

文章编号: 1000 0747(2006) 01 0115 04

# 石油勘探开发项目实物期权特性分析

张永峰<sup>1,2</sup>, 杨树锋<sup>1</sup>, 贾承造<sup>2</sup>, 陈汉林<sup>1</sup>, 胡素云<sup>2</sup>, 李小地<sup>2</sup>

(1. 浙江大学理学院地球科学系; 2. 中国石油勘探开发研究院)

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司油气勘探生产发展战略及经济评价方法研究项目(107401 C00110);  
教育部高等学校优秀青年教师教学和科研奖励计划

**摘要:** 从金融领域衍生的实物期权理论能更充分地考虑项目进展过程中的灵活性价值和战略价值。石油公司参与经营大型石油和天然气勘探开发项目的典型商业决策时序属期权行为, 详细分析了石油勘探开发项目的实物期权特性, 提出了实物期权法应用于石油勘探开发项目战略经济评价领域的原因及应用机理, 分析了终止期权和停启期权的涵义, 并且通过实例讨论实物期权理论在石油勘探开发项目战略经济评价领域的评价效果。在对石油勘探与开发这类高风险、不确定性因素多的项目进行经济评价时, 用实物期权法能将项目的各个阶段分别考虑, 在每个阶段结束后, 投资者都可根据项目进展情况决定是否继续投资, 有效地规避风险; 而传统的现金流量法一旦对项目投资, 中途不可终止, 可能对投资产生误导。实物期权法有利于提高石油勘探开发项目的经济性以及决策的准确性。图 1 参 17

**关键词:** 石油勘探开发项目; 经济评价; 实物期权法; 现金流量法; 战略决策

中图分类号: TE322

文献标识码: A

## Real option characters of petroleum exploration and development projects

ZHANG Yong feng<sup>1,2</sup>, YANG Shu feng<sup>1</sup>, JIA Cheng zao<sup>2</sup>, CHEN Han lin<sup>1</sup>, HU Su yun<sup>2</sup>, LI Xiao di<sup>2</sup>

(1. Department of Earth Science, Zhejiang University, Zhejiang 310027, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration &amp; Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The theory of real option derived from the financial world could better take into account the financial value of adaptability and strategy of the petroleum exploration and development projects. The commercial strategy sequence of oil companies managing the petroleum exploration and development projects is a kind of option activity. The characters of real options of the petroleum exploration and development projects are analyzed, and the reason and mechanism of applying the real options method in the economic evaluation of the projects are discussed in this paper. Also discussed are the connotations of abandonment option and shutdown option. Example analysis is provided to demonstrate the evaluation efficiency. In the economic evaluation of the petroleum exploration and development projects with high risks and many uncertainties, the real option method allows to evaluate the project in each separate stage. The investors may choose to continue or stop the project according to the progress conditions, while the conventional cash flow method does not allow to stop the project during the process, which may misdirect the investment. The real option method may help to enhance the economic value and accuracy of decision making of the petroleum exploration and development projects.

**Key words:** petroleum exploration and development project; economic evaluation; real option method; cash flow method; strategic investment decision

## 0 引言

石油勘探开发是长周期、高风险、高投入、高回报的系统工程, 必须根据其特点进行石油勘探开发项目战略经济评价<sup>[1,2]</sup>。期权理论虽然早在 1973 年就已提出, 但其应用一直限于金融领域<sup>[3,5]</sup>。Black-Scholes 期权定价模型的诞生标志着现代期权理论的建立<sup>[5,9]</sup>。期权除了可以构造新型金融产品之外, 还可延伸应用到许多现实经济活动中。近年, 国内外已有学者开始

研究如何将实物期权法应用于油气勘探领域<sup>[1,3,7]</sup>。

本文旨在通过对石油勘探项目中实物期权特性的分析和讨论, 探讨实物期权理论在中国石油勘探开发项目战略经济评价领域的适用性。

## 1 石油勘探开发项目的实物期权特性

石油公司参与经营大型石油和天然气勘探开发项目的典型商业决策时序代表着一个期权行为<sup>[8]</sup>。石油公司首先需要获得对资源产地进行勘探的许可证, 然

