

doi: 10.19920/j.cnki.jmsc.2022.07.004

# 新产品开发合作中优先许可权机制研究<sup>①</sup>

万光羽<sup>1,3</sup>, 曹 裕<sup>2\*</sup>

(1. 湖南大学经济与贸易学院, 长沙 410082; 2. 中南大学商学院, 长沙 410083;  
3. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

**摘要:** 高科技新产品的成功开发常常依赖于创新链和产业链的多方合作, 利用比较优势有效提高开发成功率。而在新产品研发早期建立合作关系时, 合作将面临较高的技术和市场价值不确定性, 难以达成一个具体的利益分配合约。灵活的优先许可权机制不仅允许双方在早期建立合作关系, 而且使双方将利益分配决策延迟到不确定性较低的时机。本文建立序列新产品开发合作的博弈模型来研究优先许可权机制。模型包含一个负责前期技术研发的技术发明者和一个负责后期生产推广的市场者。双方围绕一个仍面临技术和市场价值不确定性的新产品进行开发合作。本文采用合同理论框架讨论优先许可权的作用价值, 并考虑技术发明者关于新产品的潜在平均市场价值的信息不对称情形。研究表明: 当双方合作可以降低研发成本时, 优先许可权可提升技术发明者的研发投入, 并提升双方合作的总收益。同时, 优先许可权的价值随着新产品的潜在平均价值、市场价值不确定性、以及市场竞争程度的增加而上升。在信息不对称情形下, 技术发明者可利用优先许可权建立一个筛选模型, 使得高价值类型的市场者获得该产品。本文的研究为理解优先许可权的价值作用提供理论支撑, 也为创新合作实践提供参考。

**关键词:** 新产品开发合作; 优先许可权; 合同理论; 信息不对称

**中图分类号:** F272   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2022)07-0041-20

## 0 引 言

新产品的成功开发过程需要经历技术研发、生产制造和市场推广等多个环节, 其中伴随着技术和市场价值等多重不确定性。对于高科技行业中的新产品开发, 其更具有高成本和高风险的主要特征。本文以生物医药行业中新药研发合作为例, 讨论新药开发过程中的合作机制问题。一项新药成功研发需要经过新药发现、临床前试验、临床试验 I 期~临床试验 III 期、政府批准、生产与上市等一系列漫长且艰巨的过程, 涉及分子生物学、药物化学、计算机科学、制药工艺学等多个学科。

研究表明, 从发现一个潜在的新药到用于治疗病人往往需要 12 年~13 年的时间——假如最终能够成功的话。一项进入临床试验的新药最终通过食药监局(FDA)批准上市成功的概率大约是 11.83%, 其平均研发成本大约在 13.95 亿美元<sup>[1]</sup>。可见, 新药开发是一项周期长、成本高、风险高、研发过程复杂的系统工程。因此, 一家企业如果选择独立研发、生产并推向市场将面临巨大的成本和风险。

近年来, 随着生物制药行业市场竞争的愈加激烈, 加之食药监督管理局批准新药的标准提高, 新药通过率大大降低, 进一步加大了新药开发的

① 收稿日期: 2020-12-20; 修订日期: 2021-10-08。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71802076; 71972182); 湖南省自然科学基金资助项目(2020JJ2051; 2022JJ30176); 湖南省科技创新人才计划科技创新领军人才资助项目(2021RC4007)。

通讯作者: 曹 裕(1985—), 女, 湖南益阳人, 博士, 教授, 博士生导师。Email: caoyu@csu.edu.cn

风险<sup>[1]</sup>,市场中许多传统的大型制药企业为了降低研发风险逐渐选择与小型生物科技企业建立合作关系开发推出新药,使得新药开发速度更快、效率更高、风险更低和收益更高<sup>[2]</sup>.例如,2016年生物科技企业 Calibr 将其正在研发的关于治疗心脏衰竭的新药授权许可给制药企业 Pfizer 做进一步临床实验与开发<sup>[3]</sup>,2017年生物科技企业 Pure Tech Health 和瑞士制药企业 Novartis 通过许可授权建立合作关系共同开发关于免疫功能的新药<sup>[4]</sup>,2020年生物科技企业 BioNTech 利用其 mRNA 疫苗技术和 Pfizer 合作开发 Covid-19 疫苗<sup>[5]</sup>.Jung 等<sup>[5]</sup>通过分析 2017 年报数据发现辉瑞和强生的新产品大多是通过合作开发完成,其中辉瑞的 62 个新产品中仅有 10 个(23%)产品是自己原创发明,同样强生的 18 个主要产品中原创的比例仅有 2 个(11%).Robinson<sup>[6]</sup>指出在被批准的新药中是小型生物科技企业负责早期研发的比例从 2009 年的 31%增加到了 2018 年的 64%,数量上相对于 2009 年也增加了 103%,越来越多的大型生物企业通过授权许可和提供资金支持后期开发的方式建立合作关系来获得有潜力的新药,不断扩充其产品线,提升市场竞争力.合作开发成为趋势主要是因为:一方面,小型生物科技企业通常在某些细分领域具有极强的专业研发能力,能够发现具有上市潜力的新药,研发速度更快.但早期的新药发现需要经历长时间的临床试验和进一步开发,这过程需要大量的资金支持.即使新药通过了食药监督管理局的批准,后期也需要大量的资金和市场资源来支持生产上市.而小型生物科技企业由于受到资金约束,缺乏新药开发后期的开发管理能力和新药生产推广能力,使得他们有动机与大型制药企业合作.另一方面,从大型制药企业的角度来看,依赖自身的研发新药的速度已不能跟上现存产品的专利失效速度,面对日益竞争激烈的市场竞争,这些大型医药企业也希望通过与生物科技企业的合作来快速扩充自身的产品线,保证未来的持续竞争力.基于此,越来越多的生物科技企业与制药企业频繁的建立新药开发合作伙伴关系,利用相互的专业能力比较优势,来降低研发的风险与成本、缩短研发周期.

从以上可看出,对于诸如新药的高科技新产

品开发,专注研发的产品发明者与有市场经验的投资者如果能在研发早期建立合作关系,可以有效降低研发成本并提高研发成功率.然而在研发早期新产品的市场价值有较高不确定性,甚至双方在新产品或者新技术的市场价值方面具有信息不对称,例如制药企业和市场直接接触,因此对新产品的市场价值有信息优势<sup>[7,8]</sup>.例如,早期的潜在新药发现在技术研发、治疗范围、生产成本,及商业可行性等方面面临着更高的不确定性.对于制药公司来说,它很难在药物开发早期承诺一个较高的前期支付费用,因为此时新药对制药公司的价值有很大的不确定性,较难评估药物的市场潜在价值以及其是否与制药企业当前的产品线战略相符.同时,对于生物科技公司而言,生物科技公司并不情愿将新药在研发的早期就授权许可出去,因为其谈判能力由于新产品在技术和市场机制还具有不确定性的情况下会受到一定的限制,也因而限制了其从合作中分配收益的谈判能力.

因而,双方在早期进行合作如果希望确定一个新产品的收益分配方案具有较大的困难.医药行业中采用的一个常见的措施是采用优先许可权来进行合作.也即制药企业首先支付给生物科技企业一个前期费用,双方建立合作关系,作为回报,生物科技企业许诺给生物科技企业一个优先许可权,也就是当新产品研发成功后,生物科技企业将从市场上获得的许可报价呈送给制药企业,如果制药企业愿意匹配市场报价,那么制药企业将获得该新药的生产并推向市场的权利.如果制药企业不愿意匹配的话,生物科技企业可按照市场价授权许可给其他第三方企业进行下一步生产市场推广.例如,2010年生物科技企业 Lpath 和制药企业 Pfizer 合作协议中规定 Lpath 授予 Pfizer 关于一种治疗癌症的潜在新药 Asonop 的优先许可权<sup>[9]</sup>.优先许可权不仅在生物医药行业,在企业与高校的产学研合作的过程中,优先许可权也是常见的一种合作方式,一些企业在资助高校科研研究时,由于资助时双方都可能无法预测具体的研究成果或者技术,因此通常会对接高校的研究成果要求有优先许可权作为资助的回报<sup>[10]</sup>.虽然实践中优先许可权已经是创新合作的一种较为常见

形式,但是理论上对其的理解还不够充分.例如,优先许可权如何影响研发者的研发投入?是否可以提高双方合作价值?如果可以提升合作收益,那么合作价值受到哪些因素影响?优先许可权是否可用以应对信息不对称?企业应如何设计包含优先许可权的最优合同?

基于上述问题,本文从合同设计的视角建立一个技术发明者和市场者之间的博弈模型,并利用拍卖模型来决定技术发明者获得最高的市场许可报价,具体讨论优先许可权如何影响双方的决策以及合作双方的收益.本文以技术发明者为机制设计者,在考虑新产品技术研发和市场价值双重不确定性下,以无权利情形的双方期望收益为基础,讨论优先许可权如何影响技术发明者的最优研发努力决策,以及优先许可权在什么条件下可以提升双方的合作价值,及其合作的价值受哪些主要因素影响.进一步,本文讨论双方信息不对称情形,也即市场者对新产品的平均市场价值具有信息优势,分析技术发明者能否通过优先许可权的机制来实现分离均衡以及其最优策略.本文希望通过建立博弈模型,从理论上揭示优先许可权在创新合作中的作用与价值,也为业界实践管理者使用优先许可权的提供理论参考.

## 1 文献综述

探讨新产品开发合作中优先许可权利机制问题,属于新产品开发研究领域<sup>[11]</sup>.下面首先将对新产品开发合作机制研究的相关文献进行梳理,然后梳理与优先许可权机制相关的主要文献,并在每部分指出本文与已有文献的差异.

新产品开发合作的文献一方面关注合作时机的选择问题,也即在产品开发过程中的哪个阶段进行合作,以及这个时机的选择受哪些主要因素影响,另一方面关注合作机制的设计问题,也即双方就合作的总剩余如何进行分配.在时机选择问题上, Kalama 和 Pinkus<sup>[12]</sup> 研究指出新药开发合作双方在研发早期开始合作更加有利于提高新药开发的成功率. Gans 等<sup>[13]</sup> 实证研究发现降低知识产权使用范围的不确定性可以提早合作时机.

Luo<sup>[14]</sup> 通过分析电影产业的数据研究发现买卖双方对潜在项目或者产品价值的不同估计会显著影响知识产权的许可合作时机. Allain 等<sup>[15]</sup> 利用生物制药行业的数据实证研究发现潜在市场的竞争程度对许可转让的时机选择有显著影响,行业竞争愈激烈,许可转让时机越有可能延迟.同时,双方信息和风险承受程度的不对称对发明许可转让时机也有影响. Morreale 等<sup>[16]</sup> 指出新药开发合作时机的选择取决于市场价值的不确定性、生物科技企业的现金流、双方在不同时期的谈判力、市场竞争等因素. Hegde 和 Luo<sup>[17]</sup> 通过分析生物医药行业的专利数据发现当专利价值的信息不对称程度显著降低时,专利获得许可的时机延迟显著降低.以上研究表明信息不确定性和不对称程度会导致合作时机的推迟,而随着行业竞争程度的增加,双方越早合作越有利于新产品开发的成功和提升双方的收益.本文的研究并不讨论双方合作时机的选择问题,而主要是研究双方在早期建立合作时的机制设计问题.

