

RJV 卡特尔联盟结构的均衡分析及稳定性

李昌文^{1,2}, 周永务³, 梁培培⁴, 李绩才⁵

(1. 淮北师范大学 经济与管理学院, 安徽 淮北 235000; 2. 巢湖学院 工商管理学院, 安徽 合肥 238000;
3. 华南理工大学 工商管理学院, 广东 广州 510641; 4. 安庆师范大学 经济与管理学院, 安徽 安庆 246133;
5. 浙江师范大学 产业经济研究中心, 浙江 金华 321004)

摘要: RJV 卡特尔联盟内的企业通过合作内化技术溢出和协调研发投入, 从而达到共享技术以及降低成本的目的。针对研发和生产合作, 本文利用两阶段方法给出了任意联盟结构内企业的均衡结果, 包括研发产出、生产产量以及利润, 然后基于 Nash 稳定和最大一致集分别探讨联盟结构的短视稳定和远视稳定。结果表明技术溢出率和研发技术难度对联盟结构的稳定性有重要影响: (1) 短视角度下大联盟都不稳定, 只有当溢出率和研发难度都较小时大联盟有可能远视稳定; (2) 无论从短视还是远视角度, 当研发难度较大时, 任何合作联盟都不稳定。

关键词: RJV 卡特尔; 联盟; 短视稳定结构; 远视稳定结构

中图分类号: F224.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 2097-0145(2025)02-0090-07 **doi:** 10.11847/fj.44.2.90

0 引言

技术创新作为工程管理的重要组成部分, 有利于企业降低成本和提升绩效^[1]。企业从事创新不仅需要高额的资金投入, 同时面临着失败的风险, 故单个企业很难有效地推动创新活动, 转而寻求技术上的合作^[2]。企业开展创新合作, 不但能整合资源实现优势互补、发挥协同效应, 同时能减少资金的重复投入并降低创新风险。例如, 著名的半导体制造技术联盟 SEMATECH(由 IBM 和 Intel 等 14 家主要半导体公司组成) 通过共同开发通用技术共享研发成果^[3], 使美国半导体产业研发支出减少了 9%。2020 年, 国内四大车企(一汽、东风、广汽、北汽) 与丰田汽车合作开发氢燃料电池系统, 已取得技术突破并落地生产。近几年, 国内企业的研发合作水平不断提高^[4], 有效的联盟合作已成为其创新和保持竞争力的一种重要方式。

由于科研人员流动、产品信息泄露等原因, 某个企业的研发技术会溢出至其他企业, 引起其他企业技术水平的提升^[5]。技术溢出有利于全社会福利水平提高, 但其外部性降低了创新企业的收益成本比和创新积极性^[6]。企业开展合作能在一定程度上消除技术溢出的负面影响、提升研发绩效, 防止研发过程中的搭便车行为^[3]。研发技术难度是

影响企业合作的另一个重要因素, 一般用研发投入与研发产出间的关系描述, 即研发技术难度越高, 则研发需要的资金投入越多^[7]。不同的技术溢出率和研发技术难度会同时影响企业之间的合作^[8]。因此, 针对实践中广泛存在的企业合作, 探讨技术溢出和技术难度对研发联盟的共同影响是值得深入研究的问题。

现有关于企业研发合作决策研究大多聚焦于技术溢出、合作机制和政府补贴等宏观环境以及不同研发合作模式对企业研发产出、绩效及社会福利的影响。与本文密切相关的研究成果涉及两个方面, 企业横向研发合作以及研发联盟稳定性。针对横向研发合作, D'Aspremont 和 Jacquemin^[9], Kamien 等^[3]做了开创性的研究。D'Aspremont 和 Jacquemin 针对双寡头市场上的企业流程创新, 分析了三种情形(研发及生产阶段都不合作、研发阶段合作但生产阶段竞争、研发和生产两个阶段都合作)的均衡结果。Kamien 等将研发合作模式分为研发联合体(RJV)、研发卡特尔(Cartels)以及 RJV 卡特尔(RJV Cartels)。基于上述工作, 考虑技术溢出效应的后续研究成果有研发合作机制选择^[2,10]、考虑政府补贴(公共资金)的研发合作^[11-12]、供应链企业横向研发合作^[13]等。Poyago-Theotoky^[14]讨论了市场上有 n 个企业时的研发合作, 然而研究假

收稿日期: 2024-01-29

基金项目: 安徽省社会科学创新发展研究课题(2023CX069); 巢湖学院高层次人才项目(KYQD-2023008); 国家自然科学基金资助项目(22BGL120)

通讯作者简介: 周永务, 华南理工大学工商管理学院教授, 博士生导师。研究方向: 物流与供应链管理。Email: zyw_666@hotmail.com。

设仅有部分企业结成一个研发联盟并不符合现实,因为实践中可能会形成多个联盟。与上述研究不同,本文给出了 n 个企业开展研发合作的均衡结果,并探讨不同技术溢出率和研发技术难度对均衡结果的影响。

