

出國報告（出國類別：其他）

SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：張國峯 石油開採工程師

派赴國家：印度尼西亞

出國期間：106年10月16日至10月20日

報告日期：106年11月15日

摘要

本出國計畫為因應 106 年度石油基金計畫「鳳山構造氣井完井設計與生產開發規劃研究」，參加油氣資源生產開發相關研討會。針對鳳山氣井出砂問題洽詢新技術應用，並評估液裂防砂完井技術應用於鳳山氣井之可行性。

SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會原先預定於印尼巴厘島舉辦，由於當地火山噴發危機，臨時更改舉辦地點至印尼首都雅加達。本次研討會主題為「於低油價時代中降低成本、維持獲利」，當油價由高點轉向低點時，石油公司可透過推動資訊管理數位化；加強部門間的橫向聯繫；擴展跨公司的合作交流，以及改變公司文化。

研討會中與「鳳山構造氣井完井設計與生產開發規劃研究」相關之報告議題包括第一天油層生產動態模擬、產層輔助分析。第二天有水力壓裂新技術，與鑽井及完井部分，第三天則有非傳統儲集層特性討論。本研討會同時涵蓋油氣探勘、開發、鑽井、生產、增進採油技術研發與應用，因此透過本研討會，可直接與具當地背景實務經驗之專家學者進行交流，有助於提升本公司南部地區泥質砂岩氣井完井技術。並可提高整體效率，對於鑽井技術之提升勢必有所助益。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的.....	3
貳、 過程.....	4
參、 具體成效.....	8
肆、 心得及建議	14

壹、目的

台灣中油公司於鳳山構造鑽獲油氣，其主要目標層為固結性不佳之泥質砂層，該目標油氣層細粒百分比甚高，因此防砂問題在技術處理上較為複雜。此層生產時易發生出砂，不但影響生產，而且對井內管串及地面設備造成磨蝕，對於生產井之壽命產生極大之衝擊。一般傳統之防砂方式，如單獨置放篩管，其開孔往往不夠小，無法有效防止細小顆粒進入生產管串而失去防砂的效果。有鑒於鳳山構造為本公司未來重點探勘目標區，因此擬針對此種特性之儲集層岩性進行其防砂技術之研究，俾能在兼顧經濟效益的同時，將此技術應用於類似情況生產井之防砂作業。

本次參加之「SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會」，為亞太地區今年度最大石油天然氣會議，會議主題主要探討亞太地區之油氣資源、新油氣生產技術應用以及在低油價時代下降低生產成本，維持石油行業競爭力。透過參與本研討會，可瞭解油氣資源生產開發最新技術發展與應用現況，並吸收油氣田技術服務公司的豐富工程實務經驗及蒐集世界各國在探勘、開發、鑽井、生產與強化採油等最新技術，並將此技術嘗試應用於鳳山氣田、及其他國內、外石油或天然氣礦區上，期望解決礦區生產所遭遇的問題或是增進目前油氣生產礦區的生產量，以降低生產成本並提高採收率並提升本公司在相關領域之應用技術。

貳、過程

本次出國任務為期五天，主要行程為參加 10/17 至 10/19 舉行之「SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會」。會議舉辦地點原定於印尼巴厘島，由於受到巴厘島火山噴發影響，會議舉辦地點臨時更改至印尼雅加達，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
106.10.16(一)	1	台北-印尼雅加達	往程
106.10.17~106.10.19 (二)~(四)	3	印尼雅加達	參加 SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會
106.10.20(五)	1	印尼雅加達-台北	返程
合計	5 天		

1. SPE亞太地區油氣資源生產開發研討會會議簡介

SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會原先預定於印尼巴厘島舉辦，由於當地火山噴發危機，臨時更改舉辦地點至印尼首都雅加達，研討會會場設於國家體育場旁之 Mulia Senayan 飯店，距離雅加達機場約 50 分鐘車程。大會會場可分為報到處(如下圖一)、主展場及會議室(如圖二、圖三)，主展場位於一樓，而會議室位於會場五樓，共六間會議室可進行報告，在主展場亦有電子簡報展出。