在新产品开发合作机制设计上,已有文献考虑了如何运用诸如固定费用、许可税、股权和里程碑付款等单个条款或组合条款来设计最优授权许可合同机制,以解决合作过程中的信息不对称与代理问题等<sup>[18,19]</sup>. 现有研究的焦点主要是探讨这些条款在新产品开发合作中的作用,如何应对新产品开发合作中所面临的技术和市场风险,以及所存在的代理问题,其中包括逆向选择、道德风险、套牢和风险厌恶问题. Kamien 和 Tauman<sup>[20]</sup> 研究发现信息对称情形下发明者的最优技术许可策略是固定费用合同. 当存在信息不对称时, Beggs<sup>[21]</sup> 发现发明者可利用许可税机制给被许可方发送关于产品高质量的信号. Erat 等<sup>[22]</sup> 考虑一个上游技术提供者对多个有竞争关系的下游生产者提供技术许可时,其最优策略是固定费用和许可税的混合合同机制. 岳贤平和顾海英<sup>[23]</sup> 探讨如何利用“固定费用+提成费”机制解决由技术使用者替代性投入行为而产生的道德风险问题. 石岩和刘思峰<sup>[24]</sup> 从厂商的视角研究利用提成机制来解决厂商面临关于专利质量的信息不对称问题. Crama 等<sup>[25]</sup> 建立一个委托-代理模型研究当发明被许可方拥有有关新产品技术成功率的私有信息

时,发明的许可方应如何运用固定费用、里程碑付款和许可税三种条款来设计最优的合同,以解决合作中的道德风险和不对称问题。Xiao 和 Xu<sup>[26]</sup> 讨论新药开发合作中对于许可税合同重新再谈判的可能性对双方投入激励的影响。Savva 和 Taneri<sup>[27]</sup> 许可税与股权的组合合同在应对信息不对称的效率上优于固定费用与许可税的组合合同且许可税可以导致生产决策偏离最优决策。以上研究主要是讨论合作双方如何通过货币化的条款来设计合作机制,而本文讨论的优先许可权是一种非货币化的合作条款,其将具体的利益分配决策延迟到合作的下一阶段。

以上相关文献讨论的是双方通过技术许可方式进行序列新产品开发合作,还有一些学者讨论双方同时投入努力进行新产品开发合作问题。熊榆等<sup>[28]</sup> 对同时投入的新产品合作开发问题从投入资源多样性(资金与知识)的视角进行了讨论,通过构建博弈模型发现双方合作的条件不仅依赖于不同资源的投入,与领导者收益比例与知识溢出水平也相关。但斌等<sup>[29]</sup> 分析了在双边道德风险下的合作创新问题,发现合作创新中的最优收入共享激励系数越大,合作方投入的知识技术产出弹性系数也就越大,而合作方的知识技术产出弹性系数却越小。黄波等<sup>[30]</sup> 研究产学研合作收益分配问题,假设研发成功概率与研发投资相关,以及产品市场收益与市场投资相关,对比分析了不同的利益分配方式(比如固定支付方式、产出分享方式和混合方式等)对合作双方的激励效率。来向红<sup>[31]</sup> 讨论了双方研发努力互补情形下的新产品创新利益分配问题。代建生和范波<sup>[32]</sup> 指出合作研发中的双方的利益分配比例取决于双方各自的研究能力和谈判能力。郑江波和王娅男<sup>[33]</sup> 研究了供应链上下游两个企业的合作开发模型,特别考虑知识动态转移情况下双方的最优知识资源投入策略。Tian 等<sup>[34]</sup> 通过理论模型分析研究新药研发企业之间应何时合作开发新产品或何时应各自独立开发并相互竞争,取决于新药开发成本和开发技术的不确定性两个主要因素。其他关于合作创新的文献讨论了研发机构的激励问题。王旭娜等<sup>[35]</sup> 通过建立动态博弈模型分析了企业和研发机构之间的持续合作策略以及其对研发机构激励力度的

影响。以上文献主要讨论了合作创新中研发的投入和利益分配问题,而本文在此基础上着重讨论序列新产品开发合作下,双方关于优先许可权的合作机制设计问题。

本文的研究问题也是关于新产品开发合作的机制问题,与以上文献不同的是本文讨论的不是具体的利益分配机制,而是一种灵活的优先许可权机制,同时考虑一个序列的新产品开发合作模型,也即技术发明者负责技术研发阶段,而市场者负责生产市场推广阶段。而关于优先许可权利机制的研究,相关的文献主要集中在经济学领域,称作优先交易权或者优先购买权。相关文献主要分析优先购买权如何影响交易双方各自以及总的效用。Walker 和 David<sup>[36]</sup> 最早对这种优先权利进行分析,并指出优先权可以增加拥有权利一方获得协议资产的概率。Bikhchandani 等<sup>[37]</sup> 采用拍卖模型研究优先购买权的价值,当投标者之间的估值具有相关性时,研究发现优先购买权可以恶化赢家诅咒,指出在共同价值拍卖情景下,优先购买权对权利授予方会产生损害。Choi<sup>[38]</sup> 采用拍卖模型研究发现优先购买权可以增加权利授予方与被授予方的总剩余。Roth 和 Grosskopf<sup>[39]</sup> 发现优先购买权可能会对权利拥有方不利,原因在于其他竞争企业会策略的提高报价,以使得权利拥有方支付更高的溢价来赢得资产。Kahan 等<sup>[40]</sup> 在分析优先购买权时假设买方需要付出一定的调查成本才能正确的评估产品的价值,发现优先购买权增加双方的总剩余,随着买方的调查成本降低而增加。Guo 等<sup>[41]</sup> 研究发现研发合作中的委托人和代理人可以利用优先交易权从潜在市场进入者攫取剩余价值,并通过实证研究发现潜在市场进入者出现概率越高,即威胁越大,研发合作双方采用优先交易权的概率越大。同以上文献不同的是,本文分析优先许可权在新产品开发合作中的价值,在考虑技术和市场价值不确定性的基础上,建立了新产品开发合作中采用优先许可权机制的互动博弈模型,分析优先许可权对具体决策的影响,揭示优先许可权影响技术发明者的研发努力和双方的期望收益的机理,并进而分析优先许可权在应对市场价值信息不对称情形下的作用机理。

## 2 模型设置

建立一个技术发明者与一个市场者之间的新产品序列开发合作模型,其中技术发明者是以一个专注于技术研发的机构或者企业,例如药物研发行业中的小型生物科技企业,市场者是一个擅于将技术专利或知识产权进一步转化为市场产品并进行批量生产、向市场推广的企业,比如大型的制药企业。

新产品从研发到市场需要经历两个阶段:首先是早期的产品技术研发阶段,此时该潜在新产品还面临技术和市场价值的较高不确定性,该阶段的主要任务是确认技术上是否可行或能够成功,主要由技术发明者来负责;如果新产品成功通过技术研发阶段,技术发明者将该新产品许可授权给市场者进行第二阶段的进一步产品生产和市场推广。

在序列新产品开发合作模型中,技术发明者前期需要决定其在早期研发阶段研发努力投入,本文用  $e_i$  来表示技术研发者前期的研发努力投入,其对应的努力成本为  $c_i e_i^2/2$ ,其中  $c_i$  为技术发明者独立研发的成本系数。同时,在这里技术发明者的研发努力投入  $e_i$  也用以表示新产品研发成功的概率,也即努力投入越高,研发成功概率( $0 < e_i < 1$ )越大。这里假设研发努力投入的边际成本递增,一方面是为刻画研发成功概率的增加所带来的成本是边际递增的,另一方面也是最优解存在的条件需求,这也与许多已有文献假设一致<sup>[26,27]</sup>。如果技术发明者可以与市场者提前进行合作,那么其研发成本系数  $c_i$  可以降低为  $\lambda c_i$ ,  $0 < \lambda < 1$ 。因为与市场者在早期开始合作,市场者可以利用其丰富的经验知识来帮助技术发明者降低其研发成本,而且与市场者的前期合作也有利于降低技术发明者的融资成本。这里假设技术发明者主要负责技术研发的工作,其研发努力投入提高新产品技术上成功的概率,从而间接提升新产品的期望市场价值,而新产品未来的具体市场价值由其新产品本身的内在属性以及外在需求市场决定,因此假设是外生的。已有文献例如 Crama 等<sup>[42]</sup> 和黄波等<sup>[30]</sup> 也作了类似假设。

当新产品成功通过研发阶段,也即技术不确

定性被消除后,此时市场者也可以较好地评估新产品的市场价值。因此,技术发明者可以通过与市场中的企业进行谈判,并按照一个许可价格授权给其中一家市场者进行下一步的生产与推广。本文考虑多个市场者,其中有一个市场者与发明者在早期建立合作关系。为了区分,将此市场者称作“合作市场者”,其他市场者称作“第三方市场者”。假设第三方市场者的数量为  $n$ 。

技术发明者在研发开始前可以选择独立研发,但也可与一个合作市场者提前进行早期阶段的合作,以降低自身的研发成本,提高新产品技术研发的成功率同时也降低研发风险。但是合作市场者在早期阶段由于其新产品技术研发还存在较大不确定性,因而尚不能准确的评估新产品的市场价值,比如在新药在研发阶段常常还存在治疗范围和副作用等不确定性,从而双方此时很难签订一个包含具体价格的授权许可合同来管理未来新产品的开发推广。因而,双方需要一个更加灵活的合作机制,也即研究对象优先许可权。

具体来说,双方在新产品研发早期就建立合作关系,签订一个包含优先许可权的合同。技术发明者与合作市场者的博弈过程包含两个阶段:合同签订阶段和新产品许可授权阶段。在合同签订阶段本文以技术发明者作为合同提供方。这种假设是合理的,一方面是因为发明者是新产品的技术拥有方,具有垄断优势谈判力,可以与多个市场者进行谈判,另一方面以生物医药行业为例,制药企业之间竞争越来越激烈,在如今高质量新药稀缺的市场中,制造企业对于生物科技的潜在新药许可授权的竞争也越来越激烈,从而技术发明者拥有较高的谈判力<sup>[25]</sup>。在第一阶段,技术发明者将提供一个包含优先许可权以及前期固定费用支付的合同,如果市场者接受该合同,双方签订合同。技术发明者决策并投入研发努力,如果研发成功,双方互动进入到第二阶段。在第二个阶段,技术发明者将会根据签订的优先许可权利的约束规则来决定将新产品许可给拥有优先许可权的合作市场者或市场中的其他第三方市场者,进行下一步的开发生产与市场推广。双方的博弈包括如图1所示的两阶段模型:合同签订阶段和新产品授权许可阶段。

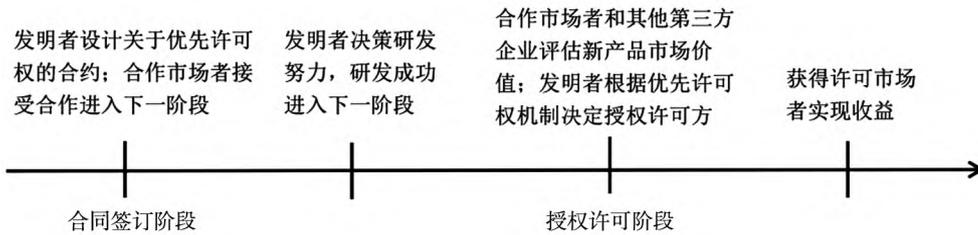


图1 事件时间顺序

Fig.1 The time sequence of events

在合同签订阶段市场者面临研发新产品的市场价值不确定性,产出的不确定性在关于研发合作或专利授权的研究文献中也是常见的假设<sup>[43,44]</sup>.假设该新产品对于市场者而言,其市场价值服从一个均匀分布函数  $U[v, \bar{v}]$ ,其中  $v = \mu(1 - \delta)$ ,  $\bar{v} = \mu(1 + \delta)$ ,  $\mu$  是该分布的平均值,  $\delta$  用以刻画该新产品的市场价值不确定性.