相对而言,研发联盟稳定性的研究成果较少,大多基于短视的角度关注联盟形成博弈(coalition formation game)。Yi 和 Shin^[15]较早利用联盟博弈探讨了高溢出率对研发联盟的内生性和稳定性的影响,发现政府提供补贴能够消除搭便车现象。Song 和 Vannetelbosch^[16]发现政府补贴能缓解三个企业合作时的联盟稳定性和研发效率间的冲突。Tesoriere^[17]讨论了 n 个企业分成若干个相同大小的研发卡特尔时,协同效应对研发产出、利润和消费者剩余的影响。探讨研发联盟远视稳定性的文献目前仅有李昌文等^[18]。文献[8]和[18]针对市场上存在 n 个企业,综合考虑技术溢出和技术难度对联盟的影响,探讨了不同合作模式下研发阶段合作、生产阶段竞争时的均衡结果。与上述研究不同,本文关注研发和生产阶段都合作时的联盟稳定性。

本文的创新贡献体现在以下几个方面:(1)与以往研究中仅考虑两个企业或者 n 个企业结成一个联盟不同,本文给出了任意联盟结构的相关均衡结果,从而能够为企业研发合作决策提供更多支持;(2)过去研究大多针对运营管理领域中的库存合作或者联合定价探讨联盟的短视以及远视稳定性,研究研发联盟稳定性的文献相对较少,本文研究丰富了合作博弈理论在研发合作中的应用;(3)以往理论研究大多仅关注技术溢出对研发合作的影响,本文综合考虑技术溢出率和研发技术难度对其影响,更加贴近企业合作实践。

1 问题描述与模型假设

考虑市场上存在 n 个企业,其生产的产品无差异。为了协同降低成本和提高利润,企业需要决策其在研发和生产两个阶段是否结成联盟开展合作。为分析上述问题,与文献[8]和[14]一致,本文首先假设 n 个企业自由结盟,其联盟结构为 l ,然后采用两阶段博弈方法探讨 l 中的相关结果。第一阶段,每一个联盟内所有企业共享研发技术,并共同选择研发投入使得联盟利润最大;第二阶段,每一个联盟内所有企业共同决策产量。在得到上述相关均衡结果的基础上,最后讨论不同研发技术溢出率和研发技术难度对联盟结构稳定性的影响。

假设 N 为所有企业集合, $N = \{1, 2, \dots, n\}$; $i \in N$ 为企业 i ; l 为联盟结构, $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 是对 N 的一个分割,包含 m ($m \leq n$) 个联盟 $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$, 满足 $Z_i \subseteq N$, $\cup_{i=1}^m Z_i = N$ 和 $Z_i \cap Z_j = \emptyset$ ($i \neq j$); s_j 为联盟 Z_j 中企业数量,满足 $\sum_{j=1}^m s_j = n$; c_i 为企业 i 单位产品成本; x_i 为企业 i 单位产品研发产出(研发水平); q_i 为企业 i 产量; Q 为 n 个企业总产量,满足 $Q = \sum_{i=1}^n q_i$; π_i 为企业 i 利润; β 为产业内的研发技术溢出率(信息泄漏率), $\beta \in [0, 1]$ 。

和文献[3]、[14]类似,本文做如下几个方面假设:(1)市场上 n 个企业面临的逆需求函数为 $p = A - Q$, 其中 $A > 0$ 表示市场规模并且满足 $A > Q$;(2)研发技术溢出率 β 为常数;(3)企业进行流程创新降低产品单位成本,当企业 i 的研发资金投入为 $\eta(x_i)^2/2$ 时,使得企业自身的单位成本减少 x_i ($\eta > 0$, η 越大,研发技术难度越大);(4)由于技术溢出,竞争企业 j 的研发投入 $\eta(x_j)^2/2$ ($j \neq i$) 也会降低企业 i 的单位成本,故企业 i 单位成本总减少量为 $x_i + \beta \sum_{i \neq j} x_j$;(5)综合考虑企业 i 以及所有竞争对手的研发投入,企业 i 的单位成本为 $c_i = C - x_i - \beta \sum_{i \neq j} x_j$, C 表示没有任何研发投入时的初始成本,满足 $x_i + \beta \sum_{i \neq j} x_j < C$ 。

2 联盟结构内的均衡结果

2.1 一般情形下的均衡结果

为分析上述 RJV 卡特尔合作模式中的企业合作,本节探讨任意联盟结构 l 中的企业决策。利用两阶段博弈方法,得到如下命题:

命题 1 联盟 $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 结构中,联盟 Z_k 内企业 i 的研发产出、产量和利润分别为

$$x_i^* = 2T(A - C)/H$$

$$q_i^* = \eta(A - C)/H$$

$$\pi_i^* = \eta(\eta - 2T^2)(A - C)^2/H$$

其中: $H = s_k \{ \eta(m+1) - 2T[1 + \beta(m-1)] \}$; $T = [m - \beta(m-1)]/(m+1)$ 。

(1) 当 $m=1$ 时,市场上 n 个企业结成大联盟,研发产出、产量和利润分别为

$$\tilde{x}_i = (A - C)/n(2\eta - 1)$$

$$\tilde{q}_i = \eta(A - C)/n(2\eta - 1)$$

$$\tilde{\pi}_i = \eta(A - C)^2/2n^2(2\eta - 1)$$

给定研发技术难度 η , 企业数量越多, 则每个企业的研发产出、产量和利润都越小; 当市场上的企业数量一定时, 每个企业的研发产出、产量和利润都随研发难度 η 增大而减小。

