

出國報告（出國類別：開會）

油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術研討會
出國人員報告書

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：李佳勳、紀蕙青 石油開採工程師

派赴國家：美國

出國期間：107年09月23日至09月28日

報告日期：107年10月12日

摘要

本出國計畫為因應 107 年度石油基金計畫「F 構造油層模擬與周邊油氣聯合開發可行性研究」，參加油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術研討會。F 構造為台灣中油公司海域重點開發礦區，評估、開發與生產技術皆比陸上礦區更為要求嚴謹，參加此次研討會冀望吸收礦區評估、開發與生產等相關領域之新知與觀念，進一步使海域礦區之探勘與開發能順利推動。

為因應 F 構造開發所需全面性之知識與技術，參加由石油工程師協會(SPE)主辦之「年度技術研討會」(ATCE)。此次會議地點位於美國石油生產重地德州之達拉斯城市，年會探討議題多元且規模盛大。本次出國任務除了油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術研討，亦期望能吸取未來 F 構造開發生產或國內外自有礦區可能面臨議題之相關知識，並與國際性石油公司及學術單位共同交流。透過此次會議研討，將為台灣中油公司探採從業人員提升不可多得的寶貴經驗，除了能將所見所聞實際應用至現有礦區，創造更多生產價值，也能啟發研究人員創新思考，進一步精進公司探採技術。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的.....	3
貳、 過程.....	4
參、 具體成效.....	9
肆、 心得及建議	22

壹、目的

F 構造為台灣中油公司海域重點開發礦區，海域礦區開發成本所費不貲，評估、模擬、開發與生產技術皆比陸上礦區更為要求嚴謹。F 構造主要生產層含有發達裂隙，透過探勘井鑽後資料顯示為異常高壓地層，數口井地層靜壓量測結果及瞬時壓力分析皆顯示壓力梯度呈現多組結果，且在氣水介面不易判斷之情形下，地層特性不易掌握，對於初期所需的裂隙地層建模、蘊藏量評估至往後的油層模擬等工作皆為一大挑戰，開發前尚須謹慎評估。本次參加石油工程師協會 (Society of Petroleum Engineers, 以下簡稱 SPE) 每年舉辦的「SPE 年度技術研討會」(SPE Annual Technical Conference and Exhibition, ATCE)，與會者包含國際主流石油公司、鑽井設備公司、軟體開發公司、技術顧問服務公司、研究機構以及學術界研究單位等，研討議題至數值模型模擬、蘊藏量評估、鑽井完井設計、生產監測與控制、流體流動保障到環境永續發展，涵蓋相當廣泛。期望透過參與國際性研討會和國際性石油公司或相關研究人員交流，吸收礦區評估、模擬、開發與生產等相關領域之新知與觀念，解決當前面臨問題，進一步使海域礦區順利發展。

SPE 於 1957 年正式成立，旨在蒐集、傳播和交流石油和天然氣資源之探勘、開發和生產相關技術之知識，以促進公共利益。SPE 長期於世界各地舉辦多場技術研討會，廣邀產業界與學術界從業人員進行交流，為專業人士提供增進其技術及能力之平台，其中「SPE 年度技術研討會」為其一年一度盛大之石油研討會，每年皆有超過數千名參與者。今年舉辦之主題演講為「將大數據轉化為企業成果」，期望能採用系統方法來提升營運之安全性、質量及效率，需要結合大數據及各領域專業知識，並在地球科學、工程、鑽井完井和營運方面進行完善之協作。

本次出國任務為油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術研討，其中與石油基金計畫相關之主題包括裂隙油氣層建模與相關分析、激勵增產、多孔介質流動與生產井出砂議題，皆是 F 構造於開發階段前之評估項目，非傳統油氣層評估和水平井液裂技術等相關議題，也與本公司近年探採工作項目息息相關。

貳、過程

本次出國任務為期 6 天，主要行程為參加 09/24 至 09/26 舉行之「SPE 年度技術研討會」。會議舉辦地點位於美國德州達拉斯城市，詳細出國行程如表一所示。

表一、出國行程表

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
107.09.23(日)	1	台北-美國達拉斯	啟程
107.09.24—107.09.26 (一)~(三)	3	美國 達拉斯	參加 SPE 年度技術研討會
107.09.27—107.09.28 (四)~(五)	2	美國達拉斯- 台北	返程
合計	6 天		

1. SPE年度技術研討會會議簡介

SPE 年度技術研討會今年舉辦於美國德州達拉斯城市，會議會場設於市中心 Kay Bailey Hutchison Convention Center 及 Omni Hotel，距離達拉斯沃斯堡國際機場約 30 分鐘車程。會議會場(圖一)包含報到處、廠商展場及數個技術議題演講會議廳(圖二)，遍佈於 F 棟的一至三樓，走廊及大廳間尚有互動式電子海報、學生答題競賽、交流會議廳等，相當盛大寬敞。此次技術研討議題多達 40 項，每一議題共有 6~7 篇報告不等，研討時間分為上午及下午兩個時段，早上八點半到下午五點，每個時段同時有八間會議廳舉辦研究論文發表。SPE 對於會議廳內人數管控相當嚴謹，當場內達到一定人數時不予進入，只能在門口或交流大廳透過螢幕同步轉播場內演講。主辦單位也在會前發放研究論文之電子檔提供與會人員預習。

2. SPE年度技術研討會議程介紹

本次會議中與「F 構造油層模擬與周邊油氣聯合開發可行性研究」石油基金計畫相關之主題眾多，與會任務主要集中於油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術，同時也關注生產開發的議題，包含異常高壓油氣層常見的儲集岩砂層破壞與出砂問題(Sand Failure and Sand Production)，本研討會尚有新興石油地質地物解釋、流體流動保障、非傳統油氣層評估和水平井液裂技術等相關議題，期能透過吸取新知應用於本公司國內外自有礦區。因同時間有八場論文進行發表，派員 2 位石油開採工程師分工合作，篩選與公司近年業務較相關的議題並於不同會議室聆聽，以下為參與議程：

- (一)開幕主題演講：將大數據轉化為企業成果 (Opening General Session : Translating Big Data into Business Results)；
- (二)生產控制及監測 (Production Control and Monitoring)；
- (三)生產監測使產量最佳化 (Optimizing Production Through Surveillance)；
- (四)進階石油分析 (Petroleum Advanced Analytics)；

