

# 不确定环境下的竞争性投资： 实物期权与博弈论

Competitive Investment under Uncertainty:  
Real Options and Game Theory

吕秀梅 著

中国农业科学技术出版社

014040671

F830. 59

719

# 不确定环境下的竞争性投资： 实物期权与博弈论

Competitive Investment under Uncertainty:  
Real Options and Game Theory

吕秀梅 著



北航

C1727975

中国农业科学技术出版社

F 830.59

719

图书在版编目 (CIP) 数据

不确定环境下的竞争性投资：实物期权与博弈论 / 吕秀梅著.

—北京：中国农业科学技术出版社，2014.4

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1560 - 2

I. ①不… II. ①吕… III. ①投资环境 - 市场竞争 - 研究

IV. ①F830.59

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 046714 号

重庆工商大学博士启动项目“基于期权博弈法的异质公司决策分析”

(项目编号: 1355006)

责任编辑 闫庆健 潘月红

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106632(编辑室) (010)82109704(发行部)

(010)82109703(读者服务部)

传 真 (010) 82106625

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 10.25

字 数 243 千字

版 次 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —



## 作者简介

吕秀梅，女，1978年生，四川中江人，经济学博士，讲师。现于重庆工商大学财政金融学院工作。主要从事金融学、商业银行经营学、金融风险管理、金融理论前沿等课程的教学工作。主要研究方向是期权博弈，先后在《系统工程理论与实践》《International Journal of Strategic Property Management》《Chaos Solitons and Fractals》《Mathematical and Computer Modelling》等国内外学术期刊公开发表论文10余篇，主持各种项目研究4项，参与《金融学》《重庆金融：创新与发展》等书的编写。

在期权博弈方法里，投资机会被看作美式期权，投资者不仅可以根据外在市场环境的变化对投资策略做出灵活性调整（实物期权），而且还可以对其他竞争者的决策做出反应（博弈论），其收益是几个投资者博弈后的结果。因为在不完全竞争的环境下，公司间的投资策略会相互影响、相互制约，投资价值不仅取决于公司自己的决策，还取决于竞争对手的反应。采用期权博弈方法建立的模型，既解决了静态模型中机械管理投资项目的缺点，又涵盖了动态模型中对投资策略灵活性调整的优点，同时还考虑到了投资过程中的策略互动。所以，将期权博弈方法应用于项目投资评估与决策分析，已经成为现代金融领域关注的热点。

全文共分为七个部分，由第一章的导论、第二章的文献综述、第三章到第六章的理论分析和最后一章的总结组成。具体逻辑结构如下。

第一章：导论，主要内容包括：阐述本文研究的背景和意义，介绍研究的思路和方法。同时，指出本文的创新与不足之处，并提出可以进一步研究的内容。

第二章：文献综述，主要内容包括：梳理国内外关于期权博弈理论的研究现状，分析现有研究的不足，为本文的研究提供理论支撑。

## 摘 要

一直以来，公司金融领域的研究主要致力于为管理者寻找合适的工具，使之能对投资项目价值进行定量评估。传统的项目价值评估方法，如净现值法（Net Present Value, NPV）、内部收益率法（Internal Rate of Return, IRR）等，通常需要假设技术及环境确定不变，已经不再适用于当今社会。因为当代经济社会飞速发展，各种变化异常复杂，高度不确定性和不可预测性成了当今投资环境的主要特征。实物期权与博弈论相结合的期权博弈方法，能为公司的项目价值评估和决策分析提供更为科学的理论基础，特别适合研究环境不确定时的策略竞争投资问题。因此，本文主要采用期权博弈方法来讨论公司间的竞争投资。

