

國立交通大學

管理學院（工業工程與管理學程）碩士班

碩士論文

海域油氣田開發資本投資專案之
風險評估

The Risk Evaluation for the Capital Investment Project
of Offshore Oil and Gas Field Development

研究生：余慶泉

指導教授：梁馨科 博士

中華民國九十六年八月

海域油氣田開發資本投資專案之風險評估

The Risk Evaluation for the Capital Investment Project
of Offshore Oil and Gas Field Development

研究生：余慶泉

Student : Chin-Chuan Yu

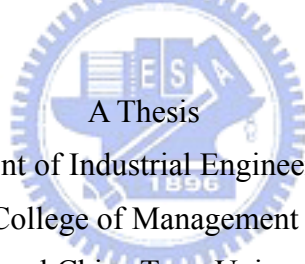
指導教授：梁馨科 博士

Advisor : Dr. Shing-Ko Liang

國立交通大學

管理學院（工業工程與管理學程）碩士班

碩士論文



A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Industrial Engineering and Management

August 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年八月

海域油氣田開發資本投資專案之風險評估

學生：余慶泉

指導教授：梁馨科 博士

國立交通大學管理學院（工業工程與管理學程）碩士班

摘 要

傳統資本投資評估方法，著重在市場機會、行銷策略及財務經濟分析。財務經濟分析上，大部份採用淨現值(Net Present Value, NPV)或內部報酬率(Internal Rate of Return, IRR)的估計方法，來表達出未來投資預期的報酬。但是，淨現值及內部報酬率所計算出來的只是單一估計值，不是一個區間的概念。投資者不能以單一數據，研判整個投資的可能風險。

本研究藉由新興風險分析工具「風險值」的應用與測試方法，建構出系統化的風險評估方法，運用在高投資及高風險之海域油氣田開發資本投資專案上。利用現金流量表結合蒙地卡羅模擬法，在某信賴水準下，模擬計算出平均淨現值(Mean NPV)、專案風險值(Project at Risk, PaR)及淨現值大於零的機率值，並透過「風險值」輔助工具「壓力測試法」，找出投資計畫主要關鍵風險變動因子。再藉由風險管理機制，尋求降低投資計畫風險措施，以確保投資決策評估能符合所預期的目標。

結果顯示，海域油氣田開發資本投資專案經系統化風險評估程序，在 95%信賴水準($1-\alpha$)下，平均淨現值是 3,582,187 千元，專案風險值是 -257,358 千元，淨現值大於零的機率值是 93.85%，整體而言是值得進行開發投資。以壓力測試法分析結果，主要關鍵風險因子為蘊藏量、氣價及投資金額。情境分析顯示最壞情況下投資報酬率為 -7.12%。

關鍵字：風險值、蒙地卡羅模擬法、壓力測試法

The Risk Evaluation for the Capital Investment Project of Offshore Oil and Gas Field Development

Student: Chin-Chuan Yu

Advisor: Dr. Shing-Ko Liang

Degree Program of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

ABSTRACT

Traditional capital investment project is assessed and planned on the market chance, marketing strategies and financial economic analysis. Most of them adopt the calculation of Net Present Value (NPV) or the Internal Rate of Returns (IRR) in financial economic analysis. NPV and IRR come out only single value, it is not the interval concept, so investors can't judge the whole possible risk.

This research is an application of the concept of Value at Risk (VaR). It is a case study about the investment in offshore oil and gas field development that utilize the cash flow statement and combine Monte Carlo simulation with confidence level concept to calculate the average NPV. The risk value of the special project (PaR) is the value with probability that NPV which greater than zero. We use the method of stress test, to find out the key risk factors of the investment project. Following the risk management, try to reduce the risk of the investment and make sure the investment can match the goal.

The result shows that a average NPV is NT\$ 3,582 million and the PaR is -257 million. The probability that NPV greater than zero is 93.85% with 95 % confidence level. Stress test shows that key risk factor are oil gas field reservoir, gas sale price and investment cost. The worst situation, IRR is minus 7.12%.

Keyword: Value at Risk, Monte Carlo Simulation, Stress Test

誌 謝

進入社會工作十餘年職業生涯中，一心嚮往有機會能進入學校繼續進修。民國 94 年終於有機會進入國立交通大學管理學院碩士在職專班工業工程與管理組就讀。兩年求學期間，在專班老師認真講授與同學互相學習討論下，讓自己擴增許多工業工程與管理領域知識，也有機會認識各行各業的同學，給我許多關懷與工作經驗分享，實現了多年的夢想。

本論文承蒙恩師梁馨科教授的悉心指導，無論在待人處事、思想觀念的啟發和研究方向的釐清，均令我受惠良多。論文寫作期間，承蒙公司長官謝副處長申章及忻組長冠白提供論文相關資料及寶貴意見。論文口試期間，感謝口試委員陳義揚及洪一薰兩位教授評審並惠賜諸多意見，使本論文更臻完備，特此致謝。

感謝研究室之學長俊霖、亮志、學姊崑慧及學弟漢武幫忙協助校稿及提供寶貴意見，使本論文順利完成。最後要感謝內人豫鳳在兩年求學期間不斷的支持與鼓勵以及對家庭無私奉獻與照顧，才能讓我專心完成學業。

余慶泉 謹誌于交大工工管系

民國 96 年 8 月

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	v
圖目錄.....	vi
一、 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍.....	4
1.4 研究架構.....	5
二、 文獻回顧.....	7
2.1 風險評估與管理.....	7
2.2 壓力測試法與應用.....	13
2.3 資本投資決策與評估方法.....	15
2.4 海域油氣田開發案.....	19
三、 研究方法.....	22
3.1 風險值評估投資決策.....	22
3.2 蒙地卡羅模擬法.....	25
3.3 壓力測試法.....	26
3.4 風險管理運用.....	28
3.5 風險評估架構與模擬.....	29
四、 個案研究.....	32
4.1 產業特性.....	33
4.2 計畫概要.....	34
4.3 財務計畫基本假設.....	38
4.4 模擬分析與結果.....	39
4.5 壓力測試分析與結果.....	50
五、 結論與建議.....	54
5.1 結論.....	54
5.2 建議.....	56
參考文獻.....	60
附錄.....	62

表目錄

表 2-1	Linsmeier&Pearson 對於風險值評價方法差異之比較.....	11
表 2-2	Giuseppe 對於風險值平價方法差異之比較.....	11
表 2-3	Jorion 對於風險值評價方法差異之比較.....	12
表 2-4	專案評估方法之決策法則與優缺點彙整表.....	18
表 2-5	各評估準則綜合比較表.....	19
表 4-1	海域油氣田開發案分項費用預估表.....	36
表 4-2	海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(99 年-102 年).....	40
表 4-3	海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(103 年-106 年).....	41
表 4-4	海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(107 年-110 年).....	42
表 4-5	淨現值計算表.....	43
表 4-6	投資報酬率計算表.....	44
表 4-7	蒙地卡羅模擬風險因子變動參數設定.....	45
表 4-8	不同信賴水下之淨現值(NPV)的專風險值與機率分配.....	47
表 4-9	不同信賴水下之投資報酬率(IRR)的專風險值與機率分配.....	49
表 4-10	各項風險因子變數敏感度分析表.....	51
表 4-11	壓力測試情境分析下專案風險值與機率分配.....	53

圖目錄

圖 1-1	研究架構流程.....	6
圖 3-1	一般投資專案風險評估方法.....	23
圖 3-2	風險值概念示意圖.....	24
圖 3-3	專案風險值概念圖及公式.....	25
圖 3-4	壓力測試執行示意圖.....	28
圖 3-5	資本投資專案系統化風險評估流程.....	30
圖 3-6	專案風險值評估程序.....	31
圖 4-1	海域油氣田開發主要作業流程.....	34
圖 4-2	海域油氣田開發地理位置.....	35
圖 4-3	海域油氣田開發案主要影響財務計畫變動因子.....	37
圖 4-4	淨現值與風險因子因果關係.....	39
圖 4-5	90 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖.....	47
圖 4-6	95 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖.....	48
圖 4-7	99 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖.....	48
圖 4-8	90 %信賴水準下，模擬投資報酬率(IRR)之常態分配機率圖.....	49
圖 4-9	95 %信賴水準下，模擬投資報酬率(IRR)之常態分配機率圖.....	49
圖 4-10	99 %信賴水準下，模擬投資報酬率(IRR)之常態分配機率圖.....	50
圖 4-11	敏感度測試法對投資報酬率測試結果.....	51
圖 4-12	影響投資效益風險變數之影響力分析.....	52
圖 4-13	95 %信賴水準下，壓力測試淨現值(NPV)之常態分配機率圖.....	53
圖 4-14	決策對話組成機制圖.....	59

一、緒論

1.1 研究背景與動機

台灣能源市場，主要是靠石油及天然氣等天然資源。由於台灣本島陸上所發現之油氣田，經多年開採已逐漸耗竭減產，而對於石油及天然氣的需求卻日益增加。依國家能源政策，為確保整個國家能源自主化及戰略考量外，有必要繼續投資探勘及開發台灣附近海域之油氣田。油氣探勘是一專門技術、風險性高、投資金額龐大，從油氣探勘成功、投資開發、到生產營運，整個計劃作業時間非常長。

投資海域油氣田開發所需面臨的內、外部風險因素相當多。內部環境方面，有油氣田蘊藏量、工程投資成本、海域生產營運成本等。外部環境方面，有油氣市場價格、市場需求、匯率變化等。這些風險因素都不易掌控，所以整個投資風險性相當高。傳統性投資決策評估方法，並無適當風險評估工具，無法得知整個投資開發案所面臨風險有多少？本研究將財務金融領域常用之「風險值」觀念，應用於資本投資專案風險評估上，透過風險值評量模型方法，估計整個投資案的風險值及可能產生的損失。藉由系統化的風險評估方法及程序，以海域油氣田開發為個案，進行資本投資專案計畫之風險評估，是本研究主要動機。

一般企業在資本投資專案規劃評估上研究多著重在分析市場機會、探討行銷策略以及投資經濟與財務可行性分析上，而風險的研究上則很少被提及。由於環境快速變化，企業內、外部演化過程也隨之加速變遷，大型投資專案的獲利評估跟以往大不相同，不確定性也大幅增加。決策者面臨高度不確定性之內外在環境，又無法充分掌握資訊時，僅能憑決策者個人主觀或經驗去判斷，而失去準確性，所以各種投資決策評估方法孕育而生。一個重大投資決策關係著公司未來是否持續發展，面對投資決策問題的不確定性，決策者對於決策評估方案的取捨以及如何做出最佳的選擇，必須有一套系統化及理性的決策模式。

投資專案計畫評估方法，可分為定量與定性方法。一般重大投資專案計畫從規劃、設計、興建到後續營運階段，整個時程少則 5 年，多則長達 10 年之久，充滿著各種不確定性因素，必須將各種風險考量進去，例如市場風險、財務風險、營運風險，甚至政治風險等。若在決策期間未將風險列入考量，所評估出來的結果常與事實結果差距甚大。再修正時可能為時已晚，造成整個投資計畫重大虧損的機會增加。

新興風險管理工具「風險值」(Value at Risk, 簡稱 VaR)的研究理論，已廣泛應用在相關之財務金融及投資組合。「風險值」擁有動態管理風險與量化風險的優點。運用統計機率分配的概念，將抽象的風險量化成具體的數據。依據量化的「風險值」數值，提供決策者選擇最佳投資方式與組合，以因應整個市場風險的衝擊。「風險值」評估方法具有標準化比較基準(將風險量化為金額表示)、模型透明及有助於風險決策等優點。單純應用「風險值」來進行風險衡量與管控，仍有不足之處，因為評估方法之機率分配取決於取樣期間樣本，而忽略一些特例事件所發生機率及特性，所以如何考慮「風險值的風險」呢？就必需借重「風險值」另一相關輔助工具「壓力測試法」(Stress Test)，來補足「風險值」應用上缺失。「壓力測試法」是透過情境設定來模擬未來市場環境，在可能最壞情況下，評估整個投資最大損失金額，以測試風險最大可忍受程度，提供投資決策者面對最壞情況下，預知可能的最大虧損及可忍受的風險程度。

1.2 研究目的

傳統資本投資決策方式有一很大的缺點，那就是評估出來的只是單純一數值表示，並不是一個信賴區間的概念，決策者往往不能從單一數據去判斷整個投資風險，所以必須結合新興風險分析工具，評估整個投資風險，藉由業界常用淨現值(Net Present Value, NPV)與內部報酬率法(Internal Rate of Returns, IRR)結合「風險值」的概念運用，利用電腦模擬方式計算出一信賴區間的平均淨現值與內部報酬率，並找出專案風險值(Project at Risk, PaR)，以專案風險值(PaR)提供決策者參考，在面臨投資決策風險問題時能做出正確的選擇。

本研究以海域油氣田開發為主題，建構以「風險值」為基礎的投資決策風險管理模式，以電腦隨機抽樣方式，經多次模擬計算後求出近似解。此方法可達到以下的效果：

- (1) 影響投資計畫決策的各因素變動情形之預估資訊，能充份納於經濟評估之分析中。
- (2) 能更正確的評估投資計畫可能獲利情形。
- (3) 可進行投資經濟的風險分析。
- (4) 透過風險值及獲利能力的顯示，提供決策者進行投資決策時，判斷經濟有效性有力憑證。

期望本研究能達到以下目的：

- (1) 建立海域油氣田開發之風險評估模型。
- (2) 建構海域油氣田開發現金流量變動影響因子之機率模型。
- (3) 利用風險評估工具蒙地卡羅模擬法，找出專案風險值(PaR)，並使用壓力測試法(Stress Test)，評估可能之最大損失金額，提供資本投資決策參考。
- (4) 風險管理之理論方法，進行海域油氣田開發風險管控與防範措施。



1.3 研究範圍

在一般企業中所稱的投資有兩種：財務投資(Financial Investment)與資本投資(Capital Investment)。財務投資(Financial Investment)，是指已發行財務金融證券類或衍生性金融商品之中、短期投資。資本投資則是指資本財之長期投資。本文所研究之範圍係針對資本財之投資。

以海域油氣田開發投資專案之風險評估作為個案研究，以現金流量作為經濟效益風險計算基準。風險變動因子的機率模型分析，主要考慮機率模型選擇及變動因子之波動性。以風險變動因子波動為例，影響因素很多：市場價格變動、製造成本與費用的變動、匯率變動等等。本文對於這些因素的變動原因不做進一步分析，僅就會影響現金流量的變動作探討。

投資決策評估準則方面，一般而言包括計量與非計量的決策準則。本文僅在投資效益計量部份進行風險評估，風險評估範圍包括有政治、環境、法規、財務、信用等風險，分為可控及不可控之風險影響因素。本文探討影響財務風險之可控經濟因素作為評估準則。



