



行政院及所屬各機關因公出國報告書  
(出國類別：出席國際會議)

出席亞太經濟合作 (APEC)  
非傳統天然氣論壇  
會議報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：丁專員建仁

派赴國家：越南

出國期間：103年6月11日至6月14日

報告日期：103年7月10日



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席亞太經濟合作（APEC）非傳統天然氣論壇會議報告

頁數 28 含附件：是否

出國計畫主辦機關 / 聯絡人 / 電話

經濟部能源局 / 丁建仁 / (02) 27757748

出國人員姓名 / 服務機關 / 單位 / 職稱 / 電話

丁建仁 / 經濟部能源局 / 石油及瓦斯組 / 專員 / (02) 27757748

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103 年 6 月 11 日至 6 月 14 日

報告期間：103 年 7 月 10 日

出國地區：越南河內 (Ha Noi, Viet Nam)

分類號/關鍵詞：亞太經濟合作 (APEC)、非傳統天然氣 (Unconventional Gas)

內容摘要：

此次出國之主要任務係出席亞太經濟合作 (APEC) 非傳統天然氣論壇 (Regional Unconventional Gas Technical Workshop)，係因區域性的能源需求增加，且期望降低發電廠的高碳排放能源(如煤及重油等)使用的前提下，以天然氣作為基載發電及工業能源使用，有顯著的經濟及環保優勢，故由美國與越南共同舉辦為期兩天之非傳統天然氣論壇，以建立 APEC 經濟體在非傳統天然氣的探勘、發展之技術能力。

我國自有能源匱乏，98%以上能源均需進口，而在穩健減核及打造低碳環境目標下，低碳排放量之天然氣勢必為未來我國能源之重要選項，全球非傳統天然氣(頁岩氣)蘊藏量豐富，隨著水平井及水平壓裂技術等開採技術的發展，可預期在能源供應的影響力日增，藉由參加本次會議瞭解非傳統天然氣有關儲

集層基礎工程、頁岩儲集層工程及頁岩氣產量預測、鑽井原則、井設計及完井、地層評估、井測及儲集層地質力學等相關技術及發展情形、合作開發問題、環保議題及越南油氣發展的現況等事項，並與相關國家溝通及交流，有助於我國未來在能源多元化、能源安全及天然氣政策相關規劃參考。

## 目 次

壹、目的 .....	1
貳、會議過程 .....	1
參、交流內容 .....	23
肆、結論與建議 .....	23

附件：會議議程

## 壹、目的

本次論壇係美國與越南共同舉辦為期兩天之 UGTEP 論壇(Unconventional Gas Technical Engagement Program (UGTEP) workshop)，係於區域性的能源需求增加，且期望降低發電廠的高碳排放能源(如煤及重油等)的使用的前提下，以天然氣作為基載發電及工業能源使用，有顯著的經濟及環保優勢，故舉辦本次論壇以建立 APEC 經濟體在非傳統天然氣的探勘、發展的技術能力，並由出席者交流有關儲集層基礎工程、頁岩儲集層工程及頁岩氣產量預測、鑽井原則、井設計及完井、地層評估、井測及儲集層地質力學等相關意見。

我國自有能源匱乏，98%以上能源均需進口，且朝向穩健減核的目標及打造低碳環境的理念，低碳排放量之天然氣勢必為未來我國能源之重要選項，故藉由參加本次會議瞭解非傳統天然氣相關技術及發展情形、合作開發、所產生的環保議題及越南油氣發展的現況等事項，作為我國未來在能源多元化及探勘上、能源安全及天然氣政策相關規劃參考。

## 貳、會議過程

- 一、會議時間：103 年 6 月 12 日（星期四）至 6 月 13 日（星期五）。
- 二、會議地點：越南河內 Hilton Hanoi Opera Hotel。
- 三、與會人員：本次 UGTEP 論壇計有 7 個會員體（墨西哥、越南、韓國、馬來西亞、柬埔寨、美國及我國）代表參加。
- 四、會議主席：美國能源部能源計畫辦公室經理 Joseph T.Figueiredo 先生。
- 五、我方出席人員：經濟部能源局石油及瓦斯組丁專員建仁。
- 六、會議議題：
  - (一) 傳統及非傳統儲集層(Conventional vs. Unconventional Reservoirs)；
  - (二) 基礎儲集層工程(Reservoir Engineering Fundamentals: Conventional and Unconventional)；

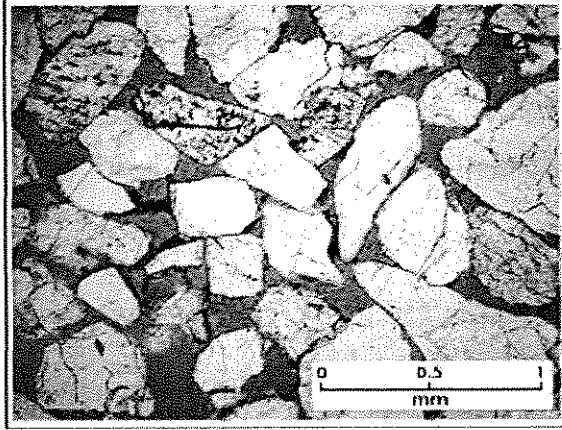
- (三) 頁岩儲集層工程及產量預測(Shale Reservoir Engineering and Production Forecasting)
- (四) 非傳統資源之地層評估、井測及儲集層地質力學(Formation Evaluation, Logging and Reservoir Geomechanics for Unconventionals)
- (五) 非傳統資源之鑽井原則、井設計及完井作業(Drilling Principles, Well Design and Completions for Unconventional Resources)
- (六) 井激勵作業及環境挑戰(Stimulation and Environmental Challenges)
- (七) 傳統及非傳統產品分成合約之重要條款(Key Provisions in Production Sharing Contracts: Conventional vs. Unconventional)
- (八) 美國傳統及非傳統油氣資源之介紹(Introduction to U.S. Conventional and Unconventional Resources)
- (九) 美國針對非傳統天然氣發展管理作業 (State-specific regulatory efforts for unconventional gas development in the U.S.)
- (十) 越南非傳統資源發展潛力及地質特徵(Local Unconventional Potential and Geological Features in Viet Nam for Unconventional Potential) ;
- (十一) 越南傳統油氣鑽掘之最佳作法(Conventional Oil and Gas Drilling Best Practices in Viet Nam) ;
- (十二) 越南河內大學簡介(Introduction to HUMG)

七、 會議討論內容:

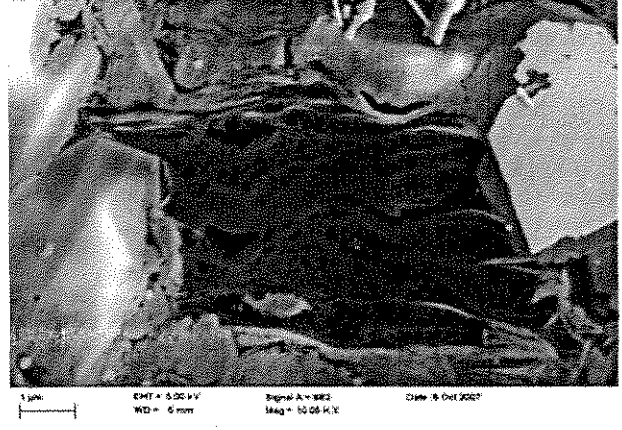
(一) 非傳統油氣資源

非傳統油氣資源包括緻密氣砂岩、頁岩氣和頁岩油藏、油頁岩、重油砂、煤層氣、天然氣水合物等，非傳統油氣儲集層(unconventional reservoirs)係指存在於數個地質或物理機制內之某體積的烴類，其主要特性有低基質滲透率(low matrix permeabilities)、吸附機制、異常壓力且無明顯的儲集層密封層，需要大規模井激勵技術(stimulation)或特殊回收技術，方具有商業開採的價值。

