

净现值和能源投资回报方法比较研究

闫君^{1,2} 冯连勇¹ 熊苾¹ 杨桂荣³ Попова Людмила²

1. 中国石油大学(北京)经济管理学院, 北京 102249;

2. 圣彼得堡国立大学经济学院, 俄罗斯 圣彼得堡 199034;

3. 中国石油国际勘探开发有限公司, 北京 100034

摘要:油气资源勘探开发面临投资成本高、风险高、不确定性等诸多问题,传统的油气资源经济评价方法有净现值法、级差地租(矿利)法、储量成本法以及未广泛使用的勘察费用倍数法等,近年来国际上涌现了新的经济评价方法——能源投资回报(Energy Return on Investment)方法,这些方法在油气资源经济评价过程中各有优劣。从能源经济评价的理论和方法角度,阐述了净现值法和能源投资回报方法在实际应用中的优点和不足。在国际油气项目开发经济评价案例中,应该综合各种经济评价方法的优点,规避缺陷,建立动态的经济评价体系,为油气资源开发的时间选择、最佳开发方式、环境社会影响等重要投资决策提供科学依据。

关键词:经济评价;净现值;能源投资回报

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2020.02.022

Comparative Study of Discounted Cash Flow and Energy Returns on Investment

Yan Jun^{1,2}, Feng Lianyong¹, Xiong Yi¹, Yang Guirong³, Lyudmila Popova²

1. School of Business Administration, China University of Petroleum(Beijing), Beijing, 102249, China;

2. School of Economics, St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russia

3. China National Oil and Gas Exploration and Development Ltd Corporation, Beijing, 100034, China

Abstract: Oil and gas resources exploration are facing many problems such as high investment costs risks and large uncertainties. Traditional evaluation methods for oil & gas resources include the Net Present Value, Differential Rents, Reserve Cost method, and Multiple Cost method. Energy Return on Investment is a new economic evaluation method. These methods have their own advantages and disadvantages. This article expounds the advantages, and shortcomings of different methods in practical application. However, the shortcomings should be avoided to establish a dynamic economic evaluation system when implementing various economic evaluation methods. The purpose is to provide the right time selection as well as environmental and social impact under a scientific basis for oil and gas resource development.

Keywords: Economic evaluation; Net present value; Return on energy investment

收稿日期:2019-12-23

基金项目:国家自然科学基金项目(71874202/71874201)

作者简介:闫君(1987-),女,山西吕梁人,博士研究生,主要从事能源经济研究。E-mail:yanjun2014@126.com

通信作者:冯连勇(1966-),男,山东广饶人,教授,博士,主要从事能源经济学、国际石油经济学和技术经济学的教学与科研工作。E-mail:fenglyenergy@163.com

0 前言

资源环境问题是人类社会工业化和城市化的结果,资源约束成为人类社会发展的重大障碍。石油天然气是重要的战略性资源,国际油气资源勘探开发市场日益激烈。从全球范围看,中东、西亚、北非主要是常规油气资源,其勘探开发成本很低;北美油气资源丰富地区人口密度低,随着技术的发展,美国页岩气革命到来;中国地域广阔,油气资源储量丰富,地质情况复杂,油气资源勘探开发面临诸多不确定性和风险,尤其是非常规油气资源的开发在资源赋存条件、开采技术条件、加工工艺、运输条件等方面更加复杂。传统油气资源经济评价方法中以西方折现现金流方法应用广泛。特别是在非常规能源经济评价中,仍然沿用该方法。中国页岩气富集区的地表多为山区,埋藏深,钻探、压裂、开采成本高,技术开发尚处早期,配套设备也不成熟。页岩气开发井产量递减速度非常快,开采过程中的碳排放、水污染、大气污染等环境问题明显。传统方法仅从“现金流”角度评价,忽略了环境、不确定因素下柔性决策的价值以及全生命周期投入产出等要素^[1]。因此,建立和引入适合非常规油气资源的经济评价方法迫在眉睫^[2]。

