

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以亞式選擇權定價模型探討油品避險策略之研究

An Asian-Option Pricing Approach Applied in Oil Hedging Trading

計畫編號：NSC 89-2416-H-009-024

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：許和鈞

共同主持人：曾正權

執行機構及單位名稱：交通大學經營管理研究所

一、中文摘要

原油是單一產品生產量最多的能源商品。目前全球一半以上具有經濟效用的原油均蘊藏於中東地區，且為石油輸出國家組織(Organization of Petroleum Exporting Countries, OPEC)所控管。因為此地區的政治局勢並不穩定，也使得油品的價格對國際間的政治情況相當敏感。

目前國際間對於油品避險商業化的工具，除期貨(包括遠期契約)外，最為普遍的交易型態，即為油品選擇權交易。為因應不同的需求，以及防止炒作行為，對於油品選擇權的契約設計，常屬於平均型或平均履約價格型之亞式選擇權，此種以交易日至到期日前的平均價格作為合約參考標準的計價方式，至目前為止還沒有適當的求解方法(Ellis and Gupta, 1998)。

Hull and White(1990,1993,1995,1996)的利率三元樹方法，具有相當高的自由度，並能有效模擬油品的特殊因素—便利殖利率的平均—反轉路徑。本研究藉由其相關理念，搭配這幾年已建構的油品隨機避險模型(許和鈞，民國八十八年；Yeh, Sheu, and Wu, 1998b)，以進行油品選擇權相關特殊型態的價格估計。透過對價格更具效用性的掌握，本研究並提出運用選擇權避險之架構與建議。

關鍵字：油品避險交易、亞式選擇權、三元樹、便利殖利率。

Abstract

Oil is the most important sole energy source. Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) dominates the supply of oil all over the world. This makes crude oil prices very sensitive to the political situations in the Middle East. In recent decade, derivatives have become increasingly important in the field of oil trading. Futures and options are now traded actively on some exchanges. Especially, many different types of options, such as exotic options are regularly traded at over-the-counter by financial institutions and their corporate clients.

The regular oil options traded on NYMEX are so-called "American Options". Their payout depends on the value of underlying futures contract on maturity. By contrast, there is a kind of popular trading tool, called "Asian Option", which creates a payout that depends on the average value of the underlying contract.

Currently, no complete analytic method has been proposed to value the asian options (Ellis and Grupt, 1998). Hull and White (1990,1993,1995,1996) developed trinomial tree approach to value a path-dependent option. Applying this methodology, the mean-reverting path convenience yield change can be simulated in oil derivatives. Adopting the early established stochastic hedging model (Yeh, Sheu and Wu, 1998b), the value of the oil asian option could be more effectively estimated. Integrating the key characteristic of oil option price, is suggested an appropriate oil hedging approach.

Keywords: Oil Hedging Trade, Asian Options, Trinomial Tree, Convenience Yield.

二、緣由與目的

過去二十餘年來，我國原油的進口依存度高達98%以上，而原油進口的來源，主要集中於中東地區(以民國八十七年為例，約佔總進口量62%)。我國一年原油進口的總值超過新台幣一仟億元，由於進口總值取決於原油交易價格，一旦國際原油的價格發生巨幅波動，不但對國內油品煉製業者的購油成本產生直接的衝擊，往往也對國內物價的穩定，發生重大的影響。

歷年來，中油公司獨佔國內油品市場，產製的油品因可以調整價格，以至購油的成本大部份轉嫁給油品的消費者負擔。國內油品已自由化，而台塑公司正推動的六輕擴大方案，其產能約為中油公司六成，可預期國內油品市場及油品價格將受到極大的衝擊。以日本為例，1995年4月日本地區油品全面開放進口後，當年度各種油品零售價格立即調整，尤其是高價產品(如：汽油)，更是開放後每年價格均往下調整(梁啟源，民國八十七年)。對於以上市場狀況，中油公司亦已研究相關對策，於民國八十六年九月起進行油品之期貨避險操作，以期貨交易的運用，將短期進口原油的成本鎖定於合理的範圍。

對於油品的期貨避險交易，本人曾多次參與國科會輔助相關油品避險計劃案(許和鈞，民國八十八年；民國八十九年)，並完成數篇期刊論文(Yeh, Sheu and Wu, 1998a, 1998b)。然期貨避險交易僅是油品避險操作之一種方法。近年來，國際間衍生性金融商品推陳出新，對於油品避險商業化的工具約可歸納為五類(Krapels and Praff, 1998)：期貨避險策

略(包括遠期契約避險)、保險避險策略、直接選擇權避險策略、組合型選擇權避險策略(options combination strategies),以及新奇(exotic)選擇權避險策略等。尤其油品之新奇(exotic)選擇權避險工具,其交易的型態可能為平均型或平均履約價格型之亞式選擇權。亞式選擇權契約設計的目的乃在避免契約標的物接近到期日時,被有心人士之人為炒作而大幅波動(尤其國際間的產油國組織、產油公司、保險公司均是市場中的大戶),因此乃將從開始至到期日間所有價格的平均作為合約的標準。這種選擇權的計價方式,還沒有找到正確的解法,大多屬於近似解法(Rogers and Shi, 1995; Ellis and Gupta, 1998)。國內雖也有類似之研究(孫民承,民國八十八年),但其建議使用買權一賣權平價理論(Put-Call Parity),運用某一已知的亞式買權或賣權價格來推求其他,此種方法並不適用於油品避險,且可能僅存在買權或賣權的上櫃交易(over-the-counter trading)方式。

