

产业链现代化下的企业协同创新研究

马朝良

(综合开发研究院(中国·深圳)博士后科研工作站,广东深圳518029)

摘要:产业链上下游协同创新,才能实现产业升级和产业链现代化。建立了存在一个上游企业和一个下游企业的产业链模型,分析上下游企业协同创新的四种情况,并通过Matlab分析四种情况下上下游企业和产业链利润与企业创新风险的关系。研究发现,在一定的创新风险范围内,上下游企业协同创新会给产业链带来更高利润,且上游企业的创新效应高于下游企业,政府应积极支持上游原材料供应商技术创新,进而实现关键技术突破和产业链现代化。

关键词:产业链;产业链现代化;联动创新;协同创新

中图分类号:F062.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2019)12—0042—09

2019年8月,中央财经委员会第五次会议提出,“增强产业链韧性,提升产业链水平,在开放合作中形成更强创新力、更高附加值的产业链,打好产业基础高级化、产业链现代化的攻坚战”。按照联合国产业分类目录,中国是全世界唯一拥有该目录中全部41个大类、191个中类、525个小类工业门类的国家。但随着“中兴事件”的爆发,我国产业基础能力不强、产业链现代化水平不高的问题显得尤为突出。如何实现产业链现代化、产业基础高级化,已成为各部门和各产业亟需解决的问题。产业链现代化的重点是通过产业链各环节的产业基础现代化和创新化来实现整个产业链的现代化,进而推动全球产业价值链体系的建设。现代化的产业链不仅要有强大的创新能力、高端的引领能力,还要有坚实的基础能力和良好的协同能力^[1-2]。产业链上下游各企业需要进行联动协同创新,充分利用和整合外部研发资源,才能增强企业的技术创新能力,进而提升产业链的创新水平。产业链视角的企业自主创新体系是一个复杂的系统,需要多主体共同参与(图1),产业链创新是指从产业链的角度出发,以市场为导向,以产业链上现有企业技术创新能力为基础,以提高产业链整体竞争力为目标,通过产业链上企业与企业或企业与其他相关机构合作,实现从新设想的产生到新新产品的生产之间的一系列活动的总和。

沿产业链的纵向协同创新也称链合协同创新,是指企业与产业链中包括供应商、分销商、售商在内的上下游企业紧密合作,吸引合作伙伴参与企业的新产品研究开发,建立信息共享机制,通过上下游企业间的技术转移,有效地运用合作伙伴的经验和专门技术,扬长避短,带动整个产业链的创新,达到缩短新产品开发周期,降低开发风险,提高企业核心竞争力的目的。链合协同创新主要集中在产业链上中游企业,即在整个产业链的原材料创新、零部件创新和产品创新阶段。链合协同创新既可以是上游企业同中下游企业中的某个企业合作创新,也可以是与中下游的多个企业同时进行合作创新。链合协同创新主要以合作为主,可使产业链上各个企业之间的技术联系更加紧密,产品供应的依赖性更强。从产品的生产过程看,产业链上下游企业之间是供求关系,上下游企业为减少自己的市场风险,上游企业希望生产出来的产品被较多的下游企业选择,下游企业也希望有稳定的高质量的产品供应。因此,上下游企业技术“链合”联动协同创新,能起到共担市场风险的作用。同时,产业链上下游企业进行协同创新,会纵向自动延伸或缩短产业链,整体提升产业链创新能力,进而实现产业链现代化的目标。

产业链企业链合协同创新中,上下游厂商具有不同的利益动机,他们在协同创新中必然表现出不同的倾向,这正是协同创新实践中需要考虑的关键

收稿日期:2019—11—29

基金项目:国家自然科学基金面上项目“领导行为作用下技术二元创新与商业模式匹配机理研究”(71472172);安徽省哲学社会科学规划项目“安徽省众创空间创客集聚及创新创业绩效评价研究”(AHSKY2017D110)

作者简介:马朝良(1990—),男,安徽宿州人,博士,综合开发研究院(中国·深圳)博士后,研究方向:创新、产业创新、创新与互联网金融。

问题。而且上下游厂商在创新时必定存在一定的风险,关于创新的风险也很少有学者进行研究。本文将考虑一个两层的产业链结构,研究上下游企业协同创新关系的博弈情况,分析对比在上下游企业

不同创新选择的四种组合情况下,产业链中的上下游企业的利润和产业链总利润的大小以及其随创新风险变化的关系,进而为产业链协同创新促进产业链现代化提供对策建议。

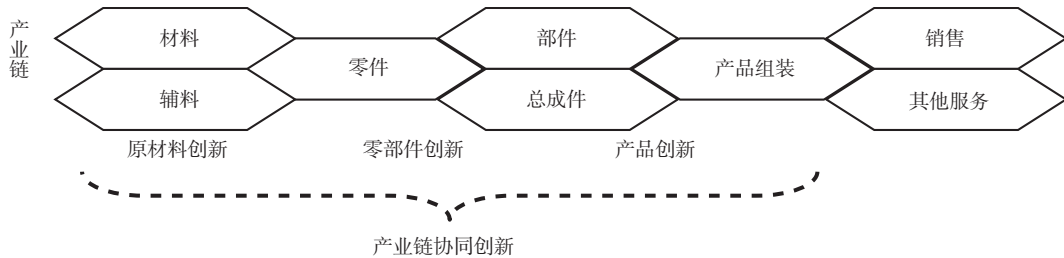


图1 产业链视角的自主创新体系

1 相关文献综述

1.1 产业链现代化

《科技日报》自2018年4月开始推出了一组由35篇“卡脖子”技术报道组成的专栏,指出我国在很多核心、关键领域仍受制于人,很多产业仍处于全球价值链中低端,国际竞争力有待提升。对于制造业来说,很多产业链上游或者下游被外资控制,导致在对外部风险时,产业链保持整个链条稳定的能力相对较弱^[3],产业链现代化势不容缓。