1.4 研究架構

本論文之研究架構流程如圖 1-1 來表示。共分為五章，各章內容分別敘述如下：

第一章：緒論

說明本研究之研究背景與動機、目的、研究範圍及研究架構。

第二章：文獻探討

風險值(VaR)及壓力測試法之理論與應用、資本投資決策與評估方法、風險管理及海域油氣田開發等，藉由相關文獻之探討，應用於海域油氣田開發之風險評估個案。

第三章：研究方法

結合風險值(VaR)與蒙地卡羅模擬法，以海域油氣田開發案之現金流量表為基準，在某信賴水準($1-\alpha$)下，模擬出資本投資專案之平均淨現值(Mean NPV)、平均內部報酬率(Mean IRR)，專案風險值(PaR)，淨現值(NPV)大於零的機率。

使用傳統敏感度分析法，風險因子變數以百分比方式變動時，對整個投資獲利的影響及找出主要關鍵風險因子。利用壓力測試法之情境分析，模擬極端事件發生，投資面臨可能最大損失金額。

第四章：個案研究

介紹海域油氣田開發案內容、財務計畫等基本假設及說明。以海域油氣田開發之系統化風險評估程序，建構現金流量變動影響因子之機率模型。再以蒙地卡羅模擬法，進行專案風險值(PaR)及壓力測試法(Stress Test)評估可能最大損失金額。

第五章：結論與建議

本研究是以海域油氣田開發案為主題，主要探討在 90 %、95 %及 99 %信

賴水準(1- α)下，模擬結果得出淨現值(NPV)大於0的機率值、投資報酬率(IRR)大於資金成本率的機率值及專案風險值之最大損失金額，分別量化整個投資風險。並建議以風險管理之理論方法，進行主要關鍵因子風險管控與防範。

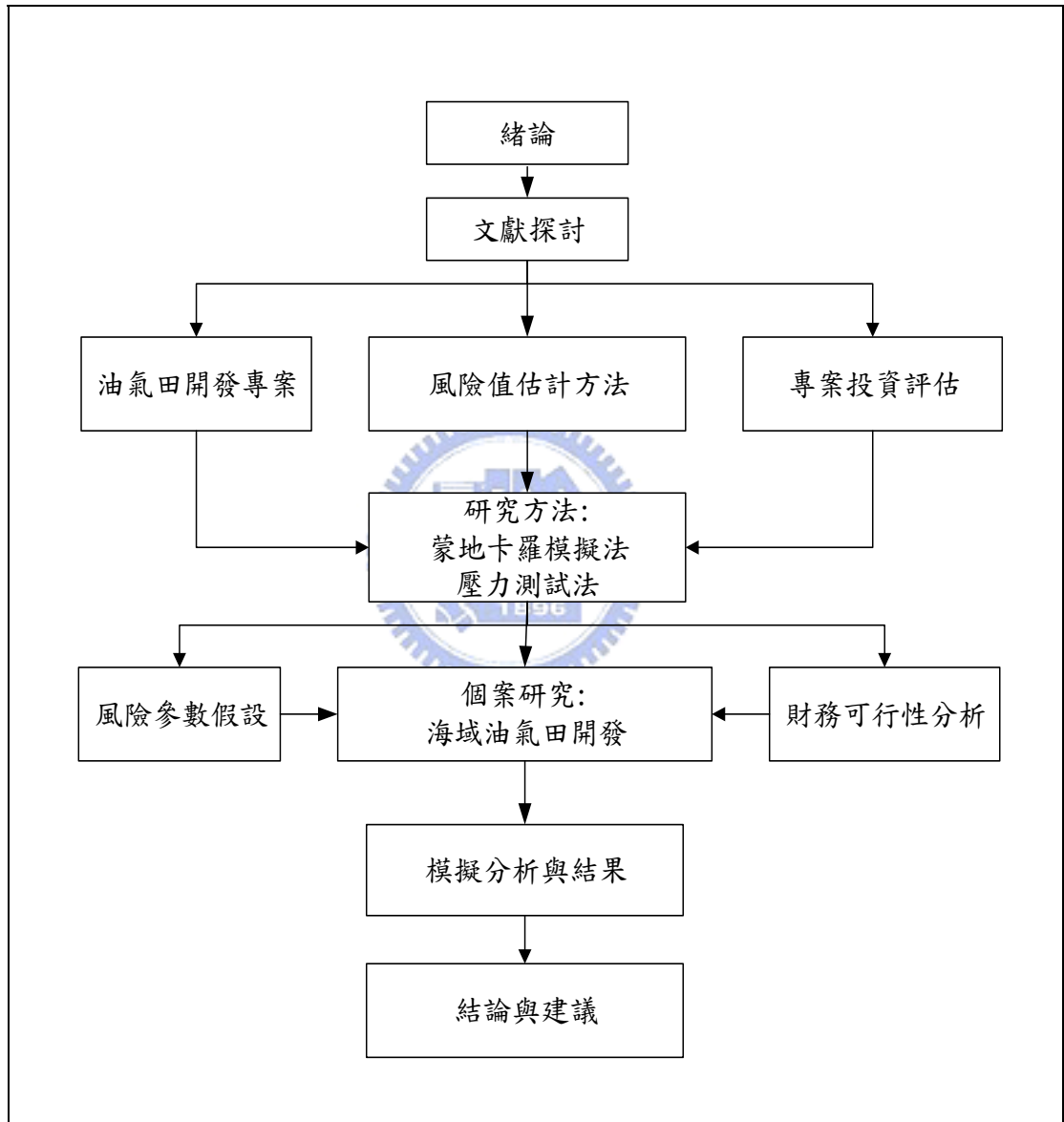


圖 1-1 研究架構流程

二、文獻回顧

由第一章研究目的導引出以下文獻回顧方向，瞭解風險評估與管理理論方法、壓力測試的理論與應用範圍、探討資本投資決策與評估方法及最後海域油氣田開發案相關文獻說明。

2.1 風險評估與管理

風險一般化定義是造成傷害破壞或損失的機率，即不希望事件發生的發生機率。Sharder-Frechette (1985) 對風險定義-事件之主觀機率與不利影響程度的綜合衡量。Hottenstein & Dean(1992) 對專案風險定義-使專案無法達成目標，可能性造成目標影響程度視為風險。

「風險」，在投資理財的世界中，可以視為對未來報酬的不確定性 (Uncertainly)，當投資人不確定其投資報酬率時便面臨著風險。Jorion(1997)的研究中將風險定義予以明確的劃分，其認為企業可能面臨的風險可劃分為三種，即經營風險(Business Risk)、策略風險(Strategic Risk)與財務風險(Financial Risk)。由於金融市場日趨複雜，種種的風險因素都威脅著企業的生存發展，故企業界及金融界普遍感受到更大的不確定性，並對風險管理更加殷切的需求。

目前企業界對於風險管理的需求，則是一種要能夠釐清各種風險因素、衡量風險暴露並加以控制風險的行為。美國、英國、國際清算銀行(Bank for International Settlements, BIS)和三十人團體(Group of Thirty, G30)，幾乎同時提倡以風險值(VaR)為測量市場風險的方法。G30 於 1993 年發佈的建議事項中，提出以風險值作為風險控制的具體方法，內文如下：

建議 5：衡量市場風險

交易商和最終使用者應根據一致性原則，每日估計衍生性金融商品的部位風險，並與市場風險限額(market risk limits)比較。

市場風險的估計方法稱為風險值(VaR)，一般係以兩個標準差的信賴區間和一天風險暴露期間的機率分析為衡量方法。市場風險的組成要素包括：價格風險(Delat)、非固定比率風險(Gamma)、變異性風險(Vega)、時間風險(Theta)、貼現率風險(Rho)及其共變數、比率等。

風險值(VaR)的定義為：「基於決策者的意思，在特定機率、特定期間內，市場變動可能產生的最大損失」。

「風險值」最早的概念是由摩根銀行(J.P. Morgan)總裁韋瑟斯通爵士(Sir Dennis Weatherstone)所提出，1994年韋瑟斯通爵士(Sir Dennis Weatherstone)要求旗下經理人於每天下午4點15分提出一頁報告，說明總行及各地分行未來24小時內的總資產風險值。同年10月，J.P. Morgan銀行發表自行發展出來計算內部風險值的方式-風險計量(Risk Metrics)，由於風險值可以投資組合架構作為評估基礎，廣泛且完整的考慮不同資產之間的價格變動相關性，及風險分散的效果，相較於巴塞爾協定的標準模式，機構內部可更準確的估計風險暴露程度，進而要求較低的資本準備，且更可提高銀行資金使用的效率，當時部份著名的銀行及券商機構開始利用「風險值」的觀念開發機構內部模式。

對於風險值的說明，以下列機構及學者的定義為代表：

- (1) J.P.Morgan (1996) 將風險值定義為一個預設的期間內，在既定的信賴水準下金融工具投資組合價值最大可能損失的衡量。所以風險值是衡量投資組合的交易部位因為相關的市場變動(例如：利率、匯率、商品價格、股價....)，經市場不利的變動而發生的可能損失的估計值。該公司並設計一套『RiskMetrics™』的計算軟體，採用變異數-共變異法作為風險值計算的依據。
- (2) Hooper,G.H. (1996) 認為風險值是投資機構於某特定期間內，在特定的信賴水準之下，投資組合可能發生的最大損失。
- (3) Jorion (1996) 對風險值定義-一個資產投資組合，在特定期間及信賴水準下，因市場價格變動，使資產市價所有可能所產生最大預期損失。Jorion對於風險值提出一套較完整的架構，他認為風險值模型基本上可分為兩大類，第一類為局部

評價法(Local Valuation)，第二類為全額評價法(Full Valuation)。

由以上定義此可知：風險值以投資組合的損益金額大小為表示單位，以機率分配中的信賴水準下定義『最壞狀況』，明確定義風險的評估期間。

Lu,et.al (2000) 運用 VaR 的概念及模擬的技術分析於專案風險值(PaR)，將 VaR 的觀念融入 NPV 的決策法則中，且發展淨現金流量期間結構來分析專案投資財務計畫。專案投資財務模型構成要素包括模擬和敏感度分析，利用模擬方法推測出淨現金流量分配和變化，當成決策標竿。一般淨現金流量期間結構可由財務模型估計，淨現金流量期間結構為隨機過程。概念上，在專案每一期間點有一淨現金流量期間結構，然而分配型態卻難以確定其數學函數式。蒙地卡羅模擬法恰好可估計淨現金流量期間結構的分配，模擬 NPV 的機率分配，量化風險值，定義為專案風險值(PaR)，所以 PaR 在經濟上的意義是衡量一個專案投資在最差的情況下，所暴露的潛在風險。

風險值(VaR)的評價方式，風險值計算有三種方式：分別為變異數-共變異數法、歷史模擬法與蒙地卡羅模擬法。

(1) 變異數-共變異數法(Variance-Covariance Approach)

變異數-共變異數法是多個方法的總稱，主要是因為這些方法在計算過程中都會使用到變異數-共變異數矩陣。J.P Morgan 一書中最著名的即為此法，此法在衡量風險值方法中算是相當簡單的方法。

變異數-共變異數法屬於有母數估算方法，其假設前提為資產報酬率為常態線性分配，計算上需要投資組合的部位權重和資產損益之間的共變異數矩陣的資訊，由於投資組合是常態變數的線性組合，因此投資組合仍為常態變數，而常態分配的兩個變數-平均數和標準差可以由歷史資料中取得，進而求出投資組合中的共變異矩陣，以及在特定機率下的一段時間中所可能產生的最大損失。

由於此法是建立在投資報酬率為常態分配的假設之下，且投資組合的報酬率和個別組成份子報酬率之間呈線性關係，故此法的風險估算僅限於線性資產，亦即投資組合的報酬與風險來源呈線性關係，若投資組合的報酬率與風險來源並

不呈現線性關係，則此法不適用。

(2) 歷史模擬法(Historical Simulation)

相較於變異數-共變異法，歷史模擬法較能夠捕捉資產損益變動的特性，歷史模擬法不做任何統計分配的假設，而是假定資產報酬過去變化狀況在未來會完全重現，故可選取過去一段時間的資產組合報酬資料，套用此歷史資料置於現在持有的投資組合比重，估計出投資組合的歷史損益分配，再依據不同的分位數求算出相對應的信賴機率水準風險值。

歷史模擬法為一種完全評估方法(Full Valuation)，也就是不需以簡化現實的模型推估風險值，或以趨近求解的觀念求近似值，此法可應用於不同型態的產品。歷史模擬法能免除因常態而引發的厚尾現象(fat tails)或是非線性投資組合價值決定的問題，但由於歷史模擬法為假設過去變化狀況會在未來重現的假設下，即此法是建立在歷史資料可以完全的反應未來的情況下，故若在資料期間未曾發生過的事件效應則無法反映在評估期間的風險值估算上。另外，歷史模擬法雖然可以避免有母數方法的模式誤差，但必須謹慎選擇歷史資料的長度，若資料期間太短，風險值估計的可信度不高，若資料期間過長，則太久以前的資料會稀釋近期資料所提供的資訊。

(3) 蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo Simulation)

歷史資料模擬法是從過去的資料來當作未來的模擬值，而蒙地卡羅模擬法則是利用隨機過程大量模擬出資產的未來價格路徑。蒙地卡羅模擬法首先假設資產的報酬符合某一行徑程序(process)，再依據所設定的價格變動行徑程序，大量模擬未來各種可能發生的情境，根據大數法則，此模擬所產生的分配會趨近於真實分配，再建構投資組合的損益分配圖，並推估其風險值。

此法是目前最能廣泛涵蓋風險模型，可以估算價格風險、波動性風險、信用風險…等，但由於此法需要大量的模擬，故極為依靠電腦處理，且較為耗時耗力，故通常在其他傳統方法無法有效計算風險值時才會使用此法。值得注意的是，蒙地卡羅模擬法有一個主要缺點在於隨機變數會有群聚現象(clustering)，因為有

些區域沒有樣本點，有些區域則樣本點過於集中，這種群聚現象浪費了觀察值，使得模擬的誤差更大，所以如果蒙地卡羅模擬的樣本點太少，其正確性是值得存疑的。

由上述所介紹計算風險值的三種方法，可知並沒有任何一種模式完全擁有各項優點，也沒有任何一種模型絕對優於或劣於另一種模型，因此在計算風險值時，並沒有哪一種方式是最好的，端視組合的內容及特性而定。

Linsmeier & Pearson (1996) 針對遠期契約，使用三種方法衡量風險值。並將風險值分類比較，如表 2-1 所示。

表 2-1 Linsmeier & Pearson 對於風險值評價方法差異之比較

	變異數-共變異法	歷史模擬法	蒙地卡羅模擬法
建立系統之難易度	易	容易	普通
計算過程是否快速	是	是	否
是否易於向高階主管解釋	否	是	否
是否易受短期異常狀況影響估計值	是	是	是
可否進行情境分析	是	否	是

