

出國報告（出國類別：其他）

SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議
暨非傳統油氣新技術學習研討
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：黃啟倫 石油開採工程師

派赴國家：印度尼西亞

出國期間：106年10月17日至10月19日

報告日期：106年11月6日

摘要

為落實「老油田新觀念」，以新技術來提高國內油氣蘊藏量，本公司除積極探勘與開發國內陸上與海域之既有油氣田外，亦長期學習國外非傳統資源技術。近年非傳統技術以液裂技術作為目標之一，並積極爭取在台灣使用液裂技術開發油氣田的機會，在國內陸上近期亦針對舊有氣田，如錦水、鳳山地區氣田，進行液裂增產可行性評估，本單位於 107 年度之軟體預算中，亦有編列液裂軟體之預算，期望未來實際在台灣能有執行液裂增產的機會。

經過多年的努力，本公司在油氣探勘與生產開發領域，具有豐富的實務經驗與專業人力。然而，近年油價處於相對低點，如何在資源有限的環境下，將開發量達到最大化，新技術的導入扮演十分重要的腳色。非傳統技術發展在於目前低油價時期，進步速度會相對緩慢，加上服務公司也相對容易引進，因此現階段積極吸收國外非傳統油氣探勘新技術，同時認識非傳統油氣服務公司及供應商，可加速公司本身非傳統技術之推展。本出國計畫係參與 SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討，針對非傳統相關之研究論文發表，瞭解非傳統技術之成功關鍵，與目前突破的方向及相對應之困境，以利於後續進行非傳統探勘時，能清楚掌握關鍵技術。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的	3
貳、 過程	4
參、 心得及建議.....	18

壹、目的

本次參加「SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討」，為亞太地區今年度最大石油天然氣會議，主要探討亞太地區之油氣資源，考量公司內部目前有澳洲普陸(PreLUDE)地區及台潮地區有開發或潛在開發案，在參與會議同時亦能瞭解到國外油公司對於台灣周圍海域油氣藏開發之意願，也能兼顧到吸收非傳統油氣資源開發之新技術。

此次出國與會主要目吸收國外非傳統油氣開採技術，而此次非傳統技術部分包含液裂技術、非傳統鑽完井技術、非傳統儲集層特性討論，以及與台灣海峽開發案有關係的，深水鑽井及海下作業技術討論。

目前台灣如火如荼的地熱再生能源，液裂技術也扮演地熱井修井及創造人工裂隙的選項之一，今年公司也將地熱能源開發規劃至新能源開發的研究項目內，加以國內舊氣井也考慮引進相關技術，故藉此出國機會多蒐集相關技術，可對於目前液裂方式選擇、技術及成本考量具有更明確的概念，同時可應用於非傳統資源、地熱開發、油氣田增產等三個方面。

貳、過程

本次出國為期五天，詳細出國行程如表一所示，主要行程為參與 SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討，會期為三天(10/17 至 10/19)，內容涵蓋非傳統資源技術，另會場也展出包含技術展覽、電子簡報(e-paper)、研究論文發表，該會場包含展場及五間可容納百人的會議室，展場入場時間為早上十點至下午一點，會議室開放時間為早上九點至下午五點半，最多同時有八間會議室同時發表研究論文，此次大會於會後也提供研究論文之電子檔，共計 250 篇。

表一、出國行程

日期	地點	工作內容
106.10.16	台灣-印尼雅加達	啟程
106.10.17~ 106.10.19	印尼雅加達	參加「SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討」
106.10.20	印尼雅加達-台灣	返程

一、 SPE/IATMI亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討

SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討，本次原先預定舉辦於印尼巴厘島，但遭遇到當地火山爆發危機，臨時改地點為印尼首都雅加達，大會可分為報到處(如下圖一)、技術展覽、電子簡報與主題式報告，此次參與部分，主要為技術展覽與主題式報告，技術展覽部分有印尼當地石油公司 (Indonesia Pavilion)介紹印尼當地石油開採歷史與目前發展主力，其餘也有國際知名石油服務公司，如 Baker Hughes, Schlumberger Indonesia, 3J Offshore, Resman & Restrack 等，可能因為臨時改地點，造成技術展覽廠商幾乎沒有現場實體器材展示，僅能仰賴口頭與廣告單瞭解廠商新技術。