本會議之主要活動為主展場及五樓會議室，會議室開放時間為早上九點至下午五點半，每日上午及下午各分為兩個時段，最多同時有六間會議室內舉辦研究論文發表，此次大會於會後也提供研究論文之電子檔，共計 250 篇。主要報告人包括國際石油學校(如 University of Oklahoma, University of Calgary 等)、石油公司(如 BP, PETRONAS, Shell 與 Total E&P 等)、石油服務公司(如：Halliburton, Baker Hughes 與 Resman 等)與國營石油公司(如 PTT、CNPC)等。



圖一、報到處



圖二、主展場



圖三、會議室

2. SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會議程介紹

本次研討會中與「鳳山構造氣井完井設計與生產開發規劃研究」相關之主題包括第一天油層生產動態模擬、產層輔助分析。第二天有水力壓裂新技術，與鑽井及完井部分，第三天則有非傳統儲集層特性討論。因同時間有六場論文進行發表，同時段僅能選擇與本次出國任務目的最相關之主題進行參與，包含：

1. Executive Plenary Session: Energy Resilience through Efficiency, Collaboration and Technology - 開幕演說：提升效率、加強校正與善用新科技；
2. Simulation, Artificial Intelligence and Modelling: Enhanced Simulation Workflows and Optimisation- 人工智慧與提升油層模擬效率；
3. Production Optimisation in Brownfields: Finding Values in Your Own Backyard - 邊緣型礦區生產開發最佳化：尋找被隱藏的價值；
4. Well Intervention and Data Acquisition - 井測資料解釋與獲取；
5. Near-Wellbore Reservoir Assessment - 近井眼油層模擬評估；
6. Stimulation and Hydraulic Fracturing - 激勵生產及液裂設計；
7. Unconventional - Drilling and Completions - 非傳統鑽完井設計；
8. Pore Pressure, Wellbore Stability and Drilling Fluids - 地層壓力、井壁穩定與鑽井液。

發表會論文內容涵蓋探勘、開發、鑽井、生產與強化採油等相關議題，發表總數接近四百份，本次會議最後論文發表於第三日下午三點半結束，並於會後舉辦 SPE 年會 60 周年慶。整體會議行程十分緊湊。

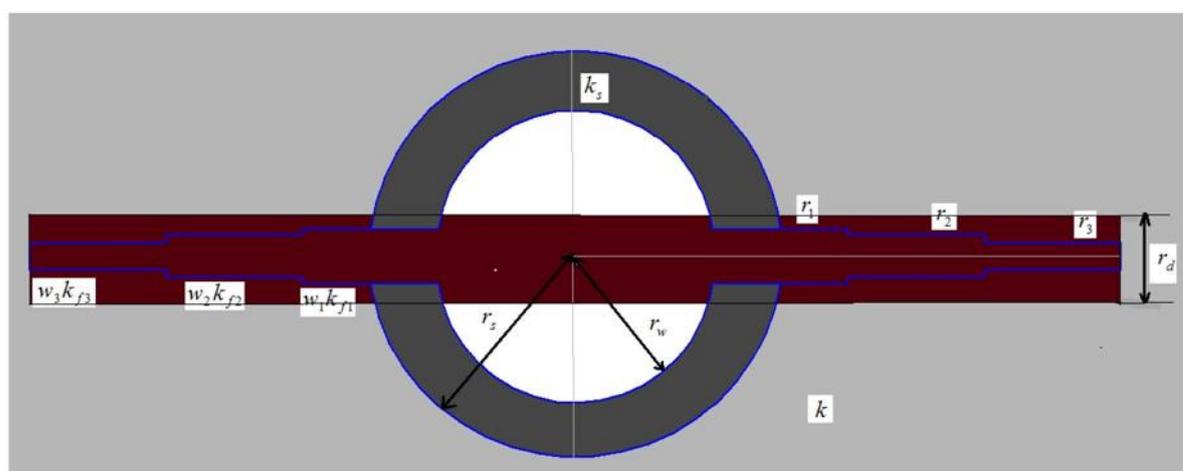
參、具體成效

因同時間有六場論文進行發表，同時段僅能選擇與本次出國任務目的最相關之議題進行參與，無法完全參與所有討論會，以下節錄報告重點。

SPE-186297-MS

Hydraulic Fracture Design and Well Spacing Optimization for Gas-Condensate Reservoirs