資料來源：Linsmeier & Pearson (1996)

Giuseppe (2002) 認為三種計算風險值的方式，各有其優缺點，投資者可針對其需要而選擇適合的方式，對於風險值評價方法差異之比較，如表 2-2 所示。

表 2-2 Giuseppe 對於風險值評價方法差異之比較

	變異數-共變異法	歷史模擬法	蒙地卡羅模擬法
機率分配	常態分配	各種分配	實際分配
投資組合計算方式	在常態分配的前提下，計算出投資組合標準差	投資組合價值是被模擬出來的	
風險值參數	估計時間長度 T 信賴機率水準 α	最壞狀況發生的機率 P	

資料來源：Giuseppe (2002)

Jorion (1997) 認為風險值的計算基本上可分為兩大類：一以 Delta-Normal 法(變異數-共變異數之一種)為代表的局部評價法(Local Valuation)，另一以歷史模擬法、蒙地卡羅模擬法為代表的完全評價法(Fully Valuation)，對於風險值評價方法差異之比較，如表 2-3 所示。

表 2-3 Jorion 對於風險值評價方法差異之比較

		Delta-Normal 法	歷史模擬法	蒙地卡羅模擬法
投資組合	評價之部位價值	線性部位	全部	全部
	是否包含非線性資產	無	有	有
分配	歷史的(Historical)	均為常態	依實際分配	全部
	是否考慮時間的變化	有	無	有
	是否包含隱藏性波動	無	有可能	有
市場	是否為非常態分配	否	可	可
	衡量極端事件能力	有些	有些	有可能
	相關性運用	有	有	有
實際運用	可否避免模型風險	有些	可	無
	計算簡易性	有	中等	無
	資訊傳達與溝通	容易	容易	困難
	缺點	非線性極端事件	時間變化極端事件	模型風險

資料來源：Jorion (1997)

風險管理之建立，始於 1931 年美國企業管理協會的保險部門首先提倡，1957 年美國保險管理協會才開始重視風險管理的觀念，並成立教育委員會協助美國各大學推廣風險管理教育，迄今，風險管理已成為當今世界風險的專有名詞。

風險管理係指經濟個體如何整合運用有限資源，使風險所導致之損失對個體之不利衝擊降至最低的一種管理過程。其內容可分為風險辨認、風險衡量、風險處理、經濟評估與風險控制及風險稽核等五大項。

根據以上所述，本研究將專案風險管理之意義定義如下：「在內外環境不確定因素下，專案達成目標會產生不預期影響，因此必須對專案所面臨之重大不確定

因素或事件，藉由建立系統化之方法加以辨識、分析、回應及監視，以確保專案目標能夠如預期達成。」

美國專案管理協會(Project Management Institution, 2000)將專案風險回應方式分為四種，分別為風險迴避(Risk avoid)、風險移轉(Risk transfer)、風險削減(Risk mitigation)、風險接受(Risk acceptance)。

(1) 風險迴避：

即採用新的方式來迴避原有方式的風險。例如選擇新的承包商，或投資新的標的物等等。

(2) 風險轉移：

將風險轉嫁到第三者的身上，即由第三方來承擔該風險。例如將該風險投保。

(3) 風險削減：

將風險的發生的機率或是其帶來的衝擊降低。

(4) 風險接受：

即接受風險，不做任何回應，在專案規劃時就將風險預留(contingency)考慮進去，因此當風險發生時，不做其他的回應。



2.2 壓力測試法與應用

近年來有關財務金融風險衡量的基礎與模式當中，風險值(VaR)的觀念與研究，受到了相當的重視。由於風險值具備了(1)可標準化(將風險值以金額表示)，(2)模型透明，容易瞭解的觀念，(3)直接有助於風險決策等優點，故相當受財務金融界重視，未來發展仍不可限量，然而不可否認的是，單純應用風險值進行風險衡量與控管，其中仍有不足之處，或者我們可以說，如何考慮「風險值的風險」呢？本節即介紹用以補足風險值在應用時完整性的一項最重要的工具－壓力測試(Stress Test)。

壓力測試的執行方式主要是透過情境設定，再根據情境假設下可能的風險因子

變動情形，重新評估金融商品或投資組合的價值，作為檢視公司能否承擔該風險的參考，整個程序通常可分為兩大步驟，一為情境設定、另一為重新評價；基於比較基礎，通常重新評價的方式並不會有太大差異，但是情境設定方式卻有許多選擇。

風險值是考慮「損失超過某一金額」的可能性很小。這樣至少有兩個問題是值得我們在實務應用時仍須注意，首先是衡量風險值的模式仍可能有相當程度的差異，如果這模式本身產生一些重大結構的變化，完全依賴風險值的估算便可能有問題；另一個重要的問題是，即使我們已知損失大於某一金額的可能性很小，但是如果那個很小的損失一旦發生，而且發生以後的後果足以讓我們萬劫不復，無法翻身，牽涉到能否生存(survival)問題，那麼這個後果是否可以事先了解衡量，甚至預防，就變得非常重要。

壓力測試法可簡單的區分成簡單敏感度測試及情境分析兩類，簡單敏感度測試(A Simple Sensitivity Test)；是針對特定市場風險因子設計可能變化的情形，將風險因子以百分比方式變化移動，再加以分析整個損失程度。其缺點在於該法並不能幫助決策者了解該狀況發生可能成因，而且通常測試的狀況不夠廣泛。另一方法情境分析(Scenario analysis)為目前壓力測試應用主流，針對可能產生的重大危機，對於整體市場風險因子變化加以評估，至於情境分析所需的事件來源有歷史情境、假設情境兩種。

(1) 歷史情境分析：

先明確定義歷史上曾經發生過的重大壓力事件，其次將該期間市場因子的波動情形加入目前整體投資組合，然後求算整體投資組合在該事件所產生的損失金額。主要的優點是，利用歷史事件及實際風險因子波動情形，在建構風險值計算上較客觀及具說服力，此外風險因子之間的相關變化也有歷史資料作為依據，使模型所需假設降低許多；且該模式可提供管理者於設定風險限額時，依歷史事件之意義及發生可能性，配合其經驗加以評估，使決策更具說服力。

(2) 假設情境分析

儘管歷史情境有其限制，但是參考歷史事件，並另建立對於每個風險因子可能

產生的極端事件，將可使壓力測試更具完整性，假設情境為搭配許多假設性或主觀模型的設定，例如：預期可能產生的損失程度與其他風險因子相關程度的估計，通常計算的設定來自於經驗及主觀。一般來說，經過主觀設定的壓力情境，可能是目前從事壓力測試較為簡單且迅速的方式，不過情境設定嚴謹程度，可能決定該壓力測試品質的關鍵因素，因此情境設定所需經驗以及對於金融商品知識廣泛程度，將是確保壓力測試之持續和有效關鍵。

2.3 資本投資決策與評估方法

企業為實現長期策略規劃所進行的專案投資為資本投資，這些資本投資通常是長期性的投資且具有實質的生產力及經營策略上的價值，並且非經常性的企業活動，但其對於企業價值增加卻格外重要，主要在於牽涉到企業未來一系列現金流量及永續經營理念。資本投資決策對企業的意義不僅僅在於財務上的貢獻，對於企業未來發展有關鍵性影響，且在策略上的價值尤其重要。

企業的投資活動分為兩類：一是維持日常營運的經常性投資，又稱為營運資金；一是為實現長期策略規劃所進行的資本投資。一般我們常說到的專案投資，實則為一種實現長期策略規劃所進行的資本投資，本節將從「資本投資」的觀點，說明資本投資決策對企業經營的貢獻及意義。

謝劍平 (1999) 傳統資本投資決策之評估方法，將介紹以下五種投資決策之基本評估方法，包括回收期間法(Payback Years Method, PBY)、淨現值法(NPV)、內部報酬率法(IRR)、平均會計報酬率法(Average Accounting Return, AAR)及獲利能力指標法(Profitability Index Method, PI)。

資本投資決策評估技術必須符合下列條件：

- (1) 計畫存續期間之現金流量都要考慮。
- (2) 現金流量必須以資金的機會成本來折現。
- (3) 必須能夠從互斥計畫中選出使股東財務最大化的計畫。

(4) 必須能夠從所有計畫中獨立考慮某一計畫。

上述分析中只有淨現值法(NPV)符合此四條件，所以淨現值法(NPV)被公認為是傳統資本投資決策最好評估方法，其次為內部報酬率法(IRR)。

(1) 回收期間法(PBY)

回收期間法(PBY)是指企業在專案投資計畫進行初期投入成本後，預期可以收回此成本額所需之時間，亦即是當此專案投資計畫進行到特定點時，累積之淨現金流量等於其出投入成本時經歷時間。

回收期間法(PBY)以數學式表示如下：

$$\sum_{t=1}^T CF_t - CF_0 = 0 \quad (1)$$

CF_t 表示第 t 期現金量， T 表示回收時間

(2) 淨現值法(NPV)

淨現值法(NPV)是將所有現金流量以資金成本率折現，使產生現金流量之時間回到相同基期，並在相同基期比較各期淨現金流量總和與投入成本的大小，作為判斷專案投資計畫可行性之依據，若為正值($NPV > 0$)則接受專案計畫；反之，則放棄此計畫。淨現值是指各期現金流量之折現值總和減去期初投入成本之剩餘值，其更代表專案投資計畫對公司價值之直接貢獻。淨現值法是考慮貨幣時間價值之專案投資計畫評估方法，又稱為折現金流量法(Discount Cash Flow Model, DCF model)。

淨現值法(NPV)以數學式表示如下：

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} - CF_0 \quad (2)$$

CF_n 代表第 n 期現金流量， k 代表資金成本率

(3) 內部報酬率法(IRR)

內部報酬率法(IRR)是計算出一個能使專案投資計畫產生之現金流量折現值總和等於期初投入成本的折現率。IRR 的計算方式是用試誤法反覆計算而得。在觀念上，IRR 與債券的到期值利率(YTM)相似，即是將資金用在此投資計畫時，平均在每一期可獲的報酬率。

按一般成本效益原則，當投資計畫之 IRR 大於公司之資金成本(k)時，表示此計畫除滿足股東之必要報酬率外，並有剩餘報酬，應是可投資之計畫；反之，IRR < k(資金成本)，則應拒絕此投資計畫。

內部報酬率法(IRR)以數學式表示如下：

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+IRR)^n} - CF = 0 \quad (3)$$

NPV代表現金流量折現值總和, CF_n 代表第 n 期現金流量

(4) 平均會計報酬率法(ARR)

平均會計報酬率法(AAR)並沒有明確定義，一般可由平均的會計利潤除以平均的會計成本得知，如果將平均的稅後淨利除以平均帳面價值也是依會計報酬率。而應用在資本投資決策時，其定義如下：

$$\text{平均會計報酬率法 (AAR)} = \text{平均預期淨收益} / \text{平均淨投資額} \quad (4)$$

上式中，平均預期淨收益(分子)是指投資計畫平均每一期可收到之會計上稅後淨利(以扣掉折舊)；平均淨投資額(分母)是指平均分攤在每一期期初支出帳面價值，也是投資之期初支出與期末殘值的簡單平均。

(5) 獲利能力指標法(PI)

獲利能力指標法(PI)是將投資計畫在未來所產生的現金流量折現總值，除以期初投入成本所得到的比率，也可稱為成本效益比率(Benefit-cost Ratio)。PI 的意義

與 NPV 相似，因為現金流量折現總值大於期初投資成本，便會有正的 NPV，同時 PI 也會大於 1；反之，若現金流量折現總值小於期初投資成本，則 NPV < 0，同時 PI 也會小於 1。所以 PI 的判斷法則為，PI > 1，接受投資計畫；反之，則放棄此計畫。

獲利能力指標法(PI)以數學是表示如下：

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+t)^t}}{CF_0} \quad (5)$$

CF_n 代表第 n 期現金流量， k 代表資金成本率

綜合以上五種基本之傳統專案評估方法，其決策法則與優缺點彙整，如表 2-4 及各評估準則綜合比較，如表 2-5。

表 2-4 專案評估方法之決策法則與優缺點彙整表

專案評估方法	決策法則	優點	缺點
回收期間法 (PBY)	回收期間越短越好	衡量專案投資計畫「變現能力」的指標	主觀、無判斷標準、未考慮回收後之現金流量
淨現值法(NPV)	NPV > 0	考慮貨幣時間價值及所有現金流量、符合價值相加法、互斥計畫中提供正確決策	未能反映成本效益之高低
內部報酬率法 (IRR)	IRR > k(資金成本率)	考慮貨幣時間價值及所有現金流量	互斥計畫中會產生錯誤決策、「再投資報酬率」假設不合理
平均會計報酬率法(AAR)	ARR > 標準值	資訊透過會計資訊取得，可為進一步評估前之參考指標	定義模糊、非現金基礎、未考慮貨幣時間價值
獲利能力指標法(PI)	PI > 1	充分反映成本效益	無法極大化公司價值，不能反映投資計畫直接貢獻

資料來源：謝劍平 (1999)

表 2-5 各評估準則綜合比較表

資本預算評估準則	考慮時間貨幣價值	考慮所有現金流量	互斥方案評估決策	符合價值相加法則
回收期間法(PBY)	△	×	△	×
淨現值法(NPV)	○	○	○	○
內部報酬率法(IRR)	○	○	△	×
平均會計報酬率法(AAR)	×	○	△	×
獲利能力指標法(PI)	○	○	△	×

註：○：符合該條件；△：必一定符合；×：不符合該項條件。

資料來源：謝劍平 (1999)

資本投資專案評估，若是公共投資性質則需要考量其資金來自納稅人的資金成本特質（梁馨科、趙榮耀，1993）。例如台灣高鐵的投資案或國營事業之相關資本投資，就是一種公共投資（Liang, S.K., 1993）。

2.4 海域油氣田開發案

謝世雄 (1997) 油氣探勘係石油工業之上游作業，探勘涉及多方面技術，其前置資金、人員及時間投入均極為龐大，投資風險甚高。但是，一旦發現豐富的油氣蘊藏，獲利亦甚高；油氣探勘具有下列重要特性：

- (1) 技術範圍廣泛：石油探勘係利用地球物理、石油地質與地球化學等科技研判地下油氣儲積位置的活動，所運用之技術甚廣。
- (2) 風險性高：對探勘工作而言，測勘所得之資料僅能推斷地下有無可能蘊藏油氣的地質構造，至於地下構造內油氣之實際情況及數量，必須要鑽井才能知曉。目前全球油氣鑽獲率一般都低於 20%。

