

出國報告（出國類別：開會）

參加 2017 年 ICE（AAPG 所屬）國際  
能源探勘技術會議

服務機關：台灣中油公司探採研究所

姓名職稱：莫慧偵 地化探勘師

派赴國家：英國

出國期間：106 年 10 月 14 日至 20 日

報告日期：106 年 11 月 20 日

# 參加 2017 年 ICE(AAPG 所屬)國際能源探勘技術會議

## 摘要

職奉派赴英國倫敦參加 AAPG ICE2017 國際研討會，透過技術交流研討，引進新技術與探勘思維，提昇本公司油氣藏探勘之技術能力。希望藉由參加此類國際研討會議之機會，蒐集國際石油地質資料，瞭解國際間熱門礦區之探勘趨勢以及中南美地區最新進展資訊，掌握國際天然氣等能源探勘最新技術發展趨勢。本次出國主要是蒐集石油地質界的先進資訊，依工作需求在會議中針對拉丁美洲論壇、成熟盆地油氣探勘、印度非傳統能源潛力、以及非傳統資源項目加強瞭解，發現多場演講中對於深水礦區以及非傳統天然氣的投資項目仍十分熱絡，也將是部分國家近期打算開放投標的礦區位置所在，此探勘趨勢對於本公司現期而言具有相當的門檻，但其探勘發展值得本公司持續關注。

## 目錄

壹、目的 .....	3
貳、與會過程 .....	3
參、具體成效 .....	4
1.拉丁美洲論壇.....	4
2.未來十年之印度頁岩潛力論壇 .....	7
3.成熟盆地的探勘活動.....	10
4.非傳統能源.....	13
肆、心得與建議 .....	17

## 圖表目錄

圖一、哥倫比亞離岸油氣探勘業區.....	6
圖二、祕魯主要之油氣產區.....	6
圖三、祕魯近 10 年來之油與氣產量.....	7
圖四、印度頁岩盆地.....	9
圖五、Llanos 盆地震測與井的對比.....	11
圖六、Montney 沉積盆地的沉積相.....	14
圖七、研究區中 Montney 剖面的主要生物碎屑和矽質碎屑儲集層.....	14
圖八、Eagle Ford 層的 3D 孔隙系統.....	15
圖九、墨西哥上部侏羅紀 TMB 以揮發性石油為主要開採目標.....	16
圖十、墨西哥上部侏羅紀 TMB 生油岩之 HI.....	17
表一、印度頁岩氣資源量評估.....	9

## 壹、 目的

台灣中油公司為台灣石油業的龍頭老大，對於國際能源趨勢必須掌握最即時的資訊與具備最獨到的眼光，藉由參與國際間舉辦之大型年會，可提供我們在短時間內了解各國的研究動向與發展進度，拓展本公司之國際視野，從國際間研究之新議題與研發概念趨勢學習並蒐集最新之技術發展與應用，避免閉門造車之窘境。

AAPG(American Association of Petroleum Geologists)與 SEG(Society of Exploration Geophysicists)是國際公認的優質地球科學資訊權威領導協會，在全世界擁有超過 65,000 名專家學者和學生會員，今年適逢 AAPG 創立 100 周年，於英國倫敦所舉辦之 International Conference and Exhibition (ICE)將聚集來自 60 多國的地質學家、地球物理學家、和其他石油工業專家，發表技術創新並與同行建立聯繫，今年共蒐羅 1300 多份摘要，創下 ICE 會議之紀錄。今年 ICE 議程主題集中在成熟盆地的開發生產、新興區的探勘潛能、深水礦區探勘與生產、矽質、碳酸鹽與混合油氣藏封阻與構造、非傳統能源的開發生產、石油系統與盆地模擬，以及極地地區石油潛能、石油探勘史、健康與環境等等議題，並規劃數場野外考察與短期課程，是幫助我們瞭解國際間地球科學發展之現況與未來趨勢最快速有效之途徑。

本項出國計畫旨在參與國際地質調查技術研討會，透過技術交流研討，引進新技術與探勘思維，提昇本公司油氣藏探勘之技術能力，並希望藉由參加此類國際研討會議之機會，蒐集國際石油地質資料，吸收國際最新技術與油氣探勘之經驗，瞭解國際間熱門礦區之探勘趨勢以及中南美地區最新進展資訊，並與國際地質專家學者交流調查分析技術，取得新技術與經驗吸收，同時也可由國際石油公司或學術單位所發表之最新論文，引進新的技術與觀念，進而掌握國際天然氣等能源探勘最新技術發展趨勢，累積相關經驗技術，應用油氣資源探勘與開發。

## 貳、 與會過程

2017 年 AAPG ICE 年會於英國倫敦市 Excel 會議中心舉辦，會期自 10 月 15 日至 18 日共計四日，會議前後舉辦共十場野外實地調查以及會前 6 場短期課程。職奉派參加今年度於英國倫敦舉辦之 AAPG ICE 年會，於 10 月 14 日出發，經香

港轉機倫敦，15日至18日僅參加研討會議程，並無參加野外調查與短期課程。大會議程請見附件一。論文發表區分為12項主題如下：

- 一、100年來全球探勘-區域地質
- 二、極區石油潛能
- 三、已成熟盆地之探勘和生產
- 四、新興探勘盆地
- 五、深水探勘與生產
- 六、地質與地物之整合
- 七、儲集岩-矽質、碳酸質、與混和型
- 八、非傳統能源的探勘與生產
- 九、圈閉和構造地質
- 十、石油系統與盆地模擬
- 十一、上游探勘生產的 HSSE
- 十二、石油地質史

議程中並規劃數個 special sessions 與論壇，詳細主題請見附件二。

## 參、具體成效

本次出國主要是蒐集石油地質界的先進資訊，依工作需求在會議中所蒐集的資料整理重點簡述如下：

### 1. 拉丁美洲論壇

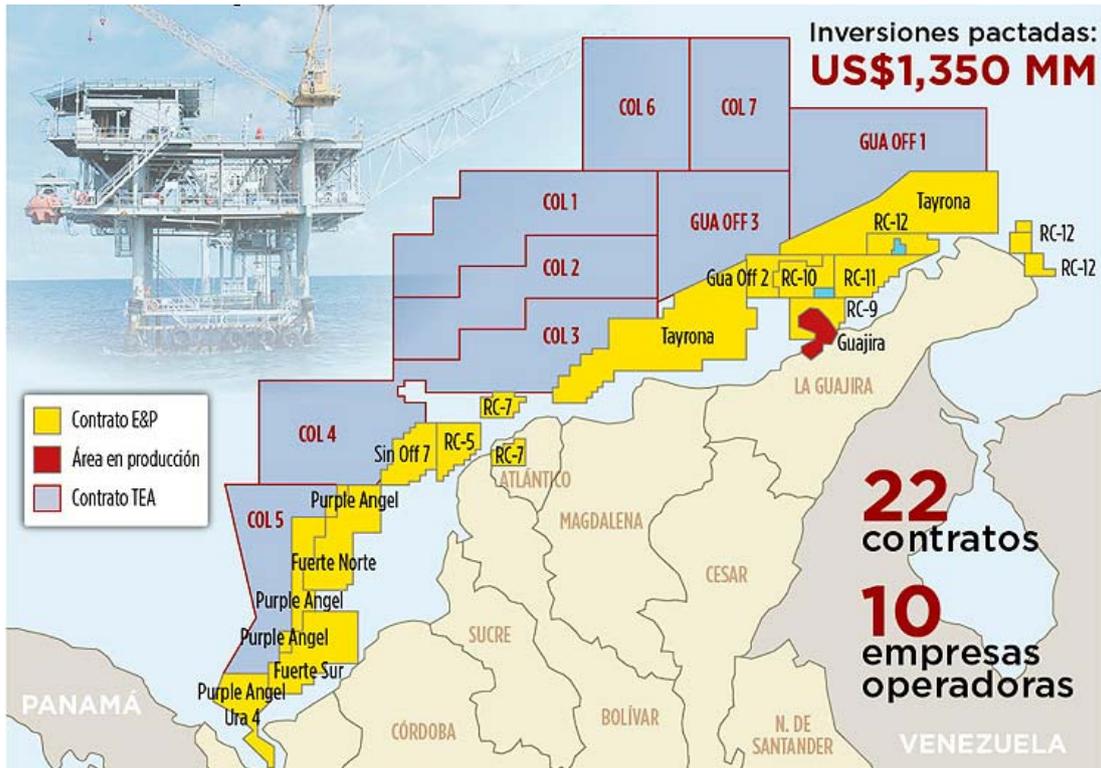
主講人包括哥倫比亞國家石油部(ANH)總經理、祕魯 PeruPetro 董事會主席、烏拉圭 ANCAP 開發生產經理。