非傳統儲集層的孔隙較傳統儲集層的孔隙小了非常多，如下圖所示

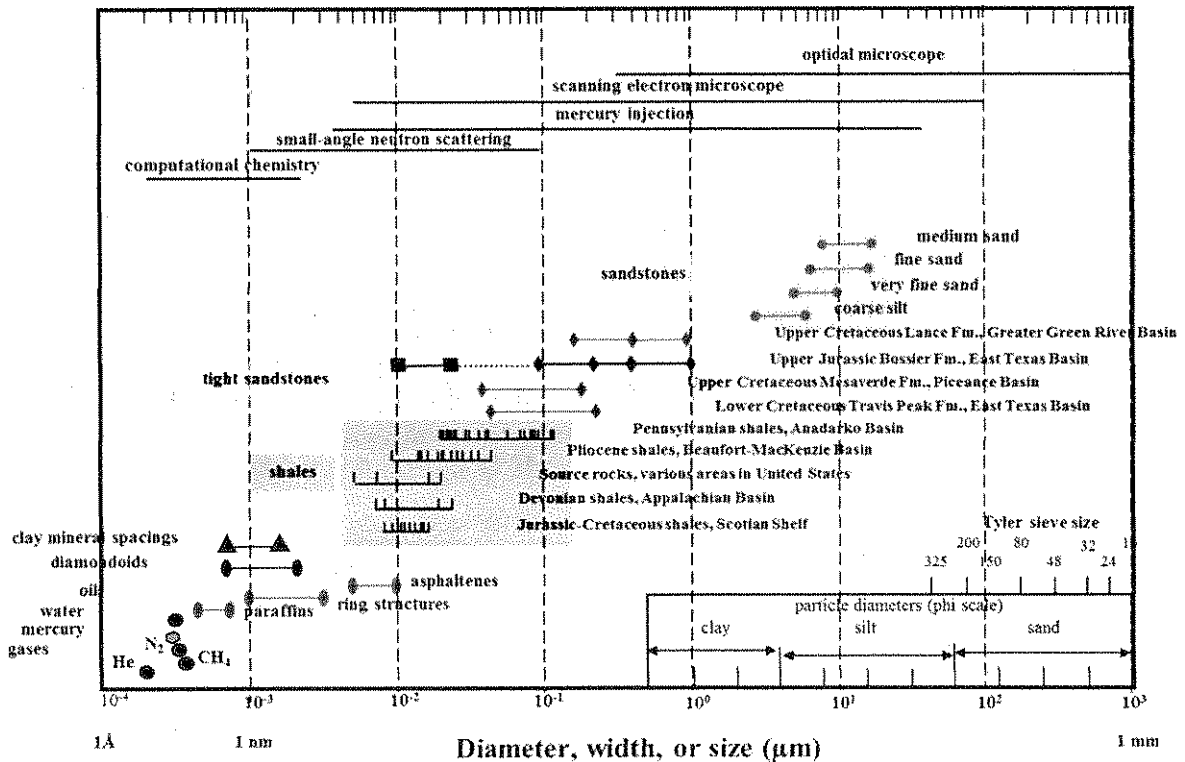


傳統儲集層的孔隙以 mm 為量測單位



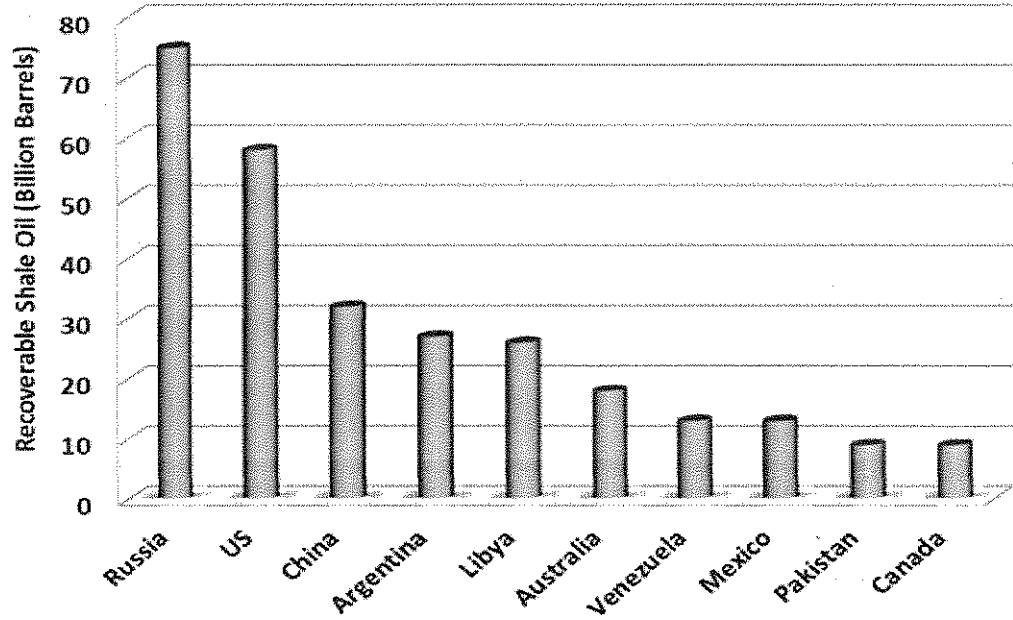
非傳統儲集層的孔隙則以  $\mu\text{m}$  為量測單位

而孔喉(pore throat)的尺寸可作為判斷油氣存在的位置及孔隙間流體流動的行為，通常傳統儲集層孔喉大於  $2 \mu\text{m}$ ，緻密氣砂岩孔喉則在  $2$  to  $0.03 \mu\text{m}$  間，頁岩孔喉則在  $0.1$  to  $0.005 \mu\text{m}$  間，相關孔喉尺寸圖如下：

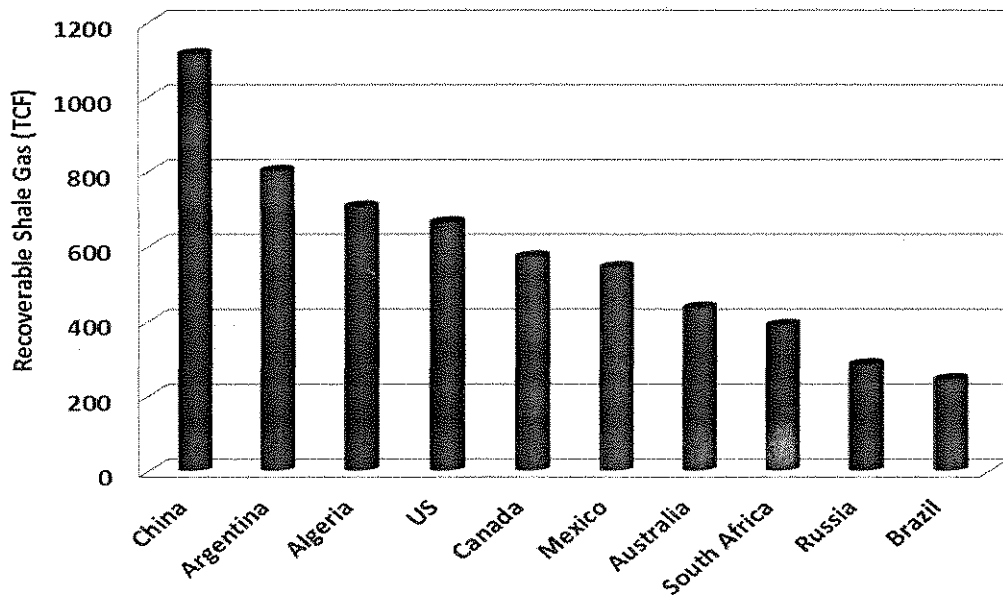




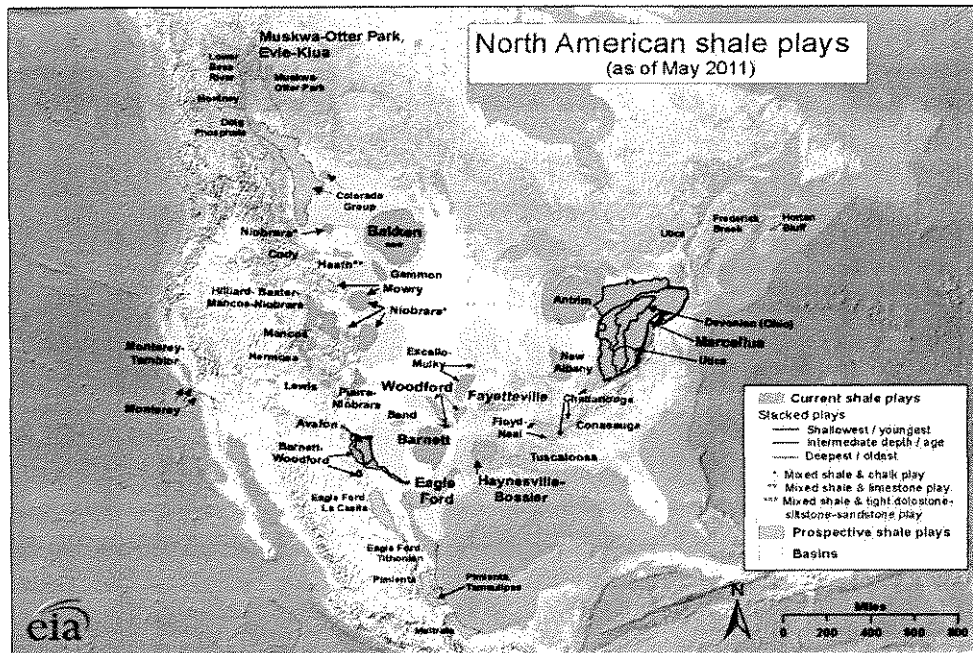
目前全球頁岩油可採資源量最高為俄羅斯，其次為美國、中國、阿根廷、利比亞等國，如下：