在期权博弈方法里，投资机会被看作美式期权，投资者不仅可以根据外在市场环境的变化对投资策略做出灵活性调整（实物期权），而且还可以对其他竞争者的决策做出反应（博弈论），其收益是几个投资者博弈后的结果。因为在不完全竞争的环境下，公司间的投资策略会相互影响、相互制约，投资项目的价值不仅取决于公司自己的决策，还取决于竞争对手的反应。采用期权博弈方法建立的模型，既解决了静态模型中机械管理投资项目的缺点，又涵盖了动态模型中对投资策略灵活性调整的优点，同时还考虑到了投资过程中的策略互动。所以，将期权博弈方法应用于项目价值评估与决策分析，已经成为现代金融领域关注的热点。

全文共分为七个部分，由第一章的导论、第二章的文献综述、第三章到第六章的理论分析和最后一章的总结组成。具体逻辑结构如下。

第一章，导论，主要内容包括：阐述本文研究的背景和意义，介绍研究的思路和方法。同时，指出本文的创新与不足之处，并提出可以进一步研究的内容。

第二章，文献综述，主要是对现有的采用期权博弈方法分析策略投资问题的文献进行归纳整理。根据投资者的特征和数量，分别论述了对称双寡头市场、非对称双寡头市场和寡头市场的投资问题，并做出相应的总结。

第三章，不确定环境下的竞争投资理论，主要是对本文的理论进行简要阐述。首先介绍金融期权理论，包括金融期权的概念和定价。其次介绍实物期权理论，并与金融期权进行比较分析。同时，给出实物期权的定价问题，指出传统 NPV 价值与实物期权价值之间的区别与联系。最后，将实物期权与博弈论相结合，分析不确定环境下的竞争投资问题。

第四章，产品差异下的双寡头竞争投资。在产品差异的情况下，消费者对各公司产品的偏好不同，从而公司的定价优势也不同。借助市场需求和定价优势两个随机变量来反映投资过程中的不确定性，建立了一个非对称双寡头期权博弈模型研究异质公司的竞争投资问题。推导出抢占投资阈值存在的条件，并根据其存在情况分析出子博弈纳什均衡策略。同时，从两个不同的角度对需求下降反而诱发过度开发的现象进行了解释。此外，就相关参数对投资临界值的影响做了比较静态分析与敏感性分析。

第五章，产品差异下的寡头竞争投资。本章是在上一章节的模型框架下，将投资市场推广到寡头市场，分析了市场中有多个投资个体存在时各公司的竞争投资行为。分别推导出各公司的价值函数和投资临界值，并对投资临界值的性质进行了定量分析与数值模拟分析，最后得到了完美子博弈纳什均衡策略。

第六章，不确定环境下的投资时机及产量选择。本章用随机变化的市场需求来反映投资过程中的不确定性，分别在垄断市场和双寡头市场中讨论了投资者的投资时机与最优产量抉择问题。首先，在垄断市场中，推导出投资者的价值函数、投资时机和选择的最优产量，并对模型含义进行了阐述。其次，在双寡头市场中，分别推导出投资者在博弈中成为占优领导者、抢占领导者和追随者的价值函数、投资临界值和最优产量，并对相关参数作了比较静态分析。最后，将不确定环境下选择的产量与确定环境下选择的产量进行了比较，同时也将产量固定模型下的投资策略与产量可变模型下的投资策略进行了讨论。

第七章是结论与展望，主要对论文的分析及结论进行总结，并提出一些

后续研究可能进行的工作。

通过吸收和借鉴国内外学术界现有的研究成果,本文得到了一些比较有新意的观点,主要包括如下内容。

第一,传统的实物期权理论表明,当不确定性增大时,投资者会等待观望,推迟投资发生。然而,本文研究表明,如果公司的定价优势或市场需求之间呈负相关关系,公司可能在面临更大的定价优势不确定性或更大的市场需求不确定性时采取提早而非推迟投资的策略,与传统实物期权结论正好相反。

第二,市场需求与公司的定价优势之间的相关性会对投资临界值产生正的影响。也就是说,当相关性增大时,公司会选择推迟投资。而市场需求或定价优势的预期变化率也会对投资临界值产生影响,并且当参数满足一定条件时,两种预期变化率会对投资临界值产生正的影响,推迟投资发生。