当前关于产业链现代化的研究主要集中在产业链现代化的内涵、实施方案和具体应用等方面。盛朝迅界定了产业链现代化的内涵,认为现代化的产业链一般具有以下特征:强大的创新能力、高端的引领能力、坚实的基础能力、良好的协同能力、较强的全球产业链控制力和治理能力、较高的盈利能力、完善的要素支撑能力和可持续的绿色发展能力^[1]。芮明杰^[4]通过分析中国现行产业体系的运行逻辑,提出了从现行产业体系转型至现代产业体系的战略路径。Klarin等^[5]探讨了俄罗斯转型期间的产业现代化策略,并讨论了产业现代化策略对经济自由化和长期投资策略的影响。盛朝迅^[1]指出推进产业链现代化是破解我国产业基础能力不足和部分领域“卡脖子”瓶颈制约、提升产业链水平的必由之路。刘志彪^[6]指出需要用现代化产业链理念认识国有和民营经济。田文昕^[7]分析了浙江产业链现代化攻坚战策略。高照军和张宏^[8]如以企业成长和创新理论为基础,讨论了企业在不同成长阶段嵌入产业链的程度,指出尽管企业创新是产业链升级的重要推动力量,但是企业不应盲目增加创新投入,而应侧重于塑造吸收能力。李燕^[9]、盛朝迅^[1]指出

要实现产业链现代化,需夯实产业基础能力、增加产业链韧性,提高产业链创新能力和竞争力。

1.2 产业链协同创新

国外学者Freeman提出产业创新论后,D'Aspremont和Jacquemin^[10]建立了存在R&D溢出的两阶段双寡头博弈模型(AJ模型),为后来学者们的研究奠定了基础。Vonortas^[11]研究表明纵向合作创新是大多数企业主要采用的合作创新模式。Banerjee和Lin^[12]建立了纵向研发合作企业模型,讨论在由一个上游企业和N个下游企业组成的产业体系中,不同合作研发策略对上下游企业创新活动的影响情况。Ishii^[13]讨论了在由两个上游企业和两个下游企业组成的产业体系中,横向溢出效应和纵向溢出效应对四个企业的合作研发模式的影响。Birgit和Tobias^[14]研究了与不同伙伴(如竞争者、供应商、大学以及科学机构等)同时从事合作创新的绩效问题。Loof^[15]根据1249个跨国公司的数据研究了企业研发合作所产生的技术溢出问题。Liu和Wang^[16]研究了在企业进行上下游的合作创新时,产业链中存在的危机问题,指出如何协调产业链中的危机对企业的发展有决定性的影响。Shih^[17]等研究指出在上下游企业进行合作协同创新时,知识共享起到了至关重要的作用。Wei等^[18]分析了由两个上游制造商和一个下游零售商组成的合作模型,并建立了不同的定价模型来分析最终的定价策略。Maiti和Giri^[19]、Gao等^[20]均对由制造商、零售商和再制造第三方组成的产业链进行分析,探讨不同合作模式下三方的利润问题,寻求三者的最优合作策略。Borgstedt等^[21]分析了产业链结构对电动汽车技术的影响,发现创新压力会从汽车制造商传递到供应网络。Kusi-Sarpong等^[22]以印度制造业企业

为样本,研究了供应链可持续创新管理问题,分析了制造业企业和供应商的创新协同机制。

国内学者张子健等^[23]从供应商的角度研究了合作开发,发现供应商的参与程度受双方相对边际利润、研发能力和新产品市场不确定性的限制。吕巍等^[24]针对存在2个上游厂商和N个下游厂商组成的二层市场结构,研究了当纵向研发联盟只进行1次和进行无限次R&D合作时的稳定性条件。邹艳等^[25]发现在M个上游企业、1个中游企业和N个下游企业构成的三级供应链中,中游企业的技术研发策略对技术研发效果和整个产业链体系的利润函数都有影响。刘志迎等^[26]、刘志迎和李芹芹^[27]对产业链上下游企业“链合创新”进行博弈分析,发现在合作模型下,供应商的技术创新投入会提高。金常飞和王馨^[28]建立模型探讨了上游制造商和下游零售商的最优决策及政府的激励策略。闻卉等^[29]、肖群和马士华^[30]、代建生和孟卫东^[31]均考虑了CVaR方法来度量产业链中零售商的风险规避程度,探讨风险规避水平对下游零售商以及产业链利润的影响。陈芳和陆纪刚^[32]从产业结构发展的角度进行探讨,指出产业发展主要由企业、高校与研究机构、政府等多个主体共同推动,但协同创新过程一直由是企业发挥主导作用。巩永华和薛殿中^[33]对ICT技术研发商与工业企业之间的协同技术创新行为进行了博弈分析,并探讨了政府补贴起到的作用。吕璞和林莉^[34]以制造业供应链为研究对象,并基于开放式创新理论构建供应链上下游企业间的合作创新博弈模型,最后分析了制造商独立研发、供应链上下游企业非协同合作研发和供应链上下游企业协同合作研发的三种创新模式。周华和周水银^[35]从顾客价值的角度探讨了供应链企业协同创新问题,分析在下游零售商有创新投资时,供应链协同对上下游企业利润及双方创新的影响。李升泉^[36]使用微分博弈模型分析了外部冲击对企业供应链协同创新的影响,并对不同决策结果进行比较,得到企业供应链协同创新的帕累托最优情形。谭玲玲^[37]等构建了一个制造商和两个零售商组成的供应链协同创新中的知识共享博弈模型,发现知识溢出效应能够提升零售商的知识共享努力水平。韩正涛和张悟移^[38]研究了由一个供应商和一个制造商组成的二级供应链协同创新中的知识转移问题,发现供应链企业间的知识吸收能力也会影响到供应链协同创新的效率。解学梅等^[39]研究了基于绿色创新的供应链企业协同机理,解析了绿色创新战略、驱动因素和供应链协同之间的交互耦合关系。李宗活等^[40]在零售商创新投入和消费者渠