在第二阶段授权许可阶段的博弈过程中,当合作市场者拥有优先许可权时,技术发明者将通过如下过程决定将新产品授权许可给合作市场者或其他第三方市场者.也即,在许可阶段,当技术发明者决定向市场授权许可其新产品时,在优先许可权下,技术发明者允许与市场中其他第三方市场者进行谈判,并获取报价.假设市场上其他第三方市场者的数量为  $n$ ,新产品对于每个市场者而言其市场价值也服从均匀分布  $U[v, \bar{v}]$ .此时,技术发明者可以与此  $n$  个市场者各自谈判获取最高报价,将此过程用第一价格密封拍卖模型来刻

画.将该  $n$  个第三方市场者作为第一价格密封拍卖的竞标者,从而技术发明者可以通过拍卖方式获得第三方市场者的最高价,并将此报价知会合作市场者.这时合作市场者需要决定是否匹配该报价,其具体决策是:当第三方市场的最高报价低于或者等于合作市场者的估值时,它将匹配该报价,否则合作市场者将拒绝匹配第三方市场的报价.根据该互动过程,将按照模型的参数设置和逆向归纳法来计算双方在优先许可权下各自的期望收益函数.采用第一价格密封拍卖模型来刻画技术发明者的谈判过程,主要是考虑该拍卖过程与现实更加相似.现实中由于其新产品或者新药技术特征上的复杂性(例如生物医药行业),技术发明者通常是与其感兴趣的买方通过各自独立谈判获取报价<sup>[25]</sup>,这个多方独立保密的谈判过程与第一价格拍卖模型更加类似.在优先许可权下,技术发明者的决策过程如图2所示.

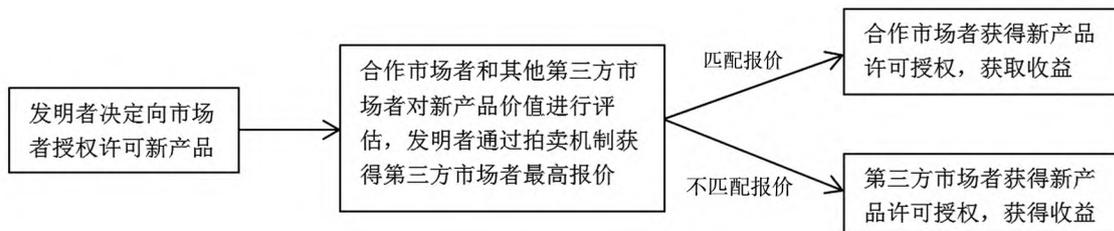


图2 优先许可权互动博弈过程

Fig.2 The interactive game process under preemptive licensing rights

为了分析优先许可权的价值,还需要考虑市场者无优先许可权利的情形.在无权利情形下,假设技术发明者在许可阶段将同时在当前的合作市场者和其他  $n$  个第三方市场者寻求最高价,将该过程刻画为有  $n + 1$  个竞标者的第一价格密封拍卖模型,拍卖过程的结果也就是技术发明者能够获得最高价.

### 3 优先许可权机制分析

本节将上述模型设置为基础,分析技术发明者与合作市场者在有无优先许可权利情形下的期望收益,然后比较分析优先许可权的价值及其影响因素.接下来,首先分析基准情形,也即无权利

情形下双方的期望收益函数,再分析有权利情形,最后作对比分析优先许可权对于双方的价值。在每种情形下,由于整个博弈过程分为合同签订阶段和许可阶段,将采用逆向归纳法来分析,也即首先讨论许可阶段的均衡,再分析合同签订阶段双方的期望收益。

### 3.1 基准情形: 无权利

本节分析无情形下技术发明者和合作市场者的期望收益,所获结果当作基准参考来分析优先许可权的价值。在无权利情形下,技术发明者在第一阶段首先根据第二阶段的期望收益来决策其研发努力程度  $e_i$ , 以使得期望收益最大化。当新产品研发成功后,技术发明者将与合作市场者和其他  $n$  个第三方企业进行谈判获取最高报价,可采用第一价格密封拍卖过程来刻画这个博弈过程。技术发明者在第二阶段,也即授权许可阶段,需要决定按照什么价格许可授权给合作市场者或者其他第三方企业。许可机制包括固定费用、许可税、里程碑费用等机制,由于本文重点在分析优先许可权机制的作用价值,这里采用固定费用价格授权机制,也即一次性价格支付,以获得更简洁有启示性的结果。

在无权利情形下,当新产品通过技术可行性研发成功后,技术发明者和合作市场者以及其他  $n$  个第三方企业同时谈判获取最高的许可报价,由于合作市场者和其他  $n$  个第三方企业相互之间并不知道对方的估值,因而可认为这是一个不完全信息静态博弈,采用第一价格密封拍卖模型来刻画谈判过程,根据拍卖的均衡结果可以得到技术发明者在授权许可阶段所获得的期望收益以及合作发明者的期望收益,首先介绍如下引理 1。

**引理 1** 在第一价格密封拍卖模型中,假设有  $n+1$  个竞拍人,每个竞拍人都知道自己的私人估值  $v$ ,但在其他人竞拍人看来,私人估值  $v$  均服从均匀分布  $U[\underline{v}, \bar{v}]$ 。那么,估值为  $v$  的竞拍人的最优

报价为  $\frac{nv + v}{n+1}$ 。同时,拍卖方的期望收益为

$\frac{n\bar{v} + 2v}{n+2}$ 。每个竞拍人的期望收益为  $\frac{\bar{v} - v}{(n+1)(n+2)}$ 。

采用逆向归纳法来计算技术发明者和合作市

场者在无权利情形下的期望收益。首先假设新产品的研发技术上已获得成功,双方进入第二阶段,也即授权许可阶段的谈判过程。这里用  $\pi_{2i}^0$  表示技术发明者在无权利情形下第二阶段的期望收益, $\pi_{2m}^0$  表示合作市场者在与其他  $n$  个企业竞争中的期望收益。根据引理 1,有

$$\pi_{2i}^0 = \mu \left[ 1 + \delta \frac{n-2}{n+2} \right] \quad \pi_{2m}^0 = \frac{2\mu\delta}{(n+1)(n+2)}$$

技术发明者在第一阶段的需要对其研发努力投入  $e_i$  进行决策,根据其在第二阶段的期望收益  $\pi_{2i}^0$ ,其决策最优化问题可刻画为

$$e_i^0 = e_i \pi_{2i}^0 - \frac{1}{2} c_0 (e_i)^2$$

在以上技术发明者研发努力最优化问题中,注意由于在无权利情形下,并无市场者介入前期的新产品研发,因而技术发明者是独立研发,其研发成本系数为  $c_0$ ,可以得到技术发明者的最优努

力为  $e_i^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0}$ ,从而得到如下定理。

**定理 1** 在无权利情形下,技术发明者和合作市场者的期望收益分别为  $\pi_i^0$  和  $\pi_m^0$ ,具体是

$$\pi_i^0 = \frac{(\pi_{2i}^0)^2}{2c_0} \quad \pi_m^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^0$$

### 3.2 优先许可权

在优先许可权情形下,技术发明者与合作市场者将在两个阶段进行互动:合同签订阶段和许可阶段。在合同签订阶段,技术发明者需要首先决定以价格  $f_r$  给予合作市场者优先许可权,然后根据许可阶段的期望收益决策自己的研发努力。当然,在合作市场者提前参与到研发过程中,技术发明者的研发成本系数从  $c_0$  降低到  $c_r$ 。如果新产品通过第一阶段的研发,确认技术上的成功后,技术发明者将在第二阶段进行谈判将新产品授权许可给拥有优先许可权或者其他  $n$  个第三方企业中出价最高者。同样,采用逆向归纳法,首先分析技术发明者和合作市场者在第二阶段的期望收益,再回到第一阶段分析技术发明者的决策和最优合同设计。

#### 3.2.1 许可阶段

在假设新产品研发已经通过技术可行性的研发,进入到第二阶段的授权许可过程,从而技术发

明者在第二阶段决定以什么授权价格许可给合作市场者或者第三方企业.具体过程模型如下:技术发明者首先与  $n$  个第三方企业进行谈判,获取最高报价.该谈判过程采用第一价格密封拍卖模型来刻画.与无权利情形不同的是,在优先许可权情形下,每个  $n$  个第三方企业在做报价决策时均知道谈判的最高报价会给出合作市场者进行匹配(通常在生物医药行业,双方如果早期进行合作的话,制药企业会通过新闻发布的方式告知市场其已获得与技术发明者合作开发新产品的优先许可权).然后技术发明者将最高报价告知合作市场者,合作市场者需要决定是否对该价格进行匹配.如果匹配,合作市场者支付技术发明者获取的最高报价并获得新产品的许可授权.如果不匹配,技术发明者将新产品许可授权出价最高的第三方企业.

引理 2 当合作市场者拥有优先许可权时,  $n$  家第三方市场者参与技术发明者的第一价格密封拍卖,并且每个第三方市场者知道拍卖的最高报价会给予合作市场者匹配.此时,估值为  $v$  的第三方市场者的最优报价为  $\frac{nv + v}{n + 1}$ .

引理 2 表明虽然第一价格密封拍卖只有  $n$  个竞拍人,但当每个人知道其竞拍最高价格要给出合作市场者匹配时,每个第三方市场者的最优报价策略与包括  $n + 1$  的第一价格密封拍卖中的最优策略相同.

在第二阶段,技术发明者和合作市场者在优先许可权情形下的期望收益分别用  $\pi_{2i}^r$  和  $\pi_{2m}^r$  来表示,从而有如下定理.