第三,三种投资临界值对定价优势(或市场需求)的预期变化率、波动率、相关性参数都会有不同的反应,其中,抢占投资临界值对定价优势(或市场需求)预期变化率的变化最敏感,却对相关性参数的变化最不敏感。

第四,论文从两个角度对市场需求下降诱发过度生产这一看似不理性的行为给出了理性的解释。第一种解释,公司为了获得首发者优势,会选择在抢占投资临界点达到时再进入市场,也就是在市场需求状态较低时开始投资,供给超过了当时的市场需求,过度生产的现象发生。第二种解释,虽然市场需求下降了,但公司的定价优势在上涨,并且定价优势上涨的幅度超过了市场需求下降的幅度,所以,投资仍可以获利,过度生产现象发生,这一种解释与一篇实证论文的结论完全相同。

第五,在产品差异的寡头市场里,用期权博弈方法得到的投资临界值必定超过由净现值方法得到的 Marshallian 临界值。而且,数值模拟后发现,当投资者数量依次增加时,任意公司的投资临界值会呈现“先减少、后增加、再减少”这一循环变化趋势。

第六,在垄断市场中,投资者可以优化地选择投资时机和产量。当市场需求的波动率和预期变化率增加时,公司会在更晚的时刻生产更多的产品进入市场,这也说明公司即使考虑产量的选择,也不会改变不确定性给投资时机带来的正向影响。一般情况下,价格对产量的敏感性参数越大,产品价格



会越低。但若同时考虑该参数对最优产量和投资临界值的影响，则敏感性参数最终会与产品价格正相关。

第七，在双寡头市场中，由于两个公司选择的产量不同，领导者既可能在博弈中占优，也可能与追随者抢占市场，而这对两公司的投资临界值与最优产量会有很大影响。但是，无论是哪一种情形，各公司的投资临界值（或最优产量）都会随着不确定性的增加而增加，并且追随者的投资临界值（或最优产量）增长的幅度远远超过了领导者的临界值（或产量）增长的幅度。另外，在确定环境下，投资过程中存在首发者优势，领导者提供的产量会超过追随者产量；而在不确定环境下，投资过程中存在次发者优势，领导者产量会低于追随者产量。之所以不确定环境下的领导者获得更少收益还愿意先于竞争对手投资，是因为公司只有以更小产量竞争领导者地位才能抢占成功，从而在垄断市场里占据好的市场地位，并在双寡头市场里为消费者提供更好的设施或服务，达到进一步增加消费群体的目的，最终在投资市场中占主导地位。

第八，本文将产量固定模型与产量可变模型的投资策略进行了比较，分析后发现，当外在不确定性较小时，公司在产量可变模型里选择的投资临界值（或最优产量）会低于在产量固定模型里的投资临界值（或最优产量）；而当不确定性较大时，结论正好相反。



## Abstract

Until now, various investors all the time intend to develop useful quantitative tools to analyze the feasibility of various project investments. However, traditional investment project valuation methods, such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), cannot be effectively applied to complex investment problems due to their mechanical investment strategies and assumptions of certain technology and environments. In market-based economies, market competition can be characterized by high uncertainty and unpredictability. An option game method, which is the combination of real options and game theory and therefore provides a scientific and theoretic foundation for project assessment and investment strategies analysis, is suitable for the problem of competition and investment under uncertainty. Therefore, this dissertation attempts to develop multiple option game models to study the strategic investment problems under uncertainty.

In my models, investor can make flexible adjustments to complex investment environments allowing not only for external uncertainty but also for other competitors' investment decisions. The payoff of any firm is the result of multiple investors' competition. These option game models can overcome the shortcomings of static models and incorporate the advantage of management flexibility in dynamic models. The option game models attempt to integrate game theory into real options, because investment strategies are usually influenced and restrained mutually in competitive environments. The value of investment projects depends not only on a company's own decision-making but also on investment choices of its competitors. Therefore, the application of the option game method to the valuation of real options and the analysis of investment strategies has gradually attracted

much attention in various investment analyses.