在液裂設計和優化過程中，進行裂隙模擬時為了便於分析，往往忽略凝結油在裂隙中形成多相流動的影響。此一作法可能對分析結果和計算結果產生巨大變化。本研究建立一個使用於非傳統油層進行液裂設計時，納入凝結油因子的數值解析模型，如圖四。同時使用 Schechter 方法估算最佳裂縫設計，並評估凝結油堵塞孔隙的影響。圖五顯示在單相流體地層中人工裂隙半長與注入支撐劑量對於模擬與數值解析比較結果。圖六則顯示兩相流體地層中人工裂隙半長與注入支撐劑量對於模擬與數值解析之比較結果。

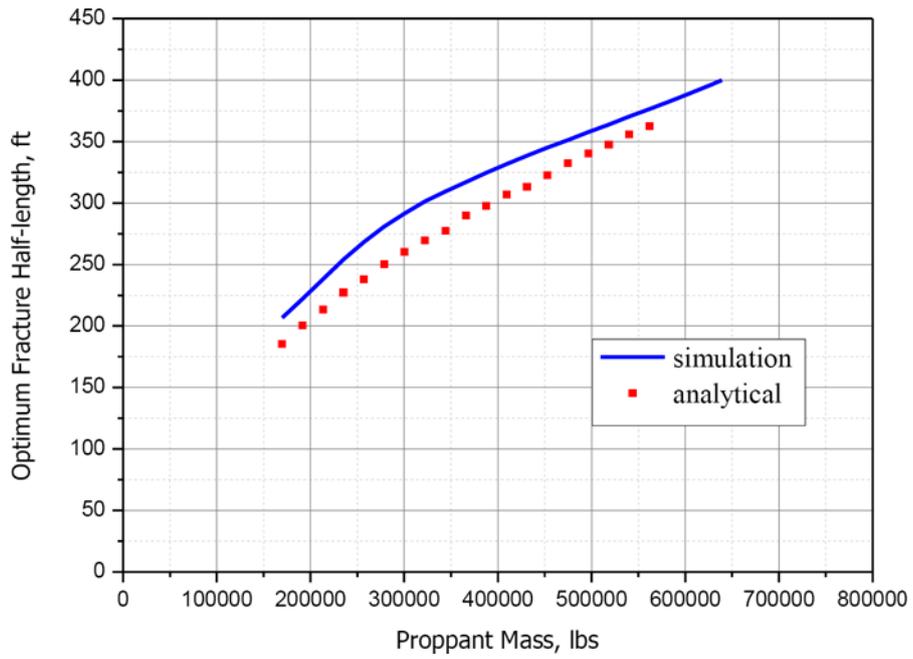


$$J = \frac{q}{P_e - P_{wf}} = \frac{2\pi h}{\mu \int_{r_w}^{r_s} \frac{dr}{rk(r)}} = \frac{2\pi h}{\mu \rho_w RT \int_{r_w}^{r_s} \frac{dr}{rk(r)}}$$

