

出國報告（出國類別：開會）

2014年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘  
與開發工作坊  
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：王志文 研究員

派赴國家：奧地利

出國期間：103年9月06日至9月13日

報告日期：103年10月29日



## 摘要

世界各國都在積極開發油氣資源，當傳統油氣資源越來越少之際，非傳統油氣資源(例如:頁岩油、頁岩氣)等的開發生產，就變成相當重要。本次奉派參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，主要是探討頁岩以及頁岩油氣礦區的開發問題，包含：如何快速的評估頁岩油氣的甜蜜點(Sweet spots)，並進一步選擇鑽井及水平液裂的最佳化位置；如何提高每一口井的採收率，由於水平井的鑽井與完井技術快速發展，地質條件與工程技術將成為關鍵因素；如何分辨頁岩油與頁岩氣的地質條件與流體性質，因為油價與氣價不同，將會成為關鍵。

本次出國是配合 103 年度石油基金「國外緻密氣層礦區產能評估技術研究」之執行，參加歐美地區舉辦之非傳統能源相關研討會，經核定奉派參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，學習如何評估頁岩油氣資源、開發及生產等工作，對未來評估頁岩油氣礦區相當有幫助。



## 目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的 .....	3
貳、 過程 .....	4
參、 心得 .....	18
肆、 建議 .....	19



## 壹、目的

世界各國都在積極開發油氣資源，當傳統油氣資源越來越少之際，非傳統油氣資源(例如:頁岩油、頁岩氣)等的開發生產，就變成相當重要。2014年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，主要探討頁岩以及頁岩油氣礦區的開發問題，這個工作坊包含三個重點，第一個重點是如何快速的評估頁岩油氣的甜蜜點(Sweet spots)，並進一步選擇鑽井及水平液裂的最佳化位置；第二個重點是如何提高每一口井的採收率，由於水平井的鑽井與完井技術快速發展，地質條件與工程技術將成為關鍵因素；第三個重點是頁岩油氣礦區的生產技術，因為油價與氣價不同，如何分辨頁岩油與頁岩氣的地質條件，將會成為關鍵。非傳統油氣資源探勘是一個全球性的挑戰工作，參加這個工作坊可以學習如何評估頁岩油氣資源、開發及生產等工作，對未來評估頁岩油氣礦區相當有幫助。

本次出國目的是配合 103 年度石油基金「國外緻密氣層礦區產能評估技術研究」之執行，參加歐美地區舉辦之非傳統能源相關研討會，經核定奉派參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，學習如何評估頁岩油氣資源、開發及生產等工作。

## 貳、過程

本次出國為期 8 天，出國行程如下表一所示，主要行程為參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，會議為期四天(9/08-9/11)，內容涵蓋北美、歐洲與沙烏地阿拉伯等，有關頁岩油氣探勘、開發、生產與未來展望等議題。

表一、出國行程

日期	地點	詳細工作內容
9/06-07	台灣-維也納	啟程
9/08-11	維也納	參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊(SPE Exploration and Development of Shale and Shale-Associated Reservoirs)
9/12-13	維也納-台灣	返程



## 一、 2014年SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊簡介

歐洲已經成功舉辦過兩次頁岩氣相關的研討會，第一次在2011年以當前工業在頁岩氣開採所面臨的問題與挑戰為題，第二次在2012年以多階段液裂技術對井位安排與完井所帶來的效益為題。此次的工作坊有以下幾個議題需要進一步討論：第一是如何快速的評估頁岩油氣的甜蜜點(Sweet spots)，並進一步選擇鑽井及水平液裂的最佳化位置；第二是如何提高每一口井的採收率，由於水平井的鑽井與完井技術快速發展，地質條件與工程技術將成為關鍵因素；第三是頁岩油氣礦區的生產技術，因為油價與氣價不同，如何分辨頁岩油與頁岩氣的地質條件，將會成為關鍵。