在深入了解传统油气资源经济评价过程中涉及油气资源储量预测、技术可采储量、经济可采储量预测、开发时间、开发投资、经济开采年限预估、折旧期限等重要考量因素后,建议建立能源动态经济评价体系,强调能源投资回报(Energy Return on Investment)方法的科学性,见图 1。油气资源开发投资决策不应依赖传统的净现值和内部收益率及敏感性分析判断,而应综合考虑能源投入与产出、环境影响、时间价值。

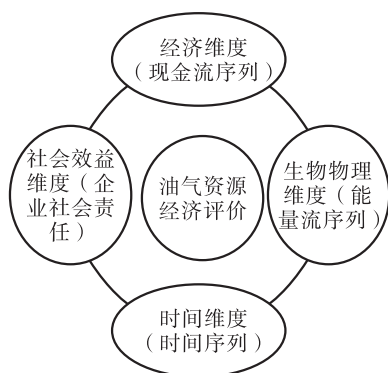


图 1 油气资源经济评价框架图

Fig. 1 The framework of economic evaluation of oil and gas resources

1 理论研究

以货币为衡量单位,资源价值评估可以通过收益

法、市场法和成本法三种途径实现。油气资源经济评价方法中,以净现值法为代表的折现金流方法通过估算油气资源未来预期收益的现值来确定其价值,评价过程中因参数明确、结果客观、易于操作,故被广泛使用。但是净现值经济评价指标单一,微小的参数变化使得结果大相径庭,在低油价背景下容易造成项目价值低估^[3]。在 2000 年和 2002 年的石油工程师协会(Society of Petroleum Engineers, SPE)年会上,参会者针对净现值等经济评价方法展开讨论,2003 年的 SPE 年会上对“资产价值评估理论与艺术”进行了研讨。净现值法在油气资源经济评价方面有优势,但同时也存在使用陷阱。

能源投资回报是能源产出与能源投入的比率,其本质是运用物理方法来衡量资源稀缺性。能源投入一般认为是与人类活动有关的投资,而资源开发经济评价过程中自然资源本身的一次性能源投入(能源自耗)往往被忽略^[4]。油气资源经济评价中能源投资回报计算过程考虑了能源自耗和初始勘探投入。能源投资回报方法从生物物理经济学角度,考虑资源开发中的投入、产出要素。目前能源投资回报方法在学术界备受关注,被认为是可广泛应用的、非常有价值的经济评价工具和方法,强调了能源质量和经济环境社会效益^[5]。

因此,在油气资源经济评价过程中,立足风险规避和科学评价角度,应建立油气资源勘探开发动态经济评价体系,既从“货币流”的角度评价油气资源投资经济性,又要从“能量流”角度评价油气资源的投入和产出,全面合理修正经济评价结果,使投资决策更准确。

美国纽约州立大学 Lambert J C 和 Hall C A S 等人^[6]量化了全球化石能源开发能源投资回报值,探索了能源投资回报值与资源价格、社会经济之间的关系。美国德克萨斯奥斯丁大学能源研究所 King C^[7]研究了化石能源净能源下降与经济动态发展的动态联系。

2 研究方法

2.1 净现值评价方法

净现值属于折现现金流的一种,源于 Irving Fisher 的资本价值理论,1906 年他在《资本与收入的性质》中提到了将未来收入资本化,1930 年他创立了未来收益的折现模型,即净现值公式^[8]:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(CI - CO)_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

式中:NPV 为油气资源目标区在评价期内的经济效益,元;CI 为评价期内开发油气资源的现金流入;CO 为评价期内开发油气资源的现金流出;t 为评价期,a; i 为基准折现率,% ; $(1+i)^{-t}$ 第 t 年的折现系数。