This dissertation is composed of seven chapters, which cover a basic introduction to option game models, literature review, theoretical analyses and models, and a final summary. More details regarding these chapters are described as follows:

The first chapter provides a detailed description concerning my research background and motivation. I also address the major features of option-based models and highlight the significant contributions of this study to the relevant literature.

The second chapter carries out a review for relevant literature by summarizing the literature about strategic investment problems investigated by the real options models and game theories. These problems are usually explored by allowing for symmetric duopoly, asymmetric duopoly, and oligopoly markets.

The third chapter takes into account competitive investment problems under uncertainty. It introduces real options theory and compares real options with financial options. It also investigates the difference and similarity between the traditional NPV and the strategic NPV, so that strategic investment problems can be solved by combining real options models with game theories.

The fourth chapter looks at competitive investment choices in a duopoly, while considers product differentiation. In the environment of product differentiation, consumers' preferences for differentiated products will be different with one another, so are their pricing advantages. This chapter discusses the competitive investment problems of heterogeneous firms under both the stochastic market demand and the stochastic pricing advantage. It deduces the existence conditions of preemptive investment thresholds and finds out subgame Nash equilibrium strategies. Furthermore, it addresses reasons for recession-induced construction boom from two aspects.

The fifth chapter examines competitive investment problems in an oligopoly, under product differentiation. Based on the model framework developed in chapter four, this chapter extends the investment background from duopoly market to oligopoly market to analyze competitive investment behaviors of several firms. It de-

rives the value functions and investment thresholds of these firms firstly, and then carries out quantitative analysis and numerical simulation based on the proposed model.

The sixth chapter investigates investment timing and capacity choice problems under uncertainty. These investment problems are discussed in a monopoly context. Optimal investment timing and capacity choices are derived and their model implications are elaborated. This chapter also analyzes the value functions, investment timing and capacity choices of the dominant leader, the preemptive leader and the follower, respectively. In the end, it makes a comparison about the optimal capacities under uncertain and certain environments. Equilibrium strategies in fixed capacity model and in flexible capacity model are also considered.

Chapter seven summarizes this thesis, draws relevant conclusions, and proposes further research.

Finally, I also summarize those new ideas given by the dissertation as follows:

First, in the traditional real options theory, investors will wait and delay investment when facing greater uncertainty. However, this study shows that if a firm's pricing advantage and the market demand for its products have negative correlation, the firm could rush instead of postponing the investment when facing greater uncertainty of pricing advantage or market demand. This conclusion is supported by existing empirical findings.

Second, the higher correlation between market demand and pricing advantage will bring about a positive impact on investment thresholds. That is, larger correlation could delay an investment. When the other parameter values are kept unchanged, the rising expected change rate of market demand and pricing advantage will affect investment triggers positively, and deferred investments will happen again.

Third, three kinds of investment triggers are identified to respond differently to the correlation, the expected change rate and the volatility of pricing advantage or market demand, respectively. Preemptive triggers are most sensitive to the ex-



pected change rate and the volatility while being most insensitive to the correlation.

Fourth, the irrational phenomenon of recession induced construction boom is interpreted from two aspects in this study. On the one hand, to obtain the first-mover advantage, a firm must enter the market at its preemptive trigger, which is a low demand state corresponding to market supply, so over-production happens. On the other hand, even if the market demand declines, the pricing advantage will increase faster than the decrease of the market demand.

Fifth, in an oligopoly market with product differentiation, investment thresholds obtained by my option game theory must be higher than Marshallian thresholds by the net present value. Furthermore, by numerical simulation I find that the investment triggers of any firm will vary in a trend that decreases firstly and then increases when the number of investors increases gradually.

Sixth, in a monopoly market, a firm can be optimal to choose its investment timing and capacity. When both the volatility and the expected change rate of market demand increase, this firm will provide more goods in a later time, which shows that capacity choices cannot change the impact of uncertainty on investment triggers. In general, the more sensitivity of price to capacity, the higher price of product.

