

技术创新战略投资的实物期权方法综述

夏 晖, 曾 勇, 唐小我

(电子科技大学管理学院, 成都 610054)

摘要: 实物期权方法比传统的折现现金流法(DCF)更适合用来分析不确定环境下的投资决策问题,但仅凭实物期权方法不能对不完全竞争环境下的企业战略投资问题进行准确分析和估价。根据是否考虑不完全竞争环境下企业投资决策间的战略互动关系,实物期权方法被分为一般实物期权方法和战略实物期权方法。侧重于战略实物期权方法,对企业技术创新投资的实物期权理论模型及方法进行综述,并指出了对这类问题进一步研究的方向。

关键词: 实物期权; 博弈均衡; 技术创新; 战略投资

中图分类号: F830.59

文献标识码: A

文章编号: 1007 - 9807(2004)01 - 0088 - 09

0 引言

技术创新对当代世界经济增长做出了突出贡献,更成为新经济时代企业竞争战略的重要组成部分,因而受到政府有关部门、学术界和企业界的高度重视。技术创新包括采用和提供(R&D)两个相互作用的方面,两方面均涉及不确定环境下的投资决策,这些不确定性赋予企业决策灵活性的价值。传统的折现现金流法(DCF)认为投资项目是可逆的,或者当投资项目是不可逆时,企业的投资决策是“刚性”的,要么立即投资,要么永不投资,即未考虑决策灵活性的价值,从而低估了技术创新投资的价值。当应用DCF法评价技术创新投资时,人们往往抱怨资本成本太高,或资本市场过分强调短期表现。由于技术创新投资所涉及的战略和运作灵活性与金融期权具有相似的特征,故可以采用实物期权方法加以分析和估价。所谓实物期权,本质上就是基于投资战略和运作灵活性的一项选择权,或者说金融期权理论在实物(非金融)资产期权上的扩展^[1],它的标的资产不再是股票、债券、期货和货币等金融资产,而是某个投资项目。其概念由Myers^[2]在1977年提出,经过Bren-

nan和Schwartz^[3]、McDonald和Siegel^[4]等学者的发展,近10多年来在项目投资领域引起了广泛的关注和大量的研究应用,形成了对传统DCF方法的重要改进。早期经典的实物期权专著是1994年出版的《不确定环境下的投资》^[5],作者Dixit和Pindyck对不确定性环境下投资决策的实物期权方法做出了精辟的阐述,但他们的研究主要是基于两个前提:对投资机会的垄断以及产品市场充分竞争,即没有考虑不完全竞争环境下投资决策的战略互动关系。

现在的市场环境越来越倾向不完全竞争,这是因为,一方面许多国家为了鼓励市场竞争,都制订反垄断法,废除了垄断市场。另一方面,在全球经济一体化的趋势下,为了在市场竞争中保持竞争优势,世界各大企业之间的兼并浪潮一浪高过一浪,这两方面的作用使得垄断和完全竞争的市场环境似乎消失了。在不完全竞争环境下,由于投资项目的价值会随竞争对手的投资策略发生改变,当竞争对手执行其实物期权,企业将来投资项目的价值大幅减少,其实物期权价值也随之减少甚至为零,这可能会迫使企业提前进行投资,以至于等待投资战略的灵活性价值被侵蚀掉^[6]。因此

收稿日期: 2002 - 08 - 23; 修订日期: 2003 - 11 - 15.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70272001); 国家杰出青年科学基金资助项目(79725002).

作者简介: 夏 晖(1969—),男,四川成都人,博士生,讲师.

当企业进行技术创新投资时,不仅要考虑自己的投资决策,还必须考虑竞争对手的反应,企业的最优投资决策完全是由博弈均衡来决定的,企业为了抢先对手,甚至可能在负的净现值下进行投资。这时仅用实物期权方法来建造竞争模型是困难的,需要把期权定价理论同博弈理论结合起来,用战略实物期权方法对不完全竞争环境下企业投资决策的战略互动关系加以评价,这已成为当今国际上评价技术创新投资的研究前沿。

国内学者近几年开始对实物期权方法进行研究^[7-13],且发展较快,目前正向理论的深度、技术和产品领域的广度以及可操作性方向发展。但这些研究大多集中在一般的实物期权方法方面,对于战略实物期权方法的研究则十分有限。本文在深入考察现有大量文献的基础上,分别对一般的实物期权和战略实物期权理论研究的发展现状加以综述,重点对战略实物期权理论研究进行了较为详细的分类综述,最后给出了对此类问题进一步研究的建议。