Resman & Restrack 主要技術為智能油氣追蹤技術，應用於定向鑽井方面，主要使用方式為，感應器一旦接觸到油氣就會持續被啟動，並且持續往油氣方向定位，藉以增加油氣層接觸面積，此感應器的優點包含無線操作、十年壽命、低濃度化學循環液，相當於簡化版本的隨鑽電測效果，而此廠商在台灣並沒有代理商或是分公司。

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 CNPC)等，此次大會合作夥伴如圖二所示。



圖一、報到處



圖二、SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討

資料來源：<http://www.spe.org/events/en/2017/conference/17apog/homepage.html>

二、 SPE/IATMI亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討會場介紹

此次大會主要分為展場及會議室(如圖三、圖四)，主要展場位於一樓，而會議室位於展場之五樓，共六間會議室同時報告，如有遺漏或因同時報告而作取捨的報告，在展場亦有電子簡報的部分

本次參加之主要活動為九點後展開(如表二)，於展場及五樓，最多同時有五間會議室內舉辦研究論文發表，而其中一間會議室則用來舉辦座談會，邀請各大石油及石油服務公司進行領袖座談，暢談如何因應低油價時期，而展場則是 10 點半後開放入場，但因場地較小導致參加廠商較少，廠商亦有定時介紹說明與大會提供電子檔案報告(e-paper) (如圖四)。

最後一天原定下午三點半結束，但展場五樓舉辦 SPE 年會 60 周年慶，因此大會結束時間仍為下午五點至六點間，視各會議室時間表差異，加上論文發表總數接近四百份，所以三天發表時間都十分密集、緊湊。



圖三、大會報名及簽到現場

表二、會場時間表

日期	會場時間	內容
10月17日	• 09:00~17:30	• 展覽、研究論文發表
10月18日	• 09:00~17:30	• 展覽、研究論文發表
10月19日	• 09:00~15:30	• 展覽、研究論文發表

資料來源：<http://www.spe.org/events/en/2017/conference/17apog/homepage.html>



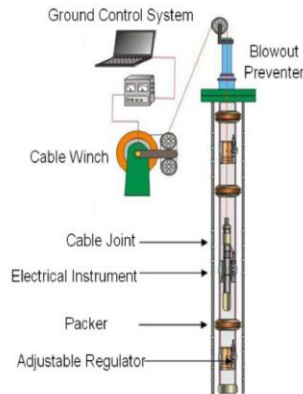
圖四、展場內部

參、具體成效

此次研討會報告內容及範圍主要針對東南亞地區，內容包含非傳統資源相關技術，其中與印尼當地之煤層氣與皆涵蓋其中，會後大會亦提供電子檔案共計 396 個檔案，因派員人數、場地與時間關係，無法完全參與所有討論會，以下節錄報告重點。