在快速評估頁岩油氣甜蜜點位置的同時，也必須兼顧經濟與環境的因素，因此，本次工作坊的第一個重點是有關水平鑽井的位置、井數與每一口井的液裂數都必須經過最佳化設計；第二個重點是如何提高每一口井的採收率，水平鑽井與完井技術的發展對於非傳統油氣資源的開發是相當重要的，了解地質條件與影響水平鑽井的關鍵因素，這些關鍵因素可以透過數據資料整合來加以解決；第三個重點是有關頁岩油氣的流體性質，由於油價與天然氣價的差異性，具有凝結油的氣田會比乾氣田更具有投資吸引力，北美頁岩及頁岩相關油氣田創造了這一個投資的機會。

非傳統油氣資源的探勘與開發是一個真正的全球性挑戰工作，需要整合地球化學家、地質學家、地球物理師與油層或生產工程師等共同參與。本次工作坊的目的在促進頁岩與頁岩油氣礦區探勘與開發的國際參與。

## 二、 2014年SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊

2014年SPE頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊是SPE今年在歐洲唯一舉辦以頁岩油氣為主題的工作坊，今年的舉辦地點為奧地利維也納，參與人員包括來自世界各國之專家學者、研究人員、工程師、地質師等，此次工作坊的報告與討論內容相當豐富，總計約有近21篇研究成果與技術資訊發表，議程如表二所示，主要議題包括：

- (1) 非傳統油氣資源的地質與地球物理探討(Geology and Geophysics of Unconventional Resources)
- (2) 頁岩氣礦區的特徵(Characterization of Shale Plays)
- (3) 進階激勵岩體體積技術發展(Advanced Stimulation Rock Volume Technologies)
- (4) 水平井生產與井間距最佳化設計(Well Performance and Well Spacing Optimization)
- (5) 案例分析與整合型方法(Case Studies and Integrated Approaches)



與參加人員合影



此次工作坊贊助單位



工作坊簡報與討論



工作坊簡報與討論

表二、議程資料

<p>Session 1: Geology and Geophysics of Unconventional Resources</p>
<p>Unconventional reservoirs are highly heterogeneous on multiple scales. Effective exploitation is therefore underpinned by geology: an understanding of the controls on mineralogy and organic matter type/amount, and a quantification of the complex diagenetic pathways by which organic-rich muds become shale and shale-associated reservoirs. This requires a multi-scale approach in which microscopic observations of the rocks can be embedded into reservoir- and basin-scale contexts provided by palaeogeography and sequence stratigraphy. While geology provides essential context to predict the petrophysical and geomechanical properties of the reservoirs, geophysics provides the 3D imaging tools by which variations in mineralogy, organic matter content, and mechanical properties might be mapped. Integration of sample- to well- to seismic-scale geological and geophysical data remains a key challenge and requires an honest appraisal of what we really know and what the key uncertainties are in any reservoir; these issues will be at the heart of this session.</p>
<p>Session 2: Characterisation of Shale Plays</p>
<p>The session discussions will focus on the characterisation of shale and shale-associated hydrocarbon reservoirs. The underlying topics include characteristics important for defining a shale gas or shale/tight oil reservoir and measurements relevant for effectively drilling, stimulating, and estimating production. For example, are there properties unique to shale reservoirs such as those related to organic carbon and maturity that are not prevalent in conventional reservoirs? The theme of discussion will include how we can measure these and other relevant parameters. Expanding on this topic, discussion leaders will probe the present and potential science and technology status with regard to these measurements, in particular looking at what is required to understand how hydrocarbons flow in these tight rocks. Of equal importance is examining the value of such measurements for characterising production. The session will conclude with relating these factors and parameters to the reasons for success and failure in shale-related production.</p>
<p>Session 3: Advanced Stimulation Rock Volume Technologies</p>
<p>This session focuses on advanced technologies to create, predict, and improve effective Stimulation Reservoir Volume (SRV) for maximising well performance. Topics include: near wellbore effects (how to efficiently connect well and SRV), positive/negative interactions between fracturing fluid and reservoir rock, significance of alternative fracturing fluids such as LPG, how to properly model and evaluate the manufacturing of SRV using techniques such as microseismic, the relevancy of the fluid (Xlinked or slick) as well as proppant placement. The session will also include discussion on the key factors involved in design and implementation of various completion systems in order to deliver wells that can produce up to their full potential as well as practical field experience from a</p>

variety of applications.