ANH 總經理介紹哥倫比亞有 23 個盆地，在 2017 年的日產量為 851.5 千桶，但境內仍有很大部分的土地尚未開發，希望能募集各石油公司進入投資。在地理上，哥倫比亞隔著太平洋與大西洋，連結北美與南美油氣鏈，距離墨西哥灣也很近，地理位置優良，加上(1)政府與游擊隊的和平協議進行中、(2)政府提供穩定且可預期的商業環境和法律體系保障投資者之權益、(3)充足的油氣管線基礎設備網絡、以及(4)商業化油氣的出口等四大投資上之優點；同時，哥倫比亞的(1)油氣回收率較低、(2)通訊設備較缺乏、(3)開發環境的限制、以及(4)非傳統能源

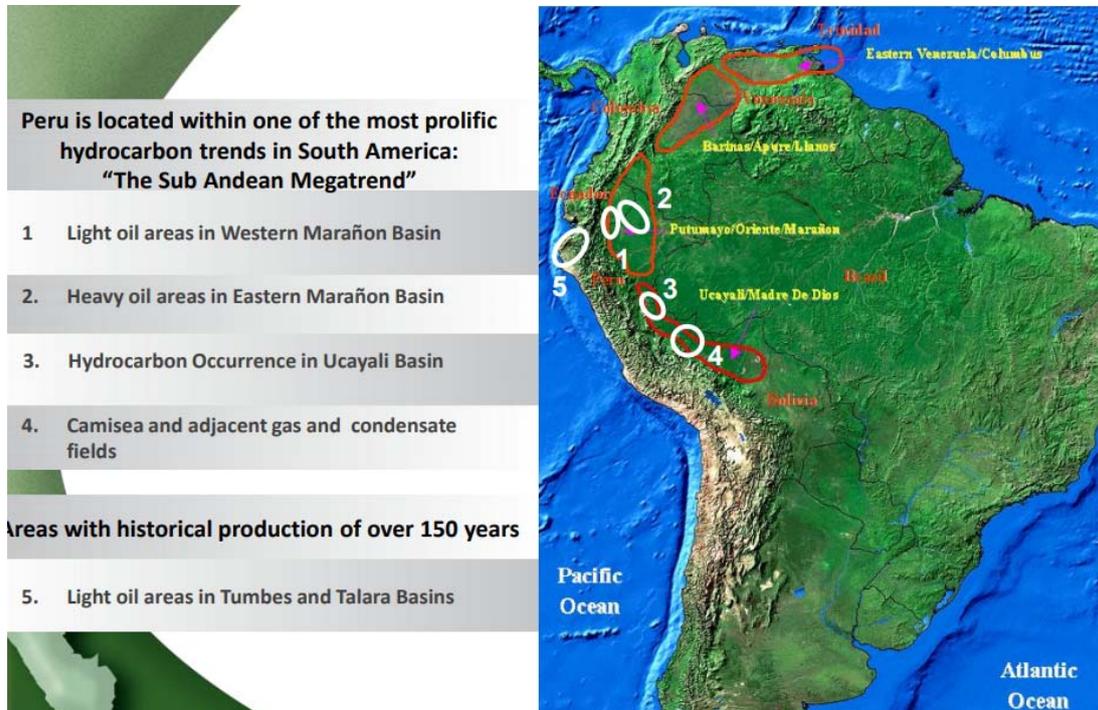
和海上礦區都是其主要的挑戰。其中，雖然哥倫比亞以陸上探勘為主，近年來，海上探勘活動自 2011 年逐漸增加，主要集中在加勒比海區域(圖一)為 oil-bearing 的 gas system，例如 2014 年巴西油公司 Petrobras 在離岸 40 公里處的 Tayrona 區塊的 Orca-1 勘探井發現了天然氣，是哥倫比亞探勘史上的首次發現；而 Anadarko 公司在此發現的 Gorgon-1，是過去幾年來的外海發現中較重大的一個。哥國的海上開發項目仍屬 frontier basin 探勘初期階段，在海岸三個主要城市- Cartagena、Barranquilla 和 Santa Marta 具備良好的港口基礎設施，然而航空服務批准少以及勞動力靠外國公司，表示政府與產業仍須為此加強努力，以創造更具吸引力之投資環境。此外，值得注意的是，美國與加拿大地區之天然氣生產成本相對哥倫比亞而言是較低的，加上哥國本地需求可能不足以開發這些天然氣田，因此與歐洲或亞洲簽訂長期外銷合約將是確保加勒比海開發投資吸引力的關鍵。

秘魯 PeruPetro 董事會主席對於介紹秘魯之概要為 Sub Andean 的一部分，其境內的油氣開發區可分為輕油區、重油區、油氣混和區、以其外海的輕油區(圖二)，原為中南美的重要產油國之一，自 1994 年開始原油生產已大幅下降，取而代之的是天然氣的產量逐年增加(圖三)，國內以 Camisea 油氣田最大，據估計該油氣田天然氣儲量為 13 TCF。為配合國內天然氣產量之增加，秘魯政府積極推動天然氣國內運輸管線網絡建設，以期能減少對進口石油之依賴性。將來過剩之天然氣部分，預計以液化天然氣 (LNG) 形式，輸出至美國加州與墨西哥市場，儼然成為天然氣輸出國家。前些年的全球低油價影響和境內居民的衝突與抗議，秘魯盆地迫使許多石油公司減少其探勘活動，從 2009 年的 87 個許可區塊，到了 2016 年減少為 66 個。政府正在開展多項減少基礎設施項目，然而，石油和天然氣基礎設施等投資計劃受到秘魯的山區地形和熱帶雨林而將遭遇到更大的風險，這給管道建設和維護帶來了各種挑戰。未來，秘魯打算開放 54 個礦區，包含海上與陸上礦區。

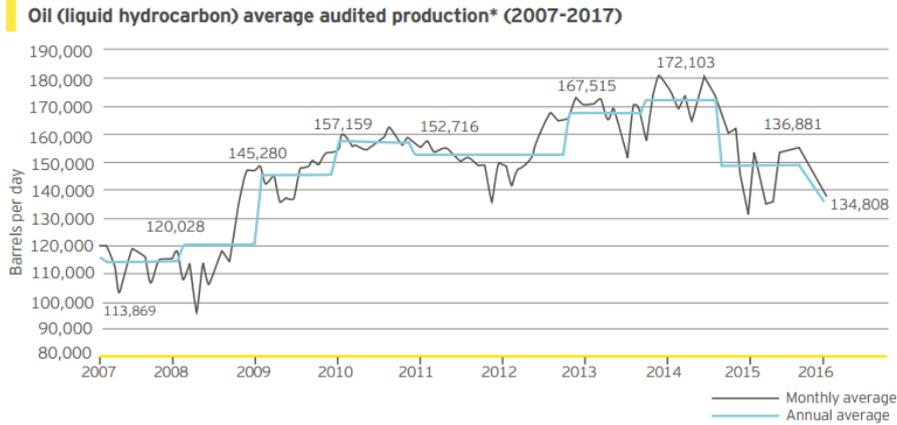
烏拉圭位在巴西南方，是南美第二小國，其地面上的風險也極低。主要礦區落在外海區域，自 2007 年時，海域 2D 炸測為 13000 公里/3D 炸測為 0 公里，到了 2017 年，2D 炸測為 41000 公里/3D 炸測為 42000 公里，顯示烏拉圭對於外海的探勘開始熱絡起來。2017 年 9 月至 2018 年 4 月所開放的招標案將全部皆是外海區域，約期 30 年，不需權利金，以吸引投資人的加入。然此國家之探勘活動仍不夠成熟，許多種的油氣藏類型仍須備測試。