SPE-186939-MS 文中，作者設計高分子藥劑注入實驗，分別以不同設備注入、單點注入與多點分層比較方式，並在地表設置設備用以監控注入量與情況(如圖五、

表三)，分析注入點數量與注入方式，在最短時間內與容許影響程度範圍，找出最佳的搭配方案。

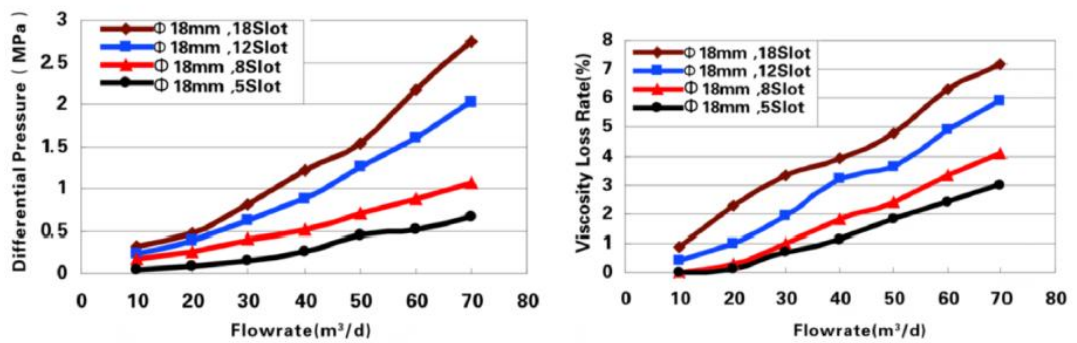


圖五、監測高分子藥劑注入設備

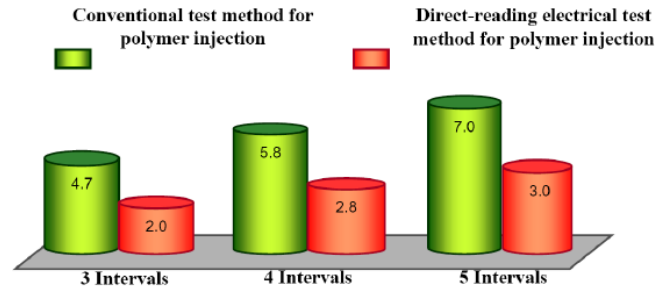
表三、數種注入方式對壓差、黏度及成功率之影響

Type	Differential Pressure	Viscosity Loss Rate	Fishing Success Rate
Cone Spindle rod	0.05	6.9	87%
Spindle rod	1.12	7.6	18%
streamline slot	1.30	5.6	100%

作者分析多點注入數量對壓差的影響，由下列結果可知同時注入數量越多，對於壓差影響越大(如下圖六)，但注入後各層的分布也會越平均，而同時注入可以節省的時間，會隨分層數量越多，所節省的時間越多(如下圖七)。



圖六、多點注入對壓差、粘度之影響



圖七、傳統注入與多點注入所耗費的時間差異

SPE-186880-MS 文中，作者討論 CO₂ 對於化學沖排的影響，得出水中 CO₂ 越高造成 pH 值越低(表四)，或是 CO₂ 溶解度越高，造成化學藥劑黏度也隨之越低(表五)，在此案例下，因為高含量的 CO₂ 造成化學藥劑的黏度下降，為了彌補粘度下降的影響，而外添加了化學藥劑的量，以達到原先預期的強化驅油效果，但也使得成本上升，影響經濟分析模型。

表四、CO₂ 溶解度與 pH 值影響程度

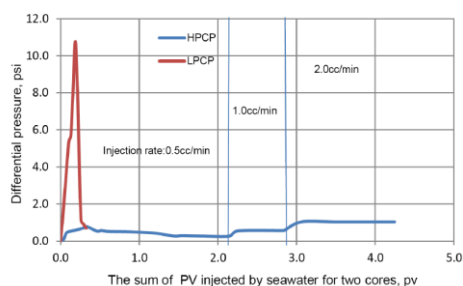
CO ₂ Mole Fraction	pH
0.0018	6.03
0.0036	5.56
0.0054	5.35
0.0072	5.21
0.0090	5.10

表五、pH 值與黏度的影響程度

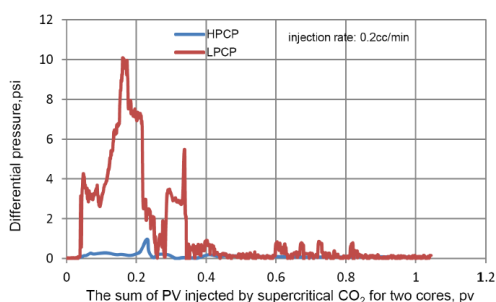
pH	Fraction of Viscosity retained
7.0	1.00
6.0	0.90
5.6	0.85
5.3	0.80
5.2	0.75
5.1	0.70

