

全球頁岩氣發展對我國能源供應之影響

陳大科、蕭國鑫、黃啟峰、邱錦松

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

當國際石油價格居高震盪不已的同時，天然氣價格卻穩定持續下降中，這要拜美國頁岩氣成功開採之賜。頁岩氣是一種被封存在盆地泥頁岩中的游離天然氣，透過水平鑽井及水壓裂隙技術可持續穩定開採達 30~50 年之久。這種非常規天然氣的全球含量據估計是一般天然氣的二倍以上，目前以中國、美國、阿根廷的含量最多，其中美國的開採技術獨步全球，量也最多，佔其國內天然氣使用之 14%。東方國家正急起直追，未來十年頁岩氣的能源發展將取代傳統天然氣市場。我國是高度仰賴能源進口的國家，天然氣比重僅佔 8.6%，為考量節能減碳效益與能源安全多元化政策，應逐步調高天然氣能源使用比例，同時將天然氣發電比例調高到 40%，未來十年更應調到五成以上。

關鍵字：天然氣、頁岩氣、水平鑽井、環境污染

一、前言

在過去一年裡，由於茉莉花革命席捲北非與中東地區，使得化石能源市場猶如坐雲霄飛車一般，上下起伏不定。接著又出現日本核電廠事故，國際石油價格始終劇烈波動於每桶 80~120 美元之間。不過同為化石能源的天然氣價格一直穩定的下降中，從 2008 年的每百萬英熱單位 10.8 美元下降到 4 美元以下。走勢如圖 1 所示。其原因在於天然氣中的頁岩氣被低成本的成功開採出來。當全球常規能源如石油、傳統天然氣逐漸走向枯竭，而價格又居高不下之際，頁岩氣在全球能源結構中所扮演之角色將越來越重要。

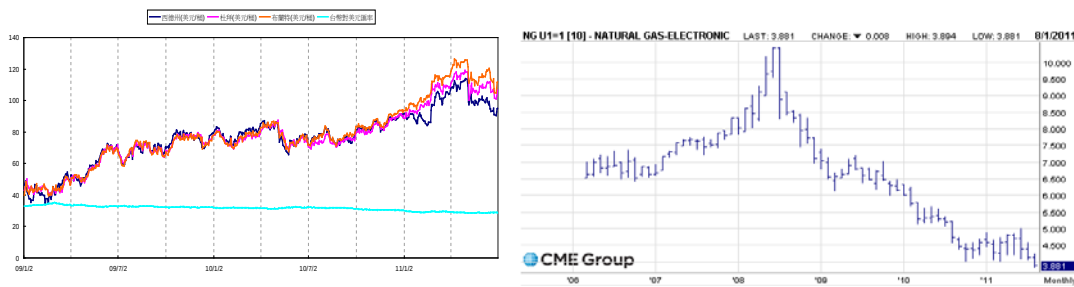


圖 1、國際油價趨勢(左)與國際天然氣價格趨勢圖(右)

1.1 什麼是頁岩氣

什麼是頁岩氣，根據北京大學家關平教授解釋，頁岩是淤泥沉積埋藏中經壓實後所形成之岩石，其沉積過程中含有大量有機物，受高壓高溫形成石油與天然氣，這些石油與天然氣部分會被搬移到砂岩裡面封存，但仍有些部分的天然氣被封存在結構細微的泥岩層中，稱之為頁岩氣(Shale gas)。

1.2 頁岩氣的開採技術

與常規天然氣相比，頁岩氣的開採具有一定難度，主要是頁岩含氣量低。常規天然氣主要儲存在砂岩層中，砂岩顆粒之間有 10%到 20%的空隙，天然氣是自由游離狀態，只要鑽個井到地下岩層中，氣就沿著井筒出來到地表。頁岩不是這樣，頁岩空隙很小，一般只有 1%到 5%，甚至更小一些，其間吸附一些天然氣，如果要把吸附狀態的氣開採出來，就要對頁岩實施壓裂，讓它產生很多裂縫，裂縫會把很多空隙聯通起來，這樣被吸附游離的氣就會跑出來。不過這種水平鑽井與水壓裂技術仍是美國主導頁岩氣開發市場的武器。

