

论文题目：实物期权在矿业权价值评估中的应用

专 业：产业经济学

硕 士 生：张宝娟(签名) 张宝娟

指导教师：李志学(签名) 李志学

摘 要

矿业权是指在依法有偿获得勘察许可证或采矿许可证规定的范围内勘察或开采矿产资源和获得所开采矿产品的权利,矿业权评估是从企业角度出发考虑企业投资风险收益和成本来确定矿业权的价值,是对矿业权资产某一基准时间的价格进行估算,是一种在动态化模拟矿业权市场的经济活动中对矿业权资产用货币形式进行的科学评定和估计。

矿业权价值评估的准确与否直接影响矿业权市场的交易和国家的利益,矿业投资领域的矿产品价格波动大,不确定性高,传统的折现现金流 DCF 法由于预期现金流的不准、对折现率的选取困难、且不能反映管理的灵活性而容易低估项目的价值,进而导致对项目的误评。因此,如何在不确定条件下对矿业权价值进行评估就成为一个值得研究的问题。而实物期权理论的突破点在于它建立了不确定性能创造价值的观念,它认为不确定性越大,投资者可能获得的收益也就越大,从而资产的投资价值就越大。矿业权评估的实物期权方法优于传统的 DCF 法,能克服 DCF 法的弱点,更合理地评估矿业权的价值。

本文通过详细分析矿业权的矿产资源所有权属性、矿业投资高风险性、矿产品价格的高不确定性等矿业权评估特性,及传统评价方法的缺陷,并系统地介绍了实物期权法的原理、特点,进而提出了实物期权矿业权价值评估中的应用。

关键字：矿业权评估；实物期权；贴现现金流

论文类型：应用研究

Subject : An Application Approach to Assessment of Mining Rights Based on Real Options

Speciality: industry economic

Name: Zhang Baojuan(signature) Zhang BaoJuan

Instructor: Li Zhixue (signature) Lizhixue

ABSTRACT

Mining rights and Assessment of Mining Rights mean reconnaissance or exploit mine resource and obtain the right of exploit minerals within achieve reconnaissance license or exploit license by law. Assessment of Mining Rights is confirmation the value of mine rights when consider the risk income and cost of firm investment , is estimate the price of mine right asset on certain norm time .

Whether mining rights price assessment is accurate affects directly ex-changes of mining rights and benefits of country .In mineral investments areas, the price of minerals is extremely volatile and uncertainty. The conventional Discounted Cash Flow(DCF) underestimates easily the mining projects value Because of inaccuracy of the expected cash flow and difficulty of the choice of dis-counted rates and inability in calculating the benefits of management flexibility, which leads to inappropriate appraisals of mining projects .The Real Options Val- nation(ROV) is superior to the DCF and provides a more reasonable and reliable valuation because it can overcome the flaws of the DCF.

This article analysis the property of mine resource of mining rights, extremely risk of mine investment, the extremely uncertainty of minerals price, and the limitation of tradition evaluate method, so put forward an application approach to assessment of mining rights based on real options. The theory and the characters of this method are discussed here.

Key words: mining rights assessment; real options; Discounted Cash Flow

主要符号表

S — 股票现价, 在实物期权中, 它代表项目预期现金流量的现值。

X — 期权执行价格, 在实物期权中, 它代表项目的投资成本。

T — 距离到期日的时间, 在实物期权中, 它代表距离失去投资机会的时间。

r — 无风险利率。

σ — 标准差, 在期权定价中, 它指的是标的股票价格的波动率(stock price volatility)。在实物期权中, 它代表项目价值的不确定性, 或说项目价值的波动性。

S, X, t, r 和 σ — 它们构成了 Black-Scholes(下简称 BS)期权定价模型的 5 个变量。

NPV — 净现值(net present value), NPV 方法是目前投资决策中使用最为普遍的贴现现金流量(DCF)方法之一。

$\text{Max}(A, B)$ — 表示在值 A 和 B 两者中取大者。

u — 上涨因子(up factor), 在二叉树期权定价中使用, 通常以下标形式出现, 如 S_u 表示股价相对于期初是上涨的。

d — 下跌因子(down factor), 在二叉树期权定价中使用, 通常以下标形式出现, 如 S_d , 表示股价相对于期初是下跌的。

P — 无风险概率, 在二叉树期权定价中, 指股价上升为 S_u 的概率, 实际上, 它是一个假概率(pseudo-probability), 因为我们对股价上升并没有事先做出任何概率假设。另外, P 也指欧式卖权(看跌期权)的价值。

R — 利率因子, 它有两种计算方法: 对于离散计算复利 $R = (1+r)^t$, 其中 t 为期初到期末的时间长度(单位为年), r 为年利率; 对于连续计算复利 $R = e^{rt}$ 。离散计算复利是我们比较熟悉的, 但在期权以及其它复杂衍生证券定价时, 连续复利得到广泛应用。在连续复利情况下, 数额 A 以利率 R 投资 n 年后, 将达到 Ae^{Rn} , 其中 e 是常数 2.718280。

C — 欧式买权(欧式看涨期权)的价值, 在实物项目决策中, 亦指产品单位成本。

F — 某种衍生证券的价格, 它是 S 和 t 的某一函数。

$N(x)$ — 均值为 0 标准差为 1 的标准正态分布变量的累计概率分布函数(即这个变量小于 x 的概率)。

μ — 股票价格的预期收益率(expected rate of return)。

$V, V(P)$ — 项目价值, 其中, $V(P)$ 中的 P 指产出价格。

I — 投资成本。

p — 项目的产出价格。

学位论文创新性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果；也不包含为获得西安石油大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

论文作者签名：张宝娟

日期：2005.5.18

学位论文使用授权的说明

本人完全了解西安石油大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属西安石油大学。学校享有以任何方法发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为西安石油大学。

论文作者签名：张宝娟

日期：2005.5.18

导师签名：刘志学

日期：2005.5.20

第一章 绪论

1.1 研究目的及意义

矿业投资受许多不确定性因素的影响,这些不确定性因素包括矿产品价格、生产成本、资源条件、计划服务年限以及经济环境、政策等,这使得矿业投资具有投资大、风险高、周期长等特点。而传统的 DCF 方法在短期、低风险、较低不确定性情形下有其独到之处的,但面对矿业投资额大、周期长、技术工艺复杂、风险高的投资特点,DCF 只是采取刚性的策略,经常低估投资项目的真实价值。实际上,面对复杂多变的外部环境,投资者可以根据投资状况变化,相机地采取应变措施。他可以在状况良好时扩大投资规模,也可以在状况不好时延迟投资、缩减投资规模甚至停止投资。这种经营灵活性应该具有价值,并且应该包含在投资价值之中。投资者注入第一笔资金以后,就相当于得到了享有这种经营灵活性和战略成长效益的权利。实物期权法作为一种经济评价的新方法,改变了过去人们对不确定性因素的看法,不再将不确定性因素作为消极的因素来看待,而是研究如何利用不确定性因素来获得更大的收益。它对解决风险大、投资高、不确定性高的项目的经济评价和投资决策具有一定的优势,可以比较客观真实的反映矿业权的价值,能更好的评价矿业权的价值。

1.2 研究现状

1973 年,美国芝加哥大学教授 Black 与 Scholes 在美国《政治经济学杂志》发表了一篇题为《期权定价与公司债务》的论文,同年,美国哈佛大学教授 Merton 在另一刊物《贝尔经济与管理科学杂志》发表了另一篇名为“期权的理性定价”的论文,从而奠定了期权定价模型的理论基础。由于 Black, Scholes, Merton 的开创性工作,理论界与实业界逐步将金融期权的思想和方法应用到企业经营领域,并开创了一项新的研究领域—实物期权(Real options)的理论和应用研究。

国外对实物期权方面的研究一方面集中在对企业层面实物期权的识别与构造;Myei, McGuigan, Rrcthow 认为实物期权有以下几种形式:投资选择权亦称等待投资期权、取消项目期权、终止期权、成长期权。Trigeorgis 把实物期权分为开始或扩展期权、放弃和紧缩期权、等待或减慢或加速发展期权等;Dixit 与 Pinkdyck 从企业角度出发将实物期权划分为:延期型期权、时间累积型期权、改变生产规模期权、放弃型期权、转换型期权、增长期权和交互式期权,并对它们进行了分析。另一方面集中在对于实物期权的定价方法上。在这个方面,由于实物期权的标的资产是某个项目,而项目本身不存在交易市场,因此也就不存在套利和复制的问题。可是期权定价的基础是无套利原则。这似

乎使标准的金融期权的定价模型不能用于实物期权的定价。然而 Mason 和 Merton 的理论研究表明,在与标准的 DCF 法相同的假设下,可以用推导标准的期权定价模型的方法来建立实物期权的定价模型。其后, Dixit 与 Pindyck 指出实物期权定价的理论模型同样建立在非套利均衡的基础上。其核心思想是“在确定投资机会的价值和最优投资策略时,投资者不应简单的使用主观的概率方法或效用函数,理性的投资者应寻求一种建立在市场基础之上的使项目价值最大化的方法”。按照期权定价理论,可以采用离散模型和连续模型两种方式对实物期权进行估价。采用离散模型的估价方法是利用证券市场和现金资产的组合来复制项目现金流,通过交易市场信息利用无套利均衡分析方法对项目进行估价。它的定价模型与金融期权的二项式定价模型相对应。于是可以按照构造金融期权二项式模型的同样思路,导出实物期权的二项式定价公式。采用连续方法分析就是引入随机过程 Ito(伊藤定理)对实物期权进行分析,从而导出实物期权连续定价模型。在这方面,McDonald 和 Siegel 给出了可延迟项目的评价方法与停启期权的连续定价方法;Myers 等人给出了放弃期权的连续定价模型。此外,Carr 讨论了分阶段投资期权的定价问题;Kensinger 和 Kuletilaka 研究了转换期权的定价问题。随着金融数学在金融理论中的应用,国外对于实物期权的定价模型越来越细分化。

我国对实物期权方法的应用,目前是一片空白,理论研究也只是刚刚起步。对金融期权理论研究比较多,并有一定的基础和成果。实物期权理论作为一种先进的矿业权价值评估思想和分析方法,目前在我国的应用与研究都比较少。国内理论界对其相关的研究一般处于定性的概念探讨阶段,较少涉及量化的方面,且很少探索其在我国的实际应用。在实务界由于实物期权的概念较少被人理解掌握,因此在矿业权价值评估实际问题中的应用比较少见。但是,实物期权理论由于其显而易见的优越性,它对提高矿业权价值评估准确性及投资收益有着重要作用,在矿业权价值评估有着十分阔的应用前景与重大的实用价值。因此,对实物期权理论与方法的研究具有极高的理论和现实意义。

实物期权方法在石油勘探开发、矿产资源开发、以及与不确定性密切相关的行业项目评估等方面为企业管理者提供了新的思路和指导。一定程度上,它带来了投资决策方法的革命,使人们跳出了传统思维方式。本文意在通过对实物期权进行介绍,阐述实物期权的原理和应用方式,并将其应用到矿业权价值评估中去,弥补了现在矿业权价值评估方法存在的不足。

1.3 研究方法、思路及创新点

论文将从阐述矿业权价值评估开始,具体分析矿业投资的各种特点与选择机会和灵活性的价值,论述矿业权价值评估的传统方法及其优缺点,引入实物期权思想。通过对矿业权中的期权特性进行分析以及认真研究矿业权的特性的基础上,分析了矿业投资项目与实物期权的相似性,矿业权中的期权类型,进一步建立了实物期权法在矿业权价值

评估中的应用模型。

本文采取理论研究法与实证研究法相结合的方法，在理论作基点的基础上，进一步进行实证研究。本文还运用了历史的分析方法、逻辑的分析方法以及统计的方法。

本文的创新点在于明确了实物期权评估方法和净现值不是完全不同的两个方法，实物期权不是一个完全新的决策框架，它只是对折现评估技术的一个补充。折现工具可以在适度的直线商业结构中得到运用，一个稳定的环境同时可以得到可依赖的现金流预测值。而实物期权可以运用到不确定性的商业决策中，它依赖于增加的信息。对于可延迟投资、或可扩展或放弃的投资计划实物期权法更加适用。在进行实物期权时，标准的折现工具用来计算期权的输入价值，所以不管在那种情况下折现方法都应该被最先运用。现金流贴现法与实物期权方法在思维方式上最大的不同是对待风险的态度。现金流贴现法虽然考虑了风险因素，但却回避风险。实物期权则认为风险越大，越具有投资价值。

其次，比较系统的把实物期权引入到矿业权评估中来，通过对矿业投资的特点与实物期权特性的相似性分析，对矿业权价值评估中的实物期权进行了识别，进而为实物期权方法在矿业权评估中的应用奠定了基础。

最后，通过对油气矿业权中的期权参数分析，建立了具体的应用模型。

第二章 传统矿业权评价方法的局限性

2.1 矿业权概述

矿业权是由矿产资源所有权派生出的一项权能,即赋予矿业权人对矿产资源进行勘查、开发和采矿等一系列活动的权利。所有权,是指所有人依法对自己的财产享有占有、使用、收益和处分的权利。所有权属私法范畴,按民法分类,归民法物权。矿产资源是指由地质作用形成的,具有利用价值的,呈固态、液态、气态的自然资源。矿产资源所有权,是指矿产资源所有人依法对矿产资源占有、使用、收益和处分的权利。同样,也属民法物权,受民法调整。

按照物权理论,矿业权属于他物权,即矿业权不是真正意义上的物权,但可视为物权,它是一种许可权益。

罗马法中规定,凡是对人有经济价值并能满足人所需要的东西都称为物。物权是指权利人可以直接行使对于物的权利。物权在习惯上分为主物权和从物权两种。

物权的标的物属于权利人的,称为自物权,只有所有权属于此类。所有权是物权的核心,是权利人可以直接行使于物的最完全的权利,内容包括占有、使用、收益、处分的权利和禁止他人对其所有权进行任何行为的权利。古罗马法的“优士丁尼学说汇纂”中称,所有权就是“所有人对物的最完全的支配权”,所有权具有绝对性、排他性、永续性等特性。

物权标的物是他人的,称为他物权。他物权不同于所有权,是对他人所有权直接享受的权利。物权是产权的一种。主物权包括所有权及其派生权利,所有权是主物权中最重要最完整的权利,是权利主体对自己所有的财产依法享有的物权,又称自物权,或完全物权;其他主物权则是所有权的派生权利,称他物权,亦称限制性物权、用益物权。由所有权派生的他物权主要有:收益权、使用权等。⁽¹⁾

2.1.1 矿业权概念

学术上对矿业权的概念定义不一,但大致基本上有以下几种:

(1) 认为矿业权是探矿权和采矿权的合称。它是依矿产资源国家所有权权能分离而产生的,是由矿产资源国家所有权派生出来的他物权,具有不动产权的某些法律特征,适用不动产诸法律规定的准不动产物权或认为矿业权(简称矿权),是指探采人依法在已登记的特定矿区或工作区内勘探、开采一定的矿产资源,取得矿产品,并排除他人干涉的权利⁽²⁾。

(2) 在我国矿业界,“地勘成果”的概念用得较多,也有人将“地勘成果”同矿业权等同起来。地勘成果是在取得探矿权后投入勘查工作而取得的,同时它还具有时效

性。它成为矿业权是有条件的，它不能和矿业权划等号。只有在地勘成果能用于开采或有预期收益，并获得政府特许时，该地勘成果才具备了财产权的基本要素。从获得勘查许可证开始，探矿权人就拥有了探矿权。有了成矿预期才有申请探矿权的行为，此时虽然有了矿业权，但是没有地勘成果。因此将“地勘成果”等同于矿业权是不科学的。但是，地勘成果是国家出让、赋予探矿权人的权利，它除了有优先取得采矿权的“利得”外，还应该受到知识产权的法律法规的有效保护。

(3)认为“矿权”容易被理解为矿产资源所有权，而“矿业权”又容易与矿业的产权混淆，因此，提出一个新名词“矿地产权”。指出“矿地产权”是以连成一体的矿产和矿产地为载体的财产权，是由矿产地所有权和矿产所有权共同派生出来的物权⁽³⁾。