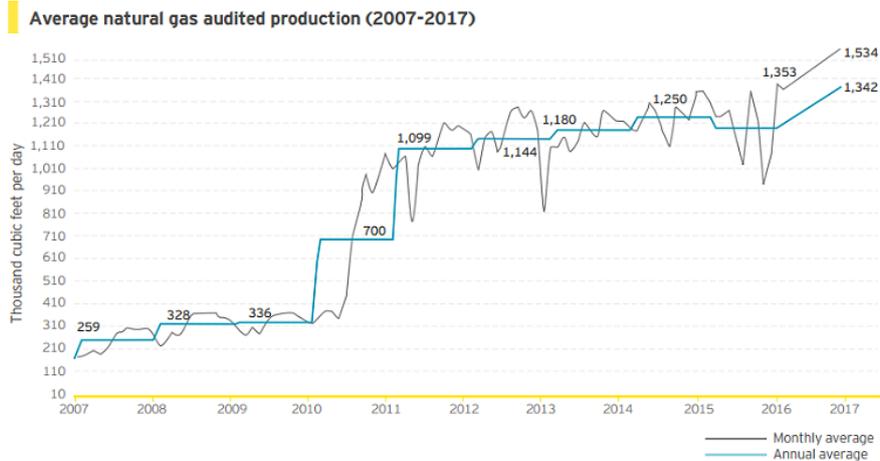
圖一、哥倫比亞離岸油氣探勘業區(ANH, 2017)



圖二、秘魯主要之油氣產區(PeruPetro, 2014)



\*Includes petroleum and natural gas liquids.



圖三、秘魯近 10 年來之油與氣產量(秘魯外交部，2017)

## 2. 未來十年之印度頁岩潛力論壇

本次的論壇由義大利 Eni Upstream and Technical Services 公司的探勘副總 Jonathan Craiq、印度 Jammu 能源調查所所長 Ghulam M. Bhat 以及英國倫敦大學石油研究團隊資深研究員 B. Thusu 所共同主持，並有其他印度 Jammu 能源調查所及倫敦大學石油研究團隊的研究員或教授參與回答問題。

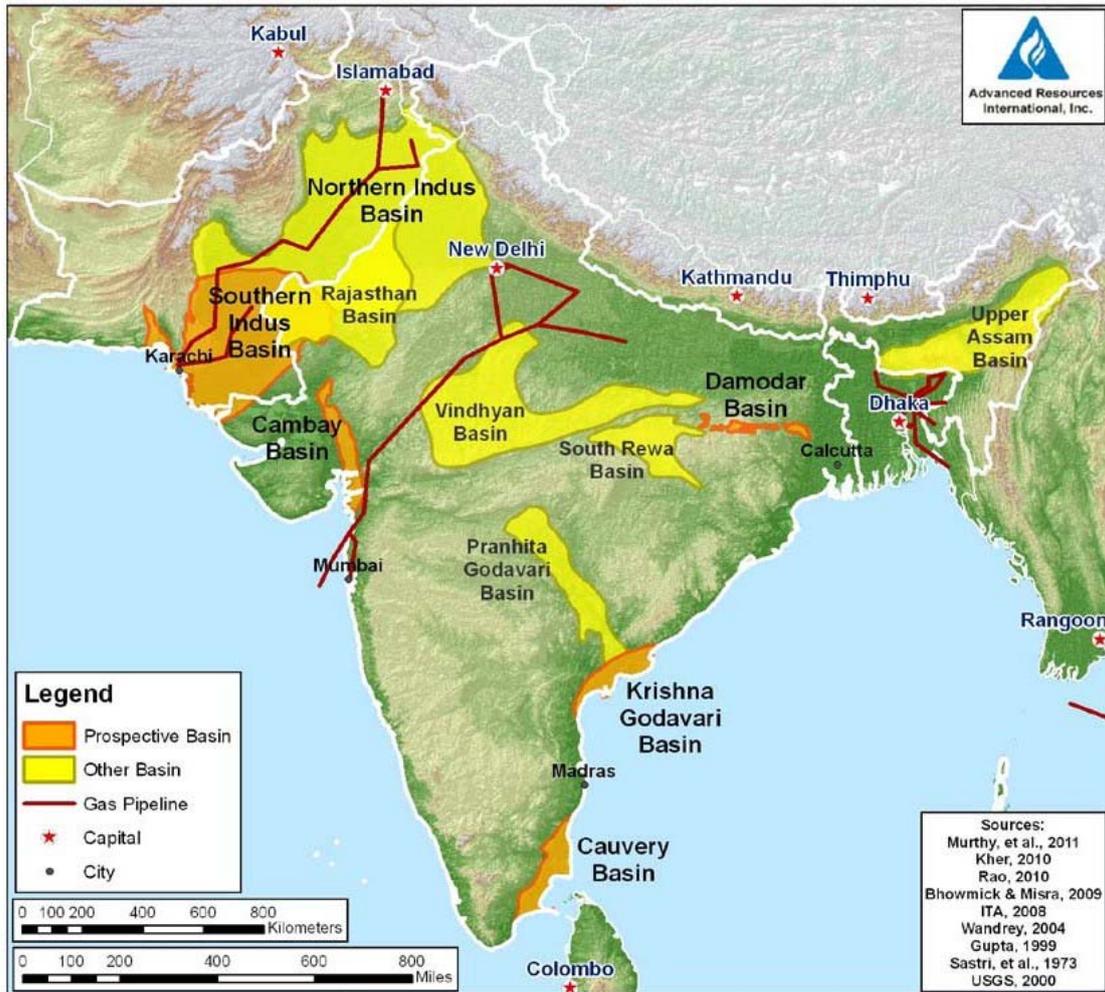
在論壇中，印度 Jammu 能源調查所所長首先說明，印度有數個具有潛能的頁岩好景帶，估計共有 96Tcf 的可開採頁岩氣儲量，其中又以 Cambay Basin、Krishna Godavari Basin、Cauvery Basin 和 Damodar Basin(圖四)，據估計，這些盆地約含 63Tcf 可採的頁岩氣。印度中部和東部的岡瓦納盆地是大陸內陸裂谷盆地，富含煤炭，伴有煤層氣，如果被開採也可以在印度的能源結構中發揮重要作用。

**Cambay 盆地**：位於印度西部的晚白堊世-新生代時期的細長型克拉通裂谷盆地，主要的頁岩層為晚古新世至早始新世沉積的 Cambay 黑色頁岩，4 口井以及 2 個露天煤礦場的樣品分析顯示油母質為 type III，沉積環境為微鹹的缺氧底層水環境，TOC 為 0.37~10.68%，成熟度為 0.58~0.7%Ro；假設之油窗開始於深度 6000 英尺，溼氣窗在 11000 英尺，乾氣窗在 13000 英尺深，技術可採的頁岩氣資源量估計約為 30 Tcf(表一)、頁岩油可採資源量為 2.7 Bbbl，然而從井下樣品的礦物組成分析來看，Cambay 頁岩的黏土含量高，約 40~80%，如此塑性的岩性將限制液裂的效果而影響井的生產力。

**Krishna Godavari 盆地**：印度東部的一個晚二疊世-新生代盆地，由一系列的地壘和地塹組成，預期的地層來自二疊紀時期的 Kommugudem 頁岩以及三疊紀時期的 Mandapeta 頁岩，深度範圍從 4000 至 16400 英尺，油窗為 5000 英尺深開始，濕氣窗為 8000 英尺，乾氣窗自 13000 英尺深以下，根據 10 口鑽井資料，平均 TOC 為 6%，最高可達 11%，技術可採資源量估計約為 57 Tcf、頁岩油可採資源量為 0.6 Bbbl。

**Cauvery 盆地**：印度東南部白堊紀-新生代由地壘和地塹構成的盆地，具潛能的地層是早白堊世 Andimadam 層和 Sattapadi 頁岩，深度範圍為 7000 至 13000 英尺，平均 TOC 為 2.3%，成熟度為 1.0~1.3%Ro，技術可採資源量約為 5 Tcf、頁岩油可採資源量為 0.2 Bbbl。