(2) 当 $m = n$ 时, 市场上 n 个企业没有任何合作, 研发产出、产量以及利润分别为

$$\hat{x}_i = 2[n - \beta(n - 1)](A - C)/M$$

$$\hat{q}_i = \eta(n + 1)(A - C)/M$$

$\hat{\pi}_i = \{\eta(n + 1)^2 - 2[n - \beta(n - 1)]^2(A - C)\}/M^2$
其中: $M = \eta(n + 1)^2 - 2[n - \beta(n - 1)][1 + \beta(n - 1)]$ 。
对给定企业数量 n 和研发技术难度 η , 研发产出和产量都随溢出率 β 增大而减小, 但利润随溢出率 β 增大而增大。

结论 1 给定联盟结构 $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$,

(1) 当 $0 \leq \beta < 0.5$ 时, 联盟 Z_k 和 Z_l 内企业的研发产出战略替代; (2) 当 $0.5 < \beta \leq 1$ 时, 联盟 Z_k 和 Z_l 内研发产出转为战略互补。

记联盟 Z_k 和 Z_l 内企业的研发产出分别为 x_{Z_k} 和 x_{Z_l} , 根据命题 1, 联盟结构 $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 中研发产出满足

$$x_{Z_k} = 2T(A - C)/\{(m + 1)(\eta - 2T^2)s_k\} +$$

$$2T(2\beta - 1) \sum_{j \neq k} s_j x_{Z_j} / \{(m + 1)(\eta - 2T^2)s_k\}$$

可以得到 $\text{sign}[d(x_{Z_k})/d(x_{Z_l})] = \text{sign}(2\beta - 1)$ 。

当溢出率较小时 ($0 \leq \beta < 0.5$), 联盟 Z_l 内企业的研发投入增加将导致 Z_k 内企业研发投入相应减少, 即研发投入战略替代; 而当溢出率较大时 ($0.5 < \beta \leq 1$), 研发投入转为战略互补, 此时联盟 Z_l 内企业的研发投入增加导致联盟 Z_k 内企业研发投入也相应增加。

结论 2 给定联盟结构 $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$,

联盟 Z_k 中成员越多, 其研发产出、产量和利润越小。

从命题 1 可知, 给定联盟结构 $l = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$, 研发产出、产量和利润与联盟成员个数 s_k 成反比, 故 s_k 越大, 其研发投入和利润反而越少。这是由于同一个联盟内的企业完全共享研发技术, 导致“搭便车”现象的出现, 从而每个企业都会减少自己的研发投入, 进而影响其利润。

为探讨联盟结构的稳定性, 本文给出不同联盟结构中企业均衡结果比较。由于 $n \geq 5$ 时的均衡较复杂, 同时相关结果也与 $n = 4$ 类似, 因此, 仅给出 $n = 3$ 和 $n = 4$ 时的具体分析。

2.2 $n = 3$ 时的均衡结果比较

讨论市场上只有 3 个企业时的相关结果, 引入

如下记号: $L^{3,k}$ 表示 $n = 3$ 时的某种联盟结构, 其中, $k(k \leq 3)$ 个企业合作, 剩下 $3 - k$ 个企业不与合作; $L^{3,1} = \{1, 2, 3\}$ 表示 3 个企业都不合作; $L^{3,2}$ 表示只有两个企业合作, 其相应的联盟结构包括 $\{(23), 1\}$, $\{(13), 2\}$ 和 $\{(12), 3\}$ 三种情形。 $L^{3,k}$ 中企业 i 的研发产出、产量和利润分别用 $x_i^{L^{3,k}}$, $q_i^{L^{3,k}}$, $\pi_i^{L^{3,k}}$ 表示, 联盟 Z 内和联盟 Z 外企业的研发产出、产量和利润分别记为 $x_Z^{L^{3,k}}$, $q_Z^{L^{3,k}}$, $\pi_Z^{L^{3,k}}$ 和 $x_{\bar{Z}}^{L^{3,k}}$, $q_{\bar{Z}}^{L^{3,k}}$, $\pi_{\bar{Z}}^{L^{3,k}}$, 具体结果如表 1 所示。

表 1 $n = 3$ 时不同联盟结构下的均衡结果

企业	R&D 产出	产量	利润
$i \in L^{3,1}$	$t(3 - 2\beta)/F_1$	$2\eta t(3 - 2\beta)/F_1$	$\eta t^2[8\eta - (3 - 2\beta)^2]/2(F_1)^2$
$i \in L^{3,2}$	$t/3(2\eta - 1)$	$\eta t/3(2\eta - 1)$	$\eta t^2/18(2\eta - 1)$
$i \in Z \subset L^{3,2}$	$t(2 - \beta)/F_2$	$3\eta t/2F_2$	$\eta t^2[9\eta - 2(2 - \beta)^2]/4(F_2)^2$
$i \in \bar{Z} \subset L^{3,2}$	$2t(2 - \beta)/F_2$	$3\eta t/F_2$	$\eta t^2[9\eta - 2(2 - \beta)^2]/(F_2)^2$

其中: $t = A - C$; $F_1 = 8\eta - (1 + 2\beta)(3 - 2\beta)$; $F_2 = 9\eta - (2 - \beta)(1 + \beta)$ 。

性质 1 当 $n = 3$, $\eta > 9/8$ 时, 不同联盟结构中企业研发产出满足:

(1) 若 $(\eta, \beta) \in A_1$, $x_i^{L^{3,3}} < x_Z^{L^{3,2}} < x_i^{L^{3,1}} < x_{\bar{Z}}^{L^{3,2}}$;
(2) 若 $(\eta, \beta) \in A_2$, $x_Z^{L^{3,2}} < x_i^{L^{3,3}} < x_i^{L^{3,1}} < x_{\bar{Z}}^{L^{3,2}}$; (3) 若 $(\eta, \beta) \in A_3$, $x_Z^{L^{3,2}} < x_i^{L^{3,1}} < x_i^{L^{3,3}} < x_{\bar{Z}}^{L^{3,2}}$ 。