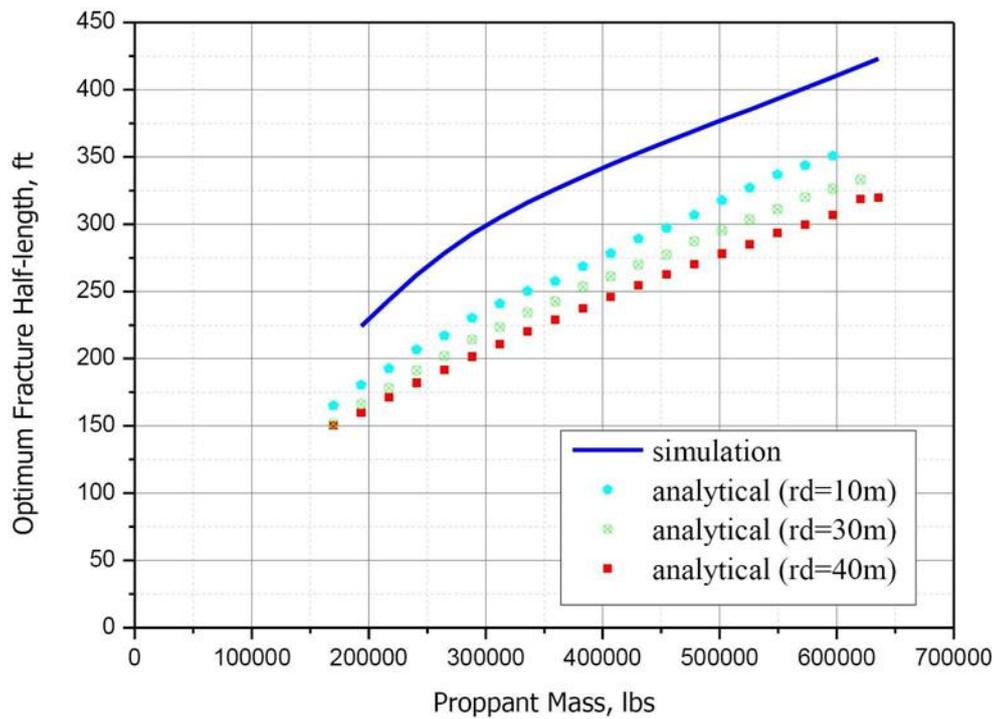
$$k(r) = k \left(1 - \frac{r_d}{\pi r} (1 - k_{rg}) \right) + \frac{w_f}{\pi} (k_f - k)$$

$$J_{cf} = \frac{2\pi h}{\mu \rho_w RT \int_{r_w}^{r_s} \frac{dr}{r \left[k \left(1 - \frac{r_d}{\pi} (1 - k_{rg}) \right) + \frac{w_f}{\pi} (k_f - k) \right]}} \quad L_{opt} = \frac{-kr_d(1 - k_{rg}) + \sqrt{\frac{\pi k v_p d_D^2 \phi_f^3}{300h(1 + \phi_f)(1 - \phi_f)^2}}}{\pi k - \frac{(k_{rg}(1 - k_{rg}))^2 \cdot 300h(1 + \phi_f)(1 - \phi_f)^2}{d_D^2 \phi_f^3}}$$