Seventh, in a duopoly market, it has a significant impact on investment thresholds and optimal capacity whether the leader is dominant in the game or not. However, in any case, an increase in uncertainty will delay this investment while increasing its size. At the same time, the investment threshold (optimal capacity) of a follower increases faster than that of a leader. Most important of all, in Stackelberg model under certain environment, the leader will choose a larger capacity than its competitor, which is contrary to the conclusion under uncertainty. The reason why the firm is prone to lead the game to obtain a lower profit can be expressed as follows. On the one hand, only the firm with a lower capacity can preempt the leadership successfully. On the other hand, the leader can occupy a better market position during the period of monopoly, and thus provide better facilities or services to increase the number of consumers during the period of duopoly.

Eighth, after comparing fixed capacity model with flexible capacity model, it is shown that investment thresholds (or optimal capacities) will be lower under flexible capacity model when there is little uncertainty, while at other times they will be lower under fixed capacity model.

第一章 导论	(1)
第一节 选题背景及意义	(1)
一、研究背景	(1)
二、选题意义	(5)
第二节 研究思路及方法	(6)
第三节 创新与不足	(7)
第四节 进一步研究的方向	(9)
第二章 期权博弈理论研究综述	(11)
第一节 研究概述	(11)
第二节 对称双寡头市场	(12)
第三节 非对称双寡头市场	(17)
第四节 寡头市场	(19)
第五节 本章小结	(24)
第三章 不确定环境下的竞争投资	(25)
第一节 金融期权	(25)
一、金融期权的概念	(25)
二、金融期权定价	(26)
第二节 实物期权	(27)
一、实物期权的概念	(28)
二、实物期权与金融期权的比较分析	(28)
三、实物期权定价	(30)
四、传统NPV方法与实物期权方法的比较分析	(32)
第三节 不确定环境下的竞争投资：实物期权与博弈论	(35)
一、竞争投资的执行问题	(36)
二、竞争投资的项目价值	(37)

## 目 录

第一章 导论	(1)
第一节 选题背景及意义	(1)
一、研究背景	(1)
二、选题意义	(5)
第二节 研究思路及方法	(6)
第三节 创新与不足	(7)
第四节 进一步研究的方向	(9)
第二章 期权博弈理论研究综述	(11)
第一节 研究概述	(11)
第二节 对称双寡头市场	(12)
第三节 非对称双寡头市场	(17)
第四节 寡头市场	(19)
第五节 本章小结	(24)
第三章 不确定环境下的竞争投资	(25)
第一节 金融期权	(25)
一、金融期权的概念	(25)
二、金融期权定价	(26)
第二节 实物期权	(27)
一、实物期权的概念	(28)
二、实物期权与金融期权的比较分析	(28)
三、实物期权定价	(30)
四、传统 NPV 方法与实物期权方法的比较分析	(32)
第三节 不确定环境下的竞争投资：实物期权与博弈论	(35)
一、竞争投资的执行问题	(36)
二、竞争投资的项目价值	(37)



第四章 产品差异下的双寡头竞争投资 .....	(39)
第一节 模型框架 .....	(39)
第二节 价值函数及投资临界值 .....	(41)
一、追随者 .....	(41)
二、领导者 .....	(44)
第三节 双寡头市场的均衡策略 .....	(48)
一、抢占投资临界值性质 .....	(48)
二、均衡策略 .....	(52)
第四节 比较静态分析与敏感性分析 .....	(57)
一、波动率分析 .....	(58)
二、预期变化率分析 .....	(61)
三、相关性参数分析 .....	(63)
第五节 本章小结 .....	(64)
第五章 产品差异下的寡头竞争投资 .....	(67)
第一节 模型建立 .....	(67)
第二节 价值函数 .....	(68)
一、最后一个投资者 .....	(69)
二、倒数第二个投资者 .....	(71)
三、任意投资者 .....	(75)
第三节 寡头市场的均衡分析 .....	(80)
一、投资临界值性质 .....	(80)
二、均衡分析 .....	(83)
第四节 本章小结 .....	(84)
第六章 不确定环境下的投资时机及产量选择 .....	(86)
第一节 模型框架 .....	(86)
第二节 垄断市场的投资问题 .....	(88)
一、垄断市场投资者的价值函数 .....	(89)
二、模型含义 .....	(91)
第三节 双寡头市场的投资问题 .....	(94)
一、追随者 .....	(95)