- (五)實際礦區案例經驗、建模與資料分析 (Field Case Histories, Modeling and Data Analytics from Across the Globe)；
- (六)油氣層監測之新興技術 (Emerging Technologies for Reservoir Monitoring and Characterization)；
- (七)石油管理之新領域 (Petroleum Management Frontiers)；
- (八)非傳統油氣層傳輸及 PVT 之新進展 (New Advances in Unconventional Transport and PVT)；
- (九)鑽井及壓力管理 (Drilling and Pressure Management)；
- (十)油氣田開發最佳化之先進模擬技術 (Advanced Reservoir Simulation Techniques for Optimizing Field Development)。

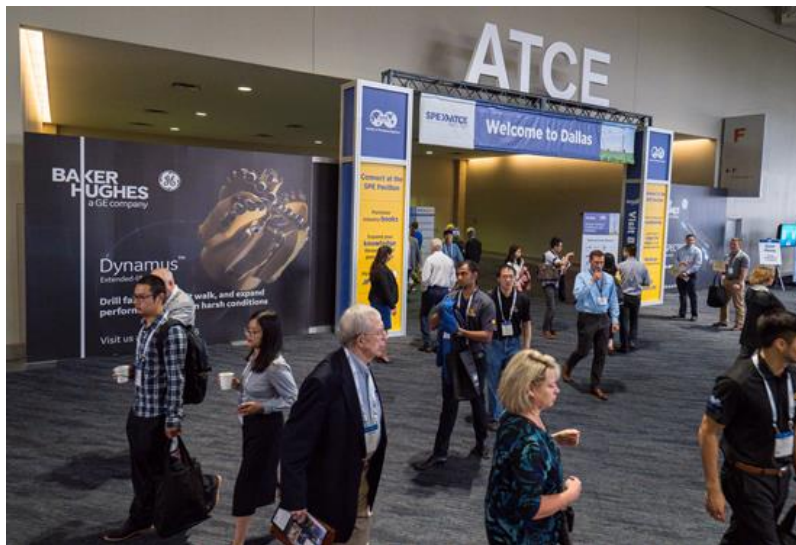
3. SPE年度技術研討會參與過程簡述

本次與會參與內容主要分為以下三個部分：

- (一)參加首日開幕主題演講；
- (二)赴各石油公司展示攤位進行意見交流；
- (三)至會議廳聆聽成果發表。

本年度技術研討會之主題演講為 Translating Big Data into Business Results - 「將大數據轉化為企業成果」(圖三)，演講者皆為石油產業與資訊產業的佼佼者，包含國際石油公司 Shell、國際最大石油服務公司 Schlumberger、加拿大主要天然氣生產商 Ecan 與網路科技領頭羊 Google，演講內容主要闡述在工程技術純熟且變化快速的時代，必須有效率有系統地去認識現有的石油產業，才能面對未來的挑戰。在工程領域可於鑽井與油氣井生產期間配合監控系統與自動化系統收集數據，並嘗試應用人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與機器學習(Machine Learning)，更快速與有系統地分析出生產井之間的差異與缺陷，提升營運之安全性、質量及效率。在石油市場，更需要不同領域的資訊與統計，解讀競爭業者、經濟強國政策、下游需求與市場反應等趨勢，為公司做出方向正確的決策。本場演講過程中與會者踴躍提出疑問，顯然該議題廣為石油產業關注，本公司也須多加注意相關新聞，並思考該如何創造或引進相關技術。

會場內設有各家石油廠商展示攤位，包含許多國際上知名的石油公司、軟體公司、設備公司與服務公司(圖四)，參加者可依需求自行於各攤位進行技術考察、意見諮詢甚至尋求商業合作機會。因時間有限，本次利用議題空檔時間於各攤位巡禮，造訪了 Schlumberger、KAPPA、Petroleum Experts 等與本公司有在合作之相關廠商，聆聽軟體最新版本簡介及功用、面臨問題之相關意見諮詢討論及目前可用最新技術之應對方法、參與現場軟體操作等，不僅能透過廠商交流增加合作機會，對於精進軟體知識及更新目前石油界最新工程技術更有所幫助。



圖一、會議會場入口



圖二、演講會議廳內發表研究簡報



圖三、首日開幕主題演講盛況



圖四、展示場內與各石油公司意見交流

參、具體成效

因同時間有八場論文進行發表，2 名石油開採工程師分工合作，篩選與公司近年業務較相關的議題並於不同會議室聆聽，以下節錄報告重點(依照編號順序排列)。

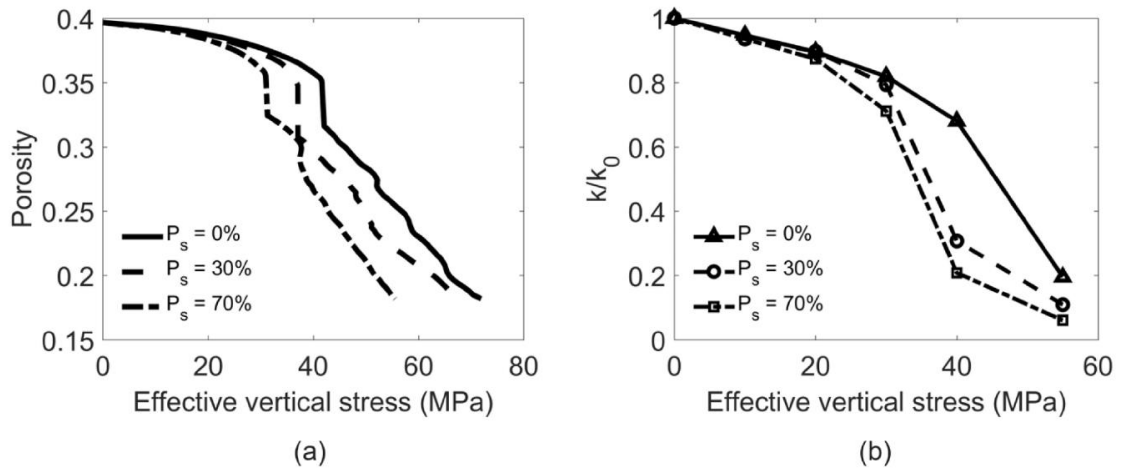
SPE-191390-MS

Pore-to Reservoir-Scale Modeling of Depletion-Induced Compaction and Implications on Production Rate