道偏好扰动因素下,构建博弈模型探讨了制造商开辟网络渠道形成的渠道竞争效应。王文隆等^[41]研究了基于制造商创新的零售商需求预测信息共享问题,发现当制造商的创新能力较强时,制造商和零售商的信息共享价值均为正,供应链能够自发实现信息共享。

关于产业链协同创新的研究多从产业链供应商和零售商的角度考虑,且为了方便分析,大多将产业链进行简化,本文在已有研究的基础上,将重点考虑产业链上下游企业创新风险存在的情况下,产业链创新的可能性和产业链整体利润的变化情况。

2 产业链联动协同创新模型分析

本文考虑一个两层的产业链结构,设上游企业为企业1,下游企业为企业2,并且假设每个单位的上游企业的产品只能转化为一个单位的下游企业的产品。上游企业的单位生产成本为 c_1 ,下游企业的单位生产成本为 c_2 ,上游企业以中间价格 w 将产品卖给下游企业,下游企业的价格反需求函数为 $p = a - bQ$ ($a > 0, b > 0$), Q 为产业链中上下游企业的产量。产业链上下游企业都可能在生产过程中开展技术创新活动来减少生产成本,获得更大利润。本文假设若上游企业开展技术创新,进行研究与开发有一定的风险,风险系数为 η ,则技术创新带来的单位利润增量为 $(1 - \eta)y_1$, y_1 为技术创新无风险时单位利润增量。同样,若下游企业开展技术创新,R&D风险系数为 ϵ ,则技术创新带来的单位利润增量为 $(1 - \epsilon)y_2$, y_2 为技术创新无风险时单位利润增量。用 $E(y_i)$ 来表示上下游企业进行技术创新的投入,设 $E(y_i) = Iy_i^2, i = 1, 2, I$ 为一个较大的正值。

在未进行技术创新时,企业1和企业2的利润函数分别为:

$$\begin{aligned} \pi_{11} &= Q(w - c_1), \pi_{21} = Q(p - w - c_2) \\ &= Q(a - bQ - w - c_2)。 \end{aligned}$$

2.1 上下游企业均未进行技术创新

上下游企业均未开展技术创新,可以建立一个两阶段的决策模型:第一阶段,上游企业1决定中间价格 w ;第二阶段,下游企业2决定产量 Q 。这里采用逆向归纳法解此模型。

先考察第二阶段,下游企业2为取得利润最大化,利润函数对 Q 求一阶偏导得出:

$$Q = \frac{a - w - c_2}{2b}。$$

考虑第一阶段,企业1通过决定中间价格 w 来

使得自身利润最大化,此时企业1的利润函数为 π_{11} ,对 w 求一阶偏导,可以求出 w ,进而可求出 Q ,有:

$$w = \frac{a + c_1 - c_2}{2}, Q = \frac{a - c_1 - c_2}{4b}。$$

则下游产品的价格为 $p = a - bQ = a - b \times \frac{a - c_1 - c_2}{4b} = \frac{3a + c_1 + c_2}{4}$ 。

由 w 、 Q 可求得上下游企业利润以及产业链利润:

$$\pi_{11} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2}{8b}; \quad (1)$$

$$\pi_{21} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2}{16b}; \quad (2)$$

$$\pi_1 = \frac{3(a - c_1 - c_2)^2}{16b}。 \quad (3)$$

2.2 上游企业单独开展技术创新

若只有上游企业1开展技术创新,则企业1的技术创新单位利润增量为 $(1 - \eta)y_1$,技术创新投入为 Iy_1^2 。此时企业1和企业2的利润函数分别为

$$\pi_{12} = Q[w - c_1 + (1 - \eta)y_1] - Iy_1^2, \pi_{22} = \pi_{21} = Q(a - bQ - w - c_2)。$$

这里建立一个三阶段的决策模型:第一阶段,企业1决定创新投入 Iy_1^2 ;第二阶段,企业1决定中间价格 w ;第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。这里采用逆向归纳法解此模型。

首先考虑第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。此时企业2仍然是通过设定产量 Q 来取得利润最大化,此时仍然是企业2的利润函数对 Q 求一阶偏导,有:

$$Q = \frac{a - w - c_2}{2b}。$$

第二阶段,企业1通过设定中间价格 w 来使得利润最大化,企业1的利润函数对 w 求一阶偏导,有:

$$w = \frac{a + c_1 - c_2 - (1 - \eta)y_1}{2}。$$

第一阶段,企业1决定创新投入,企业1的利润函数为 π_{12} ,对 y_1 求一阶偏导,有:

$$y_1 = \frac{(a - c_1 - c_2)(1 - \eta)}{8bI - (1 - \eta)^2}。$$

由 y_1 为无风险时的值,即 $\eta = 0$,则有 $y_1 = \frac{a - c_1 - c_2}{8bI - 1}$,进而可求得 w 和 Q :

$$w = \frac{(a + c_1 - c_2)(8bI - 1) - (a - c_1 - c_2)(1 - \eta)}{2(8bI - 1)},$$

$$Q = \frac{a - c_1 - c_2}{4b} \cdot \frac{8bI - \eta}{8bI - 1}。$$

由 w 、 Q 、 y_1 可求得上下游企业利润以及产业链利润:

$$\pi_{12} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [(8bI - \eta)^2 - 8bI]}{8b(8bI - 1)^2}; \quad (4)$$

$$\pi_{22} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 (8bI - \eta)^2}{16b(8bI - 1)^2}; \quad (5)$$

$$\pi_2 = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [3(8bI - \eta)^2 - 16bI]}{16b(8bI - 1)^2}。 \quad (6)$$

2.3 下游企业单独开展技术创新

若只有下游企业2进行技术创新,则企业2的技术创新单位利润增量为 $(1 - \epsilon)y_2$,技术创新投入为 Iy_2^2 。此时企业2和企业1的利润函数分别为:

$$\pi_{13} = Q(w - c_1), \pi_{23} = Q[a - bQ - w - c_2 + (1 - \epsilon)y_2] - Iy_2^2。$$

这里建立一个三阶段的决策模型:第一阶段,企业2决定创新投入 Iy_2^2 ;第二阶段,企业1决定中间价格 w ;第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。这里仍然采用逆向归纳法解此模型。