定理 2 在合作市场者拥有优先许可权的情形下,有

$$\pi_{2i}^r = \mu \left[ 1 + \frac{(n-1)^2 - 2}{(n+1)^2} \delta \right]$$

$$\pi_{2m}^r = \frac{2\mu\delta}{(n+1)^2} \left[ \frac{1}{2} + \frac{n}{n+1} + \frac{n^2}{(n+1)(n+2)} \right]$$

### 3.2.2 合同签订阶段

在合同签订阶段,技术发明者需要首先决策优先许可权的价格  $f$ ,当合作市场者接受该支付该价格并获得优先许可权后,技术发明者需要决策根据第二阶段的期望收益来决策其研发投入努力  $e_i$ .因此,技术发明者的最优决策问题如下

$$\max_f f + e_i^r \pi_{2i}^r - \frac{1}{2} c_r (e_i^r)^2$$

$$\text{s.t. } e_i^r = \operatorname{argmax}_{e_i} e_i \pi_{2i}^r - \frac{1}{2} c_r e_i^2$$

$$\pi_m^r \geq \pi_m^0$$

其中  $\pi_m^r = e_i^r \pi_{2m}^r - f$ ,  $\pi_m^0 = e_i^0 \pi_{2m}^0$ .以上最优化问题中,约束条件 1 表示技术发明者在优先许可权情形下决策其最优研发努力程度,约束条件 2 是合作市场者的参与约束,也即保证其期望收益至少不低于其在无权利情形下所获取的期望收益.

定理 3 在技术发明者赋予合作参与者优先许可权的情形下,技术发明者的最优研发努力程度为  $e_i^r = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r}$ ,优先许可权的最优价格为  $f_r = e_i^r \pi_{2m}^r - e_i^0 \pi_{2m}^0$ .技术发明者的期望收益是  $\pi_i^r = e_i^r \pi_{2m}^r - e_i^0 \pi_{2m}^0 + \frac{(\pi_{2m}^r)^2}{2c_r} = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r} \pi_{2m}^r - \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^0 + \frac{(\pi_{2m}^r)^2}{2c_r}$ ,合作市场者的期望收益与无权利情形下的收益相同为  $\pi_m^0$ .

定理 3 给出了技术发明者关于优先许可权的最优价格  $f_r$ ,以及在这种机制下技术发明者的最优研发努力和双方的期望收益.同时,定理 3 指出合作市场者在有无权利情形的期望收益相同,这是由于假设技术发明者是博弈的合同提供方,也即其只要满足合作市场者的保留收益即可.

推论 1 (1)  $\pi_{2i}^r < \pi_{2i}^0$ ,  $\pi_{2m}^r > \pi_{2m}^0$ ,  $\pi_{2m}^r + \pi_{2i}^r > \pi_{2m}^0 + \pi_{2i}^0$ ; (2) 当  $c_r < \frac{\pi_{2i}^r}{\pi_{2i}^0} c_0$ ,  $e_i^r > e_i^0$ .

推论 1(1) 表明当合作市场者在第二阶段授权谈判的过程中拥有优先许可权时,同无权利情形相比,技术发明者在第二阶段的期望收益在有权利情形下减少,合作市场的第二阶段期望收益增加.这是合理的,因为合作市场在拥有优先许可权的时大大提高了其获得授权许可的概率,而技术发明者也因为其选择的受约束而收益减少.同时,双方在第二阶段的总收益在有权利情形下高于无权利情形下的总收益.推论 1(2) 表明只有当合作市场者可以帮助技术发明者降低研发成本时,技术发明者才会提高研发努力,否则的话,

给予合作市场者优先许可权反而会降低技术发明者的研发努力,这不仅不利于新产品的研发,也不利于双方期望收益的增加。

### 3.2.3 优先许可权的价值分析

本节比较技术发明者和合作市场者在无权利情形和优先许可权情形下的期望收益,分析优先许可权是否提供双方的总收益。根据定理 1 和定理 3 的结果,将双方在第一阶段的期望收益的在两种情形下分别相加得到

$$\pi_i^0 + \pi_m^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \left( \pi_{2m}^0 + \frac{\pi_{2i}^0}{2} \right)$$

$$\pi_i^r + \pi_m^r = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r} \left( \pi_{2m}^r + \frac{\pi_{2i}^r}{2} \right)$$

优先许可权的价值通过比较有无优先许可权两种情形下的双方总收益的差异来计算,也即比较  $\pi_i^r + \pi_m^r$  和  $\pi_i^0 + \pi_m^0$ 。如果有  $\pi_i^r + \pi_m^r > \pi_i^0 + \pi_m^0$ , 优先许可权有利于提升双方合作价值,也即增加双方总期望收益。分析得到如下命题。

**命题 1** 当技术发明者和合作市场者通过优先许可权提前建立合作关系,合作后的技术发明者

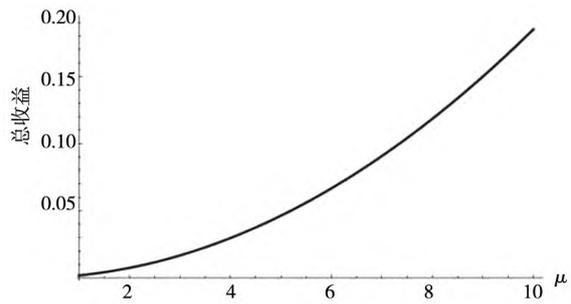
研发成本系数满足  $c_r < \frac{\pi_{2i}^r}{\pi_{2i}^0} c_0$ , 优先许可权可以提升双方合作总收益,也即  $\pi_i^r + \pi_m^r > \pi_i^0 + \pi_m^0$ 。

**命题 1** 表明当合作后技术发明者的研发成本系数降低到一定程度后,优先许可权可以提升双方合作总收益。接下来讨论优先许可权的价值的主要影响因素,这里主要分析如下变量:新产品的平均市场价值  $\mu$ , 新产品的市场价值不确定性  $\delta$  和市场竞争程度  $n$ 。通过比较双方在有无优先许可权双方总收益的变化,得到如下命题 2。

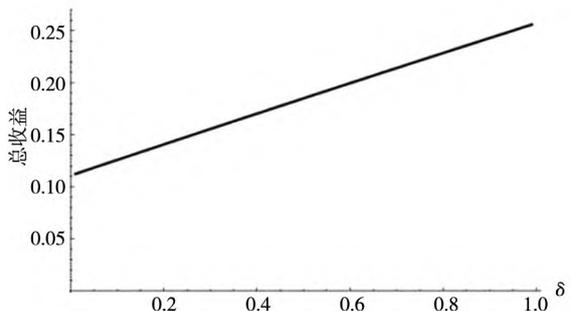
**命题 2** 优先许可权对双方合作的价值随着 3 个变量的增加而增加:新产品的平均市场价值  $\mu$ , 新产品的市场价值不确定性  $\delta$  和市场竞争程度  $n$ 。

优先许可权可以帮助双方提前锁定合作关系,一方面有利于技术发明者提高研发努力程度,进而提升新产品技术研发成功率,同时优先许可权也增加了合作市场者获得新产品的概率,使得其在有权利情形下的期望收益高于在无权利情形的期望收益。**命题 2** 表明当新产品本身的平均潜在市场价值在增加时,优先许可权的价值也在提

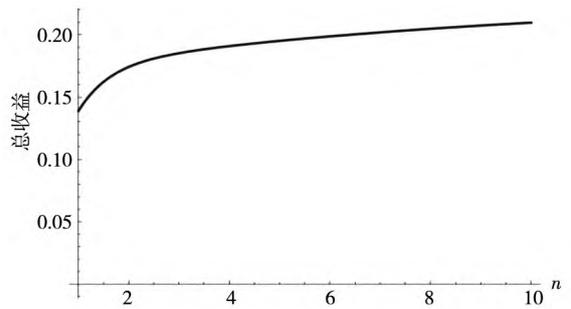
升,这是因为新产品价值越高,新产品研发成功更为重要,同时合作市场者通过优先许可权更大概率获得该新产品,其所获得的期望收益当然也更高;当新产品市场价值不确定性增加时,其对双方合作总收益提升的价值也在提升,这是因为优先许可权是为了解决不确定性而产生的一种灵活合作机制,当不确定性越高,优先许可权给双方合作也带来更大的价值;当市场者的数量增加,也即市场竞争程度更加激烈,优先许可权可以给合作市场者带来更大的价值,同时技术发明者也可以利用更激烈的市场竞争而获取更高的报价,也有利于自身利益的提升。影响因素结果也如图 3 所示。



(a) 新产品的平均市场价值  $\mu$



(b) 新产品的市场价值不确定性  $\delta$



(c) 市场竞争程度  $n$

图 3 优先许可权价值影响因素分析

Fig.3 Impact factors of the value of preemptive licensing rights

### 4 信息不对称

本节假设技术发明者对新产品的平均市场价值在早期存在信息不对称,市场者由于其丰富的市场经验可以更准确地评估新产品的潜在市场价值.这种信息不对称将会影响技术发明者在第一阶段的研发投入决策,从而影响新产品的技术成功率.而这种信息不对称在第二阶段(也即授权许可阶段)将会得到解决,一方面技术发明者通过研发期间可以收集更多的信息,另一方面是因为技术发明者在授权许可阶段与市场者谈判获取报价,采用拍卖过程来刻画技术发明者与所有市场者之间的谈判,而拍卖过程是也可以消除关于产品价值的信息不对称,因为市场者之间没有关于新产品平均市场价值的信息不对称,而拍卖过程中市场者们之间的不完全信息静态博弈可以帮助技术发明者更准确地掌握新产品的潜在市场价值.假设在第一阶段也即技术发明者决定是否与市场者提前进行合作时,其面临新产品平均市场价值的信息不对称.假设技术发明者认为新产品平均市场价值有两种类型,一种为  $\mu_h$  的概率为  $\phi$ ,另一种平均市场价值为  $\mu_l$  的概率为  $1 - \phi$ ,其中  $\mu_h > \mu_l$ ,  $0 \leq \phi \leq 1$ .

技术发明者在第一阶段作为信息劣势的一方可以有三种策略: 1) 无权利混同均衡: 这时候技术发明者不会给予任何类型的市场者优先许可权; 2) 优先许可权混同策略,也即以低价格使得两种类型的市场者均愿意支付该价格获得优先许可权; 3) 优先许可权分离均衡: 以一个相对较高的价格出售优先许可权,高类型的市场者会选择购买优先许可权,而低类型的市场者会选择购买优先许可权.

