户加入平台的规模数量和平台利润为

$$N_s^T = \frac{(p - c_s)(p - p_1) + p\alpha(1 + \beta) - \alpha(p_1 + p_0\beta - T\lambda)}{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}, \quad (19)$$

$$N_d^T = \frac{\left( \begin{matrix} 2p^3(1 + \beta) - \alpha^2(p_1 + p_0\beta - T\lambda) - p^2(\alpha + 2p_0\beta + 2p_1(2 + \beta) - 2T\lambda) - c_s(p - p_1)(-2p_1 - \alpha - 2p_0\beta + 2p(1 + \beta) + 2T\lambda) + p(2p_1^2 + \alpha^2(1 + \beta) + p_1(\alpha + 2p_0\beta - 2T\lambda)) \end{matrix} \right)}{2(p - p_1)((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}, \quad (20)$$

$$\pi^{T*} = \frac{((p - c_s)(p - p_1) + p\alpha(1 + \beta) - \alpha(p_1 + p_0\beta - T\lambda))^2}{4(p - p_1)((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)}. \quad (21)$$

同理, 需保证双边用户数为正. 由上文可知  $(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2 < 0$ , 可求得需要满足约束  $p_1 > p - \frac{\alpha(p_0\beta - p\beta - T\lambda)}{p - c_s + \alpha}$ .

## 4 结果分析

**命题1** 以平台利润最大化为目标, 注册费模式的平台利润大于固定交易费模式的平台利润.

**证明** 均衡时注册费模式和交易费模式下的平台利润差为

$$\pi' = \pi^M - \pi^T = \frac{(p - p_1 + (p - p_0)\beta + T\lambda)^2}{4(p_1 - p)}.$$

其中: 分子是平方项, 恒为非负值; 且由假设  $p_1 > p$ , 分母为正;  $\pi'$  恒为非负值, 即  $\pi^M > \pi^T$ . 可以看出, 在产能分享平台追求自身利润最大化时, 实际或预期制造费用、实际与预期交期偏差、产能需求方对交期和价格的敏感系数等均会对两种定价模式的平台利润的差值造成不同程度的影响. 但是, 注册费模式的平台利润均不小于交易费模式的平台利润. 故以平台利润最大化为目标, 平台应尽可能选择注册费的定价模式.  $\square$

**命题2** 以平台利润最大化为目标, 达到均衡状态时, 可得到两种定价模式下不同参数对于平台利润的影响, 具体如下.

1) 两种定价模式下的平台利润与双边用户的网络外部性  $\alpha$  均存在正相关关系.

2) 两种定价模式下的平台利润与产能需求方的时间预期偏差  $T$  均存在负相关关系.

3) 两种定价模式下的平台利润与产能需求方的预期每单位制造费用  $p_0$  存在正相关关系。

4) 两种定价模式下的平台利润与产能需求方的预期每单位制造费用  $p_1$  存在正相关关系。

**证明** 交叉网络外部性是指双边市场的一边用户数受到另一边用户数影响,正外部性指一边用户规模的增加会给另一边用户带来正效用,从而吸引另一边用户加入平台,交叉网络外部性增加表明任一边用户规模增加均会更大程度吸引另一边用户加入平台,双边用户规模增加会带来更多交易的可能,即通过平台的交易量增加,交易量增加或双边用户规模增加均会使得平台利润增加,故平台利润与交叉网络外部性正相关. 产能分享平台可利用双边用户的网络外部性来提高平台利润,如平台通过补贴一边或双边用户来吸引更多用户加入平台。