考虑第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。此时企业2通过设定产量 Q 来取得利润最大化,企业2的利润函数对 Q 求一阶偏导,有:

$$Q = \frac{a - w - c_2 + (1 - \epsilon)y_2}{2b}。$$

第二阶段,企业1通过决定中间价格 w 来使得企业1的利润最大化, π_{13} 对 w 求一阶偏导,有:

$$w = \frac{a + c_1 - c_2 + (1 - \epsilon)y_2}{2}。$$

第一阶段,企业2决定创新投入。企业2的利润函数为 π_{23} ,对 y_2 求一阶偏导,有:

$$y_2 = \frac{(a - c_1 - c_2)(1 - \epsilon)}{16bI - (1 - \epsilon)^2}。$$

这里取 $\epsilon = 0$,则有 $y_2 = \frac{a - c_1 - c_2}{16bI - 1}$,可以求得

w 和 Q 分别为

$$w = \frac{(a + c_1 - c_2)(16bI - 1) + (a - c_1 - c_2)(1 - \epsilon)}{2(16bI - 1)},$$

$$Q = \frac{(a - c_1 - c_2)(16bI - \epsilon)}{4b(16bI - 1)}。$$

由 w 、 Q 、 y_2 可求得上下游企业利润以及产业链利润:

$$\pi_{13} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 (16bI - \epsilon)^2}{8b(16bI - 1)^2}; \quad (7)$$

$$\pi_{23} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [(16bI - \epsilon)^2 - 16bI]}{16b(16bI - 1)^2}; \quad (8)$$

$$\pi_3 = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [3(16bI - \epsilon)^2 - 16bI]}{16b(16bI - 1)^2}。 \quad (9)$$

2.4 上下游企业均进行技术创新

若上下游企业均进行技术创新,则企业1的技术创新单位利润增量为 $(1 - \eta)y_1$,技术创新投入为 Iy_1^2 ;企业2的技术创新单位利润增量为 $(1 - \epsilon)y_2$,技术创新投入为 Iy_2^2 。此时企业1和企业2的利润函数分别为:

$$\pi_{14} = Q[w - c_1 + (1 - \eta)y_1] - Iy_1^2, \pi_{24} = Q[a - bQ - w - c_2 + (1 - \epsilon)y_2] - Iy_2^2。$$

这里建立一个三阶段的决策模型:第一阶段,企业1和企业2同时决定创新投入;第二阶段,企业1决定中间价格 w ;第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。这里仍然采用逆向归纳法解此模型。

考虑第三阶段,企业2决定生产产量 Q 。此时企业2通过设定产量 Q 来取得利润最大化,企业2的利润函数对 Q 求一阶偏导,有:

$$Q = \frac{a - w - c_2 + (1 - \epsilon)y_2}{2b}。$$

第二阶段,企业1通过决定中间价格 w 来使得企业1的利润最大化, π_{14} 对 w 求一阶偏导,有:

$$w = \frac{a + c_1 - c_2 - (1 - \eta)y_1 + (1 - \epsilon)y_2}{2}。$$

第一阶段,假设企业1和企业2在决策时都不知道对方的技术创新投入水平。企业1的利润函数 π_{14} 对 y_1 求一阶偏导,企业2的利润函数 π_{24} 对 y_2 求一阶偏导,有:

$$y_1 = \frac{(a - c_1 - c_2) + (1 - \epsilon)y_2}{8bI - (1 - \eta)^2} (1 - \eta)$$

$$y_2 = \frac{(a - c_1 - c_2) + (1 - \eta)y_1}{16bI - (1 - \epsilon)^2} (1 - \epsilon)。$$

这里取 $\epsilon = 0, \eta = 0$,并联立两方程可解得 $y_1 = \frac{2(a - c_1 - c_2)}{16bI - 3}, y_2 = \frac{a - c_1 - c_2}{16bI - 3}, y_1 > y_2$,可以求得 w 和 Q 分别为

$$w = \frac{(a + c_1 - c_2)(16bI - 3) + (a - c_1 - c_2)(2\eta - 1 - \epsilon)}{2(16bI - 3)},$$

$$Q = \frac{(a - c_1 - c_2)(16bI - \epsilon - 2\eta)}{4b(16bI - 3)}。$$

由 w, Q, y_1, y_2 可求得上下游企业利润以及产业链利润:

$$\pi_{14} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [(16bI - \epsilon - 2\eta)^2 - 32bI]}{8b(16bI - 3)^2};$$

$$\pi_{24} = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [(16bI - \epsilon - 2\eta)^2 - 16bI]}{16b(16bI - 3)^2}; \quad (10)$$

$$\pi_{11} > \pi_{12} > \pi_{13} > \pi_{11}, \pi_{24} > \pi_{22} > \pi_{23} > \pi_{21}, \pi_4 > \pi_2 > \pi_3 > \pi_1。$$

$$\pi_4 = \frac{(a - c_1 - c_2)^2 [3(16bI - \epsilon - 2\eta)^2 - 80bI]}{16b(16bI - 3)^2}。 \quad (12)$$

3 结果分析

当上下游企业创新均无风险时,即 $\epsilon = 0, \eta = 0$,可以发现:

$$\pi_{14} > \pi_{12} > \pi_{13} > \pi_{11}, \pi_{24} > \pi_{22} > \pi_{23} > \pi_{21}, \pi_4 > \pi_2 > \pi_3 > \pi_1。$$

对于上下游企业以及产业链来说,上下游均创新时的利润最高,其次为仅上游企业创新,再次为仅下游企业创新,上下游企业均不创新时的利润最低。但是创新总是有风险的,上下游企业进行创新都有一定的风险,上下游企业利润以及产业链利润在四种情况下均随风险的变化而变化。这里,我们对其他参数赋值来分析利润随风险变化的关系。假定 $b=1, I=1, a=10, c_1=1, c_2=2$,我们使用 Matlab 对利润函数随风险参数变化的情况分析。