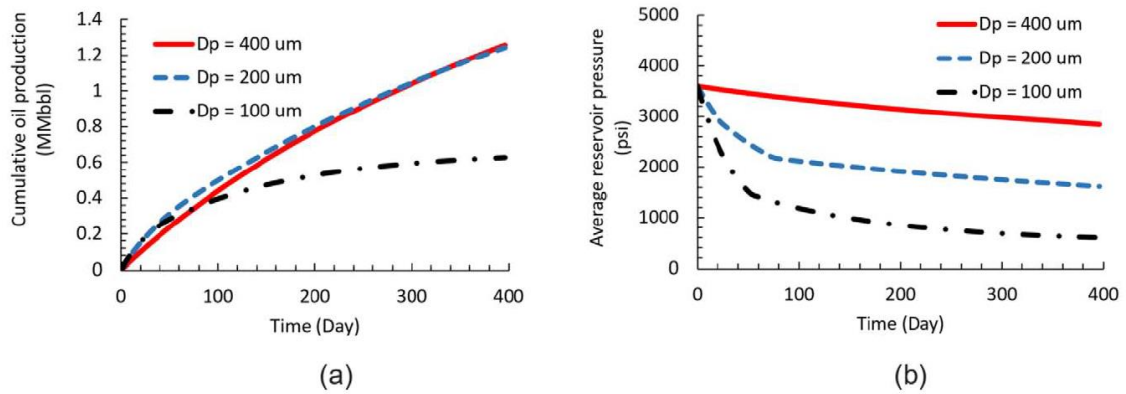
Zhuang Sun, The University of Texas at Austin; Hwei Tang, Texas A&M University; D. Nicolas Espinoza and Matthew T. Balhoff, The University of Texas at Austin; John E. Killough, Texas A&M University

耗竭型(Depletion)儲集層之壓密行為(Compaction)常造成孔隙壓力降低，在生產時是一項重要議題，特別是在未固結(Unconsolidated)的構造中。儲集層壓密行為可能會導致沉降、套管損害、改變地層滲透率及引起微震等結果。因固結的岩心樣本實驗較稀少且昂貴，本文基於電腦模擬發展數值模擬方法，模擬岩石樣品及實驗機制，並建立多尺度(Multi-scale)數模流程，鏈結孔隙尺度之壓密行為及儲集層尺度之生產行為。本文展現 DEM 數值模擬，提供一種可探討壓密行為的良好工具，並補足實驗上之不足，另一方面多尺度數值近似可預測耗竭型儲集層之生產行為。本文經由數值模擬可得到下列結論：

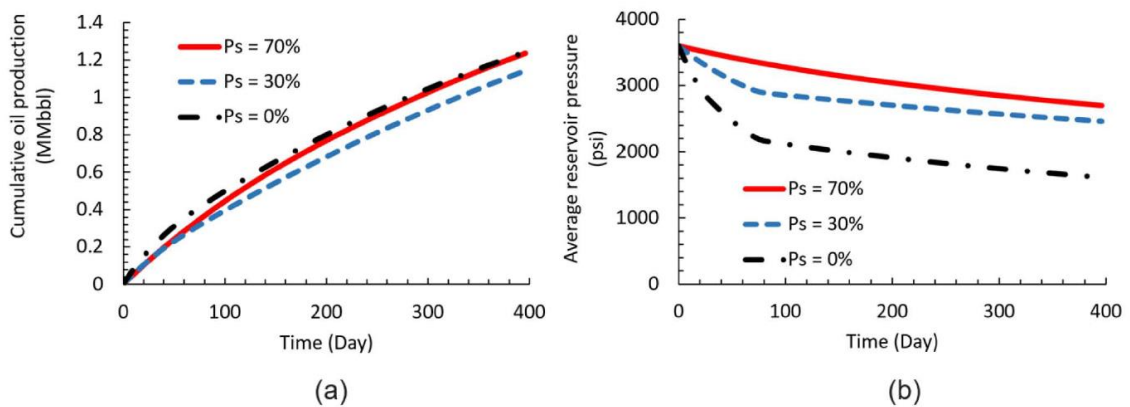
1. 數值單軸應力試驗顯示儲集層應力路徑常被用來取得孔隙率及滲透率與有效應力的關係。顆粒壓碎在有效應力高的情況下對於孔隙率及滲透率會有較大變化(圖五)；
2. 數模顯示顆粒尺寸較大、結構較軟的樣品較容易被壓密；
3. 儲集層含有較大且良好排列之顆粒可得到較高之累積產量(圖六)；
4. 軟礦物含量的高低並無明顯影響累積產量(圖七)。



圖五、不同軟礦物含量樣品之(a)孔隙率及(b)滲透率與有效應力之關係



圖六、考慮壓密效應，不同顆粒大小其(a)累積油產量及(b)平均地層壓力變化圖。
Dp 為顆粒大小，三個例子有相同的原始埋藏量。



圖七、不同軟礦物顆粒含量時其(a)累積油產量及(b)平均地層壓力變化圖。Ps 為軟礦物含量

Efficient Simulation of Two-Phase Compositional Flow in Fractured Reservoir Using 3D Unstructured Gridding in Complex Geometries

Ali Zidane and Abbas Firoozabadi, RERI

本文提出於裂隙流動的兩相流高階(High-order)數值模擬模式，可以有效地於非建構性網格模擬，精準度提升的同時，花費的時間卻可以更少，是一個強而有力的模擬模式。一般而言，使用網格模擬裂隙油氣層的難點之一在於裂隙形狀複雜，使用結構性網格，也就是長方形正交網格，較難完整敘述裂隙的形狀與走向，非結構性網格不受限於長方形，可以為三角形或其他多邊形，彈性較大。另一方面常見的模擬模式也可分為兩種，一種為連續性的雙孔隙率或雙滲透率模式，另一種則為離散性的離散裂隙(Fracture)與離散基質(Matrix)模式；雙孔雙滲模式計算較為快速，但對於非連續的裂隙或是裂隙與基質的流體交換較為受限，反之，離散性模式無此缺點，不但可以應付複雜的裂隙形狀，同時也能較準確的模擬裂隙與基質之間的流體流動情形，進階的離散性模式甚至可將裂隙嵌入(Embed)基質網格，另外雙孔雙滲結合離散模式也已經被提出。

本文以離散裂隙模式為基礎，將 Fracture cross-flow equilibrium (FCFE) 導入，FCFE 中的裂隙於有限元素計算中被設定於網格的邊緣，使裂隙周遭的網格不需完全細化，在有限元素法的計算中，壓力的解位於網格中心，壓力的流動則為網格界面。裂隙中的計算則包含有限體積法和 Galerkin(DG method)法。

綜合上述基質的兩相流與質量交換控制方程式為：

$$\phi \frac{\partial c z_i}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\sum_{\alpha} c_{\alpha} x_{i,\alpha} \mathbf{v}_{\alpha} \right) = F_i, \quad i=1 \dots n_c \quad \text{in } \Omega \times (0, \tau)$$

裂隙中的質量守恆方程式則為：

$$\phi \frac{\partial c z_i}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\sum_{\alpha} c_{\alpha} x_{i,\alpha} (\mathbf{v}_{\alpha} - \mathbf{v}_{\alpha}^{fr}) \right) = F_i$$