1.3 頁岩氣開發之風險

美國在頁岩氣之成功開採經驗，雖降低整體天然氣市場之成本，也帶給世界各國能源布局之新思維，但也給國際環保人士帶來不安的訊息，因為美國在開採頁岩氣的近十年過程中，出現數以千計的環保問題，這些問題包括：

1. 表層污染

美國最近對於如何處理井中的壓裂液體有些疑慮，因為使用後的殘留液會有少量重金屬與天然放射性原料，對於直接將液體暫時儲放在開放的煤坑更是令人怨聲載道，萬一煤坑因豪雨溢流，可能損害當地環境。

2. 地下水污染

開採頁岩氣需伴隨大量的水作為破碎裂隙之用，這將導致地下水遭受天然氣與壓裂液體的污染，美國探鑽公司也承認由於不良的設計與施工，井內水泥不夠牢固也會造成地下水污染，但他們辯稱壓裂技術本身並不是問題。

3. 甲烷排放

無論是礦井完成後的頁岩氣排放測試，或是探鑽、生產、處理、運送與儲存時，都會有甲烷的逸散現象，相對於傳統天然氣，頁岩氣的逸散程度達 30%~100%，這些逸漏的甲烷氣，無論是燃燒產生二氧化碳，或是直接排放到大氣中，都是對當地環境的一大威脅。

二、國際開發頁岩氣現況與趨勢

2.1 全球頁岩氣分布

根據研究報告，全世界 142 個盆地中至少有 688 處頁岩，目前僅有 12 處被開採頁岩氣，大部分在北美地區。美國能源署(EIA)委託國際先進能源公司(Advanced Resources International Inc.)針對世界 32 個最具開發頁岩氣的國家所作的一項調查報告中指出，美國以外的全球頁岩氣資源總計達到 5,760 兆立方英尺，而美國本身的頁岩氣資源則有 862 兆立方英尺。EIA 表示，截至 2010 年 1 月 1 日，全球傳統天然氣證實，可開採資源量達 16,000 兆立方英尺，但大多未包括頁岩氣，因此加計已估算的頁岩氣

資源之後，全球天然氣資源將增加逾 40%達到 22,600 兆立方英尺。

這個報告中並無包括俄國、中亞、中東、東南亞和中非等國家，其原因包括這些國家是常規天然氣的大國或是資訊不足。若將這些地區也估算進去，全球頁岩氣含量將會有傳統天然氣的二倍之多。

圖 2 是報告中 32 個國家之頁岩氣分布圖。白色區是國家分布，灰色區代表未被估算區域。紅色代表具開發條件且被估算含量，黃色區是具開發條件，但數據不足無法估算含量。