3.1 下游创新无风险,上游创新有风险

图2~图4分别为当下游创新无风险,即 $\epsilon=0$ 时,当上游创新风险系数 $\eta \in [0, 1]$ 时,上游企业、下游企业以及产业链的利润函数在四种情况下随 η 的变化情况。

对于上游企业1来说,当 $\eta < 0.512$ 时,上下游均进行技术创新时其利润最高;当 $\eta > 0.512$ 时,仅下游企业创新时企业1的利润最高;当 $\eta < 0.45$ 时,单独上游企业进行创新给企业1带来的利润比不进行创新要大;当 $\eta > 0.45$ 时,都不进行技术创新时企业1的利润比单独上游企业创新的利润要大;甚至当 $\eta > 0.911$ 时,都不进行技术创新时企业1的利润比都进行技术创新的利润还要大。

对于下游企业2来说,无论上游创新风险大小如何变化,在上下游均进行技术创新时,企业2的利润最高;都不进行技术创新时,企业2的利润最低。在 $\eta < 0.77$ 时,仅上游企业进行技术创新给企业2带来的利润远大于下游企业2单独进行技术创新所带来的利润;当 $\eta > 0.77$ 时,仅下游企业创新给企业2带来的利润比仅上游企业创新给企业2带来利润要高。

对于产业链来说,当 $\eta < 0.669$ 时,上下游都进

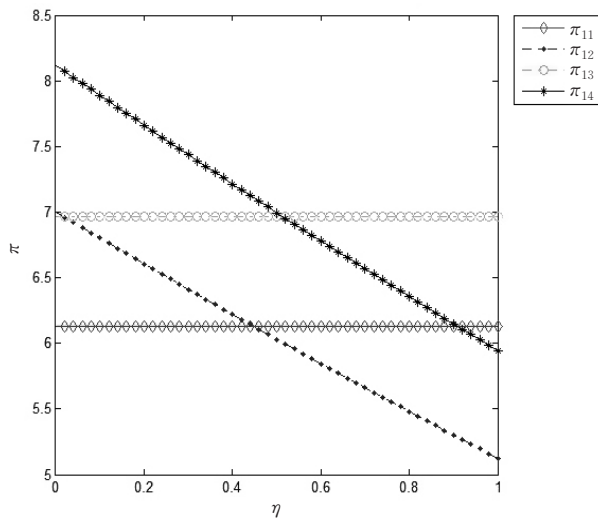


图2 下游创新无风险，上游企业利润随上游创新风险变化情况

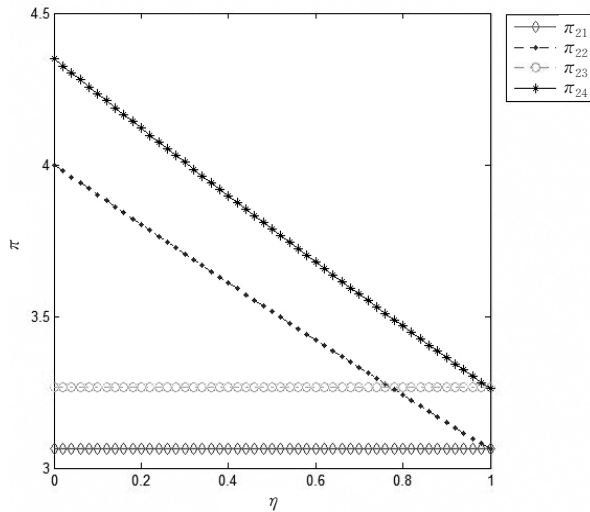


图3 下游创新无风险，下游企业利润随上游创新风险变化情况

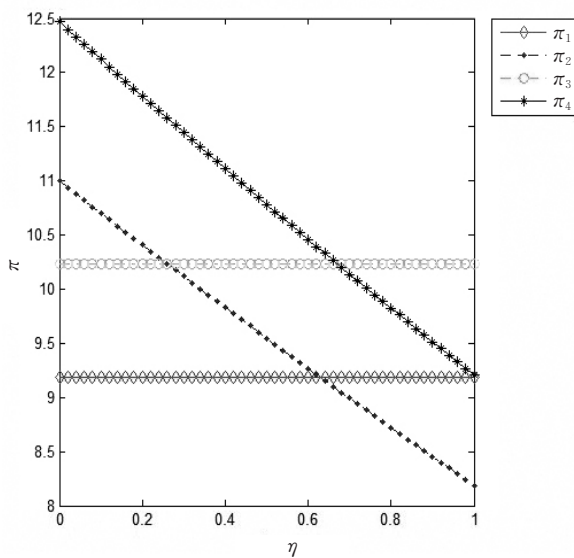


图4 下游创新无风险，产业链利润随上游创新风险变化情况

行创新时产业链利润最大；当 $\eta > 0.669$ 时，仅下游企业进行创新时产业链利润最大；当 $\eta < 0.259$ 时，仅上游企业进行创新时产业链利润要比仅下游企业进行创新时更大；当 $\eta > 0.259$ 时，仅下游企业进行创新时产业链利润要比仅上游企业进行创新时更大；甚至当 $\eta > 0.629$ 时，仅上游企业进行创新时产业链利润比都不进行创新时还要低。

3.2 上游创新无风险，下游创新有风险

图5~图7分别为当上游创新无风险，即 $\eta = 0$ 时，当下游创新风险系数 $\epsilon \in [0, 1]$ 时，上游企业、下游企业以及产业链的利润函数在四种情况下随 ϵ 的变化情况。

对上游企业1来说，在上下游都进行技术创新时，企业1的利润最高；仅上游企业进行创新时企业1的利润比仅下游企业创新时企业1的利润要高；都不进行创新时企业1的利润最低。

对下游企业2来说，上下游都进行创新和仅上游企业进行创新时企业2的利润比其他两种情况下的利润要高的多；在 $\epsilon < 0.614$ 时，上下游企业都进行创新时企业2的利润最大；在 $\epsilon > 0.614$ 时，仅上游企业进行创新时企业2的利润更大。当 $\epsilon < 0.476$ 时，仅下游企业进行创新时企业2的利润比都不进行创新要高；当 $\epsilon > 0.476$ 时，都不进行创新时企业2的利润反而比仅下游企业进行创新时还要高。