承上式，DG method 下的質量守恆方程式需乘上形狀因子並對每個基質網格積分，得到：

$$\int_K \phi \frac{\partial cz_i}{\partial t} \varphi_{K,j} + \sum_E \int_E \sum_\alpha (c_\alpha x_{i,\alpha} \mathbf{v}_\alpha) n_E \varphi_{K,j} - \int_K \sum_\alpha (c_\alpha x_{i,\alpha} \mathbf{v}_\alpha) \nabla \varphi_{K,j} = \int_K F_i \varphi_{K,j}$$

以有限體積法積分裂隙中的物質平衡方程式則為；

$$\phi |k| \frac{cz_{i,k}^{n+1} - cz_{i,k}^n}{\Delta t} + \sum_\alpha \left(\sum_{e \in \partial k} (c_\alpha x_{i,\alpha}^{n+1} q_{\alpha,k,e}) - \bar{Q}_{\alpha,i}^{fr} \right) = |k| F_i$$

以上述模式和 2009 年 Geiger 等人提出的有限元素-有限體積法相比，其計算時間大幅降低，如表二所示。目前探採相關單位尚無法自行開發模擬軟體與模式，但仍可藉由閱讀最新的文章來跟上模擬軟體的趨勢與突破。

表二、本研究數值模式與前人研究數值模式計算效率比較

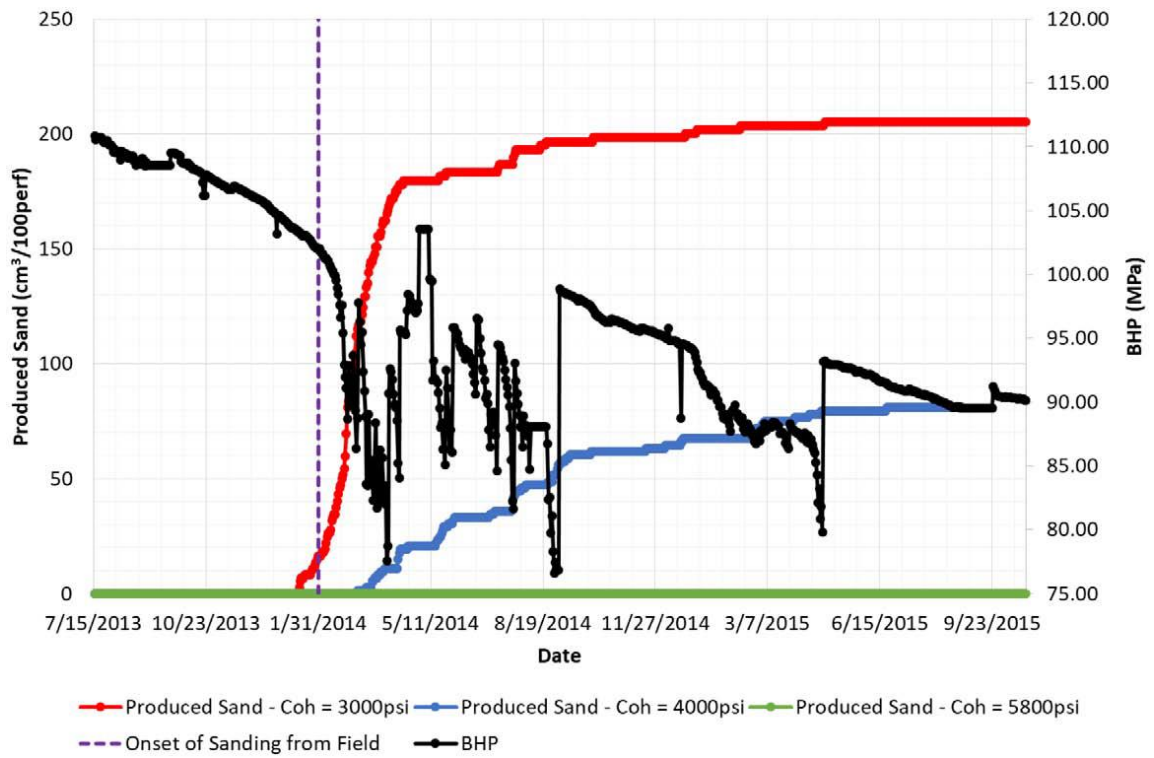
FEFV (Geiger et al. 2009)		This work	
Number of elements	CPU (sec)	Number of elements	CPU (sec)
342	2,076	358	162
734	3,662	714	294
1,502	8,818	1530	410
3,190	23,989	3188	741
7,348	98,184	7362	2,489
14,326	278,501	14616	5,779
29,132	776,313	30730	10,805

Predicting Sand Production in HPHT Wells in the Tarim Basin

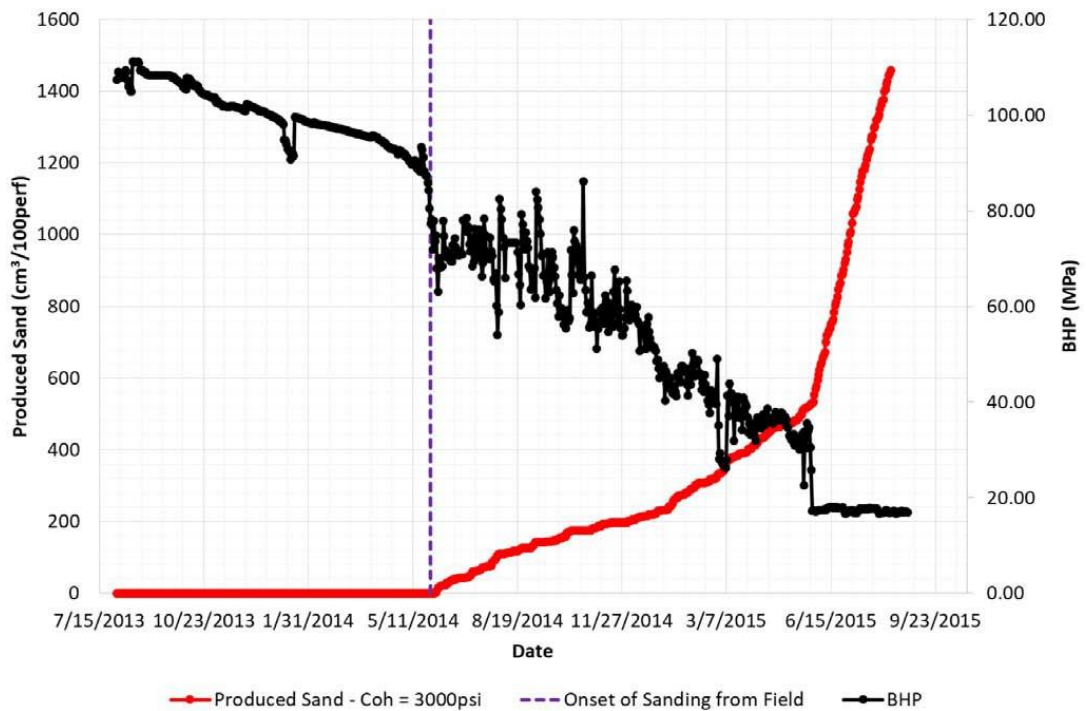
Haotian Wang, The University of Texas at Austin; Xiangtong Yang and Wei Zhang, PetroChina Tarim Oilfield Company; Mukul M. Sharma, The University of Texas at Austin