对于  $T(T=t-t_0)$ , 经过归一化处理的  $t$  和  $t_0$  的范围均在  $[0, 1]$ , 所以  $T$  的范围在  $[-1, 1]$ . 产能需求方希望实际交期早于预期, 即  $T < 0$  时, 产能需求方效用增加; 当实际交期晚于预期, 即  $T > 0$  时, 产能需求方效用降低. 故  $T$  越小, 产能需求方加入平台获得效用越大, 需求方越愿意加入平台. 而需求方规模增加, 由于交叉网络正外部性存在, 会吸引更多产能供应方加入平台, 发生交易可能性增加, 平台利润提高, 故平台利润与  $T$  负相关. 平台可通过一些奖励政策激励产能供应方更快交货从而提高平台利润。

对于  $p_0$ , 产能需求方的效应受到实际产能价格  $p$  与预期产能价格  $p_0$  的偏差  $p - p_0$  影响, 产能需求方希望实际产能价格低于预期, 即  $p - p_0 < 0$  时, 产能需求方效用增加; 反之,  $p - p_0 > 0$  时, 产能需求方效用降低.  $p_0$  越大,  $p - p_0$  越小, 即产能需求方预期产能价格较高时, 因实际产能价格超过预期带来负效用的概率较小, 产能需求方加入平台获得效用越大, 需求方越愿意加入平台, 需求方规模增加且会吸引供应方规模增加, 交易量增加, 平台利润随之提高, 故平台利润与  $p_0$  负相关. 平台可对企业进行调研分析, 多吸引资金充足的产能需求方以提高平台利润。

对于  $p_1$ , 产品的市场价越高, 产能需求方将产品卖向市场的利润越多, 效用随之增加, 故产能需求方在利益驱动下越迫切将产品卖向市场. 为了完成卖向市场订单, 产能需求方愿意加入平台进行产能交易, 故加入平台的产能需求方规模增加且会吸引更多产能供应方加入, 交易可能性增加, 平台利润提高, 故平台利润与  $p_1$  正相关. 产能分享平台可在市场价较高时做一些运营推广活动, 吸引更多用户, 提高平台利润.  $\square$

**命题3** 以平台利润最大化为目标, 达到均衡状态时, 两种定价模式的平台利润与产能需求方价格敏

感度  $\beta$  在  $p - p_0 > 0$  时负相关, 在  $p - p_0 < 0$  时正相关; 两种定价模式的平台利润与产能需求方交期敏感度  $\lambda$  在  $T > 0$  时负相关, 在  $T < 0$  时正相关。

**证明**

$$\frac{\partial \pi^{M*}}{\partial \beta} = \frac{(c_s - p)(p - p_0)(p - p_1 - \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda)}{2((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)},$$

$$\frac{\partial \pi^{T*}}{\partial \beta} = \frac{(p - p_0)\alpha}{2(p - p_1)((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)} \times \left( \frac{p^2 + c_s(p_1 - p) + p(\alpha + \alpha\beta - p_1)}{2(p - p_1)((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)} - \frac{\alpha(p_1 + p_0\beta - T\lambda)}{2(p - p_1)((p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2)} \right).$$

由假设条件和前文求得约束条件可知:  $c_s - p < 0$ ,  $p - p_1 - \alpha + (p - p_0)\beta + T\lambda < 0$ ,  $p - p_1 < 0$ ,  $p^2 + c_s(-p + p_1) + p(-p_1 + \alpha + \alpha\beta) - \alpha(p_1 + p_0\beta - T\lambda) < 0$ ,  $(p - c_s)(p - p_1) + \alpha^2 < 0$ , 命题3得证.  $\square$

$p - p_0 > 0$  时, 因产能需求方实际支付的制造费用超预期而带来负效用, 此时需求方对价格越敏感, 带来的负效用越大, 即此时产能需求方的价格敏感度  $\beta$  越大, 越不愿意加入平台, 需求方规模减小, 进而导致交易概率降低, 平台利润受双边用户规模和交易量影响而降低.  $p - p_0 < 0$  时, 因产能需求方实际支付的制造费用低于预期而带来正效用, 此时需求方对制造费用越敏感, 带来的正效用越大, 即此时产能需求方的价格敏感度  $\beta$  越大, 越愿意加入平台, 需求方规模增加, 进而导致交易概率增加, 平台利润增加。