(3) 投資金額大：一般而言，探勘與開發的費用約占整個石油事業投資總額 40% 以上，其餘則為建煉油廠、輸油管線等設備之投資；而用於探勘上之費用約占生產成本的 10%~30%。

(4) 作業時間長：油氣探勘期約為 3-6 年，進入開發階段後，則視油氣田規模大小、陸上及海域之環境而定，一般約需 2-4 年，最長甚至達 10 年以上。

陳養愚 (1999) 海域油氣田開發之初期投資資金甚為龐大，且資金投入後即無法撤回，而初期投資佔整體開發營運成本之比例高達 60% 至 80%。一旦投資決策錯誤，致不當投入過多資金或日後無法採收到當初預期之油氣量，投資效益必然不彰，產生極高之風險，因此開發決策必須格外慎重。

根據國際慣例以及企業投資理論，凡重大的資本投資計畫均應事先作好妥善投資可行性評估，海域油氣田開發自當不例外。一般石油公司一旦探勘成功，發現具有開發潛力的海域油氣田時，就會依照油氣開發投資計畫可行性評估，針對資金籌措、開發成本、市場油氣售價至最後營收獲利等作詳細評估，以供決策參考是否具開發之價值。

海域油氣田開發不但投資金額龐大，且含有不少不確定投資風險，因此在決定開發前必須進行非常謹慎經濟效益與風險分析。海域油氣田開發和一般產業投資計畫的經濟效益分析原理相同，需按「資產投資成本」(Capital Expenditure, Capex) 及「生產操作費用」(Operation Cost, Opex) 之「支出總金額」與「稅後盈餘」(Net Income After Tax) 之比較，產生整個投資營收現金流量表，使用傳統最常用之淨現值法及內部投資報酬率法作投資決策經濟效益評估，如計算累計「淨現值」(NPV) 為正值，且內部投資報酬率優於公司資金運用成本之「資金成本率」，則投資應具有效益，否則投資之經濟效益為負值開發即不可行。

由於海域油氣田探勘成功後，因屬國家自然資源開發，在開發生產階段，由其油價高漲時期、產生開採公司獲利甚高之疑慮。所以油氣田所在海域之地主國，除了營利事業所得稅之外，尚訂有由開發生產海域油氣者負擔之特殊稅捐法令，以抑制過高的開發獲利，國外政府大都按油氣礦產品產值之約 10% 至 20% 之比例徵收

「礦產權利金」(Royalty)。在我國的「海域石油礦探採條例」與「礦業法」則規定徵收「礦區稅」和「礦產稅」。「礦業法」從第七十七條到第八十條明文規定：對所有礦源之探勘與生產分別課徵礦區稅和礦產稅，由礦業權者或國營礦之承租人繳納之。由於礦區稅和礦產稅之徵收政府權責單位會依油價高低，評估業者是否有暴利存在，在訂定開徵稅率稅率調整高低，也會影響整個後續之投資報酬高低，進而加大投資之風險與增加不確定因子。

根據 Energy Information Administration 所發表 2004 年度《國際能源展望(Annual Energy Outlook 2004 with Projections to 2025)》報告中，預估世界 2004 年至 2025 年石油需求將以每年 1.9% 的速度增長，2025 年全球石油平均日需求量將從 2001 年的 7,700 萬桶上升到 1.21 億桶。報告還預計，到 2025 年，世界天然氣的需求量將增加 67%，升至 151 萬億立方英尺，但低於去年預測的 176 萬億立方英尺。進行探勘而掌握油氣資源，可因應未來油氣需求成長，因此，就國家的立場而言，油氣探勘開發事業具有穩定油源供應、避免購油受制於人的重要性；對石油公司而言，掌握豐富的油氣蘊藏為主要的盈餘來源，更是重要的競爭利基。

三、研究方法

海域油氣田開發完成生產營運階段，現金流量收入主要是天然氣及凝結油銷售，因油氣的蘊藏量及市場銷售價格，對營運階段的現金流量會產生高不穩定性影響，投資決策者應重視整個投資專案之財務風險。本研究將運用風險值(VaR)之概念，應用於海域油氣田開發之資本投資專案，應用風險值評估方法—蒙地卡羅模擬法，再結合淨現值評估法，以現金流量為基準下，模擬計算出淨現風險值(NPV-at-Risk)及專案風險值(PaR)。專案風險值(PaR)評估在 90 %、95 %及 99 %等信賴水準下，代表有 10 %、5 %及 1 %不同的機率，在正常情況下所產生的淨現值(NPV)最大風險損失金額。由於專案風險值並沒有考量異常情況發生時影響，無法衡量「最極端下之最大損失」是多少？本研究將加列「壓力測試法」，以情境模擬方式，模擬市場極端最壞情況下，風險變動因子產生巨大變化，以測試整個投資專案會產生多大損失金額。並以「壓力測試法」之敏感度分析法，分析風險因子敏感度指數及影響程度，找出影響整個投資專案主要關鍵風險變動因子，作為專案風險值(PaR)評估外，另一輔助評估工具。並提供風險管理建議及方法，將投資專案主要風險變動因子作有效管控，降低整個油氣田開發專案風險。

3.1 風險值評估投資決策

相對於金融機構的一般企業而言，由於風險管理的目的不同，並不適合使用風險值來作為風險衡量工具，以現金流量做風險值評估基礎，可視為風險值觀念的應用，這是由於風險值可被應用於在整合性風險架構中，衡量由市場因素的變動所造成的企業風險，因此現金流量的變動風險也可視為風險值工具在應用上的不同，在此方法下，資本投資專案的風險是投資建造與未來營運階段的結果，所以整個專案計畫的風險焦點是管理現金流量所產生的影響，反應出下列因素：

- (1) 現金流量利用適當折現率(如資金成本)，折現成估價的資料為企業的價值，因此，現金流量的變動將有明白的估計影響。

(2) 充分的現金流量來滿足固定支出(固定營運成本和固定負債—利息與資金的支付)是必要的，以避免引起財務危機。

Ye & Tiong (2000)在考慮決策過程中所有可能結果和融資方法的時間價值後，發展綜合加權折現率(Weighted Average Cost of Capital, WACC)和淨現值(NPV)，即為淨現風險值(NPV-at-Risk)。淨現風險值(NPV-at-Risk)是為在給定之信賴水準下，NPV 的最小期望值。決策法則為，如果在給定信賴水準(1- α)下，NPV-at-Risk 之值大於零則此專案投資決策是可以被接受的，反之 NPV-at-Risk 之值小於零，則是不可以接受此專案投資。在 Ye & Tiong (2000)也提到淨現風險值法(NPV-at-Risk)擴大需將下列因素考慮在內：(1)不確定性的所有可能報酬；(2)貨幣時間價值；(3)融資方式的影響；(4)投資專案的各種風險。故使用 NPV-at-Risk 法衡量專案風險，是同時考慮融資方式與時間價值。一般投資專案有考慮利潤報酬與風險的評估方法，如圖 3-1 所示。

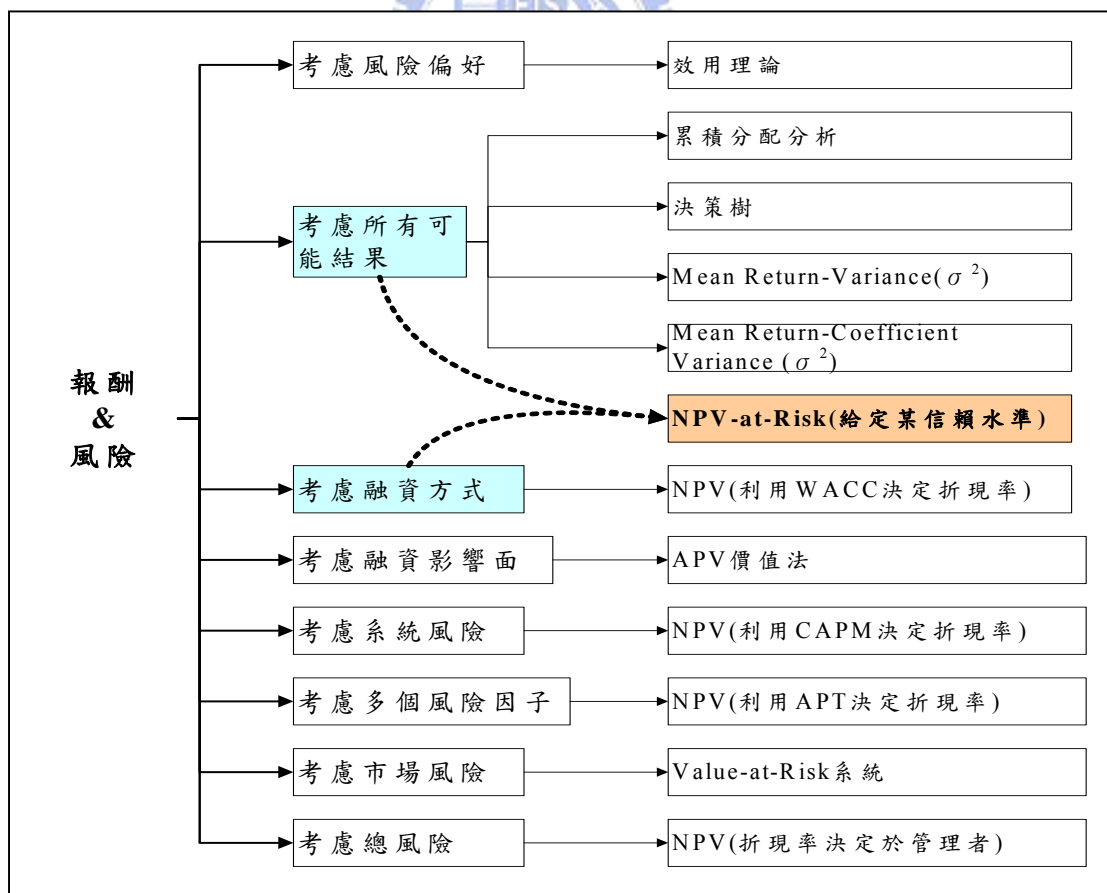


圖 3-1 一般投資專案風險評估方法

根據Jorion (1997) 的說明，所謂的風險值，是在某個給定的信賴水準下(a given confidence level)，衡量某一目標期間(a target time horizon)，因為市場環境變動緣故，使某一投資組合或部位所可能發生最大損失期望值及應用統計上臨界值(critical value)概念，來衡量單一資產或投資組合的市場風險。在最普遍的情況下，風險值可從未來投資組合價值 $f(w)$ 的機率分配導出，在特定的信賴水準 c 下，希望求得最糟的可能損失點 W^* ，使得超過 W^* 值的機率為 c ，有關風險值概念示意圖，如圖 3-2 所示，風險值基本理論公式如下：

$$1 - c = \int_{w^*}^{\infty} f(w)dw \quad (6)$$

$1 - c$ 為超過 w^* 值的機率

或者低於 w^* 值的機率 $p = p(w \leq w^*)$ 為 c :

$$c = \int_{-\infty}^{w^*} f(w)dw = p(w \leq w^*) = p \quad (7)$$

在特定信賴水準 c 下， w^* 為最糟糕可能損失點

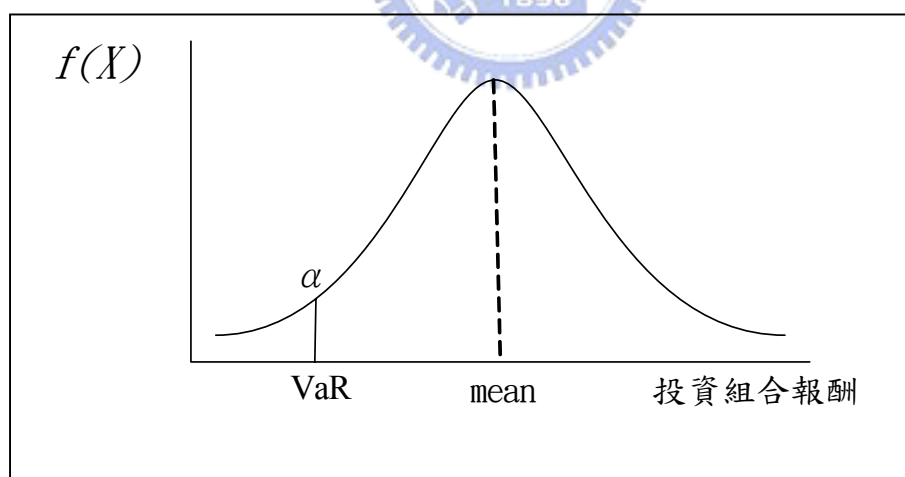


圖3-2 風險值概念示意圖

Lu,et.al (2000) 與 Ye & Tiong (2000) 文中皆運用 VaR 的概念評估投資方案，且利用蒙地卡羅模擬法將可能的損失予以量化，VaR 是同時考量投資組合中所有資產部位以及風險因子，用簡單的一個金額就能表現目前投資組合風險的暴露程度，以

及發生損失的最大可能性，為大眾亦於接受的風險衡量方法。

當實際報酬率與期望值報酬率差異可能性越高，則該資本投資之風險就越大，反之亦然，因此當實際報酬率與期望報酬率間差異越大，意指達到平均報酬率機率就越低。應用統計學中機率分配的概念，風險值標準差的衡量，可利用統計學中標準差(σ)來衡量，當標準差越小，風險實際值就越接近平均期望值，表示風險越小；反之，風險實際值與平均期望值差異越大，則標準差越大，相對風險提高。