本文认为矿业权，是指参与矿业活动各类主体所享有的与矿业活动有直接关系的权利。就我国的现行立法而言，特指公民、法人或其它组织依法取得的对特定区域内的矿产资源进行勘查、开采的权利。

不同的国家，矿业权的内容及称谓有所不同，有的不分探矿权、采矿权，只设立一种矿权；有的把矿权按阶段分为两类：探矿和采矿权；有的把探矿权分解成：非排它性探矿权、排它性探矿权加上采矿权成为三类；有的则采取四分法，在两类探矿权和采矿权之间再设置一种矿产评议权。我国一向采取的是两阶段划分法，即把矿业权分为探矿权与采矿权，我国法律未明确矿业权的概念，从《矿产资源法》的内容看，仅指探矿权和采矿权。因此，我国的矿业权亦即探矿权和采矿权的合称。⁽⁴⁾

2.1.2 矿业权的客体

我国学术界普遍认为，矿业权的客体为矿产资源。也有人认为矿业权的客体应是特定的矿区或工作区与贮存其中的矿产资源的组合体，即特定的矿区或工作区内的矿产资源。⁽⁵⁾

在探矿权场合，矿产资源可能不存在，若将探矿权的客体界定为一定的矿产资源，在不存在该特定的矿产资源时，就无法解释探矿权无客体何以照样存续。因此，本文认为矿业权中的探矿权所支配的决不是单纯矿产资源，必定有特定的矿区或工作区；在矿产资源埋藏于地下时，矿业权所支配的，首先是特定的矿区或工作区。即矿业权的客体是特定的矿区或工作区。

2.1.3 矿业权的构成

在我国，矿产资源属于国家所有，这在《宪法》、《矿产资源法》中均有明确的规定。尽管所有权包含占有、使用、收益和处分四项权能，但实际生活中，财产所有人总是通过这四项权能的不断分离和恢复，来实现其经济目的。四项权能的其中一项或几项暂时与所有人分离，所有人并不丧失所有权，而正是其行使所有权的一种形式。国家为了有

效地行使其对矿产资源的所有权，通过四项权能的不同组合，从所有权中设定、派生出了与矿产资源所有权相对独立的其他权利形态。在我国，这些权利形态称为矿业权即探矿权和采矿权。

a. 探矿权。探矿权是指取得探矿资格的非矿产资源所有权人经矿产资源所有权人同意在特定的区块和矿区勘探矿产资源以获得地质资料的权利。探矿权不同于探矿资格。探矿资格是一种特殊的民事权利能力，其产生的根据是国家的法律规定或许可。现代法律一般规定探矿资格应经政府许可而取得。如果具有探矿资格的人欲对他人所有的矿产资源进行勘探，该人尚需得到矿产资源所有人的许可，取得探矿权。就两者的关系而言，取得探矿资格是取得探矿权的前提，取得探矿权是对探矿资格的运用。在矿产资源土地所有制下，民事主体首先被国家赋予探矿资格，然后再从另一民事主体处取得对某一具体矿区的探矿权。在矿产资源所有制度下，由于国家既是社会生活管理者，又是资源所有人，因此国家既可以先授予民事主体以探矿资格，然后再根据该民事主体的申请授予探矿权，也可以在授予民事主体探矿资格的同时授予探矿权，而不要求探矿人就某一区块提出个别申请，或仅要求探矿人对其勘探区块进行登记。国家既行使了社会生活管理者的权力，也行使了资源所有人的权利。虽然国家可以同时行使这两种职能，但在理论上，我们仍应对它们做出区分。

探矿权在性质上为用益物权。从主体上看，探矿权的主体是非矿产资源所有权人。矿产资源所有权人有权勘探其矿产资源，但一般不将这一权利称为探矿权，因为它仅是所有权的内容之一，不具有独立性。从客体上看，探矿权的客体是一定区块的地壳之中的矿产资源。探矿权的客体不包括特定矿区内的地下土壤。即使在探矿中利用了该矿区的土壤，这只是对其土地使用权的运用。从内容上看，探矿权是以勘探的方式对矿产资源之有无、种类、多少、优劣进行考察的权利。此权利的行使以取得地质资料为目的，以考察研究为其方式，虽然可能消耗一定数量的矿产资源（如提取标本），但不以消耗客体为主要方式或目的。综上所述，我们可以得出探矿权是他物权中的用益物权。用益物权，就是指权利人对他人所有物所享有的以使用收益为目的的物权。

b. 采矿权。采矿权是指取得采矿资格的非矿产资源所有权人经矿产资源所有权人同意在特定的区块和矿区采取矿物及其它伴生矿的权利。

采矿权是物权，采矿权直接支配特定矿区内的矿产资源及相关地下部分并排除他人干涉之权，具有排他效力、优先效力和追及效力。

采矿权不是用益物权，因为矿产资源具有不可再生性，采矿权的行使过程就是绝对消耗矿产资源的过程，是对客体的处分，而非对客体的利用。因此从性质上看，采矿权不是用益物权。

将采矿权定性为特殊物权的观点较为可取。若以物权客体为标准进行分类，可将物权分为动产物权、不动产物权、地役权、权利物权及特殊物权。采矿权的客体既不是物，也不是权利，而是获取一定的物，因此，称之为特殊物权。

由于矿产资源具有隐蔽的自然属性，采矿活动必然要建立在探矿工作的基础上，而探矿是寻找评价矿产资源，采矿是开采利用矿产资源，反映在探矿权采矿权上，它们既有联系又有区别。

从联系角度看：第一，主体方面。在我国，一般情况下，探矿权主体与采矿权主体是分离的。探矿权人有优先取得采矿权的权利。在特殊情况下，如发现符合国家边采边探规定要求的复杂类型矿床，在边采边探情况下，其主体合二为一。第二，权属性质方面。探矿权、采矿权均是从矿产资源所有权中派生出来的一种权利，其内容均是对矿产资源的利用和收益，它们同属矿业权范畴，均是一种物权、他物权、用益物权、不动产权。其取得、变更、终止、转让均须遵循严格的登记程序。第三，权利的获得，均可以通过招标投标方式有偿取得。

从区别角度看：第一，主体方面。勘查出资人为探矿权申请人，经批准并办理有关手续成为探矿权人，而采矿权的主体必须符合一定的资质条件才能成为采矿权人，且开采特殊的矿种(石油、天然气)必须是特定的公司或企业法人。第二，权利的行使。探矿权的行使不会影响矿产资源所有权客体的变化，无须向国家缴纳资源税和矿产资源补偿费，而随着采矿权的行使，矿产资源所有权客体的数量在不断的减少直至消失，需要缴纳矿产资源补偿费和资源税。第三，权利行使的效果。探矿权人行使探矿权的效果是获得地质勘查报告，它属于无形财产，是一种智力成果。采矿权人行使采矿权的效果则是获得矿产品，它属于有形财产，是实物商品。第四，探矿权人的勘查工作区范围。据不同的矿种有不同的最大范围规定，采矿权人无最大矿区范围的限制。

2.2 矿业权的特征

2.2.1 矿业权的资源运用特征

从资源运用的角度分析矿业权的特征，矿业权就是矿产资源的使用权、收入权和转让权等权力。使用权就是对矿产资源使用的完全支配权，是决定矿产资源是用还是不用、何时使用、以什么方式使用的权力。收入权就是拥有自由应用矿产资源带来的权利收益。转让权就是对矿产资源的处置权利。在矿业权的使用权、收入权和转让权中，转让权最重要；转让权是矿业权的一种运动，转让权的实现可提高矿产资源的经济价值，提高矿产资源所有者的权益；转让权的形成和繁荣，就是矿业权二级市场的形成和繁荣。

2.2.2 矿业权的商品特征

矿业权具有商品属性，是一种特殊商品。矿业权作为一种特殊商品，与其它商品相比，其特点主要是矿山生产有确定的寿命期限，矿产资源信息的不确定性，矿产资源价值评估的预测性和动态性，矿产资源开发的多方案性。投资风险高、依附于矿产资源实

体、缺少可比性和受技术经济条件制约。

矿业权投资风险高是由于矿产资源的赋存条件复杂和成矿作用复杂所决定的。开发利用矿产资源前期投入大，开发利用投资风险高。

矿业权依附于矿产资源实体而存在，是一种非长久和非永久的财产权。由于已发现的矿产资源是有限的，开采后不能再生，随着矿产资源开采完毕，矿业权也随之灭失。

矿业权缺少可比性，即使是相同矿种或同一地区的矿种的矿业权也缺少可比性。矿产资源的赋存的空间、赋存状态、产状组分形态特征和地区分布都是很不均匀的，矿业权的价值受矿产品市场影响，所以矿业权之间的可比性差。

矿权受技术经济条件制约是指矿业权的设置受技术经济条件的制约，矿业权的设置不是固定不变的，而是变化发展的。随着技术经济条件的发展，人类利用矿产资源的新发现和水平的提高，矿权的设置不是一成不变的。

2.2.3 矿业权的物权法律特征

(1)矿业权是矿产资源所有权中分离出来的一种权能。我国矿产资源所有权就是国家依法对矿产资源享有占有收益和处分的权利，矿业权是国家为了获得所有者的收益而从矿产资源所有权中分离出来而设置的一种权能。

(2)矿业权是一种他物权、限制物权和用益物权。矿业权是矿产资源所有权分离出来的权能、收益权能和依法占有权能，以矿产资源的利用并获取收益为目的。矿业权的依法取得就意味着矿业权人依法在一定时空范围内实际支配和控制了矿产资源，即矿业权具有矿产资源的占有权能的性质，是一种不完全的有限的占有。矿业权的依法取得，使国家暂时或长期失去部分或全部所有权职能。矿业权人不能改变矿产资源的国家所有权，但矿业权人可依法转让矿业权，由此可见矿业权是一种他物权、限制物权和用益物权。

(3)矿业权是财产权。矿业权人依法对其矿业权享有占有、使用、收益和处分权。在矿业权的初始状态，即矿业权与矿产资源所有权没分离状态，矿业权归国家所有，国家享有所有者的全部权能。当矿业权与矿产资源所有权相分离后，矿业权不仅有财产权属性，而且有资产属性的商品属性。

2.3 矿业权价值评估

矿业权价值的评估既可以理解为对矿产资源实物资产的价值评估，又可以理解为对矿业权的市场价格的评估。

矿产资源实物资产价值的评估是指对地下可开采资源经济性评价，包括矿体的圈定，品位/吨位的计算、储量的估算等。

矿业权的市场价格评估是评估者根据所掌握的矿产地信息和市场信息，并且对现在

及未来市场进行多因素分析,在此基础上运用科学的方法,依据法定标准及程序对矿业权的现时价格进行评定和估算的过程。在这一过程中矿业权评估服务于对矿业权的经营活动,即矿业权的交易及其获利能力的确定,矿业权的交易包括矿业权的出让、出售、合作、出租、抵押、融资等,获利能力则集中反映了矿业权未来的投资使用效果,即未来的收益水平。此过程中矿业权充分考虑的因素是市场信息,包括矿产品市场、矿业资本市场、股票市场、矿业权市场等方面的供求状况。实质上是对矿产资源资产使用权的评定和估算,即经营权权益的本金化。但这种评估不能脱离矿产资源资产实体而存在,而是要结合对资源资产的质量、数量、市场供求关系、矿产品价格、资源政策等各种因素进行评估。

本文中的矿业权价值评估指的就是对矿业权市场价格的评估。

2.3.1 矿业权价值的构成

矿业权转让前的全部投入价值就是矿业权的价值,它体现了矿业权受让人为取得矿业权所支付的费用,也就是对前期投入价值的补偿。这可以作为矿业权以招标方式转让时的底价,或作为买卖双方协议价的基础。根据矿业权评估的理论,矿业权的价值,包括地勘劳动的转移价值,也包括矿产资源自然力和稀缺性所决定的价值。矿业权价值分为矿产资资产性资产(实物性资产)和地勘成果资产价值。在不同阶段其价值确定体现不尽相同。

a. 探矿权价值。对于矿产勘查程度低,相当于区调、预查阶段的工作地区;由于未发现经济价值的矿产资源,仅仅是资源勘查业的半成品或在产产品,其探矿权价值,可以利用地勘实际投入为基础,考虑适当合理的投资回报率和风险程度加以确定,也可以利用类似地区单位面积矿产资源净值的基础上,考虑合理的利润分配系数加以确定。

b. 采矿权价值。采矿权价值评估,适用于详查、勘探或矿山生产阶段,具有已探明矿产储量的矿区,其价值构成包括以下三部分。采矿权价值=矿产资源实物性价值+地勘成果无形资产价值+其它前期投入价值。矿产资源实物性资产价值就是矿山地租,它由级差地租、绝对地租组成。它不受具体个别矿床的地质条件、采矿技术装备和管理水平因素的影响,而取决于不同类型矿产资源的平均开采标准费用和标准价格。其它前期投入,包括矿产资源耗竭补偿费和复垦费、生态环境治理费和破坏补偿费等再生产费用。需要说明的是,国家征收的各种税费(包括采矿权使用费),对所有者而言,因其本身就属于资源价值的一部分,故不必作为成本扣除;对矿山企业(转让者)而言,增加在转让价值之中。

2.3.2 矿业权价值评估的实质

矿业权评估是一种对矿业权内在或潜在价值(表现为交换价值的使用价值,即市场价

值)的判断,它是评估人根据所掌握的矿产地信息和市场信息,并且对现在或未来市场进行多因素分析,在此基础上对矿业权具有的市场价值量所进行的估算。

矿业权评估实质上是一种对矿业权内在或潜在市场价值的判断和估算。矿业权评估的假设前提、规则、原理和方法较一般资产都有自己的特殊性。

(1)矿业权评估的是矿产资源的权益价值,不同于一般性资产评估,具有其特殊性。因为矿业权是由矿产资源所有权派生出来的,它的存在必须依附特定的矿产资源实体。因此矿业权的价值确定离不开矿产资源实物资产的价值,而矿产资源实物资产的价值又与特定的矿床地质特征密切相关。所以要进行矿业权价值评估,必须首先了解矿业权所依托的矿区区域地质特征、矿床地质特征、矿体、矿石及其矿物组分特征等。它是对矿产资源资产使用权(无形资产)的估算和评定,即经营权权益的本金化。

(2)矿业权评估过程中,不同的评估目的,不同的勘查阶段,评估内容各不相同。对国家一级出让市场而言,需要确定市场公平交换指导价格,目的是保护国家及交易双方利益,可作为编制招标标底价格;对于采矿企业间二级转让市场而言,包括受让企业买入最高价格的评估,是买方买进矿业权的最高价格,超过此价格后,矿山企业进一步经营的产品将无利可图,是一种极限价格。而针对转让企业而言,需要评估卖出最低价格,是企业保护自身利益,考虑自身投入及保值增值为目的的价格,低于此价格转让矿业权,就会亏本;对于国有勘查企业间的二级转让市场而言,可评估其内部核算价格,即直接勘查投入不包括利润与风险的实际成本,也可以评估勘查企业的入股合资价格,即劳动投入的基础上考虑合理的利润。在矿产资源勘查、开采的不同阶段,矿业权价值评估的内容也不相同。在地质调查、普查、详查阶段只评估探矿权价值;在勘探阶段,变更探矿权只评估探矿权价值,出让、转让采矿权既要评估探矿权,又要评估采矿权价值,即评估矿产资源整体资产;矿山企业生产阶段,变更采矿权人,只评估采矿权价值。不同的评估内容往往要求不同的评估方法。

(3)矿产资源是国有资产的重要组成部分,无论使用权如何转让,矿产资源资产的所有权始终属于国家。在进行评估时,必须维护国家作为所有者的财产权益;同时,矿业权评估还应体现矿业权所有者(矿主)和经营者(业主)之间利益分配的公正性。

