

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 02 - 0263 - 04

采矿权价格的期权定价模型

晁 坤, 侯运炳

(中国矿业大学 (北京) 管理学院, 北京 100083)

摘 要: 应用期权定价理论中的 Black - Scholes 模型对采矿权价格进行评估, 依据矿业开采的特点, 探讨模型应用中的期权期限, 界定有效选择期限即采矿权的有效期限中扣除资源开发开采所需要的基本时间后的期限是合理的期权期限, 并结合案例进一步分析, 导出了在一定范围内适当增加采矿权的有效期限可以增加矿权地出让者的收益, 以及运用 Black - Scholes 模型对采矿权价格进行评估可以起到鼓励大规模生产的作用。

关键词: 采矿权; 期权评估法; 期权期限

中图分类号: F407.21 **文献标识码:** A

The option-pricing model for price of mining titles

CHAO Kun, HOU Yun-bing

(College of Management, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The Black-Scholes model of option evaluation theory was used to evaluate the mining titles. Based on the characteristics of mining industry, discussed the time to maturity when applying option theory to practice, defined the rational time to maturity of option as effective selection life which was decreased from the effective life of mining titles by the necessary life for the exploitation of mineral resource. A case study gave conclusions on mineral resource management: extending the effective life of mining titles will increase the revenue of the titles seller and applying Black-Scholes model in evaluating mining titles will increase production volume.

Key words: mining titles; option evaluation method; time to maturity of option

评估采矿权价格是对既定矿权地未来收益的估算。关于采矿权评估方法, 文献 [1] 推荐了贴现现金流量法和可比销售法, 但这两种方法在应用中均有操作上的局限性。贴现现金流量法的财务模型中涉及到可采资源储量、矿山生产规模和服务年限、资本和经营成本 (采矿、选矿、管理、品位控制及矿床勘查、环境恢复等)、采矿贫化率和选矿回收率、矿产品价格、折旧和摊销、税收和折现率等大量基本参数, 对于较长的时间序列, 其中一些参数难以得到准确的预期估计; 可比销售法虽然具有简捷、快速等优点, 但采矿权交易的有限性、交易信息的可得性、矿权地之间的可比性以及交易间的时期差异等大量不可知因素使该方法难以用于采矿权价格评估。因此, 适应采矿权评估的特点, 探索新的采矿权评估方法十分必要。本文以期权评估法为研究对象, 通过对其关键参数的讨论, 增强该方法在采矿权评估领域的实用性和可操作性。

收稿日期: 2004 - 08 - 13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50074031)

作者简介: 晁 坤 (1974 -), 男, 河南新乡人, 博士, 讲师。Tel: 010 - 62395715, E-mail: ckun99@sina.com

1 期权评估法

期权是金融衍生工具之一, 依据其内涵不同可分为看涨期权和看跌期权: 看涨期权是指期权持有人通过支付期权费所获得的在—即定日或即定日之前, 以即定价格买入即定数额标的资产的权利; 看跌期权是指期权持有人通过支付期权费所获得的在—即定日或即定日之前, 以即定价格卖出即定数额标的资产的权利, 无论是看涨期权还是看跌期权授予买方的只是权利而没有义务. 依据权利执行日期的确定与否, 期权又可分为美式和欧式期权: 美式期权的持有人可以在即定日期及之前的任何一天执行权利, 而欧式期权的持有人只能在即定日期执行权利. 期权价格的影响因素包括标的资产的当前价格、标的资产价格的变动性、执行价格 (买入或卖出标的资产的价格)、期权期限和期权有效期内的无风险利率, 如果在期权有效期内涉及到标的资产的红利支付, 则红利收益率也是期权价格的一个重要影响因素.