其中: A_1, A_2, A_3 如图 (1) 所示。 $\beta = 0.5$ 时, $x_i^{L^{3,3}} = x_Z^{L^{3,2}}$; $\beta = \beta(\eta)$ 时, $x_i^{L^{3,3}} = x_i^{L^{3,1}}$ 。

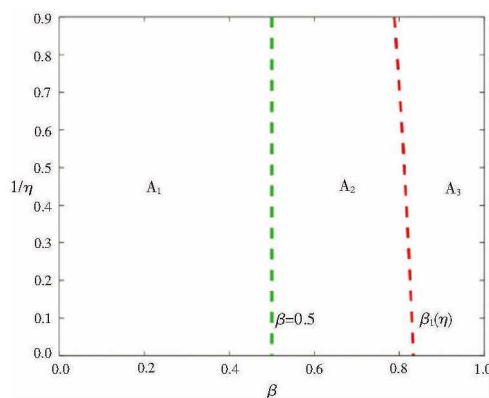


图 1 不同联盟结构中企业研发产出比较区域

从性质 1 可知: (1) 当溢出率较小时 ($\beta \in [0, 0.5)$), 无论大联盟结构或两个企业联盟结构, 联盟内企业研发产出都低于两个企业联盟结构中联盟外企业研发产出, 也低于 3 个企业不合作时的研发产出; 联盟中参与合作企业数量越多, 研发产出越低; 当溢出率适中时 ($\beta \in [0, \beta_1(\eta))$), 大联盟结构中企业研发产出总是低于 3 个企业不合作时的研发产出; 当溢出率较高时 ($\beta \in (\beta_1(\eta), 1]$) 结

论正好相反。(2)当溢出率较小时,在所有的联盟结构中,大联盟中的企业研发投入最少,此时可以解释为技术溢出内化,每个企业都因为合作减少投入;当溢出率较高时,合作导致两个企业联盟结构中联盟外企业投入最多,联盟内企业投入最少。性质1与文献[8]中关于研发产出的结论有差异,在文献[8]中大联盟或者两个企业联盟结构中企业投入较多。这是因为当企业在生产阶段也合作时,联盟内成员“搭便车”导致大家都会削减自己的研发投入,给联盟带来伤害。

性质2 当 $n=3, \eta > 9/8$ 时,不同联盟结构中企业产量满足: $q_Z^{L^{3,2}} < q_i^{L^{3,3}} < q_i^{L^{3,1}} < q_Z^{L^{3,2}}$ 。

从性质2可知,对任意溢出率和研发技术难度,与其他联盟结构相比较,两个企业联盟结构中联盟内企业产量最小,联盟外企业产量最大。另外,大联盟内企业产量低于3个企业不合作时的产量,所以合作导致市场总产量减少,对消费者不利。结合性质1可知,两个企业联盟结构中联盟外企业研发投入最多,产量最高,原因是通过研发投入,联盟外企业能够降低更多生产成本,从而占有更多市场份额。

性质3 当 $n=3, \eta > 9/8$ 时,不同联盟结构中企业利润满足:

- (1) 若 $(\eta, \beta) \in A_4, \pi_i^{L^{3,1}} < \pi_Z^{L^{3,2}} < \pi_i^{L^{3,3}} < \pi_Z^{L^{3,2}}$;
- (2) 若 $(\eta, \beta) \in A_5, \pi_Z^{L^{3,2}} < \pi_i^{L^{3,1}} < \pi_i^{L^{3,3}} < \pi_Z^{L^{3,2}}$;
- (3) 若 $(\eta, \beta) \in A_6, \pi_Z^{L^{3,2}} < \pi_i^{L^{3,3}} < \pi_i^{L^{3,1}} < \pi_Z^{L^{3,2}}$;
- (4) 若 $(\eta, \beta) \in A_7, \pi_i^{L^{3,3}} < \pi_Z^{L^{3,2}} < \pi_i^{L^{3,1}} < \pi_Z^{L^{3,2}}$ 。

其中: $A_i (i=4,5,6,7)$ 如图(2)所示。 $\beta = \beta_2(\eta)$ 时, $\pi_i^{L^{3,1}} = \pi_Z^{L^{3,2}}$; $\beta = \beta_3(\eta)$ 时, $\pi_i^{L^{3,1}} = \pi_i^{L^{3,3}}$; $\beta = 0.5$ 时, $\pi_i^{L^{3,1}} = \pi_Z^{L^{3,2}}$ 。

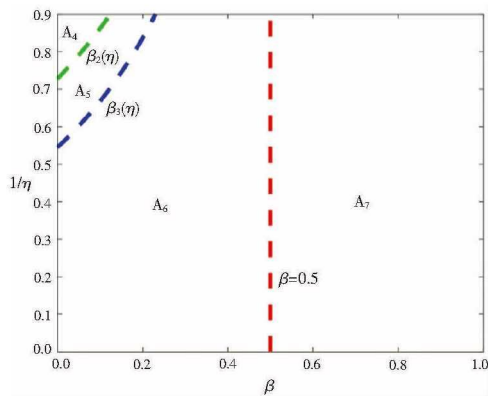


图2 不同联盟结构中企业利润比较区域

性质3说明:(1)当溢出率较大,或者溢出率较小且研发技术难度较大时, $\pi_i^{L^{3,3}} (\pi_Z^{L^{3,2}}) < \pi_i^{L^{3,1}}$ 总成立,即无论两个企业联盟结构或者大联盟结构,