目前全球頁岩氣可採資源量最高為中國大陸，其次為阿根廷、阿爾及利亞、美國、加拿大等國，如下：



在北美已有多個區域進行頁岩氣的探勘，包括有 Marcellus、Barnett、Bakken、Eagle Ford 等地區。



造成頁岩儲集層複雜的因素包括有：儲集層的性質及強度與岩性息息相關、粘土種類和比例決定岩石與流體間的交互作用及地層強度的變化、天然裂縫方向、非均質性、應力方向、水平應力大小的差異等。頁岩中水的流動行為，可由水壓力及滲透壓的平衡關係得知。

開採頁岩氣所面臨之挑戰包括有：儲集層與破裂特性及甜點 (sweet spot) 的評估分析、異質性與異向性、滲透性模型的建立、環保議題的重視、基礎設施的建置等。

## (二) 鑽井的影響及鑽井原則

現地應力係處於力學平衡狀態，鑽井係將鑽出的圓柱狀岩石，以相同圓柱狀但不同密度的液體取代。而岩石可承受正向應力及剪應力，惟液體無法承受剪應力，故將使得井孔附近的現地應力重新分配，而有應力集中的現象，而岩石如無法承受應力集中時，將產生變形或破壞。

井孔需作相關穩定分析，所需相關參數包括有：井方位角、深度及井偏差 (由測量可獲知)；孔隙壓力、覆土壓力、最大水平應力、最小水平應力

及最大水平應力方位角(由現地應力資料可獲知)；楊氏係數(Young' s modulus)、柏松比(Poisson' s ratio)、凝聚力(cohesion), 及摩擦角(friction angle) (由岩石強度資料可知)。

鑽井計畫須考量的因素包括有：地質狀況、井噴的防止(blowout prevention)、套管計畫、水泥接合計畫、鑽掘液計畫、測試與資料取得、壓力與潛在危害之評估、鑽井方向設計等。融合地球科學和石油工程的原則，透過整合技術面、操作面、組織面，可降低鑽井及完井可能發生的問題，考量因素包括：井之穩定性及破碎壓力之預測、破碎及穩定問題之描述、減少卡鑽(stuck pipe)、側鑽(sidetracks)等情況、不平衡鑽井(underbalanced drilling)之可行性規劃、降低砂產量、選擇可獲得最大生產量之井位、考量岩性敏感度進行水力壓裂設計、適當的鑽井、完井及壓裂液之設計(fracturing fluid design)等。

鑽掘液(drilling fluid)的選擇亦是考量的重點，如油基泥漿(oil based mud)有 4 個特點：減少套管磨損、減少膨脹效應、花費較高與限制較多；水基泥漿(water based mud)則有 6 個特點：花費便宜、限制較少、容易取用、增加鑽井速度、增加套管磨損與增加膨脹效應等。

套管的功能包含：保護地下水之含水層、固定井位控制設備、保護鑽井避免受到高低壓力帶的變化擾動、保護鑽井避免受到鬆軟地層如鹽或泥相頁岩層的干擾。現今油氣套管工業標準，包括長度、厚度、伸張強度及各項合併參數等，是由美國石油協會(API)所建立。

套鑽(casing drilling):即同時鑽井並放置套管，套管須旋轉以達到鑽掘的功能，套鑽的優點包括無需鑽井管、減少工作時間、減少因尺寸而影響鑽井的程序、減少卡管意外、節省經費與時間，能完成較深之工作並節省套管使用。

好的水泥接合設計需對於地層性質、水泥種類、井中擾流的各種情況、套管性質、套管的適當選擇等有充分的瞭解，並有良好的井位控制技術。水泥的選擇需考慮到是否能迅速達到足夠的壓力強度、不受污染物影響等。

而水泥接合作業的品質是鑽井中最關鍵的技術，好的水泥接合作業可以預防鑽井造成的碎屑進入乾淨之地下水層，並確實區分油氣生產區與含水層。環孔水泥封固柱狀圖(cement bond logs)可用來評估水泥接合作業的品質，包括了套管與水泥的黏結、水泥與地層的黏結狀況等。

目前鑽井技術已發展到可在同一個場址，在無需拆解重新組裝鑽機情形下，朝多方向自由移動，並鑽掘最高達 22 口井，最深可鑽掘達 4,000 英尺深。因為鑽機無需拆解及裝卸，大大減少施工的潛在安全危險，且程序的自動化增加操作安全性，亦有減少所需操作人力及減少鑽掘每口井所需花費時間的優點。

### (三)地質力學(Geomechanics)之重要性

地質力學主要係描述岩石與流體之礦物成分、形成歷史、構造活動、現地應力、流體類型和數量、孔隙壓力等，而以電纜或其他井下技術等遙測技術確認岩石與流體之性質。直接的資料收集技術有泥漿測井(mud logging)、地層採樣(岩心、岩屑)、流體取樣、壓力調查等，間接的資料收集技術則有電纜探測、隨鑽井測、平行井分析包括垂直震測(VSP)、跨井震測等。相關的重要參數有：彈性係數(大部分井孔穩定設計、砂預測及壓裂設計之基礎，岩石一般為非線性)、楊氏係數及柏松比、有效應力及總應力等。當有效應力增加時將產生壓縮的現象，而有效應力的增加通常導因於孔隙壓力減少。壓縮的現象在儲集層工程中占有相當重要的地位，壓縮所產生的問題包括地表沉陷，儲集層內套管的破壞，儲集層上方套管受剪力影響、應力重新分配並引起地震等。

造成岩石異向性的因素，包括有岩性(內在)異向性：包括有定向的微粒、異向性的顆粒等，誘發的(外在)異向性：裂縫及破裂、彈性非線性誘發直接應力等。許多學術單位及工業機構會使用”世界應力地圖”作為建立地質模型、儲集層特性描述及管理、採礦及隧道穩定、井孔穩定及地震危害評估分析。”世界應力地圖”可參考 [http://dc-app3-14.gfz-potsdam.de/pub/stress\\_data/stress\\_data\\_fra](http://dc-app3-14.gfz-potsdam.de/pub/stress_data/stress_data_fra)