2.3.3 矿业权价值评估的传统方法

矿业权依附于矿产资源实体,因此矿业权的价值必须是在矿产资源价值的基础上确定,通过对矿业权所依存的矿床地质特征、矿体、矿石及其矿物组成特征等系统分析的基础上进行评估方法的选择及各种参数的确定。并且,同一矿产资源,由于勘查、开采的不同阶段,矿业权评估的内容不同,所选择的评估方法也不相同。常用的有收益法、简易收益法、重置成本法、地质要素评序法,目前应用最广泛的评估方法是贴现现金流量法,因此本文重点介绍贴现现金流量法。

贴现现金流量法 (DCF)。本方法通过预测矿业权被实施后各年的现金收支 (现金流入和现金流出), 计算净现金流量, 经贴现后求出现值之和作为矿业权价值。其计算公式为:

$$NPV = \sum_{i=1}^n [(CI - CO)_i - W_{bi}](1+r)^{-i} \quad (2-1)$$

式中:

NPV—矿业权评估价值;

CI—现金流入量;

CO—现金流出量;

W_{bi} —社会平均利润($W_{bi}=E P_i \cdot \delta$, 其中, δ 为社会销售收入平均利润率);

r—贴现率;

n—计算年限($i=1, 2, 3, \dots, n$)。

本方法的应用程序为: (1) 确定评估基准日; (2) 核实矿产储量; (3) 确定生产规模和生产年限; (4) 确定合理的评估参数; (5) 确定贴现率; (6) 固定资产投资计算; (7) 流动资金计算; (8) 销售收入计算; (9) 固定资产折旧计算; (10) 生产成本计算; (11) 税费计算; (12) 矿业权价值计算。

贴现现金流量法应用中, 关键在于 3 个重要步骤和 1 个参数。3 个重要步骤即: ① 核实储量, 计算可采储量; ② 合理确定假设条件, 拟定开发方案; ③ 建立财务模型, 列出现金流量表。1 个参数即贴现率。现金流量表的基本内容是: 现金流入量=销售收入+固定资产残(余)值回收+流动资金回收; 现金流出量=固定资产投资(含新增投资)+流动资金+经营成本+销售税金及附加+所得税; 净现金流量=现金流入量-现金流出量。特别注意现金流量只计算现金收支, 不计算非现金收支(如折旧、维简费、摊销费等); 只考虑现金, 不考虑借款利息。本方法应用还需注意现金流量表时间轴的设置。地质详查、勘探阶段的探矿权, 其地质工作程度达不到开采的要求, 评估基准日后仍需一定的地质工作期限进行地勘投入, 因此时间轴上应设置有地质勘查期、建设期、试产期和正常生产期。而完成勘探工作的探矿权和拟建或在建矿山, 其现金流量表表式时间轴上只设置建设期、试产期和正常生产期。

2.3.4 传统经济评价法的局限性

贴现现金流量法的最大优势在于其考虑了资金的时间价值, 动态地反映了矿业项目投资的经济价值, 且也考虑到了不确定性因素的存在对项目投资的影响, 并采取了相应的补救措施⁽⁶⁾。

但是其本身却存在致命的本质缺陷, 主要是由于其理论方法的假设与实际情况的差异⁽⁷⁾。

贴现现金流量法在对矿业权价值进行评价时其内涵的假设条件为：

(1)矿业投资可逆。

(2)净现值都是从现在时点开始计算，不存在项目延迟。

(3)默认投资机会不受竞争者行为的影响。

(4)在整个计划过程中，不存在投资的灵活性，不存在其他不可知，不可衡量因素对投资计划产生影响。

但现实生活中的投资决策特别是现阶段的投资决策往往不具备这些前提条件，实物投资界面临的新特点动摇了净现值评估方法(NPV)的基础。在实际投资中，投资具有新的特点，归纳起来，主要存在以下几个方面：

(1)或有投资。是否进行投资并不确定，矿业权人拥有一些权利，他们可以根据条件的发展制订不同决策。假如情况向好的方向发展，就做出实施的决策。如果向不好的方向发展将做出放弃的决策。这就意味着投资收益是非线性的。投资的或有性使其具有期权的特性。

(2)投资项目在时点上的可选择性。即投资时间是可以推迟的⁽⁸⁾，在一段时间内投资机会不会丧失。这个特点赋予了矿业权人更大的主动性，它使矿业权人在投入资金之前可以更进一步的了解投资所处的环境，获得更多的有关于产品价格、成本以及市场竞争情况、技术更新情况等多方面的信息，使得决策更具有依据。

(3)投资的不可逆性。所谓投资不可逆性是指当环境发生变化时，投资所形成的资产不可能在不遭受任何损失的情况下变现。资产专有性是造成投资不可逆的重要原因之一⁽⁹⁾。因为资本所形成的资产都存在一定程度的专有性，而专有性资产在二级市场上的流动性较差。即矿业资产很难为其他企业或行业使用，投资后很难收回而变为沉没成本。

(4)投资期限较长、不确定性大、变动程度高；矿业投资项目可以划分为几个相互联系的阶段，各阶段的投资规模将可以视情况而改变。

面对这些新特点 DCF 法评价投资价值基础假设面临着严重的挑战：

1. NPV 难于找到一个合适的折现率。由于客观世界的风险和事物发展不确定性的存在，再加上不同的投资者对风险的偏好不同，人为确定贴现率(预期回报率)有着很大的主观性，其预期回报率的期望值亦不同。因此，实现对投资项目现金流量的精确预测是极为困难的。而且，计算投资净现值所使用的贴现率反映的是投资机会成本或系统风险的大小，然而随着项目的实施与发展，贴现率的大小会因投资方案的调整变化而改变，从而改变投资项目的净现值。因此，使用固定贴现率和预先估计的现金流量计算得出的净现值很难客观真实地反映项目价值。

2. NPV 法假定投资是可逆的或不可推迟的。

这一假定与事实往往不符。在大多数情况下投资具有不可逆性和可推迟性。传统 DCF 方法隐含投资过程是可逆的，这将导致资本投资积累发生系统偏差。所谓的投资可逆性是指这样的情况：人们购买某项资产，此后他可以不发生额外成本将该项资产出

售收回投资。投资的不可逆性是指投资形成的各种有形或无形资产没有完全变现的可能性，总会产生一定的沉没成本。对一般投资项目，一旦项目投资之后，很少有哪家公司能够确定可以不花费任何代价将投资收回。对此在实践中可能产生两种相反情况：一是漠视项目未来的不确定性而盲目乐观投资，二是因缺乏远见而丧失投资机会。NPV 法刚性的“now or never”方式(即要么立刻进行投资，要么永远放弃投资)，却不能反映存在于大多数投资项目之中的或多或少的可推迟性。这两种情况都会严重影响企业的未来发展。项目不可逆性显然会影响项目的经济价值，对于不可逆的投资项目，一旦投资之后，投资成本就成了沉没成本，未来经济状况发生变化时，投资者就失去了选择权，这种选择权的价值就是项目的机会成本，因此利用 DCF 计算项目的经济价值时，必须考虑这种因投资而丧失的机会价值。

3. NPV 法忽视了决策者的经营柔性对投资项目价值的影响。NPV 法从静态的角度考虑问题，只能使管理人员被动地接受投资前所拟定的投资方案，忽视了人的主观能动性。而积极主动的管理能够更好地适应不确定情形下风险逐渐暴露的特性，能够及时根据变化的环境条件随机应变，能够统筹全局，把握全局性、战略性的价值，从而使企业获取最大收益并避免损失。这种根据不确定性因素随时改变投资行为的灵活性就是经营柔性。经营柔性的存在会极大改变投资项目的价值。

第三章 矿业权中的期权特征

3.1 期权概述

期权(Options)是这样的一种权利,其持有人在规定的时间内(expiration date)内有权利但不负有义务按约定的价格(exercise price, strike price)买或卖一定数量的标的资产。

期权价格(option price): 期权是一种纯粹的权利,它不负有相应的义务。这种权利的市场价值被称为期权价格(option price)。它也是期权多头持有方在期权交易中的最大可能损失额。期权价格指期权的市场价值,它是期权买方为了获得权利而所需支付的费用,因此也称作期权费。期权价格是由时间价值和内在价值构成。其中,内在价值为期权价格中溢价的部分,而时间价值则是期权价格中超出内在价值的部分。通常距到期日越远,时间价值越大。以 S 代表期权的标的资产的市场价格, X 代表期权和约所规定的约定价格,对于多头买权来说,当 $S > X$ 时,期权的内在价值为 $S - X > 0$ 。当 $S < X$ 时,期权的内在价值为零。用公式表示为:

$$V = \text{Max}(0, S - X) \quad (3-1)$$

相应的,空头买权的内在价值为:

$$V = \text{Min}(0, X - S) \quad (3-2)$$

当 $S < X$ 时,期权的内在价值为 $X - S > 0$ 用公式表示为:

$$V = \text{Max}(0, X - S) \quad (3-3)$$

相应的,空头卖权的内在价值为:

$$V = \text{Min}(0, S - X) \quad (3-4)$$

到期日(expiration date): 到期日是指期权买方有权履约的最后一天。如果期权买方在到期日还不做对冲交易,则他要么在规定的时间内执行期权,要么放弃期权。

执行价格(exercise price): 又称敲定价格(strike price)或履约价格,是指期权和约所规定的,期权买方在行使权利时所实际执行的价格。

3.1.1. 期权基本知识

a. 期权的类型。(1)期权从买方的权利来划分主要有两种:看涨期权和看跌期权⁽¹⁰⁾。

看涨期权,即在到期日或到期日之前按照履约价格买进标的物(商品、股票、指数或获得期货和约多头部位等)的权利。看涨期权又称买权、买入选择权、认购期权、延买期权、买方期权等,有的称涨权。

看跌期权,即在到期日或到期日之前按照履约价格卖出标的物(商品、股票、指数或获得期货和约多头部位等)的权利。看跌期权又称卖权、卖出选择权、认售期权、延卖期权、卖方期权等,有的称跌权。

(2) 按照标的资产类型的不同, 期权可分为股票期权、利率期权、货币期权、黄金期权、商品期权、期货期权等。如股票期权的标的资产为股票。

(3) 按到期日的不同可分为美式期权和欧式期权(American Option&European Option) 美式期权持有者可以在合同规定的到期日之前任何一天行使权利, 而欧式期权持有者只能在合同的到期日那天行使权利。

(4) 期权按履约价格与标的物市价的关系划分, 可分为实值期权(in the money)、平值期权(at the money)、虚值期权(out of the money)。

实值期权: 买方立即执行权利就可获利的期权。或指看涨期权(看跌期权)的履约价格低于(高于)标的物价格的情况。

平值期权: 买方立即执行权利不盈不亏的期权。或指看涨期权(看跌期权)的履约价格等于或近似于标的物价格的情况。

虚值期权: 买方立即执行权利就可获利的期权。或指看涨期权(看跌期权)的履约价格高于(低于)标的物价格的情况。如表所示

表 3-1 实值、平值、虚值期权

	买 权	卖 权
实值期权	履约价格 $X <$ 标的物价格 S	履约价格 $X >$ 标的物价格 S
平值期权	履约价格 $X =$ 标的物价格 S	履约价格 $X =$ 标的物价格 S
虚值期权	履约价格 $X >$ 标的物价格 S	履约价格 $X <$ 标的物价格 S

b. 期权的思想与方法。期权的思想归纳为以下三点:

(1) 期权中蕴涵的权利和义务不对称。拥有期权者的义务是支付期权费, 之后获得一个选择权, 既可以在有利的条件下实施约定的行为(行使权利), 也可以当条件不利时不实施约定的行为(放弃权利)。卖出期权者则相反。

(2) 期权的成本(风险)与收益不对称。投资者只需要付出一定成本(期权费)就可以获得期权, 当条件不利时, 不执行权利, 收益为零, 只损失购买期权的成本, 当条件有利时, 行使权利, 获得差价收益(总收入-购买成本)。因此不管情况如何变化, 至多损失购买期权的费用, 成本是固定的, 而收益则是不固定的, 可能为零, 也可能很大。

(3) 期权是有价值的, 因此创造、识别和利用期权将在降低投资风险的同时给投资者带来更高的收益。付出一定成本获得期权后, 未来的不确定性是期权价值的源泉, 不确定性越大, 期权的价值越大。因为损失是固定的, 但收益可能非常大。

c. 期权的作用。一是保险; 买者可以以一个可能性很大的小损失换取一个可能性很小的大收入, 卖者可以以一个可能性很大的小收益换取一个可能性很大的小损失; 二是转移风险; 期权购买者有利则履约, 无利则不履约。期权卖者以权利金弥补接受履约的损失, 若不需接受履约, 则净赚期权费。期权是对标的物的买权或卖权, 期权交易是对标的物的买权或卖权进行竞价。期权并不直接代表其标的物, 所以其定价和估值不能直

接依据其标的物的价格和价值。期权有时间价值和内涵价值。“有权不用，过期作废”，是指权利的时间价值。有效期时间越长，权利的时间价值越大。“谁的官大，就听谁的”，是指权利的内涵价值。“官位”（标的物价格）越高，权利的内涵价值越大。从“官位”看，期权的内涵价值与其标的物价格和价值是相关的，但为非线形相关。而时间价值既与有效期时间的长短有关，也与在有效期内竞争状况和获利时机的把握有关。

3.1.2 实物期权的概念

实物期权最早记载可追溯到亚里士多德(Aristotle)的著作中。亚里士多德在他的《政治学》第一册中，就把期权描述为“一种有广泛应用的财务设备”。他有讲了小亚细亚一位大智的哲学家泰利斯(Thales)的故事^[1]。泰利斯在某个冬夜观看星象，预见下个秋季的橄榄收成会比往年好很多。于是在橄榄收获的前半年，用很少的钱与一些拥有橄榄榨油机的老板作交易，他以普通的利率购买租用这些榨油机的权利。当橄榄丰收时刻到来时，种植者们对榨油机的需求剧增，他就以高于市场利率的价格将榨油机租给种植者们，而他给榨油机的主人则只付给原来约定价格的钱，泰利斯从中获得利差大赚其钱。在这个故事中，泰利斯购买租用榨油机的权利，但不是责任与义务(他购买了一个买权，买或租的权利，相对应的则是卖权，即出售的权利)。如果橄榄收成很差，他将选择放弃租用榨油机，他损失的仅是原来很小的投资，即期权的费用。这是一个古老而典型的实物期权例子。

从中我们可以给出实物期权的概念：实物期权是在预定的时间(期权的有效期)内，以预定的成本(称为执行价格)采取行动(如延迟、扩展、收缩、放弃等)的权力，而非义务。”

实物期权的标的物(基本资产)一般是某实物资产的价值。而实物期权赋予的权利也往往是某项投资或管理的选择权。拥有实物期权，其持有者就可以在一定期限内根据基本资产的价值变动，灵活选择投资方案或管理活动。随着实物期权的发展，其内容和表现形式越来越多样，结构也越来越复杂。

3.1.3 实物期权的分类

投资项目所包含的实物期权体现的是决策管理人员拥有的投资机会和经营灵活性，灵活性是指投资项目对环境变化的适应能力，投资者是指在未来变化中抢得先机的能力。灵活性越强，投资者在将来某一情况下获得额外回报、控制损失的能力就越强。灵活性构成了投资项目中的实物期权，从这一角度分析投资项目会得到一个全新的视野。因此在运用实物期权理论进行一个具体的投资项目分析之前，首先要分清它所包含的实物期权的种类：

- a. 等待期权(Waiting-to-Investment)，也可以成为推迟投资的期权。

在不可逆、不确定以及信息随时间逐步到来的条件下，如果暂时推迟决策不会导致投资机会的丧失，项目的持有者有权推迟对项目的投资，从而获取更多的信息或技能，以解决项目所面临的一些不确定性，此时等待是有价值的。当产品的价格波动幅度较大或投资权的持续时间较长时，推迟期权的价值较大，较早投资意味着失去了等待的权利。

投资者总是根据投资项目的价值最大化来确定最优投资，而与投资项目有关的信息是随时间逐步出现。因此，投资者只有等到当投资项目执行预期获得的收益超过失去的期权价值时，期权才会被执行。