SPE-186381-MS 文中，作者研究超臨界狀態下的 CO₂ 對於海水沖排的影響，在沖排突破後對後續壓差有明顯差別，而以結果論而言，使用兩種溶液沖排後(圖八、圖九)，相似的部分為，高滲透率岩心其表現為低壓差與掃排面積較大(本文使用核磁共振儀器判斷)，也獲得較多的油採收率，而超臨界狀態下的 CO₂ 具有較強的突破能力(多次突破)，可獲得更多的油採收率；在兩種混溶液同時注入下，隨著注入量提高，壓差(200psi)也隨之逐漸提高，造成 CO₂ 膠也逐漸形成，阻塞原先高滲透

區的部分，並強化低滲透率區的部分，進而提升整體掃排區域面積。

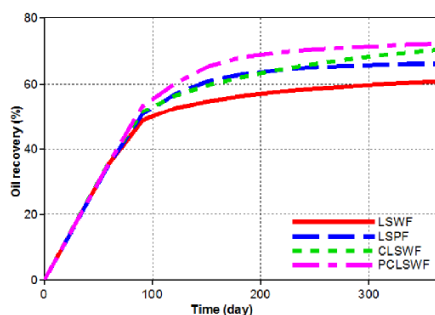


圖八、海水冲排高低滲透率岩心



圖九、超臨界狀態 CO₂ 混溶液冲排高低滲透率岩心

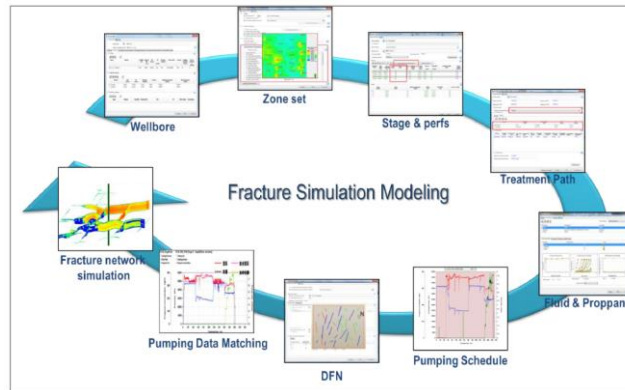
SPE-186411-MS 文中，作者根據(Ghedan, 2009)利用 CO₂ 作強化驅油(EOR)，以有 40 年歷史之久，其效果包含原油體積膨脹、原油粘度下降、原油密度下降、表面張力、潤濕度性質(wettability)改變，並設計實驗，細分出鈣離子含量(低鹽分)、水冲排、化學冲排之參數，藉此將實驗分成四大類：低鹽分水冲排、低鹽分化學冲排、低鹽份碳酸水冲排及低鹽度碳酸水混合化學冲排，並藉由模擬結果來分析與原油回收率的關係，如圖十所示，經過碳酸化的水，冲排回收率效果都較原先為高。



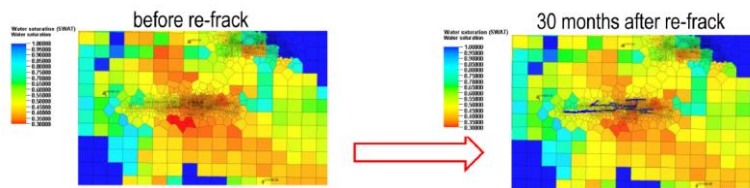
圖十、低鹽分水冲排、低鹽分化學冲排、低鹽份碳酸水冲排及低鹽度碳酸水混合化學冲排之回收率比較(模擬結果)

SPE-186411-MS 文中，作者以大慶油田為例，在經歷 50 年的生產歷史後，傳統油井的產量已明顯下降，而逐漸改以非傳統油井方式為主，其中主要非傳統部分為緻密砂層，因此液裂工程為主要增加產量的手段，此文的主要探討為針對液裂過的井，對於如何再液裂的考量，如下圖十一。