净现值是投资决策中对于资本支出(流出)的重要

决策过程,属于油气资源勘探开发项目中前期的资本预算环节。油气项目的决策取决于经济评价结果科学性。油气资源投资的净现值为投资项目的现值与投资成本的差,公式为:

$$NPV = PC - C \quad (2)$$

式中:PC为油气资源的现值(目标值);C为投资成本,元。

进一步细化该方法公式表达为:

$$NPV = - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^i} + \sum_{i=1}^{k+} \frac{C'_i}{(1+i)^i} \quad (3)$$

式中: C'_i 为第*t*年现金流量期望值; C_i 为第*t*年投资成本,元;*t*为投资回收期,*a*; *i*为折现系数。

在进行投资决策时,若净现值为正值,则进行投资。与其他投资决策方法相比,该方法在国内外油气资源评价中被普遍接受和认可。油气投资一般属于大型投资项目,需要估算即期和以后各期的资本投入,实践中科学估算各期的项目现金流相对困难,因此一般用平均现金流。而各年的现金流受折旧率影响,因此折现率的确定是关键。“PV-10”通常被认为是油气投资的折现率,但是10%的折现率仅仅是经验法则^[9]。

净现值以现值为基础,根据财务数据的现金流入和流出来分析机会成本,具有一定的客观性。同时,净现值具有可加性,直观简单。但是净现值隐含的假定投资项目存在一个静态的预期现金流,忽视了增长机会的价值。

Hodder J C等人^[10]总结了折现现金流模型的缺陷:一是不能很好处理通货膨胀因素的影响,尤其是在长期投资决策案例中;二是单一的折现率不能反映复杂的风险状况;三是投资决策不可逆,而实践中是灵活的,决策者可以根据外界环境的变化以及投资项目的不确定性进一步更改投资决策,以达到灵活投资,避免损失。

实践中,许多净现值是正值的项目在实施过程中却长期亏损。以加拿大油砂收购项目为例,石油公司在高油价经济利好背景下做出了经济评价结果,但收购以失败告终,根本原因是现金流预测失误。全球金融危机背景下,油价持续走低,传统净现值经济评价建立在对原油价格预测基础上,这些评价方法没有考虑生产过程产生的外部性,如环境问题、社会效益、就业等。

2.2 净现值评价应用举例

影响净现值的因素包含了油价、成本等变化对投资收益净现值造成的影响。对致密经济评价的影响因素包括天然气价格、成本、勘探开发生命周期、折现率。以中国南部致密气田为例,年平均产气 $2 \times 10^5 \text{ m}^3$,预计可采年限为20 a,经济参数见表1。由表2不同天然气价格预测基准下计算的净现值结果分析,天然气价格变化对

净现值结果影响巨大。在日常实践中,天然气价格受市场和国内外政治因素影响,对经济评价结果至关重要。

表1 中国南部致密气项目开发基础数据表

Tab.1 Basic data of the tight gas project

序号	参数	取值及说明
一	基本参数	
1	井口数/口	32
2	产气时间/a	20
3	基准率/(%)	8
二	税金类参数	
1	增值税率/(%)	5
2	城市维护建设费/元	增值税金额1%
3	教育附加/元	增值税金额5%
4	天然气资源税/元	增值税金额4.8%
三	成本费用类参数	
1	固定成本/万元	28 164
2	可变成本/(元·m ⁻³)	0.69
四	收入类参数	
1	气价/(元·m ⁻³)	1.5
2	商品率/(%)	82.37
五	产量	
1	平均年产气量/10 ⁴ m ³	20
2	经济极限年产量/10 ⁸ m ³	4.96

表2 不同天然气价格下净现值和内部收益率计算结果表

Tab.2 Results of NPV and IRR at different gas prices

天然气价格/(元·m ⁻³)	净现值/元	内部收益率/(%)
0.75	-10 585 619 971.43	-1.73
1.5	111 548 002 997.60	8.05