有關專案風險值之概念及計算公式(Project-at-Risk, PaR)，如圖 3-3 所示。

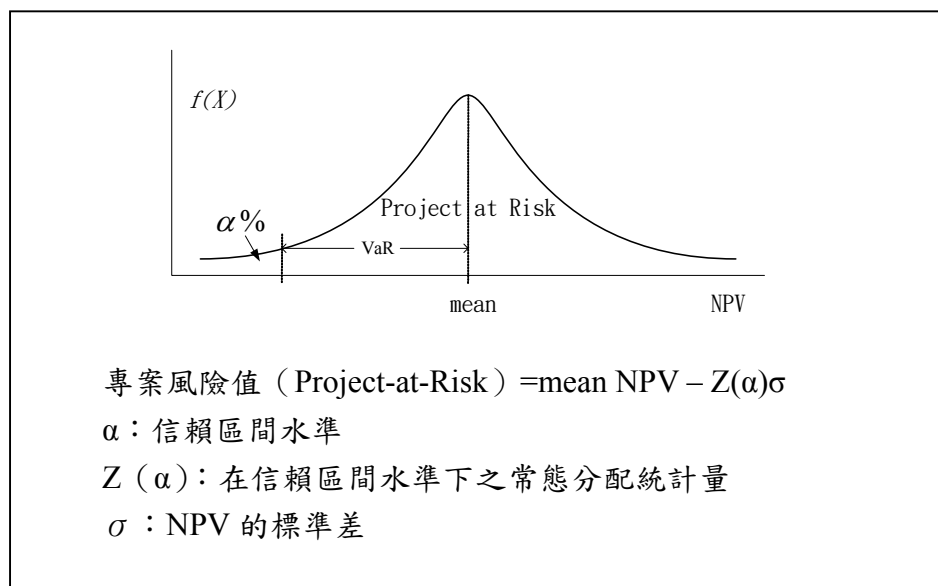


圖 3-3 專案風險值概念圖及公式

3.2 蒙地卡羅模擬法

在數學的領域中，依照研究方法的不同，將數學分成理論數學和實驗數學，所謂理論數學，是指研究者由一些既定的假設條件出發，經過嚴格的邏輯推論過程，而得出一些一般化的結論。而實驗數學的研究者，則是經由操作數學實驗，然後觀察這些數學實驗所實際發生的結果，來獲得相關事務的結論。實驗數學的特點，就在於「實驗」二字。事實上，由於實驗數學直接訴諸於人類對事物現象的觀察力，和理論數學訴諸於人類抽象思考的能力相對。如果實驗數學所要處理的，屬於對事

物現象之觀察，是所謂的隨機性問題(或稱機率問題)，那麼在這類的問題之實驗數學的研究方法，稱之為蒙地卡羅模擬法。

蒙地卡羅模擬法通常可用來解決傳統方法無法應付之問題，不但可以計算非線性價格風險、波動性風險及模型風險，甚至可以處理信用風險及融入時間的變異數、厚尾及極端狀態等特例。就執行上，蒙地卡羅模擬法是相當依賴對特定風險因素的隨機過程模型選取，因此為資產價格決定適當的模型及參數，是一件不容易的事情，若選取的模型及參數不適當，結果會產生偏誤。於是需要藉由敏感度分析工具來彌補不足之處。其次亂數的分配，產生亂數的演算法則與抽取方式，也會影響模擬的結果。

使用蒙地卡羅模擬法應注意事項：

- (1) 模擬結果所仰賴風險因子的隨機過程和資產評價模型的選擇不當，將會導致模型風險(Model Risk)。
- (2) 模擬需仰賴複雜的電腦軟體技術及大量重複抽樣，以往都是既昂貴又耗時的計算成本。
- (3) 對於風險因子參數大小與機率分佈模型選擇，在市場不確定下，只能依過去經驗及歷史資料方式，選擇判斷出最適化的機率模型。
- (4) 蒙地卡羅模擬法則是依據選擇的隨機程序，隨機製造出來不同情境，這些情境不必然是過去所會發生的情境。

3.3 壓力測試法

為補足風險值在應用時的不完整性，將運用以風險值的輔助工具壓力測試法，藉由傳統敏感度分析及情境分析等兩種工具，分別對資本投資專案進行風險模擬壓力測試分析，並找出兩種評估工具對分析結果是否有差異性？以下介紹壓力測試法的分析工具及執行方式。

(1) 敏感度測試(Sensitivity Test)

針對特定市場因子設計可能變化的情形加以分析損失程度。計劃之淨效益或內部報酬率等財務獲利性指標，是假設在各種可能的基礎上所計算而得，未來真實情況未必與原先設定之任一假設皆相同，可能會嚴重影響原預估之財務結果差異。所以進行財務分析時，應依計畫的特性，找出可能產生重大影響之關鍵因素，測試這些關鍵因素變動時，對整個財務獲利性指標所造成影響，此即為敏感度分析。敏感度分析旨在測試財務計畫之淨現值或內部報酬率對各項成本或收益相關變數之反應程度，亦即某一些基本假設因子變數，以一定百分比變動時，了解整個投資效益會產生何種變化？讓投資者留意影響計畫成敗之關鍵因素。

(2) 情境分析(Scenario analysis)

情境分析為目前使用主流，針對可能產生的重大危機事件，對於整體市場風險因子變化加以評估，情境分析的事件來源有兩種，a.歷史情境、b.假設情境。

a.歷史情境分析：

首先歷史上曾發生過的重大壓力事件明確定義下來，再將該期間市場因子的波動情形加入到目前整體投資組合之下，求算整體投資組合在該事件之下所產生的損失金額大小。該法的優點，主要是客觀，利用歷史事件及其實際風險因子波動情形，再建立結構化的風險值計算上較有說服力，且風險因子之間的相關變化情形也可以依歷史資料作為依據，使模型假設性的情形降低許多。該法的另一個優點是該模式較具有直覺，重大歷史事件的深刻印象將使風險值與歷史事件緊密結合，管理者設定風險限額時，將可以依歷史事件的意義及發生可能性，再加以評估，使決策更具說服力。

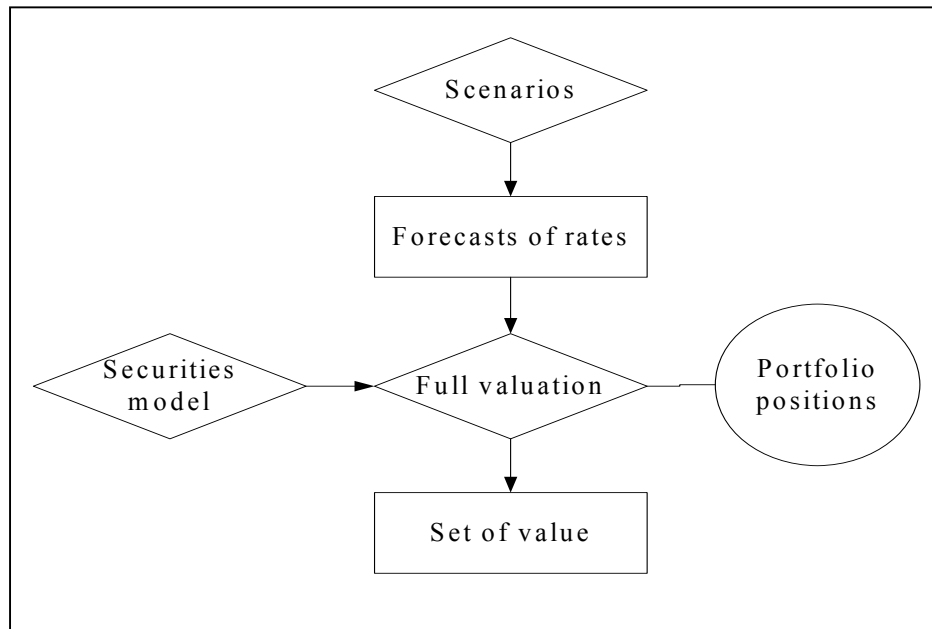
b.假設性情境分析

僅以歷史情境有其限制，但參考歷史事件並另建立對於每個風險因子可能產生的極端事件，將使得壓力測試更具完整性，這就是假設性的情境，它必定

搭配需多假設性或主觀模型的設定，例如預期可能產生的損失程度，與其他風險因子的相關程度估計，這些計算的設定主要來自經驗及主觀。

(3) 壓力測試執行方式，如下列步驟及示意圖，如圖 3-5 所示。

- a. 針對市場風險因子建立完整情境
- b. 設定各種情境下風險因子可能變動情形
- c. 依新情境假設新評價部位價值
- d. 計算各種情境暨機率
- e. 整合機率計算壓力風險值



參考資料：Jorion(1997)

圖 3-4 壓力測試執行示意圖

3.4 風險管理運用

風險管理主要目的在於藉由事前有系統的分析過程，了解各種風險之後果及影響，即是對風險之認知、衡量與分析，並對風險加以控管，以最少之成本達成最大保障之管理方法。確保投資專案計畫能順利進行，主要包含四個步驟：(1)風險識別；(2)風險分析；(3)風險處理；(4)執行與評估。

由於海域油氣田開發專案計畫投資金額高、技術複雜且難度高、計畫工期長，且涉及諸多不確定因素，為提高整個計畫成功完成，必須於可能範圍內，依風險管理機制對風險加以控制。海域油氣田開發專案計畫依風險性質大致可分為兩大類，一為不可控制之風險，如：信用風險、政治、法規風險、環保風險；二為可控制或部份可控制之風險，如：市場風險、開發成本風險、油氣田蘊藏量風險、合約風險，分別會發生在開發興建與生產營運階段，有效且完善的風險管理與防範機制，為專案計畫成功的重要關鍵。

3.5 風險評估架構與模擬

本研究以海域油氣田開發為個案，進行資本投資專案計畫風險評估，藉由系統化風險評估程序步驟，(1)分析完整風險因子關係圖，(2)構建投資計畫之現金流量表，(3)藉由蒙地卡羅模擬法，模擬出平均淨現值(NPV)、專案風險值(PaR)及平均淨現值(NPV) >0 的機率值，(4)以壓力測試法找出主要關鍵風險因子及最壞情況下可能產生的淨現值(NPV)最大損失金額，(5)以主要關鍵風險因子進行風險管理及決策分析。建構出資本投資專案之系統化風險評估流程，如圖 3-5 所示。

以海域油氣田開發個案，經風險評估模擬計算出平均投資報酬率(IRR)值，作為風險承擔高低等級判定基準，判定基準依個案公司風險政策設定如下，計算出平均投資報酬率(IRR)在小於 10% 以下屬風險承擔為高，大於等於 10% 至小於等於 15% 之間屬風險承擔為中，大於 15% 以上屬風險承擔為低。以壓力測試法考慮最壞極值下情境模擬，模擬計算出平均投資報酬率(IRR)值，作為風險高低忍受程度判定基準，判定基準依個案公司風險政策設定如下，計算出平均投資報酬率(IRR)在小於 0% 以下屬風險忍受程度為低，大於等於 0% 至小於等於 10% 之間屬風險忍受程度為中，大於 10% 以上屬風險忍受程度為高，提供個案公司風險政策之風險承擔及忍受程度屬性判定基準，以作為評估海域油氣田開發個案進行投資決策時重要參考依據。

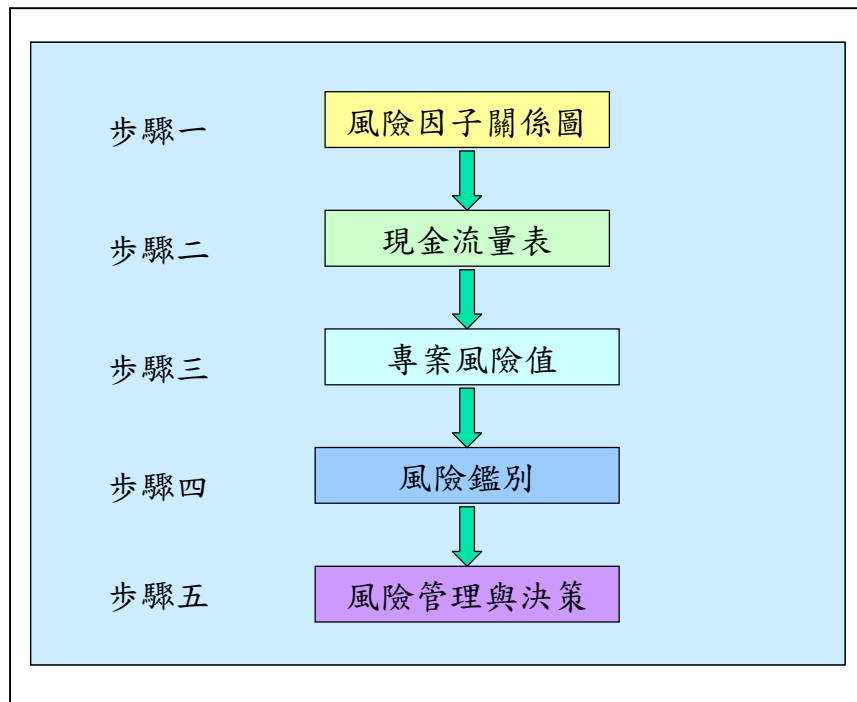


圖 3-5 資本投資專案系統化風險評估流程

風險評估模型，本研究是以電腦模擬方式評估整個專案風險值，藉由營運階段所產生的現金流量為基礎，結合蒙地卡羅模擬法，模擬淨現金流量的風險值與機率分配，並找出影響整個投資專案計畫主要風險變動因子，如：油氣市場售價、油氣田蘊藏量、開發建造成本或匯率變動等。再將這些影響投資計畫主要風險因子，以風險管理方式，進行風險控管與尋求對策防範措施，期能降低整個風險的不確定性，達到投資者所預期的投資報酬目標。

使用蒙地卡羅模擬法對資本投資專案計畫的專案風險值評估程序，如圖 3-6 所示，有關模擬步驟敘述如下：

- (1) 先選取資本投資專案在營運階段對現金流量所產生風險變動因子，假設對模擬淨現值及內部報酬率等輸出結果均為常態分配。
- (2) 選擇變動風險因子最適當之機率分配模型如離散分配；對於 NPV 價值變動因子選擇如利息、資產估計壽命等適用，均勻分配；對於 NPV 價值變動因子在變化範圍內都有相同機率，如管銷費率、輸儲費率等適用，三角分配；對 NPV 價值變動因子在變化範圍內有最高點，同時有向下兩邊傾斜線，如投資金額、生產

操作費等適用，常態分配；對 NPV 價值變動因子，其平均值或期望值的任一側正好佔機率各一半，如油氣售價、匯率變動等。

- (3) 以營收現金流量表為基礎，利用電腦蒙地卡羅軟體，模擬出整個資本投資之淨現值(NPV)機率分配、平均值、標準差及所選定信賴區間水準下($\alpha\%$)之專案風險值(PaR)等。
- (4) 根據 Smith(1994)提出之簡單模擬法，發現利用電腦分別模擬 2,000 次與 5,000 次，結果顯示模擬次數愈多愈接近常態分配，可避免以常態分配為假設前提之不確實之現象。本研究以設定模擬次數為 10,000 次，希望得到更接近真實情況下之 NPV 與 IRR 常態機率分配。
- (5) 本研究分別指定三種信賴水準($1-\alpha$)為 90 %、95 %、99 %下，利用模擬得出 NPV 機率分配下之平均值、標準差與所選定信賴區間水準($\alpha\%$)下之專案風險值(PaR)等，並試算平均淨現值(NPV)大於零的機率值。