#### Session 4: Well Performance and Well Spacing Optimisation

Well performance is impacted by many parameters such as reservoir properties, effective stimulated rock volume (SRV), fluid pressure and composition, well geometry, etc. Although no two unconventional plays appear to be the same, there is a great deal to be gained by examining analogue static and dynamic information. From exploration prospectivity to EUR range evaluation, or well spacing optimisation, analogue data can guide unconventional developments. Understanding how each parameter impacts well performance is equally important to go beyond the analogue study and account for the play uniqueness. This is why this session will also focus on existing and novel methods to diagnose and predict well performance, thus optimising development.

#### Session 5: Case Studies and Integrated Approaches

Much attention is paid to the commercially successful shale plays and very little information is shared on commercially unsuccessful shale plays. The commercial success or failure of shale plays depends both on the subsurface conditions including reservoir quality and completions efficiency and also on above-surface facilities and infrastructure. Understanding of the root causes behind commercial success/failure—and how integration of several vastly different disciplines play into the overall evaluation of shale plays—is the main focus of this session. Topics include integrated case studies and methods employed by operators to improve overall commerciality of marginal shale plays. The session also serves as an open forum to consolidate discussions from other sessions.

### 三、重要工作成果

此次參加 2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊，依不同時間有下列重要工作成果：

#### (一)9/8：報到與討論

晚上 6 點開始辦理工作坊的報到與討論，在抵達工作坊舉辦的飯店 (InterContinental Wien Hotel) 後，經過簡單報到手續後，和在場的與會者進行簡單的意見交換，大家著重在討論不同國家在頁岩油氣的探勘與開發，其中，比較特別的是和 ExxonMobil 的資深油層工程師 Martine Hardy 進行討論。

#### (二) 9/9：Session 1& 2

開場由 Richard K. Stoneburner (Keynote Speaker) 進行專題演講，講題為：The Discovery, Reservoir Attributes and Significance of the Hawkville Field and Eagle Ford Shale Trend: Implications for Future Development，主講者特別提到傳統油氣探勘工作屬於由外而內(outside in)的方式，但非傳統油氣探勘則是一種由內而外(inside out)的方式，包含計畫確認(Project identification)、由震測控制工作範圍(Seismic control works)及震測地層學的支持(Stratigraphic support)。

報告中提到三個比較主要的關鍵點為：(1)世界頁岩油氣礦區岩石物性的特性與分類(World class petrophysical properties)；(2)TOC 與 Ro 等地球化學分析(Positive geochemical analysis, TOC, Ro, ...)；(3)由震測找尋最佳油氣層厚度(Seismic defines the optimum reservoir thickness)。除此之外，岩心與岩心到電測資料是頁岩油氣探勘的關鍵(core and core to log data is critical)，另外也提出幾個與岩心分析有關的交叉驗證圖(cross plot)，驗證岩心分析與電測計算的正確性。Richard 針對岩心進行分析，並用不同的做圖法表現實驗結果，在傳統油氣田中， $\log k$  與  $\phi$  作圖可能為一直線，但在非傳統油氣資源中則為一拋物線，也就是隨著滲透率降低，孔隙率也大幅減少，這對於非傳統油氣資源評估資源量有其影響。

