

# REAL OPTIONS SUPER LATTICE SOLVER

用戶手冊

喬納森 文 (Dr. Johnathan Mun) 博士, MBA, 註冊風險分析師, 註冊金融分析師, 金融風險管理師

王立峰, 註冊風險分析師

張元昊, 註冊風險分析師

## Real Options SLS

本手冊及其中涉及的軟體是授權提供的，必須在遵守《最終用戶許可協定》條款的情況下使用和複製。本檔中所提供的資訊僅供參考，隨時可能改變不另行通知，不代表Real Options Valuation, Inc公司的商業義務。

不管出於何種目的，在沒有Real Options Valuation, Inc公司書面授權情況下，任何人不得以任何形式、任何方式，如電子或機械，包括影印和錄音等複製或傳播本手冊的任何章節。

本文參考了Dr. Johnathan Mun，Real Options Valuation, Inc公司創始人及CEO的出版物。

由Dr. Johnathan Mun編寫

在美國境內編寫設計出版

如想購買本手冊的額外影本部分，請按以下的e-mail地址聯繫 Real Options Valuation, Inc公司：[Admin@RealOptionsValuation.com](mailto:Admin@RealOptionsValuation.com)

© 2005-2012 by Dr. Johnathan Mun。公司保留一切解釋權利。

Microsoft®是微軟公司在美國境內及其它國家的註冊商標。

下文中涉及的其他產品可能是屬於相關擁有者的商標和/或註冊商標。

USA: [www.realoptionsvaluation.com](http://www.realoptionsvaluation.com)

CHINA: [www.real-consulting.com.cn](http://www.real-consulting.com.cn)

## 前言

### 歡迎使用 Real Option SLS 軟體

歡迎使用 Real Option SLS 版本。本套裝軟體含以下幾個模組：

- 單一 SLS
- 多元 SLS
- 多叉網格
- Lattice Maker
- SLS Excel 解決方案
- SLS 函數和公式
- ROV Strategy Tree

這些模組涉及的內容包括將金融期權概念應用於實物資產。例如，當購買標的股票的看法看漲期權時，所購買的是權力，而不是義務，以一個預定的價格來購買股票。當購買日到期，或是提前執行的期權，如果此時股票價格高於期權的預期價格，就可以執行期權。執行期權意味著按照預期的價格購買股票然後以較高的市場價格賣出以獲得利潤(扣除購買期權的稅收，交易成本和手續費)。如果市場價低於預定價格，就不購買股票，損失的是交易成本和手續費。未來總是難以預料的，充滿風險和不確定性。不能確定某支股票是會升值還是貶值。期權的優點在於：可以在損失最小(通過設定期權的手續費為最大損失進行套期保值)的情況下最大化收益(在沒有最大收益上界的情況下進行投機)。同樣的觀點可以應用到實物資產上。一個公司的資產可能包含設備，專利，專案，研究和開發等等。每種資產都具有一定水準的不確定性。例如，公司數百萬的研究項目會產生創造收益的產品嗎？投資一個剛成立的成功企業能否幫助公司開拓新的市場？管理者每天都會有這樣的疑問。Real Option SLS 軟體(包含 SLS, MSLS 和 MNLS)為分析者和高管提供了是否投資某一不確定值的決斷力。

哪些人應該使用該軟體？

SLS, MSLS, MNLS, Lattice Maker, SLS Excel 解決方案和 Excel 函數對於那些使用 Excel 表格模型和實物期權估值的分析者來說十分適用。本軟體還有幾本參考書目：《實物期權分析：工具和方法》，第二版，Wiley Finance 2005，以及《雇員股票期權估值》，Wiley 2004，都是由本軟體的設計者喬納森·文所著。相關的培訓課程有：註冊風險分析師認證(CRA)，基礎實物期權分析培訓和高級實物期權分析培訓。軟體和其中的模型都是基於他的著作，培訓課程涉及實物期權更深層次，包含商業案例的解決方案以及真實案例中實物期權的應用。在此強烈建議使用者在使用之前先瞭解《實物期權分析：工具和方法》，第二版(Wiley2006)一書中關於實物期權的基本概念。

## 目錄

### 第一節——開始步驟

關於 SLS 的介紹

單資產 SLS

多資產 SLS (MSLS)

多叉網格

SLS Lattice Maker

SLS Excel 解決方案 (Excel 中的 SLS, MSLS 和可變波動率模型)

SLS 函數

SLS 的重要注釋和技巧

收益圖, 颶風圖和敏感性分析收益圖, 颶風圖和敏感性分析, 模擬, 戰略樹

### 第二節：實物期權分析

美式, 歐式, 百慕大式和自定義放棄期權

美式, 歐式, 百慕大和自定義收縮期權

美式、歐式、百慕大和自定義擴展期權

收縮、擴展和放棄期權

美式, 歐式和百慕大基礎看漲期權

基本美式、歐式和百慕大看跌期權

奇異選擇期權

連續複合期權

多階段連續複合期權

自定義連續複合期權

路徑相關, 路徑獨立, 相互排斥, 非相互排斥和複雜組合嵌套期權

同階段複合期權

三叉美式和歐式期權

均值回復三叉美式和歐式期權

的跳躍——擴散四叉網格期權

雙變數五叉網格彩虹期權

美式和歐式下障礙期權

美式和歐式上障礙期權

美式和歐式雙障礙期權和奇異障礙

### 第三節 雇員股票期權

包含等待期的美式雇員股票期權

包含次優交易行為的美式雇員股票期權

包含等待期和次優交易行為的美式雇員股票期權

包含等待期, 封鎖期, 次優交易行為, 和員工離職率的美式雇員股票期權

附錄 A：網格收斂

附錄 B：波動率估計

波動率估計 (對數現金流收益/股票價格收益法)

波動率估計 (對數現值收益)

附錄 C：技術公式——奇異期權公式  
Black & Scholes 期權模型——歐式  
存在漂移（紅利）的 Black & Scholes 期權模型 – 歐式  
存在未來支付的 Black & Scholes 期權模型——歐式  
選擇期權（基本選擇權）  
複雜選擇期權  
複合期權  
遠期開始期權  
廣義 Black-Scholes 模型  
期貨期權  
兩相關資產期權  
附錄 D——快速安裝指南  
附錄 E——詳細的安裝指南  
附錄 F——啟動永久授權

## 開始步驟

### 關於 SLS 的介紹

Real Option SLS 套裝軟體含以下幾個模組：SLS，MSLS，MNLS，Lattice Maker，SLS Excel 解決方案和 SLS 函數。這些使用二叉網格的模組都非常實用，可以用於多種類型的期權之中（主要包含三大種類的期權：實物資產和無形資產的實物期權，金融資產和投資的金融期權以及處理公司提供給雇員的金融資產的雇員股票期權）。本章節介紹了一些使用者可能會經常遇到的簡單實物期權，金融期權和雇員股票期權的應用。

- 單資產模型主要用於解決那些使用二叉網格的單一標的資產的期權。那些涉及單一標的資產的複雜期權也可以用 SLS 來解決。
- 多資產模型主要用於解決那些使用二叉網格的多元標的資產和多階段的連續複合期權。那些涉及多元標的資產和階段的複雜期權也可以用 MSLS 來解決。
- 多叉模型使用多叉網格（三叉，四叉，五叉）來解決那些二叉網格無法解決的期權問題。
- Lattice Maker 用於在 Excel 中生成可見公式的網格，用於在 Risk Simulator 軟體（由 Real Option Valuation 公司開發的內嵌於 Excel 中的，基於風險仿真，預測和優化的軟體）中運行 Monte Carlo 仿真，或是鏈結到其他一些試算表模型中。生成的網格還包括在何處執行戰略期權和最優的行權時間。
- SLS Excel 解決方案是在 Excel 的環境中實現 SLS 和 MSLS 的計算過程，它允許使用者直接在 Excel 裏運用 SLS 和 MSLS 函數。這一功能簡化了建立模型，鏈結嵌入公式，取值以及運行仿真這些步驟，為使用者提供了建立模型的樣本範本。
- SLS 函數直接在 Excel 裏加入實物和金融期權模型。這一功能簡化了建立模型，鏈結嵌入及運行仿真這些步驟。

SLS 軟體的開發者是喬森納·文，他是一位教授和諮詢師，出版過多部專著，包括《實物期權分析：工具和方法》，第二版，（Wiley 2005）；《風險建模》（Wiley 2006）；《基於 2004FAS123 雇員股票期權估值》，（Wiley 2004）。與本軟體相關的還有其他一些文博士在培訓課程上使用的實物期權，仿真和雇員股票期權估值等相關材料。本軟體和模型都是基於他的這些著作，培訓則從更深入的角度分析了實物期權，包括簡單商業案例的解決方案以及真實案例中實物期權的應用。建議讀者在使用本軟體進行深層次的實物期權分析之前，先熟悉《實物期權分析：工具和方法》，第二版，（Wiley 2005）中有關實物期權的一些基本概念。本手冊對於書中已經討論過的基本概念不再進行解釋。

注意：2002 年出版的《實物期權分析：工具和方法》一書的第一版中介紹了實物期權分析工具箱，它是 SLS 的前身，也是由喬森納·文開發的。在《實物期權分析：工具和方法》，第二版，（2005）一書中我們介紹了 SLS 版本較實物期權工具箱的改進之處：

- 所有不一致的計算錯誤和擾動都被固定並檢驗
- 允許每次改變輸入參數（自定義期權）
- 允許每次改變波動率大小
- 將百慕大期權（等待期和封鎖期）和自定義期權相結合
- 可靈活建模以及自行構建期權
- 在精確度和分析能力方面有普遍的提高

作為 SLS 和實物期權分析工具箱（ROAT）的開發者，作者建議讀者使用 SLS，因為相對於它的前身 ROAT 來說，它具有更強的性能和更高的分析靈活性。

SLS 對系統的最低要求是：

- Windows XP, Vista, Windows 7 或更高
- Excel XP, Excel 2003, Excel 2007, Excel 2010 或更高
- NET Framework 2.0 或更高
- 系統管理員許可權（用於安裝軟體）
- 1G 的最低記憶體
- 150MB 的硬體驅動空間

本軟體還可用在其他語言的作業系統中，例如英文版的 Windows 或 Excel，可以通過點擊開始|控制面板|地區和語言選項改變設置，在 Windows 作業系統上測試 SLS 軟體。選擇英語（美國）之所以要做這樣設置是因為不同國家之間的編碼方式是不一樣的（例如，一千美元零五十美分在美國可以這樣書寫 1,000.50，而在歐洲一些國家它則表達成 1.000,50）。

在安裝軟體之前，要確定系統已經進行了上述所要求的變更。如果需要 NET Framework 2.0 版本，請搜索軟體安裝 CD，安裝名稱為 *dotnetfx20.exe* 的檔，如果沒有安裝 CD，可以從下面的網址下載此檔：[www.realoptionsvaluation.com.cn/attachments/dotnetfx20.exe](http://www.realoptionsvaluation.com.cn/attachments/dotnetfx20.exe)。要在安裝 SLS 之前安裝此軟體。注意.NET 2.0 和.NET 1.1 是相相容的，所以在使用時不必卸載另一個。為了達到最好的效果，可以同時在電腦裏運行兩個版本的軟體。

下一步，可以同時使用安裝 CD 或是以下的網址：[www.realoptionsvaluation.com.cn](http://www.realoptionsvaluation.com.cn) 來安裝 SLS 軟體，點擊下載，選擇 Real Option SLS。可以選擇完全版（假設已經購買了本軟體並得到了永久的許可證和指令）或是試用版。試用版與完全版在功能是完全一樣的，不同的是它只有 14 天的有效期，如果想要繼續使用本軟體，需要得到完全的授權許可。按照螢幕上的提示來安裝軟體。如果現在使用的是試用版想獲得永久許可授權檔，可以訪問網站 [www.realoptionsvaluation.com.cn](http://www.realoptionsvaluation.com.cn)，點擊購買（網站的左邊面板）完成訂單。稍後就可以獲得相關安裝永久許可的指示。參考附錄 D 和 E 獲得更多安裝的詳細情況，參考附錄 F 關於授權許可用法指示的詳情。

## 單資產 SLS

圖 1 是 SLS 軟體的主介面。在軟體安裝完成之後，用戶可以通過點擊開始|程式|Real Options Valuation|Real Option SLS進入 SLS 軟體主介面。在此介面下，可以運行單資產模組，多資產模組，多叉模型模組，Lattice Maker 模組，打開案例模型或是打開已有模型。可以移動滑鼠到相應的欄目下獲得此模組的簡短介紹。還在此介面可以購買或安裝最新的永久許可授權。

點擊開始|程式|實 Real Options Valuation|Real Option SLS 通過選擇相關的模組來使用 SLS 功能，SLS Excel 解決方案，或是率計算檔的範本。



圖 1：—單資產 SLS

單資產期權模型主要用於解決那些使用二叉網格的單一標的資產的期權問題。那些涉及單一標的資產的複雜期權也可以用 SLS 來解決。可以使用本方法解決的主要期權類型包括：美式期權，百慕大期權和歐式期權，以及放棄期權，選擇期權，收縮期權，延長期權，執行期權，擴展期權，等待期權，或是改變輸入變數及設置障礙的這些期權的自定義組合。

- 新建一個單資產期權模型
- 新建一個多資產期權模型
- 新建一個多叉期權模型
- 新建一個網格
- 打開一個案例模型
- 打開一個保存的模型
- 退出 購買或安裝許可



## 單資產 SLS 案例

為了幫助入門，先來看幾個簡單的案例。首先是利用 SLS 計算一個簡單的歐式看漲期權。在主介面中選擇新建單資產模型，點擊檔|示例|普通香草期權 I。圖 2 中介紹了在 SLS 軟體中下載案例檔夾的步驟。開始的標的資產或股票價格是 100 美元，5 年期的執行成本或執行價格是 100 美元。年無風險收益率是 5%，歷史可比年波動率或預期年波動率是 10%。點擊運行(或 Alt-R 鍵)，計算 100 步的二叉網絡，歐式和美式看漲期權的結果值都是 23.3975 美元。同時還計算了與運用 Black-Scholes 期權價值評估工具，閉合偏微分美式估值模型，以及 1000 步的二叉網絡標準普通美式和二叉歐式看漲看跌期權的基準值。注意只選擇了美式和歐式期權，計算出的結果只是對於這些普通的美式和歐式看漲期權。

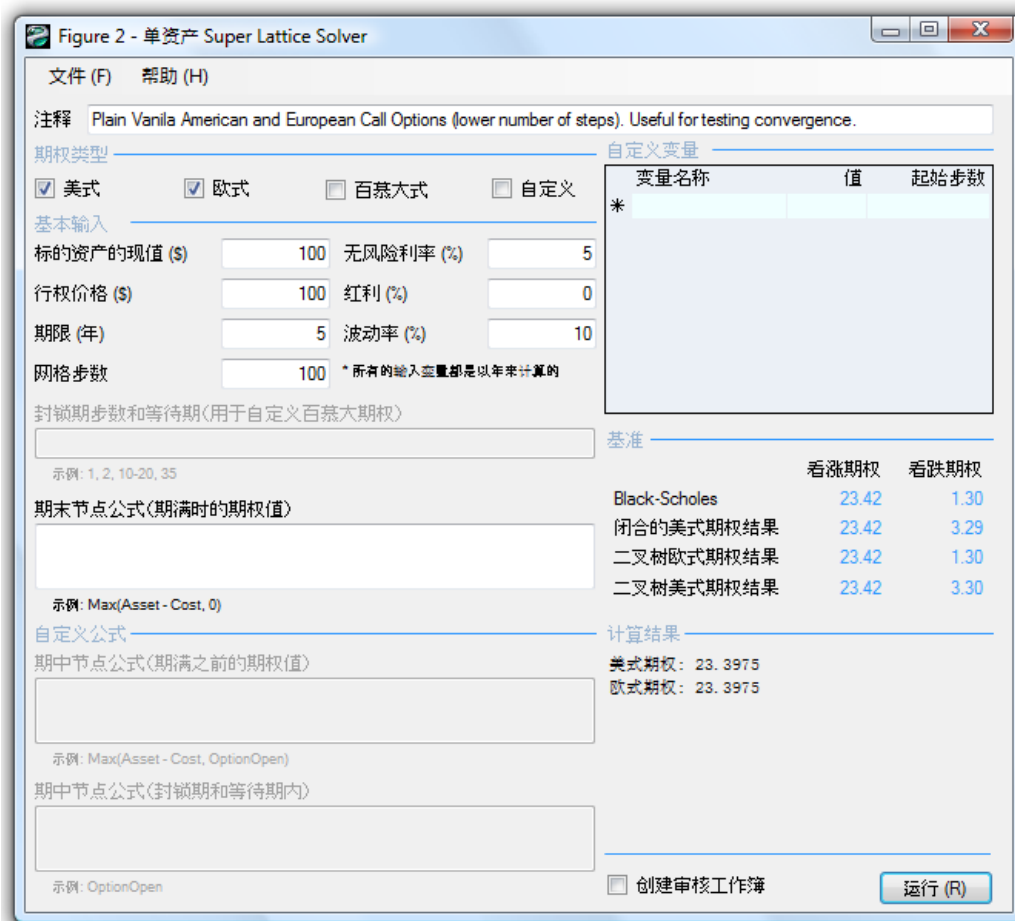


圖 2: 一個簡單歐式和美式看漲期權的 SLS 結果

基準值同時使用了閉合模型 (Black-Scholes 模型和閉合估值模型) 和 1000 期普通期權的二叉網絡。可以在基本輸入框中將期數改為 1000 來檢驗。計算出的結果與圖 3 中的基準值是一致的。當然還會發現，計算出的美式，歐式期權值等於基準值 23.4187，因為，如果沒有派發紅利，就不會提前執行標準看漲期權。還有一點值得注意的就是，網絡的步數越高，計算所需時間就越長。為了確保分析的穩定性，最明智的方法就是先輸入較低的步數，然後增加步數來檢查結果的收斂性。更多關於二叉網絡收斂的細則請參考附錄 A，裏面解釋了一個可靠的期權估值需要計算多少步網絡。

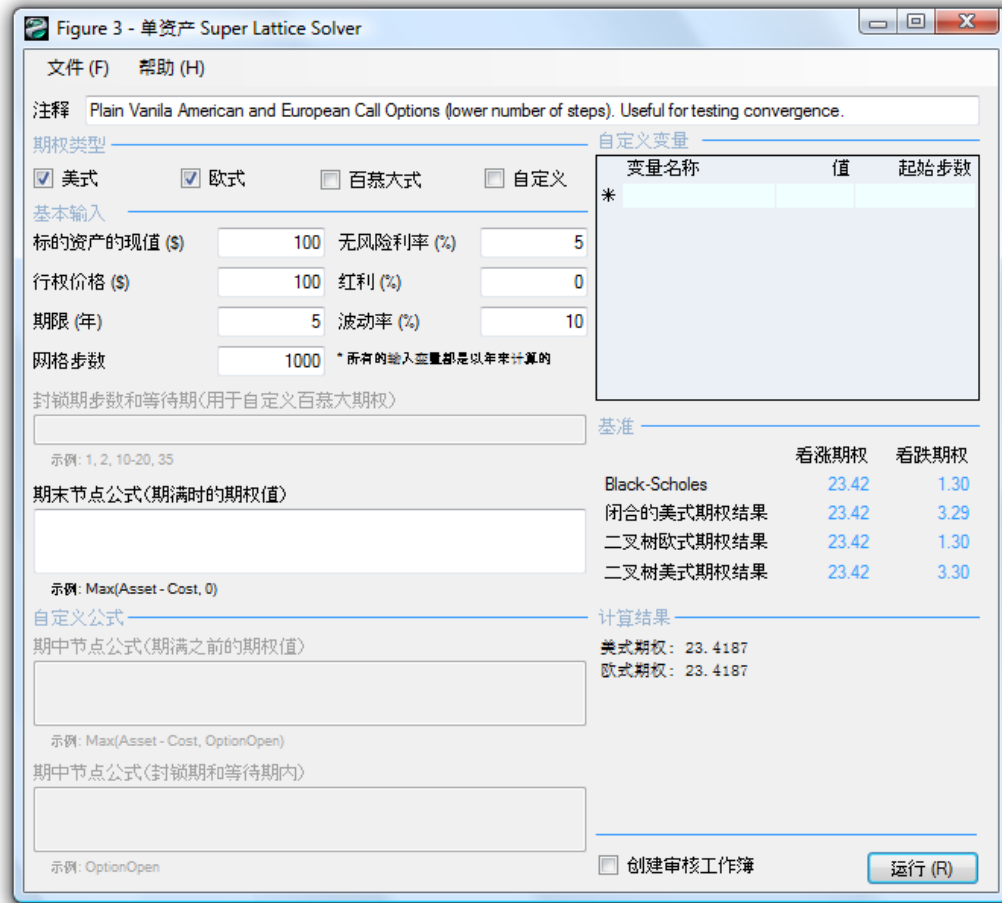


圖 3: SLS 與基準值的結果比較

作為選擇，還可以輸入看漲期權的終端和中間節點方程來得到相同的結果。注意使用 100 步，末點方程  $\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, 0)$  和中間方程  $\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, \text{OptionOpen})$  會得到相同的結果。當輸入自己的方程時，注意首先檢查自定義期權。

當編輯自定義方程時，注意先勾選自定義期權選項。

圖 4 顯示了這些操作。注意到圖 4 中的 23.3975 美元與圖 2 中的值相吻合。末端節點公式在期末時進行計算，中間節點方程的計算發生在到期日之前，利用倒推歸納來計算。OptionOpen 代表的意思是“保持期權的開放”，經常用於中間節點方程，代表著期權還沒有執行，等待著未來的執行。因此圖 4 中的方程  $\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, \text{OptionOpen})$  表示的是最大化利潤的決策：現在執行期權或是等到未來的某個時期再執行。相反地，末端結點方程  $\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, 0)$  表示的是到期日利潤最大化的決策，不論是獲利執行期權，還是保本或因虧損而放棄執行。

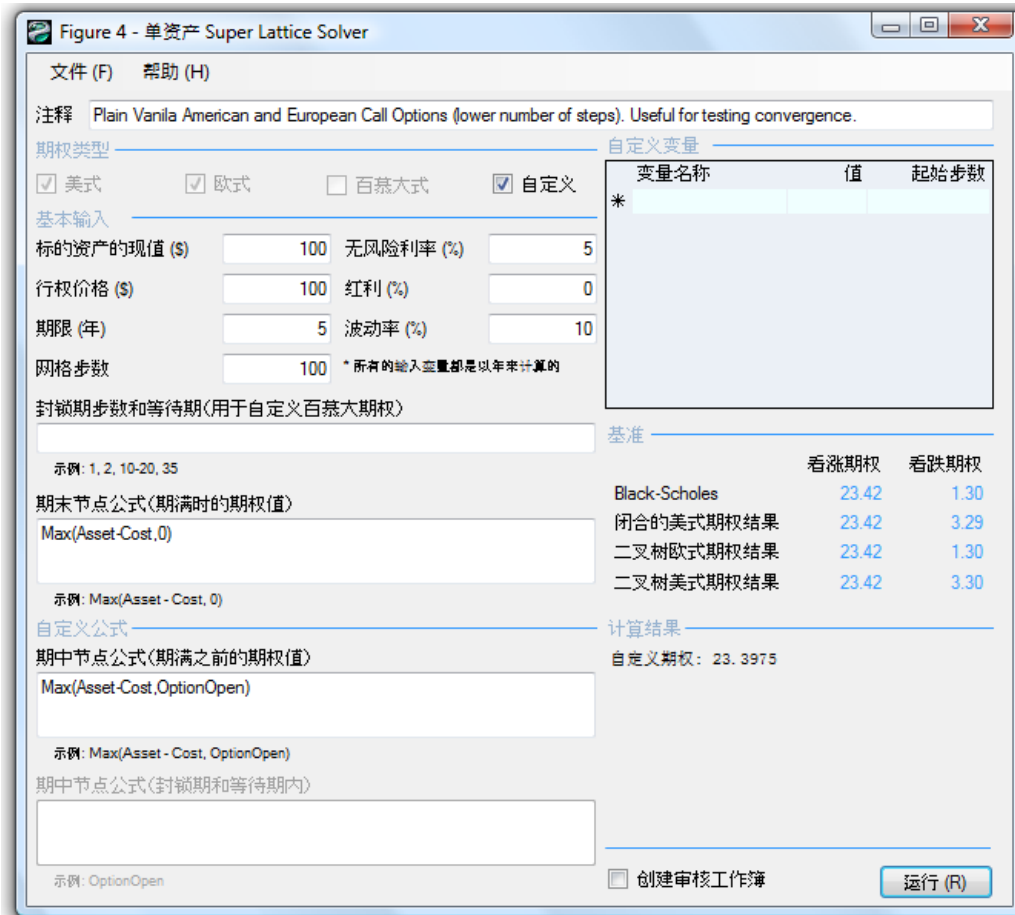


圖 4: 自定義方程投入

此外，還可以通過生成審核工作簿功能在 Excel 裏创建工作表來計算 10 步的二叉網絡結果。例如，載入普通看漲期權 1 案例檔，勾選圖 5 中的創建審核工作簿。需要注意以下幾點：

- 不管輸入多少步，生成的審核工作簿總會顯示最開始的 10 期網絡。也就是說，如果輸入的是 1000 步，會生成最開始的 10 步。如果需要一個完整的網絡，只要簡單的在 SLS 裏輸入 10 步，就會生成 10 步的網絡。中間計算和結果是用於高級網絡，是基於輸入的期數，而不是基於前面生成的 10 步網絡。如果想要得到中間 10 步網絡的計算，只要輸入 10 步網絡重新運行一次分析。通過這種方法，生成的審核工作簿會是 10 步的網絡，從而對 SLS 得到的結果進行比較的（圖 6）。
- 工作表只提供數值，因為它假定使用者就是輸入末端節點公式和中間節點方程的人，因此實際上沒有必要再在 Excel 裏面重新創建這些方程。使用者可以重新導入 SLS 檔來查看這些方程如果需要的話將表格列印出來（點擊檔|列印）。

軟體還提供了保存及打開分析檔的功能。這樣軟體中所有的輸入變數都會被保存方便未來的再次使用。結果是不被保存的因為可能隨時會刪除或改變某個輸入變數這樣結果就是無效的了。此外，重新運行一次高級網絡計算只需幾秒鐘的時間，所以在打開一個舊的分析檔之前重新運行模型是比較明智的做法。

還可以輸入封鎖期步數。它與末端或中間期數的意義不同。例如，可以輸入 1000 的網格步數，輸入 0-400 的封鎖期步數，以及某個封閉方程（例如，OptionOpen）。這意味著在前 400 個期數，期權持有者必須 OptionOpen。再看另外一個例子，輸入 1, 3, 5, 10 將這些作為封鎖期的網格期數。必須計算封鎖期存在時的相關網格期數。例如，如果在一個 10 年期的 10 步網格中封鎖期存在於第一年和第三年，那麼期數 1 和 3 就是封鎖期。當分析的期權在持有期，保留期或是不可執行期時就存在很明顯的封鎖期數特徵。雇員股票期權具有封鎖和等待期，某些收縮實物期權也有某個不能行權的期間（例如，冷卻期，或是觀念證明期）。

如果在末端節點公式框中輸入了方程並選擇美式，歐式或百慕大期權，輸入的末端節點公式將會成為 SLS 中使用的終端節點。但是對於中間節點，美式期權會假定同樣的末端節點公式加上 OptionOpen；歐式期權會假定期權只能保持開放而不能被執行；而百慕大期權會假定在封閉網格期數中，期權只能保持開放不能被執行。如果仍然想要使用中間節點方程的話，可以事先選擇自定義期權（否則就不能使用中間方程框）。自定義期權的結果會使用所有輸入終端、中間以及中間封鎖期的方程。

在自定義變數列表中可以增加，修改或是刪除某些除基本輸入以外的需求變數。例如，當計算一個放棄期權時，可以選擇殘值。可以在自定義變數列表中加入這個變數，輸入一個名稱（變數的名稱必須是一個不包含空格的單詞），合適的值，以及此變數開始生效的起始期數。也就是說，如果有多個殘值（例如，如果殘值隨時間而改變），可以多次輸入相同的變數名（殘值），但是每次它的值都會發生變化，可以在某個殘值開始生效時詳細說明。例如，在一個 10 年期，100 步的 SLS 網格中存在兩個殘值——在頭個 5 年中是 \$100，在第六年開始增加到 \$150——可以將兩個殘值變數命名為相同的名字，開始期數為 0 的 \$100，以及開始期數為 51 的 \$150。注意這裏的第六年開始的期數是 51 而不是 61。也就是說，對於一個 10 年期，100 步 SLS 網格期權來說，期數 1-10 代表第一年；期數 11-20 代表第二年；期數 21-30 代表第三年；期數 31-40 代表第四年；期數 41-50 代表第五年；期數 51-60 代表第六年；期數 61-70 代表第七年；期數 71-80 代表第八年；期數 81-90 代表第九年；期數 91-100 代表第十年。最後將 0 作為封鎖期意味著期權不能立刻被執行。

一個自定義變數的名稱必須是一個連續的單詞



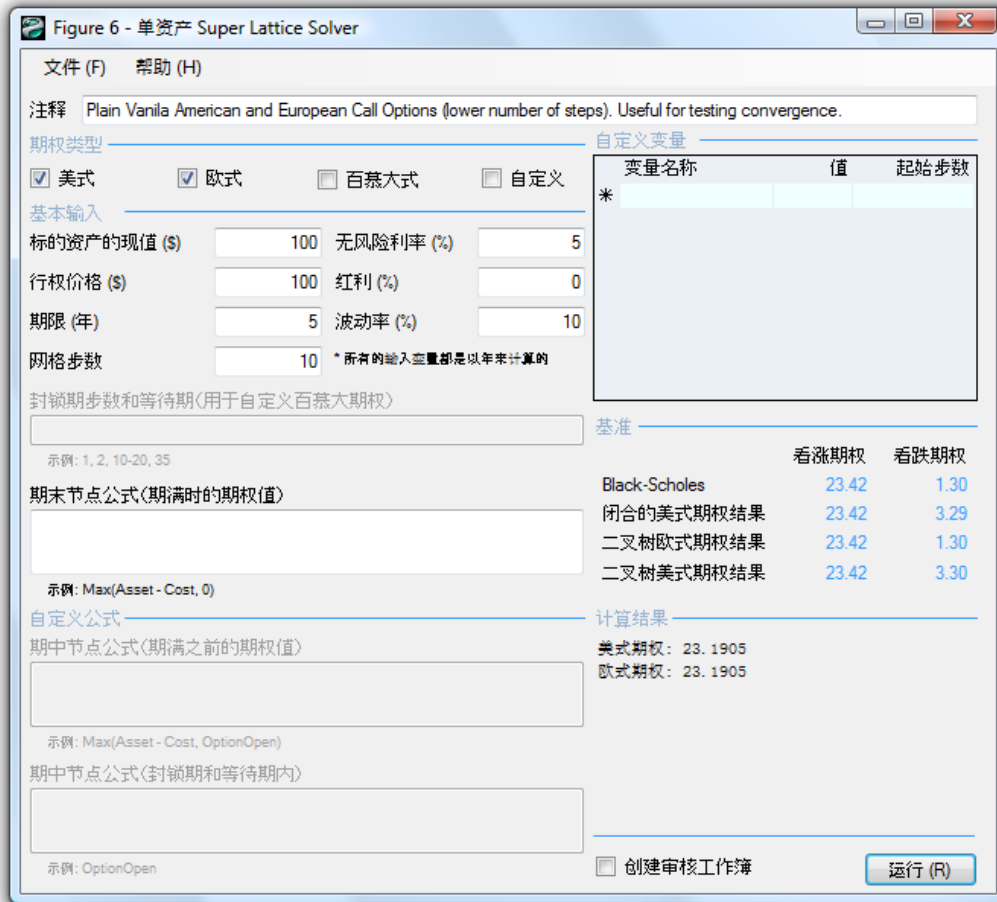


圖 6: 10 期網格的 SLS 結果

## 多資產 SLS (MSLS)

MSLS 是對 SLS 的一種擴充，它可以用於解決多個標的資產和多個期段的期權問題。MSLS 允許使用者輸入多個標的資產和多個估值網格。這些估值網格可以使用用戶自定義的變數。MSLS 可以解決的一些典型類型的期權包括：

- 連續複合期權（二，三和多階段序列期權）
- 同階段複合期權（多元資產及多個同時發生的期權）
- 選擇和轉換期權（從幾個期權和標的資產中選擇）
- 多資產期權（3D 二項期權模型）

MSLS 軟體中包含幾個區域，例如期限框和注釋框。期限是整個期權的整體價值，不管存在有多少個標的或評估網格。注釋是個人對所建立模型的注釋。與 SLS 軟體類似，MSLS 也存在一個封鎖期數和一個自定義變數列表。此外，MSLS 也允許用戶創建審核工作表。注意用戶介面的大小是可以調整的（可以通過點擊並拖動視窗的右下方來拉寬它）。

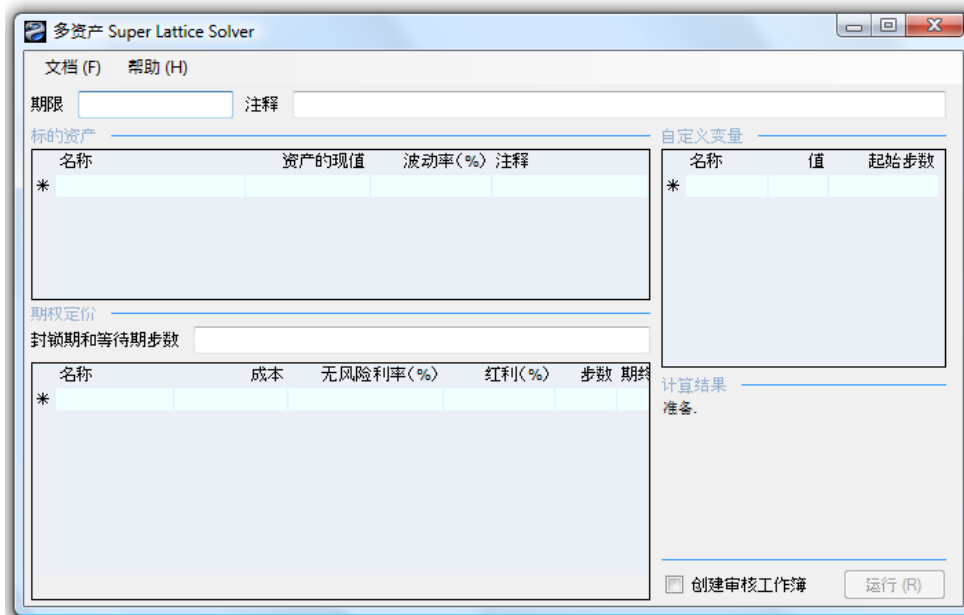


圖 8: 多元 SLS

讓我們通過一個簡單的圖示來看看 MSLS 的功能。點擊開始|程式|Real Options Valuation|Real Option SLS|Real Option SLS。在主介面中，點擊新建多資產期權模型，然後選擇檔|示例|簡單二期連續複合期權。圖 9 中是載入之後的 MSLS 示例。在這個示例中，我們創建了一個包含雙估值階段的單一標的資產。

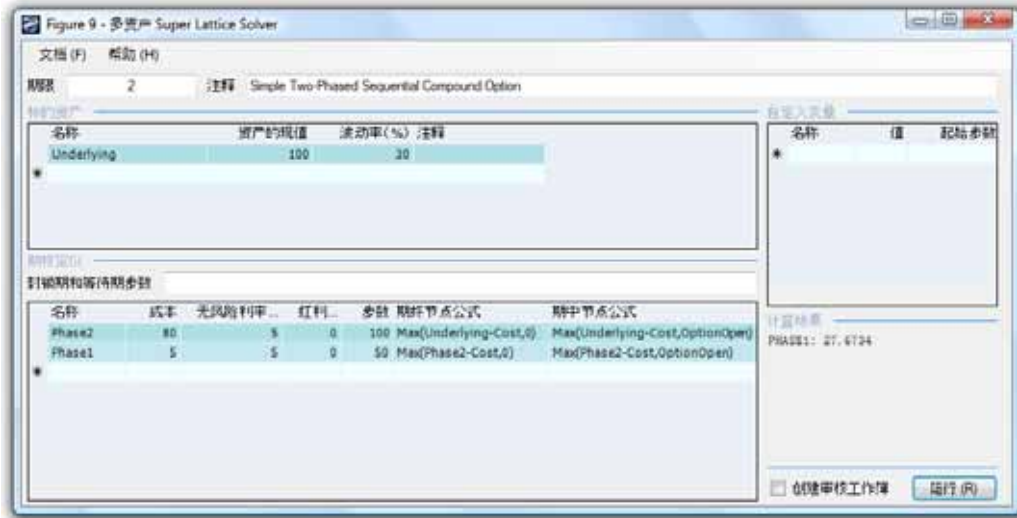


圖 9: MSLS 對於兩階段連續混合期權的求解方案

圖 10 是此期權的戰略樹狀圖。項目被分成兩個階段來實施——第一個階段控制在一年內，費用是 500 萬美元，第二個階段是在第一階段執行後的兩年內，費用是 8000 萬美元，這裏的兩個資料都是現值。項目的資產現值是 1 億美元（因此淨現值為 1500 萬美元），現金流的波動率為 30%（參見波動率的附錄獲得相關波動率計算的知識）。利用 MSLS 計算出的戰略值為 2767 萬美元，意味著期權的價值為 1267 萬美元。也就是說，將投資分散成兩個階段有重要的價值（精確計算的期望值為 1267 萬美元）在複合期權章節可以參考更多的案例和結果注釋。

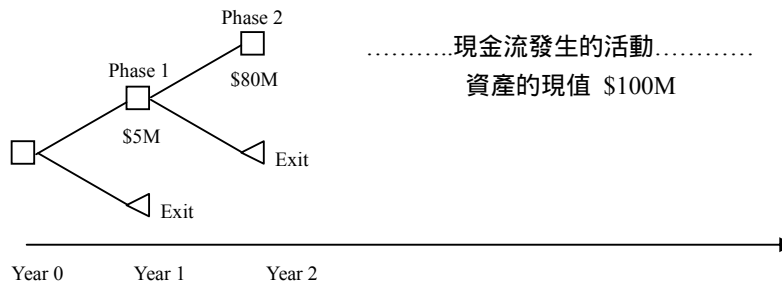


圖 10: 二階連續複合期權的戰略樹狀圖



## 多叉網絡

多叉網絡 (MNLS) 是 Real Option SLS 軟體的另一個模組。MNLS 應用多叉網絡——每個節點上滋生幾條分支——例如三叉 (三條分支), 四叉 (四條分支), 五叉 (五條分支)。圖 11 是 MNLS 模組的圖示。模組裏有個基本輸入變數的視窗, 裏面羅列了所有多叉圖的基本輸入變數。此外, 對於某些輸入變數還有額外要求的歐式美式看漲看跌期權, 軟體還提供了四個不同的模組用於四種不同類型的多叉期權的應用。繼續這個例子, 在主介面中點擊新建多叉期權模型, 選擇檔|示例|三叉樹美式看漲期權。

Figure 11 - Multinomial Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 American Call Option using a Trinomial Lattice Model

网格类型

三叉树  三叉树均值回复  四叉树跳跃扩散  五叉树彩虹双资产

基本输入

标的资产的现值 (\$) 100 红利 (%) 0

标的资产 2 的现值 (\$) 长期利率 (%)

行权价格 (\$) 100 回复率 (%)

波动率 (%) 10 风险的市场价值 (.)

波动率 2 (%) 跳跃率 (%)

无风险利率 (%) 5 跳跃强度 (.)

期限 (年) 5 相关性 (.)

网格步数 50 \* 所有的输入都为年利率

自定义变量

变量名	数值	开始步数
*		

封锁期和等待期

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末结点方程 (在期权到期日)

Max(Asset-Cost, 0)

示例: Max(Asset - Cost, 0)

自定义公式

中间结点公式 (在期权到期日前)

Max(Asset-Cost, OptionOpen)

示例: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

中间结点公式 (封锁期和等待期内)

示例: OptionOpen

结果

三叉网格: 23.3975

运行 (R)

圖 11: 多叉網絡

圖 11 是一個利用三叉網絡計算看漲看跌期權的例子。注意圖 11 中使用 50 步網絡計算所得的結果與圖 2 中使用 100 步二叉網絡的結果是相同的。事實上, 三叉網絡或其他多叉網絡在一定的限度內會得到與二叉網絡相同的結果, 但是期數越低, 達到趨同所需的時間就越短。表 1 中解釋了具有某些輸入假定的三叉網絡如何以比二叉網絡更少的步驟得到正確的期權值。因為在界限以內, 兩者都可以得到相同的結果, 而三叉圖在計算上更複雜, 花費的時間也更長, 所以一般情況下都偏向於使用二叉網絡。但是, 只能在這種情況下使用三叉網絡: 當標的資產服從均值-回復過程時。

期數	5	10	100	1,000	5,000
二叉網格	\$30.73	\$29.22	\$29.72	\$29.77	\$29.78
三叉網格	\$29.22	\$29.50	\$29.75	\$29.78	\$29.78

表 1: 二叉網格和三叉網格

按照同樣的邏輯，四叉和五叉網格也可以得到與二叉圖相同的結果，這些多叉網格還可以用於處理以下這些不同的限制情況：

- 三叉：與二叉的結果相同，最適合用於解決均值-回復類標的資產。
- 四叉：與二叉的結果相同，最適合用於解決標的資產為跳躍-擴散類的期權。
- 五叉：與二叉的結果相同，最適合用於解決兩種標的資產共存的情況，被稱為彩虹期權（例如，價格乘以數量得到總收益，但是價格和數量兩者分別服從不同的標的網格，並且有自己的波動率，但是兩個標的參數是相關的）。

更多詳情、案例和結果分析請參考均值-回復期權，跳躍-擴散期權和彩虹期權。

## SLS Lattice Maker

Lattice Maker 模組是通過在 Excel 表格中生成包含視覺化公式的二叉網格和決策網格 (ExcelXP, 2003 和 2007 版本均支援這種功能)。圖 12 是利用此模組生成的一個期權案例。圖中顯示了模組的輸入變數 (可以在主介面中點擊 Lattice Maker) 和生成的網格結果。注意到現有的表格包含有相互鏈結的函數, 也就是說可以通過手動設置仿真運行 Monte Carlo 仿真或者於其他試算表模型相鏈結。這些結果還可以用作是二叉網格分析的學習工具。最後但並非最不重要的一點, 某一特殊的決策結點也可以生成一個決策網格用於指示本模組中某些期權的最佳執行時刻。此模組生成的結果與利用 SLS 和 Excel 函數生成的結果是相同的, 不同的是前者還多生成了一個可見公式的網格 (可以利用此模組生成 200 步以上的網格)。

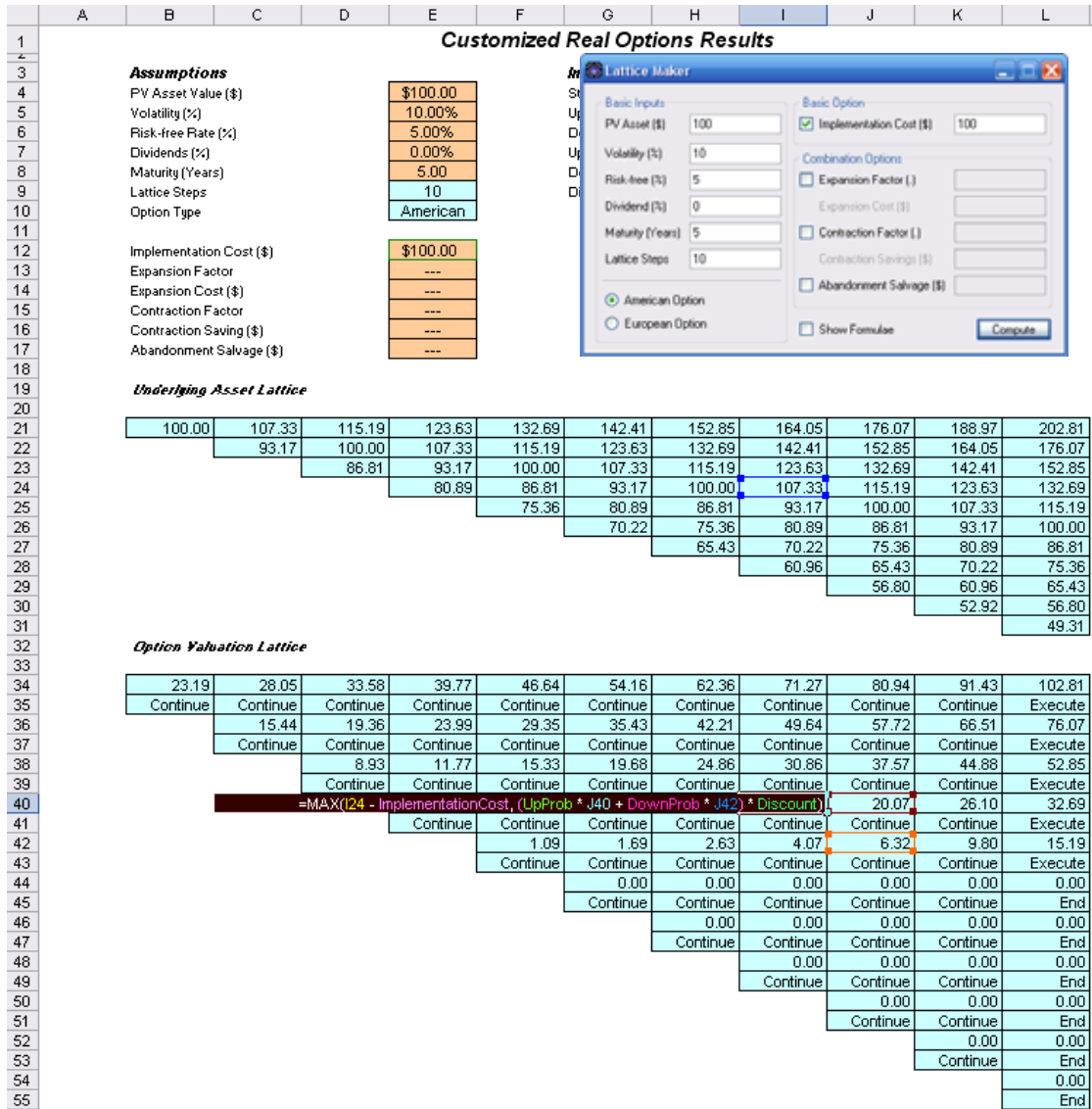


圖 12: Lattice Maker 模組和視覺化公式的工作表結果

## SLS Excel 解決方案 (Excel 中的 SLS, MSLS 和可變波動率模型)

SLS 軟體還允許用戶利用自定義功能在 Excel 中創建模型。該功能十分重要，因為某些模型可能需要與其他工作表或資料庫鏈結，運行 Excel 的某些函數，或是需要類比一些輸入變數，或是在建立期權時輸入變數可能會發生改變。Excel 的這種相容性允許在 Excel 工作表的環境下進行一定程度的創新。具體來說，下面的樣本工作表涉及的是 SLS,MSLS 和可變波動率模型。

為了方便讀者理解，圖 13 是一個利用 SLS 解決自定義放棄期權的案例(在單資產模組，點擊檔|示例|自定義放棄期權)。同樣的問題還可以通過點擊開始|程式|Real Options Valuation|Real Option SLS|Excel 解決方案來解決。圖 14 中是範本的結果。注意，利用 SLS 和 SLS Excel 解決方案檔所得到的結果是相同的。用戶可以根據自身的模型需要通過點擊 Excel 中的檔|另存為，使用新檔。

Figure 13 - 单资产 Super Lattice Solver

文件(F) 帮助(H)

注释: Bermudan Abandonment Option with changing salvage values over time

期权类型:  美式  欧式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 120 无风险利率 (%) 5

行权价格 (\$) 90 红利 (%) 0

期限 (年) 5 波动率 (%) 25

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封锁期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)  
0-10  
示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)  
Max(Asset, Salvage)  
示例: Max(Asset - Cost, 0)

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)  
Max(Salvage, OptionOpen)  
示例: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

期中节点公式(封锁期和等待期内)  
OptionOpen  
示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
Salvage	90	0
Salvage	95	21
Salvage	100	41
Salvage	105	61
Salvage	110	81

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	54.39	4.48
闭合的美式期权结果	54.39	5.36
二叉树欧式期权结果	54.39	4.48
二叉树美式期权结果	54.39	5.44

计算结果

自定义期权: 130.3154

创建审核工作簿

圖 13: 利用 SLS 的自定義放棄期權

	A	B	C	D	E	F
1						
2		<b>SUPER LATTICE SOLVER (SINGLE ASSET)</b>				
3						
4	Option Type			3	<b>Custom Variables List</b>	
5	PV Underlying Asset			\$120.00	Variable Name	Value
6	Annualized Volatility			25.00%	Salvage	90.00
7	Maturity (Years)			5.00	Salvage	95.00
8	Implementation Cost			\$0.00	Salvage	100.00
9	Risk-Free Rate			5.00%	Salvage	105.00
10	Dividend Yield			0.00%	Salvage	110.00
11	Lattice Steps			100		
12	Terminal Equation			MAX(Asset, Salvage)		
13	Intermediate Equation			MAX(Salvage, @@)		
14	Intermediate Equation During Blackout			@@		
15	Blackout Steps			0-10		
16						
17						
18	<b>Super Lattice Solver Result</b>			<b>\$130.3154</b>		
19						
20	Note: This is the Excel version of the Super Lattice Solver, useful when running simulations or when linking to and from other spreadsheets.					
21	Use this sample spreadsheet for your models. You can simply click on File, Save As to save as a different file and start using the model.					
22	For the option type, set 0 = American, 1 = European, 2 = Bermudan, 3 = Custom					
23	The function used is: <i>SLSSingle</i>					

圖 14: 利用 SLS Excel 解決方案的自定義放棄期權

兩者唯一的不同之處在於在 Excel 解決方案中，功能塊（圖 14 中單格 B18）有一個額外的輸入變數——期權類型。如果將期權類型的值設為 0，就代表美式期權；1 代表歐式期權；2 代表百慕大期權；3 代表自定義期權。

同樣地，MSLS 也可以利用 SLS Excel 解決方案來解決。圖 15 中是利用 SLS Excel 解決方案來解決一個複雜的多階連續複合期權的案例。得到的結果與利用 MSLS 模組生成的結果是相同的（示例檔夾：多階段複雜連續複合期權）。這裏有一點需要注意的是如果增加或減少期權估值網格的期數，一定要確保改變 MSLS 結果的函數鏈結對應正確的列數，否則可能得到不正確的計算分析。例如，如果系統默認的期權估值網格數是 3，選擇電子錶中的 MSLS 結果單格，點擊插入函數，會看到 A24 到 H26 這三行的單格鏈結了函數中的網格輸入變數。如果增加另一個期權估值網格，要將鏈結變為 A24 到 H27，依此類推。還可以保留自定義變數。如果在自定義方程中沒有用到這些變數，結果將不會受到影響。

最後，圖 16 中是一個可變波動率和可變無風險利率期權。在此模組中，波動率和無風險收益率可以隨時間改變，解決此種期權要用到非重合網格。在大部分案例中，我們建議用戶創建一個無變化揮發期限結構的期權模型。這是因為得到一個單一的波動率已經比較困難，更不用說一系列隨時間變化的波動率。如果需要類比一系列不確定的不同波動率，最好對波動率運行一次 Monte Carlo 仿真。此模組只用於當波動率需要類比以及波動率不確定並且隨時間改變的情況下。對於可變無風險利率期權結構也推薦採用以上建議。

MULTIPLE SUPER LATTICE SOLVER (MULTIPLE ASSET & MULTIPLE PHASES)

Maturity (Years)	5.00
Blackout Steps	0-20
Correlation*	

MSLS Result \$134,0802

**Underlying Asset Lattices**

Lattice Name	PV Asset	Volatility
Underlying	100.00	25.00

**Custom Variables**

Name	Value	Starting Steps
Salvage	100.00	31
Salvage	90.00	11
Salvage	80.00	0
Contract	0.90	0
Expansion	1.50	0
Savings	20.00	0

**Option Valuation Lattices**

Lattice Name	Cost	Riskfree	Dividend	Steps	Terminal Equation	Intermediate Equation	Intermediate Equation for Blackout
Phase3	50.00	5.00	0.00	50	Max(Underlying*Expansion-Cost, Underlying, Salvage)	Max(Underlying*Expansion-Cost, Salvage, @@)	@@
Phase2	0.00	5.00	0.00	30	Max(Phase3, Phase3*Contract+Savings, Salvage, 0)	Max(Phase3*Contract+Savings, Salvage, @@)	@@
Phase1	0.00	5.00	0.00	10	Max(Phase2, Salvage, 0)	Max(Salvage, @@)	@@

Note: This is the Excel version of the Multiple Super Lattice Solver, useful when running simulations or when linking to and from other spreadsheets. Use this sample spreadsheet for your models. You can simply click on File, Save As to save as a different file and start using the model. \*Because this is an Excel solution, the correlation function is not supported and is linked to an empty cell.