圖四、裂隙半長與地層滲透率 k 數值解析模型



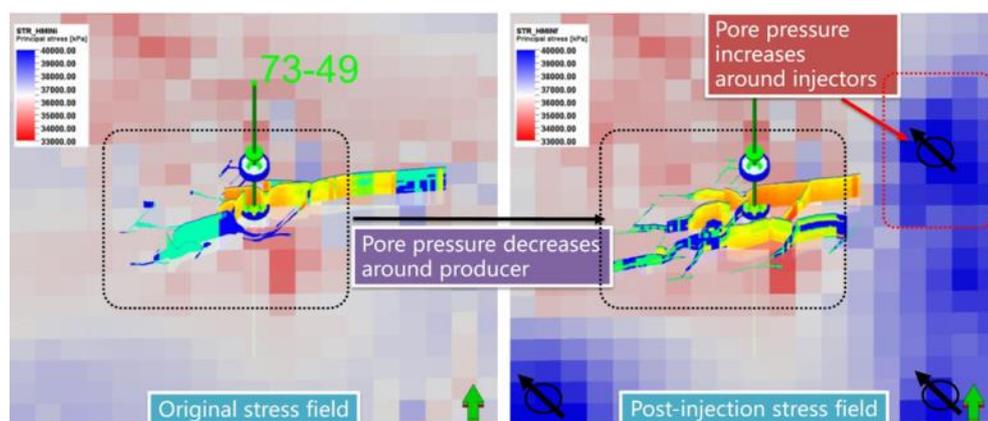
圖五、單相流體地層中人工裂隙半長與注入支撐劑量對模擬與解析比較結果



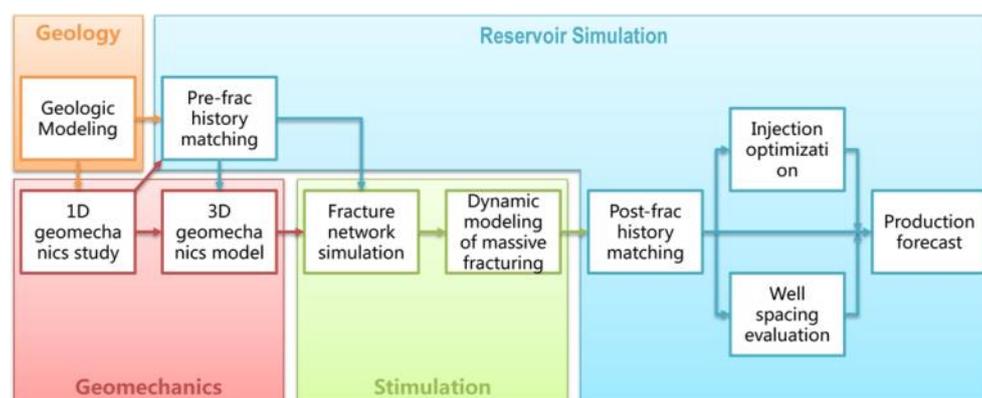
圖六、兩相流體地層中人工裂隙半長與注入支撐劑量對模擬與解析比較結果

Massive Fracturing Evaluation to Different Well Patterns for Daqing Tight Oil Reservoirs

大慶油田在經歷 50 年的生產歷史後，傳統油井的產量已明顯下降，因而改以液裂增產緻密砂層為主。液裂產生之人工裂隙在經過若干年後便會逐漸閉合，因此有必要進行二次液裂以作為增加產量的手段，本文提出了施作二次液裂時結合儲層特性和工程參數的新工作流。這一新工作流的優勢在於可以考慮液裂歷史資料中，地層壓力變化(圖七)，流體和支撐劑等方面的相互作用。在模擬過程中以上因子皆對二次液裂產生很大的影響。同時，井間距和泵注程序的控制可影響裂縫走向，以求得更大的增產效益。二次液裂設計工作流如圖八。

