

出國報告（出國類別：開會）

2017年美國非傳統能源技術會議
(URTeC)
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：胡大任 工程師

派赴國家：美國

出國期間：106年7月23日至7月28日

報告日期：106年8月21日

摘要

這幾年雖然受到低油價的影響，非傳統油氣資源的開發生產，產量大幅波動，許多小型公司被迫重整或宣告破產，但完整的非傳統油氣產業鏈，並未因此而一蹶不振，透過不斷的創新研發與降低成本，即使目前油價在40~50美元之間波動，許多非傳統油氣公司逐漸恢復獲利能力，油氣產量也回到高油價的水準。非傳統能源技術會議 URTeC 正是一個集合各專業技術與公司廠商的精英，分享其創新研發成果的平台，透過此交流機會，加速非傳統油氣產業競爭力的提昇。參加此次會議接觸到最新的研發技術與應用，從探勘、鑽井、液裂、完井到監控，從設備、材料到產品，從流程、管理與效益評估，無一不讓人讚嘆創新的能力，這是一趟大觀園般的驚奇之旅。所攜回的論文資料可供相關單位參考，瞭解非傳統油氣資源技術發展趨勢。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的	3
貳、 過程	4
參、 具體成效.....	12
肆、 心得及建議.....	21

壹、目的

非傳統油氣產業受到低油價影響，產量大幅波動，但透過不斷的創新研發與降低成本，即使目前油價在40~50美元之間波動，許多非傳統油氣公司仍有獲利能力與空間，產量也恢復到高油價的水準。非傳統能源技術會議 URTeC 正是一個集合各專業技術與公司廠商的精英，將頁岩油氣產業中各項專業技術、團隊與公司匯集在同一個架構下，提供有知名度、可靠且具綜合性跨學科的合作平台和交流機會，分享其創新研發成果，以持續推動非傳統油氣產業的發展。透過參加會議能取得非傳統能源技術的最新訊息，包括儲集岩研究、微震波測勘應用、開發鑽井液裂技術、生產資料分析、生產預測最佳化及環境保護等資料，對未來本公司考慮在美國尋求參加非傳統能源礦區時，提供發展趨勢的資訊與評估技術，以協助取得優良礦區。

貳、過程

本次出國為期6天，出國行程如下表一所示，行程為參加2017年於美國德州奧斯丁舉行的非傳統能源技術會議 (Unconventional Resources Technology Conference URTeC)，會議為期三天(7/24-7/26)，內容涵蓋有關頁岩油氣探勘、鑽井、完井、開發、生產等技術議題。

表一、出國行程

日期	地點	詳細工作內容
7/23	台北-美國德州奧斯丁	啟程
7/24-26	美國德州奧斯丁	參加 2017 年非傳統能源技術會議 (Unconventional Resources Technology Conference URTeC)
7/27-28	美國德州奧斯丁-台北	返程

一、 2017年非傳統能源技術會議(URTeC)簡介

頁岩油氣已在世界油氣能源結構中佔有不可或缺的重要地位，而非傳統能源技術會議URTeC是目前重要的機制，將頁岩油氣產業中各項專業技術、團隊與公司匯集在同一個架構下，提供有知名度、可靠且具綜合性跨學科的合作平台和交流機會，以持續推動非傳統油氣產業的發展。

非傳統能源技術會議由石油工程師協會Society of Petroleum Engineers (SPE)，美國石油地質學家協會American Association Petroleum Geologists (AAPG) 和地球物理勘探學家協會Society of Exploration Geophysicists (SEG) 主辦



加上全球頂尖的九個專業組織，包括美國化學工程師學會American Institute of Chemical Engineers (AIChE)、鋼鐵科技協會The Association for Iron & Steel Technology (AIST)、美國岩石力學協會American Rock Mechanics Association (ARMA)、美國土木工程師協會American Society of Civil Engineers (ASCE)、美國力學工程師協會American Society of Mechanical Engineers (ASME)、礦石及金屬礦探勘公司協會Society for Mining, Metallurgy & Exploration Inc. (SME)、石油評估工程師協會Society of Petroleum Evaluation Engineering (SPEE)、岩石物理師與井測分析師協會Society of Petrophysicists and Well Log Analysts (SPWLA)、礦物金屬及材料協會Minerals, Metals & Materials Society (TMS)協助舉辦此次會議。