## Session 1 : Geology and Geophysics of Unconventional Resources 討論內容

---

在 Session 1 為非傳統油氣資源的地質與地球物理相關討論，共有 4 個相關的講題與討論。

1. **Rene Jonk**, Technical Team Lead, Stratigraphy, ExxonMobil Upstream Research Company，講題為 Integrating Geology, Geophysics and Engineering to Understanding Shale Hydrocarbon Systems : Key to Successful and Responsible Exploitation of Unconventional Play。演講中提到利用岩石物性參數與震測屬性作圖，例如： $\phi$  對 Vp/Vs 作圖、PI 對 Vp/Vs 作圖等，或是由 3D 震測資料進行 AVO 反演推求彈性參數。在岩石物性與裂縫流動特性中，可利用裂縫傳導度(fracture conductivity, kh)對壓力作圖，了解孔隙壓變化對真實參數的影響。在岩心分析中，典型的頁岩油氣多以第二型油母值為主，可由 TOC 與 BUHC(%)做圖了解油母值演化。
2. **Niels H. Schovsbo**, Senior Reservoir Geochemist, Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS) ，講題為 Evaluation of the Emerging Alum Shale play in Scandinavia。主講者來自 GEUS，係歐洲的地質資料庫，此次以歐洲礦區做為案例，並說明由 GR 結合電阻電測來計算 TOC。
3. **Andy Aplin**, Professor of Unconventional Hydrocarbons, Department of Earth Sciences, Durham University ，講題為 Nature and Evolution of Pore Systems in German Posidonia and Wealden Shales。主講人任教於 Durham 大學，以德國 Posidonia 頁岩與 Wealden 頁岩為例，其礦物組成中有 30-40% 為 Carbonate 與 30-40% 為 Clay，且其 Ro 介於 0.53% 至 1.45% 間。
4. **Eric Rylander**, Petrophysicist , Schlumberger，講題為 Application of Magnetic Resonance and Spectroscopy to Enable Better Understanding of Reservoir Quality in Tight Oil Reservoirs。主講者利用磁共振與光譜方式進行緻密油層研究，提出 Wetting flow 與 Non-Wetting Flow 的方程式，相關亦可參考 SPE147456 文章：Improved Petrophysical Core Measurements on Tight Shale Reservoirs Using Retort and Crushed Samples。



## Session 2: Characterization of Shale Plays 討論內容

---

在 Session 2 是討論頁岩油氣的特徵，共有 4 個相關的講題與討論。

1. **Dan Buller**, Global Advisor – Unconventionals, Halliburton，講題為 Kerogen Porosity Quantification – A New Petrophysical Tool for Source Rock Reservoir Modelling。說明有機物孔隙率(organic porosity)可由 Modica and Lapierre(2012)所提的  $\phi_k = 1.118 * TOC_o * C_c * TR * \rho_b / \rho_k$  求得。
2. **Sergio Leonardi**, Flow Fundamentals Team Lead, ExxonMobil，講題為 Measuring Permeability Using Steady State Methods under Reservoir Conditions。重點為地層中裂縫滲透率對於頁岩油氣生產有極大影響，除此之外，地應力、地層溫度、地層壓力與天然氣類型也會有影響。
3. **Randy Miller**, President, Integrated Reservoir Solutions, a division of Core Lab，講題為 Parameters that Determine Sweet Spots。提出影響甜蜜點(sweet spots)的參數包含構造形貌(structural setting)、有機物豐度(organic richness)、地化成熟度(geochemical maturity)、地層厚度(thickness)、原始天然氣資源量(含游離氣與吸附氣)(Gas in place, including free and adsorbed gas)、岩基滲透率(matrix permeability)、岩石脆性與延展性(brittleness vs. ductility)、地層壓力(reservoir pressure)及天然裂縫(open natural fracture)等。
4. **Joel Walls**, Director Unconventional Technology, Ingrain Inc，講題為 A Core-based Assessment of Unconventional Resource Potential in Colombia: Comparing La Luna to Eagle Ford and Wolfcamp。內容為非傳統油氣資源的岩心與電測分析有三個步驟，步驟一是進行全岩心 X 光 CT 掃描成像；步驟二是使用微型電腦斷層掃描儀(Micro CT)及二維掃描型電子顯微鏡(2D SEM, Scanning Electron Microscope image analysis)做影像分析；步驟三是電鏡三維斷層掃描顯像技術(3D FIB-SEM analysis)。上述這些儀器大多使用於奈米級材料分析，由於頁岩屬於低滲透性的緻密岩層，利用高科技儀器可以對岩心的特性更加了解。