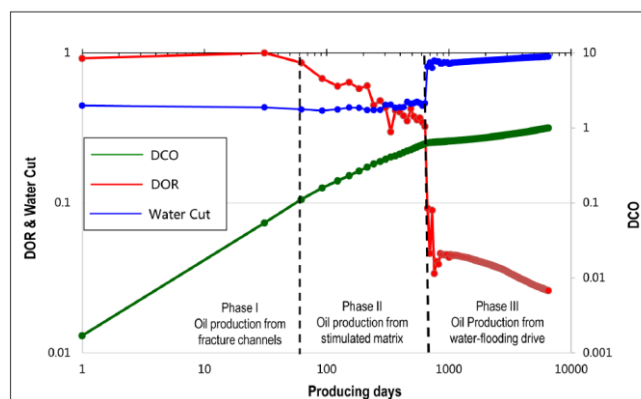
理想的情況如圖十二，周圍水不會受到液裂而進到產區，但保持在周圍維持壓力，而產量如圖十三，在高產量時不會受到水侵影響，直到原油產量下降。



圖十一、液裂模擬評估方式



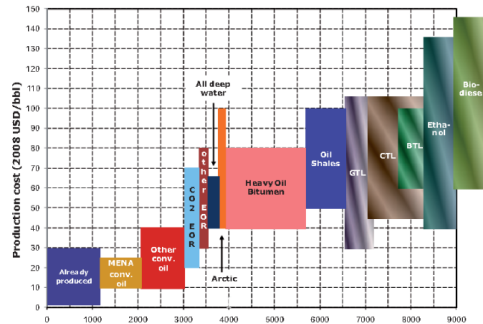
圖十二、液裂後裂隙連通示意圖



圖十三、液裂後原油生產率圖

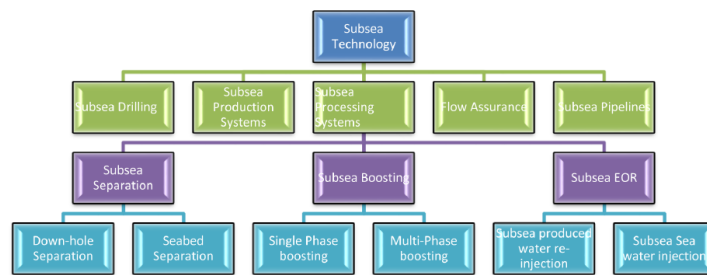
SPE-186232-MS 文中，為改進深水用馬達，以期降低深水鑽井之生產成本，根據下圖十四，目前主要各種油源生產成本比較可知，深水鑽井部分成本較傳統陸

上鑽井採油為高，而作者參考圖十五，並選擇以改善幫浦效率藉以縮短工時，達到降低成本的目標，而混相的幫浦傳輸效率差，藉由氣液分離器在分相傳輸可達較高效率，並選用數種幫浦機種方式作為比較。



圖十四、各種原油生產成本比較

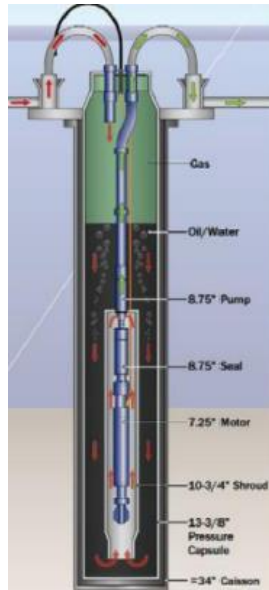
資料來源:EIA



圖十五、深水鑽井技術分析

作者以 Electrical or hydraulic submersible pumps (ESP/HSP)幫浦、Helico axial pumps (HAP)幫浦及 Twin screw pumps (TSP)幫浦做比較，其中 ESP/HSP 幫浦為採用離心方式做氣液固三項分離，並以電力/水力作為離心旋轉之能源供應，並可採用垂直式與水平式放置，如下圖十六為 ESP 垂直式示意圖；HAP 幫浦如圖十七，結合離心幫浦與軸向壓縮機；TSP 幫浦為旋轉式正排量幫浦，採用吸放方式處理流體，適合具有一定粘度的流體，如下圖十八所示。