舉辦這會議的各專業協(學)會會員，少者數萬人，多者數十萬人，顯示頁岩油氣產業涉及地球科學與工程等多學科專業領域，涵蓋的技術與規模龐大，已逐步自成獨立體系。

本次會議最大的贊助石油公司為阿拉伯國家石油公司Saudi Aramco其次為美國雪弗龍Chevron石油公司，加上數十家美國本土與跨國石油公司及國際知名的服務公司鼎力相助，提供會議的相關服務及最新的技術論文發表，內容充實，贊助公司詳如下圖。

非傳統能源技術會議已成功召開4次，會中可接觸最新的技術、產品與服務，也能遇到需求高品質產品或服務的重要買家，從產業中的研究、創新與解決方案，獲得第一手知識訊息，是獨一無二的跨界交流，成為在整合非傳統油氣勘探

、鑽井、完井和生產創新觀念和技術中，首屈一指的科學會議和市集。2016年參加人數達2500以上，發表293篇論文及125家公司參展，今年更勝以往，除大會的會場中發表312篇論文，更有專業廠商自行安排的技术發表會及145家公司參展，估計將超過3000人參加此次盛會。

Sponsors

DIAMOND



2017 Program Book, ePapers,
Conference Proceedings, Digital Library,

EMERALD



Registration

RUBY

 Directional Signage, ePapers	 Technical Session Signage, Smartphone/Mobile Application, ePapers	 Aisle Signage	 Notepads	 Breakfast Bites, Speaker Service Center
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

SAPPHIRE

 Conference Amenity	 Conference Proceedings Digital Library	 Core Exhibits	 Lanyards	 Topical Luncheon	 Audio Visual
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

TOPAZ

 ePapers	 Opening Reception	 General Fund	 Opening Reception
------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MEDIA/SUPPORTING ORGANIZATIONS














會議贊助石油公司與服務廠商

二、2017年非傳統能源術會議(URTeC)議題與議程

2017年非傳統能源技術會議是美國非傳統油氣產業的年度大會，除各類技術論文發表外，尚有145家石油公司及技術服務公司參展，提供岩心、設備、儀器及專業報告等多樣式產品與服務，讓參加人員了解整個非傳統油氣能源產業的近況及未來發展的前景趨勢，吸引包括來自石油相關產業各公司主管、研發人員、工程師、探勘師及美國大學教授等專業人士參與盛會，此次會議的報告與討論內容相當豐富，總計約310篇以上研究成果與技術論文發表，會議議程如表二所示，包括十三大項主議題及特別主題會議與討論，每項主議題又可細分成不同的次主題，而各個次主題，包括數篇或數十篇不等的論文。十三大項主議題如下：

- 主題 01： Petrophysical, Geological and Geophysical Characterization
- 主題 02： Understanding and Applying Geomechanics and Mechanical Stratigraphy
- 主題 03： Understanding Petroleum System Chemistry From Source Rocks to Produced Hydrocarbons
- 主題 04： Analytics and the Digital Oilfield
- 主題 05： Reservoir Engineering Aspects of Unconventional Reservoir Systems
- 主題 06： Production Performance
- 主題 07： Stake Holder Management and Social Performance
- 主題 08： Reserves Estimation and Production Forecasting
- 主題 09： Well Construction Practices
- 主題 10： Well Completion and Stimulation Practices
- 主題 11： Production Engineering – Operations and Facilities
- 主題 12： Emerging Unconventional Plays
- 主題 13： Case Studies in Unconventional Reservoir Development Impacts and Economics