2.3 能源投资回报评价方法

早在1955年,Fred提出了能源盈余(即能源净生产量)概念,成为最早的能源投资回报的雏形。1973年,美国生态学家Odum首次提出净能源概念,得到《联邦非核能研究和发展法案》的认可和引用。1975年,Gilliland指出能源投资回报方法的优越性,认为它是评价净能源最合适的方法之一。1984年,Hall C A S等人^[11]正式提出了能源投资回报概念,阐述了能源投资回报对社会发展和经济增长的重要意义,但此后国内外未重视。2008年后,国际金融危机爆发、国际石油价格大幅波动、国际石油市场不断变化,Murphy D J等人^[12]研究了全球范围内油气资源能源投资回报阈值,其成果被学术界广泛关注和接受。

能源投资回报是能源开发的产出与投入的比值,如式(4)所示。能源投资回报关注如下几个问题:一是经

济分析的边界;二是能源质量的相关性;三是能源与经济的相互关系;四是能源投资回报阈值数据库^[13-15]。

$$EROI = \frac{\sum_{i=1}^n E^o}{\sum_{i=1}^n E^i} \quad (4)$$

式中: E^i 和 E^o 分别代表第 i 种能源产出与投入的值, J 。

能源投资回报作为能源投资经济评价的新指标,以热量为衡量单位,可以直观比较不同能源生产价值的大小;能够有效评价能源质量的变动情况;客观说明能源耗竭与技术进步的关系;为决策者提供油气能源投资评价决策依据。传统净现值从经济角度进行评价,关注资源的产量、成本和质量,以现金流和利润率作为评价基础,以货币为单位衡量经济价值,但忽略了在能源生产和转化过程中的能源消耗。能源投资回报不仅考虑了投入产出,从能量流动(实物流)的动态角度关注了能量的损耗和环境指标,有效测量了能源效率和质量,较好地评价了能源生产的真正价值,同时能够有效解释技术进步对能源产出影响^[5,15]。

此外,能源投资回报在定义了投入产出边界后,考虑了能源转换过程中的生态环境以及社会影响,直观衡量能源成本高低。目前,能源投资回报方法还未大规模应用,但该理论方法在学术界重视程度很高,不仅是在油气等能源经济评价中,在军事领域、碳排放领域也受到关注。2019 年中国石油大学(北京)冯连勇石油峰值研究团队测算了加拿大油砂能源投资回报值,该研究成果 2019 年获法国埃尼奖提名^[16-18]。能源投资回报方法也存在不足,能源产出经济边界国际上尚未统一标准;能源转换过程中直接投入和间接投入数据要求严格,与财务数据相比不易获取,需要获取更为准确的货币量背后隐含的物质流和能源流。未来在将能源投资回报定义了统一的核算标准和边界后,建立大规模能源数据库,为政府和工业化部门、企业界和公共管理决策提供决策依据。

2.4 能源投资回报方法评价应用举例

当前,世界上主要的非常规油气资源包括重油、油砂、致密油、油页岩、页岩气、致密气、煤层气等。油砂和页岩油气的生产目前仅仅集中在北美地区。油砂属于非传统石油资源,外观似黑色糖蜜,因为开采和提炼过程中污染很大,又被称作“脏油”,全球绝大部分油砂资源都集中在加拿大^[18]。研究团队采用能源回报评价方法,从公司层面对加拿大油砂近六年资源价值进行分析,见图 2。开采油砂需要露天挖掘,开采出的油砂运到加工厂进行分离,极易产生尾矿坑,且分离油砂还需要大量燃料。由图 2 可以看出,加拿大五大油砂公司能源投资回报值仅维持在 1 左右,油砂项目的投资风险很大。