圖 15: 利用 SLS Excel 解決方案的複雜連續複合期權

### Changing Volatility and Risk-Free Rates

**Assumptions**

PV Asset (\$)	\$100.00
Implementation Cost (\$)	\$100.00
Maturity in Years (.)	10.00
Vesting in Years (.)	4.00
Dividend Rate (%)	0.00%

**Results**

Generalized Black-Scholes	\$48.78
10-Step Super Lattice	\$49.15
Super Lattice Steps	10 Steps <input type="button" value="v"/>

**Additional Assumptions**

Year	Risk-free %	Year	Volatility %
1.00	5.00%	1.00	20.00%
2.00	5.00%	2.00	20.00%
3.00	5.00%	3.00	20.00%
4.00	5.00%	4.00	20.00%
5.00	5.00%	5.00	20.00%
6.00	5.00%	6.00	30.00%
7.00	5.00%	7.00	30.00%
8.00	5.00%	8.00	30.00%
9.00	5.00%	9.00	30.00%
10.00	5.00%	10.00	30.00%

Please be aware that by applying multiple changing volatilities over time, a non-recombining lattice is required, which increases the computation time significantly. In addition, only smaller lattice steps may be computed. The function used is: SLSBinomialChangingVolatility

圖 16: 可變波動率和可變無風險利率期權

## SLS 函數

本軟體還提供了一系列可以直接在 Excel 中使用的 SLS 函數。可以通過點擊開始|程式|Real Options Valuation|Real Option SLS|SLS 函數來查看這種功能。在 Excel 中，可以點擊函數嚮導圖示或是選擇一個空的單格點擊插入|函數。在 Excel 的方程嚮導中，選擇全部這一項，得到以 SLS 為首碼名的所有函數。這裏會看到可以在 Excel 中使用的 SLS 函數列表。圖 17 中是 Excel 方程嚮導。

打開 Excel 函數模組，在 Excel 函數嚮導中選擇全部項就會得到可使用的 SLS 函數。

在開始（在 Excel 中，點擊工具，宏，安全性）之前，必須首先檢查的宏安全性設置，確保設置為中等安全或低安全。

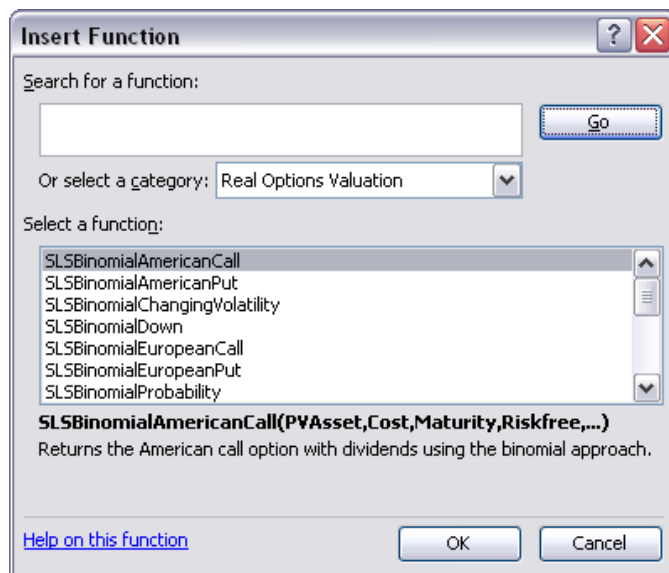
假設選擇了第一個函數，SLS 二叉美式看漲點擊 OK。圖 17 顯示了如何將函數鏈結到現有的 Excel 模型中。可以從其他模型或電子錶中鏈結單格 B1 到 B7 的值，或是利用 VBA 宏來創建這些值，或是運行模擬時改變更新這些值。

注釋：注意有些函數需要多個投入變數，而 Excel 的方程嚮導每次只能顯示 5 個變數。因此，要記住拖動垂直條來查看其他別的變數。

這裏對整個軟體進行了一個大概的總結和遊覽。現在可以準備開始使用 SLS 軟體來建立和解決實物期權，金融期權和雇員股票期權等問題。我們將會在下一節介紹它們的應用。然而，我們強烈推薦您首先閱讀喬森納·文所寫的《實物期權分析：工具和方法》一書，第二版，(Wiley, 2006) 以瞭解有關實物期權理論和應用的具體內容。

如果您是第一次使用 Real Option SLS 軟體或是剛從 1.0 版本升級到 201X 的話，建議您首先

花點時間閱讀下一頁中的一些關鍵注釋和技巧，熟悉此軟體的建模。



SUM    =SLSBinomialAmericanCall(B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7)

	A	B
1	PV Asset	\$100.00
2	Cost	\$100.00
3	Maturity	1
4	Risk-Free	5%
5	Volatility	25%
6	Dividend	0%
7	Steps	100
8		
9	<b>Result</b>	<b>\$12.31</b>
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

**Function Arguments**

SLSBinomialAmericanCall

**PVAsset** B1 = 100

**Cost** B2 = 100

**Maturity** B3 = 1

**Riskfree** B4 = 0.05

**Volatility** B5 = 0.25

= 12.31130972

Returns the American call option with dividends using the binomial approach.

**PVAsset**

---

Formula result = 12.31130972

[Help on this function](#)

圖 17: Excel 的方程嚮導



## 奇異金融期權評估者

奇異金融期權評估者是一個全面的包含超過 250 個函數和模型的計算器，從基本的期權到奇異期權（例如，從布萊克-斯克爾斯（Black-Scholes）模型到多叉網格模型到閉式微分方程和對奇異期權進行定價的分析性方法，還有其他與期權相關的模型例如債券期權，波動性計算，delta-gamma 對沖等等）。這個計算器顯示如下圖 18。你可以點擊**裝載樣本值**按鈕裝載一些樣本數值來開啟這個計算器。然後，你可以選擇模型目錄（左邊面板），也可以選擇模型（右邊面板）來運行程式，然後點擊**計算**來獲取結果。請注意這個計算器是對超過 800 個函數和模型的 ROV Risk Modeler 和 ROV Valuator 軟體工具的補充，這些函數和模型都是由 Real Options Valuation, Inc. 公司開發，這些軟體可以高速地進行運算並且可以處理巨大的資料量，還可以與現有的 ODBC 合規資料庫（例如，Oracle, SAP, Access, Excel, CSV 等等）相容。最後，如果你想進入這 800 個函數（包括在期權評估者軟體中的函數），請使用 ROV Modeling Toolkit 軟體，在這個軟體中，你可以進入並使用這些函數，還可以在你的模型中使用 ROV 的**風險類比**軟體來運行蒙特卡羅模倣真。

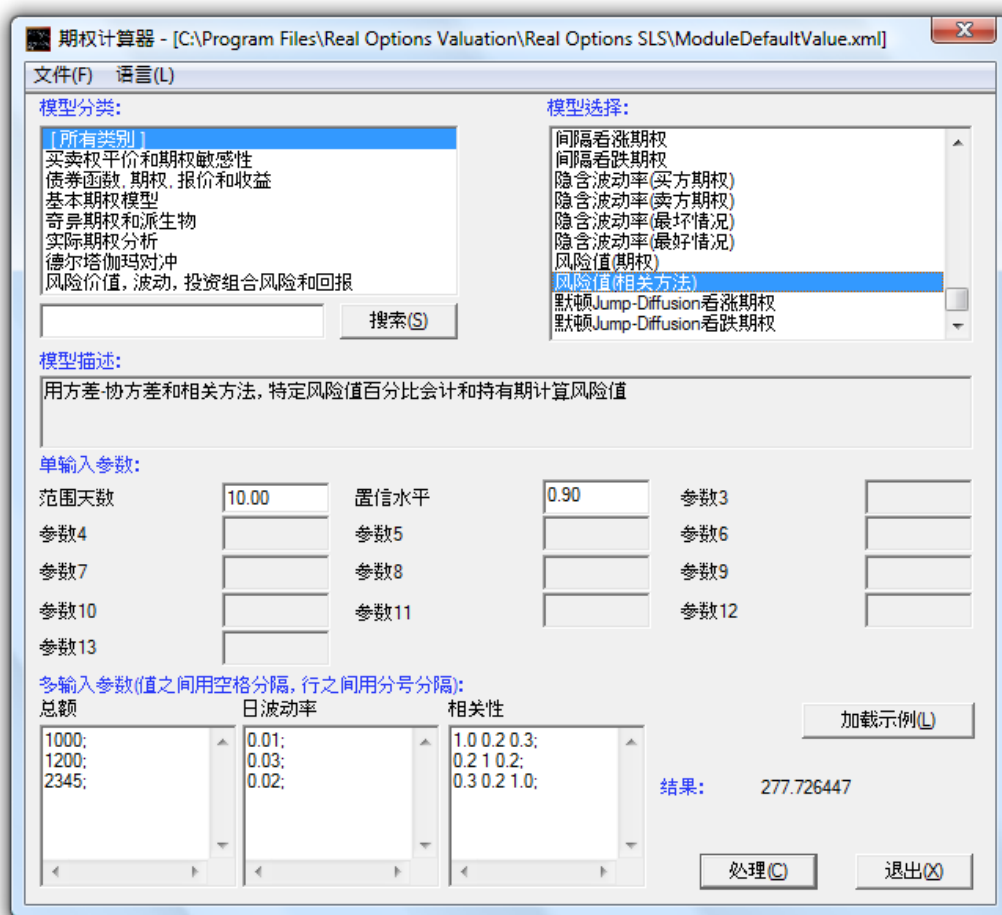


圖 18 – 奇異金融期權評估者

## 收益圖，颶風圖和敏感性分析收益圖，颶風圖和敏感性分析，模擬，戰略樹

單資產 (Single Asset SLS) 模組還包括收益圖， 敏感性分析表格，情景分析和收斂分析 (圖 18A)。要運行這個分析，首先創建一個新的或者打開運行一個現有的模型 (例如，從第一個標籤 *Options SLS*，點擊檔，例子，和選擇 *Plain Vanilla Call Option 1*，然後點擊運行來計算期權價值，然後點擊這些標籤)。為了使用這些工具，你首先需要在 *Options SLS* 中有一個模型。簡單來說，以下就解釋圖 18A 中這些標籤和如何使用他們對應的控制功能。

### 收益圖：

**收益圖**標籤 (A) 可以允許你生成一個典型的期權收益圖，然後你可以通過選擇輸入變數 (B)，輸入最小值和最大值 (C) 以及它的步長 (例如，設置最小值為 20，最大值為 200，步長為 10 來運行分析，這些分析值就為 20, 30, 40, ..., 180, 190, 200) 和網格步數 (步數越少，分析速度就越快，但是結果的精確度就較低，請參看以下關於網格步數收斂的詳細討論) 來生成圖表。點擊更新圖表 (D) 就可以獲得一個新的收益圖 (E)。默認情況顯示一個線圖 (F) 但是你可以選擇一個區域圖或一個直條圖，你可以將生成的圖表複製和粘貼到其他的應用中去或者列印出來 (G)。如果你不輸入任何最小值和最大值，軟體將會自動為你挑選默認的測試值，在默認的狀態下標的資產現值選項被選中，典型的曲棍收益圖將會顯示出來。最後，如果任何一個原來的輸入為 0，軟體將會回饋一個提示資訊，這將需要你手動輸入這些最小值，最大值和步長值來生成收益圖。

### 颶風圖敏感性分析：

**敏感性**標籤 (H) 對模型中的每個輸入變數運行快速的靜態敏感性分析，並且按照對結果影響最大到影響最小將輸入變數列示出來。這時候你還可以控制期權類型，網格步數和敏感性百分比 (I)，結果將會以颶風圖 (J) 和敏感性分析表格 (K) 的形式展示出來。颶風圖分析通過自動對每個輸入進行一個預設百分比的擾動來捕捉每個輸入變數對期權價值的靜態影響，捕捉期權價值的波動和將產生的擾動結果按照影響最大到影響最小的順序展示出來。顯示的結果包括一個敏感性表格，包括初始基準數值，被擾動輸入變數的上限和下限，產生的期權價值上限和下限，以及絕對變化或者影響。颶風圖通過另外圖表將結果展示出來。圖表中綠色的柱形條表示對期權價值正的影響，紅色的直條圖表示對期權價值負的影響。例如，執行成本的紅色柱形條表示投資成本對結果負的影響，換一句話說，對於一個簡單的看漲期權，執行成本 (期權執行價格) 和期權價值有負相關的關係。對於標的資產現值 (股票價格) 這個輸入來說剛好相反，綠色柱形條在圖表的右邊，表示在輸入和輸出之間有正相關關係。

### 情景分析：

**情景分析**標籤基於選定的期權類型和網格步數 (M) 對輸入變數 (L) 運行一個二維的情景分析，並且返回一個情景分析的表格 (N)，這個表格中基於多個輸入變數的組合將產生的期權價值展示出來。

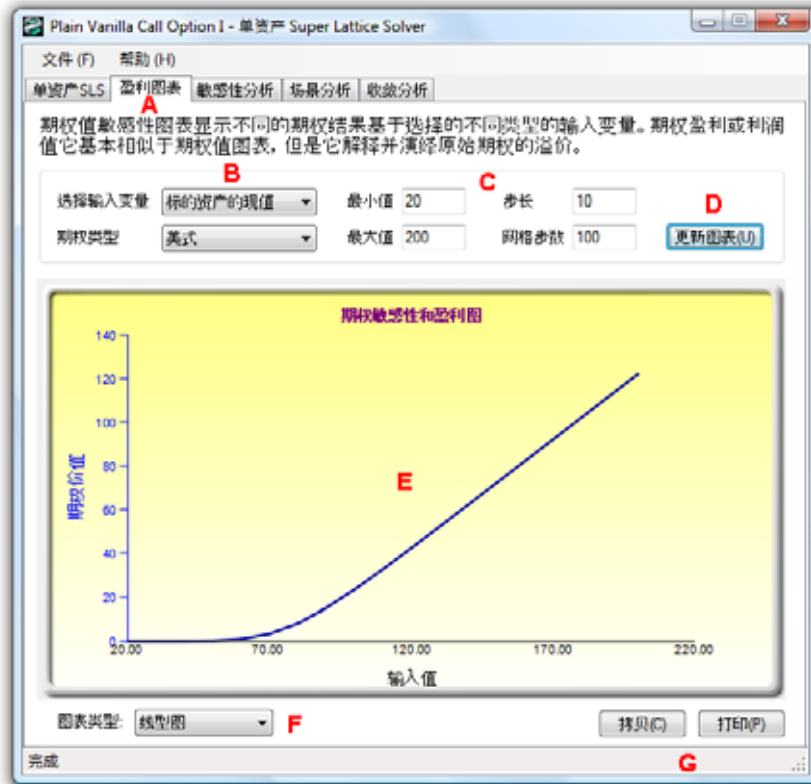
### 網格步數收斂分析：

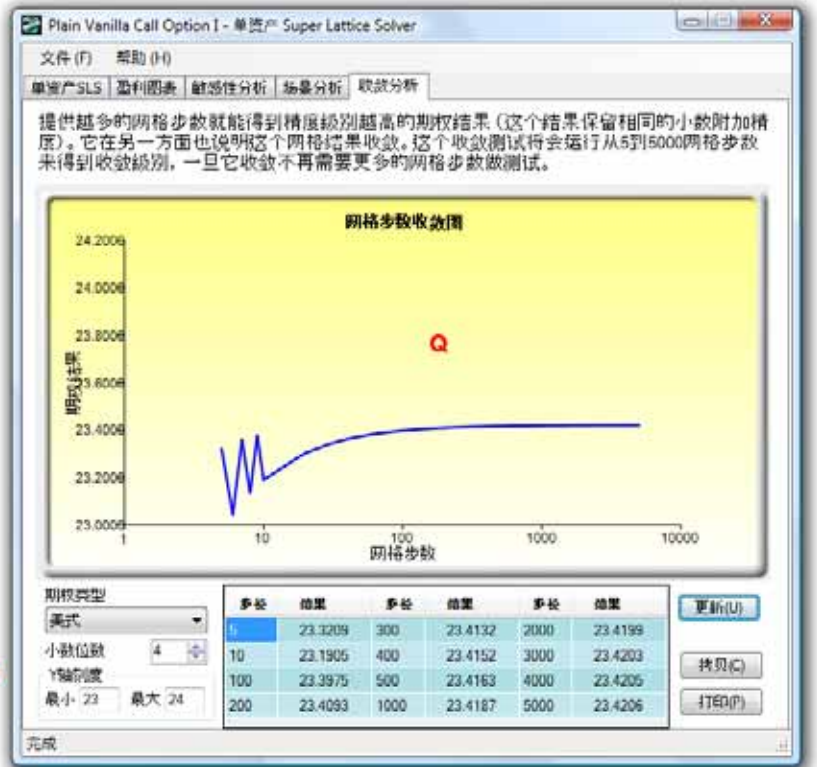
**收斂**標籤展示了步數從 5 步到 5000 步的期權結果，步數越大，精確度越高 (網格上升粒度越大)，當步數達到一定的程度，網格的結果開始收斂，一旦收斂後就不需要增加額外的步數。步數默認被設置為從 5 到 5000 步，但你可以選擇期權類型和小數點位數 (O)，這時基於你的選擇收斂圖就展示 (Q) 出來，你可以根據需要 (P) 將圖表複製或者列印出來。

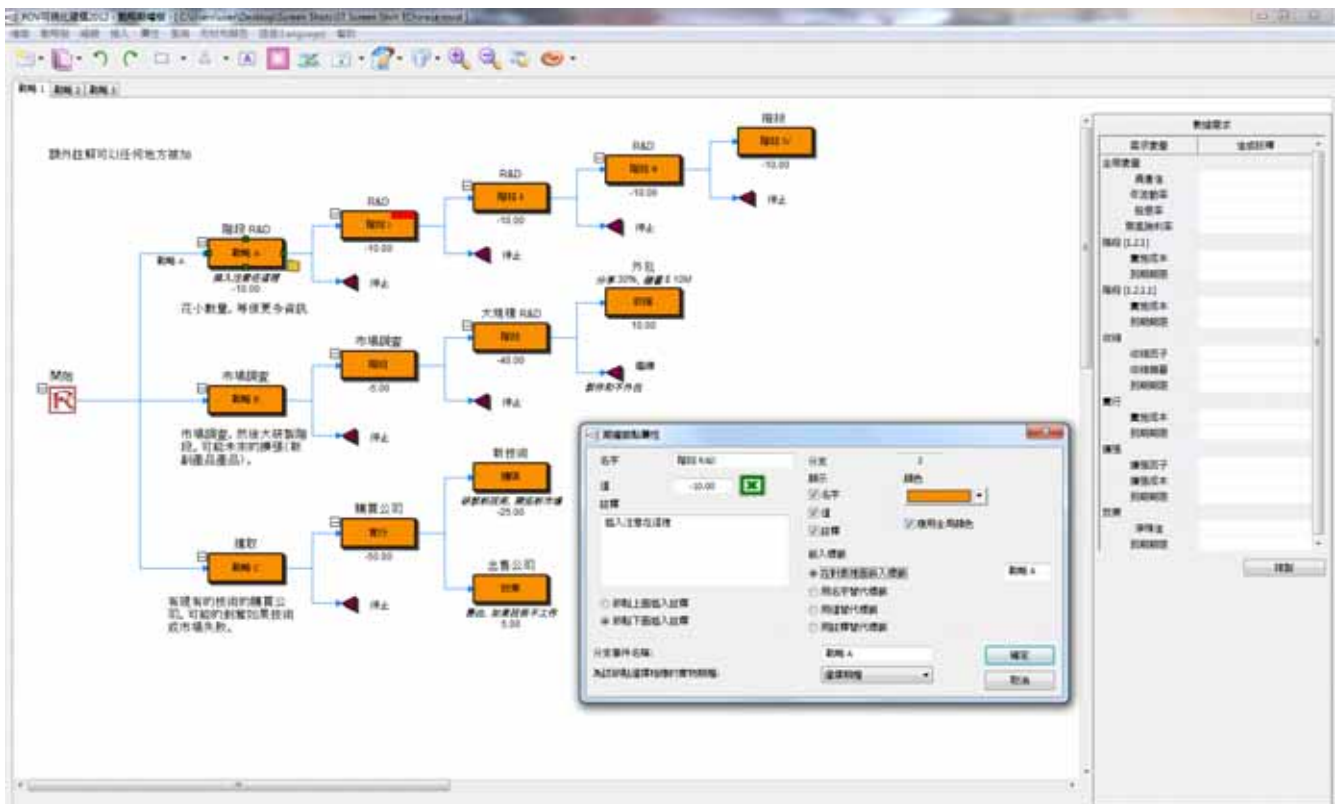
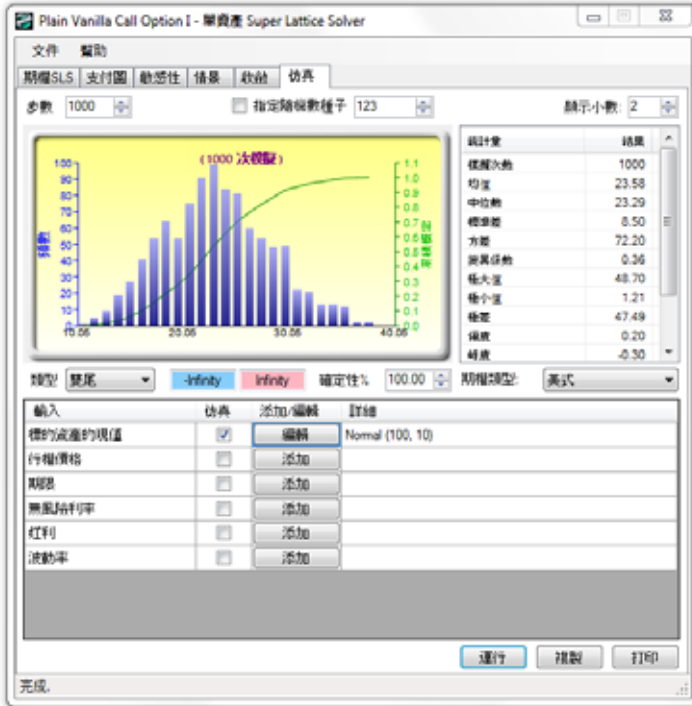
**ROV STRATEGY TREE** 戰略樹可以創建戰略實物期權的視覺化展現。這個模組用來簡化戰略樹創建，但不能用於真實的實物期權評估模型（真正的模型過程通過 SLS 來實現）。

以下是快速開始使用流程：

- 模組共有十一種語言，可以通過語言功能表改變。
- 選擇任意節點，*插入選項點*或者*插入終止點*，點擊選項節點圖示(方形)或者終止節點圖示(三角形)或使用功能*插入功能表*。
- 按兩下節點，修改單個*選項節點*或者*終止節點*。有時候當您點擊一個節點，所有下屬子節點也會被選擇(這樣可以移動從所選節點下的所有樹)。如果您希望僅僅選擇那個節點，您可以點擊空白背景，單獨選擇節點。此外，您可以移動單個節點或者整個樹(右鍵，或者在*編輯功能表*中，選擇*單個移動節點*或者*一起移動節點*)。
- 以下是描述可以並配置到節點屬性中。可以嘗試屬性的不同設置來判斷戰略樹中的效果：
  - *名稱* 節點上方顯示名稱
  - *數值* 節點下方顯示數值
  - *Excel 連接* 從 Excel 儲存格中連接資料
  - *注釋* 可以在節點上方或下方插入節點
  - *模型展示* 名稱，數值，注釋的組合
  - *本地顏色與全部顏色* 節點顏色可以改變
  - *標籤內形狀* 文本可以放置於節點中(需要將節點擴大些)
  - *子事件名* 文本可以放置在引導節點提示事件。
  - *選擇實物期權* 實物期權模型可以指派到當前節點。指派節點可以生成一系列輸入變數。
- *全部元素*是可定制化的，包括戰略樹的背景，連接線，選擇節點，終止節點，文本盒。具有以下設置項：
  - *字體* 名字，數值，注釋，標籤，項目名
  - *節點大小*(最小和最大的高度和寬度)
  - *邊界*(線類型，寬度，顏色)
  - *陰影* (顏色和是否應用陰影)
  - *全部顏色*
  - *全部形狀*
- *編輯* 功能表中的 *查找資料要求視窗*能夠在戰略樹右側打開一個視窗，當一個選擇節點或者終止節點被選擇時候，能夠展示節點的屬性，並直接更新。這個功能能夠每次在節點上按兩下。
- *案例檔*能夠通過 *檔*功能表開始構建決策樹。
- *檔 保護檔*可以將戰略樹加密到 256 個位元組密碼 在加密的時候，請牢記密碼。
- *檔 截屏*可以截屏現有模型。圖片可以在其他軟體中使用。
- *添加, 複製, 重命名, 刪除決策樹* 可以通過右鍵決策樹或者 *編輯* 功能表。
- 您也可以在任何選項或者終止節點*插入檔連結* 或者 *插入評論*，在背景處插入文本 或者 *插入圖片*。
- 您也可以*改變現有類型*，*管理和創建自訂的戰略樹*(包括尺寸，形狀，顏色，字體大小，整個決策樹的顏色)。







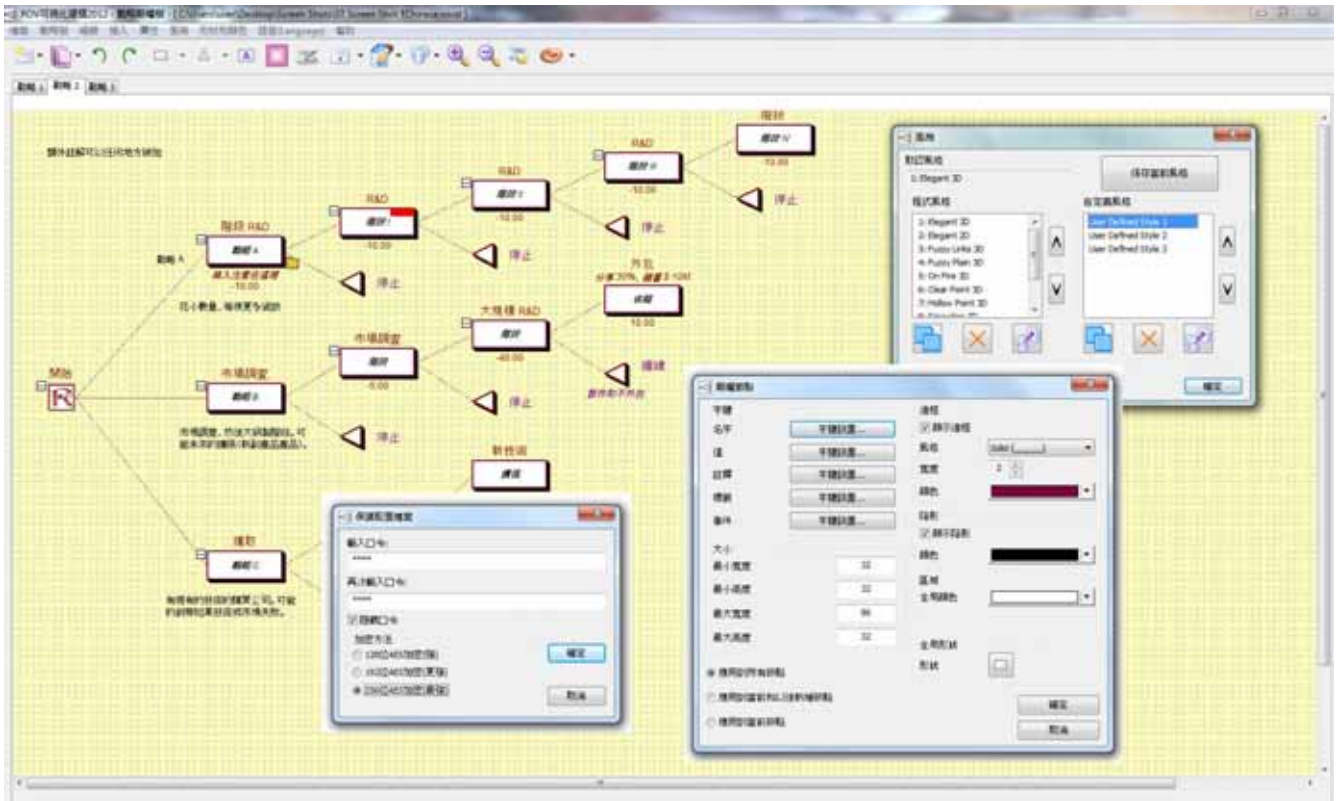


圖 18A –收益圖，颶風圖和敏感性分析，模擬，戰略樹

## SLS 的重點注釋和技巧

以下是使用 Real Option SLS 中值得注意的一些變化和小技巧。

- 在 SLS, MSLS 和 MNLS 中可查看用戶手冊。例如, 打開 Real Option SLS 軟體, 創建一個新的或打開一個現有的 SLS, MSLS 或 MNLS 模型。然後點擊幫助|用戶手冊。
- 可以直接在 SLS 主介面或是使用 SLS, MSLS 或 MNLS 模型時使用案例檔夾, 點擊檔|案例。
- 在 SLS, MSLS 或 MNLS 可以通過點擊檔|幫助來獲得最新的許可資訊。
- 在 SLS, MSLS 和 MNLS 中還可以通過幫助|變數列表來使用變數列表。以下是自定義方程框中允許使用的變數和操作：
  - Asset 標的資產現階段的值 (貨幣)
  - Cost 執行成本 (貨幣)
  - Dividend 紅利值 (百分比)
  - Maturity 到期期限 (年數)
  - OptionOpen 維持期權開放的值 (在 1.0 版本中通常使用@@表示)
  - Riskfree 年無風險利率 (百分比)
  - Step 代表現階段網格期數的整數值
  - Volatility 年波動率 (百分比) [減去]
  - ! 不
  - !=, <> 不等於
  - & 和 [乘]
  - / 除
  - ^ 平方
  - | 或者
  - + 加
  - <, >, <=, >= 比較關係
  - = 相等
- **SLS 或 MSLS 中的 OptionOpen 期末結點公式** 如果 OptionOpen 指定到期末結點公式, 我們經常會得到非資料錯誤 (NaN) 的結果。這是一個明顯的用戶錯誤, 因為 OptionOpen 不能應用於期末結點。
- **自定義變數的非指定時間間隔**。如果在某個指定的時間間隔自定義變數沒有賦值, 系統會自動假定其值為 0。例如, 假定存在一個 10 步的模型, 其中某個自定義變數 “myVar” 的值 5 自第六步時開始存在。這意味著自第六步之後 myVar 這個變數的值為 5。但是模型沒有指定從 0 期到 5 期 myVar 的值。在這種情況下, myVar 在 0 期到 5 期的值被假定為 0。
- **與 SLS 1.0 的相容性**。除了 SLS, MSLS, MNLS 和 Lattice Maker 模組被集中在一個主介面中, SLS 與之前的版本有類似的用戶介面。SLS 1.0 中創建的資料檔案可以被載入到 SLS 中。但是, 與前者相比, SLS 擁有更多改進後的特徵, 如果不作一些小修改, SLS 1.0 中創建的模型不能在 SLS 上運行。以下列出了 SLS 1.0 和 SLS 的一些不同之處：
  - 問題: SLS 1.0 中變數 “@@” 在 SLS 中被 “OptionOpen” 代替。因此, SLS 將 “@@” 識別為一個特殊變數, 並在運行之前自動將其轉換為 “OptionOpen”。但是, 一個可能存在的問題就是當某個模型將 “OptionOpen” 作為一個自定義變數時可能會發生錯誤, 因為此時 OptionOpen 已經是一個特殊變數。



- 在自定義方程中使用高級工作表功能的模型不再適用於新版本。新版本支援的功能包括：
  - ABS, ACOS, ASIN, ATAN2, ATAN, CEILING, COS, COSH, EXP, FLOOR, LOG, MAX, MIN, REMAINDER, ROUND, SIN, SINH, SQRT, TAN, TANH, TRUNCATE, IF
- SLS 中的變數除了函數名稱之外。SLS 不支持混合大小寫的形式。所以，建議在 SLS 和 MSLS 中使用自定義變數的時候，自定義變數的名稱要在格上保持一致。
- **函數 AND() 和 OR()** 在 SLS 被一些特殊的符號所代替。“&”和“|”分別代表 AND() 和 OR() 的操作。例如，“Asset>0|Cost<0”的意思是“OR(Asset>0, Cost<0)”。而“Asset>0&Cost<0”代表“AND(Asset>0, Cost<0)”。
- **指定封鎖期步數。** 為了介紹封鎖期的定義，讓我們看下如下的例子：
  - 3 步數 3 是封鎖期。
  - 3, 5 步數 3 和 5 是封鎖期。
  - 3, 5-7 步數 3, 5, 6, 7 是封鎖期。
  - 1, 3, 5-6 步數 1, 3, 5, 6 是封鎖期。
  - 5-7 步數 5, 6, 7 是封鎖期。
  - 5-10|2 步數 5, 7, 9 是封鎖期。
  - 5-14|3 步數 5, 8, 11, 17 是封鎖期。
  - 5-6|3 步數 5 是封鎖期。
  - 5 - 6|3 步數 5 是封鎖期（忽略空格）。
- **識別字。** 識別字是以 a-z, A-Z, \_ 或 \$ 開始的字元次序。在第一個字元之後，接下來的 a-z, A-Z, 0-9, \_ 和 \$ 都是有效的字元。注意空格是一個無效的字元。但是，當變數包含在大括弧內 {} 時，可以使用空格字元。除了函數名稱之外，識別字也是格敏感的。以下是有效識別字的一些例子：myVariable, MYVARIABLE, \_myVariable, \_\_\_myVariable, \$myVariable（這是一個單變數）。
- **數字。** 數位可以是一個整數，從 0 到 9 的任意一個或一個以上的數字。下面是整數的一些例子：0, 1, 00000, 12345。另外一種類型的數位是實數。以下是實數的一些例子：0., 3., 0.0, 0.1, 3.9, .5, .934, .3E3, 3.5E-5, 0.2E-4, 3.2E+2, 3.5e-5。
- **運算的優先等級。** 在估計方程時的操作優先順序如下所示。但如果遇到兩項有完全相同的運算優先權，按照從左到右的順序來估計。
  - ( ) 括弧擁有最高的優先權
  - |, - 否和負數，例如-3
  - ^
  - \*, /
  - +, -
  - =, <, !=, <=, >, >=
  - &, |
- **數學運算式。** 以下是一些可以在自定義方程框中使用的方程例子。查看本手冊的餘下部分，推薦章節和案例檔夾來學習更多 SLS 中使用的實物期權方程和函數。
  - MAX (Asset-Cost,0)
  - MAX (Asset-Cost,OptionOpen)
  - 135
  - 12 + 24 \* 12 + 24 \* 36 / 48
  - 3 + ABS(-3)



## 第二部分：實物期權分析 美式，歐式，百慕大式和自定義放棄期權

放棄期權衡量的是在期權有效期內放棄某個專案或資產靈活性的價值。例如，假設某個公司擁有一個項目或資產，並且基於傳統現金流（DCF）模型，計算出資產的現值（標的資產的現值）為 1 億 2000 萬美元（對於放棄期權而言這是項目或資產的淨現值）Monte Carlo 仿真顯示出此資產價值的波動率很大，估計為 25%。在這種情況下，專案成敗的不確定性也很大（計算的波動率包含了不同種類的不確定性來源，並在現金流模型的風險計算中包含了價格不確定性，成功的概率，競爭，資源的調撥等），項目的價值可能高於或低於期望值 1 億 2000 萬美元。假設找到了一個對手願意創建一個放棄期權，並簽了一個 5 年期（到期日）的合約，現在基於某些資金方面的原因，公司可以在 5 年內的任何時間（美式期權的特徵）以 9000 萬元的價值將該資產或專案賣給對手。對手同意以 3000 萬元的折扣簽署了合約。

簡單地說就是這家公司為自己購買了一份 9000 萬元的保險。也就是說，如果資產或項目的價值超過了它的現值，公司就可以決定繼續投資這個項目，或是在市場上以公允價值出售。相反的，如果資產或專案的價值降低到低於 9000 萬元，公司就有權執行期權以 9000 萬元的價格將其賣給對手。換句話說，也就是公司建立了一張安全網來防止資產的價值降到這個殘值水準之下。那麼，這張安全網或保險的價值是多少呢？如果對手不知道答案而自己知道的話，那在談判中就會擁有一種競爭優勢。進一步假定來自美國財政部的 5 年期美國無風險國債（零息債券）利率為 5%。圖 19 中顯示美式放棄期權結果值為 1 億 2548 萬美元，暗示著除去資產現階段的現值 1 億 2000 萬，期權的價值為 548 萬。因此，人們願意為此期權支付的平均值為 548 萬。這個預期值衡量的是資產值連續超過 9000 萬的概率與沒有超過概率的比較。同時，它還指出了在 548 萬的預期值下放棄期權的最佳執行時間。

我們再做一些嘗試性的更改。將殘值變為 3000 萬元（這意味著資產有 9000 萬元的折舊），得到期權的價值為 1 億 2000 萬或是 0。這個結果說明這個期權或合約是沒有價值的，因為安全性太低，不會被採用。反之，將殘值設置為資產現值的三倍，也就是 3 億 6000 萬元，得到的期權價值也是 3 億 6000 萬元，說明期權沒有價值，等待和擁有這個期權是沒有價值的，如果現在有人願意出三倍的價格購買這個項目，當然會立刻執行這個期權賣掉資產。總結來說，可以變化殘值知道期權的價值消失，因為這意味著已達到了最佳觸發值。例如，如果輸入的殘值為 1 億 6680 萬元，放棄期權分析收益值為 1 億 6680 萬元，也就是說在這個價格之上，最佳的選擇就是立刻賣掉這個資產。在低的殘值情況下，期權有價值，如果殘值較高，期權就失去價值了。這個無虧損殘值點就是最佳觸發值。一旦此資產的市場價格超過這個值，最佳選擇就是放棄。最後，加入紅利率，拋棄資產前的等待成本（例如，持有資產不賣出所需支付的稅收和維修費，用資產現值的百分比來衡量）會降低期權的價值。因此，可以通過選擇更高的紅利水準來計算無虧損觸發點，即期權無效時的價值。這個無虧損點又反過來說明瞭觸發值（最佳情況立刻執行期權），但這次有涉及到紅利收益。也就是說，如果期權的持有成本，或洩漏值太高，也就是等待成本太高，那就不要猶豫，要立刻執行期權。

關於放棄期權的其他一些應用包括合同中的產品返銷租賃（保證一定的資產價值）；資產保存流動性；保險政策；推出項目，出售項目的知識產權；某種獲得物的購買價格等等。以下是關於放棄期權的更多案例，便於讀者理解（以及一些案例學習）：

- 一家飛機製造商在一級市場上以 3000 萬美元的價格向各大航空公司出售某種機型的飛機。航空公司一般是風險規避型的，在經濟，需求，價格競爭和燃料成本等不確定的情況下，很難作出是否增加一架飛機的決策。當解決了不確定性的問題後，飛機運輸者必須考慮重新分配他在全球的飛機資產，否則一架放在停機坪上的飛機

成本是非常昂貴的。航空公司可以二級市場上出售過剩的飛機，那裏充斥著小的航空運營商願意購買二手飛機。但是價格的不確定性很高，波動率也很大，可能達到 45%，此種類型的飛機價格可能在 1000 萬美元和 2500 萬美元的範圍內波動。飛機製造商可以通過提供一種回購協議或放棄期權來降低航空公司的風險，在未來 5 年內的任意時間裏，製造商同意應航空公司的請求以約定的 2000 萬元殘值價格回購此飛機。五年內同時期的無風險利率是 5%。這就降低了航空公司的下行風險，砍掉了價格波動分佈的左尾部分，使整體期望值右移。這個放棄期權降低了航空公司的風險，同時也增加了價值。在 SLS 中使用 100 期的二叉網絡應用放棄期權，這個期權的價值為 352 萬。如果航空公司是一個聰明的對手，早就計算好了這個數值，然後在交易中免費得到了這個回購協定，飛機製造商在談判桌上就損失了 10% 的飛機價值。從此案例中，我們可以看到資訊和知識具有的高價值。