**Damodar 盆地**：這個盆地是印度岡瓦納盆地的一部分，其特徵是其大部分是非海相沉積物和狹長的地塹結構，主要是二疊紀到三疊紀的冰河和湖泊環境所沉積的廣大煤炭，大部分勘探工作都專注於盆地內的煤炭資源，佔印度煤炭儲量的大部分；然而，一次海侵事件沉積了一層的海相頁岩 Barren Measure，根據 4 口井的井下岩心樣品分析，油母質為 Type III，TOC 為 2.09~8.89%的高有機含量，成熟度範圍為 0.78~1.41%Ro，表示濕氣至凝結油階段，據估計該頁岩的技術可採資源量為 5 Tcf、頁岩油可採資源量為 0.2 Bbbl。根據三軸試驗結果，Barren Measure 為脆性到半脆性變形行為，高楊氏係數和低泊松比表示相當具有高脆性，因此將會有很好的壓裂效果。



圖四、印度頁岩盆地(ARI, 2011)

表一、印度頁岩氣資源量評估(EIA, 2013)

Table XXIV-1A. Shale Gas Reservoir Properties and Resources of India

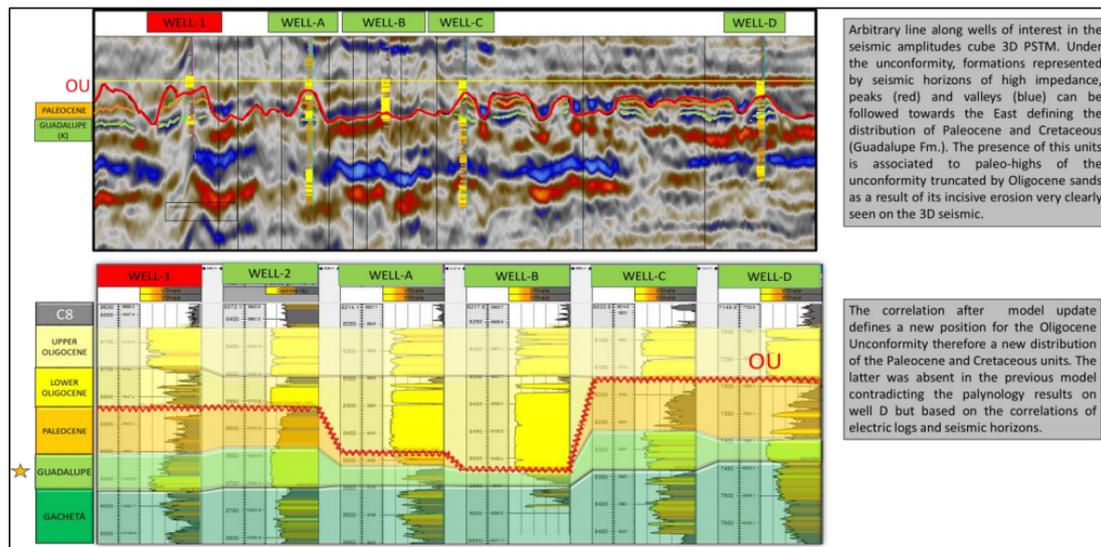
Basic Data	Basin/Gross Area	Cambay (7,900 mi <sup>2</sup> )			Krishna-Godavari (7,800 mi <sup>2</sup> )			Cauvery (9,100 mi <sup>2</sup> )	Damodar Valley (2,270 mi <sup>2</sup> )	
	Shale Formation	Cambay Shale			Permian-Triassic			Sattapadi-Andimadam	Barren Measure	
	Geologic Age	U. Cretaceous-Tertiary			Permian-Triassic			Cretaceous	Permian-Triassic	
	Depositional Environment	Marine			Marine			Marine	Marine	
Physical Extent	Prospective Area (mi <sup>2</sup> )	1,060	300	580	1,100	3,900	3,000	1,010	1,080	
	Thickness (ft)	Organically Rich	1,500	1,500	1,500	330	500	1,300	1,000	1,000
		Net	500	500	500	100	150	390	500	250
	Depth (ft)	Interval	6,000 - 10,000	10,000 - 13,000	13,000 - 16,400	4,000 - 6,000	6,000 - 10,000	10,000 - 16,400	7,000 - 13,000	3,300 - 6,600
Average		8,000	11,500	14,500	5,000	8,000	13,000	10,000	5,000	
Reservoir Properties	Reservoir Pressure	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Mod. Overpress.	Normal	Normal	Normal	Normal	Slightly Overpress.	
	Average TOC (wt. %)	2.6%	2.6%	2.6%	6.0%	6.0%	6.0%	2.3%	3.5%	
	Thermal Maturity (% Ro)	0.85%	1.15%	1.80%	0.85%	1.15%	1.50%	1.15%	1.20%	
	Clay Content	Low/Medium	Low/Medium	Low/Medium	High	High	High	High	High	
Resource	Gas Phase	Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	Wet Gas	Wet Gas	
	GIP Concentration (Bcf/mi <sup>2</sup> )	55.9	170.5	228.0	6.9	57.8	204.7	119.6	62.9	
	Risked GIP (Tcf)	35.5	30.7	79.4	3.4	101.4	276.4	30.2	27.2	
	Risked Recoverable (Tcf)	3.6	6.1	19.8	0.2	15.2	41.5	4.5	5.4	

印度是繼中國與美國，全球第三大的能源消耗國，近年來美國在頁岩氣革命上的成效，加上印度國內能源消耗龐大的困境，是促使政府在印度開發頁岩氣、煤層氣等非傳統能源資源的原因。但由於適逢全球油價太過低迷，因此目前印度對於頁岩油氣的開發是暫時無進展的。印度能否迅速實施允許勘探和開采的頁岩氣政策？在頁岩上的開發能否使印度成為下一個中國(New China)?有多少資料是可信的?目前，印度的技術以及基礎設施是開發頁岩資源上最重要的關鍵問題，目前的管線不足，即使有頁岩氣的生產，也無法將產出的天然氣帶去市場銷售，因此印度亟需如同中國政府般有魄力的去支持建設工程項目，才能解決印度對於頁岩氣的開發生產。印度 Jammu 能源調查所所長也說，需要照到印度政府中的關鍵人物去支持這項開發項目，才能改變印度的現況，Chevron 公司的代表在會場上更直接建言:「Just do something!」，不管是成立印度的 workshop 一起在當地嘗試研究或是與政府 key man 溝通，唯有真的去時做才能真正的有成效。

### 3.成熟盆地的探勘活動

**哥倫比亞 Llanos 盆地:** 在過去的兩年裡，大多數公司開始增加蘊藏量和產率以改善它們在低油價時代的運營成本，在哥倫比亞各個盆地對於新的油氣藏勘探有了明顯的變化。Llanos 盆地是哥倫比亞最多產的盆地之一，主要為受擠壓控制的前陸安第斯褶皺衝斷層帶的運動和隆起，盆地填充物包括以砂質碎屑為主，從早白堊世到第四紀有著不同程度的淺海相到陸相沉積。石油系統包括晚白堊世到古近紀富含有機質的生油岩，古近紀的砂岩是主要的儲集層，同時白堊紀砂岩也是良好的碳氫化合物生產層。在過去的 15 年中，油井鑽探以及大量的三維地震解釋下能獲得大量的資訊，足以識別新的油藏並了解其側向相變化。ADHAMAS S A S 公司與其他公司聯合區域研究，重新建立地質模型、選定探勘井位，並在在去年鑽探了野貓井，發現了來自 Gachetá Formation 的 API=24°、日產 1200 桶油的油氣田。CEPSA 公司發表，陸上三維地震測之古水文成像可以指示沉積的方向，解釋沉積環境，預測油藏相分佈，PSTM(Pre-Stack Time Migration)使用了 31 口良好井測的井資料作為校正，顯示從白堊紀到古近紀不同地層面的河道分佈、侵蝕面、河流/三角洲的古地貌和古流域，為這個區域發現潛在的地層圈閉，為勘探開闢了新的機會。此外，Cepsa Colombia S.A.公司也針對漸新世不整合面（Oligocene Unconformity, OU）下的地質模型重新解釋，尋找新的探勘機會。