当产品的价格波动幅度较大或投资权的持续时间较长时，推迟投资期权的价值会比较大，在投资时应加以考虑。如果此时投资者较早地进行一项投资，意味着放弃了进一步等待获得相关信息的权利，在评估投资项目时就需将放弃的推迟投资期权的价值作为立刻进行投资的附加机会成本加以考虑，对投资项目价值做出相应调整。

等待期权相当于一个买权，它赋予投资者在一段时间内进行投资的权力。

b. 增长期权。指一个项目的实施可以为企业今后的发展创造更广阔的空间和更多的发展机会。投资者初始投资后，在以后的时间内可以为未来的发展提供一些新的投资机会，使企业有机会抓住机遇取得成长选择权。

投资者的初期投资如对研发或实验性项目的投资、对未开发土地或有潜在石油储备土地的租赁等投资，本身难以用项目所形成的净现金流进行评价，甚至有可能得到负的净现值。此时投资者对项目进行投资时要考虑其对企业发展的战略贡献，即投资者可以通过对这些项目的投资拥有管理资源、技术知识、信誉、市场地位和规模等方面的优势，从而相对于不具备该类资源优势的其它企业来说能在以后的发展中高效地进行投资，即企业能够持有着眼于未来发展的投资机会，构成了以未来投资项目为标的资产的期权，而这些期权就是成长期权。成长期权相当于一个对后续投资机会的买权，如果未来的情况对企业有利，则进一步投资，尽可能获得最大收益；若环境发展对企业不利时，企业可以选择放弃进一步投资。成长期权反映的是投资项目具有的战略价值。

c. 放弃期权。放弃期权是指在外部条件对投资者不利是时，投资者拥有放弃项目以获取项目残值的选择权。如果项目的收益不足以弥补投入的成本或市场条件变坏，通过执行退出期权永久地放弃该项目以收回它的残值，而不必继续承受固定成本。

在现实的投资中，投资并不是作为一次性的预先支出。企业可以在项目建设过程中或寿命期内，根据项目实际运行效果，在经营不利的情况下，决定完全放弃此投资项目，将项目资产变卖或转向其它有价值的投资项目。如果将资产变卖，通用资产要比专用资产具有更高的残值和退出期权价值，流动性大的资产要比流动性小的资产具有更高的残值和退出期权价值。企业有限的资金被占用在应该放弃的项目之上，必然会妨碍企业及时进入更有吸引力的领域，对企业的发展产生不利影响，而如果企业能够及时执行放弃期权，就会避免更大损失。放弃期权使企业对投资项目的失败有了一定的保险能力。放弃期权相当于对项目资产的卖权。

d. 改变运营规模期权。改变运营规模期权指的是投资者根据投资项目实际运行情况扩大或缩小投资规模的能力。管理者希望企业保持一定的灵活性，在市场状况变得比预期好的时候，可以扩大生产规模；而在市场状况不如预期时，能够缩小生产规模。改变运营规模期权分为扩张期权和收缩期权，扩张期权是对追加投资的买权，收缩期权是对节约投资的卖权。

(1)扩张投资期权 项目的持有者有权在未来的时间内增加项目的投资规模。即如果项目投资效果好，则投资者有权扩张投资项目的投资规模。对企业来说，扩张期权能够使公司获得一些未来的增长机会。当企业投入资金进行新项目的研发，就使得公司具有了未来的扩张期权，而这些期权只有当将来市场发展有利时才会被执行

(2)收缩投资期权 收缩投资权是与上述扩张投资权相对应的实物期权，即项目的持有者有权在未来的时间内减少项目的投资规模。如果项目投资效果不好，则投资者有权收缩投资规模。

e. 转换期权。转换期权指企业可以根据外部环境的变化改变投入要素或出产产品的能力。由于市场的瞬息万变，如果一个项目只能使用特定的原材料，生产特定的产品，当原材料无法继续供应或原产品需求减少时，企业很容易陷入经营困境，那么如果企业拥有转换期权他可以通过用一种较廉价的原材料来代替另外一种价格已经上涨的原材料，或者在现有制造设备的基础上转换生产一种更加受市场欢迎的产品，则可以改变企业的盈利状况。转换期权可以使企业更加灵活地适应市场和竞争环境的变化。。如果一个投资项目在初期就考虑了可以使用多种原材料，可以生产多种产品，那么当市场发生变化时就可以转换使用的原材料或生产符合市场需要的产品。企业的这种改变投入要素或出产产品的灵活性可以使其更具竞争优势，尤其是在一些要求产品的更新速度极快，如汽车制造业、玩具生产业与家电生产业等特定行业，转换期权的价值更大。

f. 分阶段投资期权。分阶段投资期权是指将投资分为若干个相互联系的阶段分期进行，前一阶段的投资对后一阶段的投资有直接的影响。在投资决策实践中投资者常常采取将投资分为若干个阶段完成，每一阶段取决于前一阶段的执行结果，同时也是前一决策的继续。企业进行分阶段投资是为了在投资项目的风险和不确定性较大时避免一次性投资可能遭受的较大损失。当企业资源较为紧张，不足以一次性支付全部投资时，也可以设法进行分阶段投资。分阶段投资期权适合于研究与开发在企业经营中占有重要地位或投资项目时间长，不确定性大，资本密集型的行业。

g. 暂停期权。企业根据外部环境变化暂停和恢复生产的能力就是暂停期权。当市场上产品价格很低，企业的收入不足以弥补维持可变生产成本的，而再次开工的成本较低时，可以暂时停止生产。当产品价格上升，可以抵消重新开业的费用，再恢复生产。如果萧条只是暂时的，并且企业比其它竞争对手更能经受暂时亏损的考验，暂停期权就显得十分重要企业一旦退出，就会失去以前的大部分投资，特别是品牌、人力资源等无形资产更将会化为乌有，并且企业还会失去经营条件转好以后获得利益的机会。 开业成

本与停业成本的大小是企业是否执行暂停期权的关键因素。

在企业现实投资决策过程之中，企业会因其自身竞争优势和社会环境因素而拥有各种各样的期权，通过对这些实物期权的恰当应用，企业可以在不确定的环境之中，既可以尽可能多地获得收益，又可将风险损失控制在一定程度。

3.2 矿业权的特征分析

3.2.1 矿业投资的特点

a. 投资的不可逆性。在大多数情况下，投资具有不可逆性。投资的不可逆性是指当环境发生变化时，投资所形成的资产没有在不遭受损失的情况下变现的可能性。资产的专用性是造成投资不可逆的主要原因。因为资本所形成的资产在一定程度上都存在着一定的专用性，而这些专用资产在二级市场上的流动性较差，很容易成为投资的沉没成本。

b. 投资的可推迟性。可推迟性是指投资项目在一段时间内有被推迟的可能性。推迟投资往往是出于策略上的考虑，它使企业在投入资源之前有机会获得关于产品价格、成本和其他市场状况的新信息。对于企业来说，有些投资是可以推迟的，而有些投资不可以推迟，这取决于投资项目本身的性质。如重置性投资由于维持正常生产能力的需要一般是不可推迟的，而某些生产性投资可能是可推迟的。企业有时因其它原因也可能没有推迟投资的机会，如出于战略竞争上的考虑可能促使企业迅速投资，以取得竞争优势对付现有竞争者及潜在竞争者。但在大多数情况下，推迟投资至少是可行的。只要存在可推迟性，企业在面临外生风险的环境下就可以通过推迟投资以获得更多的收益。

c. 投资的滞后性。滞后性是指当投资的某种起因已经消失或反向变化时，它所产生的影响却没有立刻发生相同的变化。在不确定性环境中，企业进入或退出某一行业决策的一个最重要特征在于“滞后”，而这一投资决策惯性的存在是合理的，尽管目前收益高于资本成本，企业还可能不急于立刻投资，而要一直等到确信这种状况能有保障地持续相当长的一段时间。同样，承受经营亏损的企业可能还会继续维持生产，一直等到确信这种状况在相当长的时间内不会好转才可能最终放弃。

3.2.2 矿业权价值评估的特点

a. 客体的可耗竭性。矿业权价值评估的客体是矿业权人依法在一定时空范围内实际支配和控制的矿产资源实物资产。而矿产资源资产的实体权属为国家所有，法律规定，我国矿产资源资产的所有权是不能转让的。矿主(矿业权人)转让的仅仅是矿业权，不是矿产资源实体资产，只能支配矿产资源资产所有者的矿产资源。但是，矿产资源是耗竭性的资源，开采矿产等于消耗了矿产资源，开采矿产转移了其空间位置，破坏了其原有

的物质形态,改变了组织结构。随着开采,所有者的实物资产逐渐消失,所有者的所有权也伴随实物资产的消失而消失。所以,矿业权的评估必须依托矿产资源实物资产,这是矿业权评估的一个特殊性⁽¹²⁾

b. 多阶段性。矿产资源勘查、开发一般经历地质调查、普查、详查、勘探和矿山建设等几个阶段。在不同阶段矿业权评估的内容是不相同的⁽¹³⁾。在地质调查、普查、详查阶段,只进行了地质研究,未做可行性研究,矿产资源储量尚未探明,可开发性与收益的大小很难预测,不能进行开发建设,变更探矿权人只能进一步勘查,以探明储量,因而只能进行探矿权评估。在勘探阶段,地质勘查已获得可供矿山建设的经济可采储量,并经过可行性评价,确定当时是经济的或边界经济的,属于可开采赢利矿山或机会矿山。当变更探矿权时,只评估探矿权价格。出让或转让采矿权时,采矿权申请人为获得采矿权,除了缴纳采矿权使用费、采矿权价款、资源税和资源补偿费之外,还要支付探矿权费用以取得地质勘查成果资料,所以,既要进行探矿权评估,又要进行采矿权评估。在矿山企业生产阶段,变更采矿权人,只需要评估采矿权价格。

c. 高风险性。由于矿业投资受矿产品价格、生产成本、资源条件、计划服务年限以及经济环境、政策等因素的影响以及矿业权评估所采用的地质参数和经济参数大多基于预测和估算,矿业权价值评估具有预测性和动态性,这使得矿业投资和其它工程项目的投资一样具有较大的投资不确定性和投资风险⁽¹⁴⁾。

3.3 矿业权中的期权识别

3.3.1 矿业投资项目与实物期权的相似性分析

矿业工程的投资与买方期权类似,即类似于看涨期权。它等同于赋予矿业权人未来行使这项投资的权利而不是义务,矿业权人可以通过对该投资的评估来决定是否行使这项投资的期权。如果矿业权期权价值看涨,矿业权人就会做进一步的投资,将其市场化;反之,矿业权人将放弃这一期权,这样做的损失只限于获取期权的成本,即矿业的初始投资。期权持有者依据执行价格和标的资产的现价来决定是否执行期权,即矿业投资中,矿业权人也有一定程度的选择权,当矿产品开采价格高于开采成本时,矿业权人就会开采矿山,选择期权;当矿产品的价格低于开采成本时,可考虑缩小规模、停产、转换经营、停启等选择权。

矿业投资与实物期权在以下三个基本特征上是一致的:

- a. 投资的潜在价值是未来不确定的函数;
 - b. 初始期权的投入可以为未来创造更多的投资机会,且该机会具有可选择性;
 - c. 投资者面临的损失有一个下限,未来风险的增加,会增加当初期权投资的价值;
- 矿业投资期权,我们可以描述如下:

矿业投资实际是一种选择权,即以一定当前成本 E 获得未来某一时间继续投资或放弃该项目的权利。该期权到期日的价值为 $\max(S-X, 0)$ 其中, S 为投资期权到期日该项目的价值,即未开发储量的现值。 X 为取得该投资期权时确定的执行价格,即勘探开发投资(X) (初期投资值)。

3.3.2 矿业权中的期权类型

矿业权给矿业权人提供了未来投资开发的权利,并且矿业权可以依法转让或出租。再根据采矿或探矿许可证(矿业权资格)的发放规定以及矿业权人拥有经营决策的自主性,矿业权还给矿业权人提供了与他人合作开发的机会。矿业权的价值就应该是矿业权买进期权的价格,因为这个价格使矿业公司有选择开发矿业而获取利润的权利。如果矿业公司没有矿业权资格,它肯定就不能参与矿业开发。

假定矿业权人拥有 n 年期开发一块具有潜在油藏的土地。启动该项目首先需要钻探、基建、新设施安装支出 I_1 。只有在建造完成之后,才有现金流入。在建造过程中,若市场情况恶化,矿业权人可选择放弃所有未来的原计划支出(放弃)。若市场看淡,矿业权人可选择缩减 $C\%$ 营运规模(缩小规模),以节省未来投资支出 I_c ,若市场走强,矿业权人可选择增加投资 I_e ,以扩大 $X\%$ 营运规模。在任何时候,管理当局均可以出售工厂(或辟为它用),以获取残值(它用价值) A 。

该项目价值评估体现了下列实物期权:

a. 分阶段投资期权。分阶段进行投资可以创造价值,因为矿业权人可在任意阶段上“中止”后继投资(如,若钻探后发现储备过少或矿产品价格过低)。例如,矿业权人可以把矿产品开发投资分成钻探、基础设施安装、开采等不同阶段。那么每一阶段(如钻探阶段)都可以看作是后续阶段投资的买权,其成本是为下一阶段进行而在该阶段所必需发生的成本(I_1)即执行价格,下一阶段的预期项目预计现金流量的总现值即为项目价值 V 。

b. 扩张期权。取得探矿权给投资者提供优先获得采矿的权利,一般地如果所从事的项目使公司在将来能够从事其他业务或者能够进入其他市场,那么该公司就拥有扩张期权。而勘探投资项目就是这样的项目,因为不把握当前的机会要想进入这个领域成本会非常大。同样地,取得采矿权也给投资者提供了加工冶炼精矿产品的权利,故采矿权也含有扩张期权。若市场比预期向好,矿业权人可追加投资 I_e ,使得项目的价值增加 $X\%$ 。这可视为一个买权 I_e 为执行价格,项目增加值 $X\%$ 为标的资产价值。因此,扩张期权可视为原规模项目加上一个未来投资机会的买权,即 $V + \max(X\%V - I_e, 0)$ 。在项目投资的最初设计上,矿业权人可有意识地引入某项技术(尽管这可能增加成本)以增加项目在市场向好时进行扩张的灵活性。扩张期权在某些场合下亦具有重大的战略意义,特别是它能让矿业权人捕捉到未来发展机会。

因此,一些按照传统的 NPV 方法下显得无利可图或亏本的项目,以此期权的眼光来看,反而是值得投资的,因其为企业提供了未来的发展机会。因此,即使 DCF 法表明当前采矿项目的净现值(NPV)为负值,只要能够识别实物期权的存在并证明由此得到的买权价值超过 NPV 值,则该项目值得考虑。

c. 加速或延迟投资的期权。投资机会价值反映了矿业投资项目的投资不可逆性、投资价值的不确定性和投资的可延时性。投资机会可以看成是一个美式购买期权,其执行价是项目投资支出 I ,得到的资产是建成的项目,其价值为 Y ,投资可推迟的最大时间为 T 。拥有该期权就拥有一种权利,投资者可立即执行该期权进行投资,也可暂不进行投资,等待市场状况进一步好转,以避免收益向下的风险,同时进一步看清收益向上的潜力。从这个角度看,应存在一个投资价值临界点,当净现值大于该投资临界值时立即投资,否则推迟投资。矿业投资项目同样具有这些期权特性,因而具有投资机会价值⁽¹⁵⁾。

矿业权还含有其他投资和非投资期权,此类期权也包括了时间类期权如加速或延迟投资的期权。由于未来矿产品价格的波动使矿业权人面临极大的不确定性,他们很可能不会轻易放弃矿业开发,而是等待机会或者延迟项目的投资,矿业开发的初始投资是巨额的,而未来收入充满着极不确定性,延迟投资或小规模投资可以节省基础投资的许多利息,减少矿业权持有者的损失。