本研究採用 Hull and White(1990, 1993, 1995, 1996)三元樹選擇權定價模型,此類定價模型對於利率之期間結構(term structure)有其具效率性的成效,適合解釋並估算出衍生品性商品的特殊因子的動態過程—便利殖利率(convenience yield)。本研究著重於發展台灣油品業者亞式選擇權之避險架構,並運用有效率之模型對於此類新式油品選擇權之操作方式、價格訂定、避險有效度等,提出之建議,希望能提供政府相關部門與油品業者之參考。

三、結果與討論

台灣本島對於原油的進口依存度高達 98% 以上,由於進口總值取決於原油交易價格,一旦國際的原油價格發生巨幅波動,則對於國內油品煉製業者的購油成本,以及國內的物價水準產生重大的衝擊。而國內油品已自由化,此一舉動勢必重大影響國內的油品市場以及油品價格。因而實在有必要針對油品交易的相關議題作一完整及深入的探討。是故本文的研究重點在於運用油品期貨契約,發展裂解價差之避險交易模型,以輔助避險者規避裂解毛利潤的不確定現象。

為了避免契約標的物接近到期日時,被有心人士之人為炒作而大幅波動,所以本文模擬的標的採以亞式選擇權契約設計。此外,經由統計處理可驗證國際間油品的交易價格具有平均反轉的特性,加以國際間曾發生數次重大影響油品價格的事件,是故本研究根據油品的兩大特性(平均反轉行程、跳躍擴散行程),而選定 Black and Scholes Model、Hull and White Trinomial Tree Model(三元樹模型)、以及 Merton Jump-Diffusion Model(跳躍擴散模型)等三個理論評價模型,在一些假設前提下以程式模擬估計國際間油品交易之參考訂價,並依不同理論評價模型,分析此油品價格的波動特性。茲將結果整理如下:

(一) Black and Scholes Model 的模擬結果

整體而言,當買權的標的物為裂解油價格時,其 delta、vega、theta、rho 等敏感度風險值,均較標的物為原油價格時為高。買權的標的物無論是原油價格或是裂解油價格,其在到期日的前夕,均要考慮針對價平買權規避 theta 風險;當距離到期日還很久時,要考慮規避價平、價內買權的 vega、rho 風險。此外,在契約存續期間內,均須留意規避價平、價內買權的 delta 風險。

(二) Hull and White 三元樹模型的模擬結果

整體而言,當買權的標的物為裂解油價格時,其 delta、vega、theta、rho 等敏感度風險值,均較標的物為原油價格時為高。對三元樹模型而言,在到期日的前夕,要考慮規避價內及價平買權的 delta 風險、價內買權的 theta 風險。距離到期日還很久時,則要考慮規避價內、價平的 delta 風險,價平買權的 vega、以及買權的 theta 及 rho 風險。

(三) 三元樹結合跳躍擴散模型的模擬結果

整體而言,當買權的標的物為裂解油價格時,其 delta、vega、theta、rho 等敏感度風險值,均較標的物為原油價格時為高。對於 Hull and White 三元樹結合 Merton 跳躍擴散模型而言,其在到期日的前夕,要考慮規避價內及價平買權的 delta 風險、以及買權的 theta 風險。距離到期日還很久時,除了要考慮價平買權的 vega 風險之外,亦要考慮規避買權的 theta 及 rho 風險。

在反應國際間油品交易的市場狀況後,本文在亞式選擇權架構的前提下採用理論評價模型進行相關模擬,結果呈現出原油買權及裂解油買權二者的相關敏感特性,雖有程度上的差異,但卻呈現類似的趨勢,茲將本文的結論整理如下:

(一) 較之 B-S Model, 整體而言,三元樹模型、三元樹結合跳躍擴散模型的買權無論是處於價內、價外或價平,其風險值均會呈現較穩定的狀態。此係 B-S Model 中的油品價格呈現出常態分配的現象,造成其價格的範圍並無一定的區間限制,使得其市場交易的價格範圍較大,這也顯示其對選擇權價值的影響度較大。另一個可能的原因為三元樹方法在考量使用時間函數而調整油品價格的行進過程之後,使未來的因素呈現收斂的情況。

(二) 較之三元樹模型, 整體而言,三元樹結合跳躍擴散模型影響油品選擇權的相關風險值較小。其原因可能是因為於模擬過程中考量到油品價格具有跳躍上限的特性,而特別針對油品異常價格進行處理,加以國際間重大影響油品價格的事件的頻率頗高(原油的部份為 0.9 次/年、裂解油的部份為 0.9 次/年),造成此