采矿权实质上是一种美式看涨期权. 投资者通过支付采矿权价格就取得了开采相应矿权地内矿产资源的权利, 但并不承担必须履行的义务: 当资源的开采成本 (即执行价格) 高于资源的市场价格时, 采矿权人可以选择不开采, 如果在期权有效期内开采成本始终高于资源的市场价格, 采矿权人可以放弃开采. 从采矿权人所享有的只是开采相应资源的权利而没有义务以及其开采权的执行可以根据市场条件在有效期内推迟直至放弃来看, 采矿权和美式看涨期权的特点完全吻合, 因此运用期权定价理论对采矿权价格进行评估是一种合理的选择.

2 Black-Scholes模型

Black-Scholes模型是期权定价理论中计算欧式看涨期权价格 (P) 的模型, 该模型公式^[2]为

$$P = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2),$$

$$d_1 = [\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)t]/\sigma\sqrt{t}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t},$$

式中, S 为标的资产的当前价格; K 为期权的执行价格; t 为期权的期限; r 为期权有效期内的无风险利率; σ^2 为标的资产价格波动的方差; $N(d_i)$ ($i = 1, 2$) 为标准正态分布下分位点为 d_i 时的概率值.

Black-Scholes模型的基本假设: 标的资产的价格服从对数正态分布, 收益服从标准正态分布; 在期权的有效期内, 标的资产不涉及红利支付; 无风险利率和标的资产价格波动的方差在期权有效期内保持不变; 标的资产价格不会发生突然及大的波动^[2]. 需要强调的是, 尽管 Black-Scholes模型是针对欧式看涨期权所建立的, 但由于不支付红利的美式看涨期权的提前执行没有价值, 即欧式看涨期权与不支付红利的美式看涨期权具有等价性, 因此用 Black-Scholes模型对不支付红利的美式看涨期权进行定价是合理的.

3 关于期权期限的探讨

将 Black-Scholes模型用于计算采矿权价格, 需要对模型参数赋予相应的解释^[3~5]: S 为矿权地内矿产资源储量的预期销售收入折现值; K 为矿业权人的预期开采成本折现值; σ^2 由两个因素决定, 即矿产品价格的波动性和对可采资源储量估计的准确性, 当矿权地的资源储量已被准确控制时, 标的资产价格波动的方差就完全取决于矿产品价格波动的方差. 关于模型中的期权期限 t , 笔者认为 t 不应当是采矿权的有效期限, 而应当是扣除资源开发开采所需要的基本时间后的期限, 笔者称之为有效选择期限. 在有效选择期限内, 采矿权持有者享有实现交易预期目标的选择权.

如果直接以采矿权的有效期限作为期权期限来计算采矿权价格, 那么就隐含着这样一种假设, 即采矿权的执行和金融资产的交易一样很快就可以完成. 这种假设显然不符合采掘业的实际: 对任何矿权地而言, 其资源的开采开发都需要一个基本的期限, 不仅生产设施和配套基础设施的建设需要一定的时间, 单纯的资源开采过程也需要依据储量规模和生产能力持续相应的期限, 也就是说采矿权的执行具有时期性特

征, 而不是如金融资产交易那样具有时点的性质. 因此, 确定有效选择期限的关键在于确定被扣除的资源开发开采所需要的基本时间. 既定矿权地内资源的开发开采所需要的基本时间取决于以下主要因素: 可采资源储量、地质条件和可得设备的生产能力. 在上述3个因素已知的情况下, 可以根据地质条件、行业规划设计标准、可得设备的生产能力并参照已开采类似矿权地的实际资料确定一个最优的开采规模, 在此基础上结合可采资源储量进一步确定生产设施和配套基础设施的建设时间与资源的开采时间, 由此得出资源开发开采所需要的基本时间为

$$B = C + M / Y,$$

式中, B 为资源的开发开采所需要的基本时间; C 为生产设施和配套基础设施的建设时间; M 为矿权地内的可采资源储量; Y 为最优开采规模.