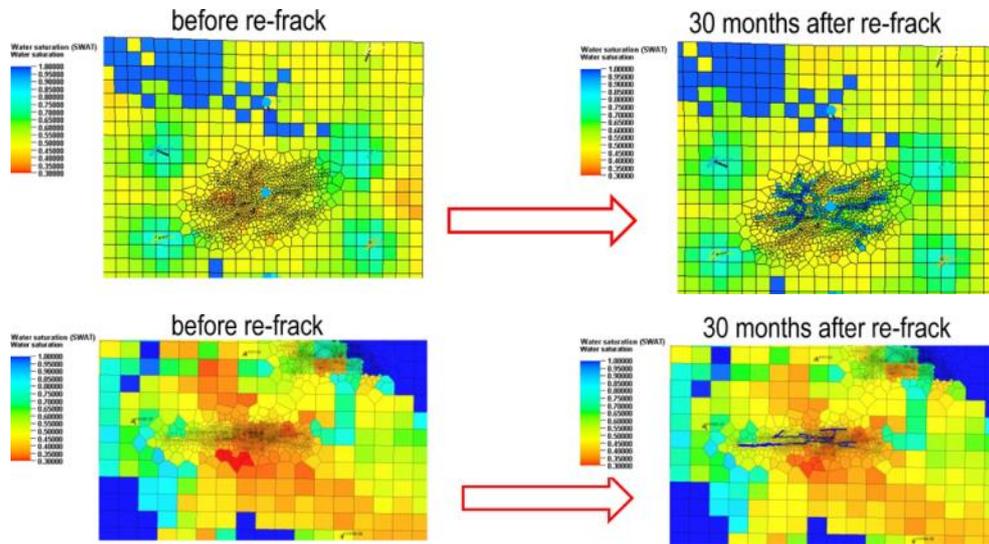


圖七、液裂歷史地層壓力變化

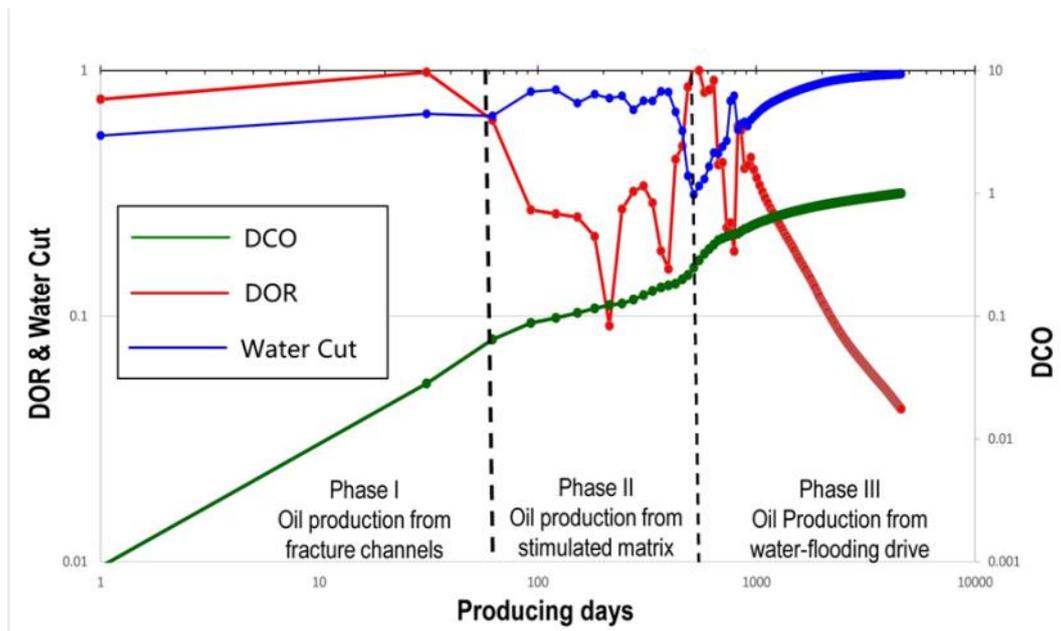


圖八、二次液裂設計之工作流

二次液裂的成果如圖九，在重新進行液裂後 30 個月人工裂隙依然保持良好的流通性。二次液裂後原油產能變化如圖十。



圖九、二次液裂後 30 個月裂隙連通示意圖

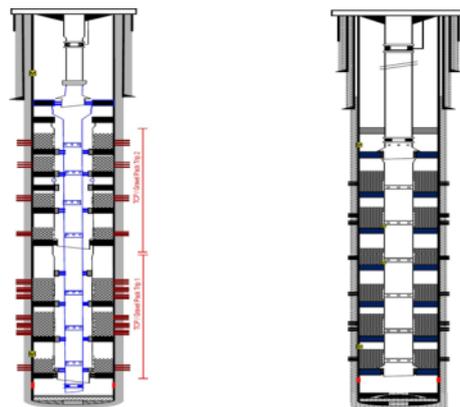


圖十、二次液裂後原油產能變化

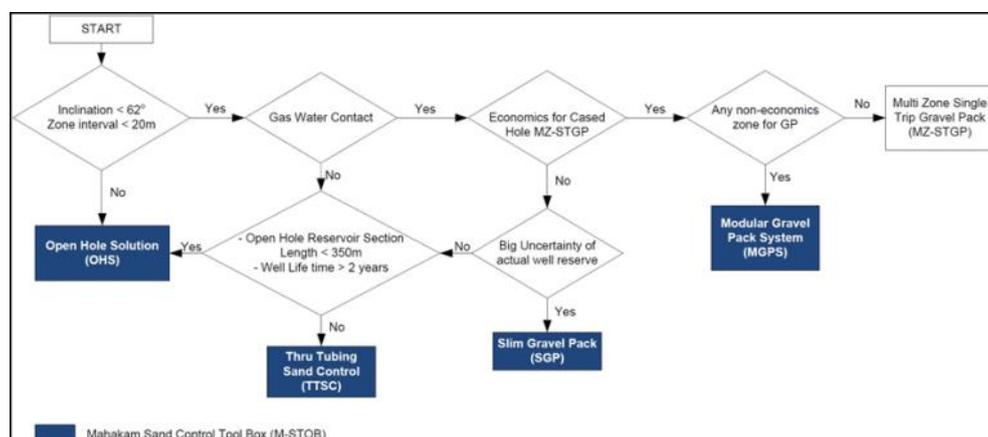
Multiple Sand Control Solution to Adapt Well Productivity and Reserves by Using Mahakam Sand Control Tool Box