Carbonera 層是漸新世一個砂頁岩互層的序列 (C1 到 C9 段)，表示為河流-河口交替的沉積環境，漸新世不整合面將之與古新世頁岩質的 Cuervos-Barco Fm.及白堊紀地層 (Guadalupe Fm, Gachetá Fm.) 分隔開來，重新震測解釋並與 14 口井進行校正，漸新統底部和漸新世以前的儲集層根據泥岩/砂岩的阻抗比可勾勒出其幾何形狀(圖五)，只有在這種情況下，才能完全解決 80 英尺以上反射層的 3 維震測解釋。漸新統底部海侵砂岩層不整合覆於古新世和上白堊紀沉積物之上，此區缺乏始新世沉積物的證據，這表明漸新世時侵蝕作用是直接發生於古新統，使之接近地表因此可能有古土壤發育的機會進而形成側向或頂部的封阻層。收集更精確的生物地層學資料可為模型提供更高的確定性。然而，來自漸新世前之砂岩，無論其年齡為何，在先前的研究中都沒有被識別出來，能夠為該地區帶來了開發價值。



圖五、Llanos 盆地震測與井的對比(Garcia Criado et al., 2017)

**北達科他州 Williston 盆地:** Williston 盆地於 1968 年開始發現，當時鑽了 2 口井，1972 年自 2010 年共鑽了 39 口油井，其中 24 口目前仍在生產中，是世界上少數幾個由隕石撞擊構造而形成的著名油田之一。火山口直徑 9.1 公里，可分為三個獨特的結構區域。首先，中央隆起複合體的最大直徑為 5.1 公里，由 Mississippian Madison Group 組成的中央核心隆起和一個側翼內緣。中心部位的地震反射率較差，但測井資料顯示地層重複性較大。中心核心被環形邊緣 (1.7 公里寬) 所包圍，結構上通過向中心核傾斜的疊瓦狀逆衝層而加厚。火山口的第二部分是一個凹陷的環形槽，最大直徑為 1.5 公里；其內以正斷層為界，其外以同心正斷層為界，向火山口中心傾斜。這系列的斷層也就是第三部分，即外緣部分。

這研究有三條水平井鑽入東部外緣的構造性圈閉，兩年來，平均的生產率從每日 50 桶增到 150 桶油。

**加拿大 Alberta 盆地:** 在多產 Alberta 盆地的勘探和開發主要上集中在沉積學和地層學資料和解釋。加拿大 Alberta 省的構造成藏組合是有限的，多集中在西部的洛磯山脈山腳下褶皺衝斷帶。由於長期開發生產，新的探勘發現(包括傳統和非傳統)越來越仰賴對於前陸盆地中構造性質和分布的了解。兩個傳統的勘探案例突出了構造在新成藏組合中的價值，其一為 EnCana 在 Ferrier 區域的下石炭統白雲石化粒狀灰岩中的發現了天然氣/凝析油，這是在成熟探勘區的一個重大發現，相較於之前的鑽井工作主要集中在上覆的碳酸鹽岩中，一些井在通常較細粒的 Banff Fm.鑽遇到白雲岩孔隙，井下傾斜度很低，地質背景差，儲集岩風險高，勘探不具可行性。重疊沉積相帶、成岩作用路徑和潛在的圈閉趨勢等圖資，最終能在構造上找出受到基盤在活動構造控制的儲集岩相分布、Mississippian 時期同沉積構造以及白堊紀沉積後伸展斷層，合併三維地震數據層序地層模型解釋，於是乎造就了 Ferrier 的重大發現。第二個案例研究在下白堊紀的 Mannville Gp，透過輕微的同沉積伸展斷層所控制的局部砂岩儲層分佈進而找出新的探勘機會，並且成功地被測試。不對稱的半地塹控制了低水位的河流/河口河道和高水位河岸面的位置，同時也控制局部沉積物來源和儲集層品質；繼續的斷層運動導致了年輕通道的切入較老的地層，且此通道含有岩屑砂岩，是作為側向封阻的重要成分。這地質的模型確立了以前未被發現的上盤支流河道的區域好景帶，並提供了區域勘探模型的基礎。

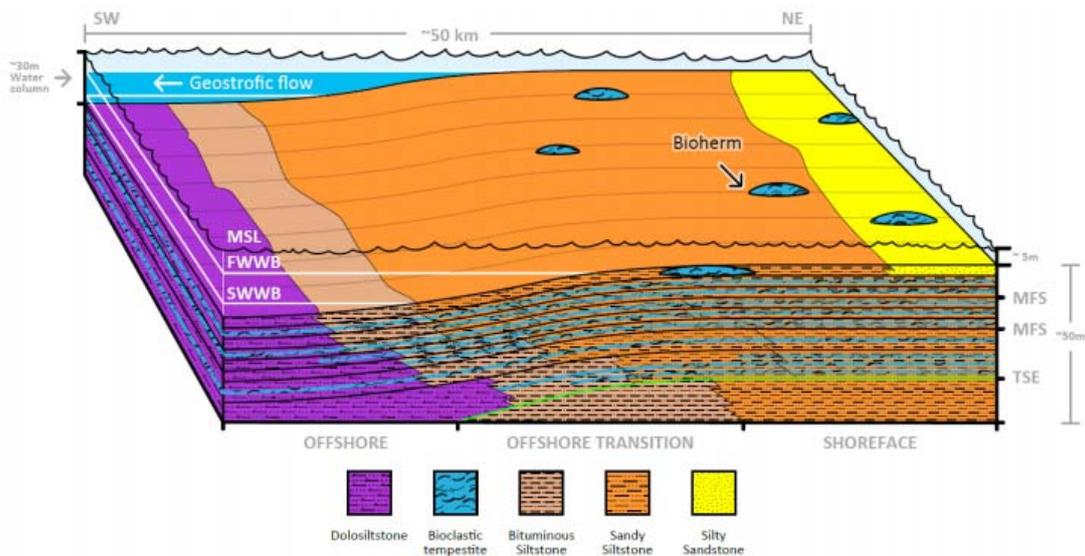
**巴西外海: Campos 盆地**自從 1968 年開始探勘，截至目前以生產超過 1.7MMBOEPD，大多數碎屑沉積物被困在“Albian Gap”，這是一個受鹽控制的內斜坡沉積中心。裂谷期發育的 Lagoa Feia 湖相黑色頁岩為盆地主要的生油岩，在始新世（52 Ma）時達到油窗，在中新世（22~8 Ma）來到產油高峰。盆地主要發育上白堊統和第三系 Carapebus 濁流砂岩、下白堊統 Macae 碳酸鹽岩和 Lagoa Feia 石灰岩以及前寒武紀的 Cabiunas 裂隙玄武岩等 4 套儲集層，Statoil 公司稱之為「完美的成藏系統」。為了評估有效的成藏組合，井的資料與 PSDM 地震數據進行整合。鹽上的目標是碳酸鹽岩、砂岩和石灰岩，而且大部分的鑽井結果都是乾井，沒有被發現油氣，鹽下的井通常有重大的油氣發現。鹽構造控制儲層分佈，控制受鹽影響的盆地的發育和油氣運移，因此對於石油工業來說，理解沉積物在

這些盆地中與鹽如何相互作用是至關重要的。藉由高品質的震測資料與鑽井結果，對於經過驗證的鹽下和鹽上活動的詳細和區域評估都是十分重要的。在鹽丘以外的成熟 Aptian 生油岩上發現大量的鹽上和鹽下油氣潛能力以及可能的巨大盆地底部之海下扇，為今後的成功探索奠定了良好的基礎。在 Santos 盆地，經由三維震測和鑽井資料，我們認識到鹽上序列中有主要三個的大地構造階段沉澱鹽後序列，在第一階段 (Turonian-middle Campanian)，水道、葉狀體和 MTCs 被限制在近端的小型盆地以及向陸傾斜的犁狀斷層之中，在第二階段 (Campanian-Maastrichtian)，水道、葉狀體填滿後繞過近端小盆地，隨後在遠端小盆地中沉澱下來，在最後階段 (Maastrichtian-中漸新世)，近端鹽牆的持續上升改變了先前沉積的深水系統。此外，來自底部和底部的大量運輸複合體填滿了小盆地，覆蓋並溢出在側翼的鹽牆上。這些結果對桑托斯盆地的鹽上油氣前景有一定的影響，一系列的儲層類型和圈閉方式在這個先前探勘的區間正被發展出來。