针对以上三种策略,接下来分析每种策略下技术发明者的最高期望收益是多少,然后比较分析技术发明者的最优策略如何受信息不对称程度和不同类型市场者之间的差异影响.首先讨论两种混同均衡策略,然后再分析优先许可权分离均衡,讨论其是否可行.这里先定义  $\pi_{2i}^j$  为技术发明者在第二阶段拍卖过程中且新产品平均价值为  $j$  类型时所获得的期望收益,定义  $\pi_{2m}^j$  为  $j$  类型合作

市场者在第二阶段拍卖过程中所获得的期望收益,其中  $j \in \{l, h\}$  代表高或低类型的新产品平均价值,  $s \in \{0, 1\}$  代表无权利情形和有优先许可权情形.因此,根据第3节的结果,有

$$\begin{aligned} \pi_{2i}^{0j} &= \mu_j \left[ 1 + \delta \frac{n-2}{n+2} \right] \\ \pi_{2m}^{0j} &= \frac{2\mu_j\delta}{(n+1)(n+2)} \\ \pi_{2i}^{1j} &= \mu_j \left[ 1 + \frac{(n-1)^2 - 2}{(n+1)^2} \delta \right] \\ \pi_{2m}^{1j} &= \frac{2\mu_j\delta}{(n+1)^2} \left[ \frac{1}{2} + \frac{n}{n+1} + \frac{n^2}{(n+1)(n+2)} \right] \end{aligned}$$

#### 4.1 无权利混同均衡

在无权利混同均衡下,技术发明者不会给任何一种类型优先许可权,也即无论哪种类型的市场者都没有优先许可权.此时,技术发明者也无法分别市场者到底是哪一类型,从而按照其第二阶段的期望收益来决策自己在第一阶段的研发投入努力  $\tilde{e}_0$ ,可以通过求解  $\tilde{e}_0 = \operatorname{argmax} e [\phi \pi_{2i}^{r0} + (1 - \phi) (\pi_{2i}^{l0})] - \frac{1}{2} c_0 e^2$  因而得  $\tilde{e}_0 = \frac{\phi \pi_{2i}^{r0} + (1 - \phi) (\pi_{2i}^{l0})}{c_0}$ . 进一步,可以计算技术发明者在无权利混同均衡下的期望收益  $\tilde{\pi}_{0p}$ ,

$$\begin{aligned} \tilde{\pi}_{0p} &= (1 - \phi) \left[ \tilde{e}_0 \pi_{2i}^{l0} - \frac{1}{2} c_0 (\tilde{e}_0)^2 \right] + \\ &\quad \phi \left[ \tilde{e}_0 \pi_{2i}^{r0} - \frac{1}{2} c_0 (\tilde{e}_0)^2 \right] \end{aligned}$$

#### 4.2 优先许可权混同均衡

在这种情形下,技术发明者设计一个合同包含一个固定费用  $f$  和优先许可权,使得两种类型均愿意支付该价格  $f$  获得新产品的优先许可权.在该混同均衡中,技术发明者不对两者类型的市场者进行分辨,所以将按照第二阶段的期望收益来决策最优研发努力程度  $e$ ,那么其最优努力程度为  $\tilde{e}_r = \operatorname{argmax} e [\phi \pi_{2i}^{r1} + (1 - \phi) (\pi_{2i}^{l1})] - \frac{1}{2} c_r e^2$ ,因而得  $\tilde{e}_r = \frac{\phi \pi_{2i}^{r1} + (1 - \phi) (\pi_{2i}^{l1})}{c_r}$ . 那么,技术发明者的最优合同设计问题刻画如下

$$\begin{aligned} & \text{Max}_f (1 - \phi) \left[ f + \tilde{e}_r \pi_{2i}^{rl} - \frac{1}{2} c_r (\tilde{e}_r)^2 \right] + \\ & \phi \left[ f + \tilde{e}_r \pi_{2i}^{rh} - \frac{1}{2} c_r (\tilde{e}_r)^2 \right] \\ \text{s.t. } & \tilde{e}_r \pi_{2m}^{rh} - f \geq \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h} \quad (\text{P1}) \\ & \tilde{e}_r \pi_{2m}^{rl} - f \geq \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0l} \quad (\text{P2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - f \geq \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h} \quad (\text{IR-h}) \\ & \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0l} \geq \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0l} \quad (\text{IR-l}) \\ & \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - f \geq \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h} \quad (\text{IC-h}) \\ & \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0l} \geq \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rl} - f \quad (\text{IC-l}) \end{aligned}$$

在以上技术发明者的最优化问题中, 目标函数为其面临两种不同类型市场者的加权平均期望收益, 约束条件 (P1) 为保证高类型市场者在在在购买优先许可权获得的收益要高于其在无权利情形下的期望收益, 约束条件 (P2) 也是为保证低类型市场者在购买优先许可权所获得的期望收益要高于其在无权利情形下的最高期望收益. 两个约束条件都是保证两种类型的市场者有意愿以  $f$  的价格购买优先许可权, 均为参与约束. 通过求解以上最优化问题, 得

$$\text{其中 } \tilde{e}_{0s} = \frac{\pi_{2i}^{0l}}{c_0}, \tilde{e}_{rs} = \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \text{ 和 } \tilde{e}_0 = \frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1-\phi) (\pi_{2i}^{0l})}{c_0}.$$

**定理 4** 在信息不对称情形下, 技术发明者希望达到优先许可权混同均衡, 其最优的固定费用为  $\tilde{f}_{rp} = \frac{\phi \pi_{2i}^{rh} + (1-\phi) (\pi_{2i}^{rl})}{c_r} \pi_{2m}^{rl} - \frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1-\phi) (\pi_{2i}^{0l})}{c_0} \pi_{2m}^{0l}$ . 那么, 技术发明者在

在该情形下, 技术发明者的目标函数是最大化面对不同类型市场者的加权平均收益. 约束条件 (IR-h) 和 (IR-l) 分别是高类型和低类型的理性参与约束条件, 约束条件 (IC-h) 和 (IC-l) 分别是高类型和低类型市场者的激励相容约束. 在两个参与约束条件中, 高类型市场者需要至少获得其在无权利混同均衡下的期望收益, 而低类型的市场者至少需要获取其在无权利情形下且自身类型已经显示后的期望收益. 这是因为在该分离机制下, 假设高类型市场者不选择支付  $f_{rs}$  获取优先许可权, 那么低价值类型就更没有动力选择购买优先许可权, 因为根据激励相容约束 (IC-l), 低类型选择购买许可权之后获得的期望收益比无权利情形下其真实类型显示后的期望收益还低. 基于此, 如果高类型不选择购买优先许可权, 也即形成无权利的混同均衡, 从而高类型市场者的保留收益为无权利混同均衡下的期望收益. 而对于低类型市场者而言, 当高类型市场者有激励购买优先许可权的话, 低类型的市场者也因为激励相容约束条件不会购买优先许可权, 那么其选择自然显示了其真实类型, 因而其保留收益为其真实类型显示后在无权利情形下的期望收益. 通过求解以上最优化问题, 得

$$\text{该情形下所对应的最优期望收益是 } \tilde{\pi}_{rp} = \tilde{f}_{rp} - \frac{1}{2} \times c_r (\tilde{e}_r)^2 + \tilde{e}_r (\tilde{\pi}_{2i}^{rl} + \tilde{\pi}_{2i}^{rh}).$$

### 4.3 优先许可权分离均衡

在优先许可权分离均衡下, 技术发明者希望通过设计一个优先许可权固定费用  $\tilde{f}_{rs}$ , 使得高价值的市场者愿意支付该费用而获得优先许可权, 而低价值的市场者不愿意购买优先许可权, 从而技术发明者可以通过市场者的选择来进行区分两种类型的新产品平均价值, 达到分离均衡的目的, 从而也可以更清晰的作研发投入努力决策. 那么, 技术发明者最优化决策用如下模型刻画

**定理 5** 当  $c_r$  满足如下条件时,  $\frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1-\phi) \pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0h} - \frac{\pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0l} \leq \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \pi_{2m}^{rh} - \frac{\pi_{2i}^{rl}}{c_r} \pi_{2m}^{rl}$ . 技术发明者可以通过出售优先许可权形成分离均衡. 进而, 技术发明者形成优先许可权分离均衡最优的权利价格为:  $\tilde{f}_{rs} = \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \pi_{2m}^{rh} - \frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1-\phi) (\pi_{2i}^{0l})}{c_0} \times \pi_{2m}^{0h}$ .

$$\begin{aligned} & \text{Max}_f (1 - \phi) \left[ \tilde{e}_{0s} \pi_{2i}^{0l} - \frac{1}{2} c_0 (\tilde{e}_{0s})^2 \right] + \\ & \phi \left[ f + \tilde{e}_{rs} \pi_{2i}^{rh} - \frac{1}{2} c_r (\tilde{e}_{rs})^2 \right] \end{aligned}$$

定理 5 表明当技术发明者和合作市场者建立提前合作关系后,如果技术发明者的研发成本

系数  $c_r$  小于满足条件  $\frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1 - \phi) \pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0h} - \frac{\pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0l} \leq \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \pi_{2m}^{rh} - \frac{\pi_{2i}^{rl}}{c_r} \pi_{2m}^{rl}$  的阈值时,技术发明者

可以通过优先许可权来设计一个筛选模型,从而通过不同类型的市场者自身的选择指导市场者的类型,然后技术发明者可以更明确地做研发努力

投入决策.进而,根据定理 5  $\tilde{f}_{rs} = \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h}$ ,这表示在两种类型的合作市场者的参与约束都是紧的,同时说明了技术发明者并未付任何信息租金,便可通过筛选机制将两种类型的代理人分离,这与传统合同理论中的筛选模型不同,因为在传统合同理论中通常委托人需要付出正的信息租金才可把不同类型的代理人进行分离.

#### 4.4 技术发明者最优策略分析

前一节已分析了在信息不对称情形下技术发明者分别在三种策略下可获得的最大期望收益,本节将继续讨论这三种策略中哪一种策略对于技术发明者来说是最优的.在信息对称情形下,优先许可权的价值随着新产品的平均市场价值、价值不确定性、以及市场竞争程度.本节主要考虑信息不对称的程度如何影响技术发明者的最优策略选择.关于信息不对称的程度,这里主要采用两个变量来衡量:两种类型的新产品平均时市场价值的差值 ( $\Delta = \mu_h - \mu_l$ ) 以及不同类型新产品的概率分布  $\phi$ .分析以上结果发现比较解析结果较为复杂,不能较好地观察到一些结论启示,因而这里采用数值分析的方法来进行讨论.

图 4 的灰色区域 RP 代表技术发明者的最优策略是含优先许可权的混同策略,黑色区域 RS 代表技术发明者的最优策略是含优先许可权的分离策略,而无权利的混同策略没有出现在图中,说明其相对于其他两种策略均不是最优的.图 4 表明当  $\phi$  和  $\Delta$  均较小时,技术发明者的最优许可策略是优先许可权的混同策略,而当  $\phi$  和  $\Delta$  均较大时,技术发明者的最优策略是含优先许可权的分离策略.这是因为当两种市场者类型差异比较小,高类型市场者的概率较小时,对于技术发明者

来说分离两类市场者所获得的收益相对不高,因为优先许可权可以提升双方合作总收益,而这种价值是随着新产品平均市场价值增加而增加.那么采用一个相对较低的固定权利价格授予两类市场者优先许可权,技术发明者虽然牺牲了一部分高价值市场者的收益,但是考虑两种类型市场者差异较小和高价值市场者的概率较低时,技术发明者还是从授予低类型市场者获取了合作收益.而当  $\phi$  和  $\Delta$  均较大时,也即两种类型市场者差异较大,高类型市场出现的概率更高时,这是技术发明者不应再为了授予低类型市场者优先许可权而牺牲对高类型市场者收取一个较低固定价格,因此技术发明者的最优策略是按照一个较高的固定权利价格授予高类型市场者优先许可权,而放弃从低类型市场者所获取的合作潜在收益.无权利混同均衡未出现在技术发明者的最优策略表明技术发明者至少应该授予一种类型的市场者优先许可权,从而获取合作收益.