同理,  $T > 0$  时, 因产能供应方交期超过需求方预期而带来负效用, 此时产能需求方的时间敏感度  $\lambda$  越大, 加入平台意愿度就越低, 需求方规模减小, 最终导致交易量减少, 平台利润降低.  $T < 0$  时, 因产能供应方交期早于需求方预期而带来正效用, 此时产能需求方的时间敏感度  $\lambda$  越大, 加入平台的意愿度越高, 需求方规模增加最终导致交易量增加, 平台利润提高。

综上, 在供不应求、产能价格较高或订单较多交期较长等情况下, 为获取更高利润, 平台策略应向对价格和交期敏感度较低的产能需求方倾斜; 相反情况下, 平台应向对价格和时间比较敏感的产能需求方倾斜。

## 5 数值算例

本节结合构建模型以及各参数满足的条件不等式取值约束, 通过作图的方式对得到的结论进行验证和讨论. 由图4~图8可见, 在满足约束时, 注册费模式的平台利润恒高于固定交易费模式, 与命题1相符. 由图4~图6可见, 两种定价模式下, 平台均衡利润与交叉网络外部性均正相关, 与产能需求方的交期

预期偏差均负相关,与产能需求方的预期每单位产能价格均正相关,与产能需求方加工产品的市场价格均正相关(限于篇幅,两种收费模式平台利润与产品市场价格关系图像未给出,但是与图6趋势相同),与命题2一致.由图7和图8可见,两种收费模式下,在实际产能价格高于需求方预期时,平台均衡利润与产能需求方价格敏感度均负相关,反之相反.两种收费模式的平台均衡利润与产能需求方交期敏感度在实际交期比需求方预期晚时呈负相关,在实际交期比需求方预期早时呈正相关(限于篇幅, $t > t_0$ 和 $t < t_0$ 时,两种收费模式平台利润与需求方时间敏感系数关系图像未给出,与图7、图8趋势相同),这与命题3一致.