对于产业链来说，当 $\epsilon < 0.867$ 时，上下游企业都进行技术创新时产业链利润最大；当 $\epsilon > 0.867$ 时，仅上游企业进行技术创新时产业链利润最大；当 $\epsilon < 0.823$ 时，仅下游企业进行技术创新时产业链利润要比都不进行技术创新时大；当 $\epsilon > 0.823$ 时，仅下游企业进行技术创新时产业链利润要比都不进行技术创新时小；上下游企业都进行技术创新和仅上游企业进行技术创新时的产业链利润要比其他两种情况下的产业链利润大的多。

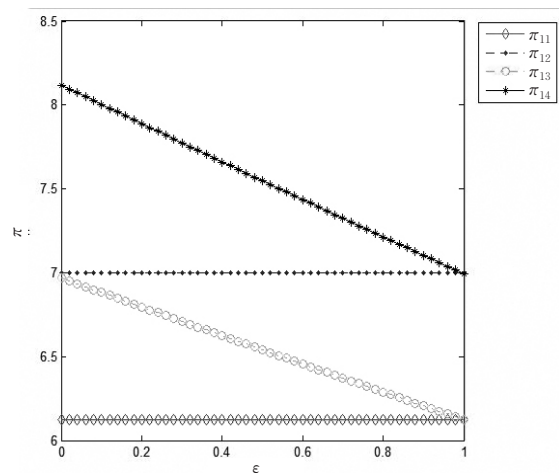


图5 上游创新无风险，

上游企业利润随下游创新风险变化情况

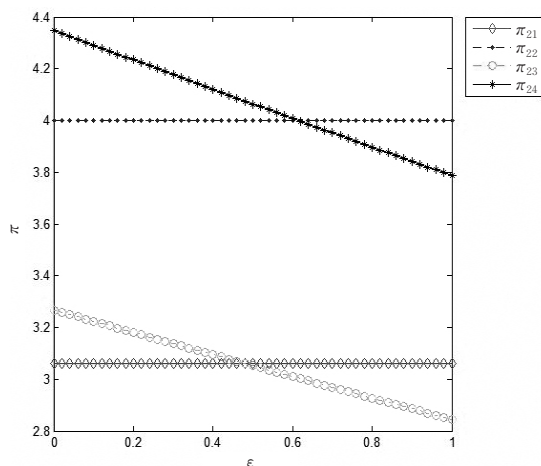


图6 上游创新无风险，下游企业利润随下游创新风险变化情况

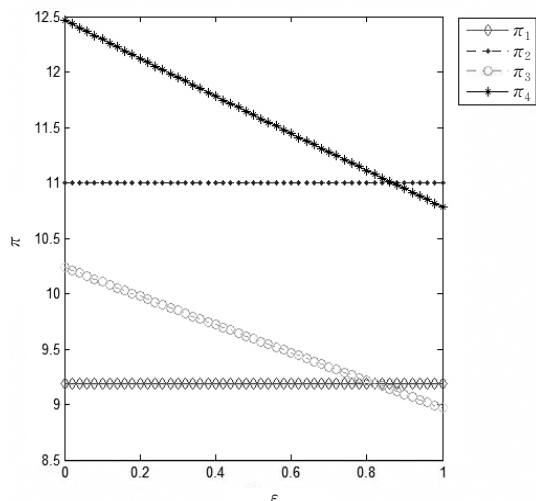


图7 上游创新无风险，产业链利润随下游创新风险变化情况

3.3 上下游创新均有风险

图8~图10分别为在上下游创新均有风险时，当下游创新风险系数 $\epsilon \in [0, 1]$ ，上游创新风险系数 $\eta \in [0, 1]$ 时，上游企业、下游企业以及产业链的利润函数在四种情况下随 ϵ 和 η 的变化情况。

对于上游企业1来说，当上下游创新风险系数满足 $27(8 - \eta)^2 + 49\epsilon^2 - 196\epsilon(8 - \eta) - 216 > 0$ ， $56(16 - \epsilon)^2 + 900\eta^2 - 900\eta(16 - \epsilon) - 7200 > 0$ 时，此时上下游企业共同创新时的上游企业的利润最大。对于下游企业2来说，当上下游创新风险系数满足 $27(8 - \eta)^2 + 49\epsilon^2 - 196\epsilon(8 - \eta) - 784 > 0$ ， $56(16 - \epsilon)^2 + 900\eta^2 - 900\eta(16 - \epsilon) - 896 > 0$ 时，此时上下游企业共同创新时的下游企业的利润最大。

对于产业链来说，当上下游创新风险系数满

足 $81(8 - \eta)^2 + 147\epsilon^2 - 588\epsilon(8 - \eta) - 1216 > 0$ ， $168(16 - \epsilon)^2 + 2700\eta^2 - 2700\eta(16 - \epsilon) - 15296 > 0$ 时，此时上下游企业共同创新时的产业链的利润最大。