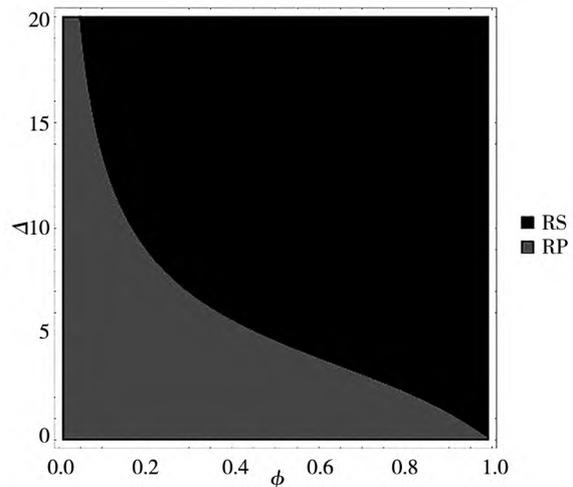


图 4 信息不对称下技术发明者最优策略,其中  $n = 2, c_o = 50,$

$$c_r = 40, \mu_l = 10$$

Fig. 4 The optimal strategy of the inventor of technology

under information asymmetry,  $n = 2, c_o = 50,$

$$c_r = 40, \mu_l = 10$$

## 5 结束语

本文研究开发一个高科技新产品面临高风险和不确定性,激烈的市场竞争也加速了创新链和产业链的合作.在该背景下,研究了新产品开发过

程中的合作机制问题, 聚焦于一种灵活的优先许可权机制, 该机制不仅使得技术发明者和市场者可以提前建立合作关系, 降低新产品开发的风险和研发成本, 提高成功几率, 而且可以延迟双方具体的收益分配决策, 帮助合作双方可以做出更加合理的决策。

通过建立一个两阶段的互动博弈模型从理论上研究优先许可权的作用与价值, 考虑了信息对称与不对称情形, 研究发现: 1) 当双方提前合作可以降低研发成本到一定程度后, 优先许可权可以有效提升技术发明者的研发投入, 从而提升双方合作的总期望收益; 2) 优先许可权对双方的合作价值随着新产品的潜在平均市场价值、市场价值不确定性、以及潜在市场者数量的增加而增加; 3) 当技术发明者对新产品的潜在平均市场价值存在信息不对称时, 技术发明者可以通过给予优先许可权的合同来显示合作市场者的私有信息, 实现分离均衡; 4) 在信息对称与不对称两种情形下, 都给出了技术发明者的包含优先许可权的最优合同。特别地, 在信息不对称情形下, 技术发明者混同优先许可权策略和分离优先许可权策略, 其最优选择取决于不同类型市场者的概率分布和潜在平均市场价值的差异。

从理论上揭示了优先许可权在创新合作中的价值, 为行业实践者在合作中采用优先许可权时提供一些理论参考。例如, 当技术发明者授予市场

者优先许可权时, 其收取的权利费用应随着潜在平均市场价值、市场价值不确定性、以及潜在市场者数量三个因素增加而增加。若技术发明者可能面临关于新产品潜在市场价值的信息劣势, 其可利用优先许可权来设计合同甄别市场者所拥有的私人信息, 从而最优决策其研发努力投入。虽然主要以生物制药行业中为例讨论新产品开发合作问题, 但是本质上也是讨论具有专业研发能力的发明者和具有产业化能力的市场者之间的合作问题。因而研究结论也将对其他企业, 特别是高科技企业, 在开放式合作创新管理上有参考作用。同时, 高校科研机构在与市场企业合作对科研成果进行产业转化也同样面临各种市场和技术风险, 以及合作代理问题, 因而项目的研究成果也将对我国高校科研成果转化的机制设计具有启示意义。当然, 也存在一些局限, 考虑到模型的可解性以及为了得到一些有启示性的结论, 假设合作市场者和其他第三方市场者是信息对称的, 从而具有相同的市场价值分布函数, 但现实中合作市场者有时可能对新产品具有更详细的信息, 虽然这并不会影响主要结论, 这也是未来的进一步的研究拓展方向。另外, 在博弈互动中假设技术发明者是合同提供方, 虽然这一定程度上符合实际, 但将市场者作为机制设计者也是一个有意思的未来拓展方向。

#### 参考文献:

- [1] Dimasi J A, Grabowski H G, Hansen R W. Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs [J]. *Journal of Health Economics*, 2016, 47: 20-33.
- [2] Neville S. Biotech and big pharma reap rewards from partnerships [EB/OL]. 2017, <https://www.ft.com/content/e8fccaf6-2c0c-11e7-bc4b-5528796fe35c>
- [3] Pagliarulo N. Pfizer partners with nonprofit Calibr to develop heart failure drugs [EB/OL]. 2016, <https://www.biopharmadive.com/news/pfizer-partners-with-nonprofit-calibr-to-develop-heart-failure-drugs/412164/>
- [4] Soni A. Pfizer, BioNTech to co-develop potential coronavirus vaccine [EB/OL]. 2020, <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-pfizer-biontech-idUSKBN2140LM>
- [5] Jung E H, Engelberg A, Kesselheim A S. Do large pharma companies provide drug development innovation? Our analysis says no [EB/OL]. 2019, <https://www.statnews.com/2019/12/10/large-pharma-companies-provide-little-new-drug-development-innovation/>
- [6] Robinson R. Small pharma driving big pharma innovation [EB/OL]. <https://www.pharmavoices.com/article/2020-01-pharma-innovation/>, 2020

- [7]Hegde D. Tacit knowledge and the structure of license contracts: Evidence from the biomedical industry[J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2014, 23(3): 568–600.
- [8]Jeon H. Licensing and information disclosure under asymmetric information[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 276(1): 314–330.
- [9]Lpath Inc. Lpath grants Pfizer exclusive option for worldwide license for iSONEP [EB/OL]. <http://www.firstwordpharma.com/node/815831?tsid=17#axzz4jO91Ckqf>, 2010
- [10]Palmer M, Chaguturu R. Academia-pharma partnerships for novel drug discovery: Essential or nice to have? [J]. *Expert Opinion on Drug Discovery*, 2017, 12(6): 537–540.
- [11]Kavadias S, Ulrich K T. Innovation and new product development: Reflections and insights from the research published in the first 20 years of manufacturing & service operations management[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2020, 22(1): 84–92.
- [12]Kalamas J, Pinkus R. The optimum time for drug licensing[J]. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2003, 2(9): 691–692.
- [13]Gans J S, Hsu D H, Stern S. The impact of uncertain intellectual property rights on the market for ideas: Evidence from patent grant delays[J]. *Management Science*, 2008, 54: 982–997.
- [14]Luo H. When to sell your idea: Theory and evidence from the movie industry[J]. *Management Science*, 2014, 60(12): 3067–3086.
- [15]Allain M L, Henry E, Kyle M. Competition and the efficiency of markets for technology[J]. *Management Science*, 2015, 62(4): 1000–1019.
- [16]Morreale A, Robba S, Nigro G L, et al. A real options game of alliance timing decisions in biopharmaceutical research and development[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 261(3): 1189–1202.
- [17]Hegde D, Luo H. Patent publication and the market for ideas[J]. *Management Science*, 2017, 12(12): 652–672.
- [18]Jensen R, Thursby M. Proofs and prototypes for sale: The licensing of university inventions [J]. *American Economic Review*, 2001, 91(1): 240–259.
- [19]Hasija S, Bhattacharya S. Contracting for new product development[J]. *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management*, 2017: 123–144.
- [20]Kamien M I, Tauman Y. Fees versus royalties and the private value of a patent[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1986, 101(3): 471–491.
- [21]Beggs A W. The licensing of patents under asymmetric information[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 1992, 10(2): 171–191.
- [22]Erat S, Gaimon C. The pitfalls of subsystem integration: When less is more[J]. *Management Science*, 2013, 59(3): 659–676.
- [23]岳贤平, 顾海英. 技术许可中道德风险问题的价格契约治理机制研究[J]. *经济学: 季刊*, 2006, 5(4): 1275–1294.  
Yue Xianping, Gu Haiying. Price contracts for moral Hazard problems in technology licensing[J]. *China Economic Quarterly*, 2006, 5(4): 1275–1294. (in Chinese)
- [24]石岩, 刘思峰. 专利授权中的信号传递[J]. *科技与经济*, 2010, 2(1): 79–82.  
Shi Yan, Liu Sifeng. Signaling game in patent licensing[J]. *Science & Technology and Economy*, 2010, 2(1): 79–82. (in Chinese)
- [25]Crama P, De Reyck B, Degraeve Z. Milestone payments or royalties? Contract design for R&D licensing[J]. *Operations Research*, 2008, 56(6): 1539–1552.
- [26]Xiao W, Xu Y. The impact of royalty contract revision in a multistage strategic R&D alliance[J]. *Management Science*, 2012, 52(12): 2251–2271.
- [27]Savva N, Taneri N. The role of equity, royalty, and fixed fees in technology licensing to university spin-offs[J]. *Management Science*, 2014, 61(6): 1323–1343.
- [28]熊榆, 张雪斌, 熊中楷. 合作新产品开发资金及知识投入决策研究[J]. *管理科学学报*, 2013, 16(9): 53–63.  
Xiong Yu, Zhang Xuebin, Xiong Zhongkai. Capital and knowledge input decision on collaborative new product development