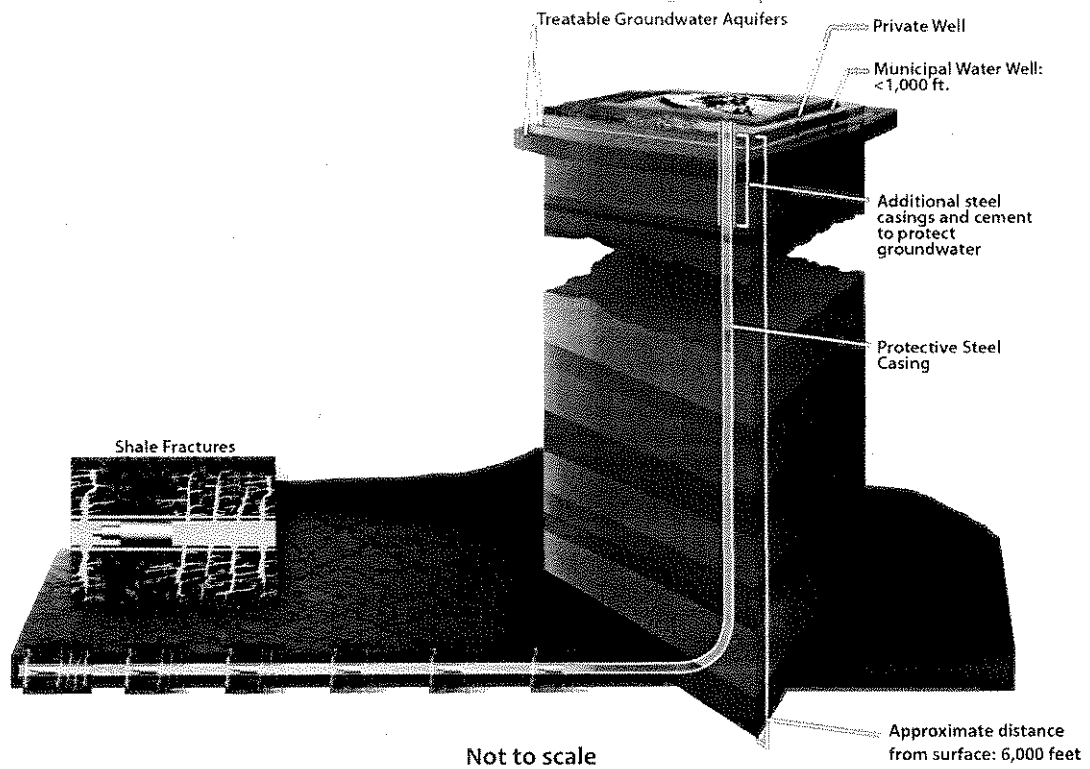
me.html

地質力學不僅作為井孔穩定性研究或岩石試驗用，已成為在具有挑戰性的儲集層中，成功的探勘、鑽井、完井、水力壓裂、生產、提高採收率等的基本原則。藉由地質力學探討提高井孔穩定性的鑽井方向、並藉由現最大現地應力及最小應力的方向及裂縫引發的應力變化，可得到壓裂裂縫的最佳方向、最佳長度及寬度等，以獲得最大生產量。

#### (四) 水平鑽井 (Horizontal Drilling) 及水力壓裂 (Hydraulic Fracturing)

因天然氣在頁岩層中流動速率不足(頁岩的低滲透性抑制了油氣遷移到滲透率更高岩石的行為)，故水平鑽井及水力壓裂為頁岩氣開採之兩個關鍵技術，如無前項技術，則頁岩氣將不具經濟開採價值。水力壓裂已在石油產業中使用了50年以上，藉由精確的地質力學設計及確實的監測，水力壓裂為非傳統油氣資源的特有方式。

##### 1. 垂直鑽井結合水平鑽井及水力壓裂示意圖



##### 2. 垂直鑽井、水平鑽井與多階段水力壓裂之比較

(1). 水平鑽井結合多階段水力壓裂，在接觸面積上有明顯的優勢：

甲、垂直井：在相同地層內(儲集層厚度為 100 英尺)時，垂直井接觸面積約為 15 平方公尺。

乙、水平井：在沒有破裂面的情況下鑽掘 600 公尺長之水平井時，其接觸面積約為 300 平方公尺，為垂直井的 20 倍；

丙、相同水平井加入 10 階段水力壓裂時，每 45 公尺長接觸面積約為 14,223 平方公尺，相當於 948 座垂直井的接觸面積，與 48 座水平鑽井的接觸面積。

(2). 此外，與僅使用垂直鑽井相較，使用水平鑽井與多階段水力壓裂有減少使用道路網路、減少處理塵土及廢棄物之相關建設、減少運送車輛所產生的塵土及相關廢棄物排放的優點。

### 3. 水力壓裂作業

影響水力壓裂作業效率性的因素包括有：生產率、回收效率與現地應力狀態(in situ stress state)、地層特性與非均質性等皆會影響作業的設計與執行。

而水力壓裂的過程中，因為裂縫的膨脹及高壓的壓裂液注入地層的關係所引起現地應力及孔隙應力將引發微震，微震的分布則與儲集層的異質性及當地既存的裂縫網路有關，依據現有的鑽井資料觀察，微震集中於低柏松比區域。而藉由微震井測的技術，則可以瞭解裂縫發展的情形。

壓裂液的性質要求則包括有：與地層及當地地層內液體的相容性、可將支撐劑傳送到裂縫的深處、足夠的黏滯度以發展裂縫寬度、低摩擦壓力、穩定、價廉等。

### 4. 蘊藏量估計

為預測及增加油氣回收率，須了解儲集層工程的基本性質包括有儲集岩的基本性質、儲集層流體性質等。儲集岩的基本性質包括有孔隙率、流體飽和度、滲透率(絕對滲透率、有效滲透率、相對滲透率等)、濕潤性、毛細壓力等。

儲集層流體性質包括有 API 比重(API gravity)、起泡點壓力(bubble point pressure)、地層體積因數(formation volume factor)、溶液油氣比(solution gas-oil ratio)、等溫壓縮性(isothermal compressibility)及黏滯度(viscosity)等。

儲集層的行為非常類似於海綿，當油氣被取出時，儲集層會產生壓縮，儲集層模擬中，必須考量壓縮性，其重要性甚至高於滲透率，如未考量壓縮性，則會計算出錯誤的蘊藏量。而依據儲集層中流體的狀態可將儲集層分為幾類，包括乾性氣體儲集層、濕性氣體儲集層、Retrograde-condensate 儲集層、無游離氣體的未飽和油儲集層(undersaturated-oil)及含游離氣體的飽和油儲集層(saturated-oil)。在儲集層中，藉由考量覆土壓力(overburden pressure)及水壓力，可計算水力壓裂所需增加的壓力。

儲集層中重要的流動機制包括有溶解氣驅動(Solution gas drive)、氣頂驅動(Gas cap drive)、游離氣膨脹(Expansion of free gas)、天然水驅動(Natural water drive)、壓密驅動(Compaction drive)、重力排水(Gravity drainage)、組合驅動(Combinations drive)等。而藉由早期油產量比率下降的趨勢，可以預測未來油氣產量下降的趨勢及廢棄水的增加量。

傳統估計蘊藏量方法，包括有 Analogy、Volumetrics、物質平衡(Material balance)、遞減曲線分析(Depreciation curve analysis)、數值模擬(Numerical simulation)等方法。其中遞減曲線分析通常使用於生產成熟階段，基於假設控制生產狀況、生產方法及生產策略等影響因素不會有明顯變化的前提下，用來預測未來的產量及估計最終可採量。遞減曲線有指數遞減(exponential decline)、諧和遞減(harmonic decline)、雙曲線遞減(hyperbolic decline)等 3 種，其中指數遞減得到較為保守的估計蘊藏量，雙曲線遞減則為得到較為樂觀的估計蘊藏量。

而非傳統天然氣儲集層蘊藏量的估計，係以修正傳統天然氣估算蘊藏量公式的方式進行，傳統估計蘊藏量的方式如 Analogy、Volumetrics、物質平衡(Material balance)、遞減曲線分析(Depreciation curve analysis)等，因為非傳

統天然氣儲集層在回收因數(recovery factor)的不確定性、難以量測準確的儲集層壓力及極低滲透率等特性的不同，而無法準確的估算。在遞減曲線分析部分，則不斷的有修正公式出現，如 Modified Hyperbolic Decline (Robertson, 1988)；Power-Law Exponent Model (Ilk et al., 2008)；Stretched Exponential Model (Valko, 2009)；Logistic Growth Model (Clark et al., 2011)；Duong Model (Duong, 2011)等，試圖找出較佳的估算方式。

#### 5. 使用水平鑽井與多階段水力壓裂在環境議題上面臨的挑戰：

頁岩氣資源的開發有極大的潛力，惟任何產業活動均會對個人及環境產生風險及衝擊，合理的訂定相關的規定將有助於在風險與利益的取得上獲得平衡，在美國及歐洲，使用水力壓裂法開採頁岩氣對當地造成的環境影響，引發了媒體及民眾的高度關注。在未來，社會大眾的接受度是頁岩氣開發可否成功的重要因素。