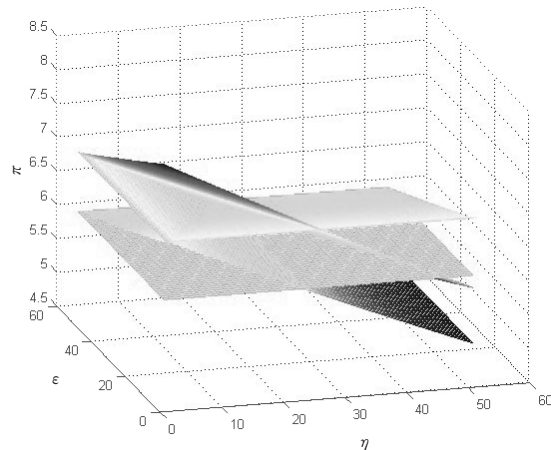


图8 上下游创新均有风险，上游企业利润随上下游创新风险变化情况

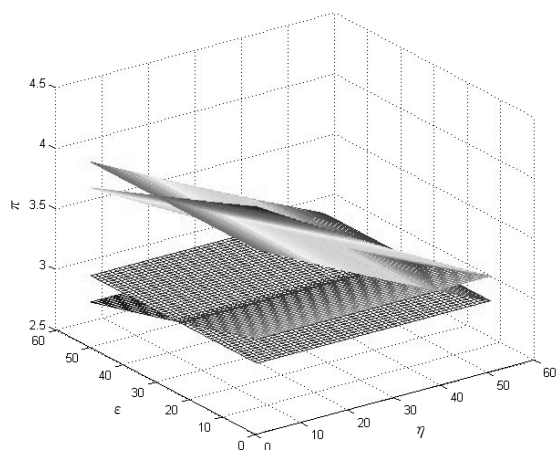


图9 上下游创新均有风险，下游企业利润随上下游创新风险变化情况

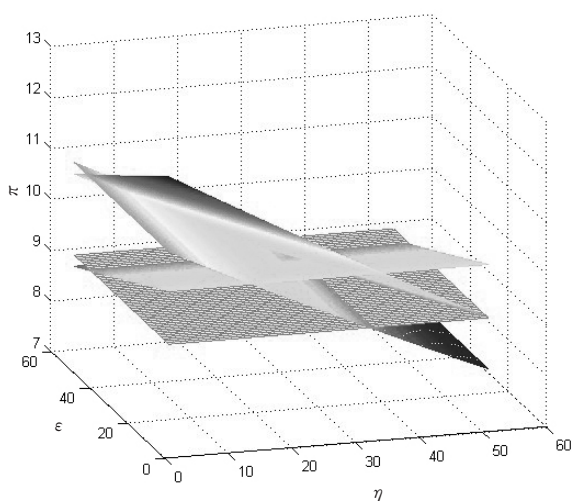


图10 上下游创新均有风险，产业链利润随上下游创新风险变化情况

4 结论及启示

4.1 主要结论

从对上下游企业和产业链的利润函数随创新风险系数的变化情况来看,可以得到以下结论。

(1)在一定的创新风险范围内,上下游企业共同创新时,上下游企业以及产业链的利润均达到最大。

(2)当下游创新无风险时,上游创新风险在一定的范围内时,上下游企业自己创新所带来的利润不如对方进行创新时给自己带来的利润高,此时存在一种“搭便车”的现象。

(3)当上游创新无风险时,无论下游企业创新风险系数如何变化,仅上游企业创新给上下游企业带来的利润都要比仅下游企业创新所带来的利润高。

(4)在一定的创新风险范围内,仅上游企业创新给产业链带来的利润要比仅下游企业创新给产业链带来的利润高。

(5)在一定的创新风险范围内,上下游企业都能从技术创新中获利。

4.2 研究启示

对于企业来说,创新风险是存在的,同时是可以控制的,只要把创新风险控制一定范围内,创新总能够为企业带来可观利润。此时,上下游企业进行链合联动协同创新是最佳选择,上下游企业可以实现技术转移,互相吸取经验,带动产业链创新。上下游企业进行信息共享,进而缩短新产品开发周期,上下游企业及产业链均可以达到利润最大化。从结论(3)和结论(4)发现,一定条件下,对下游企业和产业链来说,上游企业进行创新更为有利,因此,下游企业应该和上游技术供应商加强合作。当前关键技术和核心技术受制于人的主要原因也是原材料的技术受限,要想实现产业链现代化,必须提升产业链的上游控制能力,增强产业链上游企业创新能力和技术水平。尤其是当前仍处于国际产业链中下游的中国企业,更需要主动寻求与上游技术供应商合作,并通过兼并一些高端的技术供应商,以实现吸收技术、品牌继而打入国际市场的目的。

对于政府而言,从结论可以看出,一定条件下存在着搭便车的现象,所以政府为了产业链整体利润水平和社会福利水平的提高,应该鼓励上下游企业进行链合联动协同创新,可以给予创新企业一定的资金和政策支持。政府还应提升产业配套能力,

保证产业链上下游各环节配套,优化市场资源配置,推动产业链协同创新发展。相比下游企业创新,上游企业创新可以给产业链带来更多的利润,因此,如果上下游企业不能进行链合联动协同创新,政府应该优先对上游企业的创新给予资金和政策支持。尤其在当前先进制造业和现代服务业融合发展的背景下,要打好产业链现代化的攻坚战,更需要大力支持上游企业创新,帮助上游企业解决“卡脖子”的基础产品和基础技术,逐步实现点、线、面的突破。

参考文献

- [1] 盛朝迅. 推进我国产业链现代化的思路与方略[J]. 改革, 2019(10): 45-56.
- [2] 盛朝迅. 打好产业链现代化攻坚战[N]. 经济日报, 2019-09-10(013).
- [3] 赵磊. 中国制造业产业链存在的问题及对策研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [4] 芮明杰. 构建现代产业体系战略思路、目标与路径[J]. 中国工业经济, 2018(9): 24-40.
- [5] KLARIN A, RAY P, SHARMELLY R. Industrial modernization and business strategies in transition economies [C]// Australian and New Zealand International Business Academy Conference (ANZIBA). Brisbane: ANZIBA, 2018: 16165.
- [6] 刘志彪. 用现代化产业链理念认识国有和民营经济[N]. 人民政协报, 2018-10-25(003).
- [7] 田文昕. 打好浙江产业链现代化攻坚战[J]. 浙江经济, 2019(19): 63.
- [8] 高照军, 张宏如. 企业成长与创新视角下的产业链升级研究[J]. 科研管理, 2019, 40(5): 24-34.
- [9] 李燕. 夯实产业基础能力 打好产业链现代化攻坚战[N]. 中国工业报, 2019-09-12(002).
- [10] D' ASPREMONT C, JACQUEMIN A. Cooperative and non-cooperative R&D in duopoly with spillover[J]. The American Economic Review, 1988(78): 1133-1137.
- [11] VONORTAS N S. Research joint ventures in the US [J]. Research Policy, 1997, 26(4): 577-595.
- [12] BANERJEE S, LIN P. Vertical research joint ventures [J]. International Journal of Industrial Organization, 2001, 19(2): 285-302.
- [13] ISHII A. Cooperative R&D between vertically related firms with spillovers[J]. International Journal of Industrial Organization, 2004(22): 1213-1235.
- [14] BIRGIT A, TOBIAS S. empirical evidence on the success of R&D cooperation—happy together[J]. Review of Industrial Organization, 2008, 3(1): 41-61.
- [15] LOOF H. multinational enterprises and innovation: firm level evidence on spillover via R&D collaboration [J]. Journal of Evolutionary Economics, 2009, 19(1): 41-71.
- [16] LIU Y, WANG S. Research on collaborative management in supply chain crisis [J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 10: 141-146.
- [17] SHIH S C, HSU S H Y, ZHU Z. Knowledge sharing—a key role in the downstream supply chain [J]. Information & Management, 2012, 49(2): 70-80.
- [18] WEI J, ZHAO J, LI Y. Pricing decisions for comple-