矿业权人可从延迟的时间内矿产品价格不确定性的减少中获得好处。只有当矿产品价格上升到一定的程度,矿业权人才会投资 I (执行期权);相反,若矿产品价格下跌,矿业权人会保持观望,不进行初始投资,从而节省计划支出项目价值将为 $\max(V - I, 0)$,其中, V (项目预计现金流量的总现值)相当于项目价值,而投资支出 I ,则相当于执行价格。由于提前行权意味着牺牲期权,这种期权价值的损失相当于额外投资机会成本,仅仅在项目价值 V 超过初始投资相当大时,投资才是最优的。

d. 经营期权。在现实中,一个项目未必一定要持续运营。例如,若矿产品价格下跌至经营收入不能补偿可变成本时,暂时停产可能是明智的(特别是在暂停营运和重新启动之间的转换成本相对较小时)。若矿产品价格上升到一定程度,项目又可以再度启动。对于项目寿命期内的任何一年,停启期权可视为一个以可变成本 I ,为执行价格获得项目当年收入(R)的买权,该买权执行时的价值为 $\max(R - I, 0)$ 。

e. 放弃期权。若矿产品价格可持续下跌,或矿业权持有者不想等待或不想继续经营,矿业权人可以将项目永久放弃以换取其残值(即其资本设备及其它资产在二手市场上的重售价值)。这种选择权可视为一个残值或次优它用价值(A)为执行价格,以项目为标的资产的卖权,即 $\max(V, A)$ 或 $V + \max(A - V, 0)$ 。一般说来,项目资产的通用性越强,其残值就越高,因此相应的放弃期权的价值也就越大。

因此,矿业权的最终价值应为:

矿业权的最终价值 = 传统的净现值+(停启、扩张、延迟或加速投资、放弃等)期权的价值。

第四章 实物期权法对传统矿业权评估方法的修正与改进

4.1 实物期权定价的一般思想

4.1.1 实物期权的核心思想

实物期权的核心思想不仅与期权的基本特征相承，而且与实物投资决策的特征密切相关。

a. 期权的核心思想。期权中蕴涵权利与义务不对称，拥有期权者的义务是支付期权费之后获得一个选择权，既可以在有利条件下实施约定的行为（行使权利），也可以在不利时不实施约定的行为（放弃期权）。卖出期权者则相反。

(1)期权的成本（风险）与收益不对称

投资者只需要付出一定成本（期权费）就可以获得期权，当条件不利时，不执行权利，收益为零，只损失购买期权的成本；当条件有利时，行使期权，获得差价收益（总收入—购买成本）。因此，投资者至多损失购买期权的费用，成本是固定的（期权费），而收益则是不固定的，可能为零，也可能很大。

(2)期权价值与不确定性正相关

期权价值依赖于时间、价格、利率及波动率等因素，其中认为虽然标的资产高的波动率使坏结果出现的机会较大，但此时损失是有限的；同时高的波动率意味着好结果出现的机会也很大，且能产生出很大的价值⁽¹⁶⁾。即，当投资者付出一定成本获得期权后，不确定性越大，期权的价值越大。

b. 投资决策的重要特征。经济学将投资定义为对未来回报的预期而承受瞬时成本的行为。大多数投资在不同程度上具有三个基本特征⁽¹⁷⁾：（1）投资是部分或完全不可逆的。换句话说，投资的初始成本至少部分是不可逆的；（2）来自投资的未来回报是不确定的。（3）你在投资时机上有一定的回旋余地。

首先，投资是部分或全部不可逆的。也就是说当投资者改变主意或是市场出现变化业务无法成功运营时，不能完全收回投资的初始成本。以石油开采为例。当钻一座油井后，如果油井的产量小于预期产量，或者油价下降，那么就不能收回已经投入的资金。

投资不可逆的性质主要是由于：第一，资产的专用性。第二，信息不对称。即使投资不是特定资产或特定企业，它们往往也是部分不可逆的。例如，在二手车市场，销售者对车况是最了解的也最清楚车的真正价值。相对来说，购买者就处于信息缺乏的不利地位，他不知道这辆车是不是像售车者所描述的情形，担心以次充好的情况发生。因此，购买者只愿意支付对应于该市场中平均质量的车的价格；掌握充足信息的销售者又不愿意销售高于平均质量的车，这将降低二手车的平均质量及其市场价格。第三，政府管制或制度安排。例如，资本控制可能会使外国或国内投资者出售其资产并重新

分配其资金变为不可能。

其次，投资的未来回报是不确定的。例如，国际石油市场上石油价格经常波动，不确定性意味着一桶油的将来价格会上升或下跌。就不确定性变量的性质角度而言，可把不确定性分为经济上的和技术上的不确定性。经济上的不确定性与经济的总体运行相互关联。例如，石油价格就是随经济上不确定性变化的例子。假定石油价格是随行就市的决策，而不是某个垄断性组织如欧佩克（OPEC）做出的决策，那么油价不会因管理者是否提前投资油田而变化，所以，这种不确定性对决策过程而言是外生的。技术上的不确定性与经济行业的总体运行不存在相互关联性。这种不确定性是由决策过程内生的。例如，一个油量不确定的油田，不同方位的油量（或天然气量、水位等）会随技术上的不确定性而变化。不确定性主要产生于信息的不完全性。投资者在做出投资决策之前，无法进行为获得亟需的信息所需的实验或测试。投资的这种不确定性与实物期权有着密切的相关性。一般来说，投资的不确定性越大，实物期权的价值就越大。

最后，投资时机是可以选择的。多数投资机会并不是那种“now or never”的机遇，即“要么现在投资，要么永远不投资”。这是说投资者在投资时机上有一定的回旋余地。投资者可以推迟行动以获得有关未来的更多信息（当然，这一决策永远不可能是完全正确的）。例如，对一个产油量不确定的油田，只有逐步的投资策略（打一些油井，试探产量等）才可能减少这种不确定性。因此，逐步的投资会提供一些有价值的信息，减少不确定的差异并修正预期价值。如果实际价值向着利于项目的方向发展，那就继续投资；反之就停止投资。通常来说，投资者选择的自由度越高，投资选择的价值就越大。

4.1.2 实物期权思维方式

如马莎·阿姆拉姆和纳林·库拉蒂拉卡在他们的著作中所讲，实物期权这种思维方式主要包括以下3个组成部分⁽¹⁸⁾：

a. 期权是或有决策（contingent decision）。期权是在看到事情是如何发展之后，再制定决策的机会。在决策时刻，假如情况向好的方向发展，就做出一种决策，但如果向不好的方向发展，将做出另一种决策。这就意味着期权的损益是非线性的，它将随着项目管理者的决策变化而变化。固定的（非或有的）决策具有线性的损益，因为不管什么事情发生，都只有一个决策。

b. 期权估价与金融市场估价是一致的。实物期权方法是使用金融市场的输入量和概念来为所有类型的实物资产复杂损益进行定价。其结果是使管理期权、金融市场的选择方案、内部投资机会以及交易机会（例如合资、技术许可证、收购等）具有等值基础上的可比性。

c. 期权思维能够用来设计和管理战略投资。实物期权分析方法并不总是需要的。当决策者面临不确定环境，利用传统的投资决策方法不能够很好的解决所面临的问题，

并且需要进一步更为详细的考虑 投资决策时, 实物期权方法能提供一些帮助。当没有期权或虽有期权但几乎没有不确定性因素时, 传统的投资决策方法能很好地发挥作用。尽管不确定性处处存在, 但对一些项目来说不确定性的后果足够小, 以致可以忽略。

4.1.3 实物期权分析方法的特点

a. 实物期权具有期权的特征。即投资不可逆性、时间上的可推迟性、滞后性和选择性以及投资后的各种变动弹性, 这正好反映了实际生活中投资项目的特点。而传统的净现值法是违背这些特征的。

b. 实物期权法中所用的贴现率为无风险利率, 客观而准确, 而净现值法则用加权平均资本成本或由 CAPM 计算出的风险报酬率, 而且会随着不确定性增加而调整贴现水平, 具有相当的主观性。

c. 实物期权方法与净现值法一样, 都是建立在对未来现金流估计的基础之上。但实物期权更能够从实证来考察, 能更好地解释实际的投资行为。

d. 实物期权方法假定标的资产在市场上是可交易的, 这一假设对很多实物资产包括有形资产和无形资产来说并不一定成立。在标的资产不可交易时只能通过构造风险相同的证券组合来评价, 最后会导致确定模型和参数取值时出现很多困难, 需要主观判断。

e. 投资项目的价值用实物期权方法求解时可能会对模型或模型中的参数比较敏感。因为投资项目的寿命一般比较长, 诸如风险和利率等因素会随时间的变化而变化, 使用固定不变的风险系数和利率会导致评价结果较大的误差。

除此以外实物期权还有自己的特性: (1)非交易性。实物期权与金融期权最本质的区别在于非交易性。不仅作为实物期权标的物的实物资产一般不存在交易市场, 而且实物期权本身也不大可能进行市场交易。

(2)非独占性。许多实物期权不具备所有权的独占性, 即它可能被多个竞争者共同拥有, 因而是可以共享的。对于共享实物期权来说, 其价值不仅取决于影响期权价值的一般参数, 而且还与竞争者可能的策略选择有关系。

(3)先占性。先占性是由非独占性所导致的, 它是指抢先执行实物期权可获得的先发制人的效应, 结果表现为取得战略主动权和实现实物期权的最大价值。

(4)复合性。在大多数场合, 各种实物期权存在着一定的相关性, 这种相关性不仅表现在同一项目内部各子项目之间的前后相关, 而且表现在多个投资项目之间的相互关联。

4.2 实物期权的定价模型

对实物期权的定价有多种模型, 主要有 Black-Scholes 期权定价模型; J.Cox 提出的二项式模型, RamWillner 提出的 Jump 模型; Titman 模型; Quing 模型。最后两个模

型用于土地定价。我们在这里只讨论 Black-Scholes 期权定价模型和 J.Cox 提出的二项式模型。

4.2.1 布莱克—斯科尔斯期权定价模型

1973 年两位美国著名金融学家布莱克和斯科尔斯在一系列严格假设条件下，通过严密数学推导和论证，得出关于不付红利股票的欧式看涨期权公式如下：

$$C = AN(d_1) - Xe^{-rt} N(d_2) \quad (4-1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

C 为看涨期权的价格

A 为当期股票价格

X 为期权的执行价格

r 为期权有效期间的无风险利率

t 为距期权到期日的时间

σ 为股票价格标准差

N(d) 为标准正态分布小于 d 的概率

布莱克—斯科尔斯期权定价模型一系列假设条件，主要为：

- (1) 股票价格遵循预期收益率 i、价格波动率 σ 为常数的随机过程；
- (2) 允许使用全部所得卖空衍生证券；
- (3) 没有交易费用或税收，所有证券都是高度可分的；
- (4) 在衍生证券的有效期内没有红利支付；
- (5) 不存在无风险套利机会；
- (6) 证券交易是连续的；
- (7) 无风险利率 r 为常数且对所有到期日都相同。

实物期权的定价模型与金融期权的定价模型类似，下面我们通过比较金融期权和实物期权输入变量的区别，给出实物期权的定价模型。

	股票期权	实物期权
市场价格	股票现在价格 S	项目现金流收益的现值 P
执行价格	执行价格 X	项目的投资费用 V
期限	期权的有效期限 T	项目投资机会的持续时间 T
波动性	股票价格的不确定性 σ	项目价值的不确定性 θ
贴现率	无风险利率 r	无风险利率 r

因此,由金融期权定价公式(4-1)可以得出相应实物期权的定价公式为

$$C = PN(K_1) - Ve^{-rT}N(K_2) \quad (4-2)$$

$$K_1 = \frac{\ln(P/V) + (r + \theta/2)T}{\theta\sqrt{T}}, \quad K_2 = K_1 - \theta\sqrt{T}$$

(二) 布莱克-斯科尔斯期权定价步骤

用布莱克-斯科尔斯模型对期权进行定价的步骤可归纳为:

第一步: 利用所需的数据求解 d_1, d_2 。

第二步: 利用标准正态分布函数的参变量, 求出正态分布积分函数 $N(d_1)$ 与 $N(d_2)$ 的值。

第三步: 运用布莱克-斯科尔斯模型计算看涨期权的价格。

4.2.2 二叉树定价模型

a. 二叉树模型。二叉树模型是由 Cox, Rox 和 Robinstein 提出的, 在存在风险的情况下, 未来的现金流量是不确定的, 即有多种可能性。二叉树模型是在每一期将出现两种可能性的假设下构筑的现金流量或某种价格波动的模型。其基本思想是:把期权的有效期分为若干足够小的时间间隔, 在每个非常小的时间间隔内假定标的资产的价格从开始 S 运动到两个新值。运动到比现价高的概率为 P , 运动到比现价低的概率为 $1-P$ 。

假设在很短的时间间隔 Δt 内, 股票价格的变动只有两种可能:从 t 时刻到 $t+\Delta t$ 时刻, 股票价格 S 以概率 P 上升到 S_u , 或者以概率 $1-P$ 下降到 S_d

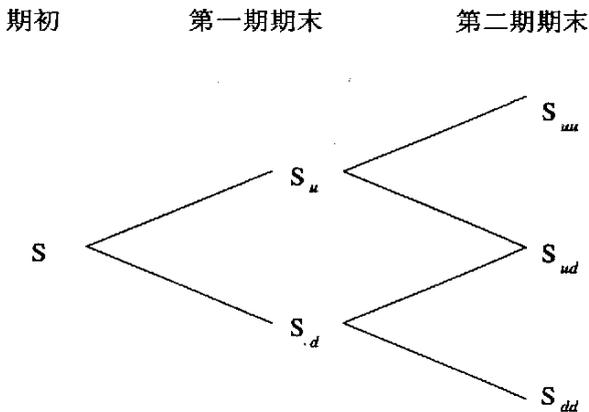


图 4-1 二叉树定价模型

其中 u 表示上涨因子, d 表示下跌因子; 且 $u > 1, 0 < d < 1, ud = 1$

b. 二叉树法定价的步骤

为了说明二叉树方法的应用, 并不失其普遍性, 本文就用两期期权对此进行说明。先假设在 $t=0$ 时风险资产的价格为 S , 预期在 $t=T$ 时刻, 它的价格可能为 $S_T^u = S_u$,

以及 $S_T^d = S_d (u > d)$ 。现投资人在 $t=0$ 时购买一张到期日为 T ，敲定价格为 K 的欧式看涨期权 V 。如果在 $[0, T]$ 时段内无风险资产的收益率为无风险利率 r ，问该期权的价格 $C=?$

$$C = \left(\frac{1+r+d}{u-d} \right) \frac{C_u}{1+r} + \left(\frac{u-r-1}{u-d} \right) \frac{C_d}{1+r} \quad (4-3)$$

那么通过把期间变小，我们把单期扩展到两期，约定 C_{uu} 表示两期都上升的看涨期权价值； C_{dd} 两期都下降的看涨期权价值； C_{ud} (C_{du}) 是一期上升，一期下降的看涨期权价值。图二的左半边列出了标的资产的初始价格，一期以后资产上升或下降的价格，到期日（从现在起两期）价格在前一期上升或下跌后的价格；右半边列出了到期日看涨期权的价值。