- [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(9): 53-63. (in Chinese)
- [29] 但斌, 宋寒, 张旭梅. 合作创新下考虑双边道德风险的研发外包合同[J]. *研究与发展管理*, 2010, 22(2): 89-95.  
Dan Bin, Song Han, Zhang Xumei. R&D outsourcing contracts considering double moral hazards in cooperative innovation [J]. *R&D Management*, 2010, 22(2): 89-95. (in Chinese)
- [30] 黄波, 孟卫东, 李宇雨. 基于双边激励的产学研合作最优利益分配方式[J]. *管理科学学报*, 2011, 14(7): 31-42.  
Huang Bo, Meng Weidong, Li Yuyu. The optimal profit sharing arrangement in industry-university-institution cooperation based on double-sided incentive [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(7): 31-42. (in Chinese)
- [31] 来向红, 王文平. 互补性研发努力下垂直合作新产品开发中的收益共享契约设计[J]. *管理学报*, 2013, 10(3): 430-437.  
Lai Xianghong, Wang Wenping. Revenue-sharing contract design for vertical collaborative new product development with complementary efforts [J]. *Journal of Management*, 2013, 10(3): 430-437. (in Chinese)
- [32] 代建生, 范波. 基于纳什谈判的合作研发利益分配模型[J]. *研究与发展管理*, 2015, 27(1): 35-43.  
Dai Jiansheng, Fan Bo. Profit distribution model of collaborative R&D based on Nash bargaining [J]. *R&D Management*, 2015, 27(1): 35-43. (in Chinese)
- [33] 郑江波, 王娅男. 合作新产品开发知识资源动态投入决策研究[J]. *科技管理研究*, 2019, (18): 104-115.  
Zheng Jiangbo, Wang Yanan. Research on dynamic input decision-making of knowledge resources for cooperative new product development [J]. *Science and Technology Management Research*, 2019, (18): 104-115. (in Chinese)
- [34] Tian Z, Gurnani H, Xu Y. Collaboration in development of new drugs [J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30(11): 3943-3966.
- [35] 王旭娜, 盛永祥, 谭清美, 等. 基于动态博弈视角的企业与研发机构合作策略研究[J]. *管理评论*, 2020, 32(2): 165-173.  
Wang Xuna, Sheng Yongxiang, Tan Qingmei, et al. Research on the strategy of cooperation between enterprises and research and development institutions based on dynamic game perspective [J]. *Management Reviews*, 2020, 32(2): 165-173. (in Chinese)
- [36] Walker D I. Rethinking rights of first refusal [J]. *Stanford Journal of Law, Business and Finance*, 1999, 5: 1-58.
- [37] Bikhchandani S, Lippman S, Ryan R. On the right-of-first-refusal [J]. *Advances in Theoretical Economics*, 2005, 5(1): 1-42.
- [38] Choi A. Rent extraction theory of right of first refusal [J]. *Journal of Industrial Economics*, 2009, 57: 252-264.
- [39] Grosskopf B, Roth A E. If you are offered the right of first refusal, should you accept? An investigation of contract design [J]. *Games and Economic Behavior*, 2009, 65(1): 176-204
- [40] Kahan M, Leshem S, Sundaram R K. First-purchase rights: Rights of first refusal and rights of first offer [J]. *American Law and Economics Review*, 2012, 14(2): 331-371.
- [41] Guo D, Hua X, Jiang K. Agency and strategic contracts: Theory and evidence from R&D agreements in the pharmaceutical industry [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2017, 54: 37-64.
- [42] Crama P, De Reyck B, Taneri N. Licensing contracts: Control rights, options, and timing [J]. *Management Science*, 2017, 63(4): 1131-1149.
- [43] 黄河, 曾能民, 徐鸿雁. 独占、授权还是共享? ——存在随机产出风险的高技术企业专利运作战略研究[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(6): 1-17.  
Huang He, Zeng Nengmin, Xu Hongyan. Monopoly, licensing or sharing? Patent operation strategy for high-tech firms with random yield [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(6): 1-17. (in Chinese)
- [44] 周晓晗, 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.  
Zhou Xiaohan, Zhang Jianghua, Xu Jin. Research on the motivation for R&D cooperation between firms based on sequential game [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2021, 24(2): 111-126. (in Chinese)

## Value of preemptive licensing rights in new product development partnership

WAN Guang-yu<sup>1,3</sup>, CAO Yu<sup>2\*</sup>

1. School of Economics and Trade, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China;

3. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

**Abstract:** The successful development of new products requires multi-party cooperation throughout the innovation chain by using the comparative advantages between companies with technology R&D capabilities and companies with market development experience. When the two parties establish a collaborative relationship in the early stage of new product development, the new products still have high technological uncertainty and market value uncertainty. This makes it difficult for the two parties to form a specific payoff allocation contract. A flexible preemptive licensing right not only enables the early establishment of cooperative relations but also allows both parties to postpone specific payoff allocation decisions to a time with less uncertainty. This paper establishes a sequential game model to study the preemptive licensing right. The model includes an innovator responsible for early technology R&D and a marketer for later production and promotion. The two parties are engaged in partnership on the development of a new product still facing uncertainties in technology and market value. This article uses contract theory to discuss the value of the preemptive licensing right and considers the information asymmetry of the potential average market value of the new product. Results show that when both parties can reduce R&D costs to a certain extent through cooperation, preemptive licensing rights can increase the R&D investment by the innovator, thereby increasing the total payoff of the partnership. Meanwhile, the value of preemptive licensing rights increases with the potential average value of new products, the uncertainty of market value, and the degree of market competition. In the case of information asymmetry, the innovator can use preemptive licensing rights to establish a screening model so that high-value marketers can obtain the licensing right of the product. Our study provides theoretical support for understanding preemptive licensing rights' value and provides some practical insights for practitioners.

**Key words:** new product development partnership; preemptive licensing rights; contract theory; information asymmetry

附录

引理 1 证明

令  $b(v)$  为私人估值为  $v$  的竞拍人的最优报价函数,  $\phi(b(\cdot))$  为  $b(v)$  的反函数. 在第一价格密封拍卖中, 每个竞标人的决策函数为

$$\text{Max}_x (v - x) [F(\phi(x))]^n$$

通过一阶导数条件, 得

$$\phi(x) - x = \frac{F(\phi(x))}{nf(\phi(x))\phi'(x)}$$

$$\phi(x) - x = \frac{\phi(x) - v}{\bar{v} - v} \frac{1}{nf(\phi(x))\phi'(x)}$$

因  $f(\phi(x)) = \frac{1}{\bar{v} - \underline{v}}$ , 以上方程转化为

$$v - b(v) = \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \frac{1}{nf(v) / b'(v)}$$

通过求解如上方程, 得出  $b(v)$  的显式  $b(v) = \frac{nv + v}{n + 1}$ .

由于市场中竞拍人的私人估值服从均匀分布  $U[\underline{v}, \bar{v}]$ , 根据引理 1, 技术发明者获得最终报价应该在  $[b(\underline{v}), b(\bar{v})]$

区间范围中, 那么其在  $n + 1$  个竞拍人中获得报价  $b(v)$  的概率为  $f(b(v)) = (n + 1) \frac{1}{\bar{v} - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n$ .

那么, 技术发明者的期望收益为:  $E_f[b(v)]$ . 令  $\pi_{2i}^0$  为技术发明者在无权利情形下在许可阶段的期望收益, 从而  $\pi_{2i}^0 = E_f[b(v)]$ , 具体计算如下

$$\begin{aligned} \pi_{2i}^0 &= \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \left[ \frac{nv + v}{n + 1} \right] Prob(v) dv \\ &= \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \left[ \frac{nv + v}{n + 1} \right] \left[ (n + 1) \frac{1}{\bar{v} - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n \right] dv \\ &= \underline{v} \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \frac{1}{\bar{v} - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n dv + n \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \frac{v}{\bar{v} - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n dv \\ &= \frac{n\bar{v} + 2\underline{v}}{n + 2} \end{aligned}$$

合作市场者作为  $n + 1$  个竞拍人之一, 假设其估值为  $v$ , 那么其最优报价为  $b(v)$  且其赢得竞拍的概率为  $f_m(v) = \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n$ , 也即其他所有拍卖者的私人估值均不高于  $v$ . 令  $\pi_{2m}^0$  为合作市场者在无权利情形下在许可阶段的期望收益, 那么其期望收益为  $E_{f_m}[v - b(v)]$ . 具体计算如下

$$\begin{aligned} \pi_{2m}^0 &= \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \frac{v - b(v)}{\bar{v} - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n dv \\ &= \frac{1}{\bar{v} - \underline{v}} \int_{\underline{v}}^{\bar{v}} \left[ v - \frac{nv + v}{n + 1} \right] \left( \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}} \right)^n dv \\ &= \frac{\bar{v} - \underline{v}}{(n + 1)(n + 2)} \end{aligned}$$

证毕.

定理 1 证明

技术发明者和合作市场者的互动分为研发和许可授权两个阶段, 引理 1 已经给出了双方在第二阶段的期望收益. 利用逆向归纳法得到技术发明者的最优研发投入努力为  $e_i^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0}$ , 也表示新产品技术研发成功的概率. 因此可以得到双方在第一阶段的期望收益

$$\begin{aligned} \pi_i^0 &= e_i^0 \pi_{2i}^0 - \frac{1}{2} c_0 (e_i^0)^2 = \frac{(\pi_{2i}^0)^2}{2c_0} \\ \pi_m^0 &= e_i^0 \pi_{2m}^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^0 \end{aligned}$$

证毕.

引理 2 证明

在优先许可权下,技术发明者与市场中其他  $n$  个企业谈判,获取最高报价,将该过程刻画为  $n$  个企业参与的第一价格密封拍卖,而且每个企业在做报价决策时知道如果其报价在拍卖中胜出,其报价还会给到合作市场者进行匹配,当合作市场者估值低于其报价而不进行匹配时,第三方企业将会获得技术发明者的授权许可.因此,估值  $v$  的第三方市场者的报价决策为

$$\text{Max}_x (v - x) [F(\phi'(x))]^{n-1} F(x)$$

令  $b'(v)$  为第三方市场者的最优报价函数,且其反函数为  $\phi'(v) = b'^{-1}(v)$ .通过计算目标函数的一阶导数条件,得

$$v - x = \frac{F(\phi') F(x)}{(n - 1) F(x) f(\phi') \phi' + F(\phi') f(x)}$$

在均衡下,估值  $v$  的第三方市场者的最优出价策略函数  $b'(v)$  满足如下隐函数微分方程

$$v - b'(v) = \frac{F(v) F(b'(v))}{(n - 1) F(b'(v)) f(v) / b'(v) + F(v) f(b'(v))}$$
$$v - b'(v) = \frac{(v - \underline{v}) [b'(v) - \underline{v}]}{(n - 1) [b'(v) - \underline{v}] / b'(v) + v - \underline{v}}$$

通过求解如上方程,得出  $b'(v)$  的显式  $b'(v) = \frac{nv + v}{n + 1}$ .具体证明如下,上式通过变化得

$$(n - 1) / b'(v) = \frac{1}{b'(v) - \underline{v}} - \frac{v - \underline{v}}{[b'(v) - \underline{v}]} \cdot \frac{1}{v - \underline{v}}$$

令  $x(v) = \frac{b'(v) - \underline{v}}{v - \underline{v}}$ , 然后有  $b'(v) = x(v) + x'(v)(v - \underline{v})$ .那么,以上方程转化为

$$x'(v)(v - \underline{v}) = \frac{nx(v) - (n + 1)x(v)^2}{2x(v) - 1}$$

上式可简写为  $\frac{2x - 1}{x[n - (n + 1)x]} x' = \frac{1}{v - \underline{v}}$ .按照求解常微分方程的方法,定义  $\frac{A}{x} + \frac{B}{n - (n + 1)x} = \frac{2x - 1}{x[n - (n + 1)x]}$ .