##### (1) 水問題：

- 甲、水力壓裂法使用了大量的液體，以極高的壓力將其貫注於鑽井內，以製造裂縫，其壓裂液體的成分包括了 99.5% 水及砂與 0.5% 化學物質，其化學物質主要用途為支撐劑、降低摩擦等，包括有硼酸鹽、酸、氯化鈉、氯化鉀、鈉/碳酸鉀、石油餾份、檸檬酸、聚丙烯酰胺、亞硫酸氫銨、乙烯、異丙醇等。壓裂液體產生了耗用大量水資源問題，一個約 1,500 公尺以內的水平井，使用 20 至 25 階段之水力壓裂，可能需要 200 萬到 1,200 萬加侖的水。在美國，2011 年 1 月至 2012 年 9 月共用了 688 億加侖的水作為水力壓裂使用，以產業類別而言，油氣產業所使用水量相對非常少，僅占有用水量約 1%。惟鑽探區通常位於水資源缺乏的地方，使得水的耗用成為受關注的議題，且水的儲存及運輸也是水力壓裂中重要的一環。
- 乙、各鑽探業者所使用的壓裂液中所添加的化學成分基本上為商業機密，惟環保團體對於水污染的疑慮，並期望鑽探業者說明壓裂液對於環境上的影響，使得壓裂液的成分不再像過去一樣的機密。在美國科羅拉多州，



有結合鑽探業者的自願性的水質監測計畫，辦理收集鑽井及水力壓裂作業前後的水樣本，於FracFocus.org網站並有水力壓裂液體組成的相關資料。

丙、另水力壓裂作業中的回流水亦為需處理的問題，目前處理的方式有：排放至河川、運送至汙水處理廠處理、注入廢棄井、回收作為水力壓裂使用。大眾及媒體均關心潛在的地面水汙染問題，排放水須注意水中之顆粒，懸浮固體 (< 5 $\mu$ m, colloids)，無油及易揮發有機物、溶解有機物(有機鹽)、溶解之陰離子及陽離子(Ca, Mg, Ba, Sr, Fe, SO<sub>4</sub>)、二氧化矽及細菌等及放射性元素如鐳、鈾等。以美國Barnett地區為例，因含水層深度均在地表下600公尺以上，而水力壓裂之影響深度幾乎均大於1,200公尺，故壓裂液直接影響飲用水源可能性不大。部分地區甚至已立法禁止將廢水注入地下，使得鑽探業者必須將廢水以卡車運輸至其他地區或汙水處理場所處理，而提高了作業成本。

(2) 地震問題：水平井的開挖及水力壓裂法的使用，將產生微震，雖位於地底下數千公尺，如經過現有的斷層時，則有可能引發較大規模地震之大眾疑慮，故地質調查階段若有已知斷層時，需審慎考量井位的設置及水平鑽井前進方向，避免後續問題。

(3) 空氣品質問題：鑽井過程、收集氣體及處理過程產生之空氣排放物如氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、一氧化碳(CO)、顆粒物、有害空氣污染物例如苯、甲苯和其他揮發性有機化合物(BTEX)和臭氧等。

(4) 地表的問題：鑽井場地的設置，將導致周邊土地、房屋價值下滑，且油氣生產過程中不可避免的會產生噪音，故對現場工作人員須做噪音防止的保護措施，對於探採區塊及其周圍地區亦應有相關的噪音管制措施，另一方面，工區範圍內的安全，及對於周邊道路及交通的影響衝擊，包括運輸車輛翻覆等交通事故，或大量的運輸車輛行駛造成當地道路毀損及廢棄物處理等亦須妥善的處理，以減少社會大眾的疑慮與反對。

(五)頁岩氣對經濟的影響

頁岩氣的出現使得世界能源趨勢產生了新的面貌，過去能源進口國可能變成能源輸出國，並且改變了世界能源資源的分布，而探勘與生產的活動從過去的傳統能源發展到非傳統能源的領域，也刺激了經濟的成長、提高了能源安全，降低能源消費的支出，並提供了許多新的工作機會。

在美國，於 2012 年總 GDP 貢獻了約 2,840 億美元，而提供了約 210 萬個與非傳統油氣產業與能源化學直接與間接相關的工作機會，預估到 2025 年則將增加到 390 萬個，自 2012 年到 2025 年稅收將超過 1.6 兆美元。

#### (六) 美國針對非傳統天然氣發展管理作業

在美國，相關的管理機關有各州的油氣管理機構、環境保護機構、職業安全機構，及管理水與空氣品質之美國國家環境保護局(U.S. Environmental Protection Agency)、管理工作場所安全之美國勞工部(U.S. Department of Labor)、管理公共土地及離岸財產之美國土地管理機構(U.S. land management agencies)等。而自 1992 年美國的地下水保護委員會(Ground Water Protection Council)即協助管理機構追蹤油氣及注入井活動、環境現場量測資料及實驗室資料。地下水保護委員會發展出風險管理系統(Risk Based Data Management System)提供水源保護與油、氣、水生產及包括水力壓裂作業的管制計畫，主要在評估及降低地下水風險，並透過網路介面提供線上申請及核准功能及公開油氣井位置、生產資料等之相關資訊，以增加廠商申請之便利性及相關資訊之透明化，減少大眾對於包括水力壓裂作業等工程對於地下水質影響之疑慮。其主要功能包括了管理營運廠商、追蹤鑽井位置、監控水力壓裂時所使用的化學物質成分等施工細節、監控、審查影響的區域、管理相關核准、地面設施盤點、聽證會日程安排、投訴調查、產出報告等。

#### (七) 產品分成合約(Production sharing contracts)

在多數國家中，地底資源係屬國家所有。國家享有地底資源的獨佔利用權，只有國家可以取出。而產品分成合約是一種針對利用地底資源，就有關於探勘、探測及開採礦物資源等事項，透過民事法律的契約，建立國家與石油公司之間的關係，即為國家與石油公司雙方同意下的礦物資源開採計畫，有關地底資源

的利用及石油公司所該履行工作的所有條件，均經契約雙方同意並明訂。

國家授權石油公司，在契約規定範圍區域內及規定的履約期間內，進行探勘及開採油氣資源事項並承擔相關費用及風險。即國家僱用石油公司作為油氣資源開發契約的履行者，執行契約規定之相關管理及營運事項。而國家在產品分成合約有效的期間內，既授權石油公司專屬利用權，即國家不得在該開發區域內從事相關活動(因權利已經移轉予石油公司)，且國家也不能允許其他第三者在開發區域內從事相關活動。在法律上平等的雙方之間形成了契約關係，各自享有權利和負擔義務，若有違反契約規定，須負擔相關法律責任。

惟石油公司並非因此而享有毫無限制的權利。國家所授權予石油公司的專屬利用權，仍受到以下三種限制：

1. 契約所要求的活動類型；
2. 契約所指定的油氣資源類型；
3. 契約中規定的條款。

產品分成合約是一種在兩個法律上平等的主體(國家與石油公司)之間所締結的民事法律契約，惟身為契約當事人的國家，仍保有國家的部分特權。故有關油氣資源利用上，國家具有兩種角色：包括國家應履行契約中的義務，且國家亦負有維護公眾法律利益的職責(state public-legal functions)。這些角色可能彼此重疊或衝突，處理原則為：在產品分成合約所規定的契約條件範圍內，國家和石油公司是平等的雙方；而超出契約條件範圍外，國家則是站在一個行政主管的立場作成相關決定。

石油公司在執行契約所要求的活動(探勘及開採等)時，需自行負擔相關費用及風險。身為契約另一方的國家，則不需要承擔任何費用和風險。若石油公司投入資金在探勘和挖掘，卻未發現任何油氣資源，或其開採並不具經濟價值時，石油公司已經支出的資金將不會得到償還。這是產品分成合約的基本原則。惟契約雙方也有可能去作其他不同的規劃設計。

在產品分成合約，國家只是將在該地底區域從事油氣資源探勘及開採活動的專屬利用權授予石油公司，但並未將該區域的所有權或租賃權授予石油公

司。故所有開採所得之油氣資源，或開採並提煉過後之油氣資源，仍屬於國家財產。國家僱用石油公司作為契約履行者來履行工作，石油公司並自行負擔費用和風險，係建立在補償之基礎上(compensated basis)，即國家並非給付金錢予石油公司作為履約代價，係將生產成果(the produced product)的部分比例分享予石油公司，即「成果分享」(production sharing)。成果分享為產品分成合約最核心部分，且為最主要的特徵，亦為契約類型名稱由來。