---

**Session 3: Advanced Stimulation Rock Volume Technologies 討論內容**

---

在 Session 3 的開場先由 **Andreas Reinicke**(Shell and George Sutherland; Halliburton)說明甚麼是 SRV 及如何得到關鍵的 SRV 參數(What is a SRV and what are the keys to obtain the best SRV quality?)，SRV 是激勵岩體體積，也就是經過水力液裂後，頁岩中能夠開啟裂縫通道，經由水、細砂、支撐劑與化學藥品來支撐住裂縫而不會很快閉合，以供天然氣流動至井孔而生產。

1. **Sanjay Vitthal**, Principal Technical Expert, Shell UIU，講題為 Completions Effectiveness/Diagnostics: What they can tell us about created SRV。主講者說明產生 SRV 的選擇有填塞及穿孔(Plug and Perf.，簡稱 p.p.法)與裸孔(open hole，簡稱 OH)，再配合纖維光學(Fiber optics)：單一模式的分佈式聲音(Distributed Acoustic，簡稱 DAS)或多段模式的分佈式溫度感應器(Distributed Temperature Sensing，簡稱 DTS)技術，評估 SRV 做得好不好。
2. **Hans de Pater**, General Manager, Fenix Delft，講題為 Diagnosis and performance impact of severe formation damage due to frac fluids。說明鑽井泥漿會造成地層污損，而在施行水力液裂所使用的支撐劑也會造成地層污損，甚至影響天然裂縫網路的污損，但我們對於天然裂縫的污損程度的認識卻是相當有限。
3. **Neal Nagel**, Chief Engineer and Principal, Oil Field Geomechanics，講題為 Modeling SRV: Understanding Why It Works...And When It Doesn't? 主講者在演講的一開始就提供三篇 SPE papers 供我們日後可以閱讀，分別是 SPE 119890、140463 及 138425。從產率與液裂階段數(event of stages)做圖，可發現呈現一成長的趨勢，另外，可利用離散元數法(Discrete Element Method)進行水力裂縫建模。
4. **Jing Du**, Sr. Research Geophysicist – Unconventional Resources, Total，講題為 Microseismic Monitoring of Hydraulic Fractures。介紹利用微震監測水力裂縫，且進一步指出激勵岩體體積品質(SRV Quality)包含：應力(Stress)、脆性 (brittleness)、天然裂縫(natural frac.)及流體與岩石的交互作用(Fluid and rock interaction)等。