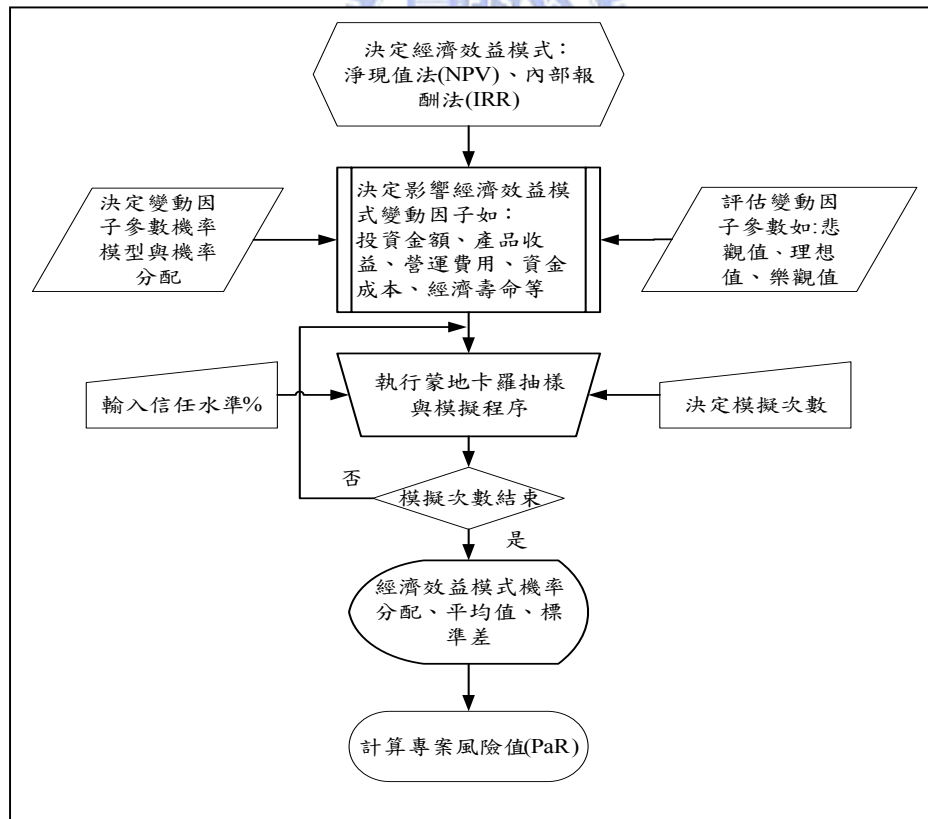


圖 3-6 專案風險值評估程序

四、個案研究

石油探勘為一連串石油事業中之上游工業，所經營之範圍包括測勘，鑽探與開發生產。石油為埋藏在地底下之流體礦產資源，只有鑽井才能知悉地下之油氣蘊藏情況，但是目前鑽井之成功率一般約在 30% 以下，可見油氣田探勘及開發風險相當高。天然氣是已知能源中最乾淨、安全、方便的一種，其用途非常廣泛，舉凡家庭、工業及商業均可使用，市場需求一直呈現高度成長。我國政府正加速推動環保工作，因此天然氣成為政策上優先推廣的能源，天然氣未來市場需求將更殷切。

油氣探勘的目的是生產，生產的手段靠開發，因此真正成功的探勘不祇要能找到油氣，還須仰賴最佳的開發方法和開發技術將油氣以最安全且最經濟的採出。由於海域環境完全不同於陸上的特性，海域石油及天然氣的探勘、開發方法與技術河路尚有相當大的差異，如果在陸上探勘成功，即使發現的油氣蘊藏量不多，只要符合經濟效益，就能在最短的時間內，用最少的投資經費將油氣產出銷售。但在海域探勘成功時，由於開發油氣所需之生產平台、海底管線等基礎建設（Infrastructure）所需經費動則數十億甚至超過百億以上，開發工程亦需耗時三至五年甚至更長的時間，投資風險相較於陸上油氣田之開發就顯得非常高，因此開發決策必須格外審慎，對於油氣蘊藏量有限並屬邊際經濟效益的小型油氣田尤需經過仔細的可行性評估，篩選出最適當的開發方法，才能避免投資錯誤、開發失敗。此外，海域油氣田因為處大海，油氣開發及生產作業受制於海洋環境，除了工程易受海水水深、風、浪、海流以及易腐蝕等環境因素之衝擊或影響，應符合較嚴格之設計標準並另訂有特殊規範需求外，海域作業因海洋環境之易變與不確定性，施工的困難度及工程風險性相對於陸上油氣田開發更是格外的高。

海域油氣探勘若發現有油氣構造若需進一步確認是否有開發價值，需鑽鑿數口佐證井（Appraisal Well）以證實確切之油氣構造規模及油氣蘊藏量。根據佐證井獲得的油氣蘊藏資料，加上海域環境條件，即可做初步開發評估方案，再按油氣價格、油氣市場及銷售計畫與開發生產成本等評估開發經濟效益。若預估之開發經濟效益能符合投資策略，海域油氣田開發初步決策即此形成。為了將投資風險降至最低，一般石油公司都會

委託有經驗的專業顧問公司作進一步完整之開發可行性報告及風險評估給投資開採油公司作最後是否開發之決策參考。

本研究選定以A公司之台灣西南外海F構造油氣田開發案作為資本投資專案之風險評估個案研究對象，以財務金融界常使用之「風險值」概念應用在具高投資金額、高風險之投資專案經濟效益風險評估上，有別於一般傳統投資風險評估方法，加入較先進風險評估方法，近一步提供決策者更多決策分析管道與思考。

4.1 產業特性

海域油氣開發工程包括為採收油氣所需鑽井及安裝所有開發設備之相關工程，由於鑽井、完井、安裝平台、敷設海底管線以及所有之海域作業從設計、製造、現場施工或安裝、測試等整套作業需按照一定程序進行，費時甚長，易受季節性氣象或海況影響或限制，因此傳統的海域油氣田開發工程通常至少需要三年至五年時間才能完工，由於工期長，在施工階段由先前所談環境變因很多，風險不易預測控制，會使整個計畫工期延長，造成投資計畫資金費用增加，和原先評估經濟效益產生誤差，風險不易控管。

由於海域油氣田開發之初期投資資金甚為龐大，且資金投入後即無法撤回，而初期投資佔整體開發營運成本之比例高達60%至80%。一旦投資決策錯誤，致不當投入過多資金或日後無法採收到當初預期油氣量，投資效益必然不彰，產生極高之風險，因此開發決策必須格外慎重。

根據國際慣例以及企業投資理論，凡重大的資本投資計畫均應事先作好妥善投資可行性評估，海域油氣田開發自當不例外。一般石油公司一旦探勘成功，發現具有開發潛力的海域油氣田時，就會依照油氣開發投資計畫可行性評估，針對資金籌措、開發成本、市場油氣售價至最後營收獲利等作詳細評估，以供決策是否具開發價值之依據。一般通用於企業界「投資計畫可行性分析」，其主要內容包括「技術可行性」、「市場可行性」、「效益可行性」、「環境可行性」、「投資風險評估」、以及

替代方案等，本研究將著重在「投資風險評估」方面，評估整個海域油氣田開發個案之經濟效益可行性，主要包括各種會影響投資效益及投資成敗本之不確定風險因素及影響加以分析，有關海域油氣田開發作業主要流程，如圖 4-1 所示。

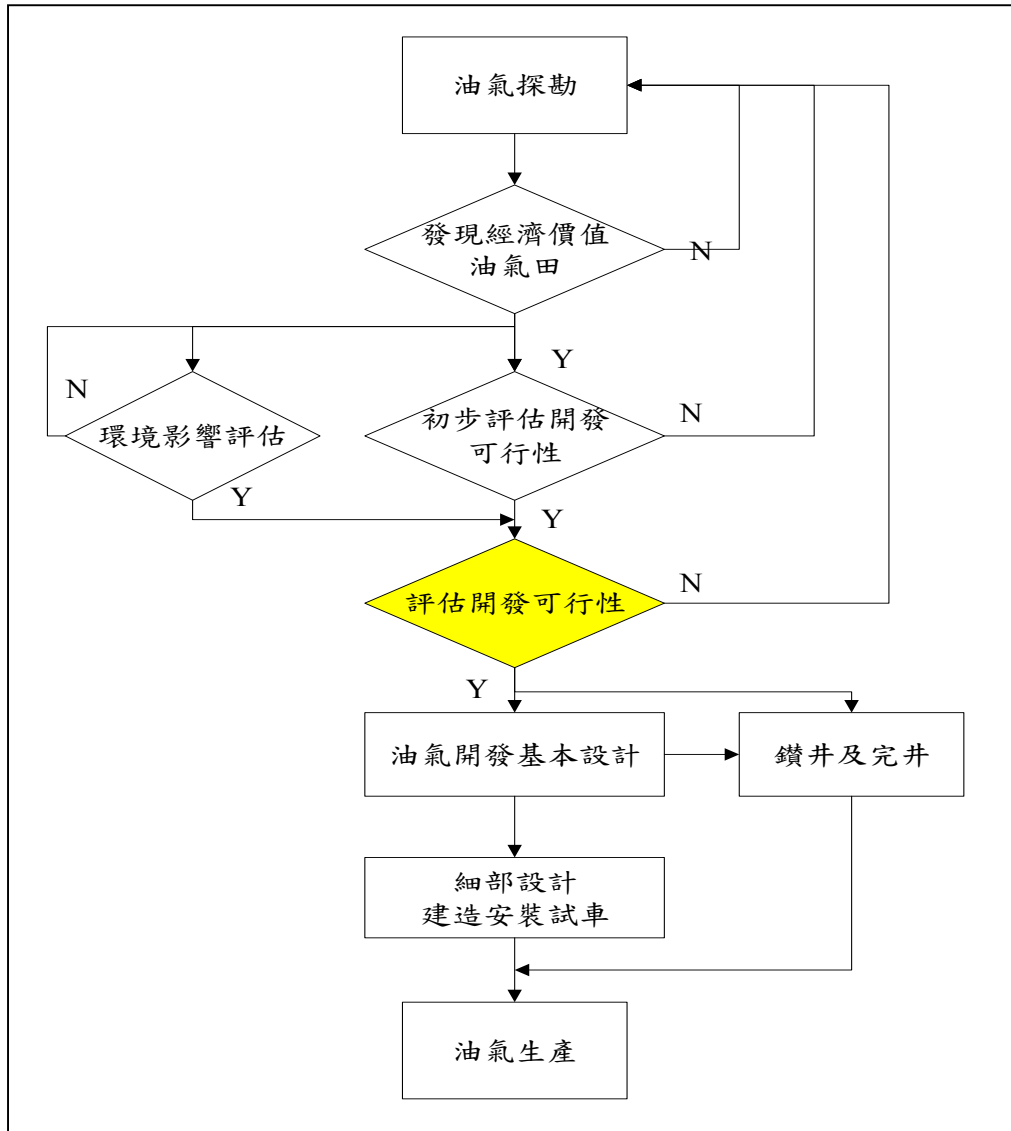


圖 4-1 海域油氣田開發主要作業流程

4.2 計劃概要

A 公司海域油氣田開發案，位址於高雄外海西方約 100 公里之台南盆地中央之 F 構造油氣田，係早自民國 62 年起初次探勘即已發現的天然氣儲集構造，爾後歷經五次國內外機構專業評估，確認可採天然氣蘊藏量可達 59.73 億立方公尺。根據

初步規劃，在高雄海域 F 構造設置一座海域鑽井及生產平台，從平台鑽十一口開發井，並敷設 120 公里海底管線將天然氣輸送上岸，並在高雄永安設立接收站，處理上岸之天然氣及油品，使產品品質符合標準後，輸送供應至國內能源消費市場。本計畫生產之天然氣將納入 A 公司進口天然氣供氣系統，以供應發電、工業原料、燃料及家庭等用戶，設計產能為日產天然氣 250 萬立方公尺，及凝結油 90 公秉(566 桶)，設備利用率在開始生產之第二至第四年設備利用率可達 90%以上，第五年起設備利用率逐年降低至第 11 年後停產。本計畫預計於民國 99 年開始供應市場，分十一年生產，以達成最大經濟效益，規劃生產初期 3 至 4 年之天然氣最高日產量約 218 萬立方公尺，以補足國內天然氣市場供應缺口。海域油氣田開發地理位置，如圖 4-2 所示。

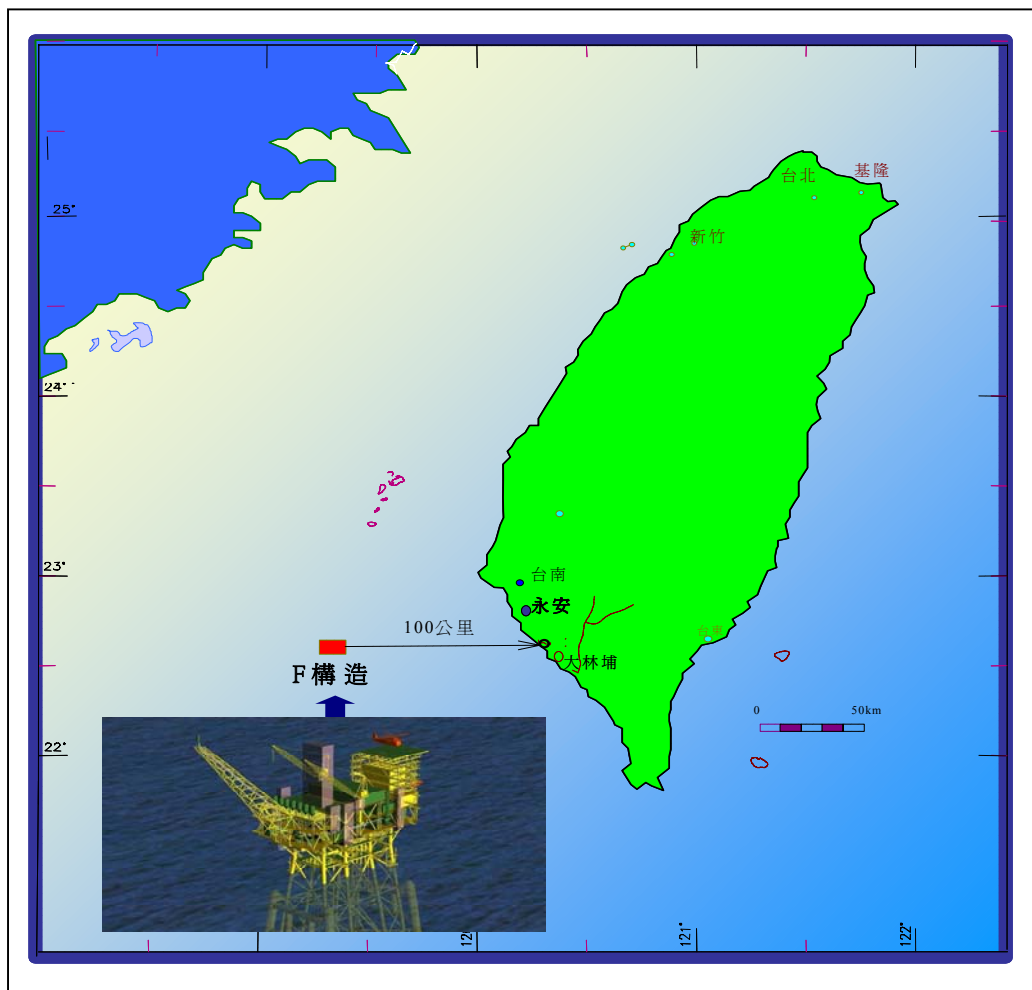


圖 4-2 海域油氣田開發地理位置

由於海域油氣田開發所牽涉的範圍相當廣泛，在開發前評估階段，須評估包含油氣蘊藏量外、資金來源、開發可行技術、環境影響評估及經濟效益分析，皆需審慎評估確認可行後，才能真正進入到開發中階段。在開發中興建階段所面臨的問題是工程費用控制、施工期間掌控與匯率變動，皆會影響整個開發投資總金額變動。在開始生產營運階段，所面臨的是主要市場風險及營運費用成本管控，包括市場油氣售價、油氣採收量、直接與間接成本、礦產權利金等。整個海域油氣田開發案，所面臨的主要影響財務計畫的變動因子整理，如圖 4-3 所示。