一般而言，高溫高壓之生產井易有儲集岩砂層破壞(Sand failure)與出砂問題(Sand production)。本文以塔里木盆地中實際礦區裡的生產井為例，紀錄各生產井出砂時間點，探討出砂機制，在考量流體流動與岩石孔隙-彈性-塑性完全耦合方程式建立出砂模型，以解析解驗證模式可靠度，並挑選礦區內的兩口井擬合出砂時間點，探討岩石內聚力、現地應力、井底流壓、穿孔方向與水泥封固穩定行對出砂行為之影響。文中發現岩石內聚力為最主要因素，穿孔方向則必須和現地應力方向比較，同時，井底壓力驟降或是壓力不穩定跳動也會導致出砂問題更加明顯。由於岩石內聚力必須以岩心栓進行岩石力學量測，實務上在鑽井過程中僅能取得地層狀況良好區段之岩心栓，但出砂問題往往從地層狀況不佳的地層發生，經由此模式可在無岩心栓的情況下逆推岩石內聚力。

F 構造油氣層具高溫高壓特性，出砂問題應當未雨綢繆，生產前先行評估，本文整理出砂機制相當詳細，可以借鏡於國內礦區評估探勘井或生產之井是否有出砂風險。



圖八、調整岩石內聚力擬合出砂時機



圖九、井底壓力跳動程度和出砂速度吻合

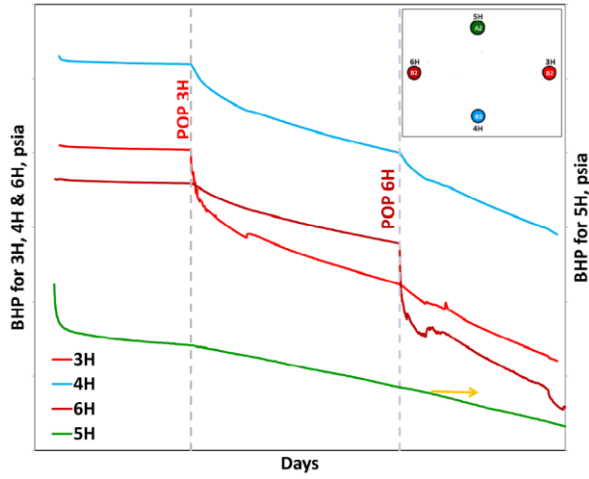
SPE-191407-MS

A New Technique for Quantifying Pressure Interference in Fractured Horizontal Shale Wells

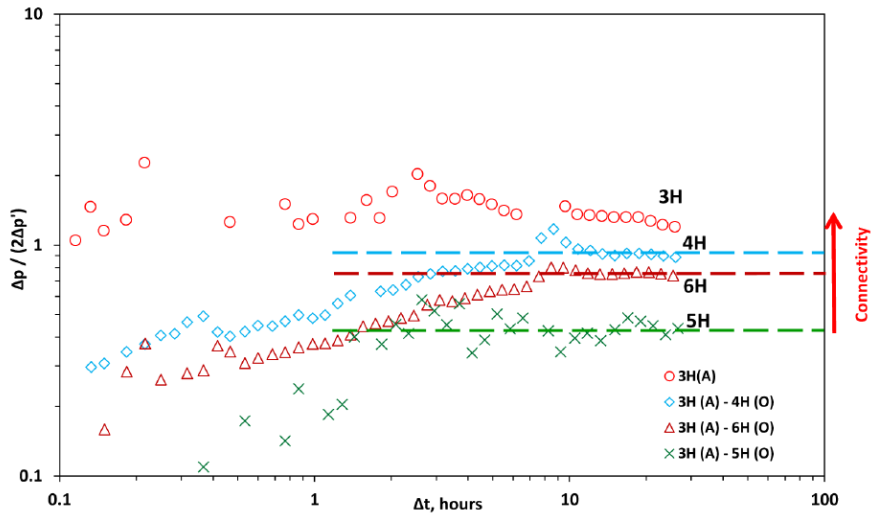
Weichun Chu, Kyle Scott, and Ray Flumerfelt, Pioneer Natural Resources; Chih-Cheng Chen, Kappa Engineering

壓力連通於生產初期時在水平液裂井中是非常常見的，此時決定井距就成了發展非傳統油氣層之關鍵參數，若各井之井距太近，將會導致彼此干擾，使得每口井的最終採收率下降。決定井距因其不確定性高而成為一大挑戰，首要原因為無法於生產初期觀察到干擾井況。本文發展一種可量化壓力干擾技術，分析 Power-law PIT 資料，將 Chow Pressure Group(CPG)視為可反映時間和空間效應之指標。對於高度非均質性之油氣層(尤其是具有複雜裂隙網格之多段液裂井)非常有幫助。圖十為使用 Power-law PIT 資料量化干擾試驗之範例，當 3H 井開始生產時，鄰近產層因干擾使得壓力有所反應。圖十一為將各鄰近井干擾量化為 CPG(當量化為值時稱為 MPI, Magnitude of pressure interference)時之比較圖，其水平線之特色充分表現 Power-law 的行為，井 4H、6H、5H 之 MPI 值分別為 0.94、0.75 及 0.44，這也暗示著高 MPI 值擁有強烈連結，反應彼此之間存在較弱岩石(G_c 低)；反之低 MPI 值擁有較弱連結，反應彼此之間存在較強岩石(G_c 高) (圖十二)。