另有 Delaware 次盆地與誘發地震等多項特別議題會議和討論。



開幕會議Shell公司非傳統油氣執行副總 Grey Guidry報告



廠商展場-1



廠商展場-2



技術論文発表場次



於廠商展場與美國分公司OPICOIL同仁合影

表二、議程安排

Monday, 24 July	
6:30 a.m.–5:30 p.m.	Registration 註冊
8:30 a.m.–10:00 a.m.	Opening Plenary Session 開幕會議
10:00 a.m.–7:00 p.m.	Exhibition 展示
10:45 a.m.–12:05 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報
10:20 a.m.–12:00 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
1:45 p.m.–5:25 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報
1:50 p.m.–5:10 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
1:45 p.m.–3:05 p.m.	Panel Session 小組會議
3:05 p.m.–3:45 p.m.	Refreshment Break 茶點休息
Tuesday, 25 July	
6:30 a.m.–5:30 p.m.	Registration 註冊
8:25 a.m.–10:10 a.m.	Panel Session:小組會議
8:25 a.m.–12:05 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報
9:30 a.m.–12:00 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
9:00 a.m.–6:00 p.m.	Exhibition 展示
10:10 a.m.–10:50 a.m.	Refreshment Break 茶點休息
10:20 a.m.–12:00 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
1:45 p.m.–5:25 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報
1:50 p.m.–5:10 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
3:05 p.m.–3:45 p.m.	Refreshment Break 茶點休息
Wednesday, 26 July	
6:30 a.m.–1:00 p.m.	Registration 註冊
8:25 a.m.–10:10 a.m.	Panel Session 小組會議
8:25 a.m.–12:05 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報
9:30 a.m.–12:00 p.m.	ePaper Presentations 電子式簡報
9:00 a.m.–1:00 p.m.	Exhibition 展示
10:10 a.m.–10:50 a.m.	Refreshment Break 茶點休息
10:45 a.m.–12:05 a.m.	Panel Session 小組會議
1:45 p.m.–3:30 p.m.	Oral Presentations 口頭簡報

參、具體成效

2017年非傳統油氣能源技術會議涵蓋13個主題與特別議題會議，許多論文發表時間場次重疊，不得不進行割捨，挑選熱門、創新技術及本人地球物理探勘專業的場次參加，雖有許多遺珠之憾，所幸大會於會後提供部分發表論文的電子檔案，以補救此遺憾。另外有上百家的公司參展，也無法全部仔細參觀，只能挑選具特色有亮點的公司、花多點時間加以駐足，其他公司也只能走馬看花，難免有遺漏可惜之處。分別以參加論文發表及參觀公司展示攤位，分述具體成效與重要工作成果：

(一) 參加各項主題口頭與電子式簡報及特別會議的論文發表：

非傳統油氣能源技術會議提供的論文雖區分為13大主題，但在口頭與電子式簡報又可細分為60幾項主題，論文涵蓋探勘、鑽井、液裂、完井、生產、監控到環境影響，也包括熱門地區與專業技術的特別會議論文。口頭或電子式簡報論文發表，基本上只是場地大小不同而已，內容不論在理論或實務皆具創新的觀點，以下僅擷取部分熱門、創新觀念及新技術應用的論文重點陳述。

1、參加上午大會開幕的演講，聆聽來自Statoil、BHP及Shell北美區高階主管的談話。美國非傳統油氣的蓬勃發展，成為全球主要油氣供應商之一，威脅OPEC在全球石油市場的統治地位，OPEC以不減產的方式，造成2014年石油價格崩跌，期待能消滅非傳統油氣產業。三位主講者闡述各公司在美國的非傳統油氣經營上，如何採用技術創新和成本改善，快速應對油價的變動，在相對較低的油價下仍有利可圖，以減少公司利潤方式渡過困境，破除非傳統油氣將被低油價消滅的預期，重新站起並更具競爭力。

技術創新部分：增長水平鑽井的水平段長度達9000呎以上，縮減井間距離、叢式鑽井平台，縮短不同液裂階段的間距從1公尺降至1呎以及時間，增大注水壓力及支撐劑數量，採快速增壓方式產生短而密的裂縫，而非長而大但稀疏的裂縫；利用延時震測與光纖感測等技術，及時不失真的快速取得液裂資料，使研判更為正確有效率；整合地質、地物、地化的新觀念，配合新儀器設備，對生油岩與儲集岩達到奈米級的研究，利用大數據了解

非傳統油氣與傳統油氣的差異，以產生更多的油氣。

成本改善部分：技術改善使鑽井與完井更有效率，在更短的時間內進行生產，降低操作的相關成本，集中於成本低而油氣產量大的礦區或盆地，即使低油價仍具經濟效益，這也為何含油層厚可達1000公尺以上且相對淺的Permian盆地，會成為熱門探勘區域的原因，探尋並集中於低成本高產量的甜點區(Sweet spot)，油價每桶低於30美元，依舊有獲利空間。