依整個投資開發計畫資金需求估算為新台幣 20,000,000 千元，本計畫所需資金之三分之一以 A 公司自有資金支應，三分之二向國內銀行貸款，資金需求來源規劃為 6,666,665 千元由公司內以營運資金支應，13,333,335 千元以發行公司債或向國內銀行借款方式籌措，資金成本率為 6.65 %。整個開發投資金額主要包括海域平台及設備、鑽井及完井、平台鑽機、海底管線、陸上接收站等五大項目費用，各項費用預估，如表 4-1 所示。

表 4-1 海域油氣田開發案分項費用預估表

海域油氣田開發投資金額			(單位:新台幣千元)
項 目	單位	數量	
生產平台及設備	座	1	5,969,946
鑽井及完井(11 口開發井)	口	11	6,725,982
平台鑽機	套	1	1,084,953
16 吋海底管線	公里	120	5,262,502
陸上接收站	座	1	956,168
合計			20,000,000

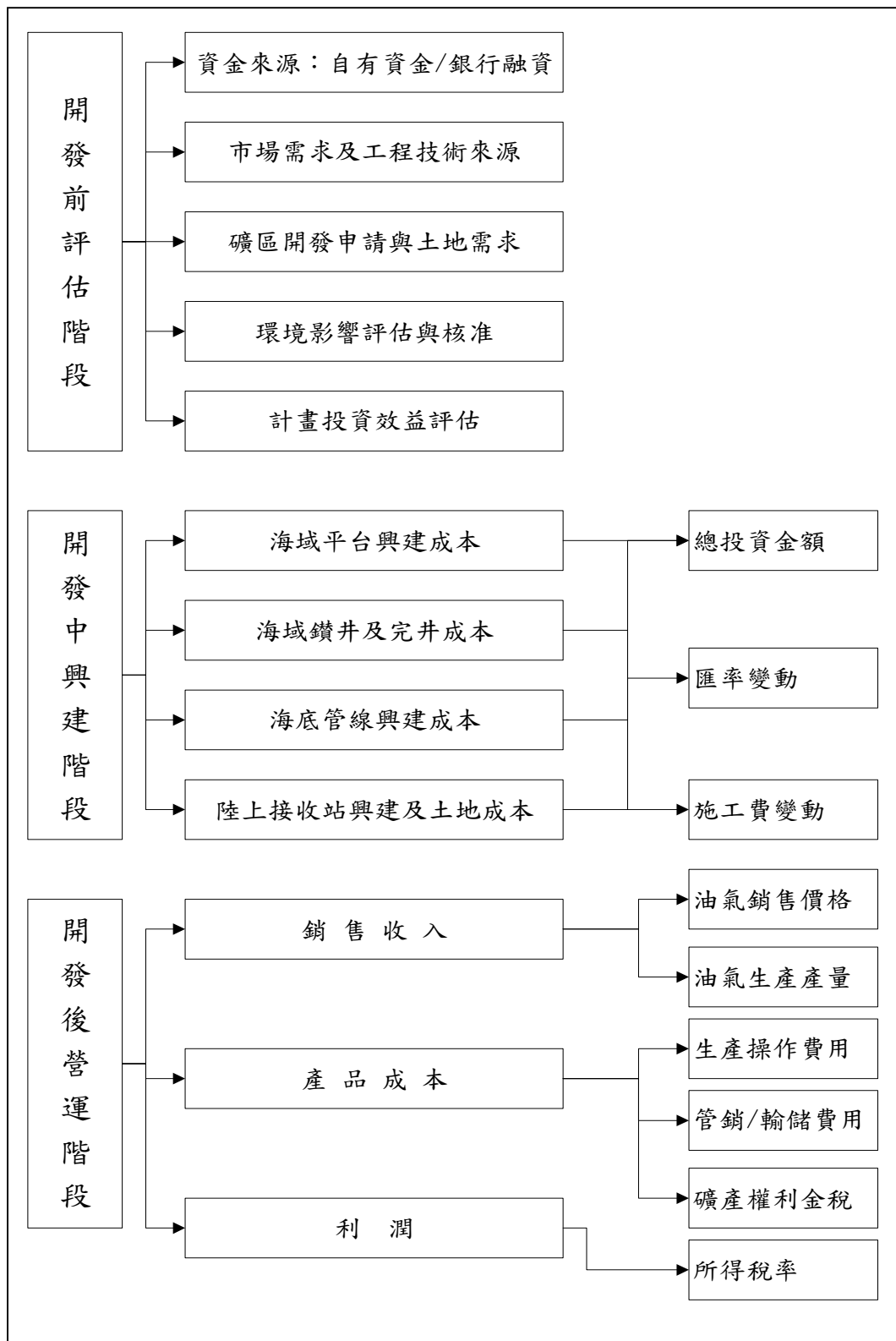


圖 4-3 海域油氣田開發案主要影響財務計畫變動因子

4.3 財務計畫基本假設

整個投資案經濟效益評估，原始基本假設與參數設定如下：

- (1) 本投資計畫天然氣價格係參考公司預估民國 99 年至 109 年間之氣價，逐年加權估算之天然氣價作為效益評估依據，加權平均價格相當於每立方公尺 8.027 元，另生產凝結油約 135 萬桶(21 萬公秉)之油價，係根據公司最近三年購買原油加權平均成本之油價，以 US\$ 48.81 /桶油價計算。

- (2) 生產操作費用(包括直接費用與間接費用)，總計為 6,731,500 千元。

直接費用包括直接人工與燃料費用；間接費用則包括保險、交通運輸、設備維修、間接人工及管理費用。總生產操作費用為直接費用、間接費用與修井及復舊費用之總和。

- (3) 營運期間：11 年

- (4) 折舊率為 18.89%，折舊採定率折舊法

- (5) 礦產權利金稅: 10%

但根據礦產權利金收費辦法第三條：礦產物價格以各探、採礦場之「場」交加權平均價格計算後訂之。因此礦產權利金之徵收基礎應為天然氣在礦場自井口產出之價格，應自天然氣市場價格扣除自「礦場」井口至市場間之所有必要成本，故礦產權利金繳納之金額為每年總產值扣除平台管線折舊後再乘以稅率。

- (6) 投資抵減所得稅: 0.5 億元

根據促進產業升級條例第 6 條：為促進產業升級需要，公司得在下列用途項下支出金額 5%至 20%限度內，抵減當年度應納營利事業所得稅額；當年度不足抵減時，得在以後四年度內抵減之。

- (7) 匯率:以 1 美元=32.7 元新台幣換算

- (8) 資金成本率計算：以自有資金成本率 9.7%，貸款利率 5.4%為計算基準，計算資金成本率得到未扣可省所得稅之資金成本率為 6.65%。

4.4 模擬分析與結果

以資本投資專案風險評估模型及程序，使用經濟效益評估之基本假設與參數，藉由系統化風險評估步驟，得出海域油氣田資本投資專案風險評估之模擬分析與結果如下：

步驟一：尋找淨現值與風險因子因果關係

整理出 F 構造海域油氣田開發資本投資專案影響經濟效益之風險因子與淨現值之間因果關係，如圖 4-4 所示。

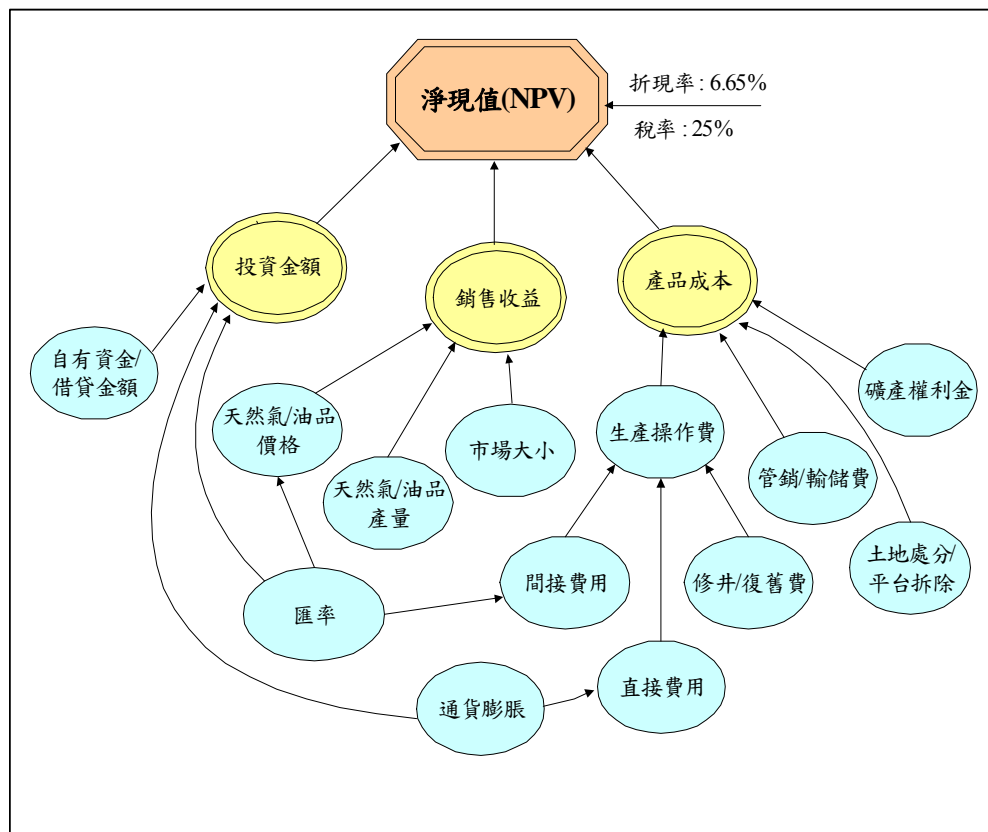


圖 4-4 淨現值與風險因子因果關係

步驟二：建立資本投資專案現金流量表及淨現值與投資報酬率計算

估算從生產營運階段開始，民國 99 年開始至民國 110 年止，11 年期之現金流量詳細，如表 4-2；表 4-3 及表 4-4 所示。

表 4-2 海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(99 年-102 年)

99 年度至 102 年度		單位:新臺幣千元							
11.計畫產出項目分析:		99 年度		100 年度		101 年度		102 年度	
銷售收入	產品名稱	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)
	產能利用率	42%	42%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
	產量	352,776	79.8	784,235	177.4	784,235	177.4	784,235	177.4
	預計單價 (元/M ³)/(美元/桶)	8.06	48.8	8.22	48.8	8.40	48.8	8.58	48.8
	總收入	2,969,580		6,732,075		6,868,772		7,013,886	
產品成本	原料	0		0		0		0	
	直接費用	125,080		128,832		132,697		136,678	
	修井費用	0.0		140,000		0		140,000	
	折舊	3,327,743		3,148,875		2,554,150		2,071,750	
	*平台管線折舊	746,981		1,400,463		1,135,959		921,411	
	間接費用	296,800		305,704		314,875		324,321	
	銷管費用	44,544		100,981		103,032		105,208	
	輸儲費用	167,484		379,689		387,399		395,583	
	礦產權利金	180,071.9		489,708		528,524		563,147	
總成本	4,141,723		4,693,790		4,020,677		3,736,688		
利潤	稅前利潤	-1,172,143		2,038,285		2,848,095		3,277,198	
	所得稅	0		509,571		712,024		819,299	
	稅後利潤	-1,172,143		1,528,714		2,136,072		2,457,898	
加回	折舊	3,327,743		3,148,875		2,554,150		2,071,750	
	投資抵減			50,000					
	土地之處分價值	0		0		0		0	
	收回營運資金	0		0		0		0	
	平台拆除復舊								
現金流入		2,155,601		4,727,589		4,690,221		4,529,648	
*12. 其他說明： 依礦產權利金收費辦法第三條：礦產物價格以各探、採礦場之「場」交加權平均價格計算後定之。因此礦產權利金之徵收基礎應為天然氣在「礦場」自井口產出之價格，應自天然氣市場價格扣除自「礦場」井口至市場間之所有必要成本（包括平台設施、油氣處理設備、海底管線及接收站之投資費用及操作費用），故礦產權利金繳納金額為每年產值扣除平台管線折舊及操作費用再乘以稅率。									

表 4-3 海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(103 年-106 年)

103 年度至 106 年度		單位:新臺幣千元							
11.計畫產出項目分析:		103 年度		104 年度		105 年度		106 年度	
銷售收入	產品名稱	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)
	產能利用率	88%	88%	78%	78%	65%	65%	55%	55%
	產量	754,057	170.6	665,701	150.6	559,705	126.6	471,175	106.6
	預計單價 (元/M ³)/(美元/桶)	8.78	48.8	8.99	48.8	7.62	48.8	7.74	48.8
	總收入	6,894,499		6,225,610		4,468,256		3,815,784	
產品成本	原料	0		0		0		0	
	直接費用	140,779		145,002		149,352		153,833	
	修井費用	0		0		140,000		0	
	折舊	1,680,460		1,363,073		1,105,630		896,811	
	*平台管線折舊	747,385		606,227		491,729		398,857	
	間接費用	334,051		344,073		354,395		365,027	
	銷管費用	103,417		93,384		67,024		57,237	
	輸儲費用	388,850		351,124		252,010		215,210	
	礦產權利金	567,228		513,031		347,278		289,807	
總成本	3,214,785		2,809,687		2,415,689		1,977,924		
利潤	稅前利潤	3,679,713		3,415,923		2,052,567		1,837,860	
	所得稅	919,928		853,981		513,142		459,465	
	稅後利潤	2,759,785		2,561,942		1,539,426		1,378,395	
加回	折舊	1,680,460		1,363,073		1,105,630			
	投資抵減								
	土地之處分價值	0		0		0		0	
	收回營運資金	0		0		0		0	
	平台拆除復舊								
現金流入		4,440,245		3,925,015		2,645,056		2,275,206	