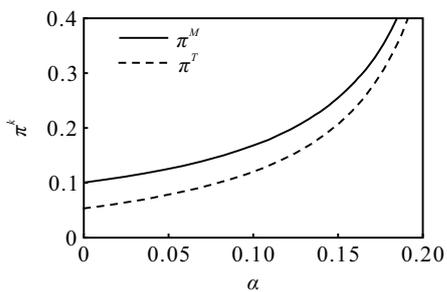


图4 平台利润与网络外部性 $\alpha$ 关系

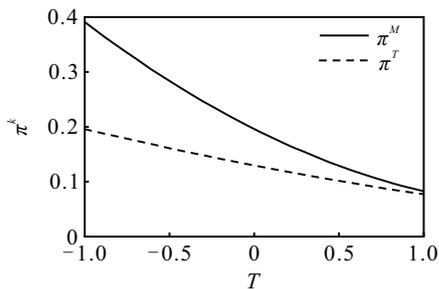


图5 平台利润与交期偏差 $T$ 关系

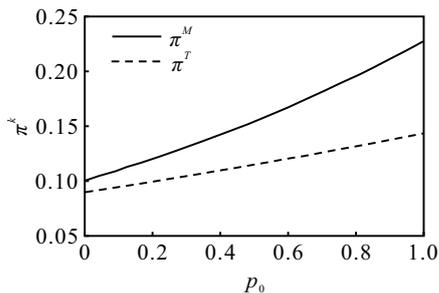


图6 平台利润与预期产能价格 $p_0$ 关系

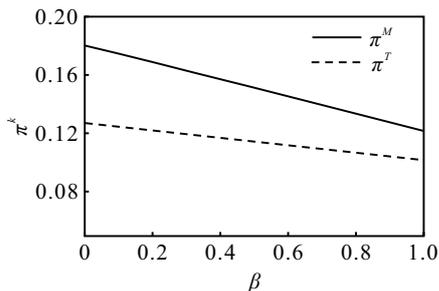


图7  $p > p_0$ 时,平台利润与需求方价格敏感系数 $\beta$ 关系

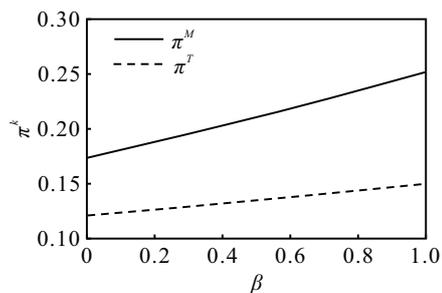


图8  $p < p_0$ 时,平台利润与需求方价格敏感系数 $\beta$ 关系

### 6 结论

本文基于双边市场理论,考虑双边市场具有的网络外部性特性和产能需求方对交期和价格的敏感度,研究制造业产能分享平台的定价策略.首先建立两阶段模型,通过计算求解探索哪种定价模式平台均衡利润较高,并分析外生变量对平台利润的影响,得到以下结论:1)平台定价模式选择.以平台利润最大化为目标,注册费模式大于固定交易费模式的平台利润.2)各参数对平台利润影响.两种定价模式下,平台利润与双边用户的网络外部性均正相关,与产能需求方的交期预期偏差均负相关,与产能需求方的预期每单位产能价格均正相关,与外包加工产品的市场价格均正相关.3)平台利润与需求方敏感度关系.在实际产能价格高于需求方预期时,两种定价模式的平台均衡利润与产能需求方价格敏感度负相关,反之相反;在实际交期晚于需求方预期时,两种定价模式的平台均衡利润与产能需求方时间敏感度负相关,反之相反.

综上,平台为达到更高利润应选择注册费定价模式.为保证平台利润,对交期不急迫、预算相对充足的需求方和交期较短的供应方可适当降低收费,以吸引更多此类型用户加入,反之相反.在需求方要货急、预算较少或供应方排期较满的情况下,平台运营策略向对交期和产能价格不敏感的需求方倾斜利于平台获利,反之相反.平台可通过一些运营手段利用网络外部性,如扩大网络规模等方式,同时平台应通过给予补贴等方式吸引更多生产能力强、交期短的产能供应方加入平台.产能供应方增多可吸引更多的产能需求方加入平台,在保证用户规模的均衡稳定的同时,可使得平台更高获利.

本研究局限在于:1)仅考虑以平台利润最大化为目标,但是在宏观视角下,为了产业可持续运营,制造业产能分享平台通常不仅关注自身利润,也关注如何达到社会福利最大化;2)研究对象为垄断产能分享平台,可扩展研究竞争环境下平台的定价策略.今后可进行扩展研究,使得研究更贴近现实,更有价值.