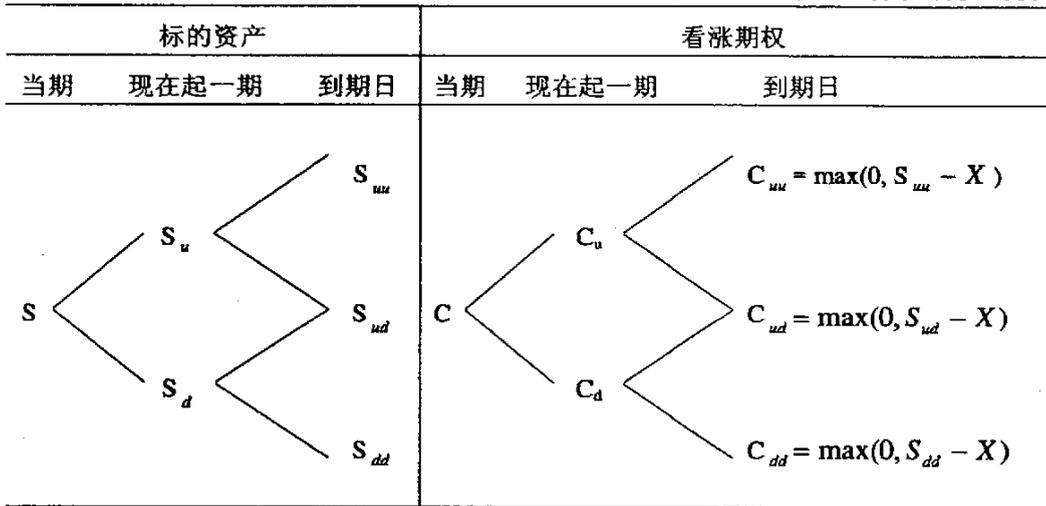


图 4-2 两期期权定价模型

其计算由公式表示为：

$$C_u = \left(\frac{1+r+d}{u-d} \right) \frac{C_{uu}}{1+r} + \left(\frac{u-1-r}{u-d} \right) \frac{C_{ud}}{1+r}$$

$$C_d = \left(\frac{1+r+d}{u-d} \right) \frac{C_{dd}}{1+r} + \left(\frac{u-1-r}{u-d} \right) \frac{C_{du}}{1+r}$$

从而得

$$C = \left(\frac{1+r+d}{u-d} \right) \frac{C_u}{1+r} + \left(\frac{u-r-1}{u-d} \right) \frac{C_d}{1+r} \quad (4-4)$$

（公式的推导过程本文不加以累述，仅给其计算结果。）

其中：

S=标的资产当前价值

u=1+标的资产上升的百分比

d=1+标的资产下降的百分比

r=无风险一期利率（直到期权到期日的无风险利率）

C = 看涨期权当期价格

C_u = 标的资产价格上升, 看涨期权的内在价值

C_d = 标的资产价格下降, 看涨期权的内在价值

即可得出期权的价格即期权的权利金, 多期依次类推。从求解 C 的过程可以看出期权的定价实质上是从最后的时点开始向前倒推, 直到前时点。

4.2.3 布莱克—斯科尔斯模型 (B-S) 和二叉树模型的异同

a. 二者的差异。

(一) 假设条件, 布莱克—斯科尔斯期权定价模型假设条件中包括: 期权是欧式的看涨期权、资产价格是连续的, 而这些在二叉树模型中不是必须的。但二叉树模型假设未来资产的价格是两种可能值中的一种, 即假设未来资产的价格变动要么上升要么下降。

(二) 变量的状态, 布莱克—斯科尔斯模型中标的资产或 (标的股票) 的价格是一个连续型随机变量, 不允许价格发生跳跃性变化。而二叉树模型中标的资产或 (标的股票) 的价格是一个离散型随机变量, 价格可以发生跳跃变化。

b. 二者的联系。布莱克—斯科尔斯定价模型假设条件之一是标的资产或 (标的股票) 的价格变动服从对数正态分布。通过把期间间隔变小, 单期二项式期权定价模型可拓展为两期或多期定价模型。随着标的资产或 (标的股票) 的价格时间间隔的缩小, 即时间间隔趋于 0, 其标的资产或 (标的股票) 的价格变动服从对数正态分布。在这种情况下二叉树定价模型就被压缩成布莱克—斯科尔斯定价模型。因此, 布莱克—斯科尔斯定价模型是二叉树定价模型的一个特例, 只不过其应用范围小于二叉树定价模型⁽¹⁹⁾。

4.2.4 实物期权方法的使用范围

实物期权方法并不是在所有情况下都需要的。当不存在任何期权或者存在期权但不确定性非常小时, 传统工具的应用效果很好。传统工具能够正确地众所周知的“现金奶牛”业务(这种业务没有进一步的投资, 每年稳定地提供相同的或逐渐下降的现金流)和没有任何后续机会的产品估价。尽管不确定性无处不在, 但是不确定性的作用结果在这些项目上微乎其微, 可以忽略不计。例如, 尽管存在当地税收的不确定性, 但关闭一个正在生产的工厂的决策可能是显而易见的。

一般情况下, 在下列情况下需要利用实物期权分析方法来制定投资决策:

第一, 当存在或有投资决策时, 传统的投资决策方法都不能正确估计这种投资机会的价值;

第二, 当投资项目的不确定性足够大, 以至于要等待更多信息以避免不可回收投资的投资失误;

第三，当投资项目的价值主要由未来的增长权决定，而不是由目前产生的现金流决定；

第四，当不确定性足够大，以至于要考虑投资的灵活性时，只有实物期权方法能正确的对含有灵活性期权的投资进行估值；

第五，当有项目更新和中途战略修订时。

实物期权是价值评估分析的工具，是战略评估和解析评估相结合的评估工具，是现金流折现评估的有力补充工具。实物期权方法已经成为一种投资决策的参考方法。有了实物期权分析框架，项目投资经理就可以不必为了使项目通过可行性论证而毫无根据地提高项目未来的现金流。他可以利用实物期权方法，将战略投资项目的未来远景与现在的投资连接起来，自上而下说明以下问题：什么样的创造价值的机会对公司来说是独有的，要实现这些价值，必须在何种程度上承担何种类型的风险，什么样的风险是能够规避的？

4.3 实物期权法对传统经济评价法改进

4.3.1 实物期权法的优越性

对应于贴现现金流法,实物期权的合理性表现:

a. 当矿业项目投资面临未来市场条件的不确定性时, NPV 法则仍然是: 首先, 算出新投资将产生的预期利润流的现值; 其次, 算出新投资所需的支出流的现值; 最后算出两者之间的差(投资的净现值, NPV) 是否大于零。若大于零, 则进行投资。NPV 法则隐含的一个假设是: 未来以现金流度量的收益是可以预测的, 也就是说, 未来收益是确定的。如果出现不确定性, 则会降低这项投资的价值。因此, 不确定性越大, 投资的价值就越小。实物期权方法则认为, 未来收益是非常不确定的, 因此, 对未来以现金流度量的收益的预测总是粗略的, 只能获得其概率分布情况。矿业勘探的风险性使得矿业权人可以根据不确定性因素或投资、或推迟、或放弃投资项目, 这种灵活性可以尽可能规避项目失败的巨大损失, 又能最大程度地争取最大利润, 因而是有价值的。实物期权的特性正在于赋予了这种管理柔性以价值。因而不确定性越大, 使用期权的机会就越大, 从而期权的价值就越大。如(图 4-3)

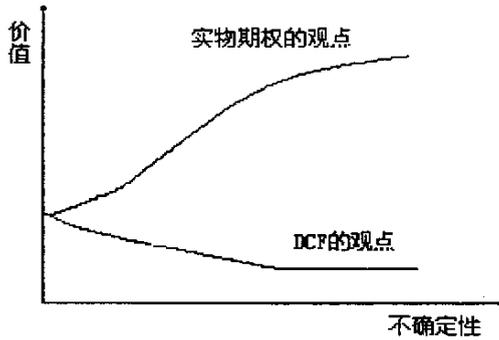


图 4-3 不确定性增加价值

b. 贴现现金流量法运用的重要假设条件就是投资刚性和可逆性。投资刚性就是说，所面临的投资机会只有一次，要么立即投资勘探开发，要么放弃，投资过程中出现的局面事先就必须精确预计，因而投资策略也是不可更改的。显然，NPV 规则对投资既可逆又不可逆的假定否认了“灵活性”的价值。而且，按照 NPV 规则，无论是“现在就投资”还是“永远不投资”的决策，都是一种当期的决策，而与决策后可能出现的新信息无关。但是矿业项目投资受到许多的不确定因素影响，公司不得不根据矿产品的市场行情、储量产量等的变动随时准备调整投资策略，如延迟投资、追加投资或放弃投资等，这被称为投资的管理柔性。在这种情况下，再应用净现值法对项目进行评价必然难以正确描述项目价值。贴现现金流量法还暗含着另一个假设：投资项目完全可逆，也就是项目投资的成本可以很容易地卖给其他使用者，投资具有可逆性。但事实上，矿业项目投资的风险大，不确定性也大。而且一旦投资，所投入的资金即成为沉没成本，不可能再回收，因此矿业项目具有不可逆性。计算实物期权，只有储量价格波动率(θ)需要估算，其他输入量包括勘探开发投资(X)、未开发储量的现值(A)、到期期限(T)、无风险利率(r)都可以直接获得。相比之下，实物期权计算结果要比使用净现值法得到的结果可靠。

c. 由于不确定性带来的投资战略调整往往无法预见，但它对勘探项目价值会产生重大的影响。实物期权法给了投资者以发挥主观能动性的能力，这种趋利避害的主观能动性体现了知识的价值。此外，净现值法只考虑了两个变量：预期现金流量现值和投资费用现值。而实物期权方法考虑了至少五个变量：预期现金流量现值、投资费用现值、项目投资机会的持续时间、预期现金流量的不确定性、无风险利率。实物期权方法既把握了净现值又加上了灵活性的价值，灵活性的价值也体现了知识的价值。

实物期权法突破了传统经济评价法对矿业勘探项目的“静态”评价，挖掘了 NPV 法不能体现的选择权的价值，但是还有一些不尽完善的地方有待研究：有的勘探项目的期权特征并不明显，需要投资者设计和构造评价项目的期权结构；股票期权的标的资产为股票，其价格可以直接从股票市场上获取，而在勘探项目的实物期权中，标的资产为勘探项目的储量价值，其价格和波动率不易获取和计算。

4.3.2 实物期权法 (ROA) 与贴现现金流法的关系

实物期权不是一个完全新的决策框架,它只是对折现评估技术的一个补充。折现工具可以在适度的直线商业结构中得到运用,一个稳定的环境同时可以得到可依赖的现金流预测值。而实物期权可以运用到不确定性的商业决策中,它依赖于增加的信息。因此,对于可延迟投资、或可扩展或放弃的投资计划实物期权法更加适用。在进行实物期权时,标准的折现工具用来计算期权的输入价值,所以不管在那种情况下折现方法都应该被最先运用。

Lint 和 Pennings 提出了这个观点:实物期权分析是对 DCF 的补充。在分析一个开发一个新产品时,他们认为计划可以归纳为 4 种区间:

区间 1:计划具有高收益和高波动率。这些计划对于当今技术投资和激烈的竞争市场具有代表性。此时,应该运用实物期权来量化风险,并且在新的信息到来时做出决策。

区间 2:计划具有高收益和低波动率。这些计划代表理想的决策环境。传统折现分析在此得到运用,而且计划执行得越快越好。

区间 3:计划具有低收益和低波动率。此时应该运用传统的 DCF 工具,并且计划放弃得越快越好。

区间 4:计划具有低收益和高波动率。和区间 3 一样,实物期权应该得到运用,在有利的信息到来时才能开始启动这些投资计划。

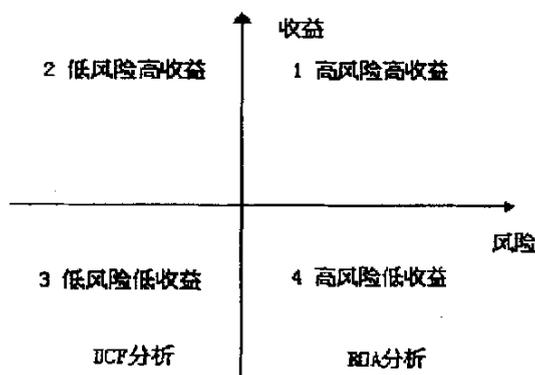


图 4-4 DCF 与实物期权的关系

Park 和 Herath 按照不确定性水平将投资分为两类,不确定性越高,实物期权将对决策的影响越大。无论是高还是低的不确定性,替代、扩展、放弃期权都得到了肯定。

除了实物期权对 DCF 的补充特性,实物期权还提供了额外的收益。象 Kogut 和 Kulatilaka 说明的,在上个世纪内用来评估短期概率的评估结构、方法组织以及规则已经得到了充分发展⁽²⁰⁾。而公司可以将先遣投资(platform investment:开始投资一小部分,等待新的信息来临时,决定是否大规模投资)视作长期投资的一种获利机会。Rausse:和 Small 因此将先遣投资视为一个信息租金或期权贴水⁽²¹⁾。

期权价值取决于投资环境的不确定性和决策者利用不确定性创造价值的能力。本质上，实物期权分析是在风险收益框架内将单个计划风险和不确定性进行量化。

从上面的分析可知，将实物期权的思维用于投资决策时，投资的价值就应由 2 方面构成：投资项目的 NPV 值和实物期权的价值，即：

项目的投资价值 = NPV + 期权的价值

4.4 实物期权法在矿业权价值评估中的应用模型

油气矿业权是一种看涨实物期权，本文就实物期权对油气探矿权评价说明实物期权法的应用。对油气勘探这样有期权特性的项目进行的投资价值包括两部分：①不考虑实物期权的存在，可以用净现值法求得投资项目固有的内在价值；②由项目的期权特性产生的期权价值⁽²²⁾。

基于实物期权观点而改进的净现值法可以表示如下：

$$NPV_T = NPV_I + C \quad (4-5)$$

式中 NPV_T 表示投资项目的全部价值； NPV_I 表示投资项目的内在价值； C 表示实物期权价值。当 $NPV_T > 0$ 时此项目是可以接受的；当 $NPV_T < 0$ 时此项目目前不可以接受。

例如：A 石油公司拥有对某含油气盆地的勘探开采权，拟定对盆地的勘探开发分两个阶段进行。第一阶段，对此盆地进行预探，并在盆地中选取一些有利的地点进行钻井，获取地质数据，估计预探投资额为 6000 万元；第二阶段，两年后增加投资 10000 万元，进行大规模的勘探和开发。暂时预计对此盆地的勘探开采年限为 8 年。（表 4-1）（表 4-2）分别提供了第一阶段的现金流和第二阶段回收资金的现金流量。

表 4-1 初期投资与收益

年限/n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
投资额 I/百万元	60								
净现金流 A/百万元		12	14	14	16	15	13	12	10
折现率 R/%	10								

表 4-2 追加投资与收益

年限/n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
投资额 I/百万元			110						
净现金流 A/百万元				22	24	29	26	24	20
折现率 R/%	10								
无风险利率 r/%	5								

使用净现值法进行计算,首先要得到预期的全部投资与收益。在这里将表(4-1)的数据与表(4-2)的数据对应相加,就可以得到表(4-3)中的预期全部投资与收益。

表 4-3 预期全部投资与收益

年限/n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
投资额 I/百万元	60		100						
净现金流 A/百万元		12	14	36	40	44	39	36	30
折现率 R/%	10								

根据式(2-1)可计算出 DCF 观点下的净现值 $NPV = -1126$ 万元。故对此油田的勘探开发投资是不可行的。此时,矿业权人就有了选择权。

用实物期权法对勘探开发进行评价,则在第一阶段进行之后由 A 石油公司根据经济效益做出决策。如果决定执行期权,那么就要追加投资;否则,暂时停止勘探,将此项目再保留一段时间。假设 A 公司选择执行期权。(表 4-2)给出了第二阶段回收资金的现金流量。根据(表 4-1)提供的数据,根据

$$NPV_1 = \sum_{t=1}^T A_t (1+R)^{-t} - I_0 \quad (4-6)$$

按(表 4-1)中数据:T 为项目年限 8 年, I_0 为初期投资 6000 万美元,R 为折现率 10%。将这些数据代入式中可计算出初期投资收益的现值为: $NPV_1 = -1144$ 万元。

又据(表 4-2)的数据可知追加投资的时间 $t_0 = 2$ 无风险利率: $r = 5\%$,用期权定价模型计算出此油气勘探项目隐含的期权价值 C 即

$$C = AN(d_1) - Xe^{-r(T-t_0)} N(d_2)$$

标的资产(油气)的投资受益现值: $A = \sum_{t=1}^T A_t (1+R)^{-t}$,标的资产(油气)期权的执行价格 $X = 11000$ 万元, $d_1 = \ln(A/x) + t_0(r + \sigma^2/2) / (\sigma\sqrt{t_0})^{-1}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t_0}$ 。