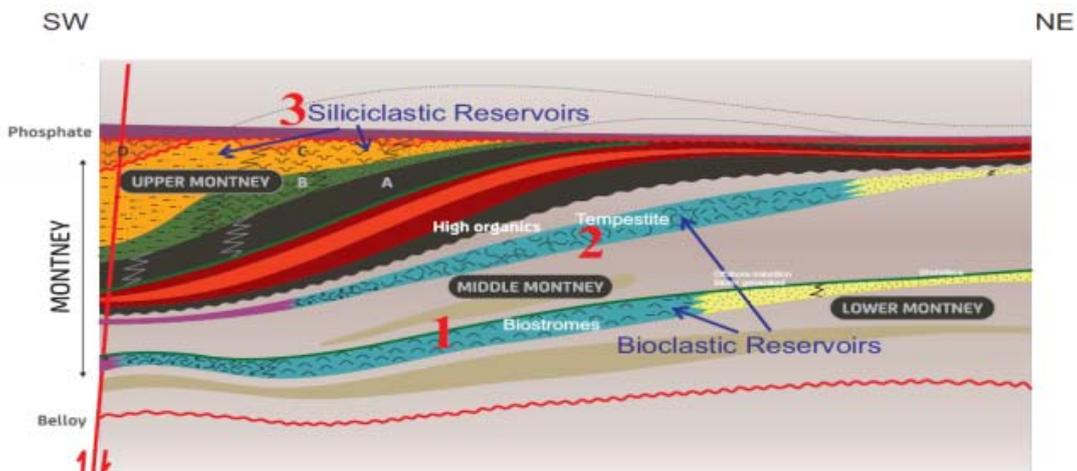
## 4.非傳統能源

**Montney Play:** Montney 為加拿大著名的 shale play 之一，經歷了 60 多年的傳統油氣生產以及近 10 年來的非傳統開發，此好景帶提供了良好的案例分析例子。Montney 層沉積於中生代初期的三疊紀，深度約 1200 至 3000 公尺深，沉積相主要為前積碎屑坡(圖六)，濱面帶上為傳統油氣藏的濁流相，有細顆粒濱海相、粉沙岩至頁岩的大陸棚相、含細粒砂岩的濁流相，在盆地遠端則是沉積有機碳含量豐富的細粒磷酸頁岩等，總有機碳含量在 good 等級以上，厚度十分的厚，依據 4 個不整合面又可細分為 Upper Montney、Upper Montney Phosphate、Middle Montney、以及 Lower Montney 四個段。成熟度的分佈上，隨著 Triassic 當時地層是由東北向西南漸深的一個古地理環境，有機熱成熟度亦呈現如此的趨勢變化，東邊濱面帶的沉積區域為未成熟、西邊遠濱帶的沉積區域已達過成熟階段。這裡的儲集層品質變化很大，近岸的粗粒砂到深水的細粒泥，造成由東向西呈現傳統油氣礦區至非傳統的緻密砂層以及頁岩氣礦區。了解對初始有機碳分佈以及熱成熟度和石油排移與移棲，能更好地預測盆地尺度的岩石和流體特性。加拿大 Progress Energy 公司在會議中發表對於洛磯山脈東側山腳下的褶皺斷層帶 Montney 層的儲集岩相研究，從東南到西北方向顯示一個向西傾斜的地層序並呈

現向西前積(圖七)，此剖面顯示了四個侵蝕面，這些面與之前所敘述之 Montney 底部、中部和頂部的不整合邊界一致，剖面中的層序與區域所觀察到的地層架構相符。在研究區中，可分為三個主要的水平井和液裂目標區，由老至新分別為 Claraia Biostrome(沉積於暴風浪基面的懸浮物所形成的紋理狀粉砂岩)、Clastic/Carbonate Ramp(正常天氣~報風浪基面的過渡帶)、Siliciclastic Shoreface(外海、近海過渡帶和下部濱面相的交替帶)。在 Montney 層中，生物碎屑是 sweet spot，然而生物碎屑由密集的方解石膠結，孔隙度小(1-2%)，而且很少天然裂隙，然而中間所夾之粉砂岩層含有高瀝青質與較高孔隙度(5-7%)，因此儲集層的特性主要歸功於脆性-塑性高頻率的交替所造成滲透性和地質向異性導致有良好的液裂效果。