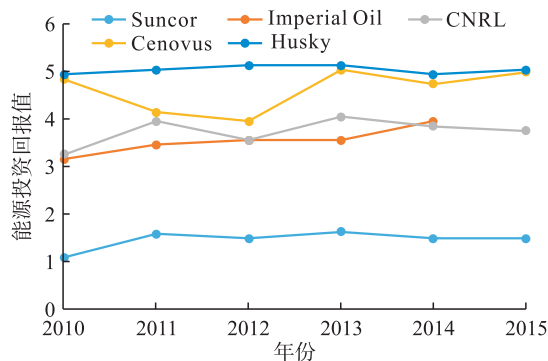


图 2 加拿大五大油砂公司能源投资回报值统计图

Fig. 2 EROI value of five Canadian oil sands companies

2.5 能源投资回报与净现值评价方法比较

能源投资回报以热量为衡量单位,是能源产出与投入的比值;净现值是以货币为衡量单位,是确定数值。能源投资回报与净现值综合决策参照标准见表 3。表面上看,它们似乎没有必然联系,但都是资源经济评价的有效指标^[19]。

表 3 经济评价综合方法表

Tab. 3 Comprehensive method of economic evaluation

能源投资回报方法	净现值法	油气项目投资可行性决策
> 基准值	> 0	可行
> 基准值	< 0	不可行
< 基准值	> 0	不可行
< 基准值	< 0	不可行

3 油气资源经济评价方法的选择

油气资源开发经济评价包含了内外部诸多主观和客观因素,是复杂的过程。折现现金流法被普遍认为是一种重要的评价方法,其他评估方法如实物期权法、能源回报方法等也具有一定的科学性和实用性。

不同的评估方法会使评估结果大相径庭。因此,建立一种科学的动态评估体系,综合运用不同的评价方法,从经济、环境、时间多角度考虑勘探开发项目,全方位评价资源的勘探开发价值变得尤为重要。传统油气资源经济评价案例中,净现值法应用广泛,评价方法以财务数据为基础,有一定可信度。但随着经济社会的发展和科学技术的进步,传统单一的净现值法已不能满足投资决策的需要,人们对环境、气候变化、健康等关注度越来越高,净现值法显然只考虑了经济因素,此评价方法会有悖于客观现实和未来预期。尤其是在低油价背景下,油气开发评价往往容易被低估,造成错误的投资决策,甚至是资源浪费。相反,在高油价背景下,净现值又会造成盲目投资后果,给企业未来经营带来利润损失。油气资源在全球范围内面临挑战和困境,传统资源

经济评价体系追求经济效益最大化,忽略了环境因素。能源投资回报方法是学术界新兴的评价净能源产出的方法,其关注重点是扣除能源投入后的能源产出^[20]。

4 结论

在条件允许的情况下,油气资源投资决策应该同时运用多种方法进行评估,建立动态评估机制,从而做出科学合理的投资决策。两种评价方法中,在进行净现值计算前还可运用能源投资回报综合考虑能源成本和质量、环境等要素,建立油气资源投资决策的动态评价机制,从经济、环境、社会、时间、效率多方面综合考虑。

综上所述得出如下结论:净现值是财务的指标静态分析;能源投资回报从能量流角度出发,考虑了能源自耗。两种经济评价方法各有利弊,评价标准和依据不同,目前还不会相互替代。在大型勘探开发项目中建议综合运用不同评价方法,使投资决策结果更加科学、准确、合理,且具有战略价值及意义;适时建立非常规油气资源经济评价体系。

参考文献:

- [1] Wang Jianliang, Liu Mingming, Bentley Y, et al. Water Use for Shale Gas Extraction in the Sichuan Basin, China [J]. Journal of Environmental Management, 2018, 226: 13 - 21.
- [2] Yuan Jjiehui, Luo Dongkun, Feng Lianyong. A Review of the Technical and Economic Evaluation Techniques for Shale Gas Development [J]. Applied Energy, 2015, 148: 49 - 65.
- [3] 黄生权. 项目评价指标——净现值的扩展[J]. 技术经济与管理研究, 2001(6): 63.
Huang Shengquan. Project Evaluation Index——Expansion of Net Present Value [J]. Technoeconomics & Management Research, 2001 (6): 63.
- [4] 胡燕,冯连勇,齐超,等. 能源投入回报率(EROI)评价方法及其在我国大庆油田的应用[J]. 中国矿业, 2014(9): 30 - 34.
Hu Yan, Feng Lianyong, Qi Chao, et al. EROI and Its Application in China-Daqing Oil Field [J]. China Mining Magazine, 2014 (9): 30 - 34.
- [5] Hall C A S, Lambert J G, Balogh S B. EROI of Different Fuels and the Implications for Society [J]. Energy Policy, 2014, 64: 141 - 152.
- [6] Lambert J G, Hall C A S, Balogh S, et al. Energy, EROI and Quality of Life [J]. Energy Policy, 2014, 64: 153 - 167.
- [7] King C W, Hall C A S. Relating Financial and Energy Return on Investment [J]. Sustainability, 2011, 3 (10): 1810 - 1832.
- [8] Freeman M C, Groom B, Panopoulou E, et al. Declining Discount Rates and the Fisher Effect: Inflated Past, Discounted Future? [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2015, 73: 32 - 49.
- [9] 罗东坤. 石油勘探开发投资经济评价指标分析[J]. 国际石油经济, 2002, 10(12): 40 - 42.
Luo Dongkun. An Analysis of Indices for Economic Evaluation of Petroleum Exploration and Development Investment [J]. International Petroleum Economics, 2002, 10 (12): 40 - 42.
- [10] Hodder J E, Riggs H E. Pitfalls in Evaluating Risky Projects [J]. Harvard Business Review, 1985, 63 (1): 128 - 135.
- [11] Hall C A S, Cleveland C J. Petroleum Drilling and Production in the United States: Yield Per Effort and Net Energy Analysis [J]. Science, 1981, 211 (4482): 576 - 579.
- [12] Murphy D J, Hall C A S, Dale M, et al. Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels [J]. Sustainability, 2011, 3 (10): 1888 - 1907.
- [13] Yan Jun, Feng Lianyong, Steblyanskaya A, et al. Creating an Energy Analysis Concept for Oil and Gas Companies: The Case of the Yakutiya Company in Russia [J]. Energies, 2019, 12 (2): 268.
- [14] Yan Jun, Feng Lianyong, Steblyanskaya A, et al. Biophysical Economics as a New Economic Paradigm [J]. International Journal of Public Administration, 2019, 42 (15 - 16): 1395 - 1407.
- [15] Burger A B, Middelberg S L. An Evaluation of Global Management Accounting Principles in the Sustainability of a South African Mechanised Piggery [J]. Journal of Economic and Financial Sciences, 2018, 11 (1): a154.
- [16] Wang Ke, Feng Lianyong, Wang Jianliang, et al. An Oil Production Forecast for China Considering Economic Limits [J]. Energy, 2016, 113: 586 - 596.
- [17] Wang Ke, Vredenburg H, Wang Jianliang, et al. Energy Return on Investment Canadian Oil Sands Extraction from 2009 to 2015 [J]. Energies, 2017, 10 (5): 614.
- [18] Wang Ke, Vredenburg H, Wang Ting, et al. Financial Return and Energy Return on Investment Analysis of Oil Sands, Shale Oil and Shale Gas Operations [J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 223: 826 - 836.
- [19] Chen Yingchao, Feng Lianyong, Wang Jialiang, et al. Emergy-based Energy Return on Investment Method for Evaluating Energy Exploitation [J]. Energy, 2017, 128: 540 - 549.
- [20] 陈英超,冯连勇,王建良. 能源投入回报法与折现现金流法的关联分析[J]. 石油科学通报, 2017, 2(2): 309 - 318.
Chen Yingchao, Feng Lianyong, Wang Jianliang. Correlation Analysis of Energy Return on Investment and Discounted Cash Flow [J]. Petroleum Science Bulletin, 2017, 2 (2): 309 - 318.