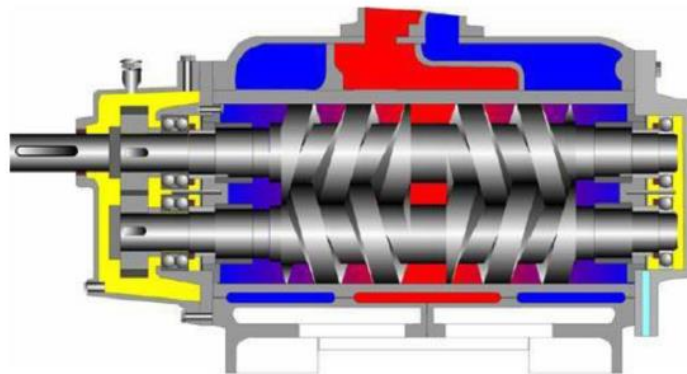
表六為作者整理出來三種幫浦適合的參數，包含最大負載量、最小負載量、處理流體之流量變化率、壓差(ESP/HSP>HAP>TSP)、串並聯操作可行性、腐蝕承受度、可處理流體氣體分率(TSP>HAP>ESP/HSP)、流體粘度(TSP>HAP=ESP/HSP)、低吸附壓(TSP>HAP=ESP/HSP)、固體顆粒處理能力(TSP>HAP=ESP/HSP)、高溫環境作業、安裝方式(HAP 僅垂直安裝，其餘藉可垂直/水平安裝)、可靠度(平均損壞時間，HAP 中等，其餘資料不足)，成本(ESP/HSP 高操作成本，其餘為固定成本高)。