1 一般的实物期权分析方法

这方面较早的研究是 McDonald 和 Siegel^[4],他们用实物期权的方法分析了延迟投资的价值。随后 Dixit 和 Pindyck^[5]用实物期权方法研究了产品市场不确定的环境下企业的投资决策问题。Grenadier 和 Weiss^[14]直接将技术创新的投资考虑成一个嵌入期权流(a stream of embedded options),采用期权定价方法导出了企业技术迁徙的四种策略分别为最优策略的条件和概率,并分析了技术环境对企业技术迁徙策略的影响。Farzin^[15]考察了涉及新技术到达时间和技术本身价值两方面不确定的问题,结果表明当新技术的价值超过某一门槛值时就被采用,若企业只能采用一次新技术时,这个门槛值比用 DCF 方法得到的门槛值要大,显示在实物期权方法下,推迟采用新技术的时间比在 DCF 方法下的要长。Doraselski^[16]进一步的研究表明,当企业可以进行有限次技术转换时,上述结论仍然成立。Doraselski^[17]扩展了 Farzin^[15]的模型,详细区分了新技术发明和进一步改进之间的不同,指出企业有动力推迟采用新技术,直到这个新技术足够先进。Bessen^[18]研究了市场需求不确定情况下,技术进步

率、利率、需求增长率等因素对企业首次采用新技术时间以及设备期望寿命的影响,他发现稍微增加技术进步率,会大大延迟首次采用新技术的平均时间,同时也减少了设备的期望寿命,即老技术从使用到被替换的时间减少了。Sarkar^[19]研究了市场不确定性和企业投资关系,特别考虑了系统风险。数字释例显示,对一些低增长、低风险的项目,增加不确定性可能会增加企业的投资概率。Alvarez 和 Stenbacka^[20]用实物期权方法研究在多阶段技术创新项目中寻找最优的采用门槛值的问题,他的结论显示:增加市场不确定性,同时增加了将来更新技术以及采用现有技术的实物期权价值。Kort^[21]在涉及技术创新投资的人力、物力以及所需的时间都不确定的情况下,研究了单个企业的最优的 R&D 投资行为,他发现不确定程度越大,R&D 投资越有价值,尤其在项目早期阶段较大的不确定性对 R&D 投资的影响更大,企业更倾向进行 R&D 投资。国内方面,何佳和曾勇^[22]把技术进步状态描述为随机目标追踪系统,采用实物期权分析方法导出了不同技术环境下技术创新采用时机的概率模型,并对实证结果进行了理论解释。进一步,何佳和曾勇^[23]考察了两代未来创新的情况,通过假定技术进步状态服从几何布朗运动,得到了现有创新和第一代未来创新均出现情况下的企业采用时机的概率模型,解释了文献[22]中仅有一代未来创新情况下,技术创新速度对企业投资行为的非单调影响。

上述有关技术创新投资决策的一般的实物期权分析方法的理论研究只是有选择地列出,其中综合了 Hoppe^[24]综述部分的有关内容。由于不考虑企业投资决策之间的战略互动关系,一般的实物期权分析方法主要研究技术和市场等不确定因素对企业技术创新投资决策的影响。

2 不完全竞争环境下的战略实物期权分析方法

在不完全竞争环境下,由于企业投资决策行为之间的相互制约、相互影响,不仅使市场环境波动加剧,也直接影响到企业的投资决策的制定。在对不完全竞争环境下采用技术创新投资时机的研究中,最早考虑企业投资决策之间战略互动关系

的是 Reinganum. 早在 1981 年, Reinganum^[25] 就用博弈理论对新技术的采用时机做了研究, 她假设技术创新实施过程没有不确定因素, 两个企业预先同时决定各自采用新技术的时间. 如果一个企业在另一个企业之前采用新技术, 它可以获得比竞争对手更多的超额利润, 即存在先动优势, 而投资成本随时间降低又提供企业一种等待再投资的动机, 企业的投资决策就是在创新投资带来的收益以及等待节省的购买成本这两方面进行权衡. 结果发现这个双头垄断模型存在一对纯战略纳什均衡, 尽管这两个企业事前是完全一样的, 而且信息是完全的, 但均衡中两个企业总是一前一后采用新技术, 对 n 个企业也有类似的结论^[26]. Fudenberg 和 Tirole^[27] 把 Reinganum 的模型扩展到动态博弈, 在信息滞后可以忽略的情况下, 他们假设两个企业不预先承诺将来采用新技术的时间, 后动者在观察到先行者的投资决策后才作出自己的决策. 结果发现企业首次采用新技术的时间提前了, 且两个企业的期望收益是相等的. 虽然上述研究中没有考虑任何不确定因素, 也没有考虑采用技术创新投资过程中实物期权的价值, 但他们的模型为以后应用战略实物期权分析方法对采用技术创新投资时机的研究奠定了基础.

由于模型求解的困难, 战略实物期权分析方法的大部分模型都是建立在完全信息博弈的基础之上. 通过识别实物期权的不确定性因素的来源, 可以把这方面的研究分为两类: 涉及技术创新本身的不确定性对企业投资时机的影响; 仅考虑产品市场的不确定性对企业投资时机的影响. 在后一类的不确定性分析中根据研究的侧重点不同又可分为两类: 市场不确定性因素对投资项目中等待期权的影响; 市场不确定性因素对投资项目中战略增长期权的影响. 另外, 还有涉及技术创新投资决策相关问题的研究, 包括政府实施和组织技术创新战略的政策分析, 企业申请专利的投资策略等.