## Session 4: Well Performance and Well Spacing Optimization 討論內容

---

Session 4 主要探討水平井間距及最佳井位配置對於頁岩油氣生產之影響，共有 4 個講題。

1. **Remy Basquet**, Reservoir Technology Leader, Statoil，講題為 Well Spacing Insights from Pilot Study in the Eagle Ford Shale。主講人以美國 Eagle Ford 為例，分別在 80, 60, 40 與 30 英畝大的面積中，假設井間距為 660, 500, 330 與 250 英尺，經由淨現值(NPV)計算得知以在 40 英畝大的面積中，井間距為 330 英尺為最佳。另外，根據現場實際經驗中得知，最佳的井場面積為 320 英畝。
2. **Hans de Pater**, General Manager, Fenix Delft，講題為 Production issues in tight oil formations: interplay of fracture treatment, reservoir and completion。說明在緻密油層中，水力液裂處理、完井與頁岩油氣層間的交互作用，這對於未來緻密油生產有極大的影響。
3. **Don Westacott**, Chief Advisor, Halliburton，講題為 Learning from the Past Analogs and Moving Successfully Forward。主講者指出至 2030 年的世界能源需求，頁岩氣將增加至 45%，特別是亞洲地區的天然氣需求增加，會位居全球之冠，我們可以利用目前大約 400 萬口井的鑽井資料、生產資料以及所累積下來的各種知識，應用在未來探勘、鑽井、開發與生產上。
4. **Jordan Ciezobka**, Senior Engineer, Completion and Stimulation Research, Gas Technology Institute，講題為 Field Based Collaborative Research in the Marcellus Shale Leads to Improved Fracture Spacing。主講人針對如何增進裂縫間距進行研究，並以 Marcellus 頁岩氣礦區做為案例，研究發現水平井鑽井方向必須與最大主應力方向垂直，所得結果亦顯示有 38% 以上的生產井在產量有增加的趨勢。Jordan 也介紹水力裂縫測試場址(Hydraulic Fracturing Test Site, HFTS)，這是一個以現地為基礎的水力裂縫研究計畫，其目的是：(1)增加成本效益(Improve cost efficiency)；(2)實現安全操作(Demonstrate safe operations)及(3)對環境衝擊的最小化(Minimize potential environment impacts)。

### Session 5: Case Studies and Integrated Approaches

---

在 Session 5 的案例討論及整合研究方法中，共含 4 個不同的講題。

1. **Ron Dusterhoft**, Technology Fellow, Halliburton，講題為 Accelerating Shale Field Success Through Applied Reservoir Understanding。主講者在演講的開始就提出頁岩油氣開發的四個關鍵因素：(1)創新思維(Innovative thinking)；(2)快速鑽井與部署(Rapid drilling and deployment)；(3)漸進式改進(Incremental improvement)及(4)誘人的經濟條件(Attractive economic conditions)。在礦區評估中，必須以礦區為中心的方法(reservoir centric method)及跨科學的合作(Multi-discipline collaboration)才有機會成功。對於鑽井成本也提出建議：應該由計畫進行前的每口鑽井平均成本 \$1113/GPI 降至計畫進行後的每口鑽井平均成本 \$061/GPI(註：GPT：Gross Performance Interval)。
2. **Brian Gratto**, Manager, Unconventional Resources Exploration，講題為 Saudi Aramco Unconventional Gas in Saudi Arabia。主將人介紹 Saudi Aramco 在沙烏地阿拉伯的非傳統天然氣，在沙烏地阿拉伯進行油氣資源探勘會面臨的主要問題為：(1)能公開取得的資料相當有限且覆蓋範圍小(Less coverage with limited release)；(2)相關研究顯得缺乏(Fewer studies)；(3)缺乏全面性的了解(Less comprehensive understanding)。解決之道就必須多蒐集區域及鄰近礦區資料，這點必須和沙國大型石油公司合作，以及應用新策略在非傳統油氣上面。沙國非傳統天然氣礦區具有較高的 TOC 值：平均 9.5%，且在鑽井過程中就有很高的氣徵(gas showing)。
3. **Jason Pitcher**, Director of CamShale Completions, Cameron，講題為 Supporting Frac Efficiency, New Models to Align Pumping Operations with Operators Efficiency Goals in Hydraulic Stimulations。主講者提及現在的非傳統鑽井和以往相比，在鑽井時間與費用已經比以往大幅降低，而施作水力液裂的公司目標都是以提高採收及收益為最大目標。Jason 也給了幾個想要投入頁岩油氣礦區的問題讓我們討論：(1)找到頁岩只是石油公司面對一連串長期挑戰開始(Finding the shale is only

the first of a long series of challenges)；(2)找到具油氣潛能的位置，就和找到適合拼圖一樣，對後續鑽井生產是正確有效的(The factory approach is accurate - when applied to the right piece of the puzzle)；(3)效率不排除來自於好的科學研究，而好的科學研究會驅使更好的效率(Efficiency does not preclude good science, good science drive better efficiency)；(4)頁岩油氣並不是僅僅考慮最低成本的問題(It is not about lowest cost problem)。