假设现阶段收益波动率 $\sigma = 40\%$,将各项数据代入上式,可得到后 6 年现金流的现值: $A = 10562$ 万元;期权的执行价格 $X = 11000$ 万元;无风险利率 $r = 0.05$; $d_1 = 0.4188$, $d_2 = 0.1468$ 。查正态分布表,可以得出 $N(d_1) = 0.7533$, $N(d_2) = 0.5586$ 。将各参数值代入式 $C = AN(d_1) - Xe^{-r(T-t_0)} N(d_2)$

可得: $C = 2169.58$ 万元,所以该投资隐含的期权价值为 2169.58 万元。这个油气勘探的风险价值为: $NPV_T = NPV_1 + C = 1025.58$ 万元。

由于此项目的风险价值 $NPV_T > 0$,故对此油田的勘探开发投资是可行的。

第五章 油气矿业权评估中的期权参数分析

5.1 石油产业的特点

石油产业是指石油资源的勘探和开采,石油炼制和油品销售。它包括石油开采业、石油加工业及石油化工业。石油开采业是指勘探开发油气资源的企业集合,统称为上游;石油加工业是以石油、天然气为原料生产石油产品的企业集合,与石油及天然气的储运、石油销售统称为下游。石油产业就是以石油天然气的勘探开发为上游,以石油天然气的储运、炼制、化工、销售为下游的一条石油长河。

石油产业具有如下特点:

第一,资源约束性 资源约束性是石油产业最重要的特点。它包含两方面含义:一是石油资源的有限性;二是油藏的产量逐步递减规律。资源约束性意味着石油产业的可持续发展必须依靠新增储量的接替,其成长性也体现在这一点。而且,资源有限这种特性也意味着石油市场竞争的有限性。

第二,风险性 石油产业是一个风险极高的产业,主要是因为:(1)石油资源比任何其它矿产资源更为深埋,蕴藏在地底一千米甚至五、六千米以下,这一客观存在的自然条件的复杂性决定了石油勘探工作的艰巨性和风险性。(2)石油产业是一个技术密集型产业,其生产过程涉及的科技领域宽、专业多、专门化程度高。仅就石油工程技术来说,由于油气资源隐蔽、油藏类型复杂、地理条件及自然条件多变,使其技术可靠性难以确定。(3)石油勘探开发投资大,一般陆上一亿吨石油地质储量的勘探费要达到十多亿,甚至二十多亿元人民币,海上石油投资更大,一般相当于陆上石油投资的十倍左右,面对如此巨大的投资,一旦经营不善,就会造成极大的损失。

第三,国际性 由于世界经济发展和石油资源地理分布的不均衡所造成的石油经济要素的分离,即资源与消费分离、资金与需求分离、科技与开发分离,使石油产业已成为自然性国际产业。产油国和非产油国通过技术、资金、能源合作等方式进行国际石油资源的勘探、开发、加工、储运及贸易,呈现出国际化经营的态势,形成了开放的国际石油经济体系。

第四,规模经济性 规模经济性是指产品成本随着生产规模的扩大而降低的经济效益。石油的生产过程包括勘探开发、储运、加工等环节。在勘探开发阶段,石油产业的劳动对象是无法面对的油气资源,其生产过程无需普通生产行业所需要的原材料投入,总成本主要是由勘探开发设备和油田地面建设的投资所形成的固定成本构成(约占总成本的60%以上);在储运阶段,把石油和天然气从井口送交给用户的过程中,采取推迟“拆散整批货物”的办法效益最好,故需投资建设或购置专用的储油设备、输油管道和其他输送工具,投资相当大;在加工阶段,其加工能力达到某个“阈值”后,才能有

效益。按照国际常规，石油年加工能力在 250 万吨才能达到最小规模经济水平，且规模越大，经济效益越好。

第五，范围经济性 除了规模经济性以外，石油产业还具有明显的范围经济性。范围经济的概念是追加新产品（服务）时的联合生产成本，要低于单独生产该产品的成本。在国际上，上下游一体化经营已相当普遍，这是因为石油产业内部上下游可以优势互补，上游是开采业，风险较大，但潜在的盈利性也可能较大；下游是加工业，附加值高，但受原油价格波动的影响较大，所以在石油产业内部实施上下游一体化的联合成本要低于单独经营上游或下游的成本，这就是石油产业的范围经济性。

我们可以清楚地看到对于投资大、周期长、风险大的石油项目来说，必须要有一种灵活的经济评价方法来对其进行项目评估。已有不少专家学者和投资公司开始研究一种新型的经济评价方法：实物期权法，发现它非常适合于油气勘探项目的经济评价，并通过实际项目取得了不少实证的数据。

在石油勘探项目中应用实物期权法还有两个特定的重要原因：第一，油气勘探具有明显的阶段性。图 5-1 说明了油田储备规模的不确定性如何随勘探投入的增加而降低。

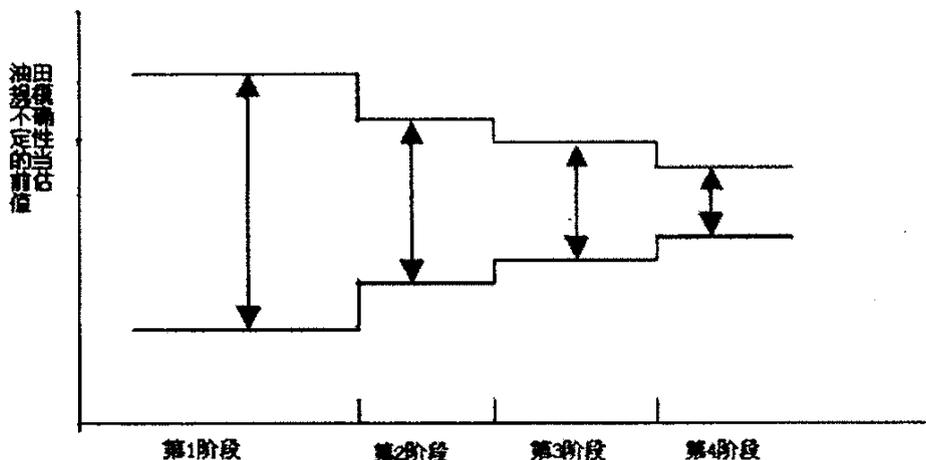


图 5-1 油田储备规模的不确定性与勘探投入的关系

在首次勘探之前，先通过商业地图或者政府勘察等估计出油田储备规模及其不确定性。在第一阶段的勘测中，分析新的数据并公布一个关于油田储备规模的新的估计值，它不确定性的范围缩小了。随着勘探过程的各个阶段——预探、详探、开发的不断深入不确定性越来越小，评价工作做出相应的调整。此时评价结果可能高于也可能低于油田储备规模原来的估价值。根据修改后新的估计值，项目管理者做出继续投资还是退出的决定。石油公司可以根据各个阶段的评价结果决定是否继续投资，这就承认了项目投资的可取消性，比净现值法所隐含假设的不可取消性更符合客观实际。

第二，在分析过程中，利用期权定价公式加以计算所需的信息输入较少。以油田开发项目为例，石油公司在进行近海开发时，首先应从政府处购买石油开采租约，这租约给予石油公司在一定时间内进行勘探和开发的权利。传统的净现值法要确定租约价格，

必须确定未来现金流和适当贴现率。而要确定现金流,首先要对勘探成本、开发成本、石油价格的统计分布进行设定,同时要对勘探、开发的时机及石油的开采量进行假设。这种方法存在着诸多的缺点,如租约价格会因公司时机选择的不同而出现差异,定价数值因对未来统计分布的不同设定而不同,风险调整利率的确定由于涉及到现金流的复杂统计结构往往难以确定;而采用期权定价法,则可从总体分析,消除不同勘探、开发时机对租约价格的影响,满足具有不同偏好公司的要求。同时,按期权定价公式,只需了解油价的波动性,而对油价的期望值和风险调整理论没有要求,从而减少了信息输入,使得计算更为方便。

5.2 油气评估中实物期权法各参数的确定

5.2.1 影响期权价值的因素

由期权定价公式我们可以知道有七个因素影响期权的价值:无风险收益率 r 、波动率 σ 、期权寿命 T 、项目价值 S 、项目的开发成本 X 、红利分配率 q 和土地取得费用 A 。下图描绘的是延迟期权的价值关于矿产资源开发后可能价值的关系曲线。等待期权的价值线和立即开发价值线的切点是期权的最优执行点。

(1) r 越大,期权价值越高, q 越大期权价值越低。 r 越大,图中表现为 CL 上移,期权会推迟执行的可能性加大。 q 越大情况也一样。

(2) T 越大,期权价值越高,因为时间越长, S 升高的可能性就越多。 T 越大期权执行的可能性将减小,但是实际上 T 不可能无限大,这要受政策等相关因素的影响。

(3) 而 σ 越大,不确定性越高,期权价值越大,切点将右移。这是由期权的有权利无义务执行的特点决定的,通俗的讲就是 S 不好的变化无所谓而好的变化将提升期权价值。

(4) S 越大期权价值也越大。而 X 越大期权价值越小。 X 变化时图中的 MN 线会左移,而 CL 线将下移。很难从 S 和 X 的变化看出期权是会推迟还是提前执行。因为期权执行的判别式是“开发后的价值一期权价值大于 0”,但是 S, X 的变化同时影响这个不等式左边的两个变量,而且是同方向的。

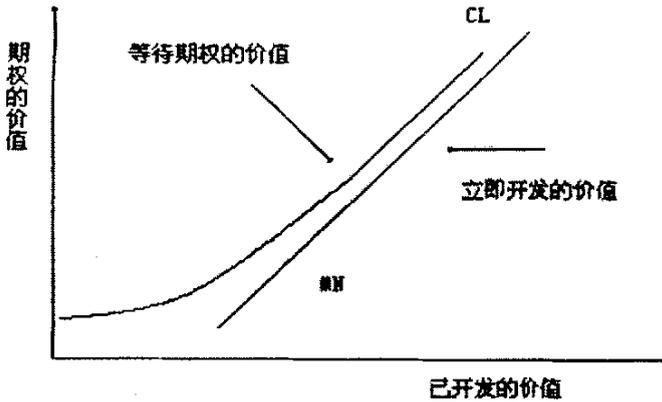


图 5-2 矿产资源开发后可能价值的关系曲线

5.2.2 实物期权法各参数的确定

期权评估方法的中心任务是确定各个期权要素，使各要素的值符合实物项目的特性，满足各项假设条件。在评估时，首先计算决策问题中所包含的期权的价值，其次还要考虑各期权之间的相互作用。整个项目的价值是静态 NTPV、单个期权价值以及相互影响效果的总和。

a. 项目价值的确定。项目价值相当于期权标的物的价格，而一般的实物资产是非交易资产，因此如何确定项目价值需要仔细研究。如果资本市场有类似于考察项目的可交易的资产，则可以用比较分析的方法确定所研究项目的价值。对于那些有期货交易的产品，期货价格和现货价格是随时可以得到的。

b. 项目价值的波动率。项目价值波动率是项目价值的一个重要解释变量，波动率的确定方法主要有 3 种：计算项目价值历史波动率、计算隐含波动率、对现金流的模拟。

当存在与研究项目相似的可交易资产时，可以计算该资产价值的历史波动率作为研究项目的价值波动率。计算可交易资产波动率时交易期的选择要能反应研究项目的评估期限。当所研究项目标的资产或类似可交易资产有期权或期货交易时，可以直接根据市场上的期权或期货价格进行计算。对于某些项目既没有可比较的资产，也很难用模拟方法计算，只能用资本资产定价方法确定波动率。但是该方法确定的波动率只能反应系统风险，而期权价值是依赖于整体风险的，因此可以考虑对系统风险扩大后作为研究项目的参数。

c. 期权的期限。在研究中项目期限往往是给定的，但在实际情况中项目环境是变化不定的，实物期权的期限会因竞争态势以及技术变化的改变而发生变化。

d. 无风险利率。无风险利率一般是根据期权期限及执行时期按照基于 AAA 级的零息债券利率结构曲线决定的，简单地可以使用一年期的国库券利率作为近似无风险利率。

e. 执行价格。投资项目投资额的现值是实物期权的执行价格，由于预计技术变化会导致成本变化时，要能够制定出成本变化函数，以便准确计算项目投资额。

在实际应用中，应该在定性分析的基础上，使用实物期权定价模型对投资项目的各种主要选择权进行定量分析，将多项实物期权进行评估，然后将其加入现金流贴现估价模型计算的价值之中。

5.3 案例分析

长庆油田某建设项目可行性研究经济评价 长庆油田拥有对某含油气的勘探开采权，在地质评价、储能评价、产能评价、油藏工程评价的基础上进行经济分析。现已知原油可采储量 1352.314 万吨，2003 年当前油价为 1332 元/吨。预计对此项目开采年限为 15 年，项目总投资为 488973 万元。

$$\text{根据 } NPV = \sum_{i=1}^n [(CI - CO)_i](1+r)^{-i} \quad (5-1)$$

式中：

CI——现金流入量；

CO——现金流出量；

r ——贴现率；

n——计算年限(i = 1, 2, 3, ……, n)。

得出其净现值 $NPV = 47382$ 万元。

其现金流量表如附录二的（附表二）投资计划表如（附表三）成本费用表如（附表四）。

本油田享有该油田的开采权，对石油天然气市场乐观的预期及油价巨大的不确定性，可以推迟 2 年的开采时间，希望等油价回升并相对稳定后获得更多的净现金流，就给最终储量评估带来增长的可能。从此信息中不难发现一个看涨期权，其各项变量求解如下：

参考中石油股份公司 2003 年 8 月—2004 年 12 月的油价波动情况，算得波动率为约为 30%，无风险利率取 2004 年国库券利率 10%，从而得到各项指标值如下：

标的资产的价值(P)—油区目前开采获得的现金流量的现值 536355 万元

执行价格(V)—实施开采项目所需的原始投资的现值 488973 万元

无风险利率—10%

油价波动率 θ —30%

期限—推迟年限 2 年

由于推迟开发是有成本的。因为项目的权利将在一定的期限后到期，额外利润到期

后会消失，因为会出现新的竞争者，所以每推迟一年就意味着减少一年创造价值的现金流量。如果现金流量在这段时间内平均分布，而权利独享期为 n 年，那么推迟开发的年成本为⁽²³⁾。

$$Y=1/n, Y=0.067$$

根据期权定价公式 $C=AN(d_1)-Xe^{-r(T-t_0)}N(d_2)$ 变形为：

$$C = Pe^{-yt}N(K_1) - Ve^{-rt}N(K_2)$$

$$K_1 = \frac{\ln(P/V) + (r + \theta/2)t}{\theta\sqrt{t}}, \quad K_2 = K_1 - \theta\sqrt{t}$$

得出 $K_1 = 1.400$, $K_2 = 0.977$

$$C = 28187.97 \text{ 万元}$$

矿业权价值=75569.97 万元

由此看出，推迟开采所产生的价值大于直接开采所带来的收益，从而体现了推迟看涨期权的额外价值。

第六章 结论

贴现现金流法与实物期权方法在思维方式上最大的不同是对待风险的态度。贴现现金流法虽然考虑了风险因素,但却回避风险。实物期权则认为风险越大,越具有投资价值。

实物期权分析方法为不确定环境条件下矿业权价值评估提供了一种独特的决策思路和定量分析方法。从应用的角度看,它没有完全抛弃净现值分析方法,而是在其基础之上,考虑投资期权的价值,从而更为符合实际情况。

实物期权依赖于增加的信息,对于可延迟投资、或可扩展或放弃的投资计划实物期权法更加适用。在运用行实物期权法时,标准的折现工具用来计算期权的输入价值,所以不管在那种情况下折现方法都被最先运用。实物期权方法为决策者提供了一个如何管理投资的框架。在矿业权价值评估过程中,矿业权人具有多种可变柔性经营策略(如推迟、放弃等)。对于这些投资策略,当市场条件有利时,矿业权人有权实施;当市场条件不利时,矿业权人不必实施。矿业权人具有的这些可变柔性经营策略具有一定的价值。