4 应用案例

以 Brennan 和 Schwartz 所给出的案例^[6]作对比分析. 案例如下: 设某矿权地的可采储量估计 100 万 t, 最优开采规模为 5 万 t/a, 该矿权地的采矿权有效期限为 30 a. 通过对地质条件等影响因素以及类似矿权地历史资料的分析, 预计开采该矿权地的初始成本为 1 000 万美元, 工程建设期需要 1 a, 开采成本 250 美元/t, 开采成本以每年 5% 的速度增长. 该矿产品当前的市场价格为 375 美元/t, 预计以每年 3% 的速度增长, 矿产品价格波动的标准差为 20%, 无风险利率为 9%.

(1) 运用贴现现金流量法的计算过程及结果 计算期 1~21 a 净现金流量分别为 -1 000, 611, 602, 591, 578, 564, 547, 528, 507, 484, 458, 428, 396, 361, 323, 280, 234, 184, 129, 70, 6 万美元. 工程建设期为 1 a, 资源开采需要 20 a, 因此计算期为 21 a, 考虑到无风险利率水平折现率选用 10%, 通过计算得到贴现现金流量法下该矿权地的采矿权价格为 0.281 4 亿美元.

(2) 以采矿权有效期限为期权期限的计算过程及结果 标的资产的当前价格 = 每年出售 5 万 t 矿产品的现金流收入的现值 = $(50\,000 \times 375) \times [1 - (1.03^{20} / 1.09^{20})] / (0.09 - 0.03) \times (1 + 0.09) = 1.943\,0$ 亿美元. 期权的执行价格 = 初始开采成本 + 矿产品开采成本的现值 = $1\,000 + (5 \times 250) \times [1 - (1.05^{20} / 1.09^{20})] / (0.09 - 0.05) \times (1 + 0.09) = 1.609\,6$ 亿美元.

矿产品价格对数的方差 = 0.04; 期权的期限 = 采矿权的有效期限 = 30 a; 无风险利率为 9%.

基于上述各输入变量, 运用 Black-Scholes 模型计算得到: $d_1 = 3.184\,3$, $N(d_1) = 0.999\,3$; $d_2 = 2.088\,9$, $N(d_2) = 0.981\,6$; $P = 1.835\,4$ 亿美元.

(3) 以有效选择期限为期权期限的计算过程及结果 依据上述讨论, 合理的期权期限应该是在采矿权的有效期限中扣除资源开发开采所需要的基本时间后的剩余时间, 本例中采矿权的有效期限为 30 a, 工程建设期为 1 a, 资源开采需要 20 a, 可知该矿权地的有效选择期限应为 9 a, 其余的输入变量同上, 相应的计算过程及结果: $d_1 = 1.963\,4$, $N(d_1) = 0.975\,2$; $d_2 = 1.363\,7$, $N(d_2) = 0.913\,7$; $P = 1.240\,6$ 亿美元.

在运用传统的贴现现金流量法对采矿权价格进行评估时, 对于较长的时间序列, 其中的一些重要参数如矿产品的市场价格等难以得到准确的预期估计, 因此其评估结果缺乏客观数据支撑, 本例中第 1 种计算结果和后 2 种计算结果之间的巨大差别主要源于此, 这也进一步反映出运用 Black-Scholes 模型的必要性. 为了充分说明 Black-Scholes 模型中不同期权期限下计算结果之间的差异并期望从中得到有实际意义的启示, 本文从以下两个方面对上述案例作进一步拓展: 其他条件不变, 采矿权的有效期限在合理范围内发生变动; 其他条件不变, 矿权地的计划年产量在一定范围内发生变动 (变动的范围以不引起初始开采成本和单位开采成本的变化为限). 结果如图 1 所示.

从图 1 可看出, 对即定矿权地而言, 在不同的采矿权期限和年计划产量条件下, 取采矿权有效期限为期权期限的采矿权价格都远大于取有效选择期限为期权期限的采矿权价格. 同时还可以看到, 随着采矿权期限和年计划产量在一定范围内的增加, 相应的采矿权价格也呈明显的上升趋势, 这一点将有助于实际的资源管理工作.