- 一家高科技的硬碟製造商正在考慮收購一家小的剛成立的公司，這家小公司擁有一項可能引起行業革命的微型硬碟技術（一種更快速更高容量的硬體驅動）。這家公司現在開出的價格是 5000 萬，這個數值是基於某些第三方價值評估公司公允價值分析得到的貼現現金流值。這家製造商可以選擇自己開發這項技術，或是通過收購這家公司來獲得這項技術。問題在於，這家公司對製造商來說價值為多少，5000 萬是否是一個合理的價格？基於製造商的內部分析，這種微驅動器的貼現現金流值為 4500 萬，現金流波動率為 40%，這項技術成功進入市場還需要三年的時間。假定這三年的無風險利率為 5%。此外，如果製造商自己開發這種硬碟的成本為 4500 萬。如果運用貼現現金流模型來分析，製造商應該自己來開發這項技術。但是，如果在分析中加入放棄期權，即此種微型硬碟無法正常工作的情況出現時，公司仍然有可以在市場上出售的豐厚的知識產權（專利和技術所有權），以及物質資產（建築和生產設備），價值接近 4000 萬。期權價值加上貼現現金流後為 5183 萬，這樣收購這個公司比自己內部開發這種技術的收益更大，5000 萬是一個值得的價格。

圖 19 是之前討論過的一個 10 期網絡放棄期權的結果，而圖 20 是從這個分析中生成的一份審核表。

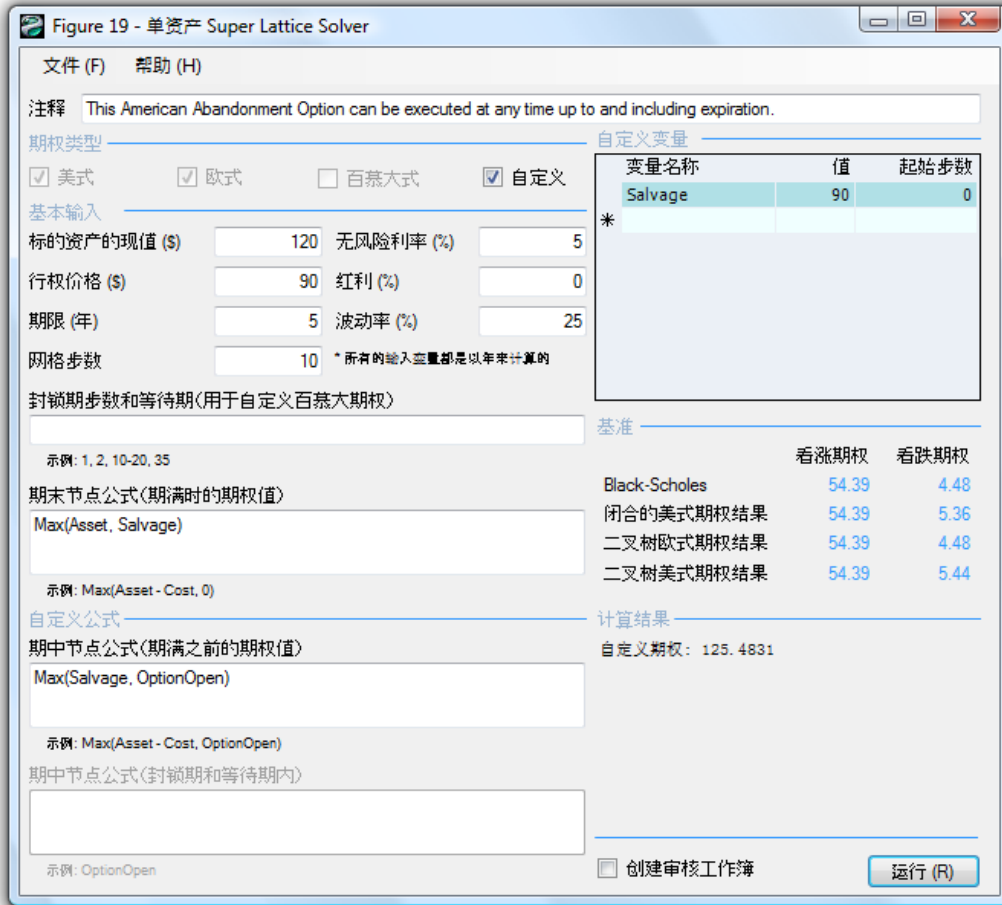


圖 19: 簡單的美式放棄期權



與 125.4582)。此處使用的案例檔夾是：美式放棄期權和歐式放棄期權。例如，在之前例子中的飛機製造商既可以選擇一個可以應飛機客戶的要求在任意時間內執行的回購協議，或是只能在五年後的某一特殊日期執行的回購協議——很明顯前者美式期權的價值大於後者歐式期權。

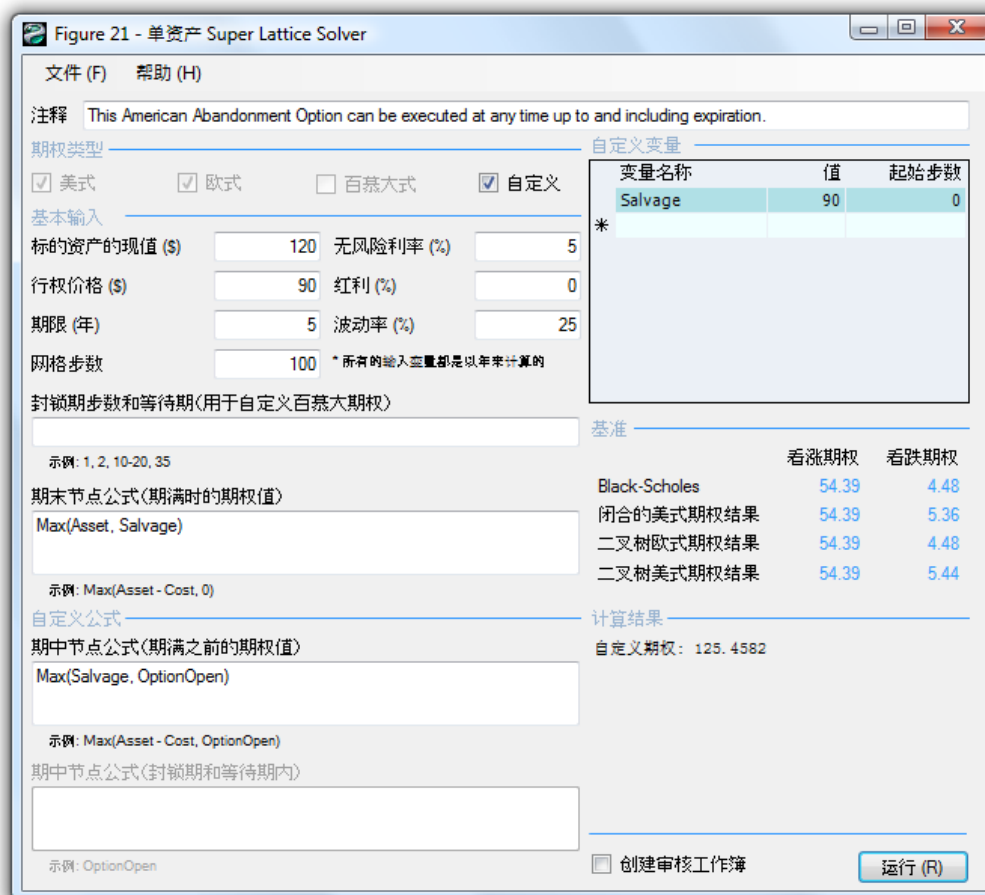


圖 21: 100 期網格的美式放棄期權

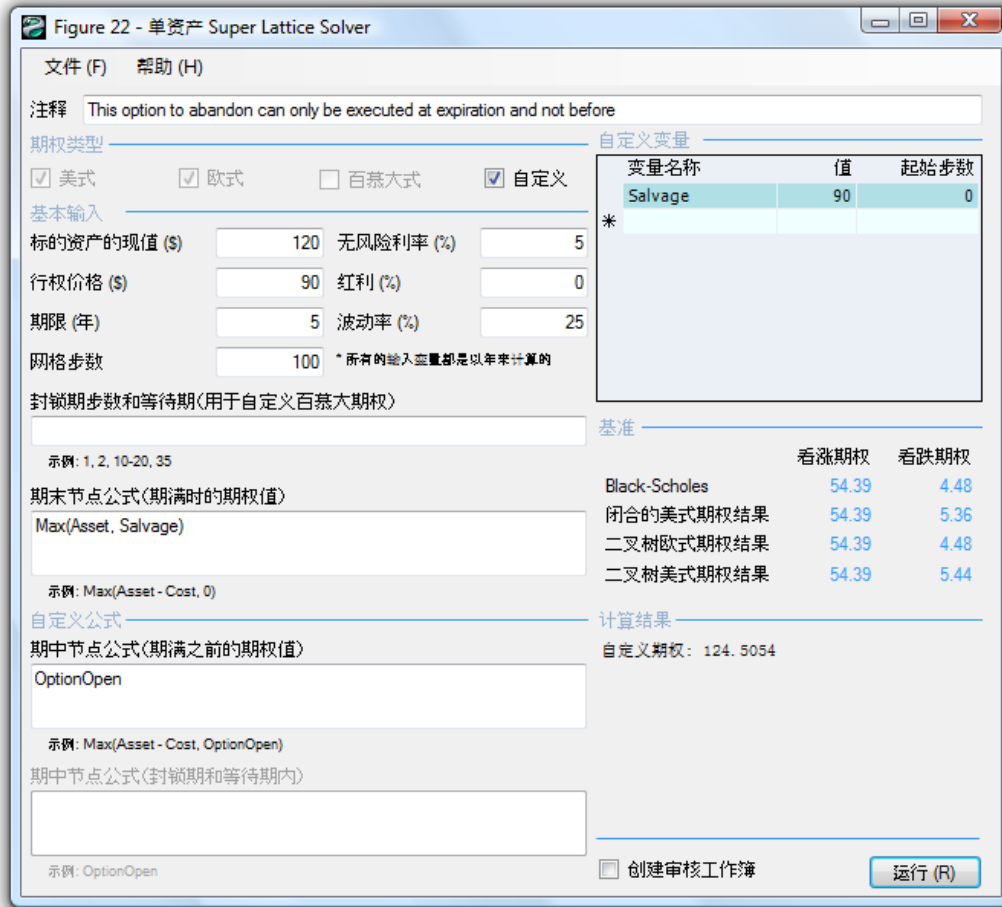


圖 22: 100 期網格的歐式放棄期權

有時候，當可能存在一個不能執行期權的等待期或封鎖期時，可能更加適合使用百慕大期權。例如，如果合同中約定，對於 5 年期的放棄回購協議，飛機購買者在頭 2.5 年內不能執行放棄期權。這可以用圖 23 中的 5 年 100 期網格的百慕大期權表示，其中 0-50 期是等待期。這意味著在前 50 步（包括現在或是 0 步），不能執行期權。這點可以通過在中間方程的封鎖期和等待期插入 OptionOpen 來實現。這樣可以強制期權持有者在保留期內維持期權的開放，防止在等待期內執行期權。

在圖 23 中，可以看出美式期權的價值多於百慕大期權，而百慕大期權大於歐式期權，基於每類期權的執行期早晚和執行可能性的頻率。



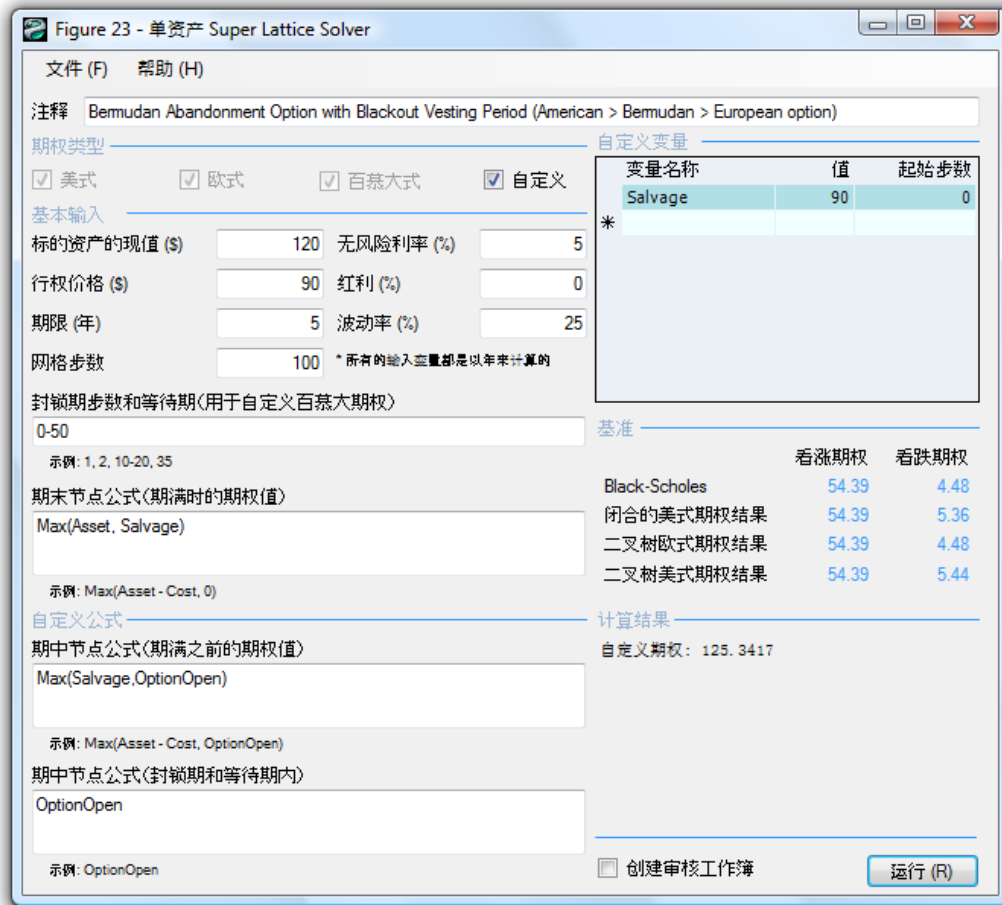


圖 23: 100 步網格的百慕大放棄期權

有時，放棄期權的殘值隨時間的推移會有所變化。舉個例子來說明，在之前的收購新公司的例子中，隨著研究和開發活動的開展，知識產權的價值很可能隨時間增加，這樣也就改變了殘值。圖 24 中給出了一個例子，這個 5 年期的放棄期權有五個殘值。這個可以通過使用自定義變數來類比。輸入變數名稱，值和開始期數，每次點擊輸入在圖 24 的自定義變數列表裏面添加變數。注意到每次使用的變數名稱（殘值）都是相同的，但是它的值是隨時間變化的，起始期數代表的是這些不同值開始生效的時間。例如，殘值 90 美元在 0 步和下一個殘值 95 美元生效的 21 步之間是有效的。也就是對於一個 100 步網格的 5 年期期權來說，第一年包含現階段（0 步到 20 步）的殘值為 90 美元，第二年（21 步到 40 步）增加到 95 美元，依此類推。注意隨著公司知識產權價值隨著時間而增加，期權的估值也同樣增加了，這符合邏輯上的意義。還可以將前 6 個月設置為封鎖期（在封閉區域輸入 0-10 步）。封鎖期對於放棄期權來說是一種典型的收縮責任，意味著在某一特定時期內，期權不能被執行（冷卻期）。

注意可以利用鍵盤上的 TAB 鍵從變數名這一欄轉換到變數值這一欄，繼續按就變換到了開始期這一欄。但是，記住要點擊鍵盤上的 ENTER 鍵才能插入變數，或是創建新列來輸入新變數。

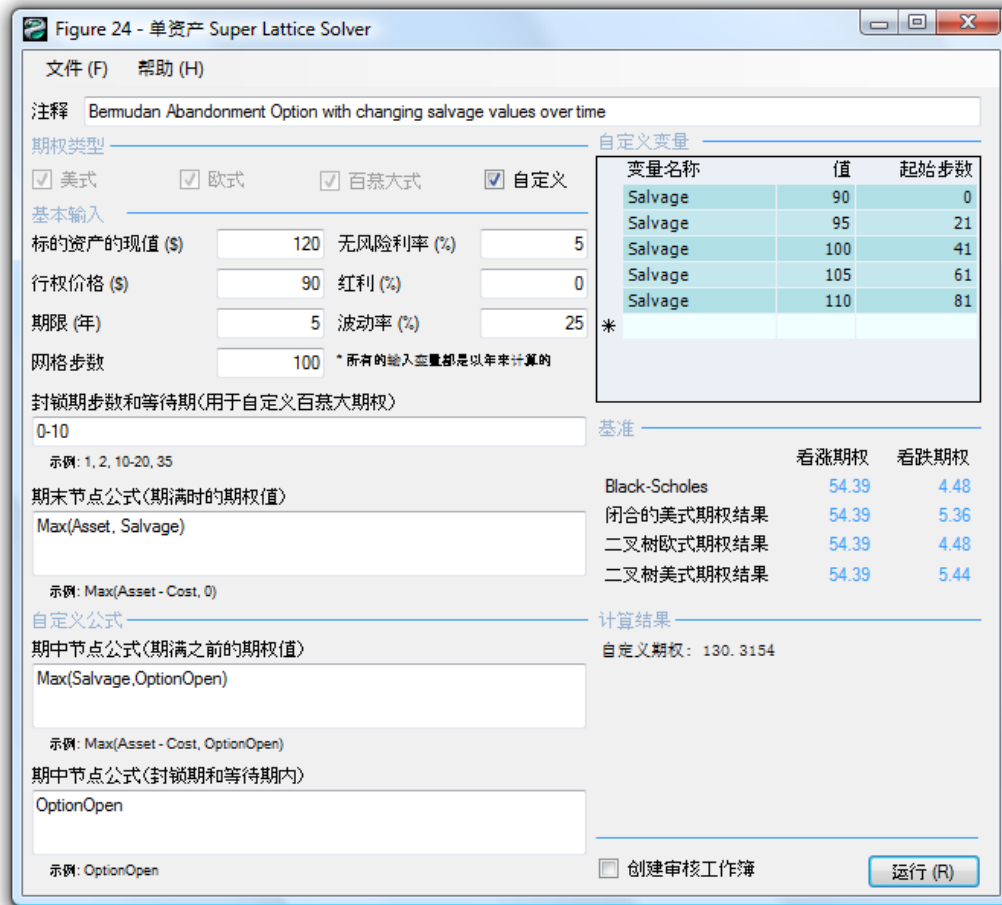


圖 24: 自定義放棄期權

## 美式，歐式，百慕大和自定義收縮期權

收縮期權衡量的是當情況發生變化時可以減少產出或是收縮專案規模的價值，通過收縮因數來降低資產或項目的價值，但是同時也創造出了一些成本節省。舉個例子，假設你正為一家大型的航空製造公司工作，這家公司準備開發一種全新的遠端超音速噴氣式飛機系列，但是對於其技術性能以及市場需求都有很多不確定性。所以公司決定通過採用戰略期權為自己規避風險，即一種能在未來 5 年內的任何時間收縮公司 10% 的製造設備的期權（即收縮因數為 0.9）。

假設根據未來現金流模型（即以一個合適的調整市場風險後的貼現率將未來現金流貼現到現值），發現公司當前經營機制的未來收益的靜態價值是 10 億美元（資產現值）。應用 Monte Carlo 仿真法，可以計算出項目未來現金流的對數收益的隱含波動率是 30%。未來 5 年的無風險利率（5 年期的美國零息債券）是 5%。

進一步假設公司擁有這樣一份期權：即在未來 5 年內的任何時間，公司都可以將規模收縮 10%，收縮後公司可以節省出 5 億美元的附加價值。這可以通過與其中的一個買主簽訂收縮合同來完成。這個買主同意接手過剩的生產力和廠房。與此同時，該公司也可以減少其現有勞動力以獲得該水準的節省（以現值形式）。

結果顯示出這個專案的戰略價值是 10 億 171 萬（使用圖 25 中的 10 步網格），其中 10 億是淨現值，171 萬是來自收縮期權的額外價值。這個結果的計算是通過：現在收縮後得到的價值是 10 億的 90%+5 億，即 95 億，這個值少於維持業務，不收縮，得到 10 億美元的價值。因此，最佳的決策就是不立刻收縮，而是將這個權力保留到未來。因此，通過將 10 億美元與可以收縮的 10 億零 171 萬美元的最佳決策相比較，可以得出收縮期權的價值為 171 萬美元。這個是公司願意為獲得此期權（收縮費和支付給買主報酬）支付的最大值了。

相反的，如果節省值變為 2 億美元，那麼項目的戰略值就變為 11 億，也就是起始值為 10 億，收縮 10% 後為 9 億，2 億是節省的，加起來的總值為 11 億美元。因此，額外的期權價值為 0 美元，這意味著最佳的選擇就是立刻執行期權，因為期權是沒有價值的，所以等待收縮也是沒有價值的。所以現在執行的價值是 11 億美元，相比較這個戰略項目的價值也是 11 億美元；不存在附加期權價值，應該立刻執行收縮期權。也就是說，與其讓買主等待，公司寧可現在就執行收縮期權獲得節省值。

其他的一些應用包括通過少量的投入來維持項目的進行，但是保留當情況改進的時候恢復的權利；在兼併和收購時一些管理人員離開創造出的附加價值；減小一個生產設備的規模和範圍；降低生產率以及合資或聯盟等等。

為了便於讀者的理解，以下還有一些關於收縮期權的案例（跟前面一樣，我們也為一部分學習者提供了一些額外的練習）：

- 一家大型的石油天然氣公司正著手開發一個深海鑽探平臺，這可能要耗資上億元。運行未來現金流模型分析後得出未來 10 年內這個海上鑽機經濟壽命的淨現值為 5 億元。未來 10 年的無風險利率為 5%，利用歷史油價計算出項目的年波動率是 45%。如果前景非常成功（油價很高，生產率高升），那麼公司就會繼續它的運轉。相反，如果事情的前景並不那麼看好（油價降低或保持溫和，生產率也是一般），這種情況之下公司放棄這個業務是非常困難的（在淨收入還是為正的情況下，為什麼丟掉所有的東西呢，儘管收益不如預期那麼高，還要考慮到將一個石油鑽井平臺丟棄到中海所帶來的環境和法律分歧）。因此，這家石油公司決定通過一份美式收縮期權為自己避險。這家石油公司可以尋找另一家有興趣合資的小的石油天然氣公司（以前在其他探險中的合作夥伴）。這個合作的內容就是這家石油公司為一個 10 年期的合約現在給這個小公司的一次性的權利，合約裏規定，任何

時刻，在石油公司的要求下，小公司必須接管海上鑽井平臺的所有業務（接管所有的業務也意味著承擔所有相關的費用），並保留生成淨收益的 30%。小公司同意的原意是他不必分擔第一位安裝鑽井平臺時所需的上億美元的費用，而且他可以因為這個假定的下降趨勢風險合同預先獲得一筆現金。石油公司同意的原因是當油價低，生產率達不到平均水準時這個合約可以降低自身的風險，它還可以節省 7500 萬現值的企業總管理費用，這些錢可以被重新分配投資到其他一些地方。在本例中，利用 100 期網格 SLS 所計算出的收縮期權的價值為 1424 萬美元。這意味著支付給小公司的最大金額不能超過這個數值。當然期權分析家也可以在淨現值的基礎上更加深入地分析真正的節省。例如，如果期權在前 5 年內被執行的話，節省值為 7500 萬美元，但是如果後 5 年內被執行的話，節省值僅為 5000 萬美元。此時調整後的期權價值為 1057 萬美元。

- 一家製造公司有意將其中國兒童玩具的製作業務外包給中國的一個省份。通過採取這種方式，在玩具的經濟壽命期內，公司可以節省 2000 萬美元現值。但是，在國際間外包這種業務會存在較低的品質控制，延遲運輸，額外運輸成本，以及對當地商業慣例不熟所帶來的風險。另外，這家公司只會在中國公司的手工品質達到他們所要求的嚴格的品質標準的情況下才會考慮外包。這個玩具流水線的淨現值為 1 億美元，波動率為 25%。公司高層決定在中國選擇一家小型的製造公司，並購買一份收縮期權，花費一定的資源來進行一個小規模的實驗（以次降低品質、知識、進出口等帶來的問題）。如果成功的話，這家公司會將淨收入的 20% 支付給這家中國製造商作為他們服務的報酬，還加上一些啟動資金。問題在於，這份期權合約的價值是多少，也就是，這家公司為了最初的啟動資金以及試驗證明階段的成本應該願意支付多少資金？利用 SLS 計算出的這份收縮期權估值結果為 159 萬美元，假定未來一年試驗期的無風險利率為 5%。所以，只要總體的測試成本少於 159 萬美元，那麼就值得購買這個齊全，尤其如果它意味著可能可以節省 2000 萬美元的資金。

圖 25 中是一個簡單的 10 步收縮期權，圖 26 中是同樣的一個 100 期網格收縮期權（此處使用的案例檔夾是歐式和美式收縮期權）。圖 27 中是個 5 年期的百慕大收縮期權，前 4 年屬於保留期（第 0 步到第 80 步為保留等待期，100 步網格）在最初 4 年，期權持有者要保持期權開放，不能執行期權（應用的案例檔夾是百慕大收縮期權）。圖 28 中是一個存在保留期的收縮期權，圖中還顯示了收縮前後的節約值（使用的案例檔夾是自定義收縮期權）。這些結果是航空製造業的一些例子。

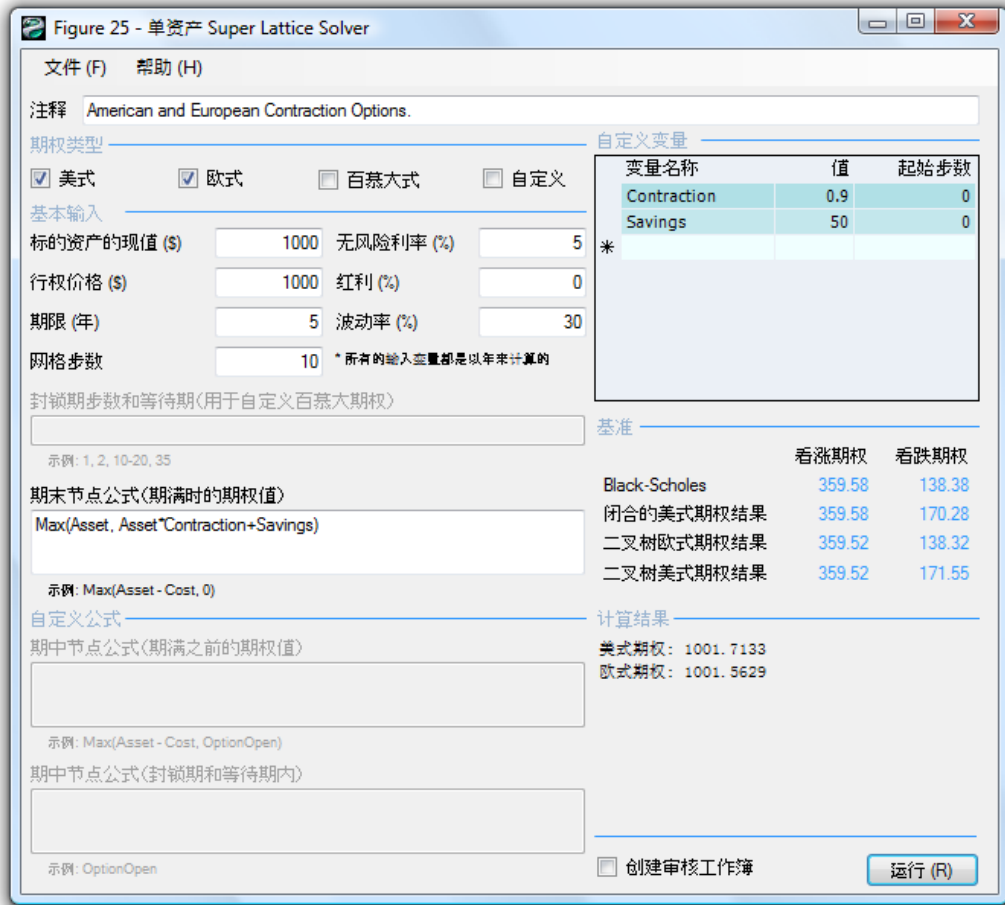


圖 25: 一個簡單的 10 期網格式美式和歐式收縮期權

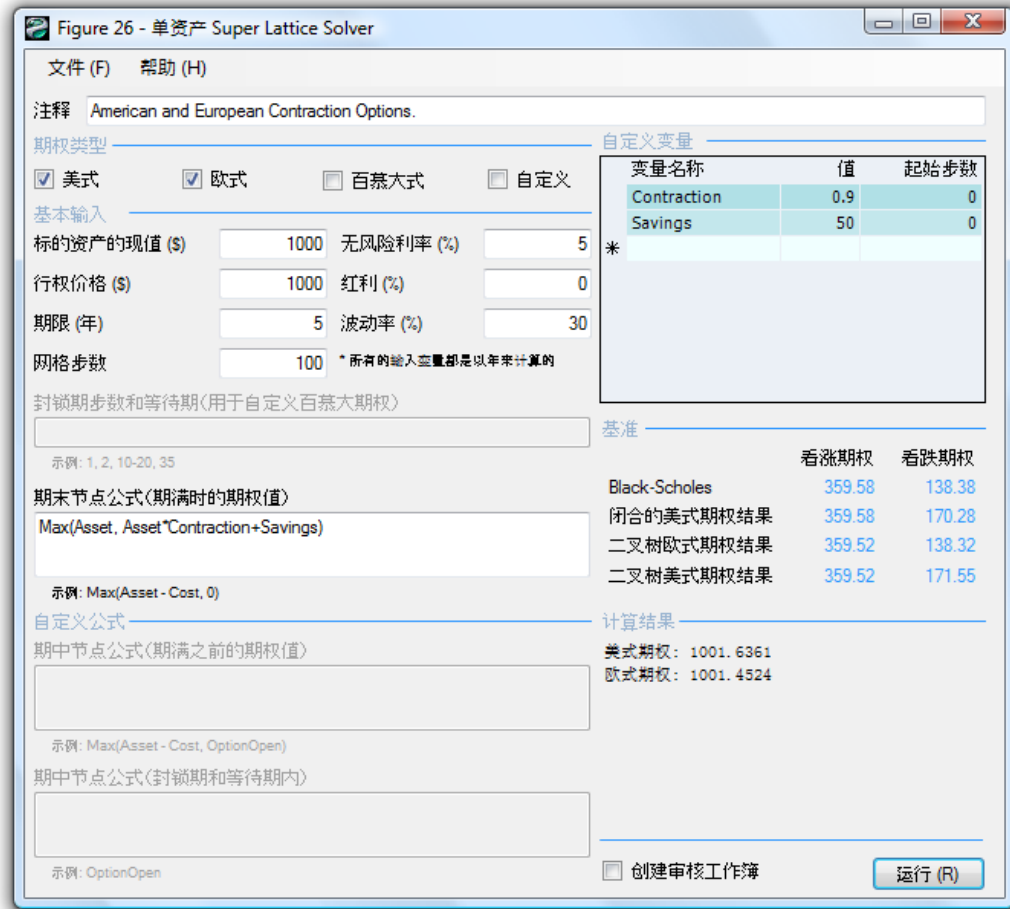


圖 26: 100 期網格式美式和歐式收縮期權

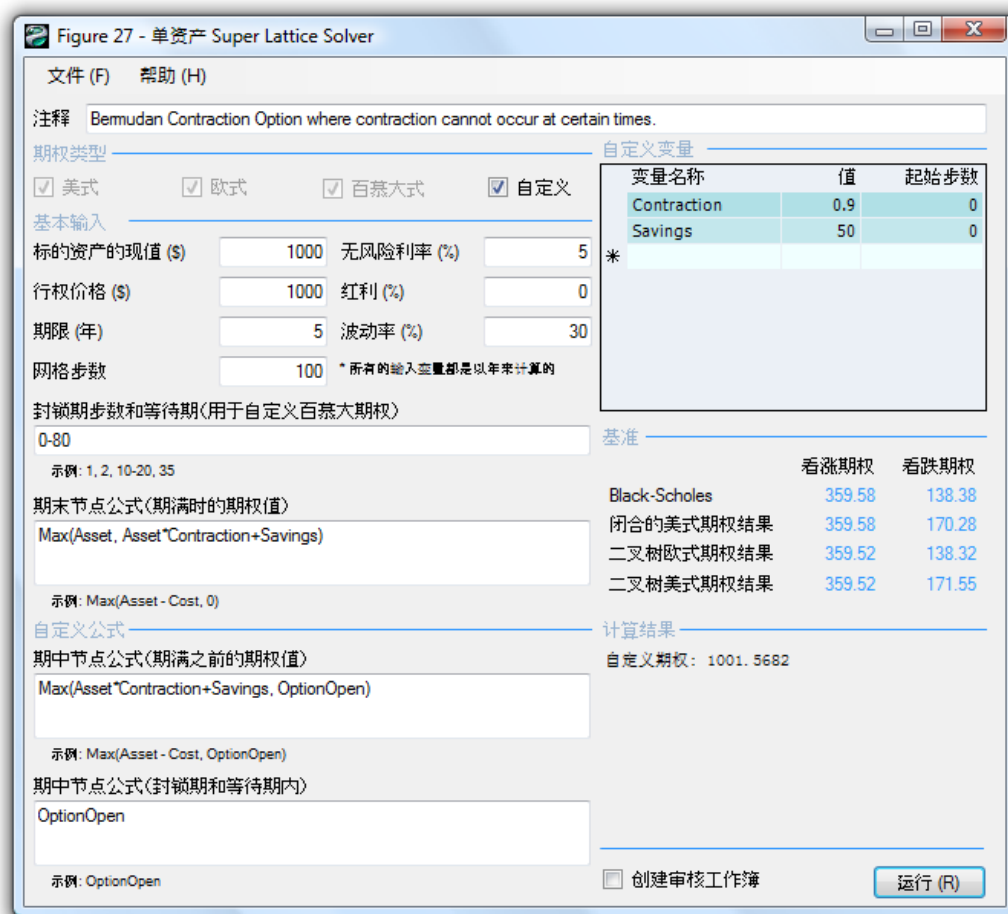


圖 27: 存在保留等待期的百慕大收縮期權

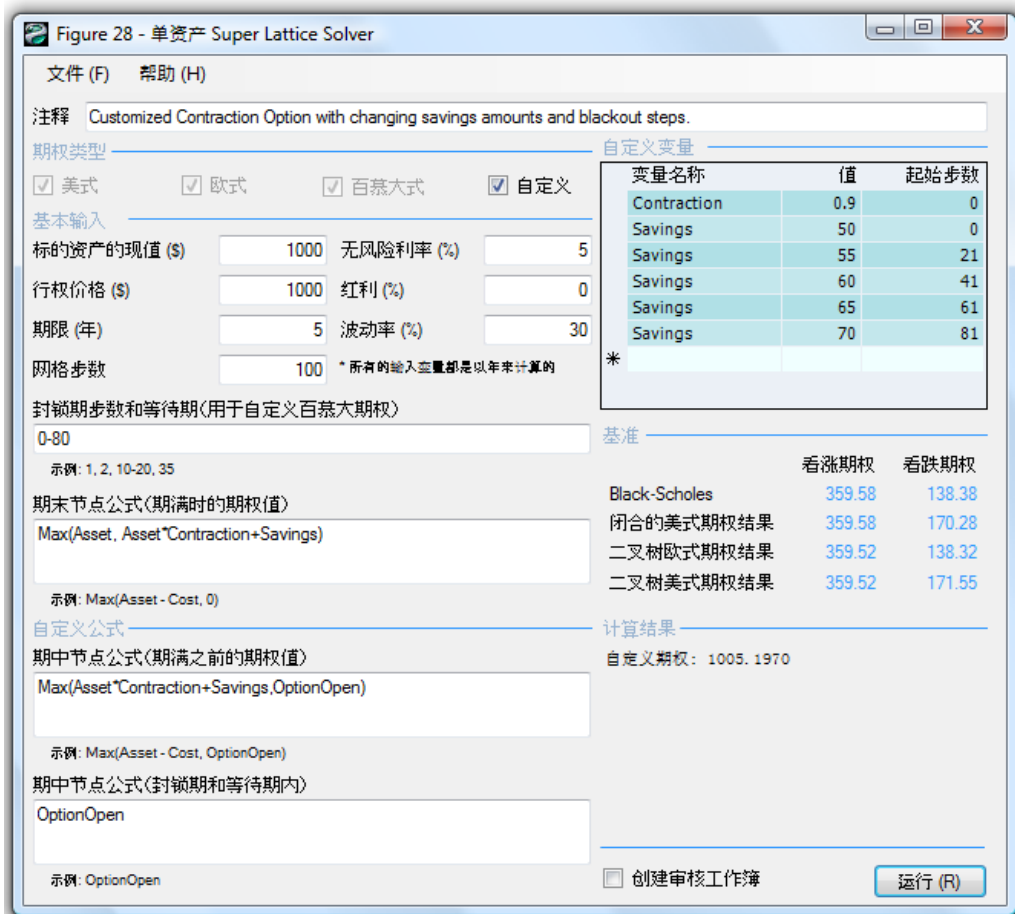


圖 28: 節約值可變的自定義收縮期權



## 美式、歐式、百慕大和自定義擴展期權

擴展期權衡量的是從現存狀態擴張到一個更大的狀況。因此，現存狀態或條件是使用擴展期權的前提條件。也就是說必須有一個用於擴張的基線條件。如果不存在基線條件的話，那麼簡單的執行期權（利用簡單的看漲期權來計算）可能更加適用，問題在於現在執行專案還是延期執行。

假設有一個正處於發展階段的公司，在使用貼現現金流模型（即以一個合適的市場風險調整後的貼現率對未來的收益貼現得到的價值）的情況下，其未來利潤的靜態價值是 400 百萬美元。同時，根據 Monte Carlo 仿真法計算出該專案未來現金流的對數收益率的隱含波動率是 35%。未來 5 年的無風險資產（5 年期無息美國國庫券）的收益率為 7%。

進一步假設該公司有這樣一個擴展期權，即在未來五年（期限）內的任何時間以 250 百萬美元（執行成本）的價格收購其競爭對手，從而達到將公司規模擴大一倍的目的。那麼考慮到這個擴展期權，公司的總價值又是多少？圖 29 告訴我們這個戰略專案的價值是 6 億 3873 萬美元（使用 10 期網格），這意味著這個擴展期權的價值是 8873 萬美元。這個結果是這麼得來的：立即執行的淨現值是  $400M \times 2 - 250M = 550M$ ，那麼  $638.73M - 550M = 88.73M$ ，也就是延遲執行擴展期權這種權力的價值。此例中使用的就是美式和歐式擴展期權案例檔夾。

現在將紅利率提高 2%，注意此時美式和歐式擴展期權都沒有價值了，但是因為美式擴展期權可以提前執行的優勢，故它比歐式擴展期權的價值高（圖 30）。紅利率暗示著等待擴張和延遲不執行的成本，不執行期權的機會成本，持有期權的成本很高，相應的延遲執行的效力就降低了。進一步將紅利率提高到 4.9%，可以看到二叉網格的自定義期權的價值變為 550 美元，（靜態的，擴張後的某一特定時刻），就是說此時期權已經沒有價值了（圖 31）。這個結果意味著如果資產價值比例所顯示的等待成本（以紅利率衡量）太高時，要立刻執行，不要浪費時間延遲擴張的決策！當然如果波動性的重要足以抵消等待的成本就可以推翻這個結論。也就是說，即使等待成本很高，但如果不確定性很大，也是值得等待的。

關於此期權的其他應用例子也很多！為了進一步解釋，再舉幾個關於收縮期權的小例子（像以前一樣，我們還提供了一些簡單的練習）：

- 假設一家制藥公司想要開發一種新型的可以直接吸入並且可以直接被血液吸收的胰島素。一個新穎值得贊許的想法。想像一下這對於糖尿病患者來說意味著什麼，不用再忍受痛苦和頻繁的注射。問題在於，這種新型的胰島素需要一種全新的研發，如果市場的不確定性，競爭，藥物研發和美國食品及藥物管理局的支持力度比較大，可能首先會開發一種可以直接吸收的胰島素藥品。可吸收的版本是可吸入版本的必要先驅。制藥公司可以選擇或是冒險直接投入可吸入版本的研發，或是購買一個延遲期權，先等待觀察可吸收版本的效果。如果先驅是有效的，那麼公司就會決定繼續擴展到可吸入版本的研發。這家公司應該願意為這個額外的先驅試驗支付多少費用，在何種情況下應該直接投資可吸入版本的研發呢？假設仲介先驅研發的淨收益現值為 1 億美元，但是在兩年內的任意時刻，可以投入額外的 5000 萬美元在先驅的基礎上進一步研發可吸入版本，這會帶來三倍於淨現值的回報。然而，再通過對技術成功風險和市場不確定性（競爭威脅，銷售，價格期限）的模擬之後，計算出現金流的對數收益率的隱含波動率是 35%。假定未來 2 年的無風險利率為 5%。利用 SLS 分析結果為 25495 萬美元，這意味著減去現在立刻執行的 25000 萬美元，得到等待延遲執行期權的價值為 495 萬美元。在經過幾次試驗之後，發現紅利收益率為 1.34%時是無虧損點。這意味著如果等待的成本（因為針對小的市場而不是大的市場所帶來的銷售淨收益的損失，以及因為延

遲而損失的市場份額) 超過 134 萬/年, 那麼等待不是最佳的選擇, 制藥公司應該立刻就進行可吸入版本的研發。每年回報上帶來的損失不足以覆蓋其風險。

- 一家大型的石油天然氣公司正在研究一個深海探測和鑽探項目。這個平臺可以帶來的預期淨現值為 10 億美元。同時這個項目也存在一定的風險 ( 油價和生產率都是不確定的 ), 計算出年波動率為 55%。公司考慮購買一份擴展期權, 花費另外的 1000 萬美元來建造一個更大的但現階段不需要的平臺, 如果油價上升或是生產率很低的情況下, 公司就可以執行這個擴展期權利用擴展的鑽孔生產更多的石油高價出售, 帶來的額外成本為 5000 萬買元, 將淨現值增加了 20%。這個平臺的經濟壽命是 10 年, 這個期限內的無風險利率為 5%。這個更大型的平臺有價值嗎? 利用 SLS 計算出 100 期網格的期權價值為 2712 萬美元。因此, 1000 萬美元的期權成本是值得的。但是, 如果年紅利率超過 0.75%或是 750 萬/年, 這個擴展期權就不值錢了——這是由於等待和不鑽孔所帶來的年淨收益的損失, 用基準淨現值的百分比表示。