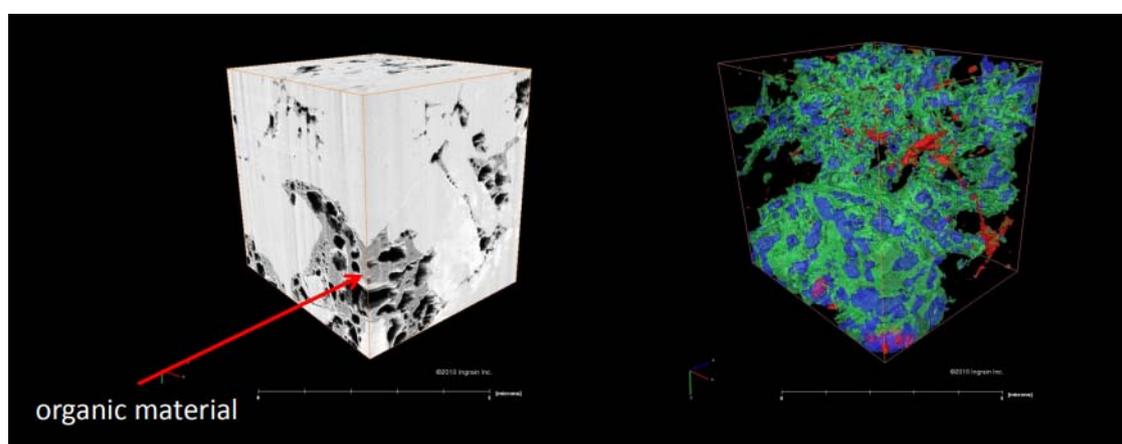


圖六、Montney 沉積盆地的沉積相



圖七、研究區中 Montney 剖面的主要生物碎屑和矽質碎屑儲集層

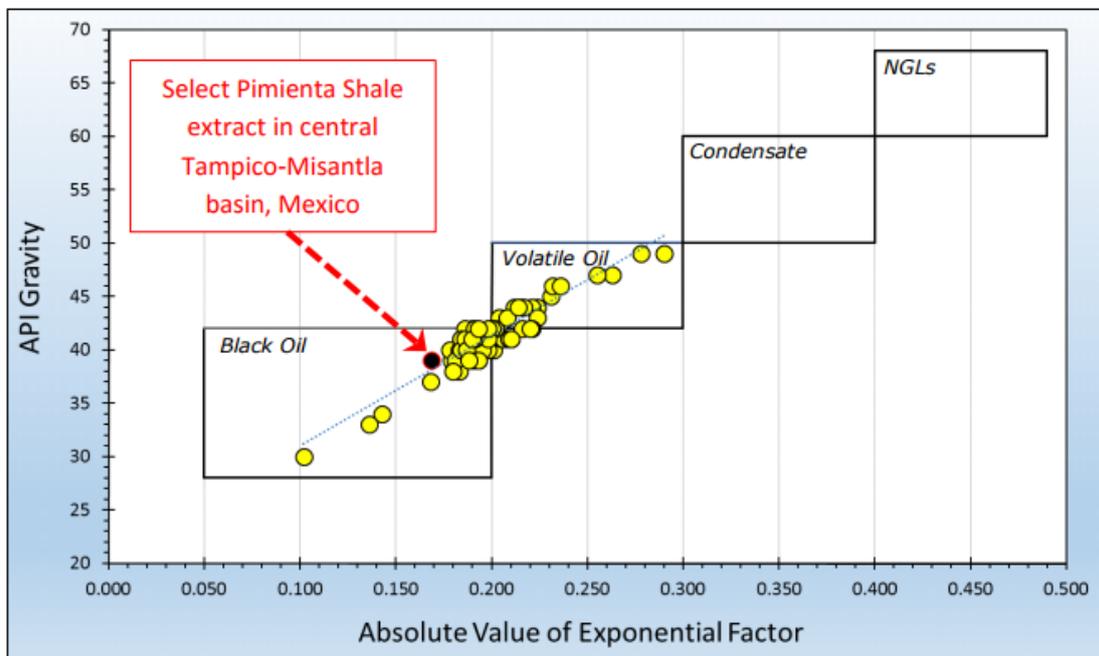
**Eagle ford Shale:** Eagle Ford 頁岩好景帶在晚白堊紀時期為高水位之缺氧環境，由北向南沉積一濱海相至遠濱帶的沉積相，油母質亦可視為由北側近岸端 San Marcos Arch 的 type II 混和 type III 類型，過渡到西南側離岸端暴風浪基面之下的 type II 形式，由 Eagle Ford 之井下岩樣熱裂解分析作圖亦顯示 Eagle Ford 層為以 Type II 為主導，混合部分 type III 之類型。由地化柱狀圖可看出上部 Eagle Ford 層的 TOC 約 2%，而下部 Eagle Ford 層的 TOC 較高，約為 4% 上下；HI 幾乎都不到 100 mgHC/gTOC；礦物組成中，碳酸岩佔了 50~80%。成熟度受古地理環境的影響，深度由北向南漸深，成熟度也從北向南漸增， $R_o$  從 0.55~2.2% 之間，生產結果也從產油、凝結油、一直到產乾氣。會議中有兩篇關於 Eagle Ford 的報告，皆在討論 Eagle Ford 層的孔隙系統，其中 BP 公司介紹以 FIB SEM 進行顯微鏡研究，將樣品中的孔隙度以 3D 影像來呈現，結果顯示除了岩性之外，岩層的孔隙度也受到成熟度所控制。較大的礦物孔隙受到壓實和膠結作用隨著熱成熟度的增加而消失，相比之下，有機物質（OM）的主導的孔隙度雖然在低熱成熟度樣品（ $R_o < 0.7\%$ ）極低，但隨著熱成熟度的增加而孔隙度變得越來越多；在中等成熟度的樣品中，有 OM 主導的孔隙，其孔徑在 5-500nm 範圍內，而高成熟度的樣品以微小（ $< 50\text{nm}$ ）OM-主管孔隙占主導地位。



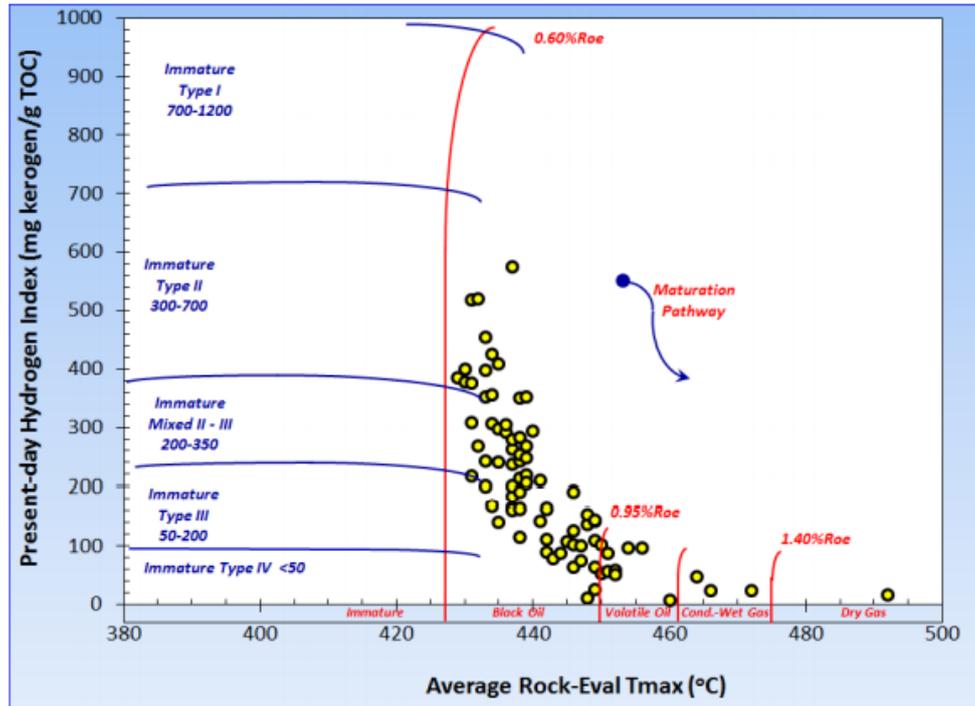
圖八、Eagle Ford 層的 3D 孔隙系統

**Mexico:**對於墨西哥非傳統的介紹，很榮幸的是由 Daniel M. Jarvie 來主講，Jarvie 先生對於美國許多頁岩盆地皆有地球化學上之研究，堪稱地化權威。墨西哥陸上 Tampico-Misantla 盆地(TMB)侏羅系生油源岩為世界一級的有效生油岩，已經在墨西哥陸上和近海的白堊紀和第三紀油藏中發現且開採了大量的石油。這

些上部侏羅系生油岩年齡為 Tithonian、Kimmeridgian、Oxfordian 時期，並被定義為 Pimienta、Taman 和 Santiago 層，為 Type II 有機質類型，與墨西哥灣深水礦區的生油岩以及東德州的生油岩一致，Bossier 與 Haynesville 由於其較高的熱成熟度而對頁岩氣具有潛力。傳統的排移模型提出非常高的油氣排移率，而剩餘的石油則佔生油岩中石油的三分之一左右，墨西哥東北部 Burgos 盆地兩口鑽井的氣體流量分別為每日 10 和 12.2 mmcf，這應該來自生油岩中剩餘的石油再裂解而成大量的天然氣，這也是美國 Barnett、Fayetteville、Marcellus 等頁岩氣的主要來源。而墨西哥 TMB 則是以揮發性石油為目標。緻密油產率的參數為有機物豐度、淨厚度、儲集能力、油的類型以及滲透率，最單純的情況下，2% TOC、HI=600 mg/g、厚度 100 英尺，轉化率 80% 的話，每 72 平方英里就能產生 10 億桶的石油，現地會有 30% 石油，以 10% 採收率來算，可生產 300 百萬桶油。墨西哥上部侏羅系 Pimienta 頁岩有 4.5% TOC(圖九)、HI=400~600 mg/g(圖十)以及超過 400 英尺的淨厚度，與 Eagle Ford Shale 類似碳酸鹽礦物含量佔 52%，生油岩層內這種高碳酸鹽含量帶來高的儲存能力（孔隙度和滲透率），脆性高，初次移棲和排移效果增強，又降低黏土吸附作用，是造成類似 Eagle Ford 頁岩般高生產率的重要原因，若以多層次合併開採會降低許多成本。



圖九、墨西哥上部侏羅紀 TMB 以揮發性石油為主要開採目標(Jarvie, 2017)



圖十、墨西哥上部侏羅紀 TMB 生油岩之 HI(Jarvie, 2017)

## 肆、心得與建議

石油探勘整合了各種科學技術，無論是地質學、沉積學、構造學、物理學、有機化學、工程技術等等，都需要團隊的合作才能提升整體的探勘績效。本次 AAPG ICE 2017 年會集結了各領域的專業論文，同時在成熟礦區、新礦區、非傳統資源開發等議題上都有相當數量的發表。在拉丁美洲論壇中，介紹的國家都將以海上礦區為此階段的開放項目，這部份的技術對於本公司而言有較大的門檻，投資成本也偏高，因此暫時不是本公司參與投資的目標區。在非傳統項目裡，本次會議有介紹許多英國、歐洲、印度、甚是沙烏地阿拉伯等國之頁岩油氣，可見非傳統能源(尤其是頁岩油氣)在全球的石油產業領域中尚未退燒，連產油大國沙烏地阿拉伯都往這一塊踏進，相信待全球油價回升之後，頁岩油氣將會是世界油氣的掌控者，本公司也該持續對於國外非傳統能源發展趨勢保持注意。

建議:1.公司多派員參與各類國際性石油相關研討會，吸取當前技術與經驗。2.希望本公司能與國際油公司建立良好互動關係，有助於公司拓展商機。3.聘請國外在石油工業界表現優異並擁有專業技術的專家來公司分享技術，也是公司提升專業人才訓練之道。

AAPG|SEG  
International Conference  
& Exhibition 2017

Schedule at a Glance

\* Subject to change. Visit [ICEevent.org](http://ICEevent.org) for updates.