后进行勘探投资,通过获取地质数据以确定他们的风险和预期的回报。如果该预期结果是乐观的,将引导进行钻探;如果钻探成功,石油公司将确认并详细描述产油区;若产油区有经济性,公司将进行开发。当石油产品的收入降低到低于运营成本时,公司将放弃该项目<sup>[9]</sup>。在目前的经济、技术发展、政治趋向、合同期限等条件下,石油公司可能在各个决策点决定后续的投资行为,即继续投资、延缓投资、出售部分或全部权益,甚至放弃投资。对于石油勘探开发这类投资先行的项目,其进行过程中的每一个状态都代表了一个期权。

石油勘探开发项目的投资是分阶段投入的。在一个阶段完成后,投资者将重新评价勘探开发项目,若认为项目可行,则继续投资,否则就放弃。任何后续阶段的投资都建立在之前的投资决策基础上<sup>[10]</sup>。不断投入勘探投资能够不断获得是否存在石油资源的证据,并能获取数据,以更好地估计该地区的石油储量,消除地质因素的不确定性。

根据中国石油勘探开发项目的实际投资阶段,并参照《石油工业建设项目经济评价方法与参数》<sup>[11]</sup>,石油勘探开发项目的评价阶段主要分为勘探阶段和稳定开发阶段。其中,勘探阶段又划分为区域勘探阶段、预探阶段和详探阶段<sup>[11]</sup>。石油勘探开发是高投入、高风险的复杂系统工程,尤其是在市场经济条件下进行石油勘探开发决策,必须根据市场经济条件,从区域勘探到预探、详探以及项目投入开发等,进行全过程的经济评价<sup>[12]</sup>。因此,本文将石油勘探开发项目划分为区域勘探、预探、详探、稳定开发4个阶段,并对整个勘探开发项目进行一体化评价。

石油勘探开发是一种学习型投资,即消除一系列地质与市场不确定性的期权。虽然所有的期权都需要投资以取得做出决策的机会,但学习型投资还需要持有者购买做出决策所需的信息,并继续投资以保持期权有效<sup>[13]</sup>。从实物期权的角度来说,石油勘探开发项目的勘探阶段包含了一系列消除某地区油气储量与产量不确定性的期权,项目的价值除了用传统的现金流量法评价得到的项目本身的价值外,还包括勘探过程中的灵活性价值与战略价值,即期权的价值。区域勘探阶段的投资产生继续勘探期权,得到有关油田规模和成功概率等方面的信息;预探阶段的投资用于用地震波探测和钻井来降低油田规模的不确定性;详探阶段可以确定可采油气储量以及油气藏规模。一般来说,在项目勘探结束进入稳定开发阶段之前,大多数有关油气储量的不确定性都已消除。在稳定开发阶段,

期权的价值则主要取决于最新的石油市场价格不确定性的水平和性质。

## 2 实物期权法在石油勘探开发项目战略经济评价中的应用机理

实物期权方法是评估价值和制定战略决策的一种重要思维方法<sup>[13,14]</sup>。高风险、不确定性因素多的项目投资多采用分阶段的方式进行,而实物期权法在对这些项目进行经济评价和投资决策时,能够分阶段地对项目进行评价。因此,与传统的现金流量法相比,用实物期权法对高风险、不确定性因素多的项目进行经济评价更具有优势。实物期权法能够将石油勘探开发项目的各个阶段分别作为一个整体来考虑,在每个阶段结束后投资者都可以决定是否继续投资。如果项目进行状况不如预测的那样乐观,就可以停止投资,避免产生更大的损失。而现金流量法则认为一旦对项目投资,中途不可以取消。所以现金流量法评价的结果将会误导投资,而实物期权法则有效地规避了风险。

石油勘探开发项目存在着风险性和不确定性,其价值会在项目进行过程中波动。这种价值波动的风险主要由两种因素综合作用:①勘探开发项目的地质风险及石油市场风险,这属于系统风险;②由于外界不可抗力造成的对项目的冲击,属于非系统风险<sup>[15]</sup>,即突发性事件风险。本文所讨论的价值波动仅限于由前者导致的项目价值波动。