圖 32 是一個存在某個保留等待期的百慕大擴展期權, 圖 33 是一個考慮可變擴展因數的自定義擴展期權。當然還存在其他類型的自定義期權, 包括改變擴展的成本等。

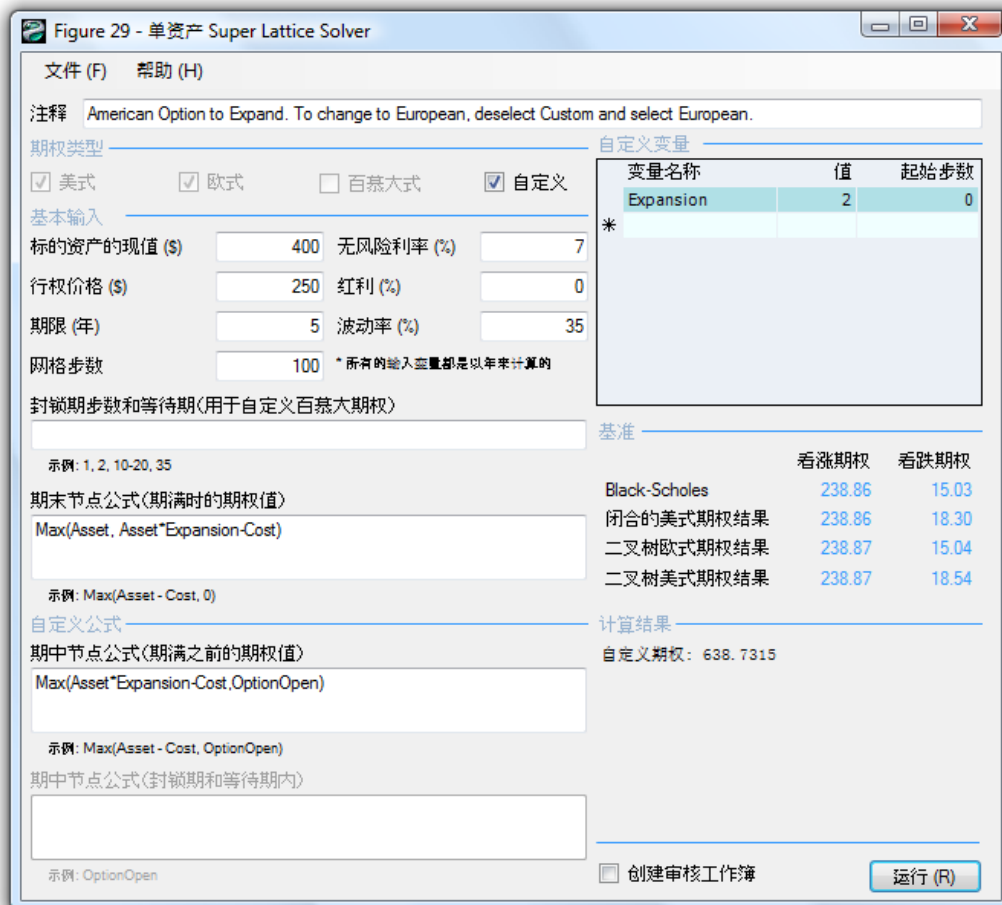


圖 29: 100 期網格的美式和歐式擴展期權

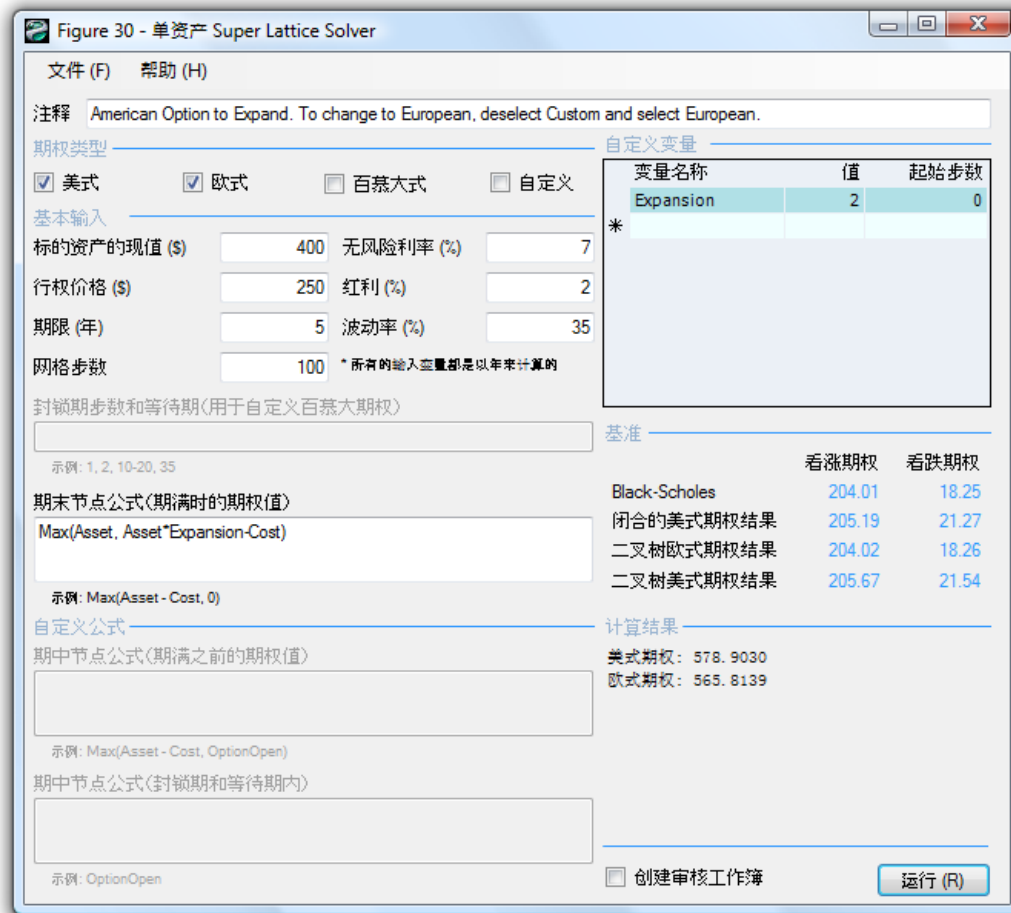


圖 30: 有紅利率的美式和歐式擴展期權

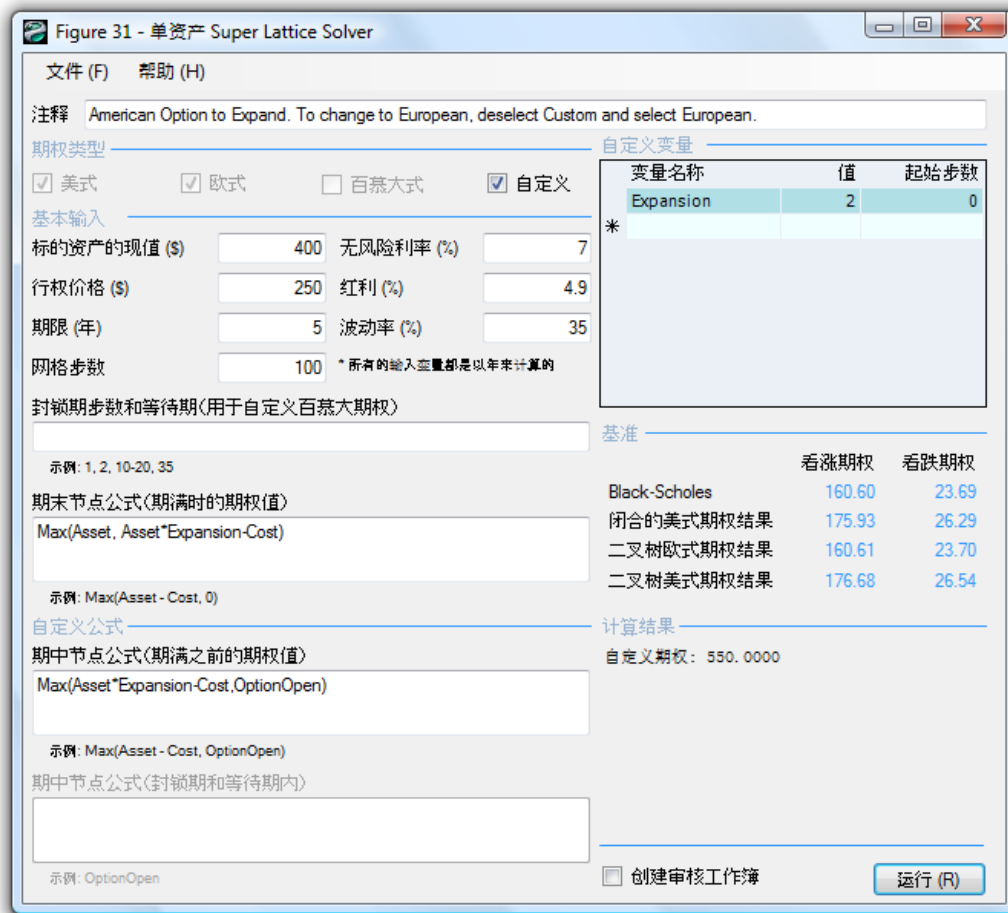


圖 31: 紅利率最佳觸發值

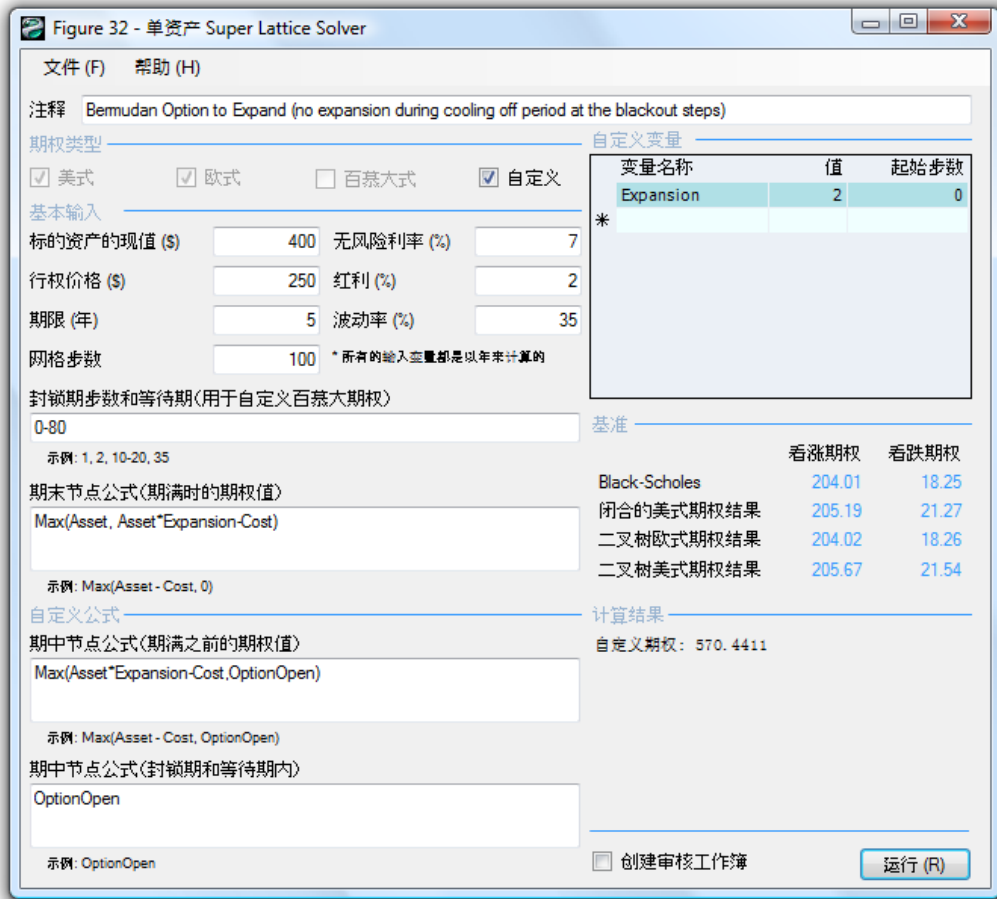


圖 32: 百慕大擴展期權

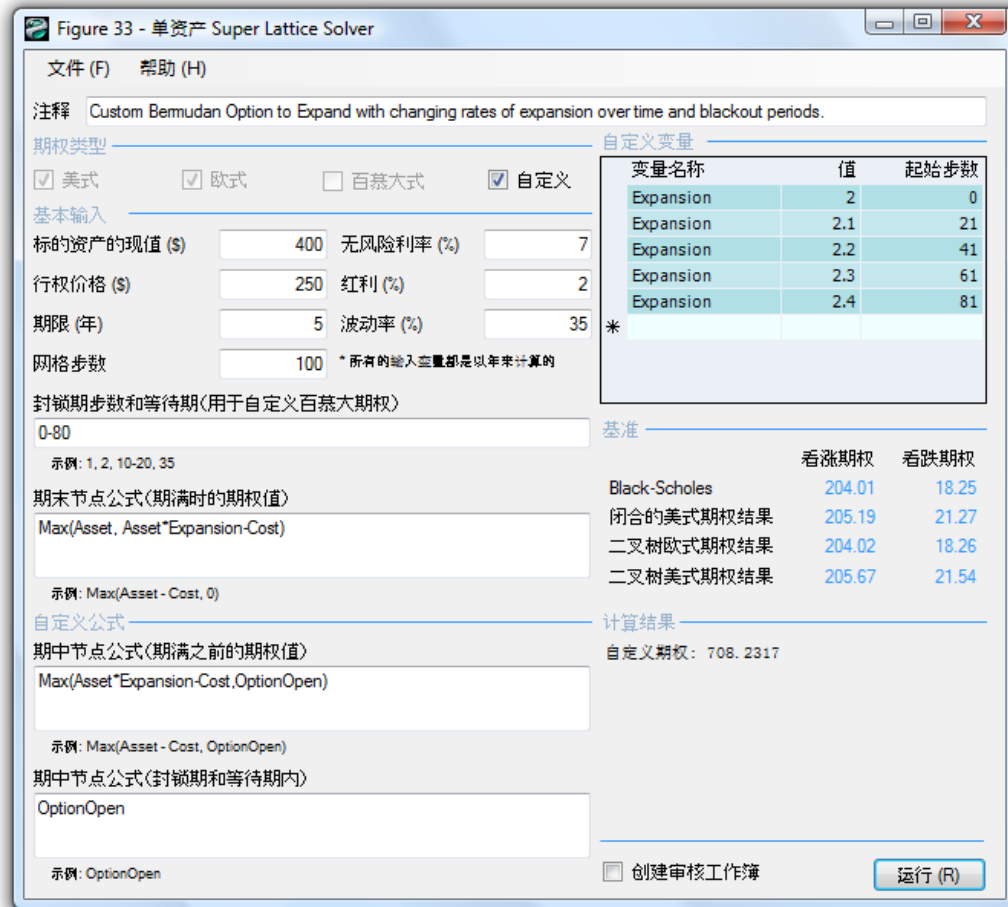


圖 33: 自定義擴展期權

## 收縮、擴展和放棄期權

當某公司的一個項目面臨在收縮，擴展和放棄期權這三種競爭和相互排斥的不同期限的期權之間進行選擇。注意到這幾種期權之間是相互排斥的。也就是說，不能同時執行擴展、收縮和放棄這三種期權的任意組合。一次只能執行一種期權。對於相互排斥的期權，使用圖 34 中的一個簡單的模型來計算期權價值（使用的案例檔夾是：擴展收縮放棄美式和歐式期權）。但是，如果期權之間不是相互獨立的，那就要分別在不同的模型中計算它們的值，然後加總得到整個戰略的價值。

变量名称	值	起始步数
Expansion	1.3	0
ExpandCost	25	0
Contraction	0.9	0
ContractSavings	25	0
Salvage	100	0

基准	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	26.00	3.88
闭合的美式期权结果	26.00	6.41
二叉树欧式期权结果	26.00	3.88
二叉树美式期权结果	26.00	6.44

**计算结果**  
 美式期权: 117.4220  
 欧式期权: 116.3954

圖 34: 美式，歐式和自定義擴展，收縮和放棄期權

圖 35 是擁有同樣的參數值但是有一定的封鎖期的百慕大期權（使用的案例檔夾：擴展收縮放棄百慕大期權），圖 36（使用的案例檔夾：擴展收縮放棄自定義期權 1）是一個更複雜的自定義期權，在封鎖期的早期階段，擴展期權還不存在（可能技術的發展還不夠成熟以至在早期階段不能擴展到某種抽資脫離技術）。此外，在到期日之前的後封閉階段，收縮和放棄期權就不存在了（可能此時的技術提供了抽資脫離的機會）等等。最後，圖 37 適用與圖 36 同樣的案例，但是允許輸入變數（殘值）隨時間改變，這便於解釋放棄的時間點不同，項目、資產或公司的價值會增加（使用的案例檔夾：擴展收縮放棄自定義期權 2）。

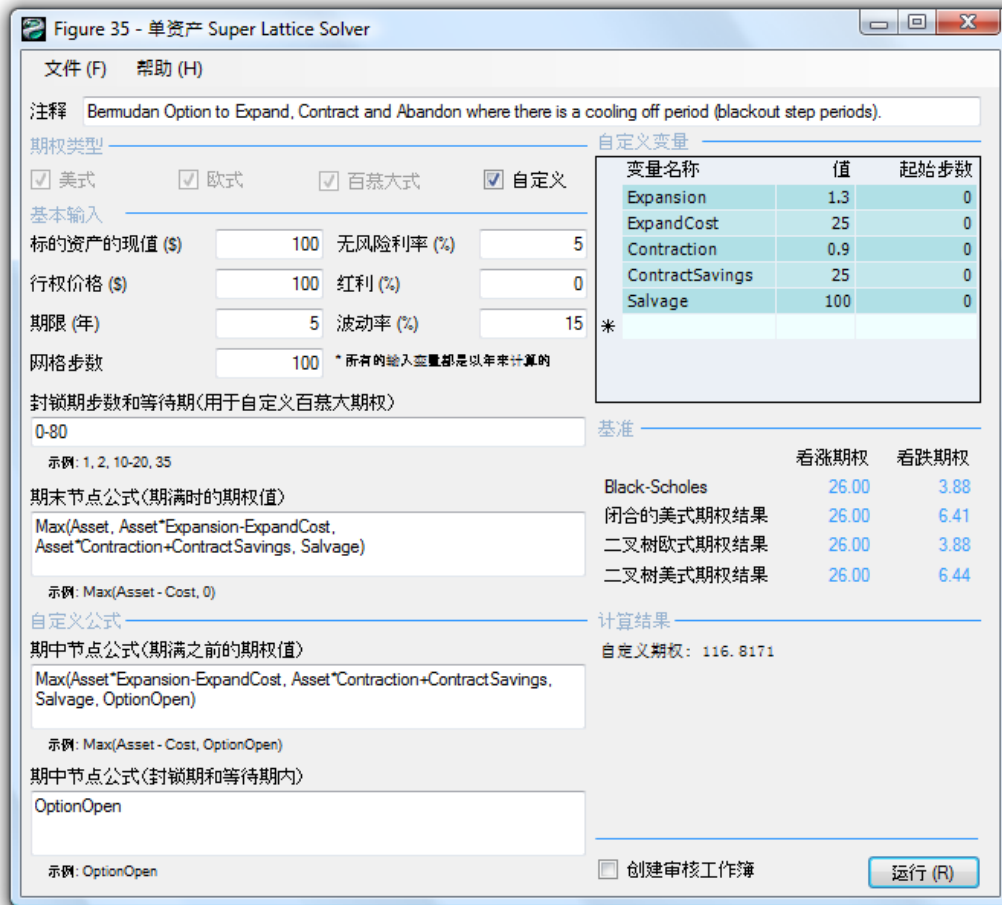


圖 35: 擴展，收縮和放棄百慕大期權



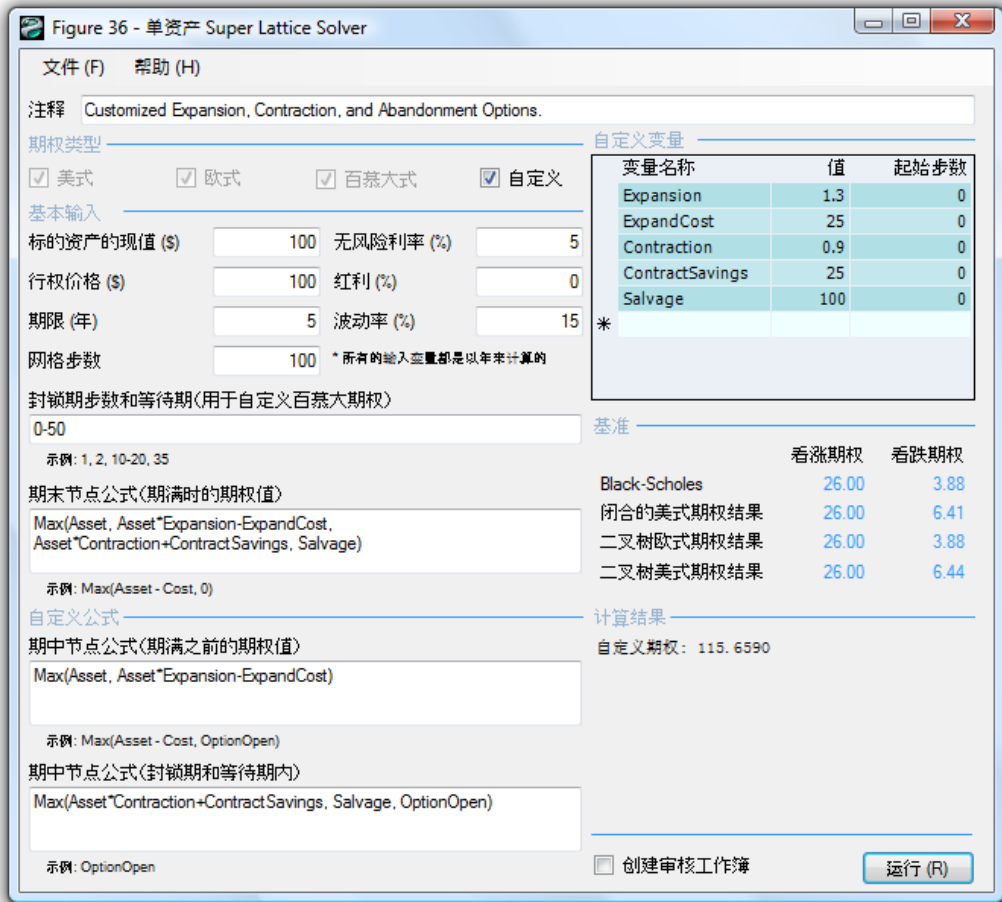


圖 36: 具備混合擴展，收縮和放棄能力的自定義期權

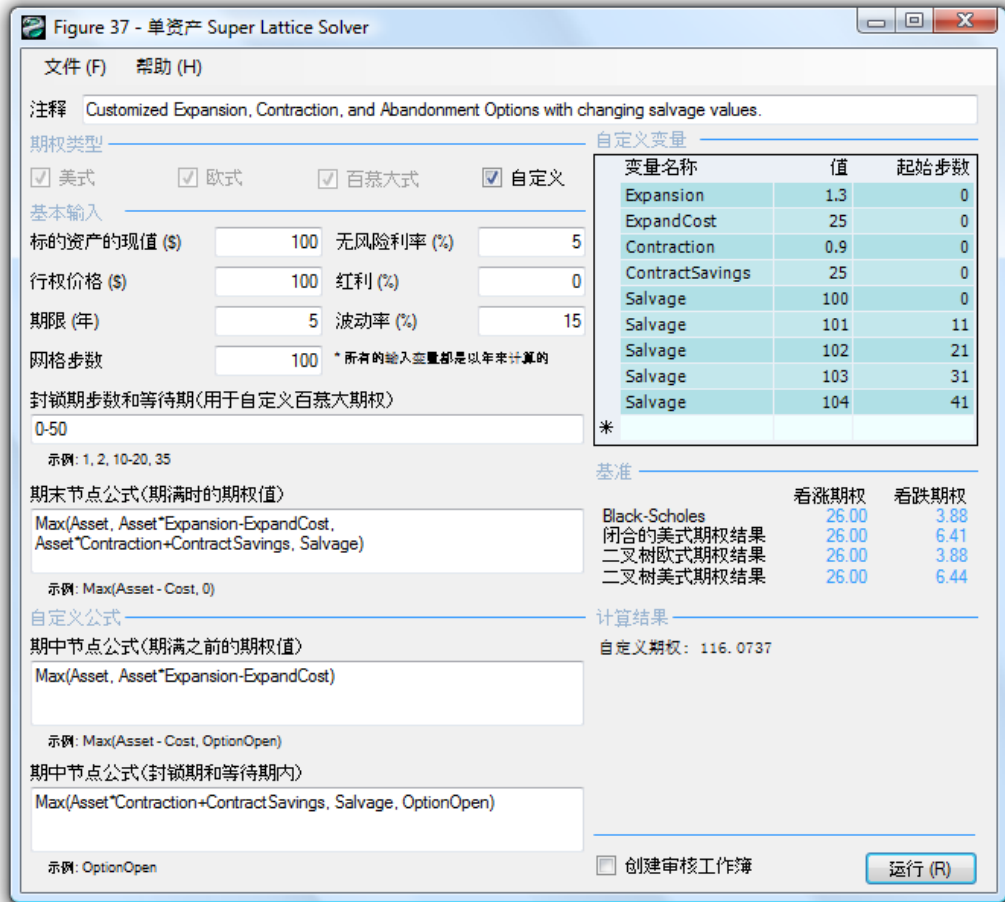


圖 37: 輸入變數變化的具備混合擴展，收縮和放棄能力的自定義期權

## 基本美式，歐式和百慕大式看漲期權

圖 38 是無紅利的基本美式、歐式和百慕大期權的計算（使用的案例檔夾：基礎美式、歐式和百慕大看漲期權），圖 39 是存在紅利率的同種期權的計算。當然，歐式期權只能在到期日執行，對於美式期權提前執行是允許的，而對於百慕大期權來說，也允許提前執行，但是要在封閉或保留期之外。注意到當不考慮紅利時，同一看漲期權的三種期權結果都是相同的。但是當考慮紅利時，從圖 39 種可以看出，大多數案例的結果顯示，三種看漲期權的值是美式 百慕大 歐式（插入 5% 的紅利率，以及 0-50 步的封鎖期）。當然這種一般性只適用於普通的看漲期權而不適用於其他一些外來奇異期權（例如，在封鎖期內的百慕大期權的保留和非最佳執行行為有時候可能比同種非最佳執行參數的普通美式期權的價值更大）。

Figure 38 - 单资产 Super Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 American, European and Bermudan Basic Call Options without Dividends.

期权类型

美式  欧式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 100 无风险利率 (%) 5

行权价格 (\$) 100 红利 (%) 0

期限 (年) 1 波动率 (%) 25

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封锁期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)

示例:  $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)

示例:  $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

期中节点公式(封锁期和等待期内)

示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
*		

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	12.34	7.46
闭合的美式期权结果	12.34	7.85
二叉树欧式期权结果	12.33	7.46
二叉树美式期权结果	12.33	7.97

计算结果

美式期权: 12.3113  
 欧式期权: 12.3113  
 百慕大式期权: 12.3113

创建审核工作簿

圖 38: 無紅利的簡單美式、百慕大和歐式期權

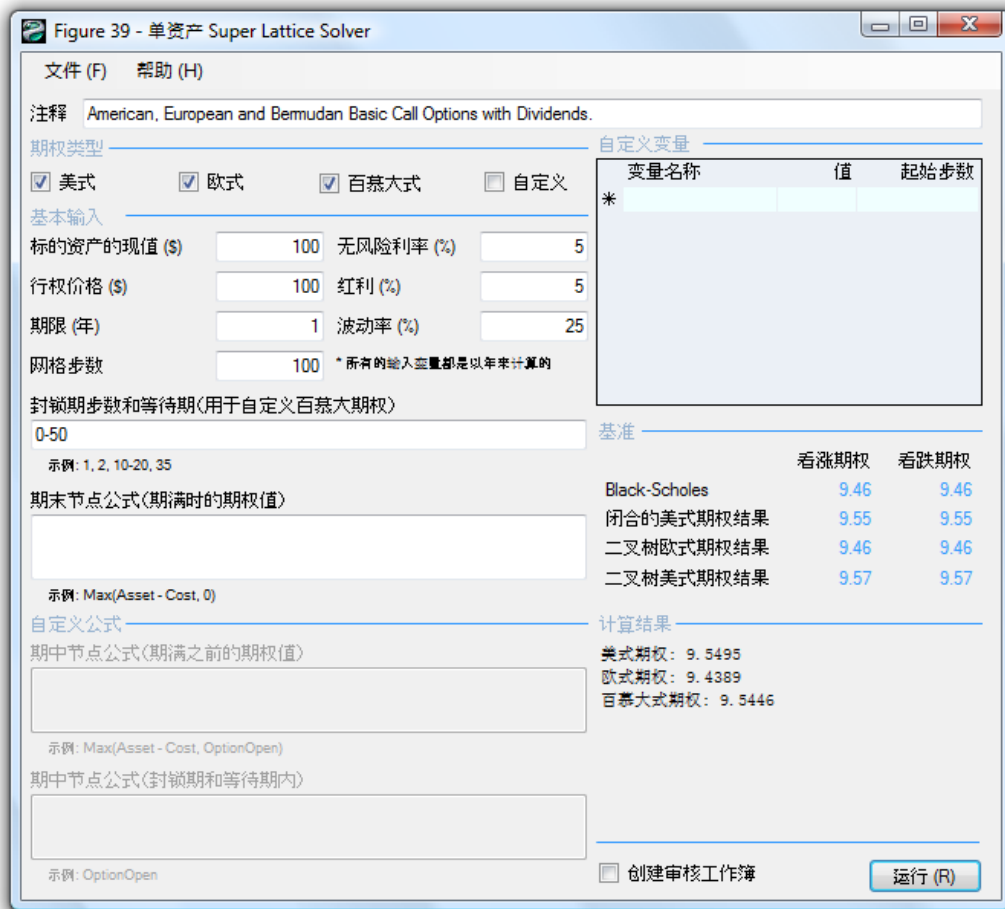


圖 39: 存在紅利的簡單美式、百慕大和歐式期權

## 基本美式、歐式和百慕大式看跌期權

圖 40 中是利用 SLS 計算的無紅利美式和歐式看跌期權。這個計算結果說明了項目淨現值的戰略值，提供了在某個期限內出售項目的期權。存在這樣一種可能性，專案價值顯著高於單點估計的資產現值（經過某一無風險利率折現後的所有不確定未來現金流的現值）或是顯著低於這個值。因此，延遲或等待直到隨著時間的流逝不確定變為確定後的期權比立刻執行更有價值。在執行期權之前的等待權利，以及按照實施成本的現值出售專案的權利就是期權的價值。立刻執行的淨現值就是用實施成本減去資產價值（0 美元）。在情況變壞和最佳銷售時刻到來之前等待或延遲出售資產的期權價值是計算值（整體戰略價值）和淨現值之間的差值，對於美式期權是 24.42 美元，對於歐式期權是 20.68 美元。與之前的看漲期權不同，即使在不存在紅利的情況下，美式看跌期權的價值都高於歐式看跌期權。對於單一看漲期權，當不存在紅利時，提前執行不是最佳選擇。然而，對於看跌期權來說，無論紅利率是否存在，有時提前執行是最佳的選擇。實際上，紅利率會降低看漲期權的價值，增加看跌期權的價值。這是因為當分發紅利之後，資產的價值降低了。因此，看漲期權就貶值了，而看跌期權就升值了。紅利率越高，我們越應該期權執行看漲期權，或是越晚執行看跌期權。

如圖 40 中所示，我們可以通過設置中間方程最大值（成本-資產，0）來計算看跌期權（使用的案例檔夾：普通看跌期權）。當存在紅利率時，看跌期權與看漲期權有類似的特點，對於基本看跌期權的價值來說，在大部分案例中，美式 百慕大 歐式。可以通過設置 3% 的紅利率，及 0-80 步的封鎖期，並重新運行 SLS 模組來證實這一點。

Figure 40 - 单资产 Super Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 American Put Option. Make it European by setting INE: OptionOpen or deselect Custom and select European.

期权类型

美式  欧式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 100 无风险利率 (%) 5

行权价格 (\$) 100 红利 (%) 0

期限 (年) 5 波动率 (%) 40

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封锁期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)

Max(Cost-Asset, 0)

示例: Max(Asset - Cost, 0)

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)

Max(Cost-Asset, OptionOpen)

示例: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

期中节点公式(封锁期和等待期内)

示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
*		

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	42.88	20.76
闭合的美式期权结果	42.88	24.30
二叉树欧式期权结果	42.87	20.75
二叉树美式期权结果	42.87	24.46

计算结果

自定义期权: 24.4213

创建审核工作簿

运行 (R)

圖 40: 利用 SLS 的美式和歐式看跌期權

## 奇異選擇期權

利用 SLS 和 MSLS 可以解決很多類型的用戶自定義和奇異期權。例如圖 41 中是一個簡單的奇異選擇期權（使用的案例檔夾：奇異選擇期權）。在這個簡單的案例中，期權持有者擁有兩個期權，一個看跌期權，一個看漲期權。無需必須同時購買兩個獨立的期權，只需這樣一個簡單的期權，期權持有者就可以在看漲和看跌期權之間進行選擇，這樣就降低了同時持有兩個獨立期權的總成本。使用與圖 41 相同的輸入變數，美式選擇期權的價值為 6.7168 美元，而看漲期權為 4.87 美元，看跌期權為 2.02 美元（兩者之和得出總成本為 6.89 美元）。

Figure 41 - 单资产 Super Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 American & European Chooser (choose between Call and Put, value exceeds Call+Put due to ability to choose)

期权类型

美式  欧式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 15 无风险利率 (%) 5

行权价格 (\$) 15 红利 (%) 0

期限 (年) 5 波动率 (%) 25

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封锁期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)

Max(Asset-Cost, Cost-Asset, 0)

示例: Max(Asset - Cost, 0)

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)

Max(Asset-Cost, Cost-Asset, OptionOpen)

示例: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

期中节点公式(封锁期和等待期内)

示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
*		

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	4.88	1.56
闭合的美式期权结果	4.88	2.01
二叉树欧式期权结果	4.87	1.56
二叉树美式期权结果	4.87	2.02

计算结果

自定义期权: 6.7168

创建审核工作簿

运行 (R)

圖 41: 利用 SLS 的美式和歐式奇異選擇期權

圖 42 中是一個利用 MSLS 構建的更加複雜的選擇期權（使用的多重資產期權模組案例檔為：奇異複雜浮動歐式選擇權），圖 43（使用的案例檔夾：奇異複雜浮動美式選擇權）。在這些例子中，看漲期權的執行成本和看跌期權的執行成本被設置為不同的水準。關於複雜選擇期權的一個有趣的例子是一家公司正在開發一個高度不確定和高風險的新技術。公司決定通過創建一個選擇期權同時防範向下和向上的風險。也就是說一旦研發階段完成，公司可以決定自己來使用技術，或是賣掉技術的知識產權，這兩種方式帶來的成本是不一樣的。對於一些更加複雜的問題，都可以利用 MSLS 輕鬆快捷的解決，通過增加一個賣掉不同波動率和時間的期權的選擇。

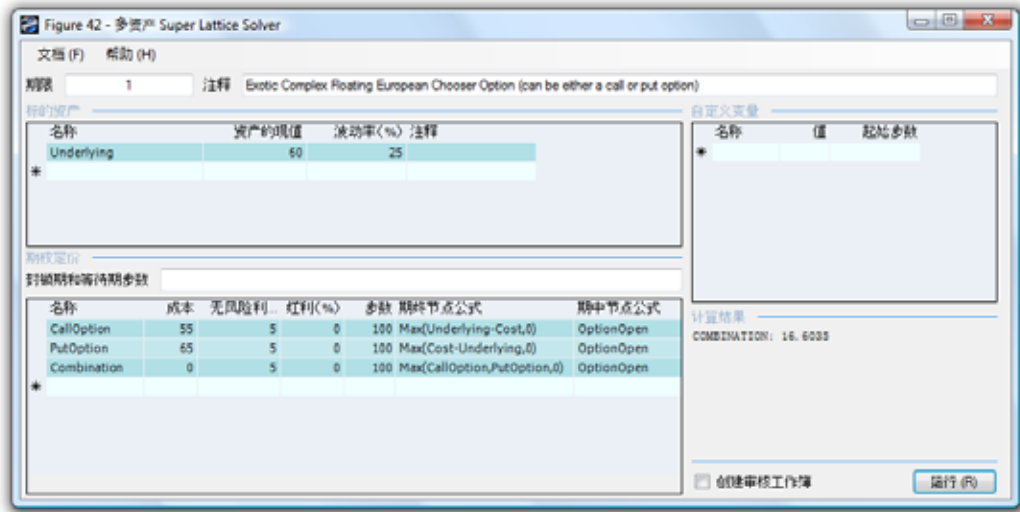


圖 42: 利用 MSLS 的複雜歐式奇異選擇期權

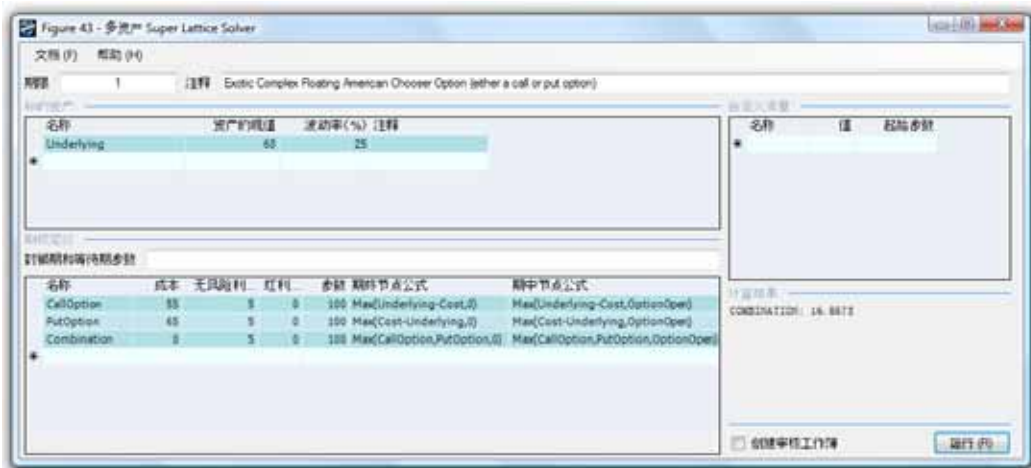


圖 43: 利用 MSLS 的複雜歐式奇異選擇期權

## 連續複合期權

連續複合期權被應用於研發投資或是任何存在多個階段的投資項目。我們利用 MSLS 來解決連續複合期權。為了更快的理解連續複合期權，我們從圖 44 中的一個兩階段連續複合期權的例子著手。在本例中，管理層有權決定在得到第一階段（PI）的結果之後，是否繼續執行第二階段（PII）。例如，一個飛行項目或市場調研專案的第一階段結果顯示此產品的市場尚未發展成熟，因此第二階段就不應被執行。所有的損失是第一階段的沉沒成本，而不是第一階段和第二階段的全部投資成本。下面的例子為我們進行了詳細的介紹。

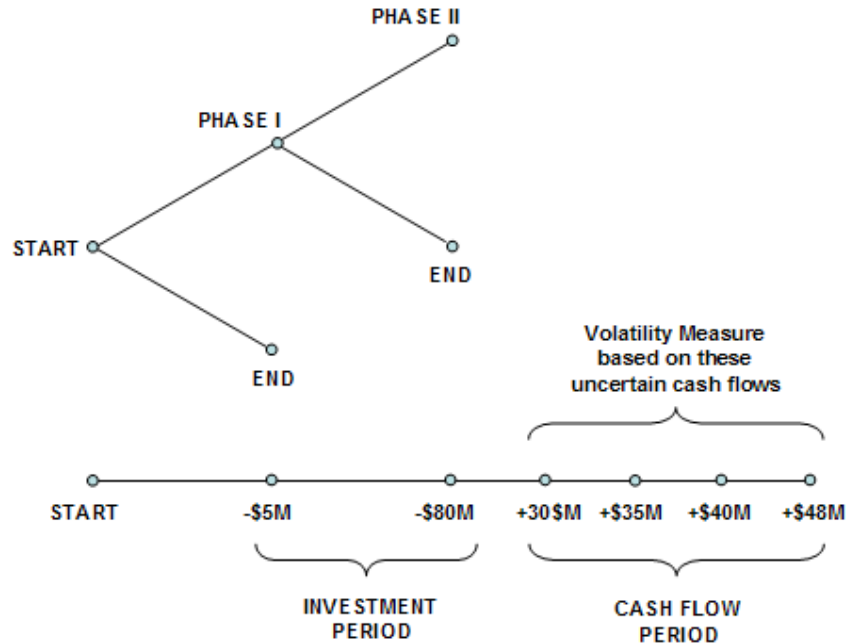


圖 44: 一個二階段連續複合期權的圖示

圖 44 中的解釋對美式連續複合期權更高層的管理方面及內部運作方面的解釋和交流起到了非常重要的作用。從圖中我們可以看到，第一階段在第一年的投資額為 500 萬美元（現值），第二階段第二年的投資額為 8000 萬美元（現值）。在預期情況下，未來 3 到 6 年的淨自由現金流均為正值，資產現值的總和為 1 億美元（將現金流按 9.7 的折現率或最低預期回報率折現），這些現金流的波動率為 30%。在 5% 的無風險利率基礎上，圖 45 中顯示利用 100 期網格計算出的戰略值為 2767 萬美元，因為淨現值為 1500 萬（1 億-500 萬-8500 萬），這意味著延遲投資和等待資訊成熟及不確定性明朗的戰略期權的價值為 1267 萬美元。換句話也就是說，完全資訊的期望值為 1267 萬美元，這暗示著可以利用市場調研來獲得此項目是否值得執行的可靠資訊，為此公司願意在第一階段投入的最大值不超過 1767 萬美元（1267 萬+500 萬），如果第一階段是主動市場調研的一部分，或是就需要 1267 萬。如果獲取可靠資訊的成本超過了這個值，那麼最好的選擇就是冒險用 8500 萬立刻執行整個項目。此處使用的多資產模組案例檔夾為：簡單兩階段連續複合期權。

反之，如果波動性降低了（不確定性和風險低了），那麼戰略期權的價值也會降低。另外，當等待成本（用紅利率占資產價值的百分比來衡量）增加時，最好選擇不延遲和不長時間等待。因此，紅利率越高，戰略期權的價值就越低。假設紅利率為 8%，波動性為 15%，結果值就回復到淨現值 1500 萬，這意味著期權的價值降為 0，最好的選擇就是立刻執行因



為等待成本大大高於此波動水準（不確定性和風險）上的等待價值。最後，如果風險和不確定性都極大增加，那麼即使等待成本很高（例如，7%的紅利率，30%的波動性），還是值得等待的。

這個模組為決策者如何在等待更多資訊（完全資訊的期望值）和等待成本之間做出最好的抉擇提供了一個視角。可以通過創造一個戰略期權來分析這種平衡，通過在項目的每一個階段對專案進行重新估值以確定是否進入下一個階段來延遲投資。基於此模組的投入假定，序列混合期權的結果顯示了專案戰略期權的價值，淨現值即為資產現值減去兩階段的實施成本。換句話說，戰略期權的價值就是計算出的戰略值之間的差減去淨現值。還需要考慮由於波動率和紅利的變動決定了它們的交互作用——明確來說，無虧損點是對不同的波動率和紅利率組合。因此，利用這個資訊，可以做出去或不去的最佳決策（例如，無虧損波動率點可以在折現現金流模型中重新計算用於跨越這個階段和等待的可能性是有價值的）。

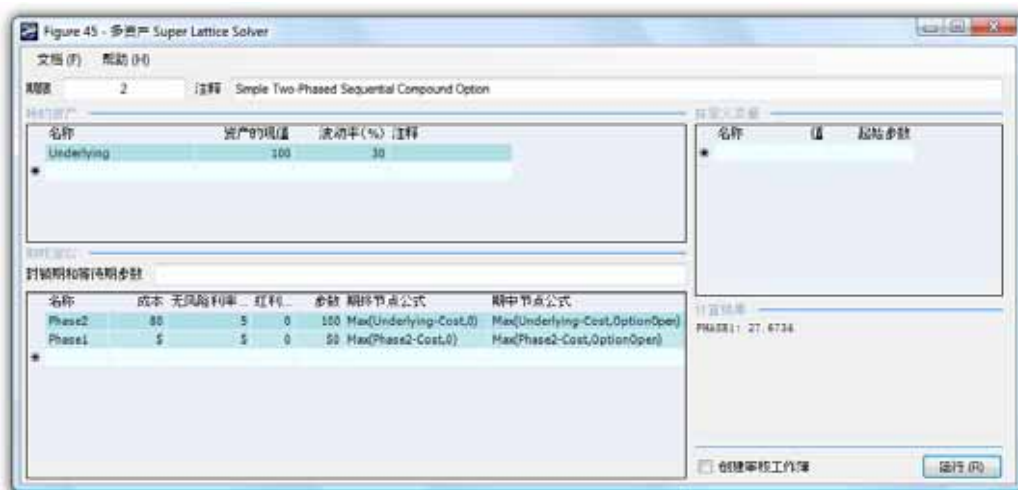


圖 45: 利用 MSLS 解決一個二期的連續複合期權

## 多階段連續複合期權

連續複合期權也同樣可以使用 MSLS 擴展為多階段。圖 46 中是一個多階段投資的圖示。例中所展現的是一個多階段的專案，在每個階段，管理層都可以選擇在情況良好時繼續進入下一階段或是欠佳時終止這個項目。基於輸入假設，MSLS 的結果顯示了專案的戰略價值，此處專案的淨現值 NPV 用資產的現值減去如果立刻執行所有階段帶來的所有實施成本（現值）。因此，由於波動性的存在，在實施未來階段的投資之前可以延遲或等待的戰略期權具有一定的價值，資產價值顯著增加存在很大的可能性。因此，期權的價值就體現在可以在未來制定投資決策之前的等待權利，或是用項目的戰略價值減去淨現值。

圖 47 中是利用 MSLS 計算出的結果。注意到由於使用了逆推法，分析的過程是從最後一階段開始逐步向第一階段回推（使用的多資產模組案例檔為：多階段連續複合期權）。按照淨現值來計算項目的價值為-500 美元。但是階段投資期權的整體戰略價值為 41.78 美元。這意味著儘管從淨現值的角度來說投資是不利的，但是實際上，通過在投資階段中間不斷的回避風險和不確定性，期權持有者可以隨時抽身而出，除非情況如預期那樣進展，否則就不必繼續投資。如果在第一階段結束時事情的進展並不順利，那麼此時立刻停止投資會引起的最大損失為 100 美元（圖 47），而不是投資總額 1500 美元。如果剛好相反，事情的進展很順利，那麼期權的持有者可以繼續下一階段的投資。在考慮到壞情況（停止投資）和好情況（繼續投資）兩種可能性後投資的期望淨現值平均為 41.78 美元。

注意一般計算出的期權的價值通常會大於或等於 0（例如，將所有階段的波動性降低為 5%，將紅利率增加為 8%），當期權的價值很低或為 0 時，意味著延遲投資並不是最佳決策，此時這種門徑投資過程並不是最好的方法。等待的成本太高（高紅利率），現金流的不確定性較低（低波動率），因此，如果淨現值為正就進行投資。在此例中，儘管期權的價值為 0，但是分析的解釋卻是十分重要的！一個 0 價值或是低價值暗示著最佳的決策就是不要等待

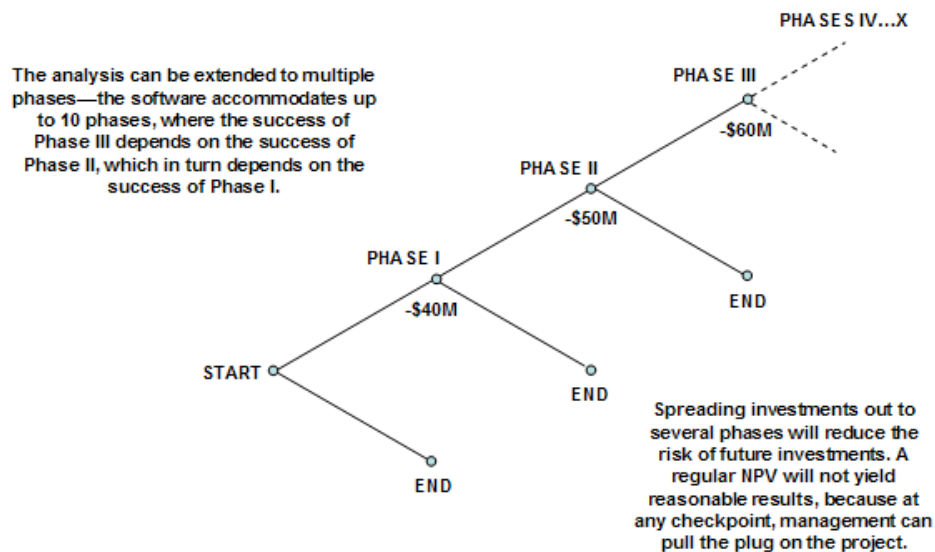


圖 46: 多階段連續複合期權的圖示

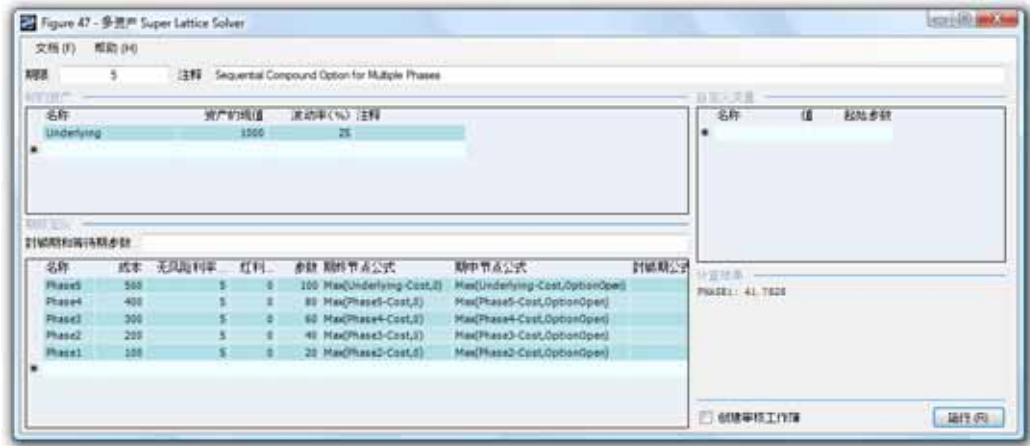
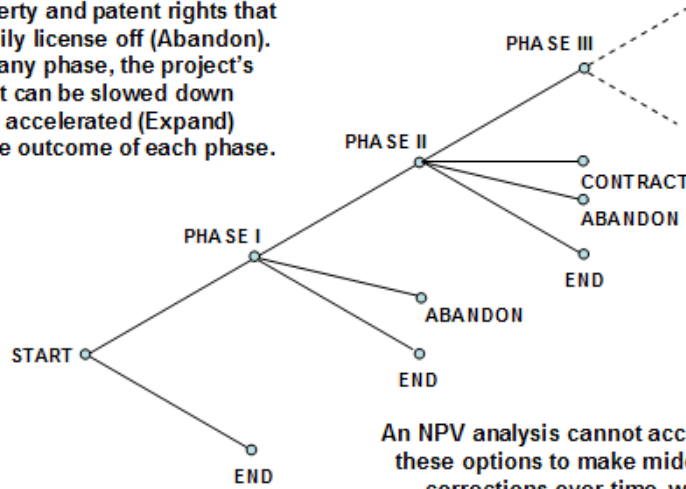


圖 47: 利用 MSLS 解決多階段連續複合期權

### 自定義連續複合期權

我們還可以通過在連續複合期權的每一階段增加自定義期權來擴展連續複合期權，參見圖 48，在每一階段都可能存在不同的互相排斥的期權組合，包括停止投資，放棄後所得的專案殘值，擴展項目的範圍成為另外一個項目（例如，剝離項目，擴展到不同的地域），收縮項目的範圍節省一些資金，或是繼續下一個階段。這些複雜的期權可以輕鬆的通過使用 MSLS 來解決，參見圖 49（使用的案例文件夾：多階段複雜連續複合期權）。

In reality, an R&D project will yield intellectual property and patent rights that the firm can easily license off (Abandon). In addition, at any phase, the project's development can be slowed down (Contract) or accelerated (Expand) depending on the outcome of each phase.