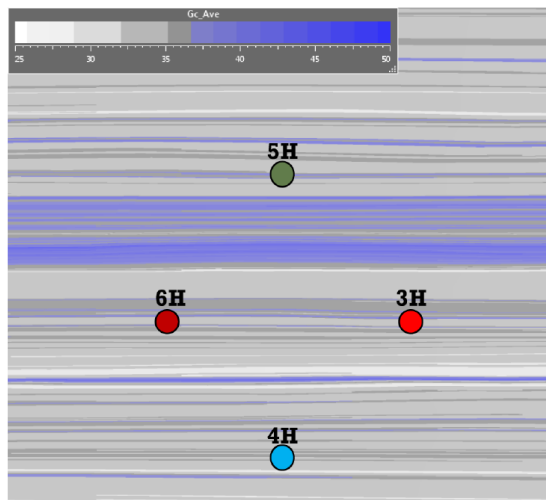
本文引進了 MPI 值、井距和井況間之經驗關係式，讓決策者可在早期快速地做最佳決定。圖十三顯示在不同井距下，某井開始生產時鄰近井之壓力反應，藍色及橘色表不同區域但地質發展條件相似之井群，兩組獨立但一致的線性關係，可得知寬井距得到較弱的 MPI。圖十四則顯示 MPI 值與 EUR 的關係。這些關係式暗示著我們可在早期藉由井距分析壓力響應，有信心地預測長期井況，並使決策者做快速的評估，以促進設計下一井群計畫之推動。



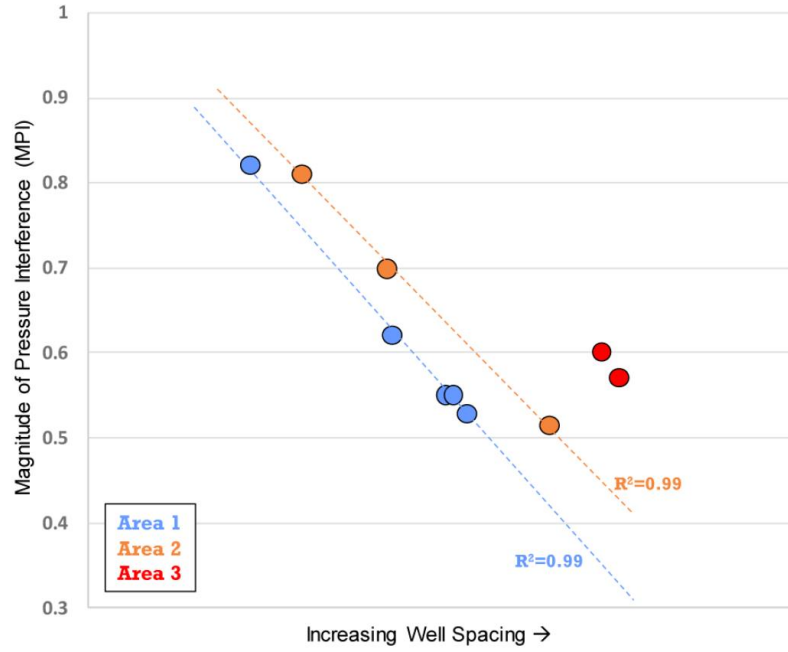
圖十、3H 井開始生產時鄰近井的壓力響應



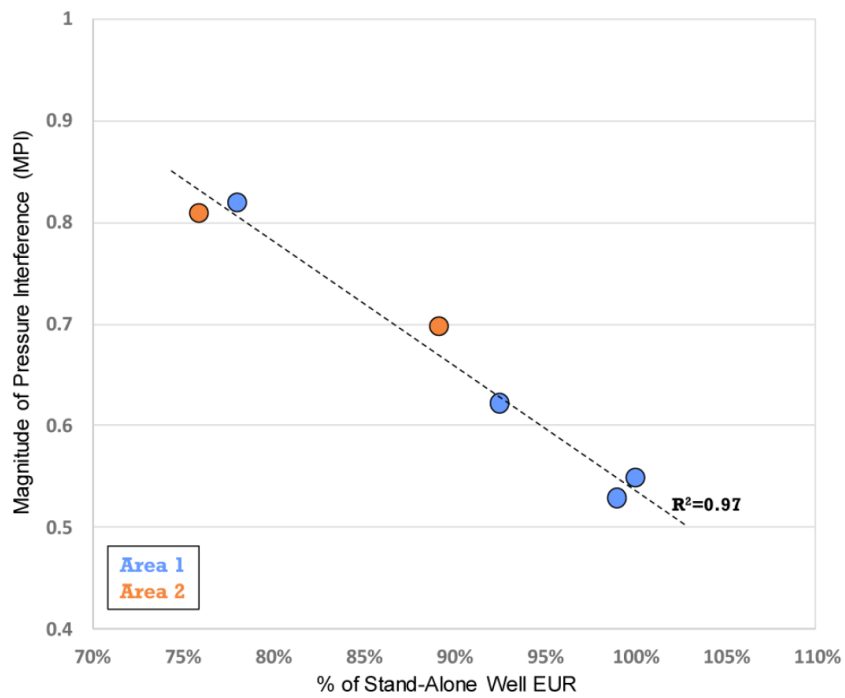
圖十一、四口井 CPG 比較圖



圖十二、3H 井至 5H 井存在較強岩石(Gc 高)；3H 井至 4H 井存在較弱岩石(Gc 低)



圖十三、MPI 值與井距的關係



圖十四、MPI 值與 EUR 的關係

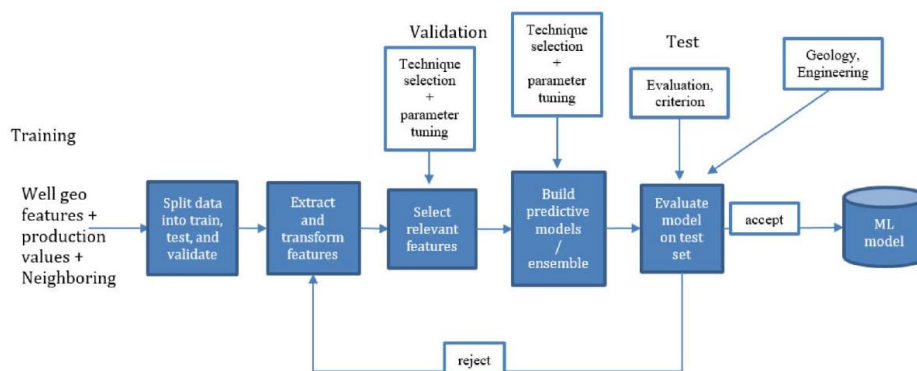
A Large-Scale Study for a Multi-Basin Machine Learning Model Predicting Horizontal Well Production

Salma Amr, Hadeer El Ashhab, Motaz El-Saban, Paul Schietinger, Curtis Caile, Ayman Kaheel, and Luis Rodriguez, Raisa Energy