2.1 涉及技术创新本身的不确定性研究

技术创新本身的不确定性一般包括: 技术创新实施过程中的不确定性; 技术创新成果的不确定性; 技术创新速度的不确定性等. 这些不确定因素都对企业采用技术创新投资时机产生重大的影响. Götz^[28] 为了区分事前一样的企业在什么情况

下将选择不同的投资时机, 考察了技术创新实施过程中的不确定性因素, 他假设企业成功实施新技术为一随机变量, 服从风险率 (hazard rate) 为的指数分布 (同企业自身有关). 结果发现: 两个企业是否同时采用新技术是由 决定的. 在抢先均衡中, 不同 的企业, 其租金是不相同的. 优势企业 (较大) 成功实施新技术的期望时间短, 对该技术有较高的吸收能力, 创新风险较小, 可获得较高的经济租金. Weeds^[29] 对不完全竞争环境下 R&D 投资的战略推迟进行了研究, 考虑了两方面的不确定性因素: 投资项目技术上的成功是随机的; 所获专利的经济价值随时间随机地改变. 她发现企业间的竞争不一定削弱延迟期权的价值, 可能会因为害怕激烈的专利竞赛而增加延迟期权的价值, 从而推迟 R&D 投资. Lukach 等^[30] 研究了企业在实施技术创新过程中投资成本和所需时间都不确定的情形下的战略 R&D 投资问题, 他们假设在第一个探索阶段的结果是不确定的情形下, 两个完全一样的企业关于是否进行两阶段的 R&D 投资做出战略决策. 结果显示: 当 R&D 对所有企业都有利可图时, 两企业同时投资获得相等的市场份额. 但技术本身的不确定性加上两企业的战略互动关系可以导致另一结果: 当竞争对手不投资时, 企业投资 R&D 才有利可图, 这时抢先投资者获得较大的市场份额, 在单位生产成本足够高的情况下, 投资 R&D 的企业甚至可以把不投资 R&D 的企业赶出市场, 最终成为市场的垄断者. 虽然在产业组织理论中也讨论过 R&D 的有关问题, 但主要讨论的是企业的短期行为, 并且忽视了 R&D 过程中不确定性因素所产生的企业决策灵活性的价值, 所以在产业组织理论中不确定性总是对企业的 R&D 投资起反作用. 现实中的 R&D 项目本身的性质决定了其过程必然是多阶段的, 并且充满了许多不确定性因素, 这些都会对企业的投资决策产生重大影响. 企业在 R&D 的初始阶段只是投入一部分资金, 至于后续的研究以及商业化要看前期的研究结果以及市场变化的情况, 所以初始阶段的投资为企业创造了一个战略增长期权的价值, 它有促使企业提前投资 R&D 项目的作用. 同时, 由于投资是不可逆的, 且企业决策时存在许多不确定性, 企业通常不会做出“立即投资”或“永远放弃”地决策, 而是通过“等等看”获得

进一步的信息再做出决策,这种决策的灵活性赋予企业等待期权的价值,它有促使企业推迟投资 R&D 项目的作用。产业组织理论中单纯用博弈论和信息经济学等理论来讨论 R&D 过程的不确定性和竞争性,由于没有考虑这些期权的价值,不能全面反映现实中 R&D 项目特性,而战略实物期权理论借助博弈论和期权定价理论,综合考虑了 R&D 项目中的不确定性、竞争性和企业决策灵活性的价值及其相互关系,使得 R&D 投资决策分析模型更贴近现实,这就是为什么对于有些不确定程度高、投资金额大的 R&D 项目,产业组织理论中单纯用博弈论和信息经济学等理论认为是不可行项目,但战略实物期权理论由于考虑了战略增长期权的价值而认为是可行项目的原因^[31~36]。

Hoppe^[37]考察了新技术成果的不确定性,设技术创新结果证明为好的概率为 P ,一旦企业采纳新技术,揭示了新技术的真实价值,它的竞争对手可根据采用新技术是否有利可图而修订自己的投资决策,由于投资是不可逆的,这些就构成后动优势的价值基础。但企业采用新技术获得的收益是市场上已采用新技术企业的个数的减函数,这些又构成企业先动优势的基础。结果表明:均衡时企业的收益对 P 是不连续且非单调的。增加 P 可改变博弈类型,从消耗战(a war of attrition)改为抢先博弈(preemption game),由于抢先行为导致过多的租金浪费,使得均衡时两企业的收益大幅度滑坡。Mason 和 Weeds^[38]综合考察了先动优势、网络效果(network effects)以及采用新技术收益的不确定性在不完全竞争环境下对企业新技术采用时机的影响。在他们的双头垄断博弈模型中,领导者和跟随者的角色可以是内生的。而网络效果由于使企业直接或间接从竞争者的努力中获得收益,因此它增加了先采用新技术的无效性。研究得到的有些结果是令人吃惊的,例如:不确定性不总是延迟新技术的采用时间,在先后采用新技术的均衡中,对于足够大的网络效果,增加一点不确定性可以促使领导者更早地采用新技术。