实物期权理论突破了传统决策分析方法的束缚,它不是对传统决策分析方法(如NPV、决策树等)的简单否定,而是在保留传统方法合理内核基础上,对不确定性因素及其相应环境变化做出积极响应的一种思维方式的概括和总结。它给出的适合期权价值的净现值判别标准与实际情形更为吻合。

实物期权分析方法作为传统决策分析方法的改良与发展,不仅在理论上能够给决策者以启迪和指导,而且在方法上也易于被实际工作者所理解和接受,因此为其应用于实践奠定了良好的基础。

致 谢

本文在我的导师李志学教授的指导下，从论文的选题、文章的布局到最终的定稿，无一不倾注了他大量的心血，几易其稿，现在终于成稿。

在此，首先要感谢我的导师李志学教授。三年来在生活上，老师严谨的治学精神、真诚的为人之道将令我终身受益；学习上，时刻感受着他的睿智与严谨，他的谆谆教诲使我在知识的广度和思考的深度上都有了长足的进步。其次，我还要特别感谢长庆石油勘探局的张高工及在论文的撰写以至付印过程中给予我极大帮助的朋友和家人。

参考文献

- [1] 潘婉雯, 闫镇海, 李岩, 刘忠珍. 我国矿业权的产权属性研究[J], 地质技术经济管理, 2003, 10.
- [2] 崔建远、晓坤. 矿业权基本问题探讨, 法学研究, 1998, 4
- [3] 唐咸正. 矿地产权流转, 地矿工作管理, 1997, 1
- [4] 范声华, 刘扬正, 李金生. 论我国矿业权本质、内容及其变动情况[J], 地质技术经济管理, 2000, 2
- [5] 崔建远、晓坤. 论矿业权的客体[J], 法学研究, 1998, 2
- [6] LohmannJR, The IRR NPV and Payback Period and Their Relative Performance in Common Capital Bud-getting Decision Procedures for Dealing with Risk[J]. The Engineering Economist. 1993.39 (1)
- [7] Amram.M, Kulatilaka.N. Real-Options Managing Strategic Investment in an Uncertain World[M], Har-vard131
- [8] 王庆华. 等待的价值—期权评价方法在投资项目评估中的应用企业管理[J], 1997, 7
- [9] 王美涵. 现代企业财务理论的新发展[J], 财经论丛, 1998, 2
- [10] 魏振祥. 期权投资 [M], 中国财政经济出版社, 2002, 12
- [11] Options: Essential Concepts and Trading Strategies , Chapter 1 Homewood
- [12] 王颖怡. 矿业权的流转及收益现值法在矿业权评估中的应用[J]地质技术经济管理 1999. 4
- [13] 王广成. 矿业权价格评估理论探讨与方法分析[J], 中国矿业, 2000, 3
- [14] Dixit A. Irreversible investment with uncertainty and scale economics [J], Journal of Economic Dynamics and Control, 1995, 19(3): 327-350
- [15] Luis H.R.Alvarezl and Rune Stenbacka, Optimal risk adoption:a real options approach, Economic Theory , 2004. 23, 123-147
- [16] Armstrong M, A. Option pricing: a new appro-ach to valuing mining projects[J], CIM Bulletin, 1997, 19(12), 37-44
- [17] 阿维纳什·迪克西特(Avinash K. Dixit) 罗伯特·平迪克(Robert S. Pingdyck) (朱勇 黄立虎等译) 不确定条件下的投资 [M], 中国人民大学出版社, 2002, 4
- [18] 刘英, 宣国良. 现实期权: 企业战略投资决策的新视点[J]. 当代财经, 2000, 2, 61-64
- [19] 郁洪良 金融期权与实物期权——比较和应用 [M] 上海财经大学出版社 2003 版
- [20] Kogut.B, N.Kulatilaka. Options thinking and platform investments: investing in opportunity[J], California Management Review, 1994, 36(2): 52-67

- [21] Rausser.G, A.Small. Valuing research leads: bioprospecting and the conservation of v-enetic resource[J]. Journal of Political Economy, 2000, 108(1): 173-206
- [22] 高世葵, 董大忠. 油气勘探经济评价的实物期权法与传统方法的综述分析与比较研究[J]. 中国矿业, 2004, 1
- [23] 马义飞, 张瑞莲. 实物期权在油气储量价值评估中的应用[J]. 中国矿业, 2002, 5

附录一

B-S 定价模型的基本思路及其推导

Black 在 1989 年的一篇文章中,介绍了他和 Scholes 得到 B-S 模型的全部经过。他指出,期权定价的核心在于设计一个套期组合策略,使得期权市场投资的风险为零。它告诉我们如果构造了这样的套期组合,其能够完全复制期权的收益及风险特征,则下列两个量均应当与期权当前的公允价值相等:第一,构造该套期组合的当前成本;第二,该套期组合在期权到期日价值的期望值按无风险利率贴现的现值计算。

1. B-S 模型的基本假设

(1) 标的资产为股票,其价格 S 的变化为一几何布朗运动,即 $dS = \mu Sdt + \sigma Sdz$

(2) 允许使用全部所得(proceeds)卖空衍生证券。

(3) 没有交易费用或税收。所有证券都是高度可分的。

(4) 不存在无风险套利机会。

(5) 在衍生证券的有效期内没有红利支付。

(6) 证券交易是连续的。

(7) 无风险利率 r 是常数且对所有到期日都相同。

2. B-S 微分方程的建立思路

B-S 微分方程是基于不付红利股票的任意一种衍生证券的价格 f 必须满足的方程。

构造一种包含衍生证券头寸和标的股票头寸的无风险组合。在无套利机会条件下,该证券组合的收益必定为无风险利率 r 。

建立无风险证券组合,假定股票价格和衍生证券的价格都受同一种基本的不确定性的影响:即股票价格变动。在任意一个短时期,看涨期权的价格与标的股票的价格总是正相关;看跌期权的价格与标的股票的价格总是负相关。在两种情况下,如果建立了一种恰当的股票和衍生证券的证券组合,股票头寸的盈利(损失)总是会与衍生证券的损失(盈利)相抵消,因而在短时期末证券组合的总价值也就确定了。

例如,假设在未来某个特殊的时点,股票价格小的变动 ΔS 与该变动引起的欧式看涨期权价格变动 ΔC 之间有如下关系: $\Delta c = 0.4 \Delta S$

构造如下无风险组合:

1. 0.4 股股票多头

2. 一个看涨期权的空头

举例说明:假设当股价上升 \$5 时,期权价值上升 \$2,当股价下跌 \$5 时,期权价值下跌 \$2,即 $\Delta c = 0.4 \Delta S$ 。如果投资持有有一定数量的股票(多头),他想通过套期保值来防范股价变动带来的风险,此时,他可以出售 2.5 倍于所持有股票数量的期权合同(空头),从而建立一个无风险的证券组合。

B-S 方法所建立的头寸仅对一个非常短的时期是无风险的(理论上,它只对瞬间短的时刻保持无风险)。为了保持无风险状态,该头寸必须频繁地进行调整或再平衡(rebalanced)。例如, Δc 和 ΔS 之间的关系也许从今天的 $\Delta c = 0.4 \Delta S$ 变为两周后的 $\Delta c = 0.5 \Delta S$ 。这将意味着对出售的每个期权而言,必须用 0.5 而不是用 0.4 股股票来对冲该期权。然而实际情况是:在任何非常短的时期,无风险证券组合的收益必须是无风险利率。这是 B-S 定价方法中的一个关键所在。

3. B-S 微分方程的推导

假设股票价格 S 遵循随机过程: $dS = \mu Sdt + \sigma Sdz$, 由 Ito 定理得到 S 与 t 的函数遵循的过程

为：

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial s} \mu s + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial s} \sigma S dz \quad (1)$$

假设 f 是基于 S 的某个看涨期权或其它衍生证券的价格。变量 f 一定是 S 和 t 的某一函数。因此从方程(1)可得：

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial s} \mu s + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial s} \sigma S dz \quad (2)$$

方程的离散形式为

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta z \quad (3)$$

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial s} \mu s + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t + \frac{\partial f}{\partial s} \sigma S \Delta z \quad (4)$$

其中 ΔS 和 Δf 是 S 和 f 在短时间间隔 Δt 后的变化量。从 Ito 定理的讨论中可知 f 和 S 所遵循的维纳过程相同。也就是说，方程和中的 $\Delta z = \epsilon \sqrt{\Delta t}$ 相同。所以选择某种股票和衍生证券的证券组合就可以消除维纳过程。

恰当的证券组合应该是：

-1：衍生证券

+ $\frac{\partial f}{\partial S}$ ：股票此证券组合的持有者卖空一份衍生证券，买入数量为 $\frac{\partial f}{\partial S}$ 的股票。定义证券组合

的价值为 Π 。根据定义：

$$\Pi = -f + \frac{\partial f}{\partial s} S \quad (5)$$

Δt 时间后证券组合的价值变化 $\Delta \Pi$ 为

$$\Delta \Pi = -\Delta f + \frac{\partial f}{\partial s} \Delta S \quad (6)$$

将方程(3)和(4)代入方程(5)，得到：

$$\Delta \Pi = \left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t \quad (7)$$

因为这个方程不含有 Δz ，经过 Δt 后证券组合 Π 必定是无风险的。从上一节中列出的假设可以得出该证券组合的瞬时收益率一定与其它短期无风险证券收益率相同。如果该证券组合的收益率大些，套利者就可以通过卖出无风险证券然后用其收入购买该证券组合来获取无风险利益；如果该证券组合的收益率小些，套利者就可以通过卖出该证券组合购买无风险证券来获取无风险利益。所以结果应该

$$\Delta \Pi = r \Pi \Delta t$$

其中 r 为无风险利率。再由方程 (4) 和 (6) 可以得到

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t = r \left(f - \frac{\partial f}{\partial S} S \right) \Delta t$$

化简为:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 = rf \quad (8)$$

方程(8)就是 B-S 微分方程

4. 期权定价

对应于可用标的变量 S 定义的所有衍生证券, 此方程有许多解。解方程时得到的特定的衍生证券取决于使用的边界条件(boundary conditions)。这些边界条件确定了在 S 和 t 的可能取值的边界上衍生证券的价值。对期权定价, 即对 B-S 微分方程根据期权的标的资产(股票)特征及期权的边界条件进行求解。

对于欧式看涨期权的情况, 关键的边界条件为: $f = \text{Max}(S - X, 0)$ 当 $t = T$ 时

对于欧式看跌期权, 边界条件为: $f = \text{Max}(X - S, 0)$ 当 $t = T$ 时

在方程的推导过程中, 应当强调的一点是: 证券组合 Π 并不是永远无风险。只是对于无限短时间间隔内, 它才是无风险的。当 S 和 t 变化时, $\frac{\partial f}{\partial S}$ 也会变化。

为保持证券组合无风险, 有必要连续调整证券组合中衍生证券与股票的相对变化。

对于欧式看涨期权, 结果为:

$$C = S N(d_1) - X e^{-rt} N(d_2) \quad (9)$$

$$\text{其中, } d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

$N(x)$ 为均值为 0 标准差为 1 的标准正态分布变量的累计概率分布函数 (即这个变量小于 x 的概率)。

从式(9)可以看出, 如果期权被执行, 期权的价值由预期股票价格(等号右边第一项)和预期成本(等号右边第二项)的差决定。当期股价越高, 股价的波动性就越大; 无风险利率越高, 到期时间越长, 执行价格 X 越低, 期权的价值就越高。方程可以写成:

$$C = e^{-r(T-t)} [S N(d_1) e^{r(T-t)} - X N(d_2)] \quad (10)$$

$N(d_2)$ 表示在风险中性世界中期权执行的概率, 所以 $X N(d_2)$ 是执行价格乘以支付执行价格的概率。 $S N(d_1) e^{r(T-t)}$ 是如下变量的期望值: 即在风险中性世界中当 $S > X$ 时该变量等于 S , 其它情况下该变量都为零。这解释了 B-S 定价公式中的各项含义, 并说明它与风险中性估价一致。

欧式看跌期权的价值可用与欧式看涨期权类似的方式得出。结果为

$$P = X e^{-r(T-t)} N(-d_1) e^{r(T-t)} - S N(-d_2) \quad (11)$$

附录二

附表一
长庆油田某项目现金流量表(万元)

序号	项目	0	1	2	3	4	5	6	7
1	现金流入								
1.1	销售收入		5770	28792	77603	130745	161822	159372	154970
1.2	回收流动资金								
2	现金流出								
2.1	固定资产投资	13600	22506	123266	152011	143083			
2.2	流动资金		253	1264	3406	5739	7103		
2.3	经营成本费用		1345	6716	18101	30496	37745	37173	36147
2.4	销售税金及附加		897	4478	12068	20332	25165	24785	24101
2.5	所得税		1161	5789	15593	26242	12170	13093	13665
3	净现金流量	-13600	-20392	-112721	-123576	-95147	79639	84321	81057
4	累计净现金流量	-13600	-33992	-146713	-270289	-365436	-285797	-201476	-120419
序号	项目	8	9	10	11	12	13	14	15
1	现金流入								
1.1	销售收入	149042	143752	138202	131600	123668	114809	105352	96166
1.2	回收流动资金								17765
2	现金流出								
2.1	固定资产投资								
2.2	流动资金								
2.3	经营成	34764	33531	32234	30696	28844	26778	24572	22429

附录二

	本费用								
2.4	销售税金及附加	23179	22355	21493	20466	19233	17856	16384	14957
2.5	所得税	13117	12628	12115	11504	10771	9951	9077	8676
3	净现金流量	77982	75238	72360	68934	64820	60224	55319	67869
4	累计净现金流量	-42437	32801	105161	174095	238915	299139	354458	422327

附表二

投资计划表(万元)

序号	项目	0	1	2	3	4	5	6-15
1	总投资							
1.1	固定资产投资	13600	22506	123266	152011	143083		
1.2	建设期利息		266	2001	5355	9120		
1.3	流动资金		253	1264	3406	5739	7103	

附表三

成本费用表(万元)

序号	项目	1	2	3	4	5	6	7	8
1	生产成本	1137	5678	15303	25782	85471	84176	81852	78721
2	财务费用	9	56	183	396	5815	1963	660	660
3	管理费用	207	1033	2784	4690	7165	7077	6919	6706
4	销售费用	1	5	14	24	29	29	28	27
5	总成本费用	1354	6772	18284	30892	98480	93245	89459	86114
6	经营成本费用	1345	6716	18101	30496	37745	37173	36147	34764
序号	项目	9	10	11	12	13	14	15	
1	生产成本	75927	72994	69508	65317	60638	55643	50791	
2	财务费用	660	660	660	660	660	660	660	
3	管理费用	6517	6317	6081	5796	5478	5139	3450	
4	销售费用	26	25	24	22	21	19	17	
5	总成本费用	83130	79996	76273	71795	66797	61461	54918	
6	经营成本费用	33531	32234	39696	28844	26778	24572	22429	

附表四

基础数据表

建设期	年	4
生产期	年	11
达到生产能力年	年	5
产品价格	元/吨	1332
社会折现率	%	12
价格预备差率	%	0
基本预备费率	%	0

投资方向调节税	%	0
流动资金贷款比例	%	70
流动资金贷款利率	%	5.31
贷款占固定资产投资比例	%	45
贷款利率	%	5.247
增值税率	%	17
所得税率	%	15
城建税率	%	5
教育费附加	%	3
资源税	元/吨	8
折旧年限	年	11

附录三

攻读硕士期间发表的论文

1. 张宝娟 国内外矿业权评估思想的演进[J], 西安石油大学学报, 2004.3, 19-21.
2. 李志学 张宝娟 石油储量价值评估方法及其参数分析[J], 地质技术经济管理 2004.6, 58-63.