- 2、Permian盆地的Delaware次盆地是2017年美國非傳統油氣探採最熱門和最具經濟效益的盆地之一，因此選擇參加Delaware次盆地上、下午兩場次的特別會議。發表的論文以盆地規模為觀點，集中在二疊紀時代的Avalon、Spraberry、Bone Spring和Wolfcamp目標地層，探討區域應力方向，裂縫，地質壓力和岩石力學。在更細緻的規模上，整合地質、地球物理學、地化、岩石物理學、油層工程和油藏建模，應用於緻密岩層或頁岩等非傳統油藏的油氣開發。其中有篇論文值得介紹，是利用數百口井岩心的岩石物理分析，加上有地質構造控制的千餘口井，整合成盆地級的3維立體靜態模擬，在評估油氣資源標的上，看出傳統2維盆地模擬無法顯現在側向與垂向的細微變化。目標地層Spraberry與Wolfcamp的厚度及有機質含量側向變化明顯，厚度最大差異可達1000呎以上，有機質含量隨岩性改變而不同的分佈，石灰含量最低，泥灰岩，粉砂岩和泥岩含量最高，含有機質的黏土在盆地中央的濁流岩最高，而斜坡邊緣上最低。在盆地級數百平方公里的規模上，卻能顯現井中地層層序級，數公尺的岩石物性細部變化，令人眼界一開。
- 3、參加主題為新興的非傳統油氣標的論文發表，Denver盆地一般以Niobrara及Codell頁岩為目標層，但在East Pony 及Redtail地區卻以Pierre 頁岩及Niobrara泥灰岩為目標層。探討此新興生產層的生產影響因素，以生油岩的成熟度為主要產油氣關鍵，且成熟度與Wattenberg 油田地溫異常的延伸有關，可利用生油岩和岩石物理分析其成熟度，其他重要的因素還包括岩基和裂縫的孔隙度和滲透率、儲集層岩相、應力地層學等關鍵因子。
- 4、參加Marcellus Shale Energy and Environment Laboratory (MSEEL)特別會議，

MSEEL 研究計劃涉及一個多學科和多機構團隊，與營運公司 Northeast Natural Energy LLC，加上眾多工業界合作夥伴和美國能源部的國家能源技術實驗室合作，針對地球科學，工程和環境的綜合研究計畫，MSEEL 的目標是提供一個長期的合作領域來開發和驗證新的知識和技術，對非傳統油氣資源開發時，以最小的環境影響衝擊，提高油氣採收效率。本次會場中提供多篇的成果論文發表。

光纖的應用是近年來在非傳統油氣開發中受到關注的新技術之一，利用通過沿水平井或井叢式井佈放的光纖採集數據，可提供大量的訊息，為操作人員提供即時監控與判斷，更了解頁岩油氣藏及油氣生產的變化，最常利用的光纖技術是分佈式聲波感應 distributed acoustic sensing (DAS) 及分佈式溫度感應 Distributed temperature sensing (DTS)。DAS 是對光纖局部振動敏感的光纖測量，其技術是利用光時域反射器 (OTDR)，當雷射光脈衝在光纖內部傳播，遇到光纖中受到外界干擾產生變形時，將被散射回來，此反向散射的記錄，就包含了沿著光纖軸向的應變資訊。另外 DTS 是對光纖周圍溫度變化敏感的測量。DAS 和 DTS 測量通常並行記錄，可提供更全面的監控。

- (1) 此論文是從 Marcellus 頁岩多數井所集的光纖溫度數據 DTS 加以分析。透過沿著井孔的光纖溫度變化來評估各高壓液裂階段操作的性能，在液裂初期溫度升高顯示附近已存在斷層或裂縫，而生產期間，較低的溫度時段有較高的油氣產量。分析中顯示有較佳的液裂階段操作設計，將有更好的生產量。利用這些研究結果，可以提出最佳完井和液裂計劃，可應用於填充井或重新液裂，以進一步開發 Marcellus 頁岩，增加油氣產量。
- (2) 另外頁岩氣儲層的孔隙結構特徵對於了解原始含氣量和流體流動特性是具關鍵因素，為了解有機質種類，氧化還原條件和沈積環境對孔隙結構和儲存能力的影響，利用 MSEEL 鑽井所獲得的岩心標本，進行富含有機質頁岩的地質和岩石物理學綜合孔隙特徵研究。採用低壓 N₂ 的吸附方法，以測量孔隙體積，孔徑分佈和孔隙表面積，在納米級的孔隙結構中，特別適用於微孔隙和中孔隙，由孔隙表面積和孔隙體積資料