在对一个新油田进行勘探开发时,假设区域勘探阶段投资为 $I_1$ ,预探阶段投资为 $I_2$ ,详探阶段投资为 $I_3$ ,项目所产生的现金流在投资 $I_3$ 后产生。这样,在油田的勘探过程中,石油公司就可以根据石油市场价格、预测可采储量的变化来决定是否继续追加勘探开发项目的勘探投资。如果石油公司在某一个勘探阶段结束后,发现情况不如预算的那样乐观,可立即决定放弃项目并终止以后各阶段的投资,以避免更大的损失。因此,投资者可以根据决策时不确定性因素的现实情况,选择终止或者继续项目,即决策者在各个勘探阶段拥有放弃项目的权力。从实物期权角度来说,这种期权为终止期权,其价值必须在评价时予以考虑。计算得到的期权价值的准确与否,主要取决于期权模型中的参数估算是否合理并与实际相符。

当石油产区进入稳定开发阶段后,用常规的现金流量法评价项目价值时,假设油田一直生产直至项目评价期结束,净现值即为按照合适的贴现率将评价期内各年净现金流贴现到决策点的总和。然而在实际的操作中,只要石油公司所拥有的开采权不过期,公司根

据现实生产成本、石油市场价格的变化,按照一定的标准,认为对项目价值增加有帮助时才进行开发生产,而认为当年生产会导致项目价值减少时就停止生产。这种生产运营上的弹性,赋予了油气勘探开发项目稳定开发期停启期权的特性<sup>[16,17]</sup>。

由停启期权对石油勘探开发项目价值的影响(见图1)可见,若市场油价低于运营成本,可能造成项目价值亏损,那么公司就有可能利用生产运营的弹性,暂时停止石油产区的生产,等待石油市场价格的回升,而当石油市场价格恢复至高于运营成本时重新启动石油勘探开发项目,从而有效地规避由于市场油价风险所引发的项目亏损风险。在图1中,虚线表明当市场油价低于运营成本时实物期权法计算的项目价值,其中包括了停启期权的价值,因此所得结果将大于现金流量法获得的结果;而在市场油价高于运营成本时,实物期权法计算的结果与现金流量法相同,即曲线重合,为实线。

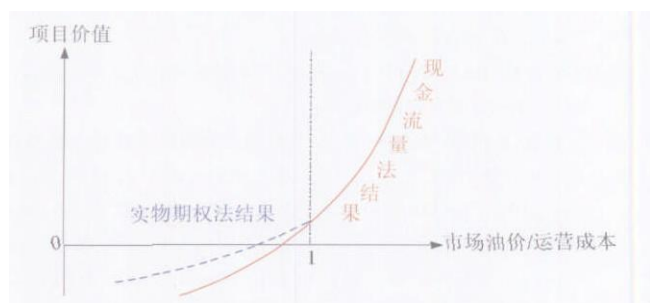


图1 停启期权灵活性对石油勘探开发项目价值影响示意图

可见,根据油气勘探开发项目的现实投资与运营来分析,其所含有的实物期权的特性是明显的,有必要在该类项目的经济评价中,引入可处理因管理决策不同所带来的灵活性的价值的实物期权法。

### 3 实例分析

以某区块勘探开发项目的预探阶段为例,进行期权评价。该项目在不考虑期权价值时,其项目价值为-62.63百万元。根据现金流量法的评价标准,亏损的项目应该终止。然而,在项目进行过程中,管理者可能采取一些干预措施,从而可能有效地规避一些风险,挽回一些损失。因此,在考虑了这部分灵活性价值和战略价值后,根据期权计算模型,计算得到包含期权价值的项目综合性战略价值为8350.35百万元,综合期权价值为8412.98百万元,终止期权价值为8289.80百万元,停启期权价值为209.61百万元。

从期权分析结果可以看出,在考虑期权的价值之后,项目的价值提高非常大,而且结果是用现金流量法

评价认为该终止的项目应继续投资开发。实物期权法评价所提高的项目价值是综合考虑了项目进行过程中对项目进行调整的可能后的综合性战略价值。综合性战略价值中包含了3点含义:

①在勘探过程中由于地质不确定性可能导致年度产量在一定幅度内变化,且油田每年都可能新增储量,在应用实物期权法评价中正是考虑到了这种不确定性。即使项目出现亏损,考虑到后期的新增储量,那么项目价值也有可能在这段时间后逐渐变为正值。

②如果项目运营状况不佳,有可能发生大规模亏损,那么决策者可以在项目进行中某一阶段决策时放弃该项目,从而避免大规模的亏损,所挽回的亏损也反映在期权价值中。

③当项目进入稳定开发阶段之后,如果出现市场状况不好、油价过低的情况,决策者可马上暂停项目,等油价回升时再重新启动。虽然在项目暂停期间,石油公司可能由于支出员工工资和对项目进行维护支出一定费用,但是与项目在不利环境下继续进行相比,已经避免了更多的亏损,这部分价值也反映在期权价值中。

实物期权法考虑了石油勘探开发项目进行过程中的多种不确定性,通过决策者对项目的干预,可能使项目的价值发生非常大的改观。因此,实物期权法对于改善项目的经济评价结果以及决策是否进行项目的勘探开发都有非常重要的意义。

### 4 结论

当前,中国的几大石油公司都已经上市,成为股份制公司。除了国家的股份以外,其他的股份掌握在国内外的投资者所组成的股东手中,他们最关心的是公司的投资回报率。因此,如何减少投资决策失误,提高勘探效益,实现高的投资回报率,成为当前中国几大石油公司必须认真面对的首要问题。

实物期权这种新的投资思路与评价方法的实际意义主要表现在两个方面:①为决策者适时考虑经营环境或市场变化,从而调整投资的规模、时机、组合、目标领域等提供宝贵的灵活性;②对忽略、低估或无法确定投资战略价值的传统决策、评价思路、方法做出必要的修正和补充。

应用实物期权的观点和方法来分析评价不确定性情况下的投资项目,使得投资者能够根据环境的不确定性变化做出适时的调整,并且可利用环境的不确定性为投资项目创造更大的价值,更好地规避风险。与传统的现金流量法相比,实物期权方法处理不确定性

情况下的投资决策问题更能挖掘不确定性环境下项目所具有的灵活价值和战略价值,即传统的观点是将不确定性作为一种消极的因素来考虑,而期权的观点则是将不确定性作为积极的因素加以考虑。

虽然,与现金流量法相比,实物期权理论具有很大的优势,但是其计算模型中参数的确定非常关键,直接影响着评价结果。目前,在石油勘探开发项目战略经济评价领域中,实物期权法的研究刚刚起步,如何根据中国的实际情况确定勘探开发项目中存在的各种类型的期权,以及如何确定计算模型中的参数,是一个非常值得研究的课题。