上世纪末由于信息技术难以置信的快速发展,对于企业来说,采用技术创新投资决策变成一件非常复杂的事情。原来的投资决策大多是投资时机的问题,由于技术进步慢,通常只考虑一种新技术投资。现在,企业正在考虑采用的新技术几年

后就落伍了,故企业的投资决策难题不仅是何时采用新技术的问题,而且还是采用何种新技术的问题。Huisman 和 Kort^[39]研究了技术创新速度的不确定对企业采用时机以及采用何种新技术的影响。他们的模型假定技术创新过程对企业是外生变量,技术 1 是市场上已有的,技术 2 优于技术 1,它何时到来是不确定的,其到达时间服从参数为 λ 的泊松过程,可以理解为技术 2 的平均到达率。但是在技术 2 到达之前,企业若采用技术 1,就不能再采用技术 2,即只能做一次技术转换。还假定企业开始并没有进入市场,必须投资一种新技术才能有利润流,而采纳两种技术的成本是一样的。应用等待曲线(waiting curve)^[40]的方法,他们得到了均衡的条件。随着技术进步速度(λ)的加快,均衡类型从抢先博弈倾向为消耗战,同时企业也更倾向采用更好的新技术,且产品市场的不确定性程度越高,这种趋势就更明显。Alvarez 和 Stenbacka^[41]认为企业通过采用中间技术(intermediate technologies)可以获得将来升级的新技术所需的经验和知识。由于新技术是在原有老技术上的升级换代,故采用中间技术的投资可以理解为一系类嵌入期权,为此他们设计了一个不对称的双头垄断模型,设升级技术的到达时间是随机的,其到达时间间隔服从指数分布。他们采用战略实物期权方法研究了企业最优的采用中间技术的时机是如何依靠企业本身(领导者)以及它的竞争对手(跟随者)的嵌入升级期权的。

2.2 产品市场的不确定性研究

给定每个企业特定技术创新的战略选择,产品市场在各企业之间的分配就固定了,从而产品市场需求(或价格)的波动就会导致企业的收益波动,反过来影响企业的投资决策。1994年,Dixit 和 Pindyck^[5]简要论述了在不完全竞争环境下,两个企业在决策投资时机的实物期权方法。他们首先假定两个企业是完全一样的,是风险中性的,市场的需求状态是不确定的,服从几何布朗运动,两个企业为了提高各自利润,决定是否投资以及何时投资。由于两个企业在市场中的角色是内生的,即没有预先指定谁是领导者,谁是跟随者,故这是一个完全信息的静态博弈问题,其纳什均衡根据市场需求初始状况而定。均衡中两个企业的投资时机可能是分离的,也可能是同时的。

1999年, Huisman和Kort^[42]详细研究了一个双头垄断的完全信息的静态博弈模型, 主要考察了市场需求的不确定性因素对技术创新投资决策时机的影响。模型假设市场需求的波动服从几何布朗运动, 企业的利润流受到企业战略投资行为的相互影响, 由于技术创新投资可以增加利润流, 故在他们的模型中强调了先动优势。他们利用动态规划法得到了同Pindyck和Dixit^[5]的结论相类似的结果, 并且发现在抢先博弈均衡中, 其领导者的投资门槛值比垄断情况下的值要低, 在共谋均衡中, 二者才相等。当不确定程度一定时, 只要先动优势足够大, 博弈均衡一定是抢先博弈, 相反是共谋均衡, 改变企业的投资成本不能改变博弈均衡类型。此外, 他们用混合战略均衡的概念解释了在抢先博弈中, 两个企业同时采用技术创新的可能性是存在的, 并且得到了这种情况发生的概率。Boyer等^[43]把Fudenberg和Tirole^[27]的模型加以推广, 使得企业可以在连续时间的环境下来制定战略, 他们研究了在不完全竞争环境下企业采用技术创新投资的动态特征, 发现市场需求的波动性和市场发展的期望速度在决定企业的竞争行为中起着重要的作用, 当市场波动性大、发展快时, 共谋均衡一定存在。Nielsen^[44]在不完全竞争环境下, 对Dixit和Pindyck^[5]的模型进行研究, 发现存在正的或负的投资外部性情况下, 市场竞争都会加速企业的投资。Pawlina和Kort^[45]研究了企业投资成本的不同对企业投资决策的影响, 指出企业的价值和成本不对称的关系是非单调、不连续的。Smit和Trigeorgis^[46]研究了企业的战略的二阶段R&D投资策略。假设市场需求是不确定的, 企业自己选择产量, 可以有不同的生产成本, 他们考察了市场、技术、信息、竞争等各种因素对企业战略R&D投资策略的影响。