<p><b>Saturday, 14 October</b></p> <p>08:00–17:00 Registration</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 1: Applied Biostratigraphy (AAPG)</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 2 (Day One): The Petroleum Industry in the Next Decade (AAPG)</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 3 (Day One): Advanced Sequence Stratigraphy for E&amp;P Professionals (SEPM)</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 4 (Day One): Basin and Petroleum System Modeling in Conventional and Unconventional Petroleum Exploration (AAPG)</p> <p>08:00–17:00 Post-Conference Short Course 5 (Day One): Fundamentals of Salt Tectonics (AAPG)</p> <p><b>Sunday, 15 October</b></p> <p>07:30–17:30 Registration</p> <p>08:00–12:00 Pre-Conference Short Course 2 (Day Two): The Petroleum Industry in the Next Decade (AAPG)</p> <p>08:00–16:00 Pre-Conference Short Course 3 (Day Two): Advanced Sequence Stratigraphy for E&amp;P Professionals (SEPM)</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 4 (Day Two): Basin and Petroleum System Modeling in Conventional and Unconventional Petroleum Exploration (AAPG)</p> <p>08:00–17:00 Post-Conference Short Course 5 (Day Two): Fundamentals of Salt Tectonics (AAPG)</p> <p>08:00–17:00 Pre-Conference Short Course 6: Data Science and Deep Learning in Exploration and Production (AAPG)</p> <p>16:00–17:00 Young Professionals Meet &amp; Greet</p> <p>17:00–18:30 Opening Ceremony</p> <p>18:30–20:00 Exhibition and Icebreaker Reception</p> <p><b>Monday, 16 October</b></p> <p>08:00–18:00 Registration</p> <p>08:55–10:25 Executive Plenary: 100 Years of Science Fueling 100 Years of Prosperity</p> <p>09:00–13:30 Poster Sessions</p> <p>09:00–18:30 Exhibition</p> <p>10:15–11:15 Refreshment Break</p> <p>10:55–12:30 Oral Sessions</p> <p>10:55–12:30 Special Session: The Bottom-Line Benefits of Diversity</p>	<p>13:55–15:30 Special Session: Earth Movements</p> <p>13:55–17:30 Oral Sessions</p> <p>13:55–17:30 Discovery Thinking Forum: Significant New Discoveries, New Frontiers</p> <p>14:00–18:30 Poster Sessions</p> <p>15:15–16:15 Refreshment Break</p> <p>16:10–17:30 Special Session: The Next Generation: Students and Young Professionals</p> <p>17:30–18:30 End-of-Day Reception</p> <p>19:00–20:00 Student Reception</p> <p><b>Tuesday, 17 October</b></p> <p>08:00–18:00 Registration</p> <p>08:55–12:30 Oral Sessions</p> <p>08:55–12:30 Special Session: Landmark Discoveries of the Last 100 Years</p> <p>09:00–13:30 Poster Sessions</p> <p>09:00–18:30 Exhibition</p> <p>10:15–11:15 Refreshment Break</p> <p>13:55–17:30 Oral Sessions</p> <p>14:00–18:30 Poster Sessions</p> <p>15:15–16:15 Refreshment Break</p> <p>16:10–18:30 Open Panel Discussion: Leadership: Technically-Adept and Business-Savvy in the Petroleum Industry</p> <p>17:30–18:30 End-of-Day Reception</p> <p><b>Wednesday, 18 October</b></p> <p>08:00–14:00 Registration</p> <p>08:55–12:30 Oral Sessions</p> <p>09:00–13:30 Poster Sessions</p> <p>09:00–14:00 Exhibition</p> <p>10:15–11:15 Refreshment Break</p> <p>12:30–14:00 Exhibitor-Sponsored Luncheon</p> <p>13:55–17:30 Oral Sessions</p> <p>13:55–17:30 Special Session: The Future of Oil and Gas E&amp;P Technology</p>
--	--

Please see page 12 for the complete list and schedule of Field Trips.

6
#ICE2017 | #ICELondon

f
t
in
+
globe

AAPG SEG International Conference & Exhibition 2017									
Oral Sessions at a Glance									
Executive/Plenary Session									
Monday Morning	Theme 2: Advances in Barents Sea Exploration	Theme 8: Tight Gas (Sandstone Reservoirs)	Theme 4: Constraining Source Rocks	Special Session: The Bottom-Line Benefits of Diversity	Theme 1: Asia Pacific	Theme 3: Reservoir Surveillance and Monitoring	Theme 6: Seismic for Unconventional Reservoirs	Theme 9: Fractures and Faulted Basement	Theme 7: Provenance and Reservoir Quality
Monday Afternoon	Discover Thinking	Theme 1: Global Geoscience	Theme 2: Geodynamics and Evolution of Arctic Basins	Special Session: Earth Movements	Theme 10: Geoinformatics & Basin Modeling	Theme 3: Exploration in Mature Basins - Eurasia	Theme 6: Seep-Hunting and Shallow Hazards	Theme 8: Geothermal Energy from Sedimentary Basins	Theme 7: Carbonate Reservoirs - Europe and South America
Tuesday Morning	Special Session: Landmark Discoveries of the Last 100 Years	Theme 4: Identifying the Play	Theme 2: Sedimentology and Stratigraphy of Arctic Basins	Theme 8: Fractured Shale Reservoirs	Theme 10: Global Petroleum System Evaluation Case Studies I	Theme 3: Exploration in Mature Basins - North Sea	Theme 6: Non-Seismic Geophysics	Theme 5: Deepwater: Physical Modeling, Depositional Models, and Paradigm Shifts	Theme 7: Carbonate and Clastic Reservoirs - Middle East and North Africa
Tuesday Afternoon	Theme 7: Clastic Reservoirs - Atlantic and the Americas	Theme 4: Chasing the Play	Theme 2: Arctic Exploration Activity and Results	Theme 8: Unconventional Gas Case Studies and Economics	Theme 10: Global Petroleum System Evaluation Case Studies II	Theme 12: History of Petroleum Geology	Theme 9: Traps, Seals, Fault, and Fracture Networks	Theme 5: Emerging Deep-Water Provinces I	Theme 11: HSSE in Upstream E&P
Wednesday Morning	Theme 7: Clastic Reservoirs - Europe	Theme 8: Mapping Unconventional Reservoirs	Theme 5: Emerging Deep-Water Provinces II	Theme 7: Carbonates - Rest of World	Theme 6: Advances in Seismic Acquisition and Imaging	Theme 9: Fold and Thrust Belts	Theme 7: Technologies and Methodologies for Reservoir Characterization	Theme 9: Salt Tectonics I	Theme 4: Magmatic Frontiers
Wednesday Afternoon	Theme 1: Africa	Theme 8: Oil From Shales and Carbonate Mudstones	Theme 6: Seismic Reservoir Characterization	Theme 7: Clastic Reservoirs - Asia and Rest of World	Special Session: The Future of Oil and Gas E&P Technology	Theme 5: Seismic Stratigraphy, Traps, and Geophysical Methods	Theme 4: Challenging Existing Models	Theme 9: Salt Tectonics II	Theme 3: Exploration in Mature Basins - The Americas, Africa

- Theme 1: 100 Years of Global Exploration - Regional Geoscience
- Theme 2: Polar Petroleum Potential (3P)
- Theme 3: Exploration and Production in Mature Basins
- Theme 4: New and Emerging Exploration Basins
- Theme 5: Deepwater Exploration and Production
- Theme 6: Integration of Geophysical With Geology
- Theme 7: Reservoirs - Siliclastic, Carbonate and Mixed
- Theme 8: Unconventional Exploration and Production
- Theme 9: Traps and Structural Geology
- Theme 10: Petroleum Systems and Basin Modeling
- Theme 11: HSSE in Upstream E&P
- Theme 12: History of Petroleum Geology

Register Early and Save!  
See page 44