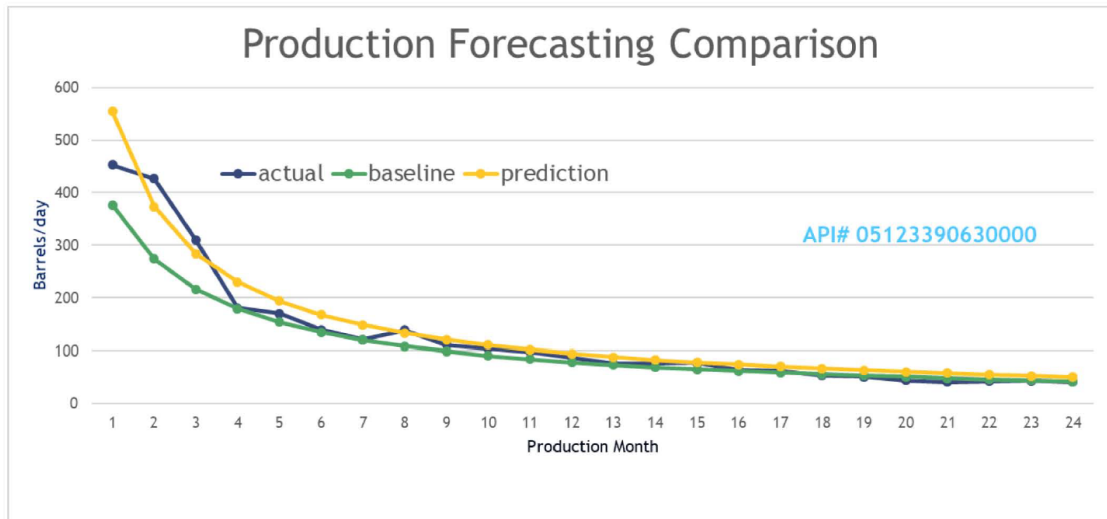
精確地評估剩餘埋藏量對於油氣井之經濟分析來說是相當重要的。本文使用 Machine Learning 流程，藉由已知生產資料、鄰近井等資訊預測非傳統水平井之每月產量，其中包括已生產井(PLs)及尚未生產井(NPLs)。對於傳統井而言，過去常用之評估方法為 Arps 遞降曲線分析，其流程需要頻繁之手動輸入，常造成參數上不必要的失誤及偏差，若能導向自動化流程，不但能降低人工上的失誤、縮短花費時間使整體過程更有效率，相較於人為更能提供一致性且非偏差之預測結果。Machine Learning 包含三種模型，每一預測因子為 q_i (初始產率)， d_i (初始遞降率)及 EUR(最終可採量)，每一模型預測出一個值，此值會與實際值和基線值做比較，並計算其精準度(Accuracy)，其算法如下所述：

$$Accuracy = 1 - \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N (|Predicted\ Quantity(well_k) - Ground\ truth\ quantity(well_k)|)$$

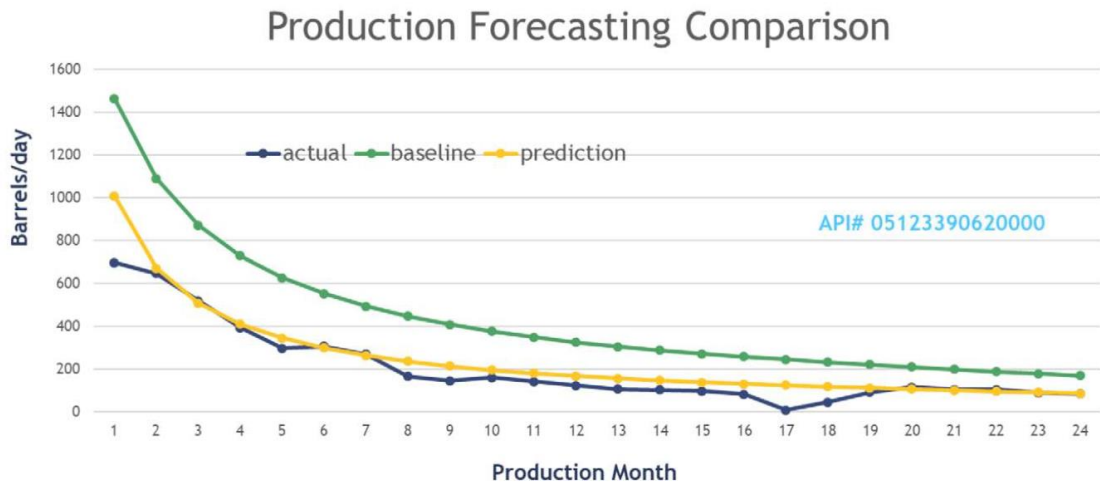
圖十五為使用 Machine Learning 進行生產預測之流程。圖十六及圖十七分別為不同井使用 Machine Learning 預測(黃線)、Arps 遞降曲線分析之基線結果(綠線)和實際生產值之比較，不同範例皆可得出 Machine Learning 預測結果較接近真實生產值，從表三來看，轉換為貨幣形態下亦可發現 Machine Learning 較符合實際經濟效益。



圖十五、Machine learning 進行生產預測之流程總覽



圖十六、Machine learning 預測與基線值和實際生產之比較(井範例 1)



圖十七、Machine learning 預測與基線值和實際生產之比較(井範例 2)

表三、假設油價每桶 50 美金，折現率 10%時轉換為貨幣型態之效益

Actual well value	Baseline Method value	ML prediction value
\$240K	\$512K	\$288K

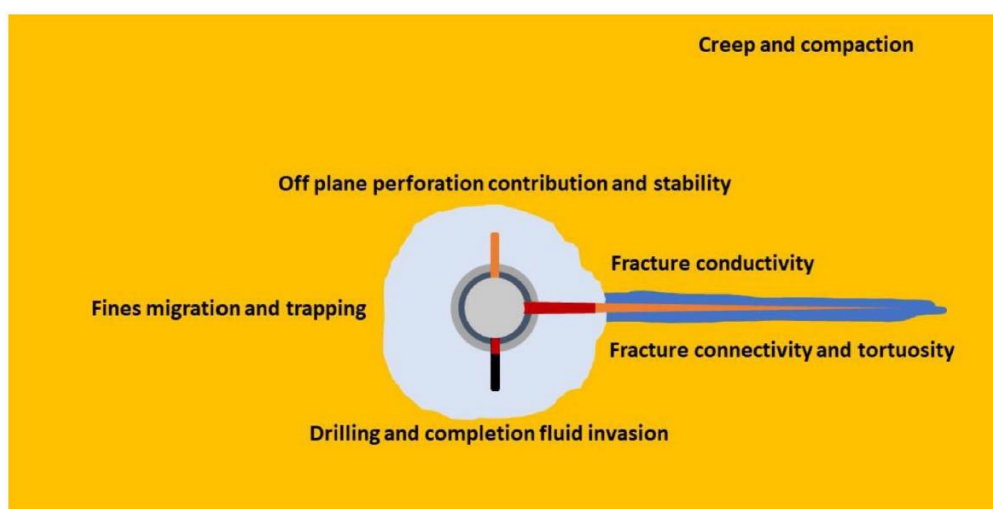
Assessing the Impact of Open Hole Gravel Pack Completions to Remediate the Observed Productivity Decline in Cased Hole FracPack Completions in Deepwater Gulf of Mexico Fields