，可得到分別代表吸附氣體和游離氣體的儲存容量。

5、參加誘發地震活動Induced Seismicity特別會議的論文發表。本論文提供一個誘發地震活動的模擬，從數據來源到地理模型的工作流程。對需求進行評估時，數據整理、每個層級誤差的分析和篩選，分析和問題解釋必須循環回饋，重新校正數據和重複分析，這樣的工作流程才能確保誘發地震活動地貌模型的信心和正面的效果。利用Fort Worth盆地的資料為範例，數據類型包括流體生產和注入區域的地理分佈範圍和目標地層，注入量和生產量的時間序列，以及目標層岩石性質。依據詳細可重複的制定規範，將收集、細化、分析、存儲和分佈的數據，用於誘發地震活動和水文地質模型。利用制定規範的結果，對影響地震發生的條件特徵，進行有效的數據建模。此規範也通過鑽井的許可和完井報告的數據，用於識別或推斷生產或接收流體的地層。通過將流體體積、性質及相關的地層特性結合，建立水文地質的模型，如此能夠分析潛在地震活動與注入地下流體的相關性，作為估算允許注入流體的總量的依據，以避免誘發地震。

6、參加岩性與儲集層特徵的震波屬性Seismic Attributes for Characterizing Rock Properties and Reservoirs的主題一系列論文發表。

(1) 此篇論文在說明主成分分析(PCA)斷層屬性應用成效，透過各種傾角幾何屬性與PCA相結合，產生PCA斷層屬性分析，用以檢測Bakken頁岩小斷層的存在。比較從PCA斷層屬性與傳統的震波屬性（如曲率），顯示出PCA斷層屬性的優異性，使三維斷層分佈與幾何形狀在地質上更為合理。根據震波剖面導出的斷層方位角與水平井中的井孔成像比對具相關性，且從測井部分解釋為斷層截切的地層缺失與PCA斷層屬性相關性一致。利用PCA斷層屬性相較其他一般幾何屬性，顯示更少的雜訊干擾，能清楚地顯示不同的區域斷層以及次要斷層，在Bakken頁岩的斷層和地層走向屬性中觀測到的交叉共軛斷層，判斷也可能與油氣生產的移棲路徑有重要的關係。

(2) 另一篇論文在說明震波疊前深度移位（PSDM）資料處理在非傳統的頁岩油氣藏中的重要性。深度的成像處理長期以來一直是海上震測資料處

理主要工作，但在陸上，大多數非傳統的頁岩氣藏，地質條件平坦單純，傳統上認為疊前深度偏移（PSDM）是不必要的。本論文使用Wind River及Anadarko盆地的實例，說明在不具構造複雜的地質條件下，仍顯示深度成像處理相較於以時間和深度換算的時間成像處理，有顯著的優點。在仔細研究拉伸時間移位處理在深度、非等向性及方位上與PSDM之間的差異，即使利用最先進的時間移位成像的震波處理技術，產生最佳的時間域剖面圖，即使在沒有複雜的地質結構的情況下，時間成像仍不足以解釋微細的橫向速度變化。特別是資料處理時，考慮採用非雙曲線速度更為明顯，深度成像的結果遠比時間成像更為準確。

(3)隨著多裂縫水平井（MFHWs）的應用，現在已經成為開發低滲透率緻密砂岩或頁岩儲集層的常用方法。為有效的改善液裂或開發效率，現行有多種技術來顯示在液裂期間和液裂之後的裂縫特徵。延時震測time-lapse seismic可提供優於傳統使用微震microseismic的優點，可用於液裂之前，期間和之後的震波資料收集，提供在液裂期間觀察儲集層系統變化的機會。此外，因不再依賴於儲集層的被動信號，延時震波測勘可以提供更精細及彈性的設計；同時延時震測在評估油氣藏系統的三維規模變化，遠比微震有更大的規模。本研究顯示延時震測屬性，可用於評估區域性誘發裂縫的位置和方位。結合剪力波（S）與壓縮波（P）資料，從PS震波資料能有效展現區域裂縫特徵。剪切波分裂圖可提供與微震有相同的裂縫特徵，更重要的是可藉此模擬在液裂回流期間速度的變化情形，因此本研究的結果說明延時震測對緻密儲集層或頁岩裂縫特徵及應用及應用具有重大幫助。

7、此篇論文以類神經網路方法利用三維震波屬性探討Woodford頁岩可能的湖相沉積。最近在非傳統頁岩的探索和發展中，皆聚焦於海相為主的沉積物，對於高鹽度且封閉的湖相沉積物則尚未有系統的研究，不同的油氣生成與裂解造成海相與湖相沉積的有機成熟度範圍不同，湖相沉積的生油或裂解需要較高的熱成熟度，因此海相沉積的成熟度已達熱裂解，將石油轉化為天然氣時，石油可能仍保留於湖相沉積中，從而提供以前未探明的勘探前景和目標。因此本項研究目標是以海相沉積為主的Woodford頁岩，利