- mentary products with firms' different market powers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 224(3): 507-519.
- [19] MAITI T, GIRI B C. A closed loop supply chain under retail price and product quality dependent demand [J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2015, 37: 624-637.
- [20] GAO J, HAN H, HOU L, et al. Pricing and effort decisions in a closed-loop supply chain under different channel power structures [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 112: 2043-2057.
- [21] BORGSTEDT P, NEYER B, SCHEWE G. paving the road to electric vehicles—a patent analysis of the automotive supply industry [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 167: 75-87.
- [22] KUSI-SARPONG S, GUPTA H, SARKIS J. A supply chain sustainability innovation framework and evaluation methodology [J]. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(7): 1990-2008.
- [23] 张子健, 刘伟, 张婉君. 基于不确定条件下的供应商参与协同设计决策分析[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(3): 95-101.
- [24] 吕巍, 郭冰, 王丽丽. 纵向研发联盟的稳定性及社会福利分析[J]. *系统管理学报*, 2009, 18(4): 421-427.
- [25] 邹艳, 陈宇科, 董景荣. 三级供应链中中游企业纵向合作研发策略[J]. *管理工程学报*, 2011(1): 216-220.
- [26] 刘志迎, 范云, 晋盛武. 需求约束下的产业创新动态系统进化博弈研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2007(12): 55-59.
- [27] 刘志迎, 李芹芹. 产业链上下游链合创新联盟的博弈分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2012(6): 36-41.
- [28] 金常飞, 王馨. 再制造绿色供应链中企业决策与政府激励策略分析[J]. *中国科技论坛*, 2012, 191(3): 74-80.
- [29] 闻卉, 曹晓刚, 黎继子. 基于 CVaR 的供应链回购策略优化与协调研究[J]. *系统工程学报*, 2013(2): 211-217.
- [30] 肖群, 马士华. CVaR 准则下考虑信息预测成本的供应链协调机制[J]. *系统工程理论与实践*, 2014(12): 3043-3049.
- [31] 代建生, 孟卫东. 基于 CVaR 的供应链联合促销的回购契约协调研究[J]. *中国管理科学*, 2014(7): 43-51.
- [32] 陈芳, 睦纪刚. 新兴产业协同创新与演化研究: 新能源汽车为例[J]. *科研管理*, 2015, 36(1): 26-33.
- [33] 巩永华, 薛殿中. 不同合作方式下 ICT 低碳技术产业链协同创新博弈分析[J]. *系统工程*, 2016(11): 39-46.
- [34] 吕璞, 林莉. 基于开放式创新的供应链企业协同创新模型研究[J]. *科技管理研究*, 2014, 34(1): 197-200.
- [35] 周华, 周水银. 基于顾客价值的供应链企业协同创新研究[J]. *管理学报*, 2016, 13(10): 1557-1562.
- [36] 李升泉. 外部冲击对企业供应链协同创新的影响和最优决策研究[J]. *系统工程*, 2017(6): 40-48.
- [37] 谭玲玲, 李倩, 喻冬冬. 公平关切下供应链协同创新中的知识共享行为博弈[J]. *工业技术经济*, 2018, 37(10): 109-119.
- [38] 韩正涛, 张悟移. 供应链协同创新中知识转移的收益共享机制[J/OL]. *计算机工程与应用*: 1-10[2019-11-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20190815.1708.029.html>.
- [39] 解学梅, 罗丹, 高彦茹. 基于绿色创新的供应链企业协同机理实证研究[J]. *管理工程学报*, 2019, 33(3): 116-124.
- [40] 李宗活, 杨文胜, 陈信同. 基于零售商创新投入的双渠道供应链协调策略[J]. *控制与决策*, 2019, 34(8): 1754-1760.
- [41] 王文隆, 王成军, 胡海华. 基于制造商创新的零售商需求预测信息共享研究[J]. *软科学*, 2019, 33(7): 70-78.

A Study on the Enterprises' Collaborative Innovation under the Industrial Chain Modernization

Ma Chaoliang

(Postdoctoral Workstation, China Development Institute, Shenzhen 518029, Guangdong, China)

Abstract: Only by the collaborative innovation of the upstream and downstream enterprises, the industrial technology upgrading and industrial chain modernization can be realized. By establishing an industrial chain model of an upstream enterprise and a downstream enterprise, this paper analyzes four cases of collaborative innovation, and uses Matlab to analyze the profits of the upstream and downstream enterprises and the industrial chain in four cases with the change of the innovation risks. It is found that within a certain range of innovation risks, collaborative innovation can bring out more profits for the industrial chain, also the innovation effect of the upstream enterprises is higher than that of downstream enterprises. Therefore, the government should actively support the technological innovation of the raw material suppliers that in the upstream chain, so as to realize essential technical breakthroughs and industrial chain modernization.

Keywords: industrial chain; industrial chain modernization; linkage innovation; collaborative innovation