那么,  $A[n - (n + 1)x] + Bx = 2x - 1$   $An - [A(n + 1) - B]x = 2x - 1$   $An = -1$  和  $-A(n + 1) + B = 2$ .可以推导出  $A = -\frac{1}{n}$  和  $B = 1 - \frac{1}{n}$ .进而,  $\frac{2x - 1}{x[n - (n + 1)x]} x' = \frac{1}{v - \underline{v}}$

转换为

$$\left[ \frac{-1}{n} \frac{1}{x} + \left( 1 - \frac{1}{n} \frac{1}{n - (n + 1)x} \right) \right] x' = \frac{1}{v - \underline{v}}$$

两边取对数得出

$$\frac{-1}{n} \ln(x) + \left( 1 - \frac{1}{n} \right) \ln[n - (n + 1)x] \frac{-1}{n + 1} = \ln(v - \underline{v}) + C$$

进一步转换并代入  $b'(v) = x(v)(v - \underline{v}) + \underline{v}$  得

$$(v - \underline{v})^{n^2 - n} [b'(v) - \underline{v}]^{n + 1} [nv - (n + 1)b'(v) + \underline{v}]^{n - 1} = [e^{-C}]^{n(n + 1)}$$

因为  $b'(v) = \underline{v}$ ,得出右方的常数项应恒等于 0.因此,对于任意买方的估值  $v$ ,有  $b'(v) = \frac{nv + v}{n + 1}$

证毕.

定理 2 证明

根据引理 2,  $n$  个第三方竞拍人在知道拍卖的最终报价会受到合作市场者的匹配时,估值  $v$  的第三方竞拍人的最优报价为  $b'(v)$ ,且其在拍卖中获胜的概率为  $\frac{1}{v - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{v - \underline{v}} \right)^{n - 1}$ ,从而对于技术发明者来讲其获得报价  $b'(v)$  的概率为

$\frac{n}{v - \underline{v}} \left( \frac{v - \underline{v}}{v - \underline{v}} \right)^{n - 1}$ .对于技术发明者来讲,即是合作市场者匹配拍卖的最高报价,技术发明者获得的收益仍旧时拍卖的结

果. 令  $\pi_{2i}^r$  为技术发明者在优先许可权情形下许可阶段的期望收益, 计算如下

$$\begin{aligned} \pi_{2i}^r &= \int_v^{v^-} b'(v) Prob(v) dv = \int_v^{v^-} \left( \frac{nv + v}{n+1} \right) n \frac{1}{v-v} \left( \frac{v-v}{v-v} \right)^{n-1} dv \\ &= \frac{n^2}{(n+1)(\bar{v}-v)^n} \int_v^{v^-} v(v-v)^{n-1} dv + \frac{n}{(n+1)(\bar{v}-v)^n} \int_v^{v^-} v(v-v)^{n+1} dv \\ &= \frac{n^2}{(n+1)(\bar{v}-v)^n} \left[ \frac{v}{n} (v-v)^n \Big|_v^{v^-} - \int_v^{v^-} \frac{(v-v)^n}{n} dv \right] + \frac{n}{(n+1)(\bar{v}-v)^n} (v-v)^n \Big|_v^{v^-} \\ &= \frac{1}{(n+1)^2} [n^2 \bar{v} + (2n+1)v] = \mu \left[ 1 + \frac{(n-1)^2 - 2}{(n+1)^2} \delta \right] \end{aligned}$$

当合作场者的估值高于拍卖的最高报价时, 合作市场者匹配报价  $b'(v)$ , 从而获得许可, 其期望收益  $\pi_{2m}^r$  为

$$\begin{aligned} \pi_{2m}^r &= \int_v^{v^-} \int_{\frac{nv_3+v}{n+1}}^{v_3+v} \left[ v_p - \frac{nv_3+v}{n+1} \right] \frac{1}{\bar{v}-v} n \left( \frac{v_3-v}{\bar{v}-v} \right)^{n-1} \frac{1}{v-v} dv_p dv_3 \\ &= \frac{n}{(\bar{v}-v)^{n+1}} \int_v^{v^-} \int_{\frac{nv_3+v}{n+1}}^{v_3+v} \left[ v_p - \frac{nv_3+v}{n+1} \right] (v_3-v)^{n-1} dv_p dv_3 \\ &= \frac{n}{(\bar{v}-v)^{n+1}} \left\{ \int_v^{v^-} (v_3-v)^{n-1} \frac{1}{2} \left[ \bar{v}^2 - \left( \frac{nv_3+v}{n+1} \right)^2 \right] dv_3 - \int_v^{v^-} (v_3-v)^{n-1} \frac{nv_3+v}{n+1} \left( \bar{v} - \frac{nv_3+v}{n+1} \right) dv_3 \right\} \\ &= \frac{n}{(\bar{v}-v)^{n+1}} \int_v^{v^-} (v_3-v)^{n-1} \frac{1}{2} \left[ \bar{v} - \left( \frac{nv_3+v}{n+1} \right) \right]^2 dv_3 \\ &= \frac{1}{2(\bar{v}-v)^{n+1}} \left\{ \left[ \bar{v} - \left( \frac{nv_3+v}{n+1} \right) \right]^2 (v_3-v)^n \Big|_v^{v^-} - \int_v^{v^-} (v_3-v)^n d \left( \bar{v} - \frac{nv_3+v}{n+1} \right)^2 \right\} \\ &= \frac{1}{2(\bar{v}-v)^{n+1}} \left[ \frac{(\bar{v}-v)^{n+2}}{(n+1)^2} + \frac{2n}{n+1} \int_v^{v^-} (v_3-v)^n \left( \bar{v} - \frac{nv_3+v}{n+1} \right) dv_3 \right] \\ &= \frac{\bar{v}-v}{(n+1)^2} \left[ \frac{1}{2} + \frac{n}{n+1} + \frac{n^2}{(n+1)(n+2)} \right] = \frac{2\mu\delta}{(n+1)^2} \left[ \frac{1}{2} + \frac{n}{n+1} + \frac{n^2}{(n+1)(n+2)} \right] \end{aligned}$$

证毕.

定理 3 证明

定理 2 已给出技术发明者和合作市场者在第二阶段的期望收益. 根据逆向归纳法求解技术发明者在第一阶段的优化问题, 得到技术发明者的最优投入努力为  $e_i^r = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r}$ . 给定  $e_i^r$ , 技术发明者作为委托人最大化自身的期望收益, 会收取最可能高的固定权利价格  $f_r$ , 但要保证合作市场者的参与约束, 也即合作市场者在无权利情形下所获得的期望收益. 因此, 根据参与约束可得  $f_r = e_i^r \pi_{2m}^r - e_i^0 \pi_{2m}^0$ . 进而, 可以计算双方在第一阶段的期望收益为  $\pi_i^r = e_i^r \pi_{2m}^r - e_i^0 \pi_{2m}^0 + \frac{(\pi_{2m}^r)^2}{2c_r} = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r} \pi_{2m}^r - \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^0 + \frac{(\pi_{2m}^r)^2}{2c_r}$ , 合作市场者的期望收益与无权利情形下的收益相同为  $\pi_m^0$ .

证毕.

推论 1 证明

根据引理 1 和定理 2 得

$$\begin{aligned} \pi_{2i}^r - \pi_{2i}^0 &= \frac{-2n\delta\mu}{(1+n)^2(n+2)} \quad \pi_{2m}^r - \pi_{2m}^0 = \frac{3n\delta\mu}{(n+1)^2(n+2)} \\ \pi_{2i}^r + \pi_{2m}^r - (\pi_{2i}^0 + \pi_{2m}^0) &= \frac{n\delta\mu}{(n+1)^2(n+2)} \end{aligned}$$

因此, 推论 1(1) 可证. 再比较  $e_i^r = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r}$  和  $e_i^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0}$ , 推论 1(2) 可证.

证毕.

命题 1 证明

根据推论 1(1), 有  $\pi_{2m}^r > \pi_{2m}^0 > 0$  和  $\pi_{2i}^r + \pi_{2m}^r > \pi_{2i}^0 + \pi_{2m}^0$ . 比较可得, 当  $c_r$  满足  $\frac{\pi_{2i}^r}{c_r} > \frac{\pi_{2i}^0}{c_0}$  条件后, 可证  $\pi_i^r + \pi_m^r > \pi_i^0 + \pi_m^0$ .

证毕.

命题 2 证明

首先, 有

$$\pi_i^0 + \pi_m^0 = \frac{(\pi_{2i}^0)^2}{2c_0} + \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^0 = \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \left( \pi_{2m}^0 + \frac{\pi_{2i}^0}{2} \right)$$

$$\pi_i^r + \pi_m^r = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r} \pi_{2m}^r + \frac{(\pi_{2i}^r)^2}{2c_r} = \frac{\pi_{2i}^r}{c_r} \left( \pi_{2m}^r + \frac{\pi_{2i}^r}{2} \right)$$

给定  $c_r < \frac{\pi_{2i}^r}{\pi_{2i}^0} c_0$ , 通过作差, 可知  $\frac{\pi_{2i}^r}{c_r} - \frac{\pi_{2i}^0}{c_0} \pi_{2m}^r - \pi_{2m}^0 \pi_{2m}^r + \pi_{2i}^r - (\pi_{2m}^0 + \pi_{2i}^0)$  随着  $\mu, \delta$  和  $n$  增加而增加, 因此命题 2 可证.

证毕.

定理 4 证明

技术发明者的最优合同设计的包含两个约束条件, 技术发明者一方面要最大化自己的期望收益, 一方面要保证两类合作市场者的参与约束都能得到满足. 那么需要不断增加  $f$  直至其中一个约束条件是紧的. 因为  $\tilde{e}_r \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h} > \tilde{e}_r \pi_{2m}^{rl} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0l}$ , 得到  $\tilde{f}_{rp} = \tilde{e}_r \pi_{2m}^{rl} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0l}$ , 进而可计算技术发明者的期望收益.

证毕.

定理 5 证明

技术发明者最大化其目标函数, 需要满足两个参与约束和两个激励相容约束. 通过观察其目标函数需要找到在满足 4 个约束条件的最大的  $f$ . 通过约束条件( IC-h) 和( IC-l), 有

$$\tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rl} - \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0l} \leq f \leq \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0h}$$

约束条件( IR-l) 已满足, 根据约束条件( IR-h), 得到

$$f \leq \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h}$$

因为  $\tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h} < \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rl} - \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0l}$ , 因此, 只要约束条件( IC-h) 和( IC-l) 满足, 约束条件( IR-h) 自动满足. 为使得( IC-h) 和( IC-l) 同时满足, 需要  $\tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rl} - \tilde{e}_{0s} \pi_{2m}^{0l} \leq \tilde{e}_{rs} \pi_{2m}^{rh} - \tilde{e}_0 \pi_{2m}^{0h}$ . 从而, 得到定理 5 的分离均衡条件

$$\frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1 - \phi) \pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0h} - \frac{\pi_{2i}^{0l}}{c_0} \pi_{2m}^{0l} \leq \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \pi_{2m}^{rh} - \frac{\pi_{2i}^{rl}}{c_r} \pi_{2m}^{rl}$$

进而, 技术发明者形成优先许可权分离均衡最优的权利价格为  $\tilde{f}_{rs} = \frac{\pi_{2i}^{rh}}{c_r} \pi_{2m}^{rh} - \frac{\phi \pi_{2i}^{0h} + (1 - \phi) (\pi_{2i}^{0l})}{c_0} \pi_{2m}^{0h}$ .

证毕.