Zaki, Karim and Li, Yan, Chevron ETC

Terry, Clinton, Chevron NA Upstream

本文挑選墨西哥灣某深水礦區中三口井，評估若改變完井方式是否對生產力指數(Productivity Index, PI)有所影響。普遍而言影響 PI 的機制可分為數種，如圖十八所示，包含穿孔穩定性、裂隙連接性與傳導率、鑽井及完井流體浸污地層、地層出砂、地層潛變及壓密。

根據實際礦區資料，該三口井皆以套管及液裂防砂(Casing Hole and FracPac, CHFP)完井，本文利用數值模擬軟體，先建立目前的生產井模型，以生產電測資料驗證其正確性，再於模型中模擬若調整完井方式為裸孔及礫石填充(Open Hole and Gravel Pack, OHGP)，並調整井孔周圍滲透率、浸污厚度與井程傾斜程度，確認各井之 PI 是否有所影響。研究結果發現，三口井的 PI 變異程度不一樣，影響 PI 變異的原因也不一樣，如表四所示，W3 井與 W2 井若改變完井方式，PI 會上升，且對井孔周圍的損壞情形較為敏感，對井程傾斜程度並不敏感，惟對 W1 井而言更改原有的完井方式，PI 不升反降，且對於各種參數改變皆不敏感。本文建立一套完井評估流程，考量各種對 PI 影響的參數，值得應用於公司自有礦區，使礦區修井完井評估更有依據也更有效率。



圖十八、影響生產力指數的因子

表四、比較各井差異

Well	Completion Type	Near Wellbore Permeability Damage	Damage Zone Thickness	Proppant Permeability	Well Inclination	PI Actual	P10 PI	P50 PI	P90 PI
W3	CHFP	CHFP	CHFP	3D to 600D	20°	2.2			
W3	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	20°		0.1	0.7	2.9
W3	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	55°		0.2	0.8	3.2
W3	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	20°		6.2	9.7	11.2
W3	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	55°		6.8	10.6	12.1
W2	CHFP	CHFP	CHFP	3D to 600D	20°	4			
W2	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	20°		5.3	10.4	10.9
W2	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	55°		5.8	11.4	12
W2	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	20°		10.6	10.9	11
W2	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	55°		11.7	12	2.1
W1	CHFP	CHFP	CHFP	3D to 600D	20°	9.9			
W1	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	20°		3.4	5.9	6.6
W1	OHGP	Same as CHFP	Same as CHFP	3D to 600D	55°		4	6.8	7.7
W1	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	20°		5.4	6.6	6.7
W1	OHGP	35% Less Damage	95% Less Damage	3D to 600D	55°		6.3	7.7	7.7
W1	OHGP	35% Less Damage	Same as CHFP	3D to 600D	20°		3.6	6.3	6.7
W1	OHGP	Same as CHFP	95% Less Damage	3D to 600D	20°		3.7	6.5	6.7

肆、心得及建議

本次奉派出國參加 SPE 年度技術研討會，除了油氣田生產模擬最佳化與歷史擬合技術之首要任務外，對於自動化系統、油氣層監測控制、防砂完井工程等議題獲益良多，於參展及交流部分亦有所體悟，茲提出以下幾點心得與建議：

一、有效利用數據改善企業營運與安全

本次會議之主題演講為「將大數據轉化為企業成果」，石油產業從過去發展至今，已累積龐大數據，在工程技術成熟且變化快速的現今，必須系統性地制定數據戰略，以有效利用龐大數據改善公司營運與安全。在石油市場更需要不同領域的資訊與統計，解讀競爭業者、經濟政策、下游需求與市場反應等趨勢，為公司做出方向正確的決策。

二、自動化流程以簡化例行性工作

在工程領域中可於鑽井與油氣井生產期間配合監控系統與自動化系統蒐集數據，並可引進人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與機器學習(Machine Learning)流程，將例行工作導向自動化，不但能降低人工上之失誤與節省時間，更能快速且有系統地分析出生產井之間的差異與缺陷，以提升營運之安全性、質量及效率。

三、鼓勵油氣探採工程人員與研究人員一同參與國際性研討會

對於研究人員而言，接觸工作大多為實驗量測及軟體評估模擬等項目，於實際現場技術操作層面相對較薄弱。若可與現場工程人員一同參與國際性研討會，不但能互相交流現場見聞，尚能提升知識不足處；在與國際石油公司或廠商討論現場技術層面時，亦能掌握公司現況及目前最新技術。此舉有助提升現場技術部門及研究部門之橫向聯繫，以促進公司內部合作交流。

四、增加赴國際合作夥伴原廠之機會，接受培訓或人才交流

會中最受用的莫過於與國際石油大公司及廠商互相交流，以實際處理過之案例及面臨問題進行相關意見諮詢討論，而專業人員亦會以其豐富之實務經驗給予建議及應對方案，透過交流增加合作機會。然時間有限，單位可多安排赴國際合作夥伴原廠的計畫，以外文接受培訓或人才交流，將能大大提升國際性視野與眼界，對於精進本公司探採方面相關人才實有助益。

五、F 構造未來開發生產之與會建議

經由此次會議，得出與 F 構造未來開發生產相關之心得與建議，茲摘要如下：

1. F 構造為裂隙地層，目前商業模擬軟體較少涵蓋到天然微裂縫的完整建模，本次計畫建模初期有遇到類似困難，與會過程中亦看到類似的案例是經由自行建立控制方程式與設計軟體解決，可供日後研究人員作為研發參考。
2. 認識數值模擬方法進行模擬岩石樣品及實驗機制案例，於 F 構造岩心樣本不足情形下，未來可考慮發展電腦模擬岩心實驗。
3. 瞭解出砂預測模型，以流體流動、岩石孔隙彈性與塑性耦合方程式推估未來出砂可能性，與目前評估出砂模式略有不同之處，得以借鏡參考。
4. 認識油氣層監測之新興技術，於生產初期監測，並透過量化壓力干擾技術，讓決策者可在早期快速地做最佳評估，並有信心地預測長期井況。
5. 瞭解完井評估流程，考量各種對 PI 影響的參數，值得應用於 F 構造及國內外自有礦區，使礦區未來修井完井評估更有依據也更有效率。