An NPV analysis cannot account for these options to make midcourse corrections over time, when uncertainty becomes resolved.

圖 48: 複雜多階段連續複合期權的圖示

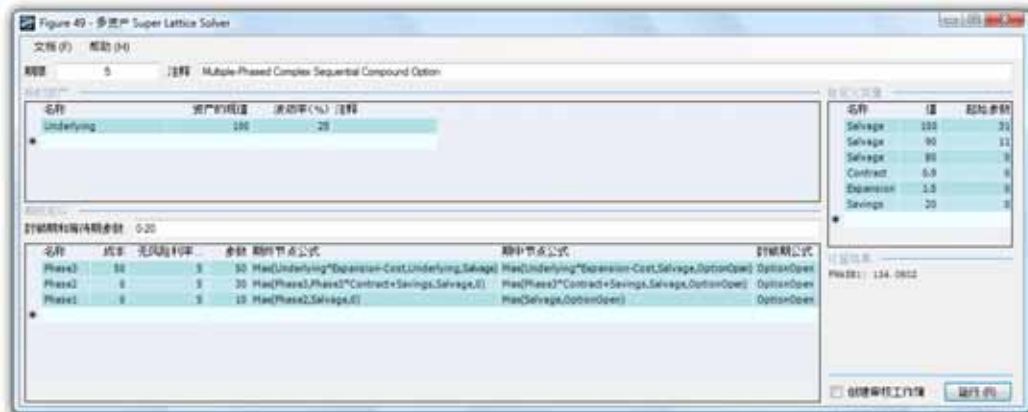


圖 49: 利用 MSLS 解決複雜多階段連續複合期權

為了便於解釋，圖 49 的 MSLS 路徑相關連續期權使用了如下輸入：

Phase 3: 期末節點公式:  $\text{Max}(\text{Underlying} * \text{Expansion-Cost}, \text{Underlying}, \text{Salvage})$

期中節點公式:  $\text{Max}(\text{Underlying} * \text{Expansion-Cost}, \text{Salvage}, \text{OptionOpen})$

步數: 50

Phase 2: 期末節點公式:  $\text{Max}(\text{Phase3}, \text{Phase3} * \text{Contract} + \text{Savings}, \text{Salvage}, 0)$

期中節點公式:  $\text{Max}(\text{Phase3} * \text{Contract} + \text{Savings}, \text{Salvage}, \text{OptionOpen})$

步數: 30

Phase 1: 期末節點公式:  $\text{Max}(\text{Phase2}, \text{Salvage}, 0)$

期中節點公式:  $\text{Max}(\text{Salvage}, \text{OptionOpen})$

步數: 10

## 路徑相關，路徑獨立，相互排斥，非相互排斥和複雜組合嵌套期權

連續複合期權是路徑依賴期權，一個階段依賴於另一個階段的成功，這與使用 SLS 解決的路徑獨立期權相反。圖 49 是一個複雜的戰略樹，在某些階段存在一些不同的期權組合。這些期權可以是相互排斥的，也可以是非相互排斥的。在所有類型的期權之中，可能存在多個標的資產（例如，日本與英國或澳大利亞相比有不同的風險回報率或利率波動）。可以利用 MSLS 來建立多元標的資產網格，並依賴期權以多種方式融合它們。以下是一些路徑獨立和路徑依賴，以及相互排斥和非相互排斥期權的例子。

- 路徑獨立和互相排斥期權：通過將所有的期權合併為一個單一的定價網格利用 SLS 來解決這類型的期權。包括擴展，收縮和擴展期權。這些都是相互排斥的，因為不可能同時一邊在不同的國家擴展，一邊放棄和出售公司。如果不存在時間上的限制，這些就是路徑獨立型，也就是可以在成熟期限的任意時點上擴展，收縮和放棄。
- 路徑獨立和非互相排斥期權：通過同時在 SLS 中運行這些非互相排斥的期權來解決這些類型的期權。例子有將的業務擴展到日本，英國和澳大利亞的期權。這些不是相互排斥的，因為可以選擇擴展到任意國家的組合（例如，只在日本，日本和英國，英國和澳大利亞等）如果不存在時間上的限制，這些就是路徑獨立型，也就是可以在成熟期內的任意時點上擴展到任意國家。增加單個期權價值，獲得整體擴展期權價值。
- 路徑依賴和相互排斥期權：通過將所有的期權合併為一個單一的估值網格利用 SLS 來解決這類型的期權。舉例，將期權擴展到另外三個國家，日本，英國和澳大利亞。但是，此時擴展是相互排斥和路徑依賴的。也就是說，一次只能擴展到一個國家，但是在某些階段，可以擴展到某些國家（例如，根據現存的經濟條件，出口限制等的影響下，只有三年內擴展到日本才是最優化的選擇，而比較而言，英國可以現在馬上執行擴展）。
- 路徑相關和非相互排斥期權：利用 MSLS 來解決這些。這些是典型的多階段單序列符合期權。如果存在至少一個非互相排斥期權，那麼對每個期權重新運行一次 MSLS。可以在案例的 0-3 年輸入日本，3-6 年輸入澳大利亞，並且在 0-10 年的任意一個時間輸入英國。如果可以一次輸入多個國家，那麼每個輸入戰略就不是互相排斥的，由於時間依賴，所以它們是路徑依賴的。
- 嵌套組合期權：這種類型是最複雜的，可以是上述四種類型的任意組合。此外，一個期權是嵌套在另一個之內，只有擴展到澳大利亞後才能繼續擴展到日本，如果不先處理澳大利亞，就無法執行後面這個。另外，允許澳大利亞和英國，但是不能擴張到英國和日本（例如，某些貿易限制，不信任爭議，競爭因素，戰略問題，與同盟的限制和約等等）對於這些期權，在戰略樹上畫出所有的場景，使用 MSLS 中的 IF,AND,OR,和 MAX 功能來解決期權。也就是說，如果輸入英國，可以輸入澳大利亞，還可以繼續輸入日本或英國，而不是日本和英國。

### 同階段複合期權

同階段複合期權用於衡量當某個專案的價值取決於同時執行的兩個或兩個以上先期成功投資時項目的價值。連續複合期權估計的是這些投資的階段價值，一個接一個，而同階段複合期權是同時來估計這些期權的價值。很明顯，由於連續複合期權的分階段投資能力，它的價值會高於同階段複合期權。注意同階段複合期權與傳統看漲期權的執行很類似。因此，美國看漲期權是此類期權的一個良好基準。圖 50 中是如何利用 MSLS 來解決同階段複合期權（使用的案例文件夾：簡單二階段同階段複合期權）。與連續複合期權的分析類似，期權的存在價值在於由於存在用波動率衡量的大的不確定性和風險，所以延遲和等待額外資訊的出現是很有價值的。但是，當以紅利率衡量的等待成本很高時，延遲和等待期權的價值就大大敬愛那個地了，直到到無虧損點，此時期權的價值為 0，項目的戰略價值等於項目的淨現值。這個無虧損點為決策制定者在項目的內在不確定性和等待執行的成本選擇之間提供了有價值的判斷。同樣的分析可以拓展到圖 51 種的多元投資同階段複合期權（使用的案例檔夾：多階段同階段複合期權）。

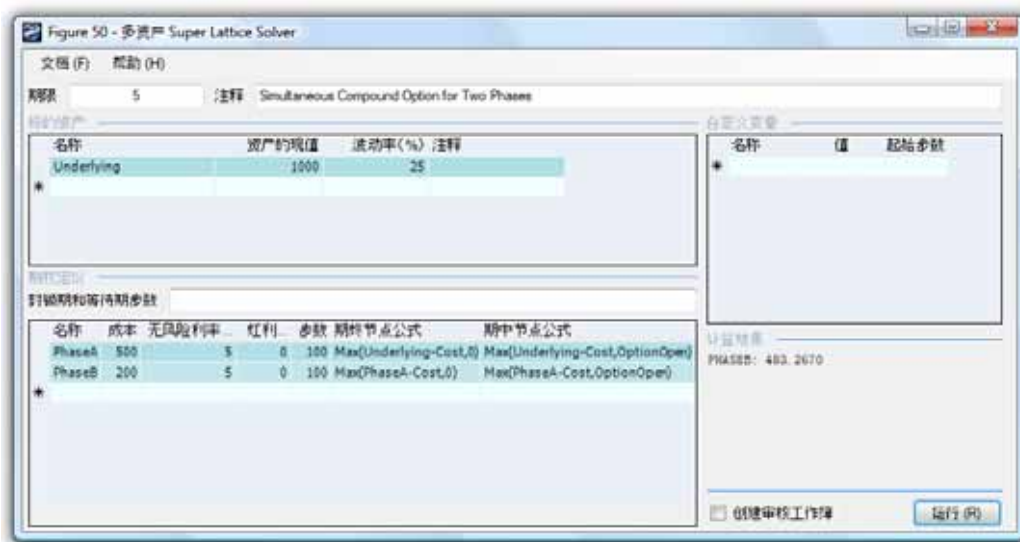


圖 50: 利用 MSLS 來解決同時連續複合期權

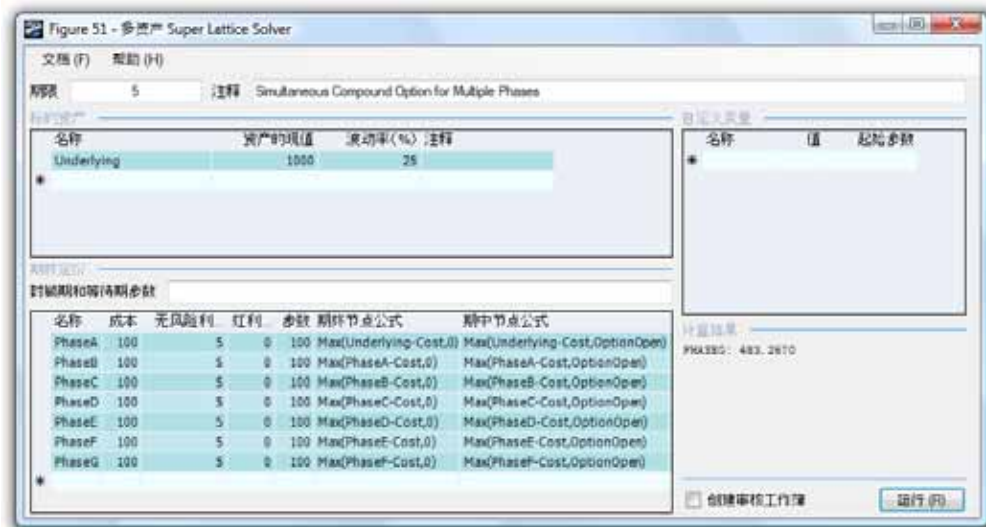


圖 51: 利用 MSLS 解決多元投資同階段複合期權

## 使用三叉網格的美式和歐式期權

構造和解決三叉網格問題與構建和解決二叉網格很類似，都有上/下跳躍和風險中性的可能性，但是相比較而言，前者更為複雜，因為每個結點上的分支更多。下面的圖示顯示，在一定的限度內，使用三叉和二叉網格所得到的結果是一致的。我們使用三叉網格的唯一原因就是它可以更加迅速的達到正確期權價值的收斂水準。在案例的表格中，我們可以關注三叉網格是如何通過比二叉網格更少的期數來獲得正確的期權價值（1000 期，5000 期）因為在一定限度內，兩者的結果是一致的，但是三叉網格的計算過程更加複雜，所需的計算時間更長，因此我們一般使用二叉網格。但是，當標的資產遵循一個均值回復的過程時，就需要使用三叉網格了。下面讓我們來看一下三叉和二叉網格收斂的圖示：

期數	5	10	100	1,000	5,000
二叉網格	\$30.73	\$29.22	\$29.72	\$29.77	\$29.78
三叉網格	\$29.22	\$29.50	\$29.75	\$29.78	\$29.78

圖 52 中是另外一個使用多項期權的例子。利用 5 期三叉網格計算出的美式看漲期權的價值為 31.99 美元，與圖 53 中利用 10 期二叉網格的計算結果一致。因此，基於計算的簡便性和計算速度這兩個原因，SLS 和 MSLS 中使用的是二叉網格，而不是三叉或其他更多叉網格。只有當標的資產遵循一個均值回復的過程時，就需要使用三叉網格。在此種情況下，我們就要使用 MNLS 模組了。

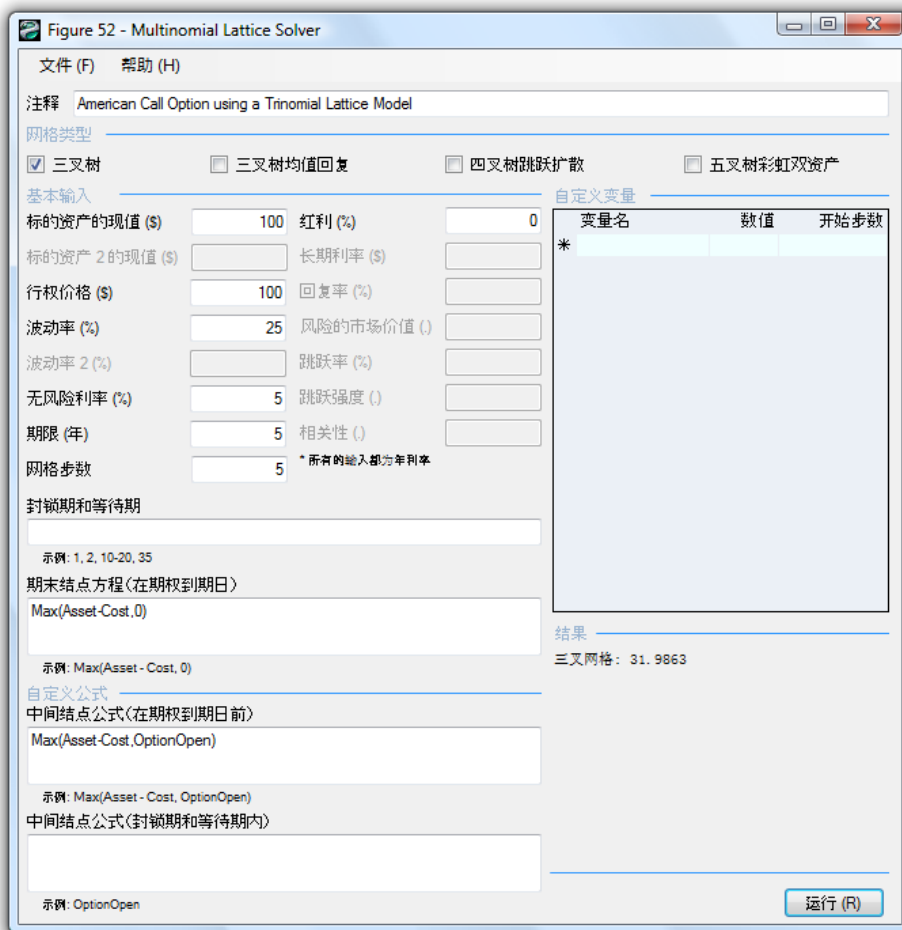


圖 52: 單一三叉網格示例



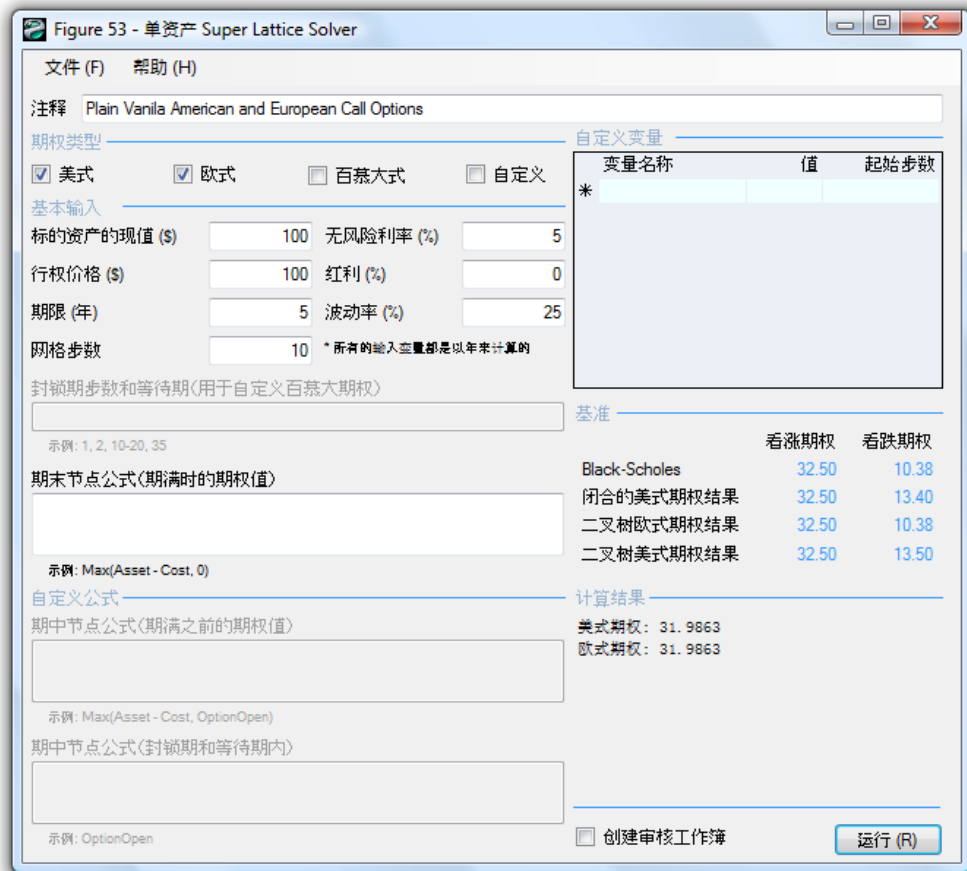


圖 53: 10 期二叉網格的比較結果

## 利用三叉網格的美式和歐式均值回復期權

當標的資產的價值是均值回復是我們可以利用 MNLS 模組裏的均值回復期權來計算美式和歐式期權。均值回復隨機過程會以某個回復速度（還原率）還原到長期均值（長期利率水準）上。遵循均值回復的變數有通貨膨脹率，油價等等。當這種類型的變數都服從於一定自然規律或是經濟條件，又一個長期水準值，當其真實值過高或過低的偏離長期水準值時，就會產生回復。例如，貨幣和財政政策可以防止經濟過渡的波動，這些政策的目標都傾向於達到一個長期目標率或水準。圖 54 是一個規則的隨機過程（紅色虛線）和一個均值回復過程（實線）。很明顯，有阻尼效應的均值回復過程的不確定性比同一波動水準下的規則過程的不確定性要低。

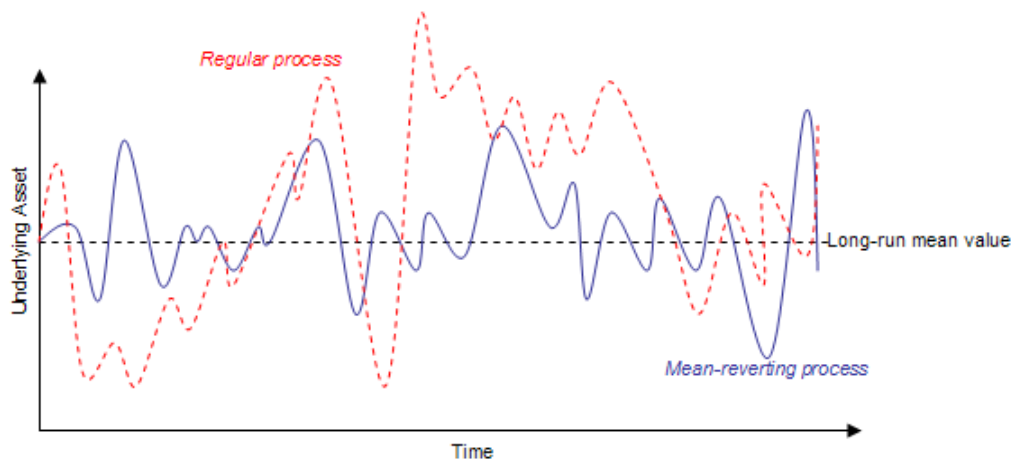


圖 54: 均值回復過程

圖 55 是利用三叉網格計算出的一個規則期權模型的看漲和看跌結果，與利用均值回復三叉網格計算出的某個具有均值回復（MR）趨勢標的資產的看漲和看跌結果的比較。有如下幾點值得我們注意：

- 均值回復的看漲 < 規律看漲，因為均值回復資產的阻尼效應，均值回復資產的價值不會上升到規律資產價值的水準。
- 相反地，均值回復看跌 > 規律看跌，因為資產的價值不會升到很高，意味著資產價值在資產現值附近徘徊的可能性較大，其價值低於資產價值的概率也更高，使得看跌期權的價值上升。
- 基於阻尼效應，均值回復的看漲和看跌的價值（18.62 美元和 18.76 美元）比規律看漲和看跌的價值（31.99 美元和 13.14 美元）更加對稱。
- 規律美式看漲 = 規律歐式看漲，因為在不考慮紅利率的情況下，提前執行不是最優的選擇。但是由於均值回復趨勢的存在，提前執行是可行的，尤其是在資產價值降低之前。因此，我們可以看到均值回復的美式看漲 > 均值回復的歐式看漲，當然，兩者的價值都低於規律看漲。

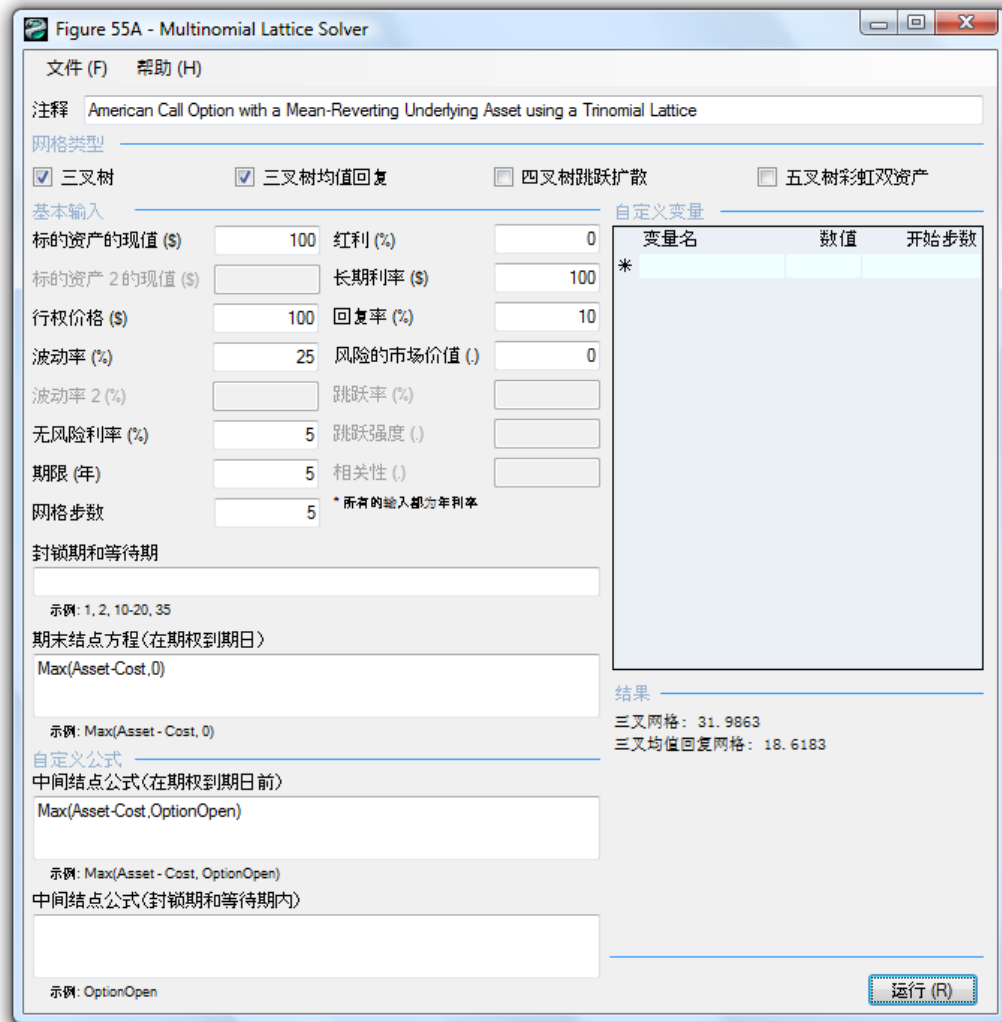


圖 55A: 比較均值回復規律情況下的看漲和看跌期權

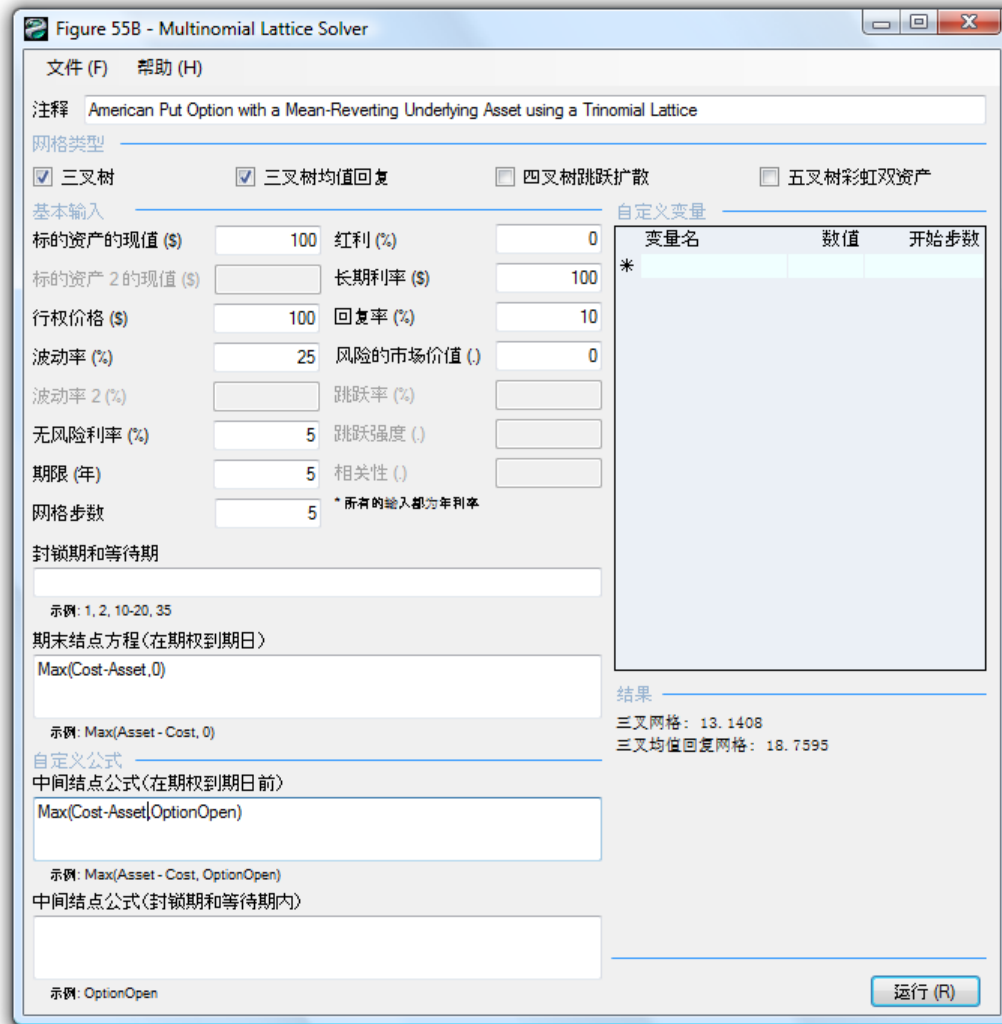


圖 55B: 比較均值回復和規律情況下的看漲和看跌期權

其他一些均值回復期權的要點包括：

- 長期利率的水準越高（越低），看漲期權的價值越高（越低）
- 長期利率的水準越高（越低），看跌期權的價值越低（越高）

最後要注意，由於模擬均值回復期權需要較高的網格期數和多個還原率的某個組合，長期利率水準和網格期數可能會產生無法解決的三叉網格。當發生這種情況時，MNLS 會出現錯誤資訊的提示。

## 使用四叉網格的跳躍——擴散期權

美式和歐式期權的跳躍擴展看漲看跌期權使用的是四叉網格。當期權中的標的變數遵循一個跳躍——擴散的隨機過程時，我們就可以使用這一模組了。圖 56 中是一個使用跳躍——擴散過程的標的資產。跳躍對於某些商業變數來說是很平常的情況，例如石油和汽油的價格可能會出現突然的出乎意料的波動（例如，在戰爭中），標的變數的跳躍頻率被稱為跳躍率，每次跳躍的幅度被稱為跳躍強度。

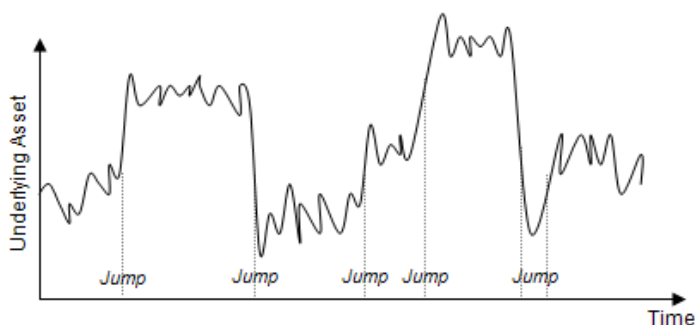


圖 56: 跳躍——擴散過程

二叉網格只適用於沒有跳躍的隨機過程（例如，布朗運動和隨機行走過程），但是當存在跳躍的可能性時（泊松分佈的一個極小概率），我們就需要利用更多的分叉了。圖 57 是解決這些跳躍過程的四叉網格（每個結點有四條分支）。

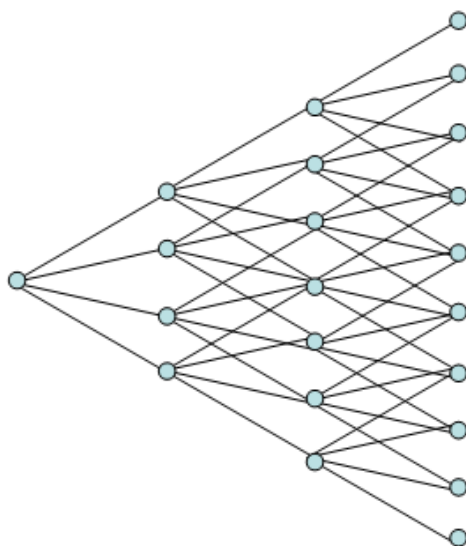


圖 57: 四叉網格

注意由於模組的複雜性，一些較高網格期數的計算可能需要花費較長的計算時間。此外，某些合併輸入變數可能帶來消極的風險中性概率，從而導致網格無法計算。在此種情況下，一定要確保輸入變數的正確性（例如，跳躍強度要大於 1，1 代表無跳躍；檢查跳躍率，跳躍大小和網格期數的錯誤結合），跳躍的概率可以利用跳躍率和時間步來計算。圖 58 是一個四叉網格分析跳躍——擴散期權的例子（使用的案例檔夾：MNLS——使用四叉網格的跳躍擴散看漲和看跌期權）。注意跳躍擴散的看漲看跌期權的價值要高於一般的看漲和看跌期

權的價值。這是因為即使波動率相同，由於標的資產的正向跳躍（每年存在 10% 的概率，跳躍的平均強度為先前值的 1.5 倍），增加了看漲和看跌期權的價值。如果某個實物期權擁有多於兩個標的資產，可以使用 MSLS 和/或風險控制器來模擬標的資產的軌道，捕捉它們在貼現現金流模型中的相互影響作用。

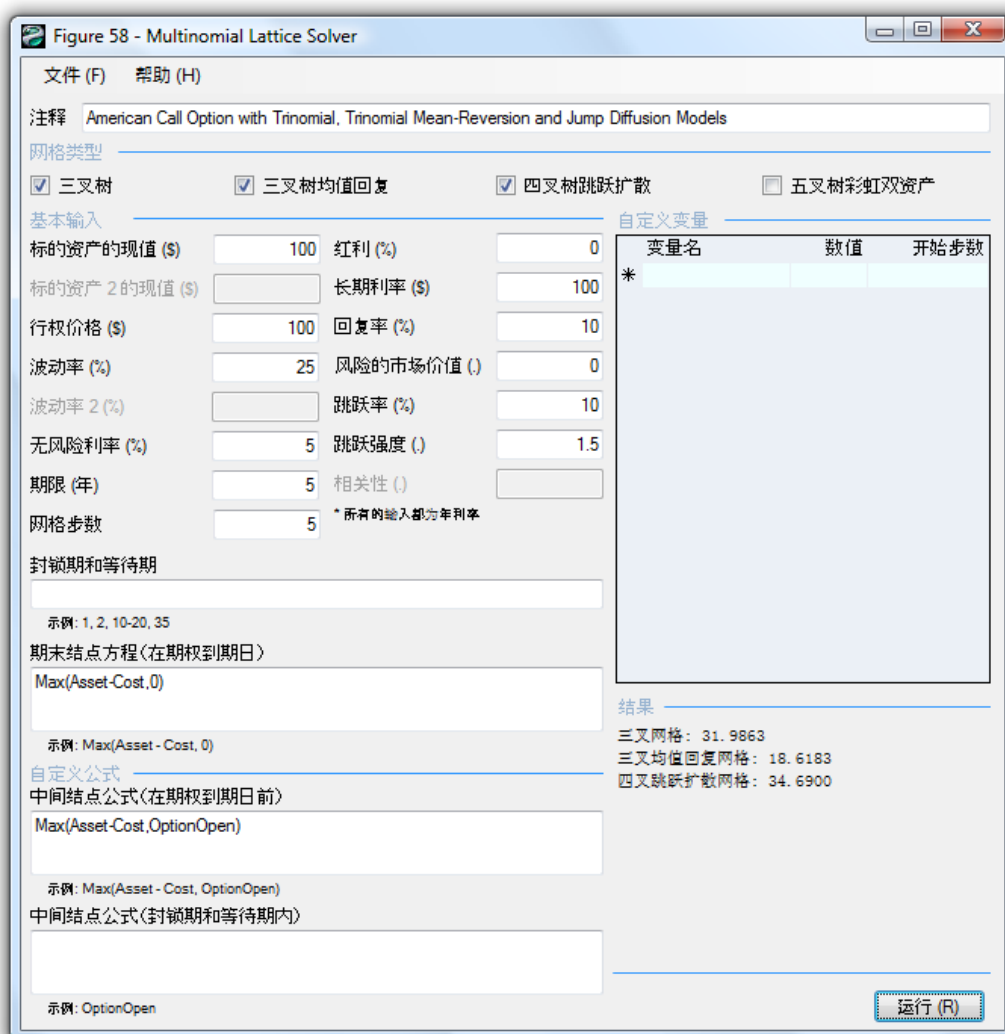


圖 58: 跳躍擴散期權的四叉網格計算結果

## 使用五叉網格的雙變數彩虹期權

解決美式和歐式期權的雙變數彩虹期權問題需要利用五叉網格。雨後出現在地平線上的彩虹會呈現出繽紛的色彩，儘管彩虹期權不像自然界的彩虹一樣呈現出那麼繽紛的色彩，但是它們也因為擁有多於兩個標的資產而被命名為彩虹期權。與標準期權相反，彩虹期權的價值是由兩個或多個標的構成的行為以及這些標的構成的相關性決定。也就是說，彩虹期權的價值是由兩個或多個標的資產的行為決定。當期權中存在兩個標的變數（例如，資產的價格和數量），它們在可能存在相關性的情況下，以不同的波動率波動（圖 59），就需要用到這個模型了。這兩個變數在現實世界中通常是相關的，標的資產的價值是價格和數量的產物。由於不同的波動率，我們需要利用五角或是五條分支的網格來獲得所有可能的產物組合（圖 60）。注意某些組合可能會導致負概率的無法解決的網格。如果出現這種結果，會出現一條提示資訊。我們可以通過嘗試不同的變數組合以及更高的網格期數來彌補這種情況。

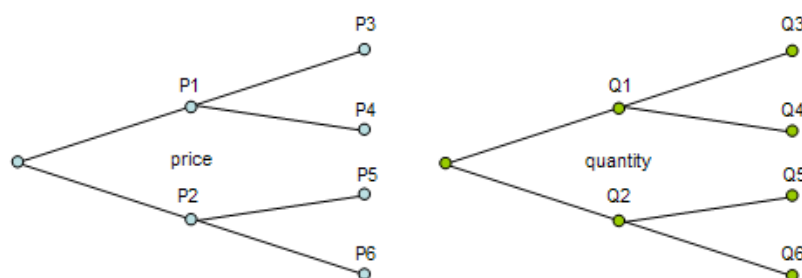


圖 59: 兩個二叉網格（資產價格和數量）

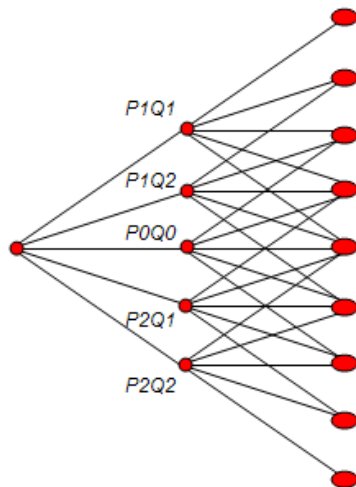


圖 60: 五叉網格（兩個二階網格的結合）

圖 61 是雙資產彩虹期權的示例（使用的案例檔夾：MNLS——五叉網格雙資產彩虹期權）。注意高度的正相關會同時增加看漲和看跌期權的價值。這是因為如果兩個標的資產朝同一個方向移動，那麼整個資產組合的波動性就更高（價格和數量可以在高-高和低-低的水準上波動，產生一個更高的整體標的資產價值）。相反地，負的相關性會降低看漲和看跌期權的價值，因為負相關變數的資產分散功能所造成的相反原因。當然此處的相關性波動範圍為-1 到+1。

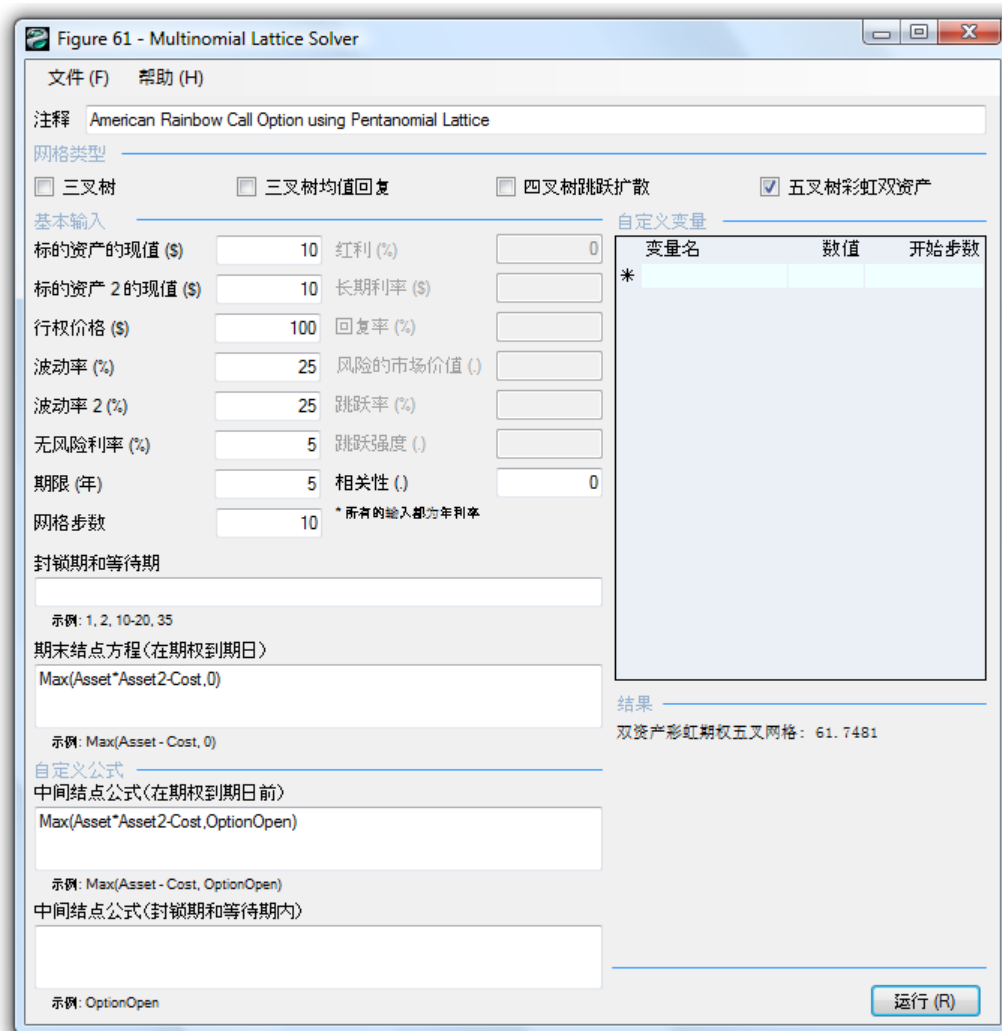


圖 61: 利用五叉網格解決對偶資產的彩虹期權



## 美式和歐式下限障礙期權

下限障礙期權描述的是當資產價值降低到一個資產價值的下限障礙時，不管此時是賺錢還是賭輸，期權的戰略價值（同時適用於看漲和看跌期權）都低於標的資產的價值。因此，一個股價下跌生效期權（看漲和看跌）是指當資產價值降到下限時生效的期權。相反地，股價下跌失效期權只有在未達到下限時才是有效的。

這種期權的例子可能包含在合同中，當達到某個下限時，合同中的某些事件或條款就被觸發了。障礙期權的價值低於標準期權，因為障礙期權只在價格的一小段範圍內有價值。障礙期權的持有者失去了傳統期權的一些價值，因此這種期權比標準期權的定價低。舉個例子，當資產或項目的價值突破障礙時，為什麼合同的作者可以得到或放棄某些職責的合同就是障礙期權。

圖 62 是一個股價下跌生效的看漲下限障礙期權。注意其價值僅為 7.3917 美元，大大低於一個普通美式看漲期權的價值 42.47 美元。這是因為設置的障礙很低，為 90 美元。這意味著一個正常看漲期權所有可能的上升空間被大大降低，期權只能在資產價格降低到其下限 90 美元以下的時候才能被執行（使用的案例檔夾：障礙期權——股價下跌生效下限障礙看漲期權）。為了使這個下限障礙期權具有約束力，其下限水準必須低於資產的起始價值，高於執行成本。如果障礙水準高於起始資產價值，那麼就變成了一個上界障礙期權。如果下限低於執行成本，那麼無論在那種情況下，期權都是沒有價值的。只有當下限障礙水準位於執行成本和資產起始價值之間時，下限障礙期權才可能是有潛在價值的。但是，期權的價值取決於波動率。使用圖 62 中相同的參數，改變波動率和無風險利率，下面的例子為我們揭示了將會發生的情況：

- 波動率為 75%時，期權價值為 4.34 美元
- 波動率為 25%時，期權價值為 3.14 美元
- 波動率為 5%時，期權價值為 0.01 美元

波動率越低，資產價格會波動到導致期權執行下限的概率越小。通過平衡波動率和起始下限值，可以計算出最佳的下限觸發值。

圖 63 中是股價下跌失效的看漲下限障礙期權。在這裏，如果資產價值到達下限時，期權的價值為 0，只有在未突破下限時，期權才是有價值的。由於當資產價值高時，看漲期權的價值也高，資產價值低時，看漲期權的價值就低，所以這個股價下跌失效的看漲下限障礙期權與正常美式期權的價值幾乎是一樣的。障礙越高，下限障礙期權全的價值越小（案例檔夾：障礙期權——股價下跌失效的看漲下限障礙期權）。例如：

- 下限為 90 美元時，期權的價值為 42.19 美元
- 下限為 100 美元時，期權的價值為 41.58 美元

圖 62 和 63 是美式障礙期權。將中間方程設置為 `OptionOpen` 就得到了歐式障礙期權。

此

外，對於某些類型的合約期權，可以設置保留等待期。對於百慕大障礙期權，可以保留與美式障礙期權同樣的期中節點公式，但是將保留等待期階段的中間方程設置為 `OptionOpen`，並輸入相應的保留等待期網格步數。最後，如果障礙的目標值是隨時間變動的，那就要設置多個不同價值和起始步數的自定義變數，變數名為 `Barrier`。