联盟内企业利润总低于3个企业不合作时的利润。原因在于合作时产量低,但研发投入却较高,导致利润变低。(2)两个企业联盟结构中联盟外企业利润最高。这是因为此时联盟外企业研发投入最多,产量最高。(3)只有溢出率和研发技术难度都很小时,大联盟结构中企业利润才会比3个企业不合作时的高。

从性质1~3可以看出,当市场上存在3个企业时,除溢出率和研发技术难度都很小外,其他情形中企业合作(无论是两个企业合作或者3个企业都合作)利润都少于不合作时的利润。这说明较高的溢出率导致企业无需参与合作即可通过科研人员流动、信息技术泄露等方式,获取流程创新相关的技术信息,降低产品成本并提高企业绩效。从政府层面来说,一方面,政府无需担心企业在生产阶段的合谋导致违反相关法律的卡特尔出现;另一方面,政府如果想支持发展某些研发技术难度大、研发资金投入高的高技术产业,则必须提供相关激励措施(如研发补贴或者税收优惠)以促进企业合作。在一些研发技术难度很小的产业,当科研人员流动不太频繁或者产品研发信息保护较好时,企业会根据市场去寻求两个阶段的合作以提高利润,此时并不需要政府进行干预调节。

2.3 $n=4$ 时的均衡结果比较

为了表示方便,引入如下记号: $L^{4,k}$ 表示 $n=4$ 时的某种联盟结构, $k (k \leq 4)$ 个企业合作结盟,剩下 $4-k$ 个企业不参与任何合作; $L^{4,22}$ 表示包含两个联盟的联盟结构,其中每一个联盟中都有两个企业。 π_i^L 表示联盟结构 L 中企业 i 利润, π_Z^L 和 $\pi_{\bar{Z}}^L$ 分别表示联盟结构 L 中联盟内和联盟外企业利润,具体均衡结果如表2所示。

表2 $n=4$ 时不同联盟结构下的均衡结果

企业	R&D 产出	产量	利润
$i \in L^{4,1}$	$2t(4-3\beta)/H_1$	$5\eta t/H_1$	$t^2[25\eta-2(3\beta-4)^2]/(H_1)^2$
$i \in L^{4,4}$	$t/4(2\eta-1)$	$\eta t/4(2\eta-1)$	$\eta t^2/32(2\eta-1)$
$i \in Z \subset L^{4,2}$	$t(3-2\beta)/2H_2$	$\eta t/H_2$	$\eta t^2[8\eta-(2\beta-3)^2]/8(H_2)^2$
$i \in \bar{Z} \subset L^{4,2}$	$t(3-2\beta)/H_2$	$2\eta t/H_2$	$\eta t^2[8\eta-(2\beta-3)^2]/2(H_2)^2$
$i \in Z \subset L^{4,3}$	$t(2-\beta)/3H_3$	$\eta t/H_3$	$\eta t^2[9\eta-2(\beta-2)^2]/(3H_3)^2$
$i \in \bar{Z} \subset L^{4,3}$	$2t(2-\beta)/H_3$	$3\eta t/H_3$	$\eta t^2[9\eta-2(\beta-2)^2]/(H_3)^2$
$i \in L^{4,22}$	$t(2-\beta)/H_3$	$3\eta t/2H_3$	$\eta t^2[9\eta-2(\beta-2)^2]/(2H_3)^2$

其中: $t = A - C$; $H_1 = 25\eta - 2(3\beta - 2)^2$; $H_2 = 8\eta - (2\beta + 1)(2\beta - 3)$; $H_3 = 9\eta - 2(\beta + 1)(2 - \beta)$ 。

性质4 当 $n=4, \eta \geq \eta^*$ 时(参考文献[14],

取 $\eta^* = 50$), 不同联盟结构中企业利润满足:

(1) 当 $\beta \in [0, 0.5]$ 时, $\pi_Z^{L^{4,3}} < \pi_Z^{L^{4,2}} < \pi_i^{L^{4,4}} < \pi_i^{L^{4,22}} < \pi_i^{L^{4,1}} < \pi_Z^{L^{4,2}} < \pi_Z^{L^{4,3}}$; (2) 当 $\beta = 0.5$ 时, $\pi_Z^{L^{4,3}} < \pi_Z^{L^{4,2}} = \pi_i^{L^{4,4}} < \pi_i^{L^{4,22}} < \pi_i^{L^{4,1}} < \pi_Z^{L^{4,2}} < \pi_Z^{L^{4,3}}$; (3) 当 $\beta \in (0.5, 1]$ 时, $\pi_Z^{L^{4,3}} < \pi_i^{L^{4,4}} < \pi_Z^{L^{4,2}} < \pi_i^{L^{4,22}} < \pi_i^{L^{4,1}} < \pi_Z^{L^{4,2}} < \pi_Z^{L^{4,3}}$ 。