上述的研究主要研究了投资项目中等待期权对企业采用技术创新投资决策的影响, 但企业的战略投资往往包含一系列投资项目, 这些项目的价值中通常包含一个将来增长期权的价值, 它的大小将对企业的投资决策产生重要影响。Kulatilaka和Perotti^[47]对不完全竞争环境下的战略增长期权进行了研究。模型假设市场结构是内生变量, 即企业的投资决策会影响市场结构, 从而影响价格, 企业事前是完全相同的, 风险中性的, 市

场需求是价格的线性函数。结果表明: 市场不确定程度高不仅意味较大的风险而且意味较大的机会, 可以加速企业采用技术创新的投资决策。Kulatilaka和Perotti的研究观点是比较新颖的, 一般意义上讲, 不确定性越大, 等待期权的价值越大, 企业会延迟投资时间, 现实中很多情况也是如此。他们对此的解释是在不完全竞争环境中, 价值随需求而增加, 利润是需求的凸函数更为明显, 因为寡头厂商在市场条件好时, 不仅提高产量也提高价格, 使得期望现金流会随不确定性程度增加而增加。对于现实中不确定性程度增加而采用技术创新减少的现象, 他们认为可能是由于同步产生的对于市场需求条件的期望降低所致。

根据战略增长期权的思想, Kulatilaka和Perotti^[48]研究了一种被称为市场先机能力 (time-to-market capability) 的企业战略投资行为, 它不同之处在于: 企业如果今天不投资, 以后没有机会再获得这种市场先机能力。结果表明: 市场不确定程度的提高加速了企业这种投资行为, 但当所有企业都去做这种市场先机能力的投资时, 因为投资没有使企业产生比较优势, 故不能提高企业的获利能力。Perotti和Rossetto^[49]则考察了平台投资 (platform investment) 的价值。模型中把平台投资所获得的竞争优势塑造成更容易进入相关的产品市场, 因此可被看成获得了一系列战略进入期权。研究发现, 市场不确定程度越高, 企业就越有动力去作平台投资, 并确保自己的战略优势。此外, 平台投资也消除了两种企业同时进入市场的可能性, 有助于避免传统型企业和创新型企业“过度”竞争的结果。

2.3 不对称企业及不完全信息博弈模型

上面的模型都基于两个基本假设, 一是参与博弈的所有企业是对称的, 即博弈方是完全一样的企业; 二是所有企业都知道博弈的结构、博弈的规则和支付函数, 是完全信息博弈, 这在现实中是很强的假设。现实中的企业之间往往是不对称的, 由于融资渠道、资金储备、研发能力、管理组织水平和吸收新技术的速度等不同, 企业间存在着某种差异, 这种差异会对企业的投资决策产生重大影响。Pawlina和Kort^[45]研究了企业投资成本的差异对企业投资决策的影响, 以及企业的价值和投资成本差异的关系。Huisman^[50]研究了存在正或负

的投资外部性的情况下,投资成本不对称企业间的竞争对企业投资行为的促进作用.另一方面,对于每个采用技术创新的企业来讲,在研究和制定其技术创新投资战略时,通常希望自己的关键信息(创新投资成本、企业对未来市场的估计以及进行技术创新的临界市场利润等)不被其竞争对手获知,这意味着各竞争企业之间信息完全的假定在绝大多数情况下是不成立的,因此应当在不完全信息条件下更现实地考察企业采用技术创新投资的战略行为.Lambrecht 和 Perraudin^[51]提出了对企业采用技术创新投资决策在不完全信息下抢先博弈的实物期权的分析方法,他们的模型基于两个假设:1)一个企业投资将获得整个市场,而另一个企业收益为零;2)企业知道自己的投资成本,对竞争对手的投资成本,只知道其概率分布,且在对手还没有投资的情况下,随时间更新对对手的概率分布的推测.结果表明,对于该博弈存在唯一贝叶斯均衡,但没有给出解析解,只能通过数学模拟来解决,其战略的投资门槛值介于马歇尔投资门槛值和非战略投资门槛值之间.Thijssen^[52]研究了有关投资赢利性的不完全信息模型.模型假设一个垄断企业预先不知道投资是否赢利,刚开始时企业对“市场条件为好”有一个先验信息,随时间企业收到一个有关市场条件的随机信号,其到达时间服从泊松过程.企业通过贝叶斯法则学习,更新对市场条件的先验信息.结果显示,传统的 DCF 法由于忽视等待期权的价值,使企业投资于低赢利性项目的概率较大.Déamps 和 Mariotti^[53]研究了涉及投资成本和获利情况都不确定的不完全信息的双头垄断模型,结果显示消耗战的结果有唯一的、对称的精炼贝叶斯均衡,进一步还研究了引入先动优势时,对均衡产生的影响.