#### 参考文献:

- [1] 黄旭楠,包世界,傅振华,等.油气勘探经济评价方法探讨[J].石油勘探与开发,2000,27(3):9-13. (HUANG Xu nan, BAO Shi jie, FU Zhen hua et al. Discussion on economic evaluation methods of oil and gas exploration[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(3):9-13.)
- [2] 吴秋南.评估石油储量价值的期权方法[J].石油勘探与开发,2002,29(2):120-122. (WU Qiu nan. The option method for evaluating the value of petroleum reserves [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(2):120-122.)
- [3] Amram M, Kulatilaka N. 实物期权——不确定环境下的战略投资管理[M]. 张维(译).北京:机械工业出版社,2001. 4-222. (Amram M, Kulatilaka N. Real options—managing strategic investment in an uncertain world[M]. ZHANG Wei (Trans.). Beijing: China Machine Press. 2001. 4-222.)
- [4] 蔡进功,吴锦莲,晁静.国际油公司油气资源经济评价现状[J].石油勘探与开发,2002,29(5):96-98. (CAI Jin gong, WU Jin lian, CHAO Jing. Oil and gas resources economic evaluation characteristics of international petroleum companies [J]. Petroleum Exploration and Development. 2002, 29(5):96-98.)
- [5] 张永峰,杨树锋,贾承造,等.用于油气勘探项目战略经济评价的实物期权法[J].石油学报,2003,24(1):15-24. (ZHANG Yong feng, YANG Shu feng, JIA Cheng zao, et al. Real options method for strategic economic evaluation of oil and gas exploration project[J]. Acta Petrolei Sinica. 2003, 24(1):15-24.)
- [6] 郁洪良.金融期权与实物期权——比较和应用[M].上海:上海财经大学出版社,2003. (YU Hong liang. Financial options and real options—comparison and application[M]. Shanghai: Shanghai University of Finance & Economics Press. 2003.)
- [7] 罗开位,侯振挺,李致中.期权定价理论的产生与发展[J].系统工程,2000,18(6):1-5. (LUO Kai wei, HOU Zhen ting, LI Zhi zhong. Option pricing theory: the evolution and development[J]. System Engineering, 2000, 18(6):1-5.)
- [8] Peter R Rose. 油气勘探项目的风险分析与管理[M]. 窦立荣(译).北京:石油工业出版社,2002. (Peter R Rose. Risk analysis and management of petroleum exploration ventures[M]. DOU Li rong (Trans.). Beijing: Petroleum Industry Press. 2002.)
- [9] 李晓明.论真实期权及其在长期投资决策中的应用[J].投资研究,1999,11(11):18-21. (LI Xiao ming. Discussion on real options and its application in long term investment decision[J]. Investment Research, 1999, 11(11):18-21.)
- [10] Saito R, G N de Castro, Mezzomo C, et al. Value assessment for reservoir recovery optimization[J]. Journal of Petroleum Science & Engineering, 2001, 32(2-4):151-158.
- [11] 中国石油天然气总公司计划局,中国石油天然气总公司规划设计院.石油工业建设项目经济评价方法与参数(第二版)[M].北京:石油工业出版社,1994. 1-88. (Planning Bureau of CNPC, Planning and Designing Institute of CNPC. Economic evaluation method and parameter of petroleum industrial construction projects (Second Edition) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press. 1994. 1-88.)
- [12] 杨昀,姜英昆,胡晓春.油气勘探开发全过程评价与商业储量[J].低渗透油气田,1999,4(3):83-88. (YANG Yun, JIANG Ying kun, HU Xiao chun. Assessment of oil & gas exploration and development and commercial reserve[J]. Low Permeability Oil & Gas Field, 1999, 4(3):83-88.)
- [13] Dixit A K. Invest and hysteresis[J]. Journal of Economic Perspectives, 1992, 6(1):32-107.
- [14] 贾承造,杨树锋,张永峰,等.油气勘探项目风险分析与实物期权法经济评价[M].北京:石油工业出版社,2004. 102-124. (JIA Cheng zao, YANG Shu feng, ZHANG Yong feng, et al. Risk analysis and economic evaluation of oil and gas exploration project with real option method[M]. Beijing: Petroleum Industry Press. 2004. 102-124.)
- [15] 张永峰,陈汉林,杨树锋,等.石油勘探领域期权波动率参数阶段性估算[J].石油大学学报(自然科学版),2004,28(5):139-144. (ZHANG Yong feng, CHEN Han lin, YANG Shu feng, et al. Study on estimation of stage volatility in real options of petroleum exploration[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(5):139-144.)
- [16] Brennan M J, Schwartz E. Evaluating natural resource investment[J]. Journal of Business. 1985, 58(2):135-157.
- [17] Cortazar G, Schwartz E S. Implementing a real option model for valuing an undeveloped oil field[J]. International Transactions in Operational Research, 1997, 4(2):125-137.

第一作者简介:张永峰(1978),男,黑龙江大庆人,中国石油勘探开发研究院资源规划所博士后,主要从事油气勘探项目经济评价与风险分析研究工作。地址:北京市海淀区学院路20号,中国石油勘探开发研究院资源规划所,邮政编码:100083;电话:(010)62097440。E-mail:zyf2005@petrochina.com.cn

收稿日期:2005-07-07 修回日期:2005-10-08

(编辑、绘图 唐金华)