種重大影響油品價格的事件一旦發生後，油品價格極易跳躍而上，致使油品價格極易呈現收斂的情況，因此其相對買權價值的變動性較三元樹模型更為收斂。

伍、計劃成果自評

本研究內容與原計畫相符，並達成預期目標，研究成果適合在學術期刊發表（本研究已在改寫中，將於日內投稿至學術期刊）。

陸、參考文獻

1. 許和鈞，以風險/報酬績效探討油品期貨避險部位設定之研究，行政院國家科學委員會專案計劃，民國八十九年七月完成。
2. 許和鈞，油品期貨便利殖利率動態行程與最適價差部位之研究，行政院國家科學委員會專案計劃，民國八十八年七月。
3. 梁啟源，「石油業自由化與民營化政策」，油電事業自由化與民營化研討會，中央研究院經濟研究所，民國八十七年十一月。
4. 孫民承，亞洲選擇權計價，國立台灣大學資訊工程研究所碩士論文，民國八十八年六月。
5. 傅信彰，結合隨機波動和跳躍過程之二項式選擇權定價模型，國立中央大學財務管理研究所碩士論文，民國八十八年。
6. 劉卓皓，巨災保險選擇權評價模式之研究，國立政治大學保險研究所碩士論文，民國八十六年。
7. 蘇金祥，以三元利率樹評價路徑相依利率選擇權，國立台灣大學財務金融學研究所碩士論文，民國八十七年。
8. Amin, K. I., "Jump Diffusion Option Valuation in Discrete Time," Journal of Finance, Vol. 48, pp. 1833-1863, 1993.
9. Black, F. and M. J. Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," Journal of Political Economics, Vol. 81, pp.637-659, 1973.
10. Cox, J. C., S. A. Ross and M. Rubinstein, "Option Pricing: a Simplified Approach," Journal of Financial Economics, Vol. 7, pp.229-264, 1979.
11. Cox, S. H. and R. G. Schwebach, "Insurance Futures and Hedging Insurance Price Risk," The Journal of Risk and Insurance, Vol. 59, pp.628-644, 1992.
12. Cummins, J. D. and H. Geman, "An Asian Option Approach to the Valuation of Insurance Futures Contracts," The Review of Futures Markets, Vol. 13, pp. 518-564, 1993.
13. Hilliard, J. E. and A. Schwartz, "Binomial Option Pricing Under Stochastic Volatility and Correlated State Variables," The Journal of Derivatives, Vol. 4, pp. 23-39, 1996.
14. Ellis, C. P. K. and V. Gupta, "Static Hedging of Exotic Options," Journal of Finance, 53, 1165-1190, 1998.
15. Ho, T. S. Y. and S. B. Lee, "Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims," Journal of Finance, Vol. 41, pp.1011-1029, 1986.
16. Hull, J. and A. White, "Pricing Interest-Rate Derivative Securities," Review of Financial Studies, 3, 573-592, 1990.
17. Hull, J. and A. White, "One-Factor Interest-Rate Models and the Valuation of Interest-Rate Derivative Securities," Journal of Financial and Quantitative Analysis, 28, 2, 235-254, 1993.
18. Hull, J. and A. White, "A Note on the Model of Hull and White for Pricing Options on the Term Structure," The Journal of Fixed Income, September, Vol.2, pp.97-102, 1995.
19. Hull, J. and A. White, "Using Hull-White Interest Rate Trees," The Journal of Derivative, Vol.3, pp.26-36, 1996.
20. Krapels, E. N. and M. Praff, Crude Oil Hedging – Benchmarking Price Protection Strategies, Energy Security Analysis, 1998.
21. Merton, R., "Option Pricing When Underlying Stock Return Are Discontinuous," Journal of Financial Economics, Vol. 3, pp.125-144, 1976.
22. Nelson, D. B. and K. Ramaswamy, "Binomial Processes as Diffusion Approximations," The Review of Financial Studies, Vol. 3, pp. 393-431, 1990.
23. Rogers, C. G and Z. Shi, "The Value of an Asian Option," Journal of Applied Probability, 32, 1077-1088, 1995.
24. Ronald, W. S. and R. G. Schwebach, "Comparing Mean Reverting Versus Pure Diffusion Interest Rate Process In Valuing Postponement Options," The Quarterly Review of Economics and Finance, Vol. 38, pp.579-598, 1998.
25. Sherman, R. E., "Actuaries and Insurance Futures," Actuarial Review, Vol. 18, pp.6-7, 1991.
26. Vasicek, O. A., "An Equilibrium Characterization of the Term Structure," Journal of Financial Economics, Vol. 5, pp.177-188., 1977
27. Yeh, L. J., H.J. Sheu and S. Wu, "Market Linkage and Optimal Crack Spread Positions in Related Oil Futures Markets," Pan-Pacific Management Review, 2, 1, 151-175, 1998a.
28. Yeh, L. J., H. J. Sheu and S. Wu, "Convenience Yield and Optimal Crack Spread Hedge Retios," International Journal of Operations and Quantitative Management, 4, 3, 247-264, 1998b.