用震波屬性指標找出是否有湖相沉積的存在。利用重疊後震波阻抗逆推模型及類神經網絡分析，可預測Woodford頁岩的總有機碳含量 (TOC)的變化，此變化結果可視為沉積Woodford頁岩時，區域地質產生變化，有可能存在湖相的沉積物。從震測解釋，逆推和類神經網路，證實在Woodford頁岩中看到震波阻抗的異常，可對應於總有機碳含量TOC橫向和垂向的相變假設。在Woodford頁岩底部有一不整合面，沉積初期於構造低區可能有湖相的沉積，造成愈厚的Woodford頁岩有愈高TOC，可假設存在孤立而富含有機物的湖相沉積，而提供具創新性的非傳統頁岩油的勘探目標。

- 8、探討低滲透率儲集層主題中的論文，也是討論熱門的Midland盆地Wolfcamp目標層的文章。本研究結果可能需要重新審視Wolfcamp的沉積模型，認為有機物質濃度，是由沉澱物的供應量與長期生活於缺氧環境中有機物的濃度所決定，但從Wolfcamp B層到Wolfcamp A層的沉降速率的增加與平均TOC濃度的增加相關。這種變化與處在氧化狀態的水量或有機體量的變化無顯著關係。從Wolfcamp A層到Dean Form層的TOC的減少與沈積速率的降低有關，這項研究的結果也確實沉積速率對Wolfcamp層有機質的保存和富集度有正面的影響。
- 9、探討油層工程的論文，以Bakken頁岩目標層，Bakken頁岩美國最大的非傳統油氣之一，在過去十年中鑽探了一萬多口井。根據井測和岩心資料顯示，上、下Bakken頁岩段的油含量顯著，能源與環境研究中心（EERC）進行了一系列實驗，研究這兩個頁岩段的岩石性質，流體流動方式以及流動情況。在高壓汞注射試驗顯示，上、下Bakken頁岩的樣品中大部分孔隙孔徑半徑小於10納米，這種小孔徑在岩石中產生高毛細壓力，使流體流動困難。測量總有機碳（TOC）含量，顯示頁岩中存在相當大的TOC（10-15wt%），但大多未成熟，油氣難以從有機質中排出。利用超臨界CO₂進行碳氫化合物的萃取，對於從傳統油藏中提取高碳烴類（含 C₂₀₊）是有效的。因此進行一系統實驗，模擬Bakken油藏條件（壓力5000psi和溫度230°F）下，從頁岩樣品中提取烴的潛力。根據實驗結果，超臨界CO₂能夠在24小時內從Bakken頁岩中提取相當大部分（15%-65%）的烴。此結果可用於改進建模和預測二氧化碳油田激產（EOR）的影響，並可提高部分Bakken頁岩的

最終採收率，附帶的效益是注入的CO₂，將永久留存於頁岩中，可封存CO₂於地底，此技術未來具有很大的發展空間。

- 10、這是一篇屬於非傳統油氣資源開發案例研究的主題論文，說明大數據對油氣生產定位與分析的應用。美國48州的油氣生產資料定位到各別井和各井的地層是一個緩慢而複雜的挑戰，但對於勘探標地適當風險和價值的量化又是必須。Devon公司的勘探團隊與Advanced Analytics，GIS和IT合作，創造了一個容易使用的軟體工具，為美國大陸地區的油氣資產生產地區，快速定位和評估，並定位至每個井的穿孔地層及複雜生產歷史。這個大數據平台可以處理複雜的程度可達到個礦區的生產報告、混層生產和修井等內容。其中GIS開發繪圖工具提供生產層生產情形視覺化與生產井定位的介面，讓石油專業人員有非常友善的使用方式，以圖型互動化查詢大數據，不需要具備電腦編碼的知識，可於短時間內評估新探勘標的資產價值或風險。
- 11、有關蘊藏量估算與生產量預測的主題的論文，在東德州的Eagle Ford頁岩發現明顯的油氣徵，最後經過勘探而發現非傳統的Eagle Ford頁岩，現在已超過500多口井。傳統上依地質與工程的限制，定義Eagle Ford頁岩的探勘標的：
 - 1.粘土含量對岩石力學的效應及採收率影響
 - 2.生油岩成熟度對油氣類型、儲層壓力、有機質孔隙率和採收率的影響
 - 3.儲層厚度與液裂障礙影響
 - 4.地層邊界與耗竭影響。但是更精細的經濟效益評估關鍵因素，是利用電子顯微鏡掃描(SEM)對儲層岩石分析，得到有機物孔隙率(PAOM)、孔徑分佈及滲透率，若考慮壓力因素，可從靜態PAOM得到動態PAOM。根據有機物含量配合熱成熟度獲得油氣轉換率，以具有高電阻的範圍解釋為儲層的厚度，計算出含油氣體積，相較於與地質模擬的最終採收量，遠比傳統方法具有相關性。以鑽井的岩屑即可進行SEM的岩石分析，相對於採大岩心或井壁岩心，可大幅降低成本，以此估算油氣最終採收量是值得推廣的方法。