从性质 4 可知, 相较于其他联盟结构, 3 个企业联盟结构 $L^{4,3}$ 中联盟外企业利润最高, 两个企业联盟结构 $L^{4,2}$ 中联盟外企业次之, $L^{4,3}$ 中联盟内企业利润最低。性质 4 也说明, 大联盟中企业利润低于其他任何联盟结构中联盟外企业利润。对任意 $\beta \in [0, 1]$, 联盟内企业利润也比 4 个企业不合作时少。性质 4 与性质 3 结论相似, 即大联盟中企业利润都较低。实际上, 当市场上有更多生产同质产品的企业 ($n \geq 5$) 时, 如果研发需要高投入并有一定的技术难度, 则大联盟并不会出现, 企业更可能结成小联盟甚至是不参与任何合作。

3 联盟结构的稳定性

在上述均衡结果分析的基础上, 针对不同的合作联盟结构, 本节将首先利用 Nash 稳定概念判定其短视稳定性, 然后利用最大一致集 (largest consistent set, LCS) 概念探讨其远视稳定性。

3.1 联盟结构的短视稳定性

定义 1 若联盟结构中企业没有利润严格增加的一步逃离, 则称其 Nash 稳定^[19]。

定理 1 当 $n=3, \eta > 9/8$ 时, (1) 若 $(\eta, \beta) \in A_4, L^{3,2}$ 唯一短视稳定; (2) 若 $(\eta, \beta) \in A_5$, 没有任何联盟结构短视稳定; (3) 若 $(\eta, \beta) \in A_6 \cup A_7, L^{3,1}$ 唯一短视稳定。

从定理 1 可知, 对任意的技术溢出和研发难度, 大联盟不稳定, 即大联盟中企业都可能逃离。当研发难度和溢出率都较小时, 两个企业联盟结构中企业没有进一步逃离的动机, 此时联盟结构短视稳定。大部分情形只有联盟结构 $L^{3,1}$ 短视稳定, 即不合作反而有利于联盟稳定。

定理 2 当 $n=4, \eta \geq \eta^*$ 时, 对于 $\beta \in [0, 1]$, 只有 $L^{4,1}$ 短视稳定。

定理 2 说明当市场上只有 4 个企业时, 合作将不会发生。例如两个联盟的联盟结构 $L^{4,22} = \{(12), (34)\}$ 中企业 1 为了获得更多利润会发生如下逃离: $L^{4,22} = \{(12), (34)\} \rightarrow_1 \{1, 2, (34)\}$, 其他联盟结构中企业都有类似的逃离动机导致联盟不稳定。

定理 1 和定理 2 说明在一些研发投入高、研发难度较大的行业, 对于任何技术泄露, 无论市场中有 3 个企业或是 4 个企业, 合作都不会发生, 这是因为短视的企业都有获得更高利润的逃离动机。只有在一些研发投入较低、研发难度较小的行业, 当企业研发技术保护较好 (低溢出) 时, 两个企业的合作才有可能发生。这与文献 [18] 研究结果不同, 文献 [18] 发现当生产阶段竞争时 $L^{3,1}$ 总是不稳定, 而大联盟在溢出率较大时稳定。结合文献 [18] 与本文中定理 1、定理 2 可知, 直觉上企业可能会寻求产量卡特尔以获取更高利润, 但实践中很可能只是研发阶段合作, 而在生产阶段仍然展开市场竞争。

3.2 联盟结构的远视稳定性

定理 1 和定理 2 描述了企业为获得更高利润可能会逃离当前联盟导致联盟不稳定。现假设企业 1 从大联盟中逃离如下: $\{(123)\} \rightarrow_1 \{1, (23)\}$, 但 $\{1, (23)\}$ 中企业 2 或者 3 为获得更高利润可能会发生进一步逃离: $\{1, (23)\} \rightarrow_{2 \text{ 或 } 3} \{1, 2, 3\}$ 。此时企业 1 两步逃离后, 在联盟结构 $\{1, 2, 3\}$ 中获得的利润反而小于大联盟中的利润, 因此, 如果企业 1 有“远见”, 其最优策略是待在大联盟中, 此时大联盟“远视”稳定。与 Nash 稳定只考虑一步逃离不同, 某个企业为了利润一步逃离后, 很可能会引起其他企业后续一系列的逃离行动, 这种考虑企业多步逃离后的联盟结构是否稳定被称为远视稳定性。下面介绍判定这种远视稳定性的最大一致集概念。

如果联盟结构 l_1 和 l_2 中企业 i 的利润满足 $\pi_i^{l_1} < \pi_i^{l_2}$, 则称企业 i 偏好联盟结构 l_2 , 记为 $l_1 <_i l_2$; 若对 $i \in S$ 都有 $l_1 <_i l_2$ 成立, 记为 $l_1 <_S l_2$; 若 S 中所有企业从联盟结构 l_1 逃离后变成联盟结构 l_2 , 记为 $l_1 \rightarrow_S l_2$; 对于给定的 S , 记 $F_S(l_1)$ 为 S 一步逃离后所有的联盟结构; 若存在 S 使得 $l_1 \rightarrow_S l_2$ 并且 $l_1 <_S l_2$, 称 l_1 被 l_2 直接占优, 记为 $l_1 < l_2$; 若存在 $l_1, l_2, \dots, l_m$ 和 $S_1, S_2, \dots, S_m$, 使得 $l_{i+1} \in F_{S_i}(l_i)$ 并且 $l_i <_{S_i} l_{i+1}, i = 1, 2, \dots, m-1$, 则称 l_1 被 l_m 间接占优, 记为 $l_1 \ll l_m$ 。