圖十六、ESP 幫浦剖面



圖十七、HAP 幫浦剖面



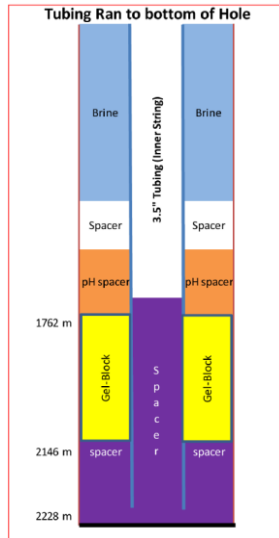
圖十八、TSP 幫浦剖面

表六、HAP、ESP 及 TSP 幫浦規格比較表

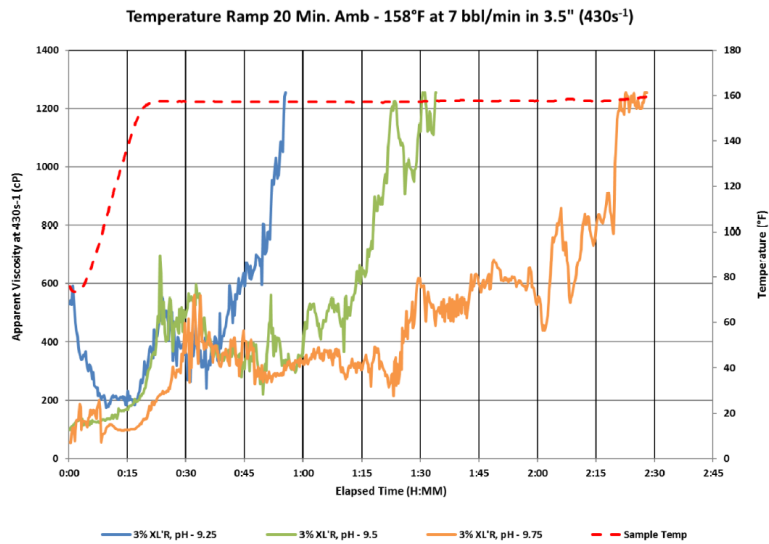
Column1	HAP	ESP	TSP
Maximum Capacity (bpd)	> 150,000	30,000	< 150,000
Minimum Capacity	Limited	Limited	Limited
Variation in Flow rate	No Limit	Limited	Limited
Differential Pressure (psi)	< 2,900	< 5,000	< 1,200
Series / Parallel Operation	No Limit	No Limit	Some limits in series operation
Erosion Tolerance	Acceptable with mitigation	Acceptable with mitigation	Acceptable with hardened screws
High GVF	< 70 %	< 30 %	< 98%
High viscosity (cp)	Limited	Limited	No limit (especially>350)
Low suction pressure	Limited	Limited	No Limit
Slug handling	Limited	Limited	No Limit
High temperature	No Limit	No Limit	No Limit
Installation (Ver./ Hor.)	Vertical	Hor. / Ver.	Ver. / Hor.
Reliability (MTBF)	Medium	Insufficient data	Insufficient data
Opex		High	
Capex	High		High

SPE-186242-MS 文中，作者設計出可控制膠化時間的防脫水液（圖二十），以利再液裂工程進行時，隔絕鄰近水層的影響，如下圖十九示意圖，膠化的防脫水液將上層鹽水隔絕，並在液裂工程後，利用鹽酸溶液使膠化的防脫水液重新液化。液裂工程包含注水、注支撐液、注入支撐球或顆粒，如果在過程中有額外的鹽水入侵，可能使支撐液及後續顆粒分布範圍有所變異，造成實際情況與模擬結果有所差異。

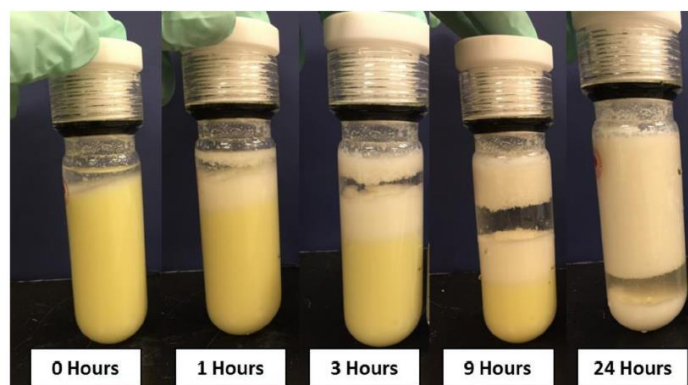
此防脫水液成功在攝氏 70 度環境下，延遲 75 分後膠化，並且經過稀鹽酸解膠後，可以順利移除，適合單井多生產層的情況，隔絕層間的聯通。



圖十九、井剖面



圖二十、膠體粘度與時間關係

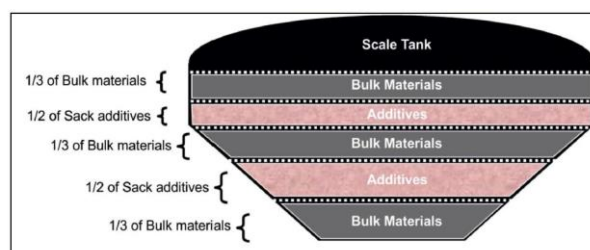


圖二十一、稀鹽酸溶解膠化之防脫水液(0~24 小時)

SPE-186976-MS 文中，作者設計一種適合用在甲烷煤層氣的完井水泥，需要具備高強度與低密度的水泥，設計概念如下圖二十二所示，採用夾層設計，將水泥

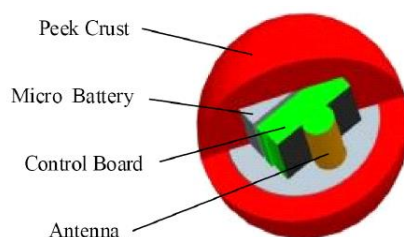
漿分三等份，再將乾燥填充物分兩次填充於水泥漿之間，形成三明治結構，達到高強度低滲透率的效果。