2.4 相关研究

Hoppe^[37]通过福利政策分析揭示几种政府干涉市场失败的原因,建议政府对企业采用技术创新过程的干涉应充分依靠不确定的特性和技术进步率.她的研究认为企业均衡的采用技术创新行为有四种原因,故同社会的最优行为有所区别.这四种原因分别为:抢先的效果(the preempt effect)、商业偷窃效果(the business-stealing effect)、信息外溢效果(the informational-spillover effect)、消费者剩余效果(the consumer-surplus effect),前两个效果是

指抢先行为的害处,后两个效果是指等待行为的害处,它们正好相反.政策制订者在制订政策时应综合考虑这四方面的影响.例如,为了提高企业采用技术创新投资的速度,政府制订政策促使企业早点投资,但在企业等待博弈的情形下,由于商业偷窃效果大于消费者剩余效果,从整个社会的福利角度看这个政策不总是可取的.Pawlina 和 Kort^[45]研究了企业间投资成本的不对称性和社会福利两者之间的关系.他们专门研究了采用技术创新投资能提高产品质量这种情形,发现这两者之间的关系由采用技术创新投资成本的大小来决定,而企业间投资成本的不对称性在特定情形下可导致较大的社会福利.

在竞争环境下,企业采用技术创新投资一般只能产生暂时的经济租金,且随时间而减少,但当企业有专利保护的特有技术,企业就会获得如同在垄断情况下一样的独占的或私有的投资机会,经济租金在专利保护期限内是不会随时间而减少的,显然是否有专利保护对企业的投资决策有重要影响.Reiss^[54]用战略实物期权方法对企业采用技术创新、专利申请以及最大的 R&D 费用等相关问题做了研究,他把竞争对手的到达时间外生地设为服从泊松过程,结果显示企业的最优投资策略完全依靠竞争对手的到达时间和专利申请费用.

另外,Pawlina 和 Kort^[55]研究了企业质量选择灵活性的价值,在产品市场不确定的条件下,企业为了进入市场必须先投资选择某一质量水平的产品进行生产,并能够随时间调节质量水平.研究表明,这种灵活性价值随需求不确定程度增加而增加,在不完全竞争环境下,领导者进入市场时选择的质量水平高于垄断情形下的水平,并且领导者用高质量作为一种手段来阻碍其它企业进入,在市场需求高的条件下,领导者通过选择很高的质量水平把跟随者赶出市场.

3 结束语

由于可以对企业投资决策的灵活性和战略互动关系加以评价,战略实物期权方法在最近几年得到了迅速的发展.大量理论研究从各个角度去分析影响企业技术创新投资时机的因素,包括技术和市场的不确定、对竞争对手的不完全信息、吸

收新技术能力、投资成本、多阶段的技术创新等等。然而,作为一种新兴的投资项目的分析工具,战略实物期权分析方法还有许多问题有待进一步的研究。例如,可以借鉴微观决策理论的分析方法,把信息获得模型与学习模型合并入战略实物期权分析模型,让跟随者决定首次采用技术创新到揭示其获利能力之间的滞后期,从而研究跟随者的这种信息获得能力和学习行为如何影响领导者的投资时机。其次,在不完全竞争环境下,企业之间战略决策的互动关系是一个动态的过程,彼此之间的信息往往也是不完全的信息,而且企业间或多或少存在某些差异,这些都对企业战略决策和投资时机产生重大的影响,如何用战略实物期权分析方法在不完全信息的条件下动态地考察不对称企业技术创新投资决策问题,无疑是战略实物期权分析方法研究的方向之一。第三,有关战

略实物期权模型,以及能区分影响从新技术诞生到商业化应用之间滞后期的不同因素的实证研究还很缺乏,特别缺少针对中国企业技术创新投资时机的实证研究。只有理论研究和实证研究相结合,才能客观、全面地解释企业技术创新投资的现象和机理。第四,研究政府政策、企业技术创新投资决策、社会福利这三者之间关系的文章很少。政府的政策作为企业的外部环境对企业技术创新投资决策有重大影响,而企业的投资决策又直接影响整个社会的福利水平,政府何时应该干预企业的投资行为,采用何种方式进行干预值得进一步的研究。最后,现有研究尚未涉及技术创新开发和采用之间交互关系的模式,而技术创新供需交互模式的研究对于完整理解技术创新及其扩散过程,以及企业制定技术创新策略具有重要的意义,这将是一个极具挑战意义的领域。

参考文献:

- [1]Amram M, Kulatilaka N. Real Options: Managing Strategic Investment in An Uncertain World[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1998.
- [2]Myers S C. Determinants of corporate borrowing[J]. Journal of Financial Economics, 1977, 5: 147—175.
- [3]Brennan M J, Schwartz E S. Evaluating natural resource investments[J]. Journal of Business, 1985, 58(2): 135—157.
- [4]McDonald R, Siegel D. The value of waiting to invest[J]. Quarterly Journal of Economics, 1986, 101(4): 707—728.
- [5]Dixit A K, Pindyck R S. Investment Under Uncertainty[M]. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- [6]Trigeorgis L. Real Options: managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation[M]. Cambridge: MIT Press, 1996.
- [7]陈小悦,杨潜林. 实物期权的分析与估值. 系统工程理论方法应用, 1998, 7(3): 6—9.
- [8]赵秀云,李敏强,寇纪淞. 风险项目投资决策与实物期权估价方法[J]. 系统工程学报, 2000, 15(3): 243—246.
- [9]范龙振,唐国兴. 投资机会价值的期权评价方法[J]. 管理工程学报, 2000, 14(4): 34—37.
- [10]曹洪铎,韩文秀,李昊. 投资机会决策中分数布朗运动理论[J]. 系统工程学报, 2000, 16(1): 45—49.
- [11]简志宏,李楚霖. 高新技术产业化的实物期权分析[J]. 管理工程学报, 2002, 16(4): 76—79.
- [12]张维,安瑛晖. 项目投资的期权分析方法[J]. 西北农林科技大学学报, 2001, 1(3): 5—9.
- [13]安瑛晖,张维. 期权博弈理论的方法模型分析与发展[J]. 管理科学学报, 2001, 4(2): 38—44.
- [14]Grenadier S R, Weiss A M. Investment in technological innovations: An option pricing approach[J]. Journal of Financial Economics, 1997, 44(3): 397—416.
- [15]Farzin Y H, Huisman K J M, et al. Optimal timing of technology adoption[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1998, 22(5): 779—799.
- [16]Doraszelski U. The net present value method versus the option value of waiting: A note on Farzin, Huisman and Kor(1998) [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2001, 25(8): 1109—1115.
- [17]Doraszelski U. Innovations, Improvements, and the Optimal Adoption of New Technologies[R]. Working Paper, Hoover Institution, Stanford University, <http://pubweb.acns.mwu.edu/~udb390/techadop.pdf>, 2002.
- [18]Bessen J. Real Options and the Adoption of New Technologies[R]. Working Paper, MIT, <http://www.researchoninnovation.org/realoft.pdf>, 1999.
- [19]Sarkar S. On the investment-uncertainty relationship in a real options model[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2000,

- 24(2) : 219—225.
- [20] Alvarez L H R, Stenbacka R. Adoption of uncertain multistage technology projects: A real options approach[J]. *Journal of Mathematical Economics*, 2001, 35(1) : 71—97.
- [21] Kort P M. Optimal R&D investments of the firm[J]. *OR Spektrum*, 1998, 20 : 155—164.
- [22] Jia He, Yong Zeng. Investing in Technology Innovation: Empirical Evidence and Model Fitting[R]. Proceedings of 2001 Annual Peking University-University of Chicago Conference on Capital Markets, Corporate Finance, Money and Banking, 北京大学, 2001.
- [23] 何 佳, 曾 勇. 技术创新速度对新技术购买行为的影响——两代未来创新的情况[J]. *管理科学学报*, 2003, 6(1) : 13—19.
- [24] Hoppe H C. The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence[R]. Working Paper, University Hamburg, http://www.rz.uni-hamburg.de/PFAEHLER/mitarbeiter/heidrun/Survey_MS.pdf, 2001.
- [25] Reinganum J F. On the diffusion of new technology: A game theoretic approach[J]. *The Review of Economic Studies*, 1981, 48(3) : 395—405.
- [26] Reinganum J F. Market structure and the diffusion of new technology[J]. *Bell Journal of Economics*, 1981, 12(2) : 618—624.
- [27] Fudenberg D, Tirole J. Preemption and rent equalization in the adoption of new technology[J]. *Review of Economic Studies*, 1985, 52(3) : 383—401.
- [28] Götz G. Strategic timing of adoption of new technology under uncertainty: A note[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2000, 18(2) : 369—379.
- [29] Weeds H. Strategic delay in real options model of R&D competition[J]. *Review of Economic Studies*, 2002, 69(3) : 729—747.
- [30] Lukach R, Kort P M, et al. Strategic Dynamic R&D Investments[R]. Working Paper, UFSIA University of Antwerp, www.realoptions.org/papers2002/LukachStratrd.pdf, 2002.
- [31] Dasgupta P, Stiglitz J. Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D[J]. *Bell Journal of Economics*, 1980, 11(1) : 1—28.
- [32] Reinganum J. Uncertain innovation and the persistence of monopoly[J]. *American Economic Review*, 1983, 73(4) : 741—748.
- [33] Fudenberg D, Tirole J. Understanding rent dissipation: On the use of game theory in industrial organization[J]. *American Economic Review*, 1987, 77(2) : 176—183.
- [34] Cohen W M, Levinthal D A. Innovation and learning: The two faces of R&D[J]. *Economics Journal*, 1989, 99(397) : 569—596.
- [35] Grossman G, Shapiro J. Dynamic R&D competition[J]. *Economic Journal*, 1987, 97(386) : 372—387.
- [36] [法] 吉恩·泰勒尔. 产业组织理论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1997. 520—562.
- [37] Hoppe H C. Second-mover advantages in the strategic adoption of new technology under uncertainty[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2000, 18(2) : 315—338.
- [38] Mason R, Weeds H. Networks, Options and Preemption[R]. Working Paper, No. 575, University of Warwick, <http://www.warwick.ac.uk/fac/soc/Economics/research/papers/twerp575.pdf>, 2000.
- [39] Huisman K J M, Kort P M. Strategic Technology Adoption Taking Into Future Technology Improvements: A Real Option Approach[R]. Working Paper, No. 2000-52, CentER, Tilburg University, <http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/center/2000/doc/52.pdf>, 2000.
- [40] Huisman K J M, Kort P M. Strategic technology investment under uncertainty[J]. *OR Spektrum*, 2002, 24 : 79—98.
- [41] Alvarez L H R, Stenbacka R. Strategic Adoption of Intermediate Technologies: A Real Options Approach[R]. Working Paper, Turku School of Economics and Business Administration, <http://www.valt.helsinki.fi/staff/ustrombe/Competition/Alvarez.pdf>, 2002.
- [42] Huisman K J M, Kort P M. Effects of Strategic Interactions on the Option Value of Waiting[R]. Working Paper, No. 9992, CentER, Tilburg University, <http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/center/1999/doc/92.pdf>, 1999.
- [43] Boyer M, Lasserre P. Real Options, Preemption, and the Dynamics of Industry Investments[R]. Working Paper, No. 2001s64, Université du Québec à Montréal, <http://www.cirano.qc.ca/pdf/publication/2001s-64.pdf>, 2001.
- [44] Nielsen M J. Competition and irreversible investments[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2002, 20(5) : 731—