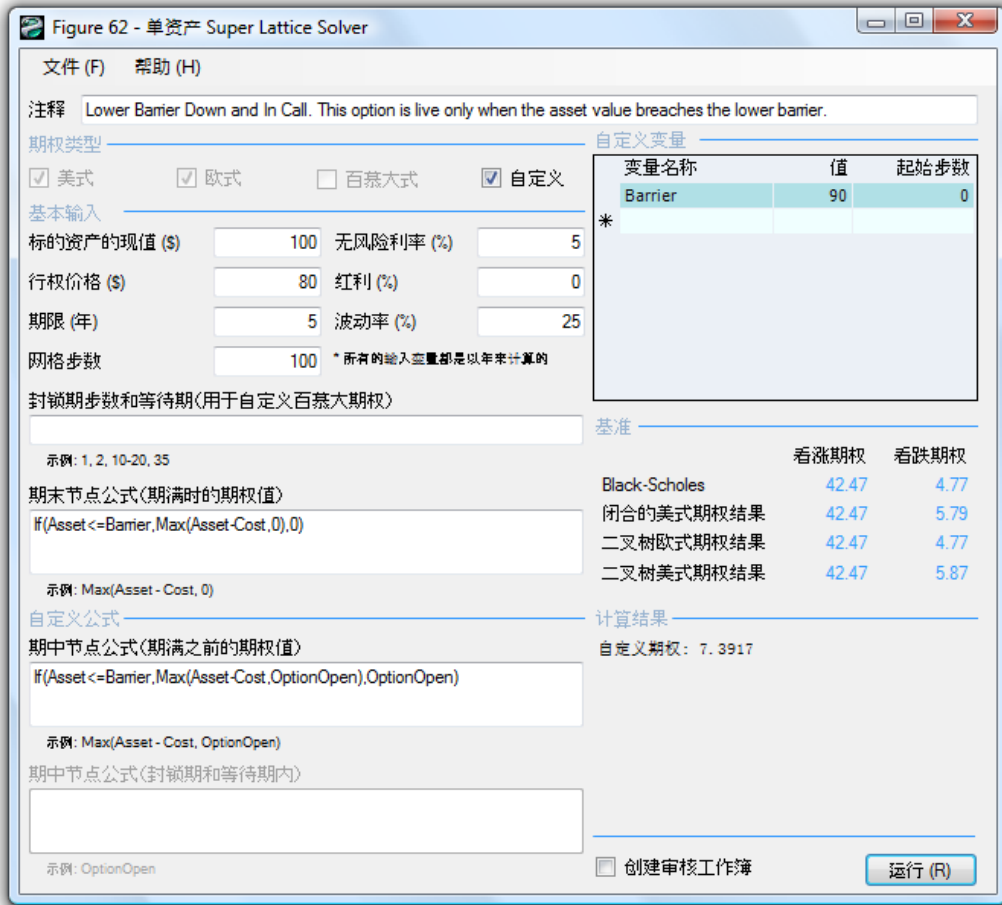


圖 62: 美式下界障礙期權

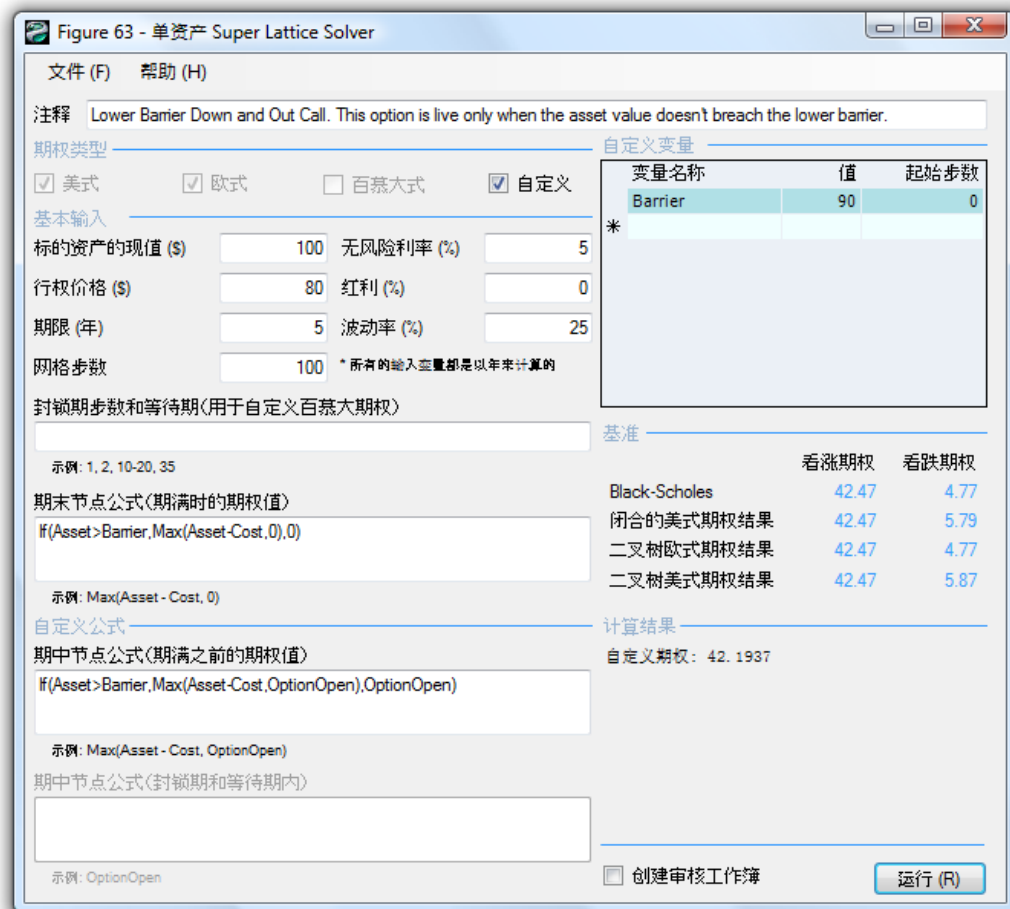


圖 63: 美式外下界障礙期權

## 美式和歐式上界障礙期權

上界障礙期權描述的是當資產價值降低到一個人為的高於資產價值的上界障礙時，不管此時是賺錢還是賭輸，期權的戰略價值（同時適用於看漲和看跌期權）。因此，一個股價向上生效期權（看漲和看跌）是指當資產價值上升到上界時生效的期權。相反地，股價向上終止期權只有在未達到上界時才是有效的。這與下限障礙期權非常類似，只是此時的障礙是高於資產的起始價值的。也就是說，上界>執行成本，且上界>資產起始價值。

這種期權的例子可能包含在合同中，當達到某個上界時，合同中的某些事件或條款就被觸發了。障礙期權的價值低於標準期權，因為障礙期權只在價格的一小段範圍內有價值。障礙期權的持有者失去了傳統期權的一些價值，因此這種期權比標準期權的定價低。舉個例子，當資產或項目的價值突破障礙時，為什麼合同的作者可以得到或放棄某些職責的合同就是障礙期權。

從圖 64 中我們可以看出，向上生效上界美式障礙期權的價值稍稍低於標準美式看漲期權。這是因為當資產價值小於障礙但是大於執行成本這個階段的期權價值被損失了。很明顯，上界越高，向上生效上界障礙期權的價值就越低，因為因資產價值低於上界而無法執行期權損失了更多的期權價值（使用的案例檔夾：障礙期權——向上生效上界障礙看漲期權）。例如：

- 當上界為 110 美元時，期權的價值為 41.22 美元
- 當上界為 120 美元時，期權的價值為 39.89 美元

相反地，向上終止上界美式期權的價值更低，因為這個障礙截短了期權的上漲潛力。

圖 65 中是此類型期權的計算過程。很明顯，上界越高，期權的價值越高（使用的案例檔夾：障礙期權——向上終止上界障礙看漲期權）。例如：

- 當上界為 110 美元時，期權的價值為 23.69 美元
- 當上界為 120 美元時，期權的價值為 29.59 美元

最後，注意有關無約束力障礙期權的一些問題。無約束力期權的例子包括：

- 當上界 執行成本時，此時向上終止上界障礙看漲期權是沒有價值的
- 當上界 執行成本時，此時向上終止上界障礙看漲期權的價值回復到一個簡單看漲期權的價值水準

上界障礙期權的例子是收縮期權。典型的例子有：

- 製造商約定在價格高於事先約定的上界價格水準時不出售他的產品。
- 顧客同意在一定的數量範圍內按照產品的市場價格支付，如果超過一定的價格上界，此份合約就失效了。

圖 64 和 65 中是美式障礙期權 將中間方程設置為 OptionOpen 就得到了歐式障礙期權 此外，對於某些類型的合約期權，可以設置保留等待期。對於百慕大障礙期權，可以保留與美式障礙期權同樣的中間方程，但是將保留等待期階段的中間方程設置為 OptionOpen，並輸入相應的保留等待期網格階數。最後，如果障礙的目標值是隨時間變動的，那就要設置多個不同價值和起始階數的命名為障礙的自定義變數。

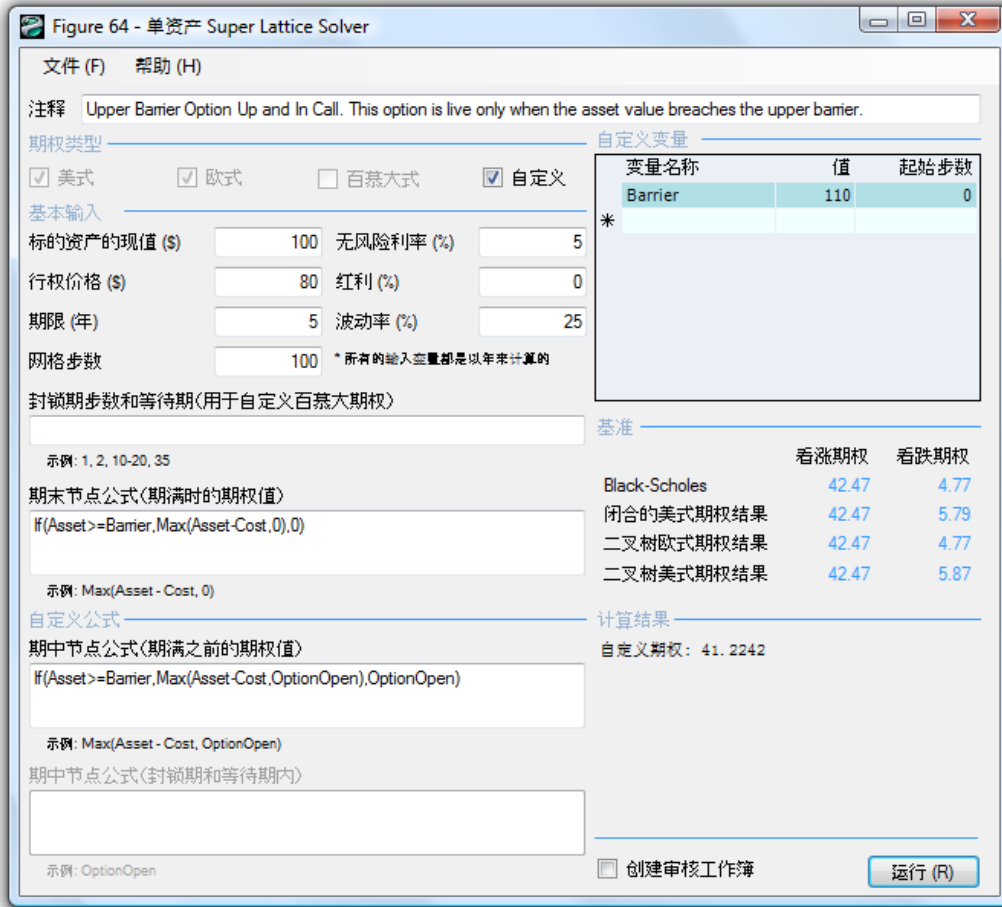


圖 64: 上界美式障礙期權

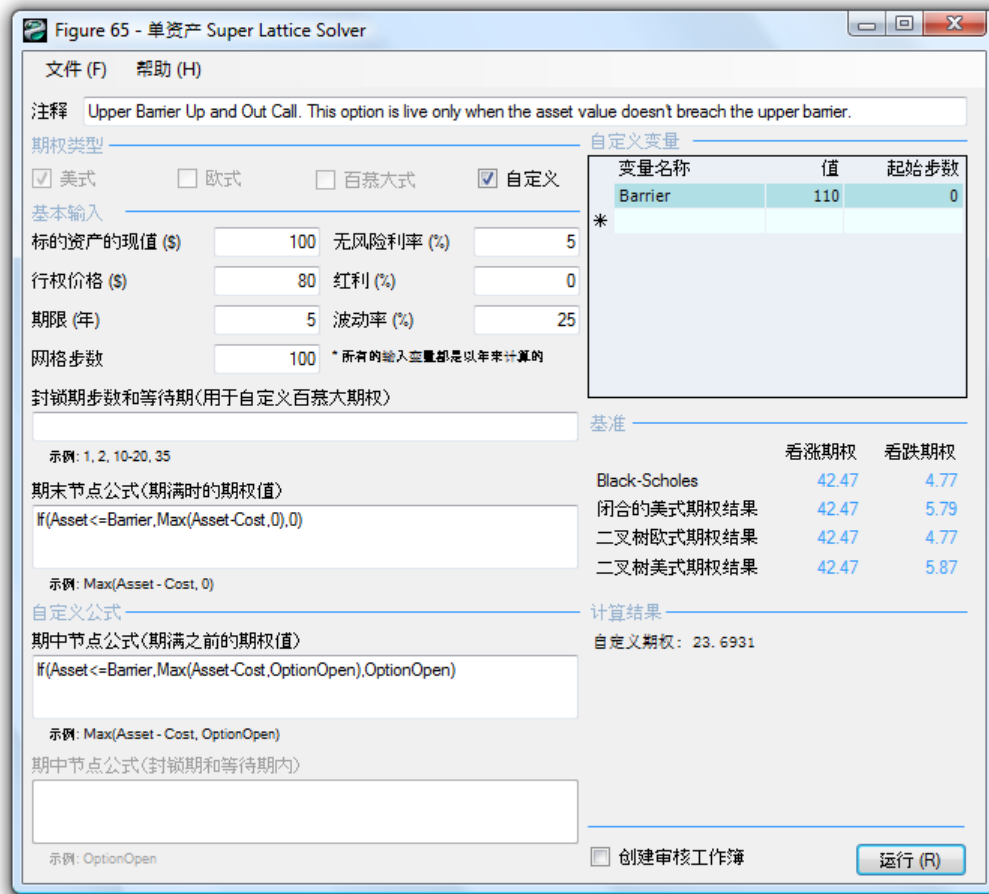


圖 65: 上下界外障礙期權

## 美式和歐式雙界障礙期權和奇異障礙

我們利用二叉網絡來解決雙界障礙期權問題。這個模型衡量的是當資產價值到達事先約定的上界或下限時，不管此時是賺錢還是賭輸，期權的戰略價值（同時適用於看漲和看跌期權）。因此，向上生效和向下生效期權（同時適用於看漲和看跌期權）只有當達到上界或下限時才開始生效。相反地，向上終止和向下種植期權只有在未超過上下限的範圍內時才是有效的。這種期權的例子可能包含在合同中，當達到某個上界時，合同中的某些事件或條款就被觸發了。障礙期權的價值低於標準期權，因為障礙期權只在價格的一小段範圍內有價值。障礙期權的持有者失去了傳統期權的一些價值，因此這種期權比標準期權的定價低。

圖 66 中是一個美式向上和向下生效障礙期權。它是之前的上界障礙期權和下限障礙期權的結合。所以同樣的邏輯也適用於這個雙界障礙期權。

圖 66 是利用 SLS 解決的美式障礙期權的圖示。將期中節點公式設置為 OptionOpen 就得到了歐式障礙期權。此外，對於某些類型的合約期權，可以設置等待期。對於百慕大障礙期權，可以保留與美式障礙期權同樣的中間方程，但是將保留等待期階段的中間方程設置為 OptionOpen，並輸入相應的保留等待期網絡階數。最後，如果障礙的目標值是隨時間變動的，那就要設置多個不同價值和起始階數的命名為障礙的自定義變數。

當障礙期權中融入其他期權時就形成了奇異障礙期權。例如，擴展某個期權，令其只能在資產淨現值超過某一初始值時執行，或是某個收縮期權，其中原料供應商只能在其降低到無虧損點時才能執行這個期權。同樣的，這種類型的期權也可以利用 SLS 來模擬。

Figure 66 - 单资产 Super Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 Double Barrier Up & In, Down & In Call. This option is live only when the asset value breaches either barrier.

期权类型

美式  歐式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 100 无风险利率 (%) 5

行权价格 (\$) 80 红利 (%) 0

期限 (年) 5 波动率 (%) 25

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封锁期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)

$$\text{If}(\text{Asset} \leq \text{LowerBarrier} \mid \text{Asset} \geq \text{UpperBarrier}, \text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0), 0)$$

示例:  $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)

$$\text{If}(\text{Asset} \leq \text{LowerBarrier} \mid \text{Asset} \geq \text{UpperBarrier}, \text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen}), \text{OptionOpen})$$

示例:  $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

期中节点公式(封锁期和等待期内)

示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
LowerBarrier	90	0
UpperBarrier	110	0

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	42.47	4.77
闭合的美式期权结果	42.47	5.79
二叉树欧式期权结果	42.47	4.77
二叉树美式期权结果	42.47	5.87

计算结果

自定义期权: 41.9996

创建审核工作簿

圖 66: 向上和向下的雙界障礙期權

### 第三節 雇員股票期權

#### 含有等待期的美式雇員股票期權

圖 67 示範了如何模擬一個存在等待期和封鎖期的雇員股票期權。輸入封鎖期 (0-39)。因為已經使用了封鎖期輸入框，所以還需要輸入期末公式 (TE)，期中公式 (IE)，以及封鎖期的期中公式 (IEV)。在 TE 欄輸入  $Max(Stock-Strike,0)$ ；在 IE 欄裏輸入  $Max(Stock-Strike,0,OptionOpen)$ ；在 IEV 欄輸入  $OptionOpen$  (使用的示例檔：封鎖期雇員股票期權)。這意味著期權或者被執行，或是保留到過期終止失去價值；在中間結點提前執行或是保持期權開放；在封鎖期內不允許執行期權保持期權開放。得到的結果為 49.73 美元(圖 67)，這個值可以通過使用 ESO Valuation Toolkit (圖 68) 來驗證。ESO Valuation Toolkit 是 Real Options Valuation 公司開發出的另一款軟體工具，專門用於解決遵循 2004 FAS 123 的雇員股票期權問題。事實上，財務會計準則委員會在 2004 年 12 月 FAS 123 條款的最終版使用的估值案例就採用了該軟體。在開始接觸 ESO 估值之前，我們建議使用者先閱讀 Dr. Johnathan Mun 的《雇員股票期權定價》一書作為基礎。

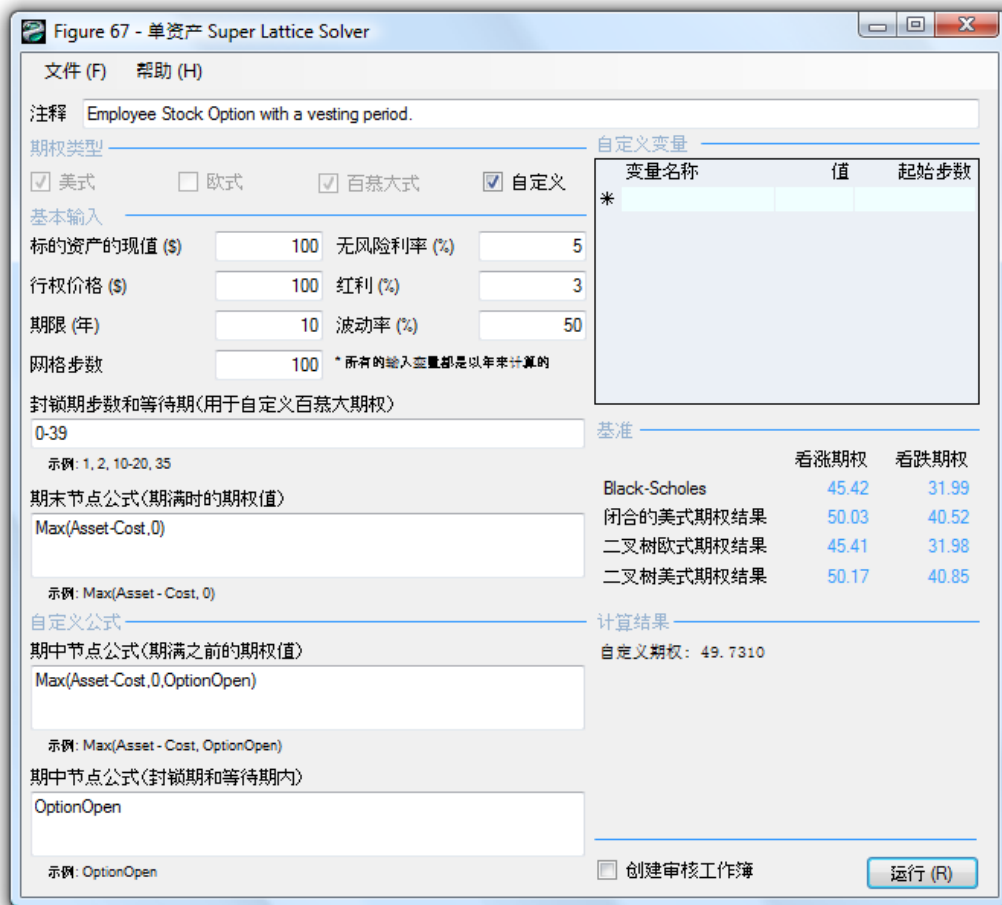


圖 67: 含有等待期看漲期權的 SLS 結果





## 含有次優執行行為的美式雇員股票期權

圖 69 中的例子為我們解釋了如何將非最佳執行行為倍數納入我們的分析之中，以及如何使用自定義變數列表（使用的示例檔：含有次優執行行為的雇員股票期權，本例中將期數改為 100 期）。TE 與上例相同，但是 IE 項假定：如果股票價格在未來某個時刻超過了次優執行乘數和行權價格的乘積，那麼就在這個非最佳時刻執行此期權。注意這裏我們沒有使用 IEV，因為我們沒有假定存在任何封鎖期。此外，我們還將這個次優執行乘數變數添加到自定義列表上，其相關值為 1.85，起始期數為 0。這意味著 1.85 這個值從 0 期開始在網絡上生效一直到 100 期。同樣的，我們也可以使用 ESO Toolkit（圖 70）來驗證這個結果。

The screenshot shows the 'Figure 69 - 单资产 Super Lattice Solver' window. The title bar includes '文件 (F)' and '帮助 (H)'. The main window is titled 'Employee Stock Option with suboptimal exercise multiples.' and contains several sections:

- 期权类型 (Option Type):** Includes checkboxes for '美式' (checked), '欧式', '百慕大式', and '自定义' (checked).
- 基本输入 (Basic Input):** Fields for '标的资产的现值 (\$)' (100), '无风险利率 (%)' (5), '行权价格 (\$)' (100), '红利 (%)' (0), '期限 (年)' (10), '波动率 (%)' (10), and '网格步数' (100). A note states '\* 所有的输入变量都是以年来计算的'.
- 自定义变量 (Custom Variables):** A table with columns '变量名称', '值', and '起始步数'. It contains one entry: 'Suboptimal' with a value of 1.85 and a starting step of 0.
- 基准 (Benchmark):** A table comparing '看涨期权' (Call) and '看跌期权' (Put) results for different models:
 

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	39.94	0.59
闭合的美式期权结果	39.94	3.33
二叉树欧式期权结果	39.94	0.59
二叉树美式期权结果	39.94	3.45
- 自定义公式 (Custom Formulas):** Fields for '期中节点公式(期满之前的期权值)' containing 'IF(Asset>=Suboptimal\*Cost,Max(Asset-Cost,0),OptionOpen)' and '期中节点公式(封锁期和等待期内)'.
- 计算结果 (Calculation Results):** Shows '自定义期权: 36.4289'.
- Buttons:** '创建审核工作簿' and '运行 (R)'.

圖 69: 含有次優執行行為看漲期權的 SLS 結果



### 含有等待期和次優執行行為的美式雇員股票期權

下面我們來瞭解一下含有等待期和次優執行行為的雇員股票期權。它就是前兩個案例的簡單擴展。同樣，我們也可以用圖 72 中的 ESO Toolkit 包來驗證（圖 71 中的）9.22 美元這個結果。

（使用的示例檔：含有等待期和次優執行行為的美式雇員股票期權）

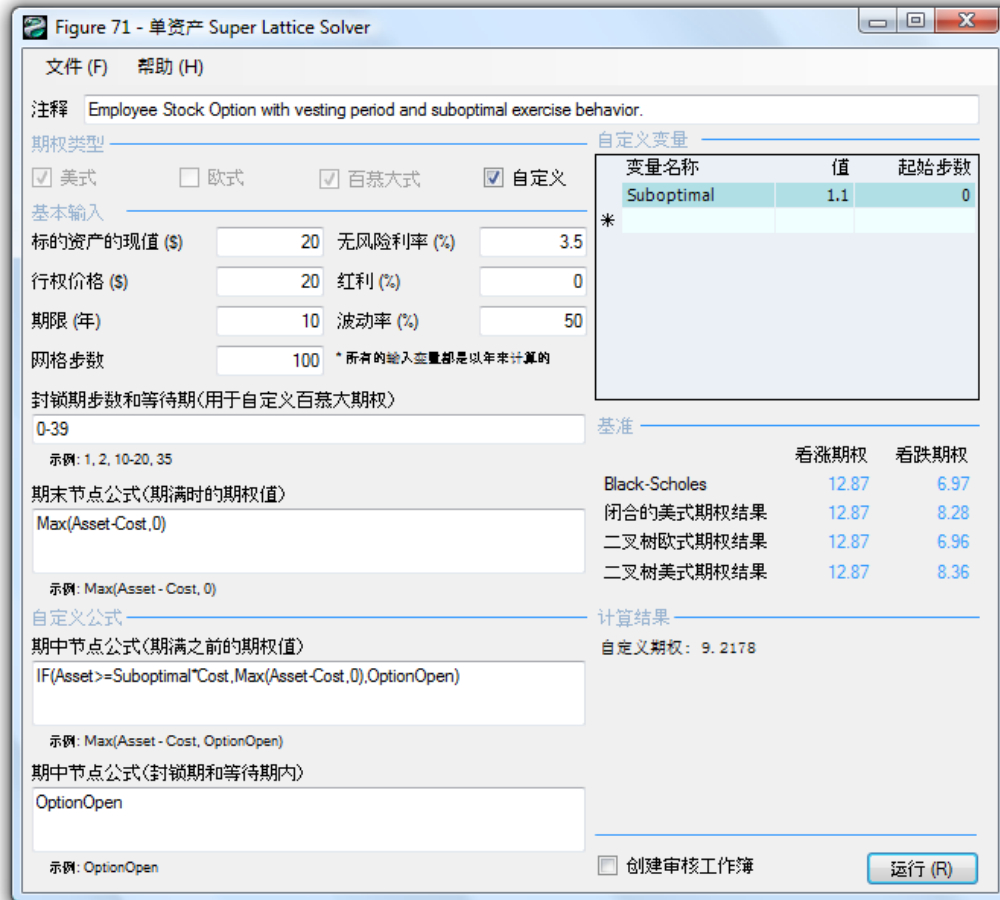


圖 71: 含有等待期和次優執行行為的看漲期權的 SLS 結果

## American Option with Vesting and Suboptimal Behavior

<b>Assumptions:</b>	
Stock Price (\$)	\$20.00
Strike Price (\$)	\$20.00
Maturity in Years (.)	10.00
Risk-free Rate (%)	3.50%
Dividends (%)	0.00%
Volatility (%)	50.00%
Suboptimal Exercise Multiple (.)	1.10
Vesting in Years (.)	4.00

<b>Intermediate Calculations</b>	
Stepping-Time (dt)	1.0000
Up Step-Size (up)	1.6487
Down Step-Size (down)	0.6065
Risk-neutral Probability (prob)	41.17%

<b>Results</b>	
10-Step Lattice Results	\$10.61
Generalized Black-Scholes	\$12.87
100-Step Binomial Super Lattice	\$9.22
Binomial Super Lattice Steps	100 Steps
100-Step Trinomial Super Lattice	\$9.43
Trinomial Super Lattice Steps	100 Steps

**Underlying Stock Price Lattice**

									2968.26
								1800.34	
							1091.96		1091.96
						662.31		662.31	
					401.71		401.71		401.71
				243.65		243.65		243.65	
			147.78		147.78		147.78		147.78
		89.63		89.63		89.63		89.63	
	54.37		54.37		54.37		54.37		54.37
	32.97	20.00	32.97		20.00		32.97		20.00
20.00		12.13		12.13		12.13		12.13	
		7.36		7.36		7.36		7.36	
			4.46		4.46		4.46		4.46
				2.71		2.71		2.71	
					1.64		1.64		1.64
						1.00		1.00	
							0.60		0.60
								0.37	
									0.22
									0.13

**Option Valuation Lattice**

									2948.26
								1780.34	
							1071.96		1071.96
						642.31		642.31	
					381.71		381.71		381.71
				223.65		223.65		223.65	
			127.78		127.78		127.78		127.78
			70.32		69.63		69.63		69.63
		37.93		34.37		34.37		34.37	
	20.17		17.55		12.97		12.97		12.97
	10.61	8.97		6.85		6.32		5.16	
		4.55		3.50		2.98		2.05	
			1.74		1.37		0.82		0.00
				0.62		0.32		0.00	
					0.13		0.00		0.00
						0.00		0.00	
							0.00		0.00
								0.00	
									0.00
									0.00
									0.00
									0.00
									0.00

圖 72: 說明含有等待期和次優執行行為看漲期權的 ESO Toolkit 結果

## 含有等待期、次優執行行為、封鎖期和離職率的美式雇員股票期權

圖 73 中的例子將離職率這個因素融入到我們的分析之中（使用的示例檔：含有等待期、次優執行行為、封鎖期和離職率的雇員股票期權）。這意味著如果期權處於等待期之外，當股票價格超過高於次優執行乘數和行權價格的乘積這個閾值，期權會被立刻執行。如果期權處於等待期之外但是沒有超過該閾值，那麼只有當等待期外離職事件出現時才執行期權，否則就保持期權開放。這意味著中間步驟是這些發生事件的概率加權平均值。最後，當雇員在等待期離職，那麼這些期權就失效了，這裏我們使用的是等待期中離職率。在本例中，我們假定了前後兩個離職率是一樣的，這樣我們可以利用 ESO Toolkit 檢驗所得的結果（圖 74）。在其他一些案例中，可以假定不同的離職率。

Figure 73 - 单资产 Super Lattice Solver

文件 (F) 帮助 (H)

注释 Employee Stock Option with vesting period, suboptimal exercise behavior and forfeiture rates.

期权类型

美式  欧式  百慕大式  自定义

基本输入

标的资产的现值 (\$) 100 无风险利率 (%) 5.5

行权价格 (\$) 100 红利 (%) 4

期限 (年) 10 波动率 (%) 45

网格步数 100 \* 所有的输入变量都是以年来计算的

封鎖期步数和等待期(用于自定义百慕大期权)

0-39

示例: 1, 2, 10-20, 35

期末节点公式(期满时的期权值)

Max(Asset-Cost,0)

示例: Max(Asset - Cost, 0)

自定义公式

期中节点公式(期满之前的期权值)

IF(Asset>=Suboptimal\*Cost,Max(Asset-Cost,0),IF(Asset<Suboptimal\*Cost,(ForfeiturePost\*DT\*Max(Asset-Cost,0)+(1-ForfeiturePost\*DT)

示例: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

期中节点公式(封鎖期和等待期内)

(1-ForfeiturePre\*DT)\*OptionOpen

示例: OptionOpen

自定义变量

变量名称	值	起始步数
Suboptimal	1.8	0
ForfeiturePost	0.1	0
ForfeiturePre	0.1	0
DT	0.1	0

基准

	看涨期权	看跌期权
Black-Scholes	37.45	28.11
闭合的美式期权结果	43.20	36.50
二叉树欧式期权结果	37.44	28.11
二叉树美式期权结果	43.33	36.74

计算结果

自定义期权: 26.1821

创建审核工作簿

运行 (R)

圖 73: 解釋含有等待期，離職率，次優執行行為和封閉期看漲期權的 SLS 結果

## Customized American Option

**Assumptions**

Stock Price (\$)	\$100.00
Strike Price (\$)	\$100.00
Maturity in Years (.)	10.00
Risk-free Rate (%)	5.50%
Dividends (%)	4.00%
Volatility (%)	45.00%
Suboptimal Exercise Multiple (.)	1.80
Vesting in Years (.)	4.00
Forfeiture Rate (%)	10.00%

**Results**

Generalized Black-Scholes	\$37.45
100-Step Super Lattice	\$26.18
Super Lattice Steps	100 Steps

**Additional Assumptions**

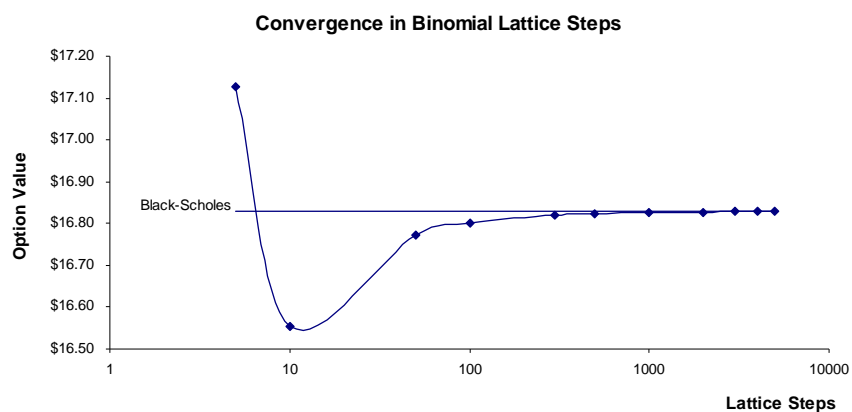
Year	Volatility %	Year	Risk-free %
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%
10.00	45.00%	10.00	5.50%

*Please be aware that by applying multiple changing volatilities over time, a non-recombining lattice is required, which increases the computation time significantly. In addition, only smaller lattice steps may be computed. When many volatilities over time and many lattice steps are required, use Monte Carlo simulation on the volatilities and run the Basic or Advanced Custom Option module instead. For additional steps, use the ESO Function.*

圖 74: 說明含有等待期，離職率，次優執行行為和封閉期的 ESO 工具包結果

## 附錄 A：網格收斂

網格步數越大，所得的結果越精確。圖 A1 中是一個利用 BSM 閉合模型解決的不考慮紅利率的歐式看漲期權的收斂結果，將其與基本的二叉網格對比一下。收斂一般在 500 到 1000 期的時候達到。由於產生結果所需步數很大，我們用軟體來實現了該演算法。例如，一個 1000 步的不重合的二叉網格共有  $2 \times 10301$  結點的計算過程，所以如果不使用專門的演算法，筆算根本是不可能實現的。圖 A1 中還展示了不同步數二叉網格的結果，並展示了一個使用 Black-Scholes 模型計算的簡單歐式看漲期權的收斂結果。



Black-Scholes 結果：	12.336 美元
5-步二叉網格：	12.795 美元
10-步二叉網格：	12.093 美元
20-步二叉網格：	12.213 美元
50-步二叉網格：	12.287 美元
100-步二叉網格：	12.313 美元
1000-步二叉網格：	12.336 美元

圖 A1: 閉合期權的二叉網格收斂結果



## 附錄 B：波動率估計

在期權模型中，我們有幾種方法可以用於估計波動率。最常見和最有效的方式有：

- 對數現金流收益法或對數股票價格收益法：主要用於計算流動資產和可買賣資產的波動率，例如金融期權中的股票。有時也用於油價和電價這類可買賣資產。這種方法的缺點在於有小部分現金流可能會誇大波動率，並且當出現負現金流時，不能使用此模型。這種方法的優點在於其計算方便，透明和建模的靈活性。此外，不需要進行類比就可以得到波動率的估計值。
- 對數現值收益法：主要用於計算會產生現金流的資產的波動率，一個典型的應用就是在實物期權中。這種方法的缺陷在於為了得到單一的波動率必須進行模擬，而且不能應用於那麼高流動的資產，例如股票價格。這種方法的優勢在於其調整某些負現金流的能力，在分析上比對數現金流收益法更嚴密，在分析資產的時候提供更精確和更保守的波動率估計值。
- 一般自回歸移動平均模型 (GARCH)：主要用於計算流動資產和可買賣資產的波動率，例如金融期權中的股票。有時也用於油價和電價這類可買賣資產。缺陷是需要大量資料，高級計量經濟學建模技術，並且這種方法對使用者的處理很敏感。其優勢在於其嚴密的統計學分析為我們找到了最佳擬合波動率曲線，提供不同的波動率估計值。
- 管理假設和猜想：可同時適用於金融期權和實物期權。缺陷在於波動率的估計值非常不可靠，僅憑主觀猜測。其優勢在於其簡單性——這種方法可以很容易的向管理者陳述波動率的概念——執行和解釋都很簡單。
- 可比市場代理或指數：主要用於比較流動性和非流動性資產，在可比較市場，部門或行業資料可獲得的情況下。其缺陷在於有時很難找到合適的比較公司，結果會受到主觀挑選或排除某些公司的操作的影響。優點在於其便於使用。

### 波動率估計（對數現金流收益/股票價格收益法）

對數現金流收益法或對數股票價格收益法是利用個別未來現金流估計，可比現金流估計，歷史價格等生成相應的對數相關收益率來計算波動率，如圖 B1 所示。從一系列的預測未來現金流或歷史價格入手，將其轉換為相應的收益。然後計算這些相關收益的自然對數。這些自然對數收益的標準差就是現金流的週期波動率。圖 B1 中的樣本資料所計算出的週期波動率為 25.58%。這個數值還必須被轉換為按年計算的。

不管採用何種方法，在實物期權或金融期權分析中使用的週期波動率必須是按年計算的波動率。根據使用的週期現金流或股票價格，可以利用公式  $\sigma\sqrt{P}$  將計算出的波動率轉換成按年計算的，這裏的 P 代表年數， $\sigma$  是週期波動率。例如，假設根據月現金流資料計算出的波動率為 10%，那麼按年計算的波動率就為  $10\%\sqrt{12} = 35\%$ 。同樣的，對日資料來說，P 為 365（或是 250 個交易日，而不是日曆日），對季度資料來說，P 為 4，對於半年資料來說，P 為 2，對於年度資料來說，P 就為 1。

注意圖 B1 中的收益數要少於週期總數。也就是說，從 0 期到第 5 期，一共存在六個現金流，但是只有 5 個現金流相關收益。當估計流動性資產和經常買賣資產——歷史股票價格，歷史油價和電價時這種方法很有效——但是在計算標的資產會產生現金流的實物期權時，這種方法就失效了。這是因為為了得到有效的結果，需要許多資料，在類比實物期權時，利用 DCF 模型產生的現金流只能位於第 5 到第 10 期。相反地，有大量的歷史股票價格或油價可以被下載和分析。對於小的資料集，這種方法會高估波動率。

時間	現金流	現金流相關收益率	現金流相關收益率的自然對數 (X)
0	\$100	-	-
1	\$125	\$125/\$100= 1.25	ln(\$125/\$100) = 0.2231
2	\$95	\$95/\$125 = 0.76	ln(\$95/\$125) = -0.2744
3	\$105	\$105/\$95 = 1.11	ln(\$105/\$95) = 0.1001
4	\$155	\$155/\$105= 1.48	ln(\$155/\$105) = 0.3895
5	\$146	\$146/\$155= 0.94	ln(\$146/\$155) = -0.0598

圖 B1: 對數現金流收益法

波動率估計值的計算公式為：

$$volatility = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 25.58\%$$

N 代表收益率 X 的期數， $\bar{x}$  是 X 的平均值。

為了進一步解釋這種方法的使用，圖 B2 中是從雅虎網站金融板塊上下載的微軟公司的股票價格，這是一個免費的公共資源。可以通過裝載案例檔夾跟隨我們一起操作這個例子：開始/程式/實物期權定價/Real Option SLS/波動率估計，選擇工作表中的對數現金流法。圖 B2 中 A 列到 G 列中的資料可以從雅虎網上下載。單格 I3 中的公式  $LN(G3/G4)$  是用於計算相關每週收益率的自然對數值，對整列進行該操作。單格 J3 中的公式  $STDEV(I3:I54)*SQRT(52)$  計算的是年（通過乘以一年中星期總數的平方根）波動率（通過取 2004 年 52 個星期資料的標準差）。然後將單格 J3 中的公式複製到整列來計算年波動率的移動視窗。本例中使用的波動率是 52 周移動視窗的平均值，涉及了兩年的資料。也就是說，單格 L8 的公式為  $AVERAGE(J3:J54)$ ，單格 J54 的公式為： $STDEV(I54:I105)*SQRT(52)$ ，那麼 105 行代表的就是 2003 年 1 月了。這意味著 52 周的移動視窗描述了過去兩年內的平均波動率，那些稀少但是劇烈波動的部分不能決定波動率的計算。當然，我們還應該計算出中位波動率。如果中位元偏離平均值的幅度很大，那麼波動率就是有偏的，我們應該使用中位值，否則，我們就應該使用平均值。最後，這 52 個波動率要被輸入 Monte Carlo 仿真 Risk Simulator 軟體，就可以計算出波動率了。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Downloaded Weekly Historical Stock Prices of Microsoft							Volatility Computations					
2	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Adj. Close*	LN Relative Returns	Moving Average Volatilities				
3	27-Dec-04	27.01	27.10	26.68	26.72	52388840	26.64	-0.0108	17.87%				
4	20-Dec-04	27.01	27.17	26.78	27.01	77413174	26.93	0.0019	17.84%				
5	13-Dec-04	27.10	27.40	26.80	26.96	108628300	26.88	-0.0045	17.85%				
6	6-Dec-04	27.10	27.44	26.91	27.08	83312720	27.00	-0.0055	18.00%				
7	29-Nov-04	26.64	27.44	26.61	27.23	83103200	27.15	0.0235	18.13%				
8	22-Nov-04	26.75	26.82	26.10	26.60	61834599	26.52	-0.0098	18.03%	Average		21.89%	
9	15-Nov-04	27.34	27.50	26.84	26.86	75375960	26.78	-0.0011	18.10%	Median		22.30%	
10	8-Nov-04	29.18	30.20	29.13	29.97	109385736	26.81	0.0223	18.20%				
11	1-Nov-04	28.16	29.36	27.96	29.31	85044019	26.22	0.0468	18.28%				
12	25-Oct-04	27.67	28.54	27.55	27.97	70791679	25.02	0.0084	17.71%				
13	18-Oct-04	28.07	28.89	27.58	27.74	74671318	24.81	-0.0092	17.80%				
14	11-Oct-04	28.20	28.27	27.80	27.99	48396360	25.04	0.0000	19.68%				
15	4-Oct-04	28.44	28.59	27.97	27.99	52998320	25.04	-0.0091	19.69%				
16	27-Sep-04	27.17	28.32	27.04	28.25	61783760	25.27	0.0346	19.68%				
17	20-Sep-04	27.44	27.74	27.07	27.29	59162520	24.41	-0.0082	19.62%				
18	13-Sep-04	27.53	27.57	26.74	27.51	51599880	24.61	0.0008	20.52%				
19	7-Sep-04	27.29	27.51	27.14	27.49	51935175	24.59	0.0139	21.30%				
20	30-Aug-04	27.30	27.68	26.85	27.11	45125980	24.25	-0.0127	21.25%				
21	23-Aug-04	27.27	27.67	27.09	27.46	40526880	24.56	0.0123	22.29%				
22	16-Aug-04	27.03	27.50	26.89	27.20	52571740	24.26	0.0066	22.29%				
23	9-Aug-04	27.26	27.75	26.86	27.02	51244080	24.10	-0.0041	22.42%				
24	2-Aug-04	28.27	28.55	27.06	27.14	56739100	24.20	-0.0488	22.42%				
25	26-Jul-04	28.36	28.81	28.13	28.49	65555220	25.41	0.0163	21.97%				
26	19-Jul-04	27.62	29.89	27.60	28.03	114579322	25.00	0.0198	22.11%				
27	12-Jul-04	27.67	28.36	27.25	27.48	57970740	24.51	-0.0138	22.02%				
28	6-Jul-04	28.32	28.33	27.55	27.86	61197249	24.85	-0.0250	22.04%				
29	28-Jun-04	28.60	28.84	28.17	28.57	66214339	25.48	0.0000	22.07%				
30	21-Jun-04	28.22	28.66	27.81	28.57	82202478	25.48	0.0079	22.30%				
31	14-Jun-04	26.55	28.50	26.53	28.35	97727643	25.28	0.0574	22.48%				

圖 B2: 計算微軟公司 1 年期的年波動率

當然這種方法有優點也有缺點。這種方法執行很方便，不需要利用蒙特卡羅仿真獲得單點波動率估計值。這種方法在數學上很有效，被廣泛用於金融資產的波動率估計。但是，對於實物期權分析，有幾點需要重點注意的地方。當某些階段出現負現金流時，相關收益率會出現負值，負值是不存在自然對數的。因此，此時的波動率就不能捕捉可能存在的低端的現金流，產生錯誤的結果。此外，自相關的現金流（利用時間序列預測方法估計）或是按一個靜態增長率增長的現金流會得到錯誤的波動率估計值。這些情況尤其需要引起我們的注意。這個缺陷在那些諸如歷史股票價格和油價電價這樣只取正值的大資料集裏可以避免。

圖 B2 中顯示這種方法非常適用於擁有很多歷史資料的流動性和可買賣資產的計算。這種方法之所以不適用於實物期權分析中的現金流波動率的計算是因為資料的缺乏。例如以下這個年現金流：100, 200, 300, 400, 500，其波動率為 20.08%，與 100, 200, 400, 800, 1600 這個年現金流比較，其波動率為 0%，而 100, 200, 100, 200, 100, 200 這個現金流的波動率為 75.93%。所有這些現金流看起來都非常確定的，但是得到不同的波動率。此外，第三組負自相關現金流的波動性實際上應該比較小（因為其迴圈的特徵，總是回復到一個基礎水準），但是計算出的波動率卻很高。第二組現金流看起來比第一組的風險更大，因為波動的更加劇烈，但是其波動率卻為 0%。因此，對於小的資料集應用這種方法時要十分小心。

當應用到股票價格和非負的歷史資料時，這種方法就是簡單有效的。但是，如果應用於實物期權資產，其折現現金流很可能取負值，計算結果就會出現錯誤（例如，負值是不存在對數的）。但是，可以採取一定的方式來避免這種錯誤。第一種方法就是上升的折現現金流模型，從自由現金流到淨收入，到營業收入（EBITDA 扣除利息、稅項、折舊及攤銷前盈利），甚至上對收益和價格也進行提升，此時所有的值就都為正數了。如果採用這種方式，那麼必須注意為了具有可比性，其他的期權和項目也必須這樣建模。同時，當某一變數的波動率，風險和不確定性高於資產負債表的帳上專案時，這種方法也被證明是正當的。例如，決定石油天然氣公司成敗的關鍵因素就是油價（價格）和生產率（數量），兩者相乘就是收益。此