表 4-4 海域油氣田開發營運階段現金流入計算表(107 年-110 年)

107 年度至 110 年度		單位:新臺幣千元							
11.計畫產出項目分析:		107 年度		108 年度		109 年度		110 年度	
銷售收入	產品名稱	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)	天然氣 (MSCM)	凝結油 (MBBL)
	產能利用率	46%	46%	30%	30%	15%	15%		
	產量	397,174	89.9	313,213	70.9	106,495	24.1	0	0.0
	預計單價 (元/M ³)/(美元/桶)	5.90	48.8	5.90	48.8	5.90	48.8	0.10	48.8
	總收入	2,493,239		1,966,182		668,515		0	
產品成本	原料	0		0		0		0	
	直接費用	158,448		163,201		168,097		0	
	修井費用	0		140,000		0		0	
	折舊	727,431		590,042		478,601		0	
	*平台管線折舊	323,525		262,421		212,858		0	
	間接費用	375,977		387,257		398,874		0	
	銷管費用	37,399		29,493		10,028		0	
	輸儲費用	140,619		110,893		37,704		0	
	礦產權利金	163,529		115,330					
總成本	1,603,402		1,536,215		1,093,304		0		
利潤	稅前利潤	889,837		429,967		-424,790		0	
	所得稅	222,459		107,492		0		0	
	稅後利潤	667,378		322,475		-424,790		0	
加回	折舊	727,431		590,042		478,601		0	
	投資抵減								
	土地之處分價值	0		0		0		120,000	
	收回營運資金	0		0		0		0	
	平台拆除復舊							768,123	
現金流入		1,394,809		912,517		53,811		-648,123	

(1) 淨現值計算：

以每年之現金流入乘上現值因子(資金成本率 6.65%)，可得每年之現金流入現值，累計 11 年之現金流入現值，此累計值與基年投資實質之差數為淨現值，本計畫淨現值為 3,339,991 千元，淨現值計算表，如表 4-5 所示。

表 4-5 淨現值計算表

單位:新台幣千元

年 度	基年 投資實值 Vf+Vp	現金流入 FT	K	基年投資成本率 (未扣可省所得 稅之現值因子) F F=1/(1+i)^k	現金 流入現值 PV=FT*F
99	21,683,971	2,155,601	0	1	2,155,601
100		4,727,589	1	0.938	4,432,821
101		4,690,221	2	0.879	4,123,578
102		4,529,648	3	0.824	3,734,099
103		4,440,245	4	0.773	3,432,170
104		3,925,015	5	0.725	2,844,747
105		2,645,056	6	0.680	1,797,536
106		2,275,206	7	0.637	1,449,786
107		1,394,809	8	0.597	833,371
108		912,517	9	0.560	511,217
109		53,811	10	0.525	28,267
110		-648,123	11	0.493	-319,229
現金流入現值 合 計(SUM(PV))=					25,023,962
淨現值 NPV= SUM(PV) - (Vf+VP)					
淨現值 NPV=3,339,991 千元					

未扣可省所得稅之基年投資成本率:6.65 %

(2) 投資報酬率計算：

本計畫投資報酬率經計算結果為 11.66%，投資報酬率計算表，如表 4-6 所示。

表 4-6 投資報酬率計算表

單位:新台幣千元

年度	基年 投資實值 Vf+Vp	現金流入 Ft	第一估計	11.00%	第二估計	12.00%
			現值因子 F1	現金流入現值 PV1=Ft*F1	現值因子 F2	現金流入現值 PV2=Ft*F2
99	21,683,971	2,155,601	1.000	2,155,601	1.000	2,155,601
100		4,727,589	0.901	4,259,089	0.893	4,221,062
101		4,690,221	0.812	3,806,689	0.797	3,739,016
102		4,529,648	0.731	3,312,039	0.712	3,224,114
103		4,440,245	0.659	2,924,927	0.636	2,821,856
104		3,925,015	0.593	2,329,305	0.567	2,227,159
105		2,645,056	0.535	1,414,155	0.507	1,340,068
106		2,275,206	0.482	1,095,872	0.452	1,029,188
107		1,394,809	0.434	605,245	0.404	563,340
108		912,517	0.391	356,725	0.361	329,063
109		53,811	0.352	18,951	0.322	17,326
110		-648,123	0.317	-205,639	0.287	-186,320
合 計			SUM(PV1)=	22,072,960	SUM(PV2)=	21,481,470
			R1 = 11.00 %		R2 = 12.00 %	
$IRR=R1 + ((SUM(PV1) - (VF+Vp)) / (SUM(PV1)-SUM(PV2)))$						
投資報酬率 IRR =11.66 %						

基年投資實值 (Vf+Vp)=21,683,971 千元

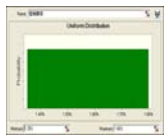
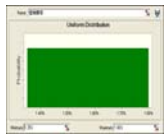
步驟三：計算淨現風險值(NPV-at-Risk)及專案風險值(PaR)

(1) 以蒙地卡羅模擬法進行資本投資專案之模擬分析

首先設定模擬風險因子之變動參數，以海域油氣田開發案主要影響 NPV 經濟效益之九個風險因子參數變動值設定及說明，如表 4-7 所示。

表 4-7 蒙地卡羅模擬風險因子變動參數設定

風險因子	參數變動值設定					參數模型	說明
	悲觀值	中間值	樂觀值	平均值	標準差		
投資費用	22,000 (百萬)	20,000 (百萬)	18,000 (百萬)				註一
氣價				8.34 (NT\$/M3)	0.428 (NT\$/M3)		註二
油價				48.8/桶 (US\$)	12.2/桶 (US\$)		註三
操作費用	8,751 (百萬)	6,731 (百萬)	6,058 (百萬)				註四
採收蘊藏量	4,981 (百萬/M ³)	5,973 (百萬/M ³)	7,183 (百萬/M ³)				註五
匯率				32.7 (US\$)	0.81 (US\$)		註六
貸款利率	6.48 %	5.4 %	4.32 %				註七

管銷費率	1.80 %	1.50 %	1.35 %				註八
輸儲費率	6.77 %	5.64 %	5.08 %				註九

註一：投資費用參數設定採三角分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司委由國外顧問公司，依規劃設計條件及詢市場價格之估算。

註二：氣價參數設定採常態分配模型，其平均值及標準差(σ)等估計，是參考 A 公司內部 93~96 年期間，每月內部成品天然氣轉撥單價之估算。

註三：油價參數設定採常態分配模型，其平均值及標準差(σ)等估計，是參考 A 公司內部 93~96 年期間，每月對國外購油單價成本之估算。

註四：操作費用參數設定採三角分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司內部會計資訊直接與間接成本費用之估算。

註五：採收蘊藏量參數設定採三角分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司內部研究機構與委託國外顧問公司多次模擬評估結果之估算。

註六：匯率參數設定採常態分配模型，其平均值及標準差(σ)等估計，是參考 A 公司內部 93~96 年期間，每月對國外購油匯率價格之估算。

註七：貸款利率參數設定採平均分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司內部財務資訊向銀行借貸利率之估算。

註八：管銷費率參數設定採平均分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司內部會計資訊報表管銷費用之估算。

註九：輸儲費率參數設定採平均分配模型，其悲觀值、理想值、樂觀值等估計是參考 A 公司內部會計資訊報表油氣輸儲費用之估算。

(2) 淨現值(NPV)模擬分析結果：

運用風險值概念評估海域油氣田投資專案計畫之經濟效益與專案風險值，是以民國 99 年開始至民國 110 年止，11 年期之現金流量為基準，採用蒙地卡羅模擬法，在 90 %、95 %、99 % 等三個不同信賴水準(1- α)下，以模擬次數設定為 10,000 次，資金成本率為 6.65%，模擬出平均淨現值、標準差、專案風險值(PaR)及平均淨現值(NPV)>0 的機率值等，計算結果如表 4-8 所示。以電腦軟體 Excel 及 Crystal ball 蒙地卡羅模擬軟體，在 90 %、95 %、99 % 等三個不同信賴水準(1- α)下，淨現值(NPV)所呈現常態分配機率圖形，如圖 4-5；4-6；4-7 所示。

表 4-8 不同信賴水下之淨現值(NPV)的專案風險值與機率分配

	信賴水準 (1- α)下 %	平均數 (Mean NPV) 千元	標準差 (σ) 千元	專案風險值 (PaR) 千元	機率值 $P(\text{NPV} > 0)$ %
淨現值 (NPV)	90 %	3,578,125	2,505,112	540,494	93.95 %
	95 %	3,582,187	2,498,024	-257,358	93.85%
	99 %	3,609,586	2,520,015	-1,590,808	93.77%

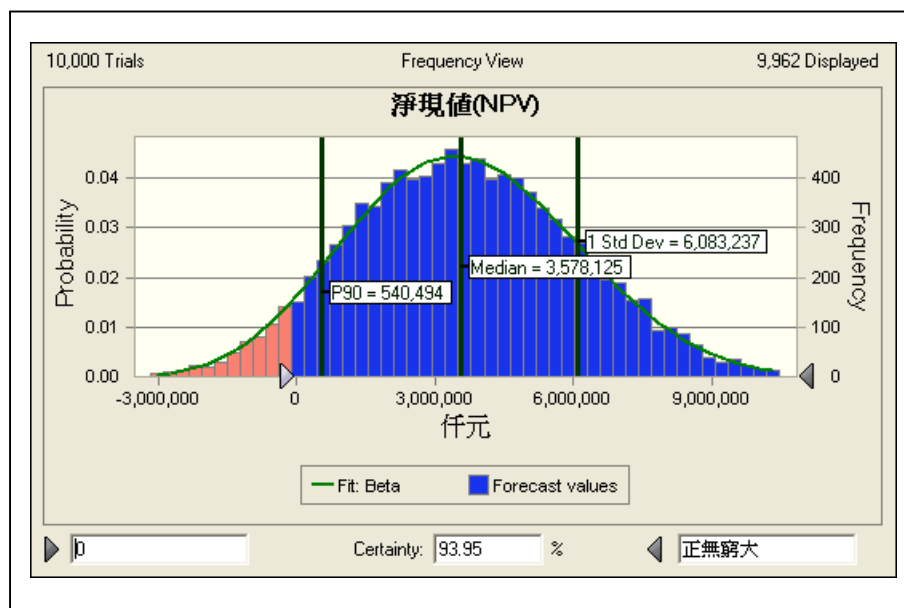


圖 4-5 90 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖

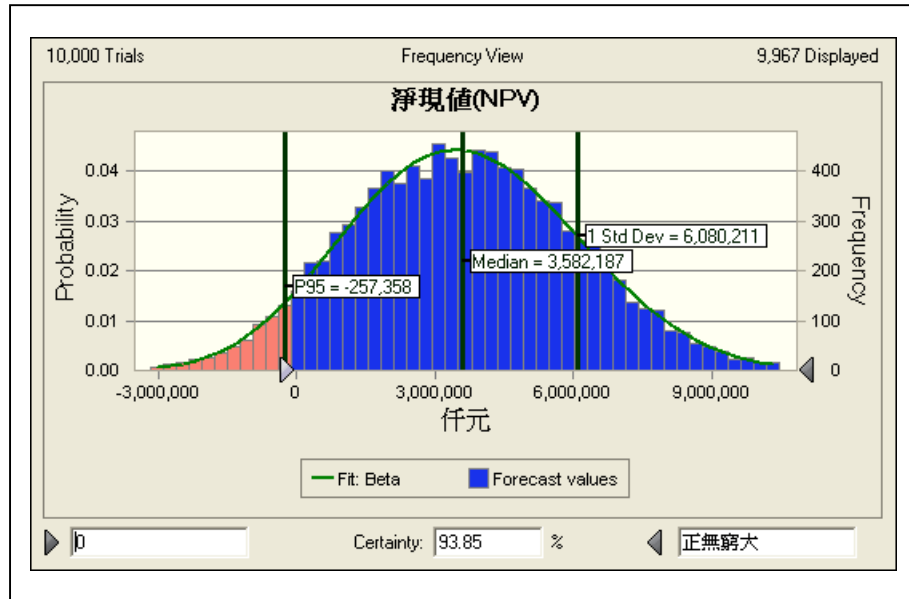


圖 4-6 95 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖

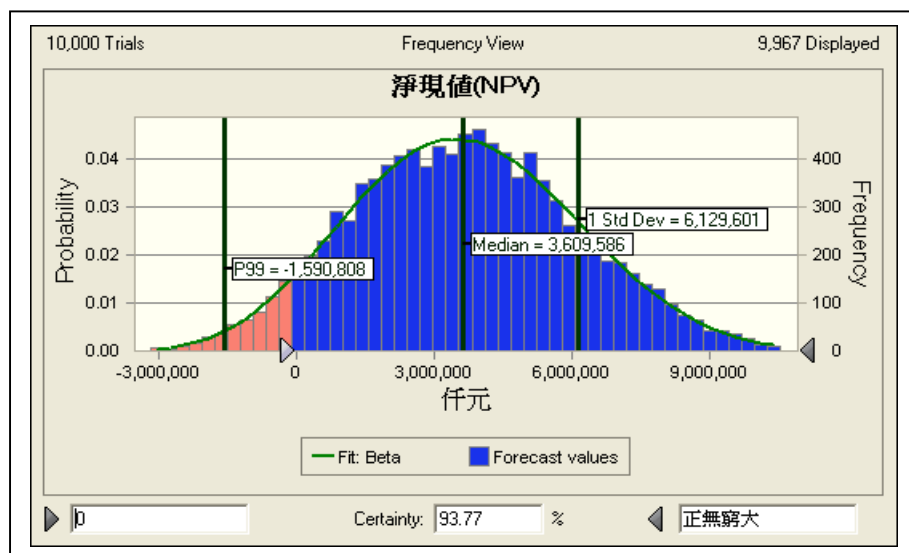


圖 4-7 99 %信賴水準下，模擬淨現值(NPV)之常態分配機率圖

(3) 投資報酬率(IRR)模擬分析結果：

同樣以民國 99 年開始至民國 110 年止，11 年期之現金流量為基準，採用蒙地卡羅模擬法，在 90 %、95 %、99 %等三個不同信賴水準($1-\alpha$)下，以模擬次數設定為 10,000 次，模擬出平均投資報酬率(IRR)、標準差、及平均投資報酬率(IRR) > 6.65% (資金成本率)的機率值等，計算結果如表 4-9 所示。以電腦軟體 Excel