743.

- [45] Pawlina G, Kort P M. Real Options in an Asymmetric Duopoly: Who Benefits From Your Competitive Disadvantage? [R]. Working Paper, No. 2001 - 95, CentER, Tilburg University, http://papers.ssrn.com/sol3/delivery.cfm/SSRN_ID302784_code020322530.pdf?abstractid=302784, 2002.
- [46] Smit J T J, Trigeorgis L. R&D Option Strategies [R]. Working Paper, Erasmus University, <http://www.realoptions.org/papers2001/SmitTrigeorgis.pdf>, 1997.
- [47] Kulatilaka N, Perotti E C. Strategic growth options[J]. *Management Science*, 1998, 44(8): 1021—1031.
- [48] Kulatilaka N, Perotti E C. Time-to-market capability as Stackelberg growth options[A]. in E. Schwartz and L. Trigeorgis, ed. *Innovation and Strategy: New Developments and Applications in Real Options*[M]. New York: Oxford University Press, 2000.
- [49] Perotti E C, Rossetto S. Internet Portals as Portfolios of Entry Options[R]. Working Paper, No. 00 - 1052, University of Amsterdam and CEPR, <http://www.tinbergen.nl/discussionpapers/00105.pdf>, 2000.
- [50] Huisman K J M. *Technology Investment: A Game Theoretic Real Options Approach*[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [51] Lambrecht B, Perraudin W. Real options and preemption under incomplete information[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2003, 27(4): 619—643.
- [52] Thijssen J J J, van Damme E E C, Huisman K J M, Kort P M. Investment Under Vanishing Uncertainty Due to Information Arriving Over Time[R]. Working Paper, No. 2001 - 14, CentER, Tilburg University, <http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/center/2001/doc/14.pdf>, 2001.
- [53] Decamps, Mariotti. Irreversible Investment and Learning Externalities[R]. Working Paper, Université de Toulouse I, <http://www.idei.asso.fr/Commun/Articles/Decamps/Ext.pdf>, 2000.
- [54] Reiss A. Investment in innovations and competition: An option pricing approach[J]. *The Quarterly Review of Economic and Finance*, 1998, 38(3): 635—650.
- [55] Pawlina G, Kort P M. The Strategic Value of Flexible Quality Choice: A Real Options Analysis[R]. Working Paper, CentER, Tilburg University, <http://ebweb.tuwien.ac.at/dangl/workshop/Pawlina.pdf>, 2002.

Survey of real option approach to analyze strategic investments of technology innovations

XIA Hui, ZENG Yong, TANG Xiao-wo

School of Management, UESTC, Chengdu 610054, China

Abstract: The real options approach is more suitable to analyze the problems of investment decisions under uncertainty than the traditional discounted cash flow approach (DCF) does. However, the firms' strategic investments under the imperfect competition can't be analyzed and evaluated accurately only by the real option approach. According to whether considering the strategic interactions among firms' decisions under the imperfect competition, this paper divides the real option approach into the general real option approach and the strategic real option approach. Mainly focusing the strategic real option approach, this paper surveys the existent real options theoretical models and approaches to analyze the firms' investments of technology innovations. Finally, recommendations are given for further research.

Key words: real options; game equilibrium; technology innovation; strategic investment