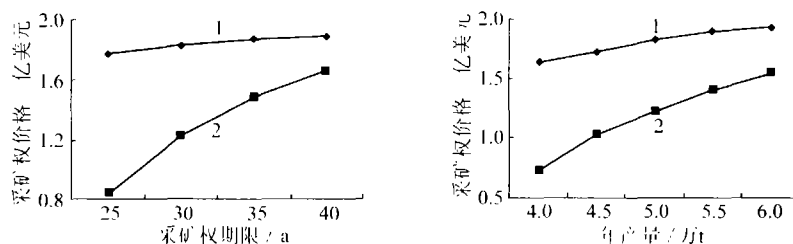


图 1 采矿权期限和年产量与采矿权价格的关系

Fig. 1 The relationship between time to maturity and yield and price of mining titles

1——以采矿权有效期限为期权期限；2——以有效选择期限为期权期限

5 结 语

将期权定价理论应用于采矿权价格评估是对传统采矿权价格评估方法的有益补充。采矿权的执行具有时期性特征，因此在运用 Black-Scholes 模型对采矿权价格进行评估时，合理的期权期限应是在采矿权的有效期限中扣除资源开采开发所需的基本时间后的剩余期限；在一定范围内适当增加采矿权的有效期限可提高采矿权的价格，从而增加矿权地出让者的收益；在储量即定的条件下，年计划产量的扩大可提高采矿权的价格，因此运用 Black-Scholes 模型对采矿权价格进行评估可起到鼓励大规模生产的作用。

参考文献：

- [1] 中国国土资源经济研究院. 探矿权采矿权评估方法指南 [M]. 北京: 地质出版社, 1999. 2~20.
- [2] Bodie Z, Kane A, Marcus A. 投资学 (中译本) [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999. 668~669.
- [3] Damodaran A. 投资估价 (中译本) [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 316~320.
- [4] 谢英亮. 一种基于期权定价理论的矿山资产评估简化模型 [J]. 资源科学, 2000 (1): 27~30.
- [5] 沈洪, 张燃, 任培民. 基于欧式期权的煤炭资源价值的估价方法 [J]. 中国煤炭, 2001 (7): 19~21.
- [6] Brennan M J, Schwartz E S. Evaluating natural resource investments [J]. Journal of Business, 1985, 58: 135~158.

2005年《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》(《煤炭学报》英文版)征订启事

《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是中国煤炭学会主办的刊物，是向国内外公开发行的英文版煤炭科学技术方面的综合性学术刊物。主要刊载煤田地质与勘探、煤矿开采、矿山测量、矿井建设、煤矿安全、煤矿机械工程、煤矿电气工程、煤炭加工利用、煤矿环境保护等方面的科学研究成果论著和学术论文，以及煤矿生产建设、企业管理经验的理论总结，也刊载重要学术问题的讨论及国内外煤炭科学技术方面的学术活动简讯。

《煤炭学报》英文版《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是向世界传播我国煤炭科技的重要媒体，对加强中外科学技术交流，宣传我国煤炭科学成就，提高我国煤炭科学技术的国际地位将起到重要的作用。及时报道我国煤炭科技新理论、新技术、新经验也是《煤炭学报》英文版的主要任务。《煤炭学报》英文版和中文版具有不同的刊登内容和各自的特点。

《煤炭学报》英文版是半年刊，每年6月和12月出版。每期112页，每册国内订价20元，全年共收费40元。订阅者可直接和本编辑部联系，订单函索即寄，编辑部随时办理订阅手续。

本刊地址：北京市和平里煤炭科学研究总院内《煤炭学报》编辑部

邮政编码：100013 联系电话：(010) 84262930 E-mail: mtxbhj@126.com, mtxb@vip.163.com