(二) 參觀石油公司或服務公司的展示攤位：

本次會議設攤展示公司達145家幾乎涵蓋所有石油相關產業，從探勘、鑽井、

液裂、完井到監控的公司，從設備、材料、產品到期刊的展示，從流程、管理與效益評估的軟硬體，幾乎無所不包，在時間限制下，利用早中午的中場休息時間或論文發表的轉場時間，參觀廠商攤位，其收獲不亞於聆聽專業論文的發表。在此僅挑選較特別的服務公司攤位加以說明。

1. 參觀DiverterPlus公司，令人吸引的是DiverterPlus生產用於堵塞裂縫的特別產品，這些堵塞成品是無毒無害環境的固態生物聚合物材料，當進行液裂時發現可能有斷層存在時，為避免壓力從斷層散失，隨高壓水加入堵塞產品堵住斷層；或者在液裂過程中，暫時堵住已產生裂縫的部分，持續進行下一階段的液裂或對效果不佳的區域重新液裂，可大幅節省時間，依產品規格經過數小時或數天，可完全溶解於水中，不產生沉澱影響液裂效果，在液裂實務上，可大幅降低成本。成品展示中，有粉末狀、圓球狀、片狀及混合的樣品，可承受地底2~3百度高溫，不影響品質，是讓人印象深刻的新產品。
2. 參觀Tetra technologies公司，是一家供應液裂所需與水有關的公司，主要服務區域為德州地區，從調配水的化學藥劑、高壓幫浦、水的儲存、注入井下的客製化流體、水過濾處理再使用設備、水管理與監控，提供無害環境，兼具客製化、整體化的水液裂服務。
3. Ambyint是一家利用人工智慧對每一油氣田的每口井進行生產自動化與最佳化的管理。在各井場安裝監測與定位裝置，收集生產的各種資料，提供自動化的控制。開發油氣生產最佳化的網路平台，提供利用手機隨時隨地皆可控制與調整生產狀況，利用7500萬小時生產操作時間資料，進一步以人工智慧方式分析，設計最佳化的生產。公司展場上有一小型生產幫浦，實地以手機控制幫浦的壓力及速率，這是令人眼睛為之一亮的攤位。
4. Core Laboratories公司的展場是展示攤位中最大的亮點，也是最多人駐足的地方，該公司提供美國主要頁岩油氣的岩心展示，包括最熱門的Permian盆地的Woodford頁岩、Midland 與Delaware次盆地的Wolfcamp與Bone Spring頁岩、Bakken頁岩、Marcellus頁岩、Utica頁岩、Eagle Ford 頁岩、Tuscaloosa Marine Shale頁岩、Haynesville頁岩及Avalon頁岩等岩心，同時也將各頁岩的沉積環

境、震波剖面、各式電測圖、岩石物理特性圖、生油岩有機含量與成熟度、岩心電子顯微鏡孔隙掃描圖等有關評估頁岩油氣的參數與資料詳細說明，甚至也將各頁岩油氣可能的資源量與採收率皆完整展示，可惜受限於商業機密，不准拍照攝影，加上人潮眾多，只能分次參觀，將岩心圖像留存於腦中。

5. 參觀展場中最活躍的攤位，當屬Microseismic公司的場地，該公司不僅如一般攤位，有專人說明該公司提供的服務項目，並以超大的LED銀幕動態播放專業設備的應用與服務過程，同時自辦該公司專業的小型論文發表，吸引眾多人潮參觀與聆聽，加上提供有獎徵答及提供餐點，宛如一場秀。該公司進行液裂過程的監控，提供液裂即時資訊，作為再液裂的依據，可施作於地表、近地表或井孔中，同時也可進行四維的生產監控，提高油氣產量。