多層單串礫石填充完井(Multizone Single Trip Gravel Pack, MZ-STGP, 圖十一)已被 Total E&P Indonesia 廣泛使用作為主要防砂完井系統，至今已施作超過 250 口井。然而該系統面臨了地質不確定性較高的邊緣型礦區開發問題。

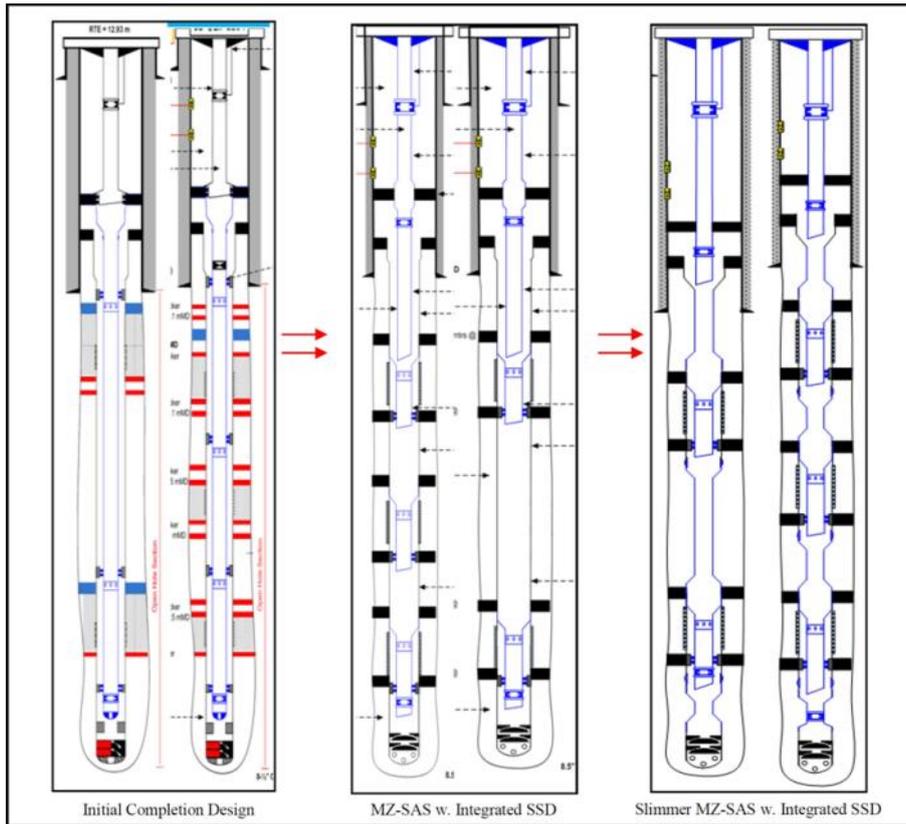
為了確保良好的經濟性，需要準備多套完井系統作為 MZ-STGP 的替代方案對應實際的生產量。以便在短時間內取代 MZ-STGP，減少鑽機待機時間。作為 MZ-STGP 能力和靈活性的替代解決方案，本文建立 Mahakam 防砂工作箱作為解決上述問題的替代解決方案。其由四個主要解決方案組成，模塊化礫石填充系統(圖十二)，裸孔礫石填充(圖十三)，微型礫石填充和直通管防砂。Mahakam 防砂工作箱決策樹如圖十一。通過這些解決方案，以期在短時間內可根據實際的產能靈活調整架構。