為測定所開採出之油氣資源數量，及執行成果之分享，產品分成合約採用「測量點」(point of measurement)概念。契約雙方約定以開採出來未經加工之油氣資源所移動到之某個任意點，如井口或運送點等作為測量點。在測量點，所有被開採出來未經加工之油氣資源均為國家財產。並在此測量點執行成果分享，其原則為：

1. 石油公司所生產成果中的某部分，係用於補償石油公司相關支出花費，包含營運所支出的費用(如材料、機械設備的購置、使用費、維護費等；建築物、辦公室設備、電腦等資產的花費)，即該部分石油將作為石油公司之回收成本(cost recovery)。
2. 石油公司於填補營運費用及投入資金的成本(貶值後所計算的成本)後，所剩下來的部分為 profit product，依據產品分成合約中所約定之比例由契約雙方作成果分享。

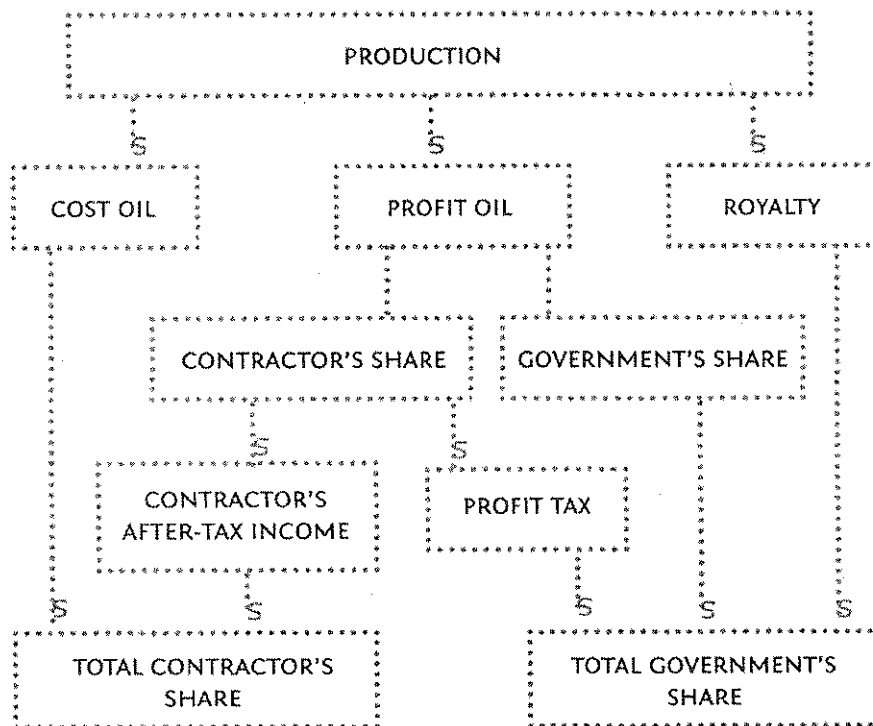
因為成果分享的結果，國家雖然沒有自己投入資金去作油氣資源的探勘、挖掘、開採，也沒有自己承擔任何經濟上風險，惟仍可因此獲得大部分石油公司所生產出的成果。石油公司亦有可能將該部分成果，以轉換成金錢價值的方式交予國家，而非直接將石油交給國家。

產品分成合約使用一種特別的稅制，在產品分成合約的有效期間內，依據該國賦稅機制及其他需繳付的費用制度，將會被 profit product 中的一部分所取代。契約雙方在草擬契約時，就會考慮到要用石油公司生產出來成果中的一部分，直接歸屬於國家所有，作為繳付相關稅賦之用，故石油公司並未享有稅賦上的特權，僅係透過成果分享的方式所取代。

產品分成合約一方面維護了國家利益，另一方面亦使石油公司無需考量不斷變動的賦稅政策，成果分享(production sharing)時用來替代賦稅的機制有：

1. 完整替代：藉由 profit product 中的一部分，來作賦稅的完整替代。約定國家與石油公司間的成果分享的比例後，石油公司無需再繳交任何稅賦或費用。
2. 部分替代：成果分享只有包含繳付特定的稅。石油公司仍需繳交其他相關稅賦如營利所得稅等。

成果分享示意圖



國家透過產品分成合約來開發及利用油氣資源，係考量國家獲得之利益最大化、對自然資源的長期化、相關法律的遵守、政府的參與和附帶收益、企業社會責任(CSR/HSE)、收購事項之管理及技術專業知識和技術、國內優惠等，對於擁有油氣資源國家之優點包括：

1. 吸引大量探勘及開採可利用油氣資源的投資案(包括來自國外的投資案)，不僅穩定國內經濟，亦藉由減少自國外進口能源的依賴性，確保國家的安全。
2. 國家可能沒有探勘和開採油氣資源所需要相關硬體、軟體及財務上的資源，而此類相關資源均可由石油公司提供。
3. 國家可預測及評估，未來開採油氣資源時可得之預算收入，故國家可以此為基礎，與石油公司締結長期性契約。
4. 國家可以獲得確實且固定的開採成果的分享。

石油公司則考量操作時擁有最多主導權、獨占資源、足夠的探勘時間、探勘若成功時，發展長期計畫的可行性、盡可能減少政治風險和不確定性、自由販售至市場及企業社會責任等。對於石油公司的優點包括：

1. 賦予石油公司很大程度的獨立性。
2. 可不受到不斷變動的賦稅機制的影響。

簽定產品分成合約另需考量的有：

- 1、租約區域的界定：定義地表面上大片土地之間的界限相當簡單，但要確定地下區域的界線則是相當困難，以地層或英尺來描述地下界線可能遇到的問題有：
  - (1)、以深度描述地下區域的界線：如以地表面至地下深度4500英尺來界定所遇到的問題為，因地表面不保證為平面，故地表量測的起算點將有爭議。
  - (2)、以地表到某特定地層描述地下界限：可能會引起混淆，因為對於某特定地層的位置，契約雙方可能還沒有共識。
- 2、讓渡權(Relinquishment)：讓渡權為國家刺激探勘、評估、發展的傳統方法，傳統的產品分成合約聚焦於儲集層，且傳統資源的探勘、商業生產等各階段明確，而非傳統資源的開發，則為探勘與發展同步進行；且傳統資源的開發可以百分比作為訂定基準，而非傳統資源的開發則以技術上的考量為訂定基準，故讓渡權應用在非傳統資源的開發

上，可能對探勘、評估、發展有負面衝擊。

- 3、銷售限制:限制國內優先權及安全的最低價格保證、產品之出口等應明確。油氣探勘通常被視為提高當地工業和發電的手段，如有出口限制時，應明確限於滿足國內之供應。
- 4、具附屬關係者的銷售行為:當承租人與油氣產品的購買者有相互附屬關係時，出租人的氣體不保證能得到公平的市場價格。故租約上應註明如何衡量產品的價值，例如在當地可比較的油氣價格等。
- 5、操作問題:在人口居住的地方會遇到較多阻礙，須仔細安排有關補償及減緩騷擾的計畫。並注意水及化學物的使用，操作過程的監控及燃燒等。
- 6、若產品分成合約緊鄰者另一個正在發展傳統資源的產品分成合約，則兩個產品分成合約可同步作業，並須有一個系統確保兩個操作行為不致造成彼此不利影響。
- 7、Pooling 條款:該條款主要係由一個油氣租約，將鄰近多個油氣租約的區域，整合為單一油氣井鑽探的區域或匯集單元(pooled unit)，由同一個操作者進行區域內共同的地下儲集層的開採作業。故其規定:產品的分享(通常以地表或礦物英畝數的比例作分享)、超越租賃線的操作行為、在一片土地上操作行為的合格性。
- 8、Unitization 條款:允許石油公司(承租人)整合數個單一油氣井鑽探的區域，以自一個特定的儲氣庫中生產油氣的規定。
- 9、Pugh 條款:該條款保護出租人不因某非常小部分面積的生產，而被石油公司(承租人)把持住出租人全部的財產。其操作方式為，在主要鑽井行為後結束時，任何未被使用或在生產或匯集單元以外的租約到期將終止。這使得出租人可以針對未包括在生產單位的土地，簽訂一個新的租約。該條款有兩種類型:
  - (1)垂直 pugh 條款或深度區隔: 在主要鑽井行為後結束時，釋放所有指定生產區域深度下的所有土地。