定义 2 如果对所有的 V 和 S , 满足 $V \in F_S(l)$, 都存在 $B \in Y$ 使得 $V = B$ 或 $V \ll B$ 且 $l \not< S^B$, 则称 Y 为最大一致集^[20]。

根据上述定义, 本文给出联盟结构的远视稳定结果。

定理 3 当 $n=3, \eta > 9/8$ 时, (1) 若 $(\eta, \beta) \in A_4, L^{3,2}, L^{3,3}$ 远视稳定; (2) 若 $(\eta, \beta) \in A_5, L^{3,1}, L^{3,3}$ 远视稳定; (3) 若 $(\eta, \beta) \in A_6 \cup A_7$, 只有 $L^{3,1}$ 远视稳定。

从短视角度, 任何情形中大联盟都不稳定。但

当溢出率和研发难度都较小时(即 $(\eta, \beta) \in A_4 \cup A_5$)大联盟远视稳定。这说明在一些研发投入低、研发技术难度较小的行业,远视的企业能够维持大联盟合作,否则不可能持续。另外当研发难度较大时,不合作反而对企业有利。这与现实当中很多高新技术行业实践也较吻合,即寡头企业很少在研发和生产两个阶段都合作。本文结论与文献[8]中大联盟在溢出率较大时不但短视稳定而且远视稳定有差别。不同于文献[8]中企业生产阶段竞争,本文发现生产阶段合作导致产量减少,并且大联盟中企业利润小于其他联盟结构中企业利润,导致大联盟不稳定。

定理 4 当 $n=4, \eta \geq \eta^*$ 时,对于 $\beta \in [0, 1]$, 只有 $L^{4,1}$ 远视稳定。

定理 4 说明当研发难度 η 较大时,即使企业远视,合作也将导致逃离行为发生,即所有企业不与合作。

定理 3 和定理 4 从理论上解释了文献[8]中关于联盟合作成功率不高的原因。无论市场上存在 3 个企业或者 4 个企业,对于一些研发投入高、技术难度大的行业,即使企业远视,也不会出现研发和生产两个阶段的合作。故政府无需担心企业合谋建立产量卡特尔。实际上,由于大联盟中企业利润都较低,当市场上存在多个企业($n \geq 5$)时,不会出现所有企业两阶段的合作。因此,对于政府来说,只需制定相关政策引导企业做好相关技术研发工作,将生产决策交给企业和市场,让企业在充分竞争中去获得发展。另外,不同于企业短视,当市场上存在 3 个企业并且研发技术难度较低时,较好的研发技术保护策略(低技术溢出率)会导致远视的企业寻求两个企业或者 3 个企业的联盟合作。结合文献[18]与本文中定理 3 和定理 4 可知,即使企业远视,企业的合作大都发生在研发阶段,而在生产阶段会自发寻求竞争。

4 结论与启示

本文针对企业研发与生产两个阶段合作,采用两阶段博弈方法给出了任意联盟结构中企业的研发产出、产量和利润,并在此基础上特别针对 $n=3$ 和 $n=4$ 两种情况探讨了 RJV 卡特尔联盟结构的短视和远视稳定性。研究结果发现,技术溢出率和研发技术难度对联盟的稳定性有重要影响:(1)当市场上有 3 个企业时,对任意的溢出率和研发难度,短视角度下大联盟结构都不稳定;只有当溢出率和研发难度都较小时,大联盟结构有可能远视稳定;无论从短视还是远视角度,3 个企业都不合作时的市场结构可能稳定;(2)当市场上存在 4 个企

业,研发难度较大时,4 个企业都不合作时的联盟结构不但短视稳定而且远视稳定,其他任何情况下既不会短视稳定也不会远视稳定。

与大量管理实践以及相关实证文献中结论一致,本文通过分析得到联盟合作在多数情形下很难取得成功,很多时候企业开展研发合作不会形成产量卡特尔,从而不会与国家的法律法规冲突。本文研究结果能够指导企业寻求最佳联盟策略,根据不同的技术难度以及技术溢出率,从远视角度考察联盟合作能否成功。

本文考虑企业合作时,假设所有企业的技术优势没有差别。现实中市场上可能存在优势的研发企业和跟随企业,如何考虑其均衡策略以及联盟结构值得更深入研究。本文假设研发溢出率外生给定并且是常数,实践中的研发产出可能是一个随机变量,探讨其影响也将更符合实际。研发合作除了降低成本以外,另外一个重要的作用在于减少研发产出的不确定性,探讨其对联盟结构的影响也是值得思考的方向。

参 考 文 献:

- [1] 王能民,邹宇璇. 基于供应链合作的技术创新投入激励机制研究[J]. 工程管理科技前沿, 2022, 41(2): 8-16.
- [2] Dong Q, Bárcena J C, Sagasta A. Cooperative and non-cooperative R&D with spillovers under consumer-friendly firms[J]. Economics of Innovation and New Technology, 2023, 32(5): 603-621.
- [3] Kamien M I, Muller E, Zang I. Research joint ventures and R&D cartels[J]. American Economic Review, 1992, 82(5): 1293-1306.
- [4] 周晓哈,张江华,徐进. 基于序贯博弈的企业研发合作动机研究[J]. 管理科学学报, 2021, 24(2): 111-126.
- [5] 董明,毛舜杰,李珊. 考虑技术溢出效应的制造商投资升级供应商技术研究[J]. 管理评论, 2023, 35(9): 75-88.
- [6] 黄福广,柯迪,王贤龙,等. 基于技术溢出效应下的政府创新补助研究[J]. 管理学报, 2021, 18(11): 1671-1678.
- [7] Meickmann F C. Cooperation in knowledge sharing and R&D investment[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2023, 211: 146-164.
- [8] Li C W, Zhou Y W, Cao B, et al. Equilibrium analysis and coalition stability in R&D cooperation with spillovers[J]. HSE Transactions, 2022, 54(4): 348-362.
- [9] D'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers[J]. American Economic Review, 1988, 78(5): 1133-1137.
- [10] Amir R, Evstigneev I, Wooders J. Noncooperative versus cooperative R&D with endogenous spillover rates[J]. Games and Economic Behavior, 2003, 42(2): 183-207.
- [11] Cabon-Dhersin M L, Gibert R. Cooperation or non-cooperation in R&D: how should research be funded? [J]. Economics of Innovation and New Technology, 2019, 28(6): 547-568.
- [12] 邓若冰,吴福象. 研发模式、技术溢出与政府最优补

- 贴强度[J]. 科学学研究, 2017, 35(6): 842-852.
- [13] 余萍, 魏守道. 研发溢出、消费者低碳偏好与供应链横向研发策略[J]. 系统管理学报, 2022, 31(4): 758-769.
- [14] Poyago-Theotoky J. Equilibrium and optimal size of a research joint venture in an oligopoly with spillovers[J]. Journal of Industrial Economics, 1995, 43(2): 209-226.
- [15] Yi S S, Shin H. Endogenous formation of research coalitions with spillovers[J]. International Journal of Industrial Organization, 2000, 18(2): 229-256.
- [16] Song H, Vannetelbosch V. International R&D collaboration networks[J]. Manchester School, 2007, 75(6): 742-766.
- [17] Tesoriere A. Competing R&D joint ventures in cournot oligopoly with spillovers[J]. Journal of Economics, 2015, 115(3): 231-256.
- [18] 李昌文, 周永务, 李绩才, 等. 研发合作联盟的稳定性研究[J]. 系统工程学报, 2019, 34(6): 783-789.
- [19] Granot D, Yin S. Competition and cooperation in decentralized push and pull assembly systems[J]. Management Science, 2008, 54(4): 733-747.
- [20] Tian F, Sošić G, Debo L. Manufacturers' competition and cooperation in sustainability: stable recycling alliances[J]. Management Science, 2019, 65(10): 4733-4753.

Equilibrium Analysis and Stability of RJV Cartel Alliance Structures

LI Changwen^{1,2}, ZHOU Yongwu³, LIANG Peipei⁴, LI Jicai⁵

(1. School of Economics and Management, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China; 2. School of Business Administration, Chaohu University, Hefei 238000, China; 3. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China; 4. School of Economics and Management, Anqing Normal University, Anqing 246133, China; 5. Research Center of Industrial Economy, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: Technological cooperation among firms not only facilitates the complementary advantages of resources and enhances synergistic effects, but also reduces redundant capital investment and mitigates innovation risks. For instance, the Semiconductor Manufacturing Technology Consortium (SEMATECH) has achieved a 9% reduction in R&D expenditures for the U. S. semiconductor industry through collaborative efforts. Within the RJV cartel framework, member firms share R&D technologies and coordinate their investments to maximize the overall profitability. However, the technology spillover effects and R&D difficulty can significantly impact inter-firm collaboration, potentially leading to the failure of strategic alliances. Therefore, it is of considerable research value to thoroughly investigate the influence of the technology spillover effects and R&D difficulty on the stability of R&D alliances.

In this study, we posit the existence of n firms in the market that form multiple strategic alliances. We employ a two-stage game-theoretic model to investigate equilibrium configurations across both the R&D and production phases. During the initial investment stage, coalition members jointly optimize R&D expenditure allocations via technology-sharing mechanisms. Subsequently, coordinated production quantity decisions are implemented within each consortium. Through this sequential analytical framework, we derive coalition-specific equilibrium solutions and apply Nash stability and the largest consistent set to evaluate the myopic and farsighted stability of RJV cartel coalition structures for $n=3$ and $n=4$.

It has been identified that the spillover rate and R&D difficulty significantly influence the stability of RJV cartel alliances. Specifically: (1) In a market with three firms, the grand coalition structure exhibits myopic instability regardless of the spillover rate or R&D difficulty. Only when both the spillover rate and R&D difficulty are relatively low can the grand coalition structure potentially achieve farsighted stability. Both myopically and farsightedly, the non-cooperative market structure among three firms remains stable. (2) In a market with four firms, if the R&D difficulty is high, the non-cooperative structure demonstrates both myopic and farsighted stability. Conversely, in all other scenarios, it exhibits neither myopic nor farsighted stability. This investigation makes three significant contributions: First, it extends existing RJV cartel models, which have been limited to dyadic or monolithic alliances, by characterizing equilibrium conditions for arbitrary coalition structures, thereby enhancing strategic decision-making frameworks. Second, it advances the analysis of alliance stability beyond prior operations management studies that have primarily focused on inventory pooling and price coordination. Third, the dual-parameter analysis, which incorporates both spillover effects and R&D difficulty, provides greater empirical fidelity compared to conventional single-factor models.

Key words: RJV cartel; alliance; myopic stable structure; farsighted stable structure