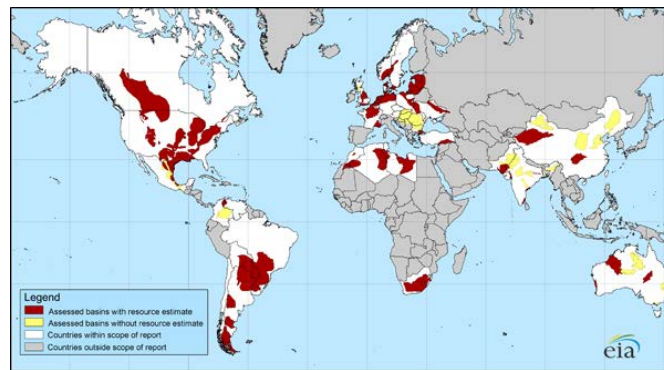


圖 2 美國 EIA 所公布之全球頁岩氣被估算區域圖

2.2 國際頁岩氣發展狀況

國際頁岩氣之發展已如火如荼展開中，其中較為積極的地區為美國、中國、歐洲與印度，其發展狀況說明如下：

1. 美國

近兩三年來，美國對頁岩氣的開採取得了驚人的成果。從 2 年前的 340 億立方米躍升至去年的 900 億立方米。預計到 2015 年，美國頁岩氣的年產量將達到 1800 億立方米。去年，美國的天然氣年產量達到 6240 億立方米，遠遠超過了年產量為 5820 億立方米的俄羅斯。以目前的需求量，美國已探知潛在的天然氣儲量還可以使用 90 年。從邏輯上說，這一估計是比較保守的，因為近年來美國的天然氣儲量已大幅增加。據權威估計，美國最新增加的天然氣儲量，比原來在世界上位居天然氣儲量第三位的卡特爾的已知儲量的一半還要多。而且，隨著探勘與開採技術的進步，美國可供開採的天然氣儲量在今後還會增加。

2. 中國

據美國能源署預估，中國未動用的頁岩氣儲量比普通天然氣多 10 倍，約為 36.1 萬億立方米，比美國的儲量還高。一旦這些資源被開發，將為中國能源自主提供巨大支持。

中國為滿足 2020 年前天然氣消費增加兩倍及天然氣能源消費比例提高到總能源之 10% 的政策，降低經濟對煤和石油的過分依賴，已經建立頁岩氣研發（試驗）中心，積極佈署頁岩氣發展藍圖。2011 年 3 月，中石油與殼牌公司已在四川盆地完成第一口頁岩氣水平井鑽探。中海油也為“取經”，向美國切薩皮克公司投入巨資合作參與其頁岩氣開採項目。

3. 歐洲

實際上，歐洲的頁岩氣儲量也相當可觀，大概是美國的 90%。然而，目前在頁岩氣的開採方面，歐洲遠遠落後於美國。美國約有 2000 台鑽氣機在運作，而歐洲只有 50 台。受到美國所取得的成果的刺激，經常遭受俄羅斯“斷氣”威脅的歐洲，當然不能無動於衷，理應奮起直追。

開採頁岩氣除了需要大量的資金，歐洲還需要解決因開採頁岩氣所造成的環境問題和後續儲存、液化和傳輸等各個環節的技術。有些污染問題對於地廣人稀的美國，可能不是一個大問題，但對人口稠密的歐洲，則將造成嚴重的環境問題。許多歐洲國家的居民非常不贊同以犧牲環境的代價來解決能源問題的做法。

4. 印度

印度政府今年初曾宣布，已在該國東部發現了第一處頁岩氣儲量場，而印度民營能源企業早已大舉進軍海外頁岩氣開採領域。印度最大的民營能源企業信實工業公司 9 月中旬發表聲明稱，未來 10 年，頁岩氣將會成為一種超越傳統天然氣的新能源，它也將成為美國、加拿大、印度等主要石油進口國的希望。印度石油部官員日前則透露，印度政府已確定了 6 個盆地地區來實施第一階段的資源探勘評估。

三、我國天然氣利用狀況分析

我國由於天然資源短缺，能源自給量明顯不足；依據能源局針對國內能源供給與消費資料的統計，有 99.4% 的能源需仰賴進口。其中天然氣約佔 8.6%，主要用在發電與民生用途上。表 1 是我國與世界主要國家之能源配比之比較表，表中可看出，我國在天然氣使用之比例明顯低於其他國家。

表 1. 我國能源配比與其他國家之比較表

國家	總能量供應 (百萬噸)	煤	油	氣	化石能源比
德國	386.9	21.4%	38.0%	22.4%	81.8%
日本	523.0	21.8%	46.4%	15.9%	84.2%
韓國	283.4	22.1%	51.3%	11.5%	84.9%
美國	2514.9	24.0%	39.5%	22.7%	86.2%
聯合公國	311.9	11.9%	51.3%	30.2%	93.4%
台灣	127.1	32.7%	49.9%	8.6%	91.2%