(2)水平 pugh 條款:通常適用在主要鑽井行為後，將不屬於匯集單元 (pooled unit)的土地歸還出租人。

10、不可抗力(Force majeure)條款，應用於如暴動，戰爭，洪水或颱風等事件或情況。條款係應用於，當因為不可抗力因素致使契約的一方延遲或不可能實現其契約規定的義務時，將一方自契約責任中釋放出來。

11、其他應考量因素包括地表問題，如：

(1) 石油公司(承租人)不可將承租場地作為鑽掘廢棄物、殘餘廢棄物等、法規規定之有害物質或有毒物質之永久貯存場所。

(2) 承租人在出租人同意前，不可使用出租人地表的井、池塘、湖泊、水庫等。

(3) 承租人不可鑽水井或將物質注入地表下、利用或影響地表下的水層。

傳統油氣發展僅含垂直鑽井，油氣合約或土地租約均以考量垂直井擬定，故在非傳統油氣資源的發展，因地層特性的不同，涉及使用水平鑽井和水力壓裂等不同的作業方式，故需作部分調整。而產品分成合約應包含垂直及水平鑽探發展的條款。其潛在的問題有包括有如何處理匯流的問題、產品回收成本所包括的範圍、不可抗力條款的適用、特許權的適用範圍等，例如：

1、以不可抗力(Force majeure)條款的適用部分，因水力壓裂需將產生大量的回流水，若某區域在簽訂產品分成合約後，新訂法規禁止將回流水注入廢棄井內或地表下，致使原規劃處理回流水的作法不可行，而石油公司認為因新法規的訂定，使其無法進行生產頁岩氣的作業，而有不可抗力條款的適用；

2、以特取權的適用範圍部分，以煤層氣為例，因煤礦的開採時期甚早，許多石油公司早以取得煤礦開採特許權，惟煤層氣通常處於同一個煤礦開採區域內，故產生了國家已允許的煤礦開採特許權範圍，是否包含了煤層氣的開採特許權之爭議，目前在不同的地區有不同的作法，



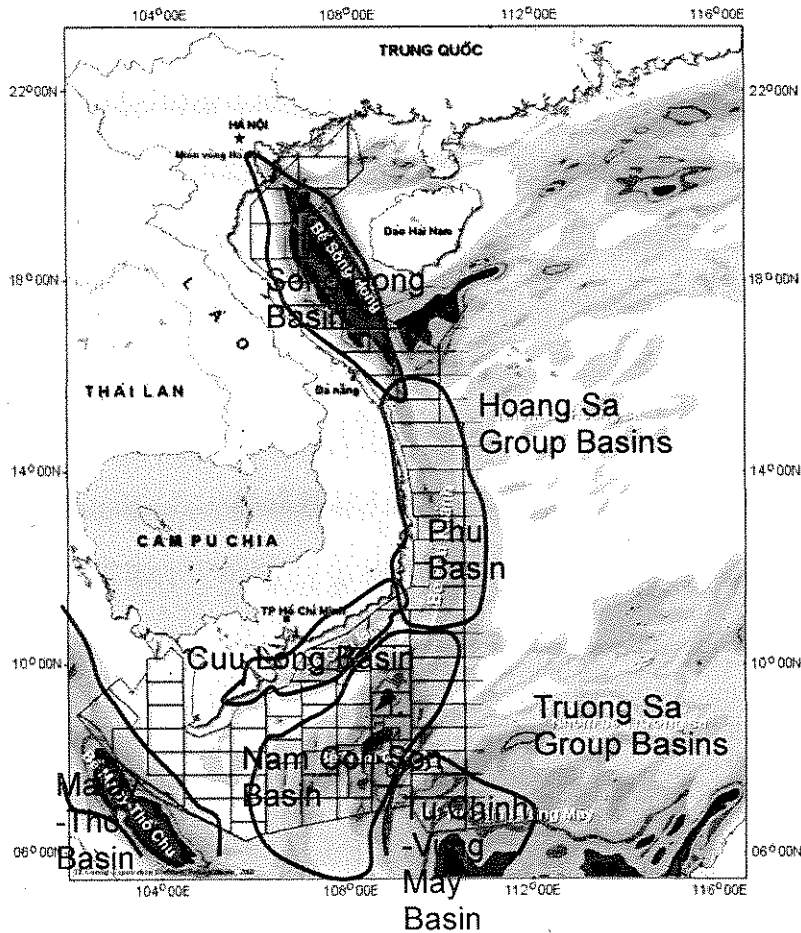
部分地區認為煤礦及煤層氣為獨立的開採特許權；部分地區則認為煤礦的開採特許權包括了煤層氣的開採範圍；部分地區作法則為取得煤礦特許權的石油公司擁有優先申請開採煤層氣特許權的權利。

#### (八) 越南油氣發展現況

##### 1、越南油氣探勘概況

- (1) 1962 年：北方發展陸上淺井。
- (2) 1970：北方發展第 1 口陸上深探勘井。
- (3) 1970 至 1974 年：北方發展 29 口陸上深探勘井。
- (4) 1974 年：南方發展第 1 口深海井並發現石油。
- (5) 1975 年 Tien Hai Field 區發現天然氣田。
- (6) 1976 至 1980：發展超過 10 口離岸深井。在 Cuu Long 三角洲發展 2 口陸上油井。
- (7) 1981 年 Tien Hai Field 區開始產氣。
- (8) 1987 年在 Bach Ho 區有石油的商業性發現。
- (9) 1994 年在 Nam Con Son 區發現石油。
- (10) 1997 年在 Malay 區發現石油。
- (11) 2006 年後開始大量鑽井的活動，2006 年至 2010 年大約鑽 302 口井，花費大約 60 至 70 億美元，大約占了 1970 年至 2010 年總鑽井數及歷年花費的 1/3。

2、目前在 Song Hong 盆地、Phu Khanh 盆地、Malay-Tho Chu 盆地、Nam Con Son 盆地、Miocene-Cuu Long 盆地等新生代盆地鑽井所遭遇的問題描述：



- (1). Song Hong 盆地: 鑽掘液的循環損失、井控制問題、井鑽掘率過低、硫化氫的問題等。
- (2). Phu Khanh 盆地: 因海流方向與海底碳酸鹽方向不同所產生的錨定問題。
- (3). Malay-Tho Chu 盆地: 由於敏感的頁岩及高滲透性的砂岩使鑽孔不穩定導致卡鑽。高度破碎、使儲集層分散且區域小、砂控制、並有汞的問題。
- (4). Nam Con Son 盆地: 在碳酸鹽層的鑽掘液循環損失問題、卡鑽、強烈的海流與惡劣天候造成錨定問題、井控制等。
- (5). Miocene-Cuu Long 盆地: Bach Ho 頁岩不穩定，問題發生在大斜度中新世井，包括有高偏差角度，曝露時間長，泥漿性質等，低鑽掘率、地質嚴重破碎導致泥漿流失，因硬岩等問題致方向控制困難。

高扭矩，井眼清潔問題（大斜度深井）。

### 3、越南非傳統天然氣探勘活動

越南地質非常複雜，目前有 5 個區域被認為有較高的潛力可發展頁岩氣，其中 An Chau 區被認為是最有吸引力的地區，且正在進行相關探勘作業。其他區域則尚在相當初期探勘階段，需要投入更多資源進行相關探勘作業。

煤層氣也被認為是一個新的探勘目標，惟初步結果顯示過去被認為最有發展潛力的 Hanoi trough 區，經分析結果發現其發展潛力並不如預期。

目前相關的數據顯示，越南東邊的深海存在有天然氣水合物，3 個區域可能有較高的發展潛力(Phu Khanh 區, NE Nam Con Son 區, Tuchinh-Vungmay 區)，須進行更詳細的調查。

整體而言，越南在非傳統天然氣的探勘還處於非常初步的階段，仍積極尋求相關的合作與投資。

### (九)河內礦業與地質大學(Hanoi university of mining and geology)簡介

河內礦業與地質大學成立於 1966 年，迄今超過 5 萬名學生自採礦，地質，測繪、石油和天然氣、機電、資訊技術和計算機科學、經濟學和商業管理等不同領域，共 41 個不同的學士課程，17 個碩士課程和 29 個博士課程中畢業。