外，如果折現現金流裏的其他項目都按照固定的一個比例（例如，營業費用占收益的 25% 或是 EBITDA 占收益的 10% 等等），那麼我們唯一感興趣的地方就是收益的波動率了。事實上，如果比例保持不變，波動率的計算是一樣的（例如，\$100, \$200, \$300, \$400, \$500 的收益，EBITDA 占 10% 即為 \$10, \$20, \$30, \$40, \$50，計算出的波動率為 20.08%）。最後，我們將石油天然氣的例子更深入一步分析，假定在這個折現現金流收益線下不存在其他的市場風險，計算此時的收益波動率仍就是正當的，因為這個公司可能擁有國際業務，其稅率水準和金融杠杠都不同（不同的融資方式）。波動率只能應用於市場風險，而不能應用於個體風險（的財物總監在獲取國外貸款方面具有多強的談判能力，或是的會計師在創造合法免稅方面有多精明）。

現在應該瞭解了用這種方法計算波動率的技巧了，我們現在需要解釋的是為什麼我們還要這樣做！僅僅懂得技巧還不足以判斷或解釋為什麼我們這樣來分析問題。因此，讓我們來看看基本的步驟，解釋其背後的原理。

步驟 1：搜集相關資料，決定週期和期限。可以使用預測的金融資料（DCF 模型中的現金流），可比資料（可比市場資料，例如部門指數和行業平均值），或是歷史資料（股票價格，或是油價和電價）。考慮到資料的週期和期限。在使用預測和可比較資料時，您的選擇受到可獲得的資料或是已模型的限制，一般是年度，季度或是月度資料，而且一般是在一定的時間範圍內。當使用歷史資料時，您的選擇更加豐富。一般來說，日資料的隨機波動性和白噪音都太大，會對波動率的計算產生不利影響。月度，季度和年度歷史資料太寬泛，時間序列資料固有的波動性會被消除，如果可以獲得的話，最佳的週期是周資料。在資料庫裏，所有的當天的，當周的波動都被消除了，但是固有的每週的波動卻仍就存在。歷史資料的期限也非常重要。特殊時間階段尤其需要關注（例如，互聯網泡沫，全球衰退，經濟不景氣，恐怖襲擊）。也就是說，如果這些是可能再次發生的真實事件，因此它們是商業活動中不可避免的系統風險，而不是外露的風險？在上述圖 B2 中，我們是使用了一個 2 年的週期。很明顯，如果期權的期限是三年的話，那麼就應該考慮 3 年的週期，除非得不到資料，或是某些特殊事件讓我們不能使用太早期的資料。

步驟 2：計算相對收益。在幾何平均數中我們使用相對收益，在算術平均數中我們使用的是絕對收益。為了進一步解釋，我們可以假設以 100 美元的價格購買了一個資產或股票。保留了一段時期然後它的價值增加了一倍，為 200 美元，這意味著的絕對收益為 100%。變得貪婪，決定再多持有一段時間，然後賣掉獲得資本收益。下個階段資產的價值又下降到 100 美元，這意味著損失了一半的價值，或是絕對收益為 -50%。的股票經紀人打電話告訴在兩階段的平均收益為 25%（100% 和 -50% 的算術平均值為 25%）！開始時擁有 100 美元，最後還是 100 美元。很明顯沒有獲得 25% 的收益。因此，當出現波動時，算術平均數會誇大平均值——在股票市場或是實物期權項目中波動是很常見的，否則在波動率很低的情況下，期權就沒有存在的價值了，也就沒有必要進行期權分析了。採用幾何平均數來計算收益可能是一種更好的方式。計算過程如下，可以清楚地看到在幾何平均數的計算之中包含了相對收益的計算。意思就是，如果價格從 100 美元上升到 200 美元，那麼相對收益為 2.0，絕對收益為 100%；或是當價格從 100 美元下降到 90 美元時，相對收益為 0.9（任何小於 1.0 的數都代表著損失），絕對收益為 -10%。因此，為了避免計算過程中的誇大，我們在步驟 2 中使用相對收益。

$$\text{Geometric Average} = \sqrt[\text{PERIODS}]{\left(\frac{\text{Period 1 End Value}}{\text{Period 1 Start Value}}\right) \left(\frac{\text{Period 2 End Value}}{\text{Period 2 Start Value}}\right) \dots \left(\frac{\text{Period n End Value}}{\text{Period n Start Value}}\right)} = \sqrt[2]{\left(\frac{200}{100}\right) \left(\frac{100}{200}\right)} = 1.0$$

### 幾何平均數

步驟 3：計算相對收益的自然對數。為什麼使用自然對數呢，我們有兩個理由。第一是為了對應按指數規律的布朗運動隨機過程。回顧布朗運動的方程為：

$$\frac{\delta S}{S} = e^{\mu(\delta t) + \sigma \epsilon \sqrt{\delta t}}$$

為了計算等式中的波動率 ( $\sigma$ ) (不考慮它是要用於仿真，網格還是閉合模型之中，因為布朗運動是這三者的基本假設)，我們需要使用自然對數。自然對數的指數可以消除以上等式中彼此之間的影响。第二，在計算幾何平均數時使用相對收益，然後相乘並以相應的期求開根。通過對自然對數進行  $n$  次根的運算，我們可以在幾何平均數的等式中減小  $n$  次根的值。這就是為什麼我們要在步驟 3 種使用自然對數的原因。

步驟 4：計算樣本標準差來得到週期波動率。我們之所以使用樣本標準差，而不是總體標準差是因為的資料集可能很小。對於比較大型的資料集，樣本標準差與總體標準差是趨同的，所以一般使用樣本標準差更加安全一些。當然下面的樣本標準差就是資料集中每一點的偏差的平均值（所有值的和除以變數  $n$ ），然後減去平均值 ( $x - \bar{x}$ )，對於小的資料集可以通過自由度來調整，高的標準差暗示出分佈比較寬泛，因此其風險性也很高。我們將每一點對平均值的偏離數平方以獲得絕對距離（否則對於對稱分佈來說，均值左邊的偏離可能與均值右邊的偏離相互抵消，得出的和可能為 0），將得出的結果取平方根，將得到的值帶回到原始的單元中。最後如果是小樣本，要將分母 ( $n-1$ ) 用自由度調節。舉個例子，假設房間裏面有三個人，我們要求這三個人隨機選擇一個數字作為他們的選擇，只要平均數為 100 美元。第一個人可以選擇任何數值，第二個人也是。但是，當輪到第三個人的時候，他或她只能選擇一個唯一值，使得平均值剛好為 100 美元。因此，房間裏的 3 個人 ( $n$ )，只有 2 個人 ( $n-1$ ) 可以自由的選擇。因此，對於小樣本空間來說，使用  $n-1$  來進行修正使得計算更加保守。這也是為什麼我們在步驟 4 中使用樣本標準差的原因。

$$volatility = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

步驟 5：計算年波動率。在期權分析中我們需要使用年波動率的原因有一個。第一其他所有的輸入變數都是按年計算的（例如，年無風險利率，年股息率，期限）。第二，如果一個 \$10，\$20，\$30 的現金流或股票價格發生在三個不同的月份，或是不同的三天，這兩種情況下的波動率非常不同。很明顯，如果的資產要番兩番，三番，是需要花費時間的，這樣的資產波動性很大。所有這些都必須以年為單位來考核。最後，布朗運動隨機等式中含有  $\sigma \sqrt{\delta t}$  項。也就是說，如果我們擁有一個 1 年期的使用 12 期網格的期權，那麼  $\delta t$  就為 1/12。如果我們使用月度資料，先計算出月波動率，將這個值作為輸入變數，那麼月波動率也將被分成 12 份。因此，我們需要首先將波動率年化（乘以 12 的平方根），將年波動率帶入到模型之中，讓模型來將波動率（乘以 1/12 的平方根）分割為月波動率。這就是我們在步驟 5 中使用年波動率的原因。

### 波動率估計（對數現值收益）

對數現值收益法將所有的未來現金估計轉換為兩部分現值之和，一個是第一階段的現值，另外一個是現階段的現值（圖 B3）。下麵是步驟。假定貼現率不變。現金流先被貼現到第 0 期，然後到第 1 期，忽略第 0 期的現金流（沉沒成本）。然後將這些值相加，然後計算以下等式的對數比率：

$$X = \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^n PVCF_i}{\sum_{i=0}^n PVCF_i} \right)$$

PVCF<sub>i</sub> 代表未來不同階段 i 現金流的現值。

這種方法更加適用於已計算出現金流並需要估計出相應波動率的真實資產和專案的實物期權。它適用於專案和資產現金流，以及資料較少時的情況。但是，這種方法需要利用 Monte Carlo 仿真來獲得波動率的估計值。這種方法降低了現金流自相關和負現金流的度量風險。

階段	現金流	0 期的現值	1 期的現值
0	\$100	$\frac{\$100}{(1+0.1)^0} = \$100.00$	
1	\$125	$\frac{\$125}{(1+0.1)^1} = \$113.64$	$\frac{\$125}{(1+0.1)^0} = \$125.00$
2	\$95	$\frac{\$95}{(1+0.1)^2} = \$78.51$	$\frac{\$95}{(1+0.1)^1} = \$86.36$
3	\$105	$\frac{\$105}{(1+0.1)^3} = \$78.89$	$\frac{\$105}{(1+0.1)^2} = \$86.78$
4	\$155	$\frac{\$155}{(1+0.1)^4} = \$105.87$	$\frac{\$155}{(1+0.1)^3} = \$116.45$
5	\$146	$\frac{\$146}{(1+0.1)^5} = \$90.65$	$\frac{\$146}{(1+0.1)^4} = \$99.72$
和		\$567.56	\$514.31

圖 B3——對數現值法

在上面的例子中，X 為  $\ln(\$514.31/\$567.56) = -0.0985$ 。利用這個中間 X 值，在折現現金流模型中運行 Monte Carlo 仿真（對單個現金流進行模擬），得到 X 的預測分佈結果。正如之前所見，X 預測分佈的樣本標準差就是實物期權分析中使用的估計波動率。**要注意只有分子被仿真，而分母是保持不變的。**

採用這種方法估計波動率的缺點是需要運行 Monte Carlo 仿真，但是計算出的波動率測量是一種單數估計，相對於對數現金流或是股票價格法來說，後者得到的是波動率的一個分佈，從而最後獲得的是實物期權計算價值的一個分佈。

這種方法的主要缺陷在於它受制於折現率的可變性。例如，我們可以這樣來擴展 X 方程：

$$X = \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^n PVCF_i}{\sum_{i=0}^n PVCF_i} \right) = \ln \left( \frac{\frac{CF_1}{(1+D)^0} + \frac{CF_2}{(1+D)^1} + \frac{CF_3}{(1+D)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+D)^{N-1}}}{\frac{CF_0}{(1+D)^0} + \frac{CF_1}{(1+D)^1} + \frac{CF_2}{(1+D)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+D)^N}} \right)$$

公式中的 D 代表折現率。這裏我們可以看出作為分子的現金流序列 CF 被多折現了一期，貼現因數也被多折現了一期。因此，僅對現金流運行 Monte Carlo 仿真與同時對現金流變數和折現率運行 Monte Carlo 仿真所得到的 X 值截然不同。這種方法的主要缺陷在於在實物期權分析中，現金流現值的可變性是決定期權價值的關鍵因素，而不是折現率的變性。這種方法的一些改進措施包括複製現金流，僅僅模擬現金流分析，從而在每次仿真試驗中，提供不同的分子值，而分母的值保持靜態不變，也就是保持折現率不變。實際上，當我們使用這種方法時，最好是將折現率設置為一個靜態的無風險利率，仿真折現現金流，得到波動率，然後再將折現率設置為其原始值。

圖 B4 解釋了如何在 Excel 表格中利用這種方法。打開案例文件夾：波動率計算，選擇對數現值法工作表。例子中是一個簡單的 DCF 模型，現金流（46 行）和執行成本（48 行）是分開計算的。之所以這麼做，有以下幾個原因。首先是為了將市場風險（收益與相關運營支出）與個體風險（執行成本）分離——當然只有當有意義的時候才分離，也有可能存在某些情況，執行成本受制於市場風險。這裏我們假設執行成本只受制於個體風險，將會以無風險利率，或是接近風險回報率的資金成本來折現，及貨幣的時間價值。市場風險現金流將會按照市場風險調整後的收益率（可以被認為是先按照貨幣的時間價值即 5% 的無風險利率來折現，然後再按照市場風險費用 10% 再次貼現，或是直接一次性折現 15%）。在第二節中我們討論過，如果不分離市場風險和個體風險的話，最終所得結果會多折現了個體風險，從而得到的 DCF 比實際上收益更大（例如，如果原來應該按照 5% 來折現的成本，現在按照 15% 來折現，那麼淨現值就會被高估了）。通過分別對這些現金流進行折現，就可以計算出現金流和執行成本的現值（單格 H9 和 H10）。那麼差值就是 NPV。從下面的 Black-Scholes 等式來看，這裏的分離也是必要的，看漲期權是某個經風險調整後的收益的現值或股票初始價格 (S) 乘以標準正態分佈 (Φ)，減去經無風險利率折現以及另一標準正態分佈 (Φ) 調整的執行成本或結算價 (X)。如果波動率 (σ) 為 0，不確定性為 0，且 Φ 為 100% (括弧中的值為無窮大，意味著標準正態分佈的值為 100% (也可以說不確定性為 0，100% 肯定)。通過分離現金流，現在可以將這些作為期權模型的輸入變數，不管其是使用 Black-Scholes 還是二叉網絡。

$$Call = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

繼續圖 B4 中的例子，利率的計算是在第 51 到 55 行。51 行代表的是 0 期的現金流現值（假定 2002 年為基準年），52 行代表第 1 期的現金流現值，忽略第 0 期的沉沒成本。這兩行在 Excel 中被計算及套用公式。應該複製並將這些值粘貼到 53 行（Excel 編輯|粘貼選中值）。然後，利用下列公式計算單格 D54 中的中間變數 X：  
 $LN(SUM(E52:H52)/SUM(D53:H53))$ 。然後利用風險模擬器來類比這個 DCF 模型，設定模型中的相關輸入假定，將中間變數 X 設置為輸出預測。X 的標準差就是週期波動率。我們需要得到年波動率，通過將這個週期波動率乘上一年週期數的平方根。

	A	C	D	E	F	G	H	I	
2	<b>Log Present Value Approach</b>								
7	Input Parameters				Results				
8									
9	Discount Rate (Cash Flow)	15.00%		Present Value (Cash Flow)		\$328.24			
10	Discount Rate (Impl. Cost)	5.00%		Present Value (Impl. Cost)		\$189.58			
11	Tax Rate	10.00%		Net Present Value		\$138.67			
12									
17		2002	2003	2004	2005	2006			
18	Revenue	\$100.00	\$200.00	\$300.00	\$400.00	\$500.00			
22	Cost of Revenue	\$40.00	\$80.00	\$120.00	\$160.00	\$200.00			
26	Gross Profit	\$60.00	\$120.00	\$180.00	\$240.00	\$300.00			
27	Operating Expenses	\$22.00	\$44.00	\$66.00	\$88.00	\$110.00			
31	Depreciation Expense	\$5.00	\$5.00	\$5.00	\$5.00	\$5.00			
35	Interest Expense	\$3.00	\$3.00	\$3.00	\$3.00	\$3.00			
39	Income Before Taxes	\$30.00	\$68.00	\$106.00	\$144.00	\$182.00			
40	Taxes	\$3.00	\$6.80	\$10.60	\$14.40	\$18.20			
41	Income After Taxes	\$27.00	\$61.20	\$95.40	\$129.60	\$163.80			
42	Non-Cash Expenses	\$12.00	\$12.00	\$12.00	\$12.00	\$12.00			
46	Cash Flow	\$39.00	\$73.20	\$107.40	\$141.60	\$175.80			
47									
48	Implementation Cost	\$25.00	\$25.00	\$50.00	\$50.00	\$75.00			
49									
50	<b>Volatility Estimates (Logarithmic PV Approach)</b>								
51	PV (0)	\$39.00	\$63.65	\$81.21	\$93.10	\$100.51			
52	PV (1)	N/A	\$73.20	\$93.39	\$107.07	\$115.59			
53	Static PV (0)	\$39.00	\$63.65	\$81.21	\$93.10	\$100.51			
54	Variable X	0.0307							
55	Volatility	Simulate!							

圖 B4: 對數現值法

現在瞭解了採用這種方法計算波動率的技巧，下面我們要解釋一下為什麼我們要做這些！僅僅只懂得技巧在證明方法是否合適以及解釋我們這樣分析的原理方面是不夠的。因此，讓我們來看看採取的步驟，解釋背後的原理：

步驟 1：計算第 0 期和第 1 期的現值並求和。一隻股票的理論價格就是其所有未來股息的現值之和（對於不派息股票，我們利用市場複製證券組合來比較），用於支付這些股息的資金來源於公司的淨收入和自由現金流。某個專案或資產的理論價值等於其所有未來自由現金流或淨收入的現值之和。因此，股票的價格與資產的價格或價值是相等的，也就是 NPV。所以，第 0 期的現值之和等於第 0 期資產的股票價格，今天的價值。第 1 期的現金流現值之和等於第 1 期的股票價格，或是未來股票價格的一個良好代替。我們用它作為代替是因為在大多數 DCF 模型之中，預測的現金流只有少量的幾個時期。因此，通過運行蒙特卡羅仿真，我們改變了所有未來的可能性，抓住了 DCF 輸入變數的不確定性。因此這個未來的股票價格對於未來的現金流來說是一個好的代替量——請記住第 1 期未來現金流的現值之和的計算中包含了 DCF 中所有的未來現金流，因此它是抓住了未來的波動性和不確定性。這就是為什麼當我們利用對數收益現值法計算波動率時要採用步驟 1 的原因。

步驟 2：計算中間變數 X。這裏的 X 變數等同於對數現金收益法中的對數相對收益率。它是未來股票價格（用第 1 期的現值之和代替）與現階段股票價格（第 0 期的現值之和）比較後的相對收益的自然對數。然後我們會將第 0 期的現值之和設置為靜態不變，因為它要作為一個基準量，根據基準量的定義，它的值是不變的。基準量可以看作是項目淨收益的 NPV，並被假定是項目淨收益值得最佳估計值。未來是不確定的，充滿波動的，因此我們類比 DCF 模型，允許分子 X 變數在類比過程中改變取值，但是保持作為基準量的分母靜止不變。



步驟 3：對模型仿真，得到度量波動率的標準差。這種方法需要對模型進行仿真。這樣做是有原因的，因為如果不對模型仿真的話，意味著在項目和資產中不存在不確定性，那麼波動率應該為 0。只有在存在不確定性的情況下才進行仿真，然後得到一個波動率的估計值。只用這個樣本標準差代表波動率的原理與對數現金收益法類似。如果在仿真過程中現金流的現值之和在正負值不斷之間波動，可以將 DCF 模型上升一個階段，使用諸如 EBITDA 和淨收益等代替變數來計算波動率。

另外一個估計波動率的方法就是當資料足夠多時，合併兩種方法。也就是說，對於一個需要估計很多現金流的 DCF 模型，計算第 0, 1, 2, 3...期的現金流現值。然後計算這些現金流現值相對收益的自然對數。然後將得到的標準差年化從而得到波動率。這種當然是一種更好的方法，因為它不需要使用蒙特卡羅類比，但是其缺點在於需要一個很長的現金流預測序列。

### GARCH 法

另一種方法叫做 GARCH 模型（一般自回歸條件異方差），可以被用來估計任何時間序列資料的波動率。GARCH 模型主要被用於金融時間序列資料的分析之中。這些波動率也可用於期權的估值，但是如要得到一個好的波動率估計所，必需的歷史資料的數量仍舊是很關鍵的。通常，要求幾百——甚至成百上千——的資料才能得到好的 GARCH 估值。此外，GARCH 的運行和解釋都比較困難，需要會熟練用計量經濟模型技巧。GARCH 是一個融合很多模型的術語，可以有很多不同的形式，如 GARCH(p,q)，這裏的 p 和 q 都要取正整數，定義了 GARCH 模型的結果和預測。

例如，一個 GARCH (1,1)模型的形式為

$$y_t = x_t \gamma + \varepsilon_t$$
$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

這裏第一個等式中的因變數( $y_t$ )是外生變數( $x_t$ )和誤差項( $\varepsilon_t$ )的函數。第二個等式估計的是第 t 期的方差(波動率的平方  $\sigma_t^2$ )，依賴於一個歷史均值( $\omega$ )，用均值殘差平方的一階滯後( $\varepsilon_{t-1}^2$ )表示的上一期波動率，以及上一期的波動率( $\sigma_{t-1}^2$ )。關於 GARCH 模型的具體建模細節超出了本書的範圍，在此不作討論。由於運行 GARCH 模型需要具備一定的計量經濟學模型知識（假設檢驗，結構圖變和誤差估計），因此一般的分析者都不會去使用。GARCH 模型存在的另一個問題在於這個模型一般不需要提供好的統計擬合。也就是說，它不能對股票市場進行預測，當然也不能預測股票未來的波動情況。圖 B5 是一個基於微軟公司歷史股票價格的 GARCH (1,2)模型。

Dependent Variable: MSFT  
 Method: ML - ARCH  
 Date: 02/25/05 Time: 00:20  
 Sample(adjusted): 3 52  
 Included observations: 50 after adjusting endpoints  
 Convergence achieved after 67 iterations  
 Bollerslev-Wooldrige robust standard errors & covariance

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	23.14431	1.301024	17.78930	0.0000
D(MSFT,1)	0.456040	0.062391	7.309364	0.0000
AR(1)	0.967490	0.027575	35.08601	0.0000
Variance Equation				
C	0.151406	0.028717	5.272435	0.0000
ARCH(1)	0.148308	0.053559	2.769061	0.0056
GARCH(1)	0.735869	0.097780	7.525790	0.0000
GARCH(2)	-0.867066	0.083186	-10.42325	0.0000
R-squared	0.898576	Mean dependent var	24.48620	
Adjusted R-squared	0.884424	S.D. dependent var	1.290867	
S.E. of regression	0.438849	Akaike info criterion	1.106641	
Sum squared resid	8.281300	Schwarz criterion	1.374324	
Log likelihood	-20.66602	F-statistic	63.49404	
Durbin-Watson stat	1.308287	Prob(F-statistic)	0.000000	
Inverted AR Roots	.97			

圖 B5: GARCH 結果

### 管理假設法

還有一種更簡單的方法就是使用管理假設法。這種方法允許管理層不經過很複雜的分析直接得到波動率的一個粗略估計值。這種方法會教育管理層什麼是波動率以及它的作用。從數學和統計學的角度來看，一個變數的寬度或風險可以通過幾個不同的同計量來描述，包括範圍，標準差( $\sigma$ )，方差，變數係數以及百分點。圖 B6 中是兩隻不同股票的歷史價格。很明顯粗線所代表的股票的波動率小於虛線那只。圖 B7 中是利用這兩隻股票的時間序列資料描繪出的概率分佈圖。儘管兩隻股票的期望值相同，但是它們的波動率也就是風險是不一樣的。X 軸代表股票價格，Y 軸代表某一具體股價出現的頻率，曲線下方的區域(兩個值之間)代表發生的概率。與第一隻股票(圖 B6 中的實線)相比，第二隻股票(圖 B6 中的虛線)範圍更寬(標準差 $\sigma^2$ 更大)。圖 B7 中 X 軸的寬度與圖 B6 中 Y 軸的寬度表示的意義是一樣的。度量寬度常用的一個變數就是標準差。因此，標準差是度量波動率的一種方式。之所以稱為波動率而不是標準差是因為波動率的計算不是來源於原始的現金流或股票價格本身，而是基於這些現金流或股票價格相對收益的自然對數。因此，波動率與通常的標準差是不一樣的。

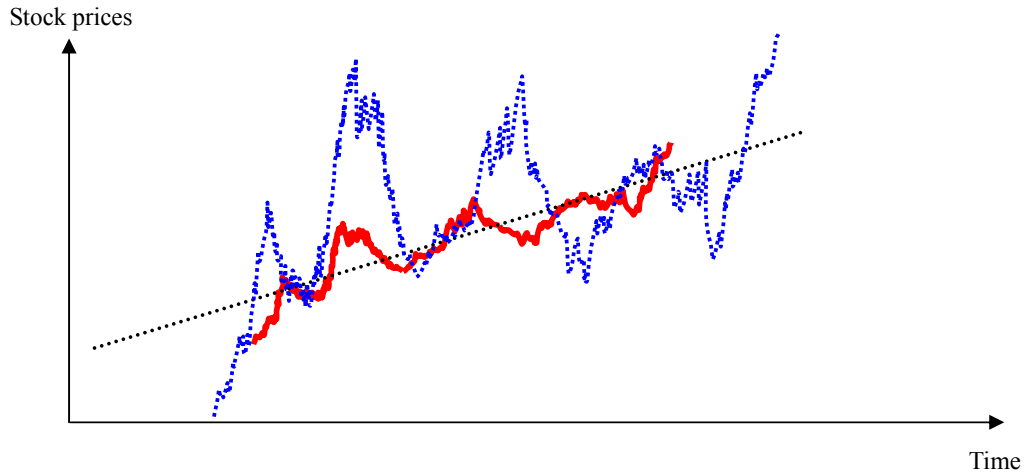


圖 B6: 波動率

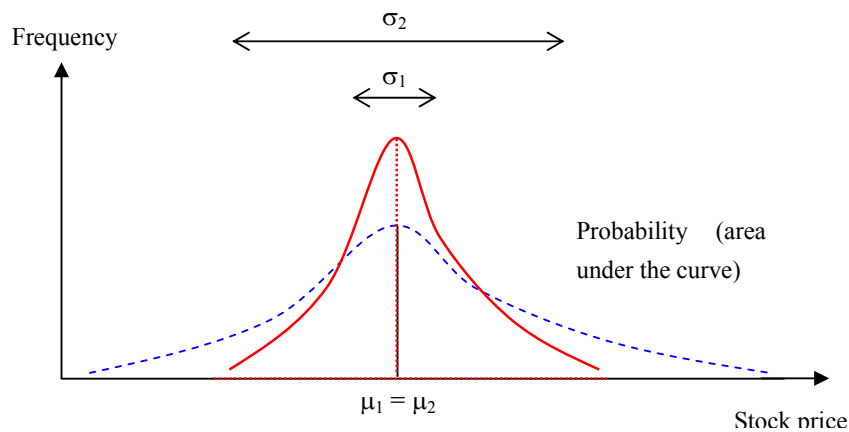


圖 B7: 標準差

但是，基於向管理層解釋波動率的目的，我們放鬆了這種術語上的不一致，在更高一個層次上，為了討論的目的，說明它們代表同一種意思。因此，我們可以對波動率的估計作一些管理上的假設。例如，從預期 NPV (均值) 出發，可以得到一個替換的 NPV 值及概率，從而得到一個波動率的近似值。舉個例子，假設某個項目的 NPV 值預期是 1 億美元。管理層進一步假設如果事情進展良好，最佳的情況下預期值可以超過 1 億 5000 萬美元，達不到這種最佳情況的概率只有 10%。圖 B8 中描述了這種情景。如果為了便於計算我們假定標的資產的價值的波動呈正態分佈，我們可以利用如下的公式來計算隱含波動率：

$$\text{Volatility} = \frac{\text{Percentile Value} - \text{Mean}}{\text{Inverse of the Percentile} \times \text{Mean}}$$

例如，在本例中，波動率的計算如下：

$$\text{Volatility} = \frac{\$150M - \$100M}{\text{Inverse}(0.90) \times \$100M} = \frac{\$50M}{1.2815 \times \$100M} = 39.02\%$$

可以利用 Excel 表格中的  $NORMSINV(0.9)$  函數來得到百分點的反轉。同樣的，如果最壞的情況發生的概率為 10%，其 NPV 為 5000 萬美元，我們計算出的波動率為：

$$Volatility = \frac{\$50M - \$100M}{Inverse(0.10) \times \$100M} = \frac{-\$50M}{-1.2815 \times \$100M} = 39.02\%$$

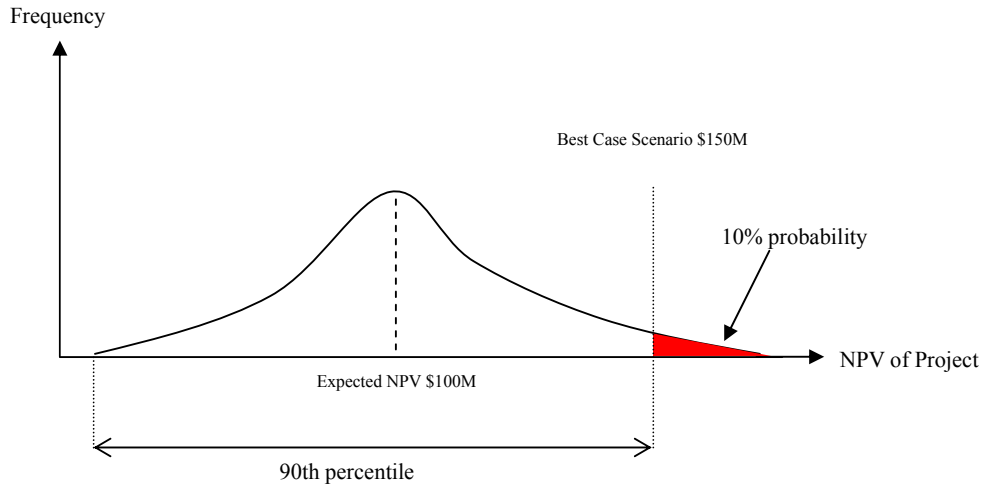


圖 B8: 波動率的概率

這顯示出波動率是一個對稱的分佈。也就是說，NPV 的期望值 1 億美元情況下，它上升到 1 億 5000 萬美元的概率為 50%，下降到 5000 萬美元的概率也為 50%。因為事先假定的分佈是正態分佈，所以對稱性是剛好吻合的。所以現在通過使用這個簡單的方法，如果得到一個波動率估計值為 39.02%，可以跟管理層解釋說這個波動率的意思就是 NPV 會超過 1 億 5000 萬美元的概率為 10%。通過這個簡單的分析，使用上面的等式將概率轉換為波動率，後者對於管理層來說更容易理解。相反的，如果在 Excel 中模擬這個過程，可以將波動率回復為概率。圖 B9 和 B10 介紹了這種方法。打開案例檔夾波動率估計，選擇從波動率到概率工作表來進行操作。

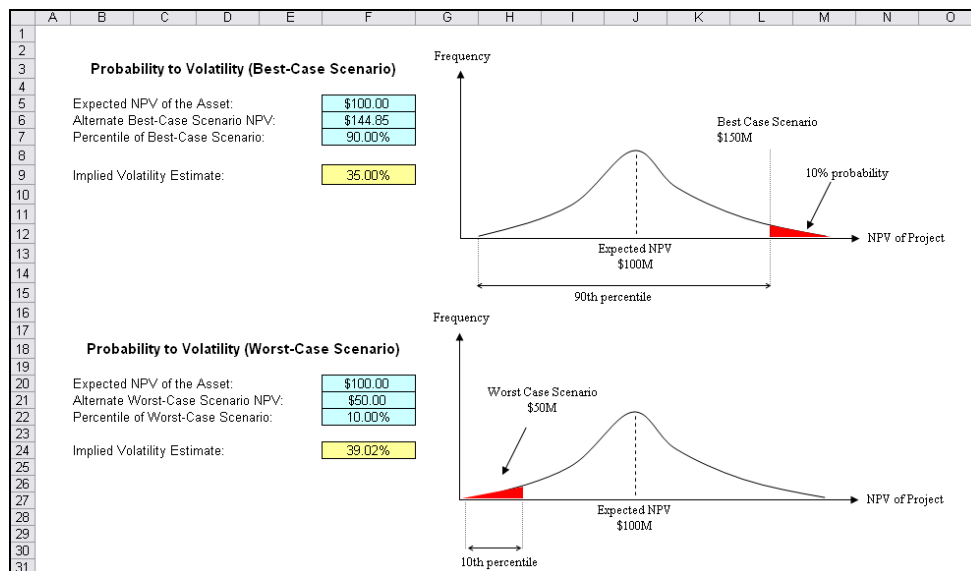


圖 B9: Excel 表中的從概率到波動率模型

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Probability to Volatility (Best-Case Scenario)	
Expected NPV of the Asset:	\$100.00
Alternate Best-Case Scenario NPV:	\$144.85
Percentile of Best-Case Scenario:	90.00%
Implied Volatility Estimate:	35.00%

Goal Seek	
Set cell:	F9
To value:	35%
By changing cell:	\$F\$6
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

圖 B10: Excel 表中的從波動率到概率模型

圖 B9 要求輸入 NPV 的期望值，可能值（最佳情景和最壞情景）以及對應的百分點。也就是說，給定一些概率和取值，可以計算出波動率。相反地，圖 B10 解釋了如何使用 Excel 的單變數函數（點擊工具|單變數）來從波動率中得出概率。例如，假設項目的預期 NPV 值為 1 億美元，波動率為 35%，這意味著在 90% 的概率情況下，NPV 的值都是小於 1 億 4485 萬美元的，只有 10% 的最佳情況下真實的 NPV 值會大於這個值。

現在瞭解了採用這種方法計算波動率的技巧，下面我們要解釋一下為什麼我們要做這些！僅僅只懂得技巧在證明方法是否合適以及解釋我們這樣分析的原理方面是不夠的。因此，讓我們來看看必需的假定，解釋其背後的原理：

假設 1：我們假定資產波動服從正態分佈。我們之所以可以這樣假設是因為高級網格最終結點一般都是正態分佈的。實際上，之前接觸過的布朗運動就要求一個標準正態分佈( $\epsilon$ )。此外，很多分佈最終都會向正態分佈收斂（隨著試驗次數的增加，一個二項分佈最後會變成正態分佈；在高中間率的情況下，泊松分佈也會變成正態分佈；在切去兩端的最大值和最小值後，三角分佈也變成了正態分佈；等等），如果用多種不同類型的分佈來類比 DCF 模型，那我們就不能確定最終 NPV 分佈的形狀和類型（例如，收益服從對數正態分佈，並隨著時間彼此呈現負相關，運營成本與收益正相關，但是假設其服從一個三角分佈，市場競爭的影響我們用一個泊松分佈來模擬，它是用一個小利率乘上服從二項分佈的技術成功概率）。從理論上我們不能確定一個對數正態分佈減去三角分佈，乘上泊松和二項分佈，再考慮它們之間的相關性之後，得到的會是什麼。相反地根據中心極限定律，我們假設最終結果服從正態分佈，尤其是在模擬中使用了大量實驗的情況下。最後我們所感興趣的是對數相對收益波動率，而不是真實現金流或股票價格的標準差。股票價格和現金流一般是對數正態分佈的（股票價格不能低於 0），但是相對收益的對數一般是服從正態分佈的。事實上，這些可以從圖 B11 和 B12 中觀察出來，微軟公司從 1986 年 3 月到 2004 年 12 月的歷史股票價格被製成了表格。

假設 2：我們假定標準差和波動率表示的意思一樣。再來看圖 B12，使用預期收益圖，計算出的均值為 0.58%，90 分位點的值為 8.06%，對應的波動率為 37%。利用下載的資料，我們計算出整個階段的經驗波動率為 36%。可以看出計算結果非常接近，因此我們可以使用這種方法向管理層彙報。這就是為什麼使用正態假設和標準差代替就已足夠的原因。

假設 3：我們使用標準正態分佈計算出了波動率。由於我們假設潛在的分佈為正態分

佈，因此可以使用標準正態分佈來計算波動率。標準正態分佈 Z 值得計算如下：

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \text{ 也就是 } \sigma = \frac{x - \mu}{Z}$$

因為我們將波動率規範表示為一個百分數( $\sigma^*$ )，我們再將這個值除以均值：

$$\sigma^* = \frac{x - \mu}{Z\mu}$$

通俗一點的表達：

$$\text{Volatility} = \frac{\text{Percentile Value} - \text{Mean}}{\text{Inverse of the Percentile} \times \text{Mean}}$$

同樣的，我們可以利用 Excel 的 NORMSINV 函數反轉百分點。

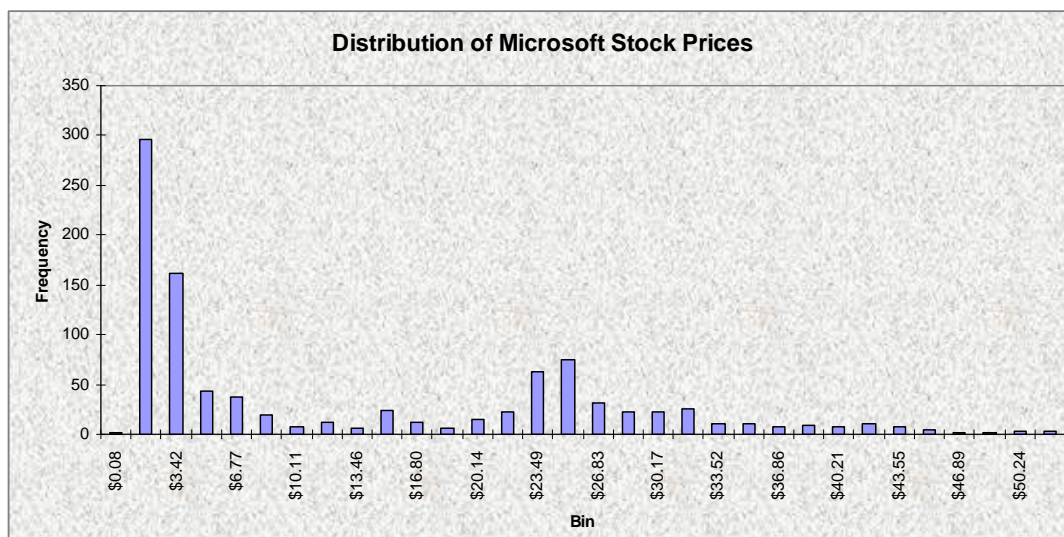


圖 B11: Microsoft 公司股票價格的概率分佈圖 (自 1986)

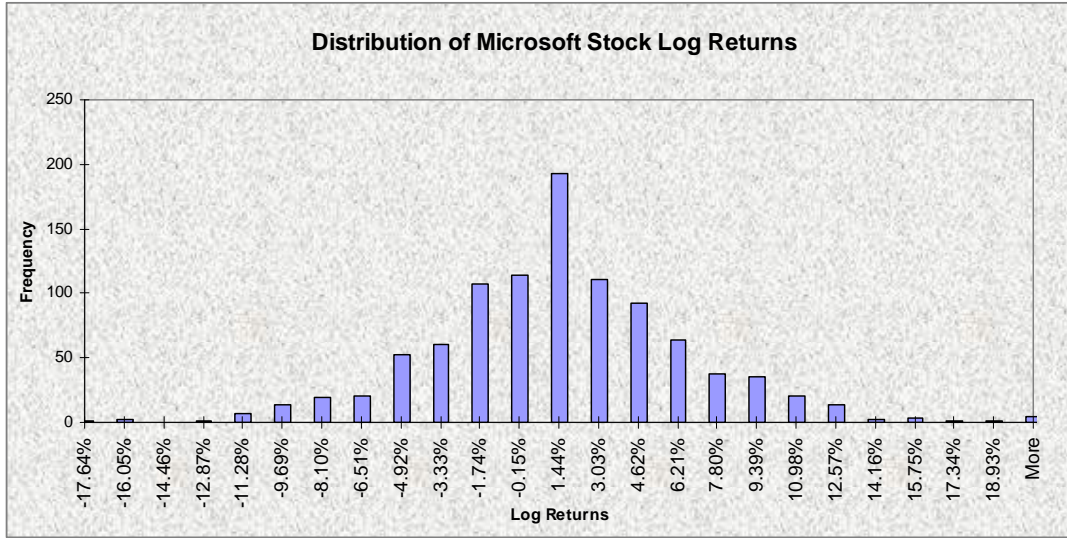


圖 B12: Microsoft 公司對數相對收益概率分佈圖

### 市場代替法

波動率估計的另一種常用方法（不必提及濫用和誤用）是利用公開可用市場資料。也就是說，在評價某個具體專案時，使用一系列市場可比公司的公開交易股票價格。這些公司與評價的項目在功能，市場，風險和地理位置方面應該存在一定的相似性。然後利用接近的股票價格，計算出相對收益標準差的自然對數。使用的方法與之前提到的現金收益對數法中的方法相同。這種方法的問題在於它要假定可比公司的內部風險與所要評價專案的內在風險是同樣的。問題在於公司的資產價格取決於投資者的相互作用，股票市場的心理狀態，以及其他許多估計項目風險時不相關的外生變數。此外，市場對某個大型上市公司的估值依賴於許多因素的相互作用和各種項目。最後，公司是經過杠杆調整的，而專案一般是沒有的。因此，在實物期權分析中使用的波動率( $\sigma_{RO}$ )應該要經過調整將杠杆效應折現，可以用波動率除去資產價格，D/E 是上市公司的資產負債率。我們得到

$$\sigma_{RO} = \frac{\sigma_{EQUITY}}{1 + \frac{D}{E}}$$

當存在市場可比較資料如部門指數或是行業指數時，就可以採用這種方法。用波動率衡量的某個專案的風險與整個行業，部門或市場相同的說法是不正確的。市場上存在很多相互作用，諸如多樣化，過度反應和可銷售性等，這些對於公司內部的一個單一項目來說是不存在的。在挑選合適的可比較物時必須十分注意，因為這種方法的主要缺陷就在於有時很難找到合適的可比較公司，所以結果會受制於主觀上包含或排除某些公司的影響。其優勢在於使用方便——使用的是行業平均值，所以基本很少或根本不需要計算。

## 附錄 C：技術公式——奇異期權公式

### Black & Scholes 期權模型——歐式

它就是著名的獲得諾貝爾獎的不派息 Black-Scholes 模型。它屬於歐式期權，即只能在到期日執行期權，不能提前執行。儘管使用起來非常簡單，但是我們在估計投入變數假設時要注意，尤其是對於很難估計的波動率。但是，Black-Scholes 模型在生成實物期權真實值的活動領域評估方面非常有效，尤其是對於通用類型的看漲和看跌期權。對於更加複雜的實物期權分析，需要使用不同種類的奇異期權。

變數的定義：

S 未來現金流的現值（\$）

X 行權價格（\$）

r 無風險利率（%）

T 期限（年）

$\sigma$  波動率（%）

$\Phi$  標準正態分佈函數

計 算

$$Call = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Put = Xe^{-rT}\Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - S\Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$



### 存在漂移（股息）的 Black & Scholes 期權模型- 歐式

它是基於 Black-Scholes 模型的一個調整，在其基礎上假定存在一個固定的紅利支付百分比  $q$ 。這可以被看作是持有期權而不是標的資產的機會成本。

變數的定義：

$S$  未來現金流的現值（\$）

$X$  行權價格（\$）

$r$  無風險利率（%）

$T$  期限（年）

$\sigma$  波動率（%）

$\Phi$  標準正態分佈函數

$q$  連續的紅利率（%）

計 算

$$Call = Se^{-qT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Put = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Se^{-qT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

## 存在未來支付的 Black & Scholes 期權模型——歐式

這裏的現金流隨時間不是均勻分佈的，所以在未來的時間內我們應該使用不同的貼現率（應該使用無風險利率），可能可以使用遠期無風險收益曲線。

變數的定義：

S 未來現金流的現值（\$）

X 行權價格（\$）

r 無風險利率（%）

T 期限（年）

$\sigma$  波動率（%）

$\Phi$  標準正態分佈函數

q 連續的紅利率（%）

$CF_i$  第 i 期的現金流

計 算

$$S^* = S - CF_1 e^{-rt_1} - CF_2 e^{-rt_2} - \dots - CF_n e^{-rt_n} = S - \sum_{i=1}^n CF_i e^{-rt_i}$$

$$Call = S^* e^{-qT} \Phi\left(\frac{\ln(S^*/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - X e^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S^*/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Put = X e^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S^*/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - S^* e^{-qT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S^*/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

### 選擇期權（基本選擇權）

這是一個在 $\tau_1 < T_2$ 條件下的簡單選擇權的收益，否則它就是無效的！此外，它還假定持有者有權利選擇看漲或是看跌期權，兩者在 $\tau_1$ 時刻的執行價和到期日 $T_2$ 是一樣的。如果涉及到不同時間段對應的價格不一樣，我們就需要一個複雜變數選擇期權了。

變數的定義：

- S 未來現金流的現值（\$）
- X 行權價格（\$）
- r 無風險利率（%）
- T 期限（年）
- $\sigma$  波動率（%）
- $\Phi$  標準正態分佈函數
- q 連續的派息率或機會成本（%）

計算

$$\begin{aligned} \text{Option Value} = & Se^{-qt_2} \Phi \left[ \frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} \right] - Se^{-qt_2} \Phi \left[ \frac{-\ln(S/X) + (q - r)T_2 - t_1\sigma^2/2}{\sigma\sqrt{t_1}} \right] \\ & - Xe^{-rt_2} \Phi \left[ \frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T_2 - \sigma\sqrt{T_2}}{\sigma\sqrt{T_2}} \right] + Xe^{-rt_2} \Phi \left[ \frac{-\ln(S/X) + (q - r)T_2 - t_1\sigma^2/2 + \sigma\sqrt{t_1}}{\sigma\sqrt{t_1}} \right] \end{aligned}$$

## 選擇期權

持有者有權在不同的時間( $T_C$  and  $T_P$ )，不同執行價格( $X_C$  and  $X_P$ )的看漲期權和看跌期權之間進行選擇。注意這些可能不能直接利用 Excel 的工作表來解決。相應地，由於使用了回歸法解決某些二元分佈和臨界值，所以需要使用程式運算。

變數的定義：

S 未來現金流的現值 (\$)

X 行權價格 (\$)

r 無風險利率 (%)

T 期限 (年)

$\sigma$  波動率 (%)

$\Phi$  標準正態分佈函數

$\Omega$  二元正態分佈函數

q 連續的紅利率 (%)

I 回歸法得出的臨界值

Z 中間變數 ( $Z_1$  和  $Z_2$ )

計算

首先，按照下列方法回歸出臨界值 I

$$0 = Ie^{-q(T_C-t)}\Phi\left[\frac{\ln(I/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)(T_C-t)}{\sigma\sqrt{T_C-t}}\right] - X_Ce^{-r(T_C-t)}\Phi\left[\frac{\ln(I/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)(T_C-t)}{\sigma\sqrt{T_C-t}} - \sigma\sqrt{T_C-t}\right] + Ie^{-q(T_P-t)}\Phi\left[\frac{-\ln(I/X_P) + (q-r-\sigma^2/2)(T_P-t)}{\sigma\sqrt{T_P-t}}\right] - X_Pe^{-r(T_P-t)}\Phi\left[\frac{-\ln(I/X_P) + (q-r-\sigma^2/2)(T_P-t)}{\sigma\sqrt{T_P-t}} + \sigma\sqrt{T_P-t}\right]$$