資料來源：IEA

若以發電成本來看，表 2 為民國 99 年我國主要發電方式之內部成本分析表。表中天然氣的發電成本每度 3.18 元，介於煤與石油之間，佔發電比例 28.0%，CO₂

排放是化石燃料中最低的。因此，就潔淨能源與減碳效應角度來，調高我國天氣之使用比例是當務之急。政府目前已在台中增設天然氣儲存場，預計將來天然氣進口量從 1200 萬噸增至 1600 萬噸，屆時天然氣發電比將調高到接近四成。未來整體天然氣的開採成本若更趨近於煤碳，應考慮調高到五成以上之發電比例。

表 2、民國 99 年我國主要發電方式內部成本

發電方式		發電量比例(%)		發電成本(元/度電)	CO2 排放(g/度電)
核能發電（均化成本）		19.3		0.66	22
火力發電	燃煤發電	40.4	29.6	1.59	975
			10.8(民間)		
	燃油發電	3.8		4.75	742
	天然氣發電	28.0	20.1	3.18	609
			7.9(民間)		
	汽電共生	4.6(民間)		2.31	
水力發電	抽續水力發電	1.5		1.87	11
	慣常水力發電	2.2		1.32	11
再生能源		0.3		3.35	50 以下

資料來源：台電公司

四、結論與建議

4.1 結論

A. 能源多元化

1. 持續開發多元化新能源，已是國際趨勢，包括非正規天然氣之頁岩氣與甲烷水化合物，有助於穩定國際天然氣之價格，甚至下降逼近煤價。
2. 我國在天然氣之使用與世界各國比較明顯偏低，若以潔淨能源配比角度來看，我國確有必要調高天然氣之使用比例。政府目前已在台中增設天然氣儲存場，預計將來天然氣進口量從 1200 萬公噸增至 1600 萬公噸，屆時天然氣發電比將調高到近四成。未來頁岩氣的開採成本若更趨近於煤碳，應考慮調高到五成以上之發電比例
3. 目前，開發頁岩氣的大多數創新技術均集中在西方發達國家。亞洲國家要發展頁岩氣，還必須轉移這些技術。雖然這些合資的企業，能有效利用國外經驗和技術訣竅，但要真正得到適合本國需要的技術，卻是十分困難和複雜的。

B. 另類思維

1. 歐州國家未能全力發展頁岩氣之開採，原因在於頁岩氣開發過程所造成之環境衝擊餘慮未除。
2. 如同核電廠一樣，開發頁岩氣有其風險，只是未大規模發生而已，將來若有類似核災的狀況產生，勢必造成頁岩氣開發的阻力
3. 頁岩氣雖是較節淨的能源，但不屬再生能源，在其蓬勃發展之時，調高天然氣需求比例已是國際趨勢，但這種趨勢不應阻礙再生能源開發之腳步。

4.2 建議

1. 無論是從節能減碳角度或是能源新佈局，我國在頁岩氣發展的戰國時代裡不應缺席，應即早因應投入相關議題的探討與行動方案，包括掌握前瞻開發技術、能源安全新佈局、天然氣儲存設備的增設與進口國家的尋找等。
2. 對於能源短缺的國家而言，能源開發決戰境外一直是能源安全的一個政策之一，像中國、印度、韓國與日本的石油公司都已利用合作開發海外頁岩氣為由，與西方國家合作，尋找頁岩氣場，建立開發技術。建議中油公司應仿效其作法。
3. 我國有 4% 的自產天然氣，以能源自主的角度來看，應投入評估國內頁岩氣潛能之研究，朝多元能源開發的方向前進。

參考文獻

美國能源總署網站: <http://www.eia.com/>

國際能源總署網站: <http://www.iea.com/>

台灣電力公司: 台電核能月刊 2006~2011 年