該校的主校區位於河內，另外在越南煤炭開採業的心臟地帶 Quang Ninh，及越南南方的石油城市 Vung Tau 尚有兩個校區。教職人員總數有 644 名，包括了 6 名教授、55 名副教授及 177 名資深講師。計有礦業學院、地質學院、石油學院、測量學院、電機學院、經濟與商管學院、資訊學院、土木工程學院、環境學院等，其中石油學院有 5 個系，分別為石油地質系、地球物理系、鑽井與生產系、石油設備及海事工程系、煉油與石油化工系，共有 6 個實驗室。該校執行許多相關研究計畫及合約，包括 172 個國家級研究計畫、494 個部級研究計畫、1060 個學校級研究計畫，許多計畫並與業界結合，如 PetroVietnam (PVN)、VINACOMIN 等。

## 參、交流內容

經與越南石油機構人員(Vietnam National Oil & Gas Group Vietnam Petroleum Institute)討論結果，越南傳統油氣產量已達高峰期並有逐漸下降趨勢，故目前越南已積極與國際合作進行非傳統天然氣探勘及相關研究。雖越南非傳統天然氣尚在相當初期發展階段且目前因中國鑽油平臺問題產生爭議，惟越南鄰近我國，其相關船運所需時間較自美國輸入為短，船運運輸成本亦應有優勢，故未來越南或鄰近區域國家之頁岩氣若發展成功，或可成為我國能源供應選項之一。

## 肆、結論與建議

- 一、我國自有能源匱乏，98%以上能源均需進口，為朝向穩健減核的目標及打造低碳環境的理念，未來發電廠燃料來源中，低碳排放量之天然氣勢必佔有重要的地位，而亞洲為全球成長最快速的天然氣市場，2015年可能成為世界第2大天然氣市場，對我國能源供應安全亦產生衝擊，隨著水平井及水平壓裂技術等開採技術的發展，可預期非傳統天然氣(頁岩氣)在能源供應上的影響力日增。參與本次論壇掌握頁岩氣相關技術及合作契約發展動態，有助於天然氣政策制定並達成多元進口來源，穩定氣源供應、投入礦權開發，掌握自主氣源等目標。
- 二、全球頁岩氣蘊藏量豐富，頁岩氣的發展將抑制能源價格，並帶動石化、交通及發電產業能源結構的改變，在石化產業方面亦將大幅增加低碳烯烴產能等。目前雖僅美國在探勘、開採之人力、技術、基礎建設等相關配合資源較豐富，在開採成本上有相對的優勢而有商業化出口，台灣中油股份有限公司並已與供應商簽署每年80萬噸、為期20年氣源來自美國路易斯安那州之頁岩氣採購前約，惟頁岩氣發展的相關技術、配合資源逐漸成熟，故應積極參予國際各項相關會議，掌握國際頁岩氣市場之發展及能源供需影響，並增進各國間更密切的合作關係。
- 三、經與越南石油公司人員討論結果，越南傳統油氣產量已達高峰期並有逐

漸下降趨勢，故目前越南已積極進行非傳統天然氣探勘及相關研究，越南在非傳統天然氣之發展雖尚在起步階段，且越南目前因中國鑽油平臺問題產生爭議，目前合作機會不大，惟鄰近區域因具有船運成本及船期之優勢，故未來越南頁岩氣若發展成功，或鄰近區域之國家頁岩氣發展成功時，均可成為我國能源供應選項之一。

四、越南於河內大學設有石油工程相關學系，每年在石油工程方面並有培育相當數量人才，惟我國並無專業石油工程相關專職學院校，目前在石油工程方面人才仍有限，建議可進一步思考未來人才培訓作業，並積極委派國內石油工程、探採技術等相關專業領域實務人員參與相關會議，除提昇我國在工作小組合作機會，對於我國未來在能源自主及能源多元化方面均有助益。

## 會議過程



## 與會者合影





**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Agenda

The U.S. Department of State and the Viet Nam Ministry of Industry and Trade, General Directorate of Energy

Present

## Regional Unconventional Gas Technical Workshop

Under the U.S. Asia-Pacific Comprehensive Energy Partnership

12-13 June, 2014

Hilton Ha Noi Opera Hotel, Ha Noi, Viet Nam

DAY 1: THURSDAY, 12 JUNE 2014	
8:00 – 8:30	Arrival and Registration
8:30 – 8:45	Welcome and Introduction <i>High-level representatives from the U.S., Viet Nam, and UNGI</i>
8:45 – 9:15 Session 1	Local Unconventional Potential and Geological Features in Viet Nam for Unconventional Potential <i>Dr. Trinh Xuan Cuong, Deputy Director of the Vietnam Petroleum Institute</i>
9:15 – 10:15 Session 2	Introduction to U.S. Conventional and Unconventional Resources <i>Prof. Dr. Azra N. Tutuncu, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
10:15 – 10:30	Coffee break
10:30 – 11:45 Session 3	Reservoir Engineering Fundamentals <i>Prof. Dr. Ramona Graves, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
11:45 – 12:45	Lunch

12:45 – 14:00 Session 4	<b>Shale Reservoir Engineering and Production Forecasting</b> <i>Prof. Dr. Ramona Graves and Prof. Dr. Azra N. Tutuncu, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
14:00 – 14:15	<b>Coffee break</b>
14:15 – 14:30	<b>Introduction to HUMG and next speaker</b> <i>Dr. Le Hai An, Rector of Hanoi University of Mining and Geology</i>
14:30 – 15:30	<b>Conventional Oil and Gas Drilling Best Practices in Vietnam</b> <i>Dr. Nguyễn Anh Dzũng, Hanoi University of Mining and Geology</i>
15:30 – 16:45 Session 5	<b>Drilling Principles, Well Design and Completions for Unconventional Resources</b> <i>Prof. Dr. Azra N. Tutuncu, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
16:45 – 17:00	<b>Wrap Up Day One</b>

**DAY 2: FRIDAY, 13 JUNE 2014**

8:00 – 8:30	<b>Arrival</b>
8:30 – 10:30 Session 6	<b>Formation Evaluation, Logging and Reservoir Geomechanics for Unconventionals</b> <i>Prof. Dr. Azra N. Tutuncu, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
10:30 – 10:45	<b>Coffee break</b>
10:45 – 12:00 Session 7	<b>Stimulation and Perceived Environmental Challenges</b> <i>Prof. Dr. Azra N. Tutuncu, Petroleum Engineering Department, Colorado School of Mines</i>
12:00 – 13:00	<b>Lunch</b>
13:00 – 14:30 Session 8	<b>Unconventional Gas Regulatory and Environmental Frameworks</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiding principles for responsible unconventional gas development</li> <li>• State-specific regulatory efforts for unconventional gas development in the U.S.</li> <li>• How Vietnam regulates conventional onshore oil and gas development and issues to be taken into consideration for unconventional gas</li> </ul>



	<p><b><u>Paul Jehn</u></b>, <i>Technical Director, the Ground Water Protection Council (GWPC)</i></p> <p><b><u>Gerry Baker</u></b>, <i>Associate Executive Director, Interstate Oil and Gas Compact Commission (IOGCC)</i></p> <p><b>Presentation on Viet Nam Perspective (TBC)</b></p> <p><i>Short presentations followed by a panel discussion</i></p>
14:30 – 14:45	<b>Coffee break</b>
14:45– 15:45 <b>Session 9</b>	<p><b>Establishing an Attractive Financing and Investment Regime</b></p> <p><b><u>Barclay Nicholson</u></b>, <i>Partner, Fulbright &amp; Jaworski L.L.P.</i></p>
15:45 – 16:30 <b>Session 10</b>	<p><b>Roundtable on Regulatory Harmonization, Compliance, and Enforcement</b></p> <p><b><u>Moderator: Joseph Figueiredo</u></b>, <i>Bureau of Energy Resources, U.S. Department of State</i></p> <p><b><u>Paul Jehn</u></b>, <i>Technical Director, the Ground Water Protection Council</i></p> <p><b><u>Gerry Baker</u></b>, <i>Associate Executive Director, Interstate Oil and Gas Compact Commission</i></p> <p><b><u>Barclay Nicholson</u></b>, <i>Partner, Fulbright &amp; Jaworski L.L.P.</i></p>
16:30 – 17:00	<b>Wrap Up and Workshop Evaluation</b>