此設計已經經過超過 200 口煤層氣井成功使用，可避免層間的聯通造成產層壓力下降，與減少井壁汗損造成的滲透率下降，以目前使用經驗，額外提高的成本可由增產的部分做抵銷，並提高煤層氣田的價值。

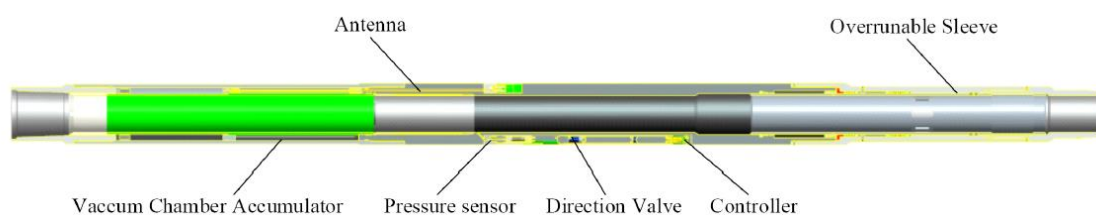


圖二十二、高強度低密度完井水泥設計示意圖

SPE-186407-MS 文中，作者以小型主動式壓力量測球，液裂時持續量測滑套中壓力的變化情況，如下圖二十三所示，而完整結構如下圖二十四，天線左端的真空區為控制液裂開關的閘門，因液裂時為高壓環境，真空區本身提供一個高負壓環境，可減少耗能，搭配小型天線模組可準確調節壓力，提供精準且避免過大的液裂壓力，有效節省能量消耗，效果較被動式天線模組為佳。



圖二十三、主動式壓力量測球



圖二十四、無線控制模組

肆、心得及建議

本次奉派出國參加 SPE/IATMI 亞太地區石油天然氣會議暨非傳統油氣新技術學習研討，藉由三天時間學習產學界之研究論文發表，藉此對於東南亞地區油氣採收困難點與非傳統技術演進的方向與關鍵技術，有了更深入的瞭解，獲益良多，茲提出以下幾點心得與建議：

一、低油價造成國際探勘速度減緩，但對於發展新技術卻是利多

對於許多國際型的大石油公司而言，目前低油價時期，會減少探勘的工作，而相對的探勘服務公司或部門，其設備與人力便會閒置出來，此時對於本公司即有機會租借到更多種類的設備，嘗試在台灣使用，如南部地區之液裂評估，租借設備選擇上更具彈性空間。

二、東南亞石油開發逐漸成熟，利於後續投資案

此次報告中，有一定比例印尼當地的油氣非傳統礦區開發，對於後續公司國外礦區案，可作為投資考量的參考資料。

三、電子研究論文方便查詢及學習新知識

此次大會不再提供紙本研究報告集，改用下載電子研究論文方式，可達到節能環保、方便保存與快速搜尋。

四、利用知識管理系統，建立液裂技術資料庫

液裂效果可由地層特性方面來評估，亦可由周邊配套設備及化學藥品進行優化，牽涉到十分廣大的支援面，在此研討會有各式各樣的專家在討論優化液裂的配套措施，而公司內部也有石油地質、地球物理、地球化學、鑽井工程、安環方面的專家，藉由目前推廣的知識管理系統，將研討會上的液裂技術文章分享出去，使得知識不再侷限，屬於全公司的資產。

五、拋磚引玉，技術分享

本報告內容主要摘要此次研討會有參與到的論文研討，期望本報告為拋磚引玉，吸引公司內部對液裂技術有研究與興趣之同仁，提供國外研討會電子論文，作為後續國內推行液裂工程研究之參考。