肆、心得及建議

(一) 心得

- 一、從參加論文的發表與參觀展示廠商，3天下來最大的衝擊是，本公司在非傳統能源技術上的了解與目前市場上實務經營及理論發展，有極大的落差。台灣在先天上實踐非傳統能源探勘的地質與產業鏈條件不足，又無實際經營的經驗，而在國外礦區也僅有美國擔任非經營人的小礦區有些接觸，經驗不足無法累積，雖然曾評估過多個非傳統能源的頁岩油氣礦區，基本上仍難脫離傳統油氣的思維，加上普遍認知頁岩油氣成本高前景不佳，未受到關注，評估技術的落後也就不足為奇。
- 二、本次奉派出國參加「2017年非傳統能源技術會議 URTeC」目的在取得非傳統能源技術的最新訊息，包括儲集岩研究、微震波測勘應用、開發鑽井液裂技術、井層設計、生產資料分析、生產預測及最佳化等專業的發展趨勢。此會議確實提供大量技術資料，以增加油氣產量及降低成本為主軸，同時也提供對環境保護的技術發展。為增加產量，重新整合各項創新技術，利用微震波測勘的光纖化，提供即時液裂效果與長期生產的監控，增加產量；利用X光或電子顯微鏡掃描，了解生油岩與儲集岩在奈米級的特性，正確估算油氣資源量；利用震波測勘對岩石物性的反應與地層沉積的解釋，開發新頁岩的探勘標的。為降低成本，以創新的工藝技術增加液裂效果、研發特殊材料縮短液裂工時或改善工作流程增強效率。為保護環境，研究超臨界CO₂的應用，不僅增加油氣採收更能封存CO₂於地底，研究注水對誘發地震的影響，以公共政策限制注水量，避免引起地震。因應低油價市場的挑戰，並非以降低員工薪資或增加員工工時方式降低成本，讓人才與技術流失，而是透過各種創新的作為，進而發現更多的油氣資源及更低的生產成本，皆以正面思考產生良性循環，進而產生更強的競爭力。這是我們該借鏡學習的
- 三、本次會議雖名為非傳統能源技術會議，但其技術的創新發展，也衝擊傳統油氣的技術。從探勘初期的2維或3維震波的測勘與處理就考慮岩石物性、非均質性與非等向性的影響；岩心分析考慮生油岩的孔隙率與油氣移棲的機制，也改變傳統油氣生成、排放與移棲的觀念；從非傳統油氣鑽井所得的的大數據分析及

為降低成本所應用的材料與程序改善，也同樣增加傳統油氣鑽井的效益。

四、本次會議發表的論文或展場中，皆出現舊理論新實踐的情形，利用科技的進展，將以往僅止於理論的探討，提出實際應用的案例，如光纖與大數據的應用，正符合石油界的一句老話，以新觀念利用於老地方，或以老觀念用於新地方可以發現油氣，但以老觀念用於老地方是不可能發現油氣。

(二) 建議

- 一、此次會議上提供各專業的資訊與經驗，遠遠超過單一個人所能了解或吸收，若公司有意進入非傳統能源，應該有計畫對各項專業人力及取得礦區時程的規畫，收集相關技術資料，彼此分享交流，形成專業團隊，有明確的看法與標的，才不會被各形各式的礦區推銷術所誤導與迷惑。由於非傳統能源的技術提昇，也相應改變傳統油氣探勘的觀念與做法，即使無意進入非傳統能源領域，亦需有專人關注其發展，跟上技術發展的潮流。
- 二、本公司近年來雖參與國外非傳統油氣礦區評估工作，但至今仍無法參與具規模的頁岩油氣礦區，一方面是對非傳統油氣有偏見的認知，認為成本過高無利可圖或每年投資額龐大，預算難以支應，這些認知雖不完全錯，但透過評估技術的精進，慎選合夥公司，是有獲利的機會，這可說明美國頁岩油氣產量又回復至高峰期的原因；配合適當的財務規劃，是無須每年增列額外的投資。一另一方面美國油氣產業大都屬於私人企業，政府甚少干預，決策時間短而有效率，本公司確實需要因應現實，調整公司內規，才能滿足時程的規劃，對駐外單位與人員的權責，有明確的授權彈性與責任監督，才可即時做出回應。否則即使取得非傳統油氣礦區，也會面臨經營上的困境。
- 三、現今油價處於低點波動，大部分油公司皆集中於生產成本較低的頁岩油氣藏，這些區域屬於該公司的金雞母，本公司參與的機會不大，因此若考慮取得頁岩油氣藏，基本上須抱持長期投資的心態，祈求短期內獲利，將會有重大的挫折，投資策略上須有正確的認知。