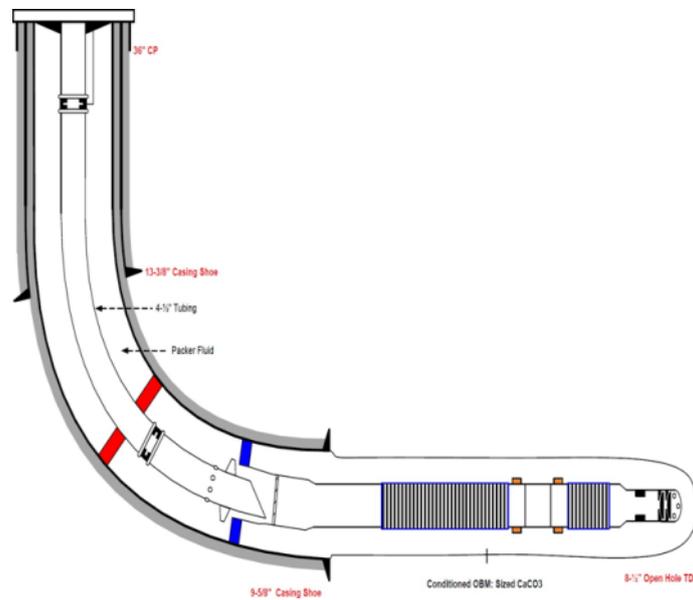
圖十一、多層單串礫石填充完井系統



圖十一 Mahakam 防砂工作箱決策樹



圖十二、模塊化礫石填充系統



圖十三、裸孔礫石填充

肆、心得及建議

本次奉派出國參加 SPE 亞太地區油氣資源生產開發研討會，對於生產成本控制、液裂增產技術、防砂完井工程等獲益良多，茲提出以下幾點心得與建議：

一、低油價時代石油公司應對策略

本次研討會最為熱門的議題莫過於低油價時代該如何降低成本、維持獲利。當油價由高點轉向低點時，石油公司政策亦由發展(Development)轉為發現(Discovery)，具體作法包括推動資訊管理數位化；加強部門間的橫向聯繫；擴展跨公司的合作交流，以及改變公司文化。

二、4C&D 成本效益提升策略

近年來各大石油公司紛紛提出經營改善計畫，其中以 TOTAL 公司提出的 4C&D 最為受到關注。4C&D 即為 Change Culture, Compete on Costs, & Deliver，TOTAL 公司於 2015 年建立此策略後由上到下改變公司文化，成功降低了 20% 的礦區開發成本，其要點有：

1. 安全永遠放在首位，任何工安事故皆會嚴重延誤計畫時程。
2. 強化管理者以及執行者於企劃時限內、預算內達成目標付諸實行的意識。
3. 建立預算管控紀律並嚴格執行。
4. 動態計畫管理，持續追求最大效益。

三、礫石填充完井面對的問題

礫石填充防砂完井技術由於其礫石填塞範圍僅限於井孔周遭，無法形成足夠長之洩壓路徑。如前章節所述，目標產層因其固結性不佳，生產壓差過大將導致岩體崩落，最終堵塞油氣通道使得防砂失效，因此建議採用液裂技術進行鳳山氣井防砂完井。

四、採用液裂技術進行鳳山氣井防砂完井

液裂防砂技術主要藉由一系列泵注程序，將液裂流體泵入穿孔後之井內。當接觸地層之流體液壓大於地層破壞應力時將會裂開地層產生暫時性之人工裂縫。接著將支撐劑填塞至水力壓裂產生的裂隙中，建立高滲透率且穩固之

油氣通道，取代井孔周圍固結性不佳之原始地層。同時透過延長油氣自地層進入生產管串的路徑。降低油氣生產時地層差壓梯度，使其低於該岩體出砂臨界壓降，便可達到防砂的效果，同時亦會帶來可觀的增產效益。然而，由於鳳山礦區油氣偏向 lean gas，須注意裂隙通道流壓，若其低於露點壓力將產生凝結油影響油氣流動能力。