4. **Alf Tischler**, Completions Operations Manager, Hess，講題為 An Approach to Improve Operational Effectiveness and Efficiency in Unconventional Onshore Development, Hess Bakken Asset。主講人介紹 Hess 公司近年及未來的概況與目標，包含：(1)擁有礦區面積約 640,000 英畝；(2)在 2014 年的每日淨生產油量為 80-90 Mboe/d；(3)在 2014 年有 17 個鑽機計畫，經費為美金 2.2 億(相當台幣 60 億元)；(4)2016 年的生產量目標預估達 125 Mboe/d；(5) 2018 年的生產量目標預估更高達 150 Mboe/d；(6)Bakken 的頁岩油生產範圍從目前的 5%會提高至 8%。Alf 也說明 Hess 公司在投資 Bakken 的方針：(1)精進生產製造技術以創造價值(Lean manufacturing technique come to value creation)；(2)每日的創新可以推動產能與降低成本(Everyday innovation is what drives performance and cost reduction)；(3)由於地層相當複雜-正確的資料有助於評估(The subsurface is complicated - you need the right data)；(4)研發是提供下一個突破的利基(R&D will provide the next breakthrough)。

## 參、心得

- 一、 本次奉派出國參與「2014 年 SPE 頁岩及頁岩油氣礦區探勘與開發工作坊」之目的係透過參與此年度盛會，了解世界各國目前在頁岩油氣探勘、開發、鑽井與生產的最新技術與資訊，以及頁岩油氣的未來發展，並針對頁岩油氣開發過程中所遭遇的問題進行討論，並尋求可能的解決之道。
- 二、 本次工作坊共有將近 50 位人員參加，其中有多位都是世界知名石油公司(例如：Staoil、Total、Saudi Arabian Oil Company、ExxonMobil、Shell 等)或是油氣服務公司(例如：Schlumberger、Haliburton、CoreLab、Hess、Baker Hughes 等)的高階主管參與盛會，並在工作坊中進行報告與討論，還有各公司的研發部門也都參與其中。
- 三、 頁岩油氣的探勘、開發、鑽井、生產與銷售是一件相當複雜的工作，需要整合不同領域的夥伴共同努力一個工作目標，許多成功或失敗的案例都顯示跨領域工作對於非傳統油氣的影響。
- 四、 此次工作坊認識了許多不同領域的工作夥伴，特別是來是韓國世宗大學的 Wisup Bae 教授及德國 GEOdata 的 Matus Gasparik 博士，在這幾天有較多的討論，回台之後也持續利用 e-mail 進行後續交流。另外，也與油氣顧問公司 DISC 的 Geoff Salter 進行澳洲頁岩油氣礦區的相關討論。

## 肆、建議

- 一、台灣中油公司同仁在近年來積極參與國外非傳統油氣礦區評估工作，特別是在緻密氣與頁岩油氣中，但因為國內較缺乏這類的油氣資源，建議政府或公司能多鼓勵同仁到國外參加相關研討會或工作坊，以學習世界各國在頁岩油氣資源的探勘新技術與發展。
- 二、頁岩油氣資源的評估工作需要跨領域(地球化學、地質、地球物理、工程開發與經濟評估)的結合，建議選派各領域的優秀同仁至國外進行短期學習，所習得技術可以傳承給其他同仁外，更可實際應用於國外可能投資的頁岩油氣礦區評估工作上，所得評估結果可以提供給公司決策人員參考。