## 参考文献(References)

- [1] 赵道致, 张进昌, 郝家芹. 分享经济的形成与特点, 《分享经济重构未来》[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018: 108-125.  
(Zhao D Z, Zhang J C, Hao J Q. Formation and characteristics of sharing economy, "How sharing economy reshapes the future" [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2018: 108-125.)
- [2] 信息化和产业发展部. 《中国制造业产能共享发展年度报告(2018)》[R]. 北京: 国家信息中心分享经济研究中心, 2018.  
(Department of Informatization and Industry Development. Annual report on China's manufacturing capacity sharing development in 2018[R]. Beijing: Sharing Economic Research Center in the State Information Center, 2018.)
- [3] 于凤霞. 《加快推进我国制造业产能共享(2019)》[R]. 北京: 中国发展观察, 2019.  
(Yu F X. Accelerate the sharing of manufacturing capacity in 2019[R]. Beijing: China Development Observation, 2019.)
- [4] 信息化和产业发展部. 《中国共享经济发展年度报告(2022)》[R]. 北京: 国家信息中心分享经济研究中心, 2022.  
(Department of Informatization and Industry Development. Annual report on the development of China's sharing economy in 2022[R]. Beijing: Sharing Economic Research Center in the State Information Center, 2022.)
- [5] Armstrong M. Competition in two-sided markets[J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 668-691.
- [6] Rochet J C, Tirole J. Platform competition in two-sided markets[J]. Journal of the European Economic Association, 2003, 1(4): 990-1029.
- [7] Belleflamme P, Toulemonde E. Who benefits from increased competition among sellers on B2C platforms?[J]. Research in Economics, 2016, 70(4): 741-751.
- [8] Lu K, Zhou J, Lin X W. Pricing research of ride-hailing platform: From the view of inter-group network externality[J]. Operations Research and Management Science, 2019, 28(7): 169-178.
- [9] Xue Z J, Cheng S Q, Yu M Z, et al. Pricing models of two-sided markets incorporating service quality[J]. Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics, 2019, 48(8): 1827-1850.
- [10] Tang D P, Wang Q J, Ding Y N. A study on pricing strategy of two-sided markets with service differentiation[J]. Industrial Engineering Journal, 2013, 16(6): 77-83.
- [11] Öztürk C, Ornek A M. Operational extended model formulations for Advanced Planning and Scheduling systems[J]. Applied Mathematical Modelling, 2014, 38(1): 181-195.
- [12] Qi E S, Li T B, Liu L, et al. The evolutionary game analysis of the sharing of manufacturing resource in the environment of cloud manufacturing[J]. Operations Research and Management Science, 2017, 26(2): 25-34.
- [13] Zhao D Z, Zhu C W. Research on the impact of capacity sharing on equipment manufacturers and user enterprises[J]. Operations Research and Management Science, 2021, 30(11): 120-126.
- [14] Zhao D Z, Wang Z S. Scheduling optimization of cloud manufacturing platform processing capability sharing[J]. Operations Research and Management Science, 2019, 28(12): 1-6.
- [15] 李伯虎, 张霖, 王时龙, 等. 云制造——面向服务的网络化制造新模式[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(1): 1-7.  
(Li B H, Zhang L, Wang S L, et al. Cloud manufacturing: A new service-oriented networked manufacturing model[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(1): 1-7.)
- [16] Lin X G, Chen C Y, Lin Z Z, et al. Pricing and service strategies for two-sided platforms[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2019, 28(3): 299-316.
- [17] 纪汉霖, 管锡展. 服务质量差异化条件下的双边市场定价策略研究[J]. 产业经济研究, 2007(1): 11-18.  
(Ji H L, Guan X Z. Strategy of two-sided markets when platforms provides services with different service quality[J]. Industrial Economics Research, 2007(1): 11-18.)
- [18] 赵道致, 陈慢慢. 考虑用户时间敏感的云制造平台定价策略研究[J]. 管理学报, 2021, 18(2): 262-269.  
(Zhao D Z, Chen M M. Research on pricing strategy of cloud manufacturing platform considering time-sensitive customers[J]. Chinese Journal of Management, 2021, 18(2): 262-269.)
- [19] 李静, 张玉林. 考虑网络效应和业务拓展的平台定价策略研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(3): 593-604.  
(Li J, Zhang Y L. Pricing strategy of the platform considering network effects and business expansion[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2020, 40(3): 593-604.)
- [20] 唐方成, 郭欢. 考虑交叉网络外部性下平台竞争的定价策略研究[J]. 中国管理科学, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0703.  
(Tang F C, Guo H. Pricing strategy of platform competition considering crossnetwork externality[J]. Chinese Journal of Management Science, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0703.)

## 作者简介

赵道致(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 从事分享经济、运营与供应链管理、研发与创新管理、工业工程等研究, E-mail: dzzhao@tju.edu.cn;

冯慧中(1998—), 女, 硕士生, 从事分享经济、运营与供应链管理等研究, E-mail: fenghz@tju.edu.cn.