然後再利用所得的 I 值進行下列計算：

$$d_1 = \frac{\ln(S/I) + (r-q+\sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{and} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

$$y_1 = \frac{\ln(S/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)T_C}{\sigma\sqrt{T_C}} \quad \text{and} \quad y_2 = \frac{\ln(S/X_P) + (r-q+\sigma^2/2)T_P}{\sigma\sqrt{T_P}}$$

$$\rho_1 = \sqrt{t/T_C} \quad \text{and} \quad \rho_2 = \sqrt{t/T_P}$$

$$\begin{aligned} \text{Option Value} = & Se^{-qT_C}\Omega(d_1; y_1; \rho_1) - X_Ce^{-rT_C}\Omega(d_2; y_1 - \sigma\sqrt{T_C}; \rho_1) \\ & - Se^{-qT_P}\Omega(-d_1; -y_2; \rho_2) + X_Pe^{-rT_P}\Omega(-d_2; -y_2 + \sigma\sqrt{T_P}; \rho_2) \end{aligned}$$

## 複合期權

複合期權的價值是基於另一期權的價值。也就是說，複合期權的標的資產是另一個期權。解決這種模型也需要編程能力。

變數的定義：

$S$  未來現金流的現值（\$）

$r$  無風險利率（%）

$\sigma$  波動率（%）

$\Phi$  標準正態分佈函數

$q$  連續的紅利率（%）

$I$  回歸法得出的臨界值

$\Omega$  二元正態分佈函數

$X_1$  標的期權的執行價格(\$)

$X_2$  期權的執行價格(\$)

$t_1$  期權的到期日（年）

$T_2$  標的期權的到期日（年）

## 計算

首先，利用下列公式求出臨界  $I$  值

$$X_2 = Ie^{-q(T_2-t_1)}\Phi\left(\frac{\ln(I/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{(T_2 - t_1)}}\right) - X_1e^{-r(T_2-t_1)}\Phi\left(\frac{\ln(I/X_1) + (r - q - \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{(T_2 - t_1)}}\right)$$

採用回歸法求出上述  $I$  值，然後帶入

$$\begin{aligned} \text{Call on call} = & Se^{-qT_2}\Omega\left[\frac{\ln(S/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}}; \frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}}; \sqrt{t_1/T_2}\right] \\ & - X_1e^{-rT_2}\Omega\left[\frac{\ln(S/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} - \sigma\sqrt{T_2}; \frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}} - \sigma\sqrt{t_1}; \sqrt{t_1/T_2}\right] \\ & - X_2e^{-rt_1}\Phi\left[\frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}} - \sigma\sqrt{t_1}\right] \end{aligned}$$

## 遠期開始期權

變數的定義：

S 未來現金流的現值（\$）

X 行權價格（\$）

r 無風險利率（%）

$t_1$  遠期開始期權的開始時間（年）

$T_2$  遠期開始期權的到期日（年）

$\sigma$  波動率（%）

$\Phi$  標準正態分佈函數

q 連續的紅利率（%）

計算

$$\begin{aligned} \text{Call} &= Se^{-qt_1} e^{-q(T_2-t_1)} \Phi \left[ \frac{\ln(1/\alpha) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} \right] \\ &- Se^{-qt_1} \alpha e^{(-r)(T_2-t_1)} \Phi \left[ \frac{\ln(1/\alpha) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} - \sigma\sqrt{T_2 - t_1} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Put} &= Se^{-qt_1} \alpha e^{(-r)(T_2-t_1)} \Phi \left[ \frac{-\ln(1/\alpha) - (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} + \sigma\sqrt{T_2 - t_1} \right] \\ &- Se^{-qt_1} e^{-q(T_2-t_1)} \Phi \left[ \frac{-\ln(1/\alpha) - (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} \right] \end{aligned}$$

$\alpha$ 是一個常數乘子。

注意：如果期權以 X%開始時是虧損的，那麼 $\alpha$ 的值為 $(1 + X)$ 。如果開始時是盈利的， $\alpha$ 的值為 1.0 和 $(1 - X)$ 。

## 廣義 Black-Scholes 模型

- S 未來現金流的現值 ( \$ )
- X 行權價格 ( \$ )
- r 無風險利率 ( % )
- T 期限 ( 年 )
- $\sigma$  波動率 ( % )
- $\Phi$  標準正態分佈函數
- b 持有成本 ( % )
- q 連續的紅利率 ( % )

計算

$$Call = Se^{(b-r)T} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Put = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Se^{(b-r)T} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

注意：

- $b = 0$ : 遠期期權模型
- $b = r - q$ : 帶有紅利率的 Black-Scholes
- $b = r$ : 簡單 Black-Scholes 公式
- $b = r - r^*$ : 外幣期權模型

## 期貨期權

標的資產是一份初始價格為  $F$  的遠期或期貨合約。因此， $F$  的值是遠期或期貨合約的初始價格，用  $F$  代替  $S$ ，計算其現值。

變數的定義

$X$	行權價格 (\$)
$F$	期貨單點現金流 (\$)
$r$	無風險利率 (%)
$T$	到期日 (years)
$\sigma$	波動率(%)
$\Phi$	標準正態分佈函數
$q$	連續的紅利率 (%)

計算

$$Call = Fe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(F/X) + (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(F/X) - (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Put = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(F/X) - (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Fe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(F/X) + (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$



## 兩相關資產期權

一個期權的盈利取決於另外一個與之相關期權是否盈利。這與另一個相關四叉數模型室對偶的。

### 變數的定義

- S 未來現金流的現值（\$）
- X 行權價格（\$）
- r 無風險利率（%）
- T 期限（年）
- $\sigma$  波動率（%）
- $\Omega$  二元正態分佈函數
- $\rho$  兩資產間的相關性（%）
- $q_1$  第一個資產的連續紅利率（%）
- $q_2$  第二個資產的連續紅利率（%）

### 計算

$$Call = S_2 e^{-q_2 T} \Omega \left[ \frac{\ln(S_2 / X_2) + (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}} + \sigma_2 \sqrt{T}; \frac{\ln(S_1 / X_1) + (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}} \right] \\ + \rho \sigma_2 \sqrt{T}; \rho \\ - X_2 e^{-rT} \Omega \left[ \frac{\ln(S_2 / X_2) + (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}}; \frac{\ln(S_1 / X_1) + (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}}; \rho \right]$$

$$Put = X_2 e^{-rT} \Omega \left[ \frac{-\ln(S_2 / X_2) - (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}}; \frac{-\ln(S_1 / X_1) - (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}}; \rho \right] \\ - S_2 e^{-q_2 T} \Omega \left[ \frac{-\ln(S_2 / X_2) - (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}} - \sigma_2 \sqrt{T}; \frac{-\ln(S_1 / X_1) - (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}} \right] \\ - \rho \sigma_2 \sqrt{T}; \rho$$

## 附錄 D——快速安裝指南

本章節是針對更多高級用戶的快速安裝手冊。如果想瞭解更加詳細的安裝指南，請參看下一章節。SLS 軟體需要的最小要求為：

- Windows XP, Vista, Windows 7, and beyond
- Excel XP or Excel 2003 or Excel 2007
- .NET Framework 2.0 or later
- 管理權 (僅在安裝過程中)
- 至少 1GB 記憶體
- 80MB 自由硬體驅動空間

為了確保軟體的安裝，的系統一定要符合所有的要求：(Windows XP, Excel XP, Excel 2003 及以上版本, .NET Framework 2.0, 管理許可權, 至少 256MB 記憶體, 30MB 自由硬體驅動空間)。如果需要 NET Framework 2.0 軟體，可以從軟體安裝 CD 中找到一個檔名稱為 *dotnetfx20.exe* 的檔來安裝，或是如果沒有安裝 CD 的話，可以直接登錄網站 [www.realoptionsvaluation.com.cn/attachments/dotnetfx20.exe](http://www.realoptionsvaluation.com.cn/attachments/dotnetfx20.exe) 下載。在安裝 SLS 軟體之前，必須首先安裝好 NET Framework 2.0。注意.NET 2.0 works 與 .NET 1.1 是可以相容的，所以不必在安裝之前卸載掉另外一個。為了獲得最佳效果可以同時在的電腦裏運行這兩個版本。

下一步，可以同時使用安裝 CD 或是以下的網址：[www.realoptionsvaluation.com.cn](http://www.realoptionsvaluation.com.cn) 來安裝 SLS 軟體，點擊下載，選擇 Real Option SLS。可以選擇完全版（假設已經購買了本軟體並得到了永久的授權）或是試用版。試用版與完全版在功能是完全一樣的，不同的是它只有 10 天的有效期，如果想要繼續使用本軟體，需要得到完全的許可。按照螢幕上的提示來安裝軟體。

需要兩個授權代碼來運行 Real Options SLS，第一個就是 Real Options SLS 軟體的授權（包含單資產網格模型，多資產和多階段模型，多叉網格模型，和格子製造者工具）。第二個就是為**奇異金融期權評估者**和通過 Excel 來進入應用 SLS 函數的授權。關於如何對軟體進行授權，簡單步驟如下：

### 準備：

1. 啟動 Real Options SLS (點擊開始, 所有程式, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS)。
2. 點擊“1. Real Options SLS 授權”鏈結你將可以獲取你的**硬體 ID** (以 SLS 為首碼開始從第 12 位元到第 20 位元個之間的數字) 記錄這個資訊或者通過複製此數值，然後粘帖到發給我們的郵件中。
3. 點擊“2. Functions & Options Valuator 授權”鏈結和將**硬體 FINGERPRINT** 記錄或者複製下來 (這將是一個 8 位元的字母數位編碼)，然後粘帖到發給我們的郵件中。
4. 請通過在網站 [www.realoptionsvaluation.com](http://www.realoptionsvaluation.com) 點擊購買鏈結來購買軟體授權。
5. 請通過電子郵件將這兩個數值代碼發送到 [admin@realoptionsvaluation.com](mailto:admin@realoptionsvaluation.com)，我們將給你發送你的授權檔和授權代碼。收到後，請你使用以下步驟安裝授權。

### 安裝授權：

1. 保存 SLS 授權檔到你的硬碟的某個位置 (在你購買了軟體以後我們會將授權檔發給你)，然後啟動 Real Options SLS ( 點擊開始, 所有程式, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS )。
2. 點擊“為 Real Options SLS 進行授權”和選擇**啟動**，然後流覽我們發給你的 SLS 授權檔。將此文件導入。
3. 點擊“2. 授權功能&期權評估者”，然後輸入我們發給你的 NAME 和 KEY 組合。

## 附錄 E——詳細的安裝指南

### 第一步：檢查系統要求

步驟 1.1 檢查的系統版本是 **Windows XP, Vista, Windows 7** 或以上

步驟 1.2 檢查已經安裝了 **Excel 2003, Excel 2007** 或 **Excel 2010** 或以上

步驟 1.3 檢查已經擁有安裝軟體的管理許可權

大部分的家用電腦都有管理許可權，這樣可以繼續看步驟 1.4。但是一些公司電腦都有嚴格的 IT 政策，因此在安裝任何軟體之前，可能首先要與系統管理員或是 IT 專員聯繫。

步驟 1.4 檢查已經安裝了 **Microsoft .NET 2.0** 或以上

可以通過開始|控制面板|添加或刪除程式來檢查這一步。在安裝程式列表上尋找 Microsoft .Net Framework 2.0 看它是否已經在列表上了（圖 1）。如果在列表上沒有見到，或是只見到版本 1.1，去到第二步安裝 .NET Framework 2.0 程式。否則，如果已經安裝的話，就直接進入到第三步開始安裝 Real Option SLS。注意 1.1 版本和 2.0 版本並不是可互相替換的，兩者應該並且可以同時安裝在一台電腦上。

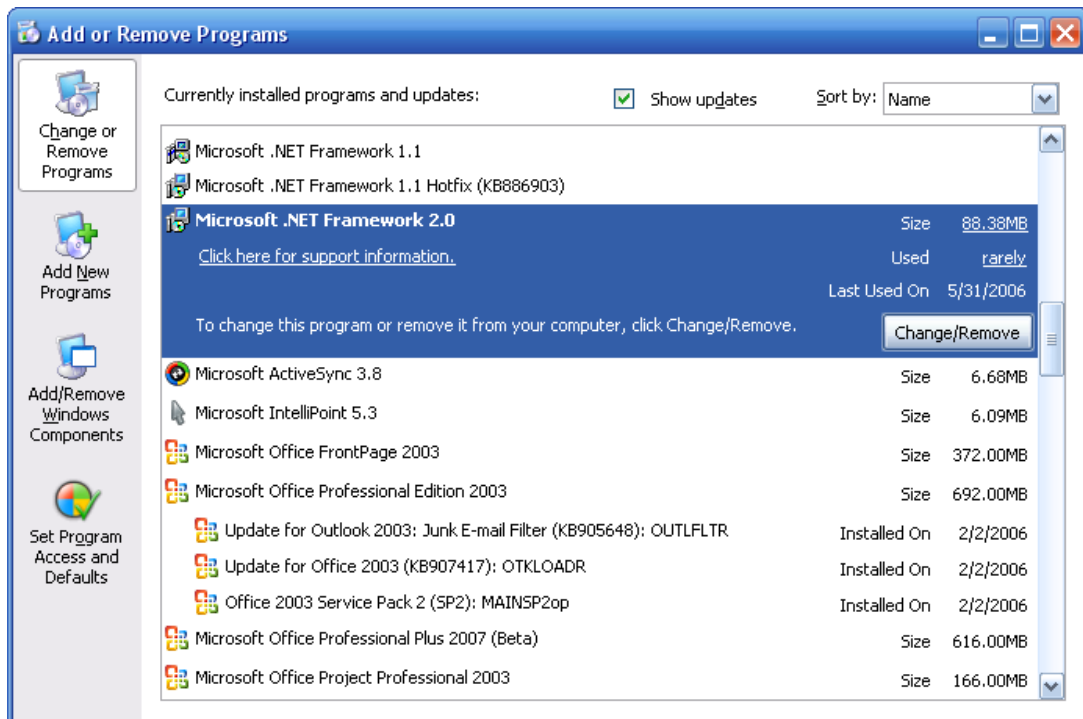


圖 1: 控制面板添加和刪除程式列表中的 Microsoft .NET Framework 2.0

### 第二步：安裝 .NET Framework 2.0

步驟 2.1 如果的電腦上還沒有安裝 .NET Framework 2.0，那麼放入安裝 CD，安裝 [dotnetfx20.exe](#) 文件。如果沒有 CD，可以直接訪問網站 [www.realoptionsvaluation.com/download](http://www.realoptionsvaluation.com/download) 下載所需的檔，找到 [SLS 2.0 Software](#) 下載部分，點擊 [Microsoft .Net Framework 2.0](#)（圖 2），點擊保存下載並安裝。

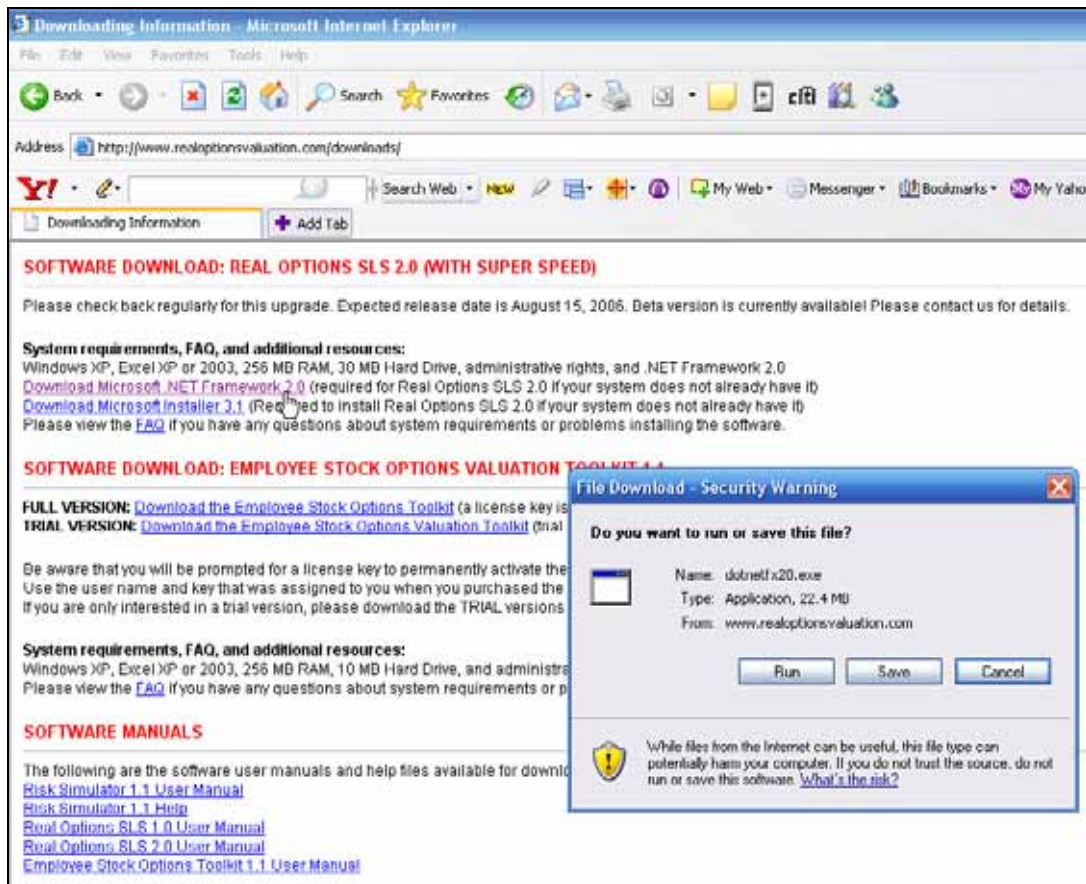


圖 2: 從 [www.realoptionsvaluation.com/downloads](http://www.realoptionsvaluation.com/downloads) 網站下載 .NET Framework 2.0  
步驟 2.2 如果下載成功，安裝檔會自動出現（圖 3）。如果沒有出現，雙擊下載，然後保存檔。

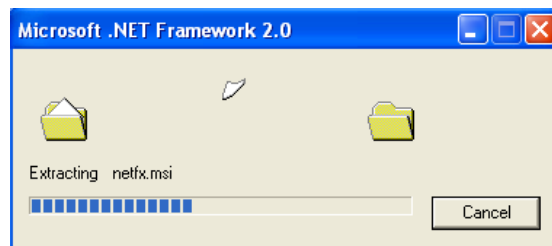


圖 3: 下載 .NET Framework 2.0  
步驟 2.3 緊接著會看到圖 4 中的歡迎介面，這就意味著可以直接點擊下一步來繼續安裝。

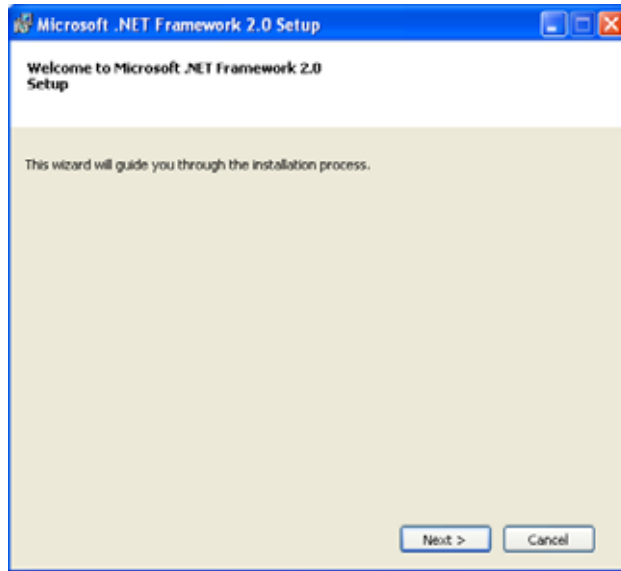


圖 4: 安裝 .NET Framework 2.0

步驟 2.4 現在應該會看到兩種可能的介面。如果看到的是圖 5 中的許可協定介面，點擊接受，繼續安裝，進入到步驟 2.6。如果看到的是圖 6 中的錯誤資訊介面，點擊退出，在進行步驟 2.6 之前先操作步驟 2.5——的系統可能缺少了某一要素，在繼續之前需要首先安裝。

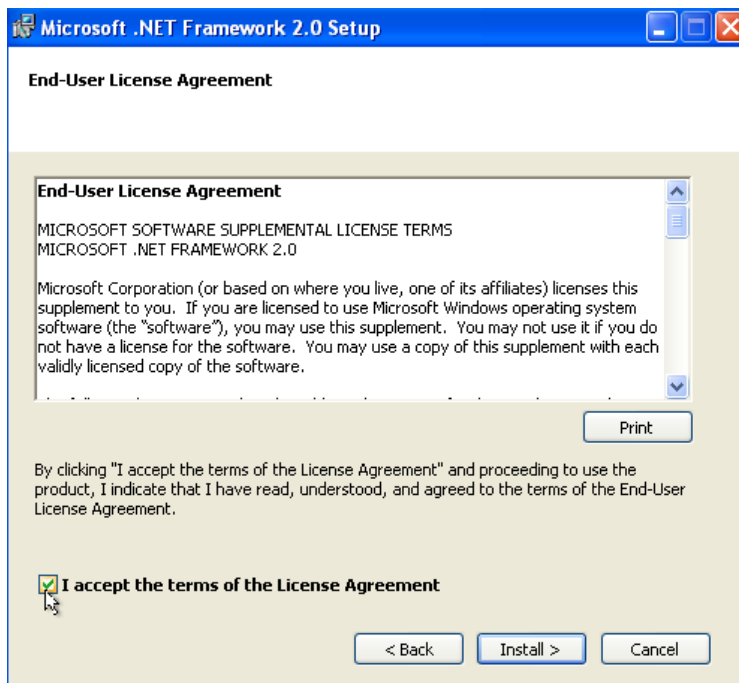


圖 5: .NET Framework 2.0 許可協議

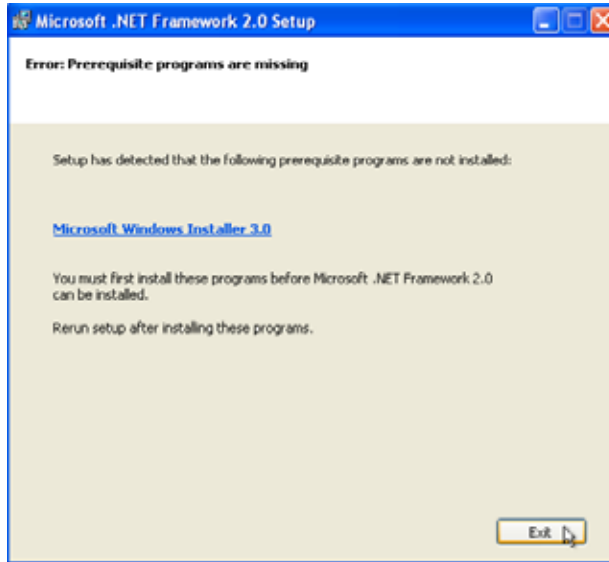


圖 6: 缺少 Microsoft 安裝 ( 點擊退出 )

步驟 2.5 如果看到的是圖 6 的錯誤資訊介面的話, 只需要完成這一步。如果確定要繼續的話, 點擊退出, 然後, 訪問網站 [www.realoptionsvaluation.com/downloads](http://www.realoptionsvaluation.com/downloads) 下載 *Microsoft Installer 3.1* 工具包 ( 見圖 7 ), 點擊運行來下載和運行檔。

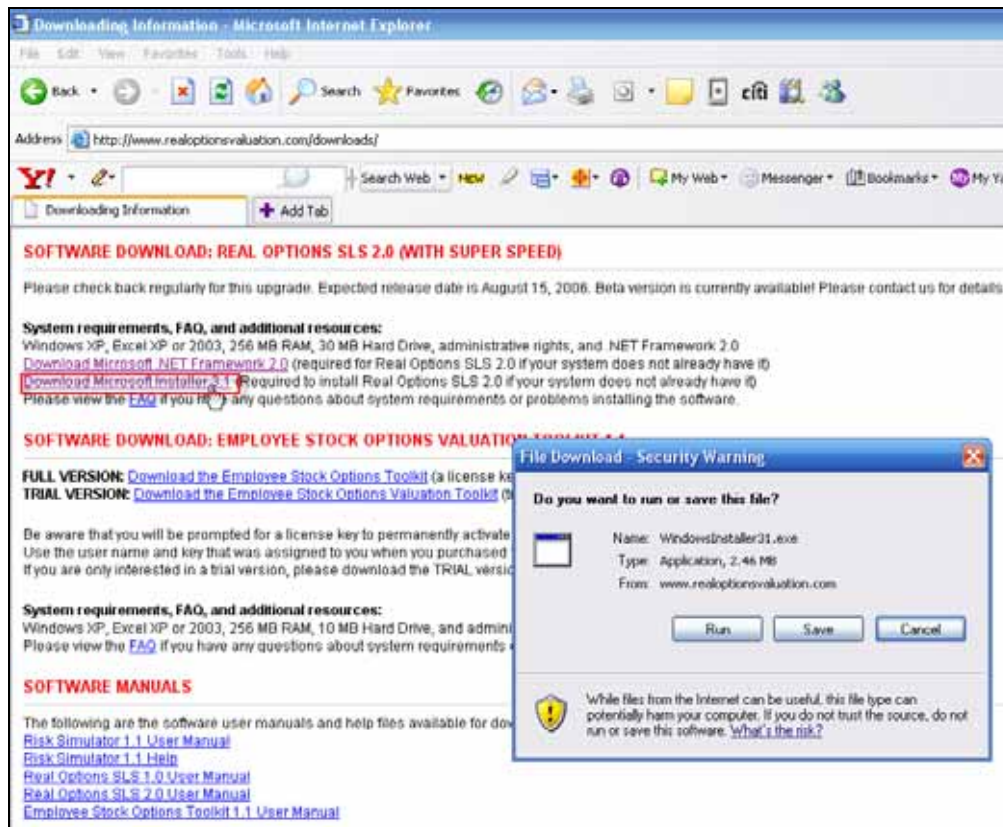


圖 7: 從網站 [www.realoptionsvaluation.com.cn/downloads](http://www.realoptionsvaluation.com.cn/downloads) 下載 Microsoft 安裝包

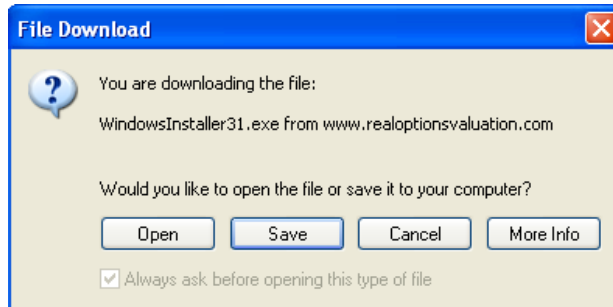


圖 8: 保存 Microsoft 安裝檔

可以保存檔或是線上打開運行檔（圖 8）。當出現提示後，點擊下一步開始安裝 Windows Installer（圖 9）。

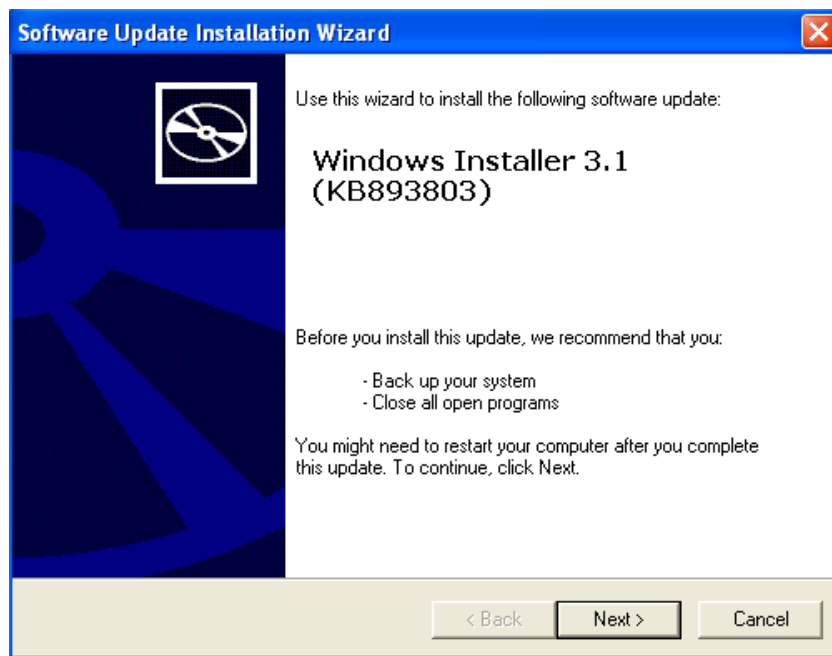


圖 9: 安裝 Windows Installer

點擊許可協議上的我同意提示（圖 10），然後點擊下一步開始安裝（圖 11）。當安裝成功之後會看到提示（圖 12）。我們建議此時將電腦重新啟動一次。重啟電腦之後回到步驟 2.1，或是雙擊運行之前下載的 *dotnetfx20.exe* .NET Framework 2.0 安裝檔繼續步驟 2.6。

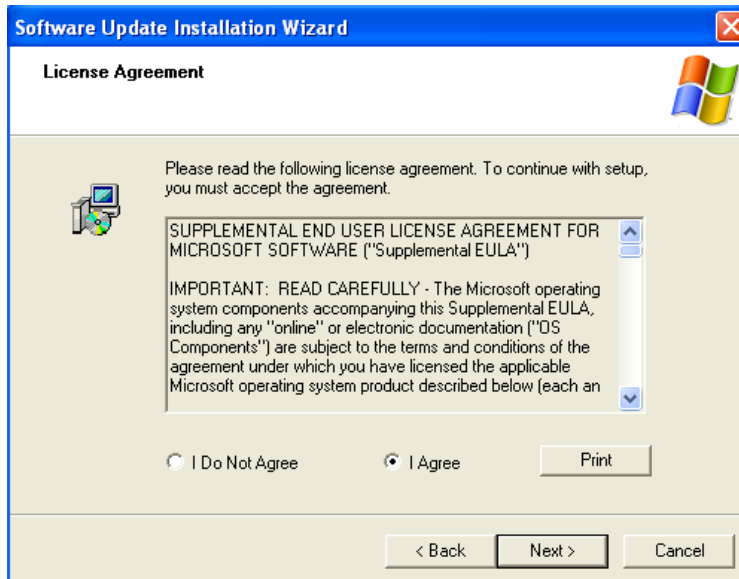


圖 10: Microsoft Installer 許可協議

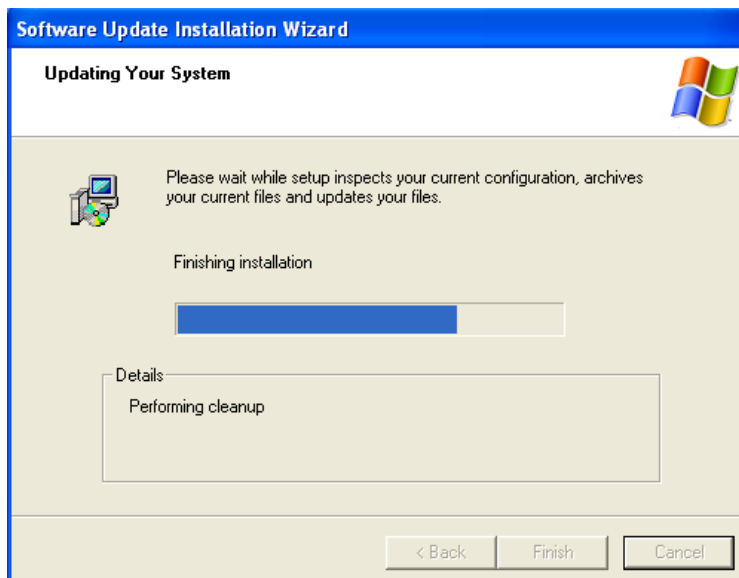


圖 11: 安裝 Microsoft Installer



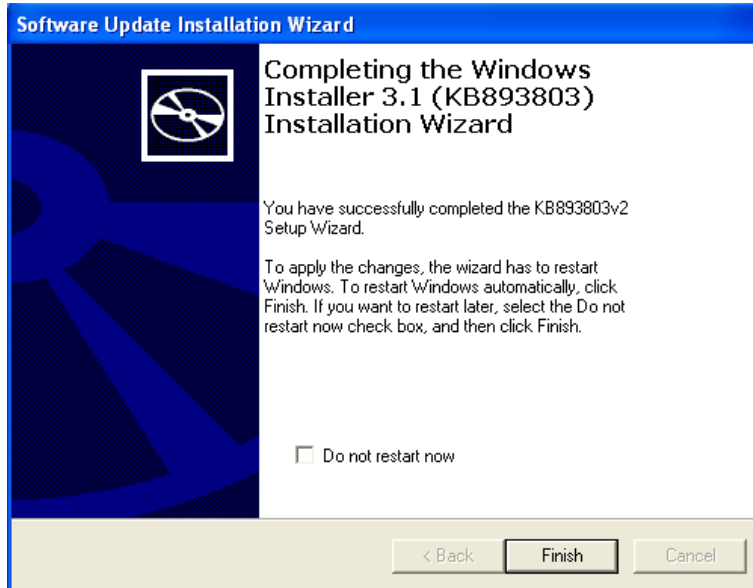


圖 12: 完成 Microsoft Installer 安裝

步驟 2.6 繼續 .NET Framework 2.0 的安裝 (圖 13) 安裝成功之後會出現提示資訊 (圖 14) 點擊完成進入到第三步。

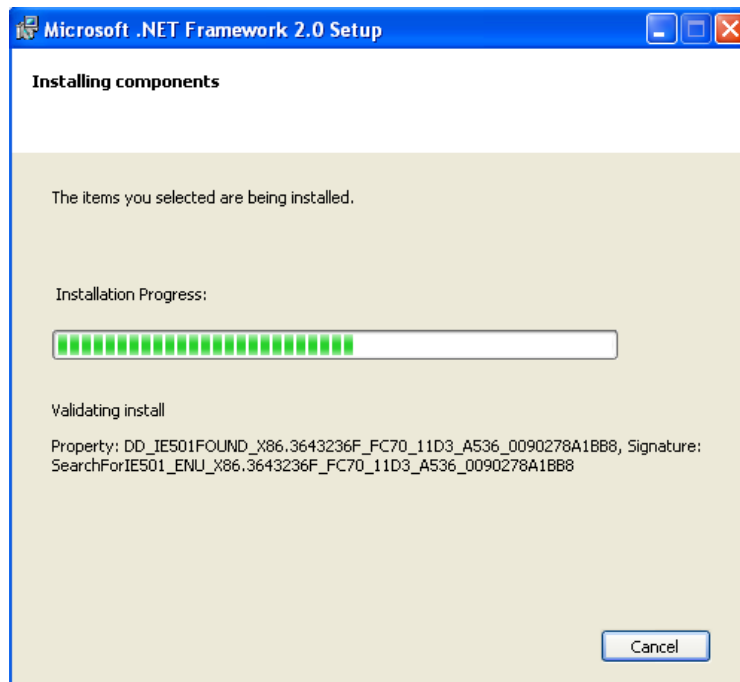


圖 13: 安裝 Microsoft .NET Framework 2.0

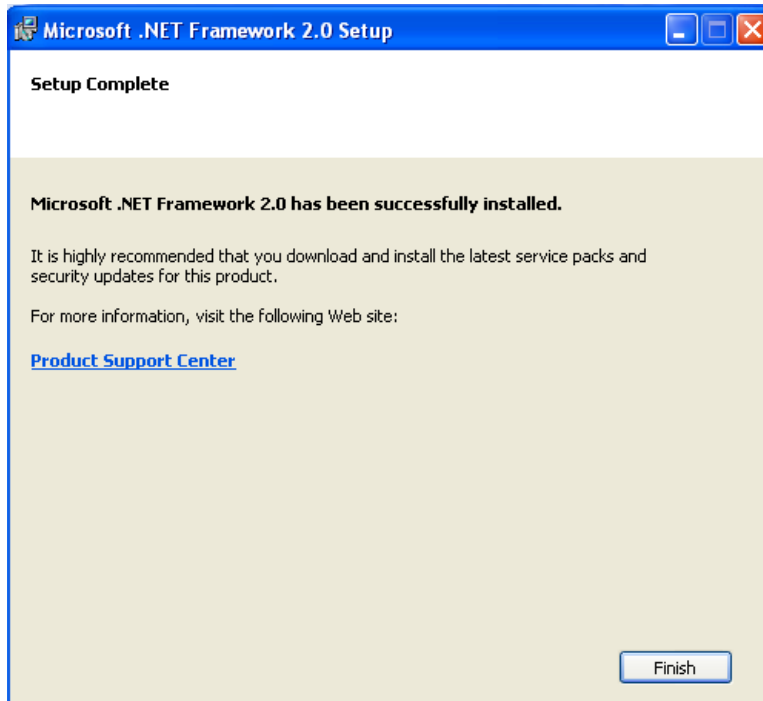


圖 14: 完成 Microsoft .NET Framework 2.0 的安裝

第三步：安裝 Real Option SLS

步驟 3.1 放入安裝 CD 或是進入下載頁面下載軟體的安裝檔（圖 15）：[www.realoptionsvaluation.com/downloads](http://www.realoptionsvaluation.com/downloads)，找到該軟體。確保下載的是 SLS 文件。如果還沒有購買本軟體，那麼請點擊試用版本，或是如果已經夠買了本軟體並獲得了相關的授權檔，可以直接點擊完全版本。

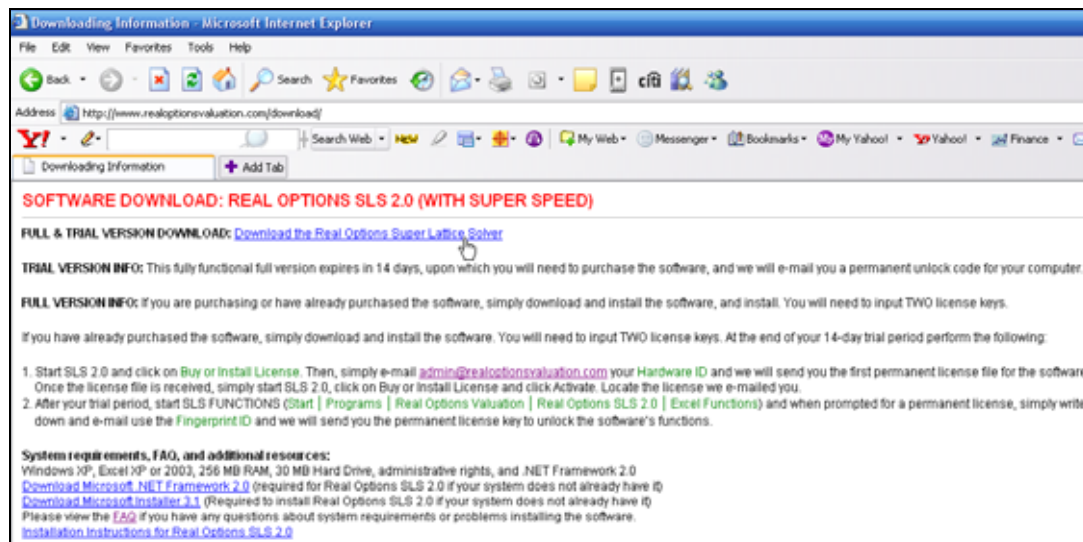


圖 15: 下載 Real Option SLS 軟體

步驟 3.2 點擊下一步（圖 16），然後繼續下一步（圖 17），保持所有默認設置（推薦），然後再下一步開始安裝過程（圖 18）。當安裝開始時要有耐心（圖 19-20）。

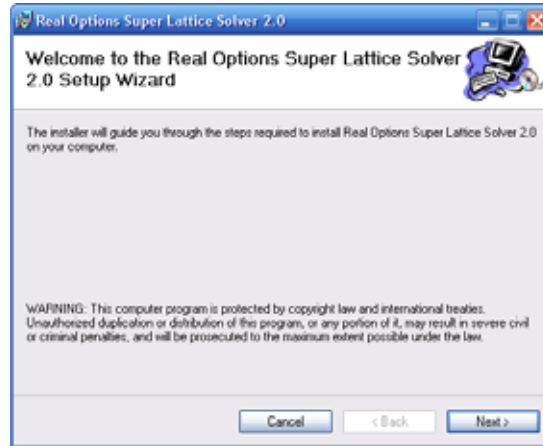


圖 16: 安裝 Real Option SLS

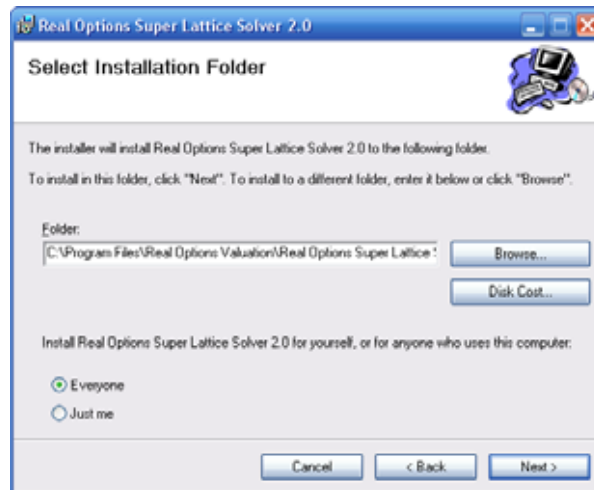


圖 17: 安裝 Real Option SLS

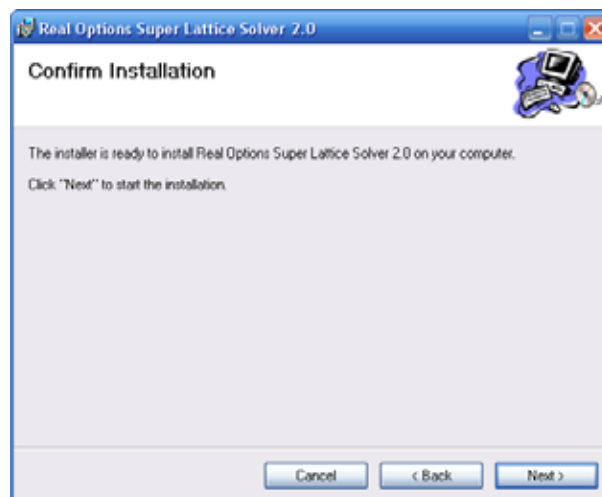


圖 18: 安裝 Real Option SLS

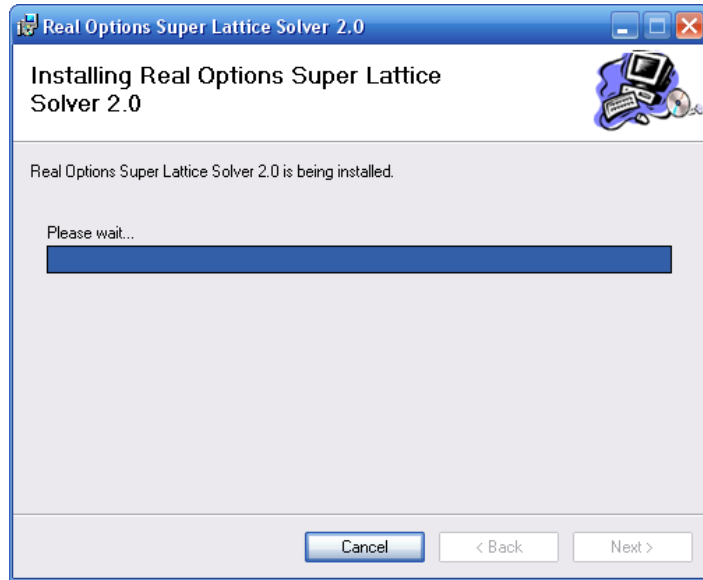


圖 19: 安裝 Real Option SLS

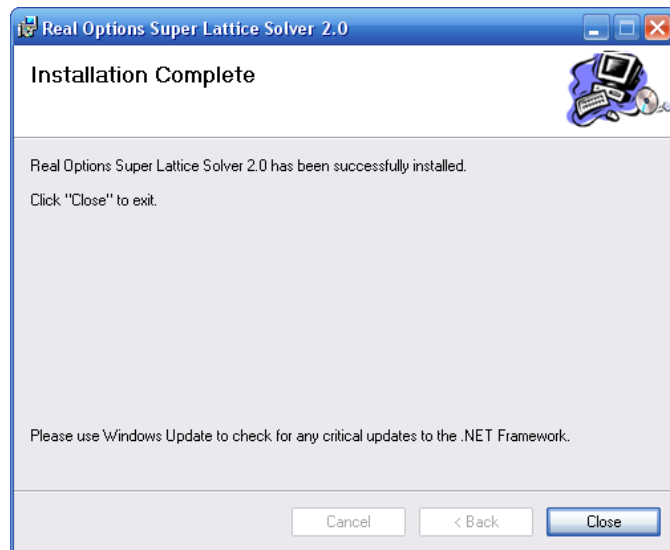


圖 20: SLS

## 附錄 F——啟動永久授權

需要兩個授權代碼來運行 Real Options SLS，第一個就是 Real Options SLS 軟體的授權（包含單資產網格模型，多資產和多階段模型，多叉網格模型，和格子製造者工具）。第二個就是為**奇異金融期權評估者**和通過 Excel 來進入應用 SLS 函數的授權。關於如何對軟體進行授權，簡單步驟如下：

### 準備：

6. 啟動 Real Options SLS (點擊開始,所有程式,Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS)。
7. 點擊“1. Real Options SLS 授權”鏈結你將可以獲取你的**硬體 ID** (以 SLS 為首碼開始從第 12 位元到第 20 位元個之間的數字) 記錄這個資訊或者通過複製此數值,然後粘帖到發給我們的郵件中。
8. 點擊“2. Functions & Options Valuator 授權”鏈結和將**硬體 FINGERPRINT** 記錄或者複製下來 (這將是一個 8 位元的字母數位編碼), 然後粘帖到發給我們的郵件中。
9. 請通過在網站 [www.realoptionsvaluation.com](http://www.realoptionsvaluation.com) 點擊購買鏈結來購買軟體授權。
10. 請通過電子郵件將這兩個數值代碼發送到 [admin@realoptionsvaluation.com](mailto:admin@realoptionsvaluation.com), 我們將給你發送你的授權檔和授權代碼。收到後, 請你使用以下步驟安裝授權。

### 安裝授權：

4. 保存 SLS 授權檔到你的硬碟的某個位置 (在你購買了軟體以後我們會將授權檔發給你), 然後啟動 Real Options SLS ( 點擊開始, 所有程式, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS )。
5. 點擊“為 Real Options SLS 進行授權”和選擇**啟動**, 然後流覽我們發給你的 SLS 授權檔。將此文件導入。  
點擊“2. 授權功能&期權評估者”, 然後輸入我們發給你的 NAME 和 KEY 組合。