二、占优领导者 .....	(97)
三、抢占领导者 .....	(99)
四、比较静态分析 .....	(103)
第四节 模型比较分析 .....	(106)
一、环境确定与环境不确定 .....	(106)
二、产量固定与产量可变 .....	(108)
第五节 本章小结 .....	(111)
第七章 结论与展望 .....	(113)
第一节 结论 .....	(113)
第二节 展望 .....	(115)
参考文献 .....	(117)
附录 .....	(131)

长期以来,对公司投资项目进行价值评估的传统决策方法是折现现金流(Discounted Cash Flows, DCF)法。但是,DCF法却存在很大的问题,主要表现在如下几个方面:首先,采用DCF方法进行价值评估有一个重要的前提假设,即公司所面临的外部投资环境是确定的,内部的技术水平也是确定的,公司会按照既定模式发展,投资策略不会有大的改变。在这个假设的基础上,就可以计算出净现值(Net Present Value, NPV)、内部收益率(Internal Rate of Return, IRR)等一系列指导投资决策的指标。但是,项目投资的最大特点就是投资过程中具有很大的不确定性,这使得投资的风险与机会并存。传统的DCF方法将不确定性全部视为风险,认为不确定性越大则投资收益越小,忽略了不确定性对项目投资中潜在机会价值的影响,也忽略了许多重要的现实因素对项目价值的影响。其次,采用DCF方法进行项目评估的投资策略只有两种:现在投资或永远不投资,是一种机械而被动的决策方法,忽略了积极主动的投资者根据外部经济环境的变化灵活地把握各种投资机会对项目价值的影响。因此,传统DCF方法低估了项目价值,会导致错误的投资决策,不适合处理不确定环境下的投资决策问题。正是在这样的背景下,国外经济学家开始寻找能够更准确地评估项目真实价值的理论和方法,实物期权法(Real Options)由此产生。

# 第一章 导论

## 第一节 选题背景及意义

### 一、研究背景

长期以来,对公司投资项目进行价值评估的传统决策方法是折现现金流(Discounted Cash Flows, DCF)法,但是,DCF法却存在很大的问题,主要表现在如下几个方面:首先,采用DCF方法进行价值估价有一个重要的前提假设,即公司所面临的外部投资环境是确定的,内部的技术水平也是确定的,公司会按照既定模式发展,投资策略不会有大的改变。在这个假设的基础上,就可以计算出净现值(Net Present Value, NPV)、内部收益率(Internal Rate of Return, IRR)等一系列指导投资决策的指标。但是,项目投资的最大的特点就是投资过程中具有很大的不确定性,这使得投资的风险与机会并存。传统的DCF方法将不确定性全部视为风险,认为不确定性越大则投资收益越小,忽略了不确定性对项目投资中潜在机会价值的影响,也忽略了许多重要的现实因素对项目价值的影响。其次,采用DCF方法进行项目评估的投资策略只有两种:现在投资或永远不投资,是一种机械而被动的决策方法,忽略了积极主动的投资者根据外部经济环境的变化灵活地把握各种投资机会对项目价值的影响。因此,传统DCF方法低估了项目价值,会导致错误的投资决策,不适合处理不确定环境下的投资决策问题。正是在这样的背景下,国内外经济学家开始寻找能够更准确地评估项目真实价值的理论和方法,实物期权法(Real Options)由此产生。