



◎ 鄭益昌

頁岩油氣 在夾縫中茁壯

美國頁岩革命帶來的頁岩油氣產量增加，
不僅為美國帶來更多的出口貿易，
還為全球石化工業帶來了大發展的機會。



頁岩革命影響油氣供需發展，並衝擊能源價格及產業版圖。

技術突破產量大增

自 2007 年以來的頁岩革命，是以美國頁岩油氣的開發生產技術突破為重心，結合液裂及水平鑽井兩項工程技術，開發極低滲透率與孔隙率的頁岩層。兩項技術結合，把傳統著重於探勘風險的油氣探勘產業，推展至近似於製造業的工廠化開發模式。

頁岩油氣屬於非傳統油氣，與傳統油氣的差別在於儲存位置和開採方式。傳統油氣採直井方式，容易開採；頁岩油氣散布在頁岩岩層，需要利用水平鑽井與液裂技術開採。由於頁岩油氣散布在緻密的頁岩中，應用液裂及水平鑽井技術使得美國頁岩油氣產量快速成長。

頁岩革命影響油氣供需發展，並衝擊能源價格及產業版圖。隨著美國頁岩油產量的提升，其對原油的進口需求和對中東原油的依賴度降低，中東的原油產能銷往亞洲市場的比重也會提高，有助於舒緩全球原油供應短缺的壓力。預估 2020 年，美國將因頁岩油而成為世界原油最大生產國。美國天然氣產量也因頁岩氣生產而大增，在 2009 年已成為全球天然氣生產第一大國，使美國於 2016 年從原本是液化天然氣進口國變成出口國。

頁岩油氣主要來自成熟或高成熟的生油岩，且生成後還留在頁岩中，蘊藏量大。美國積極開採頁岩油氣，引發了各國尋求技術發展頁岩能源的熱潮。美國與加拿大已商業化開採，德國與法國較為保留，英國、阿根廷則剛起步，大陸目前技術上沒有太大問題，但礦區偏遠使得開採成本太高。

頁岩油氣產量變化除了受到生產技術的影響外，也受到頁岩油氣生產特性及油價因素的影響。頁岩油氣開發生產的門檻較傳統油氣低，生產遞減率則較傳統原油高，但可仰賴水平定向鑽井及液裂技術的突破填補產率下降的缺口。產量對於油氣價格的波動較傳統油氣生產更能迅速反映，因此能快速投產，扮演全球油氣市場的機動生產者角色。

頁岩油的發展

自 2014 年下半年起，原油價格的劇烈變動主要是石油輸出國組織（OPEC）聯合俄羅斯對美國頁岩油商進行價格戰，採取「高產量低油價」策略，目的是把北美頁岩油等開採成本較高的原油生產者予以結構性地擠出市場。美國頁岩油產業因油價大幅下跌，走入一波低潮，產量也同步下降。近兩年原油價格回穩，美國頁岩油開發生產獲得穩定的發展，產量持續創新高。

另一方面，長期過低的油價會造成產油國承受龐大的財政壓力，促使 OPEC 在 2016 年底的會議中達成為期半年的具體減產協議。復於 2017 年底，再度延長減產協議至 2018 年 12 月底，期透過時間與需求回溫協助油市平衡。OPEC、俄羅斯等產油國與美國頁岩油之間的產油策略如何取得平衡，以及產油國執行減產狀況，是影響原油價格走勢的關鍵因素，頁岩油的發展將影響由沙烏地阿拉伯所領導的 OPEC 與俄羅斯的產油決策。

美國由於頁岩油的大量生產，2010 年起自原油進口量的高峰約每日 993 萬桶，逐步降低至 2017 年底的每日 762 萬桶，

頁岩油氣產量變化除了受到生產技術的影響外，也受到頁岩油氣生產特性及油價因素的影響。

對外依存度下降。從進口來源地來看，除加拿大因地理鄰近及管線基礎設施完善，對美國的原油出口呈現穩定成長外，其他進口來源國則呈遞減趨勢，尤以對沙烏地阿拉伯的進口量從高峰期每日 160 萬桶降至 2017 年底的每日 78 萬桶，明顯降低對其的依賴度。另美國頁岩油是輕質、低硫原油，近年來美國已大幅削減這類原油的進口量，頁岩油生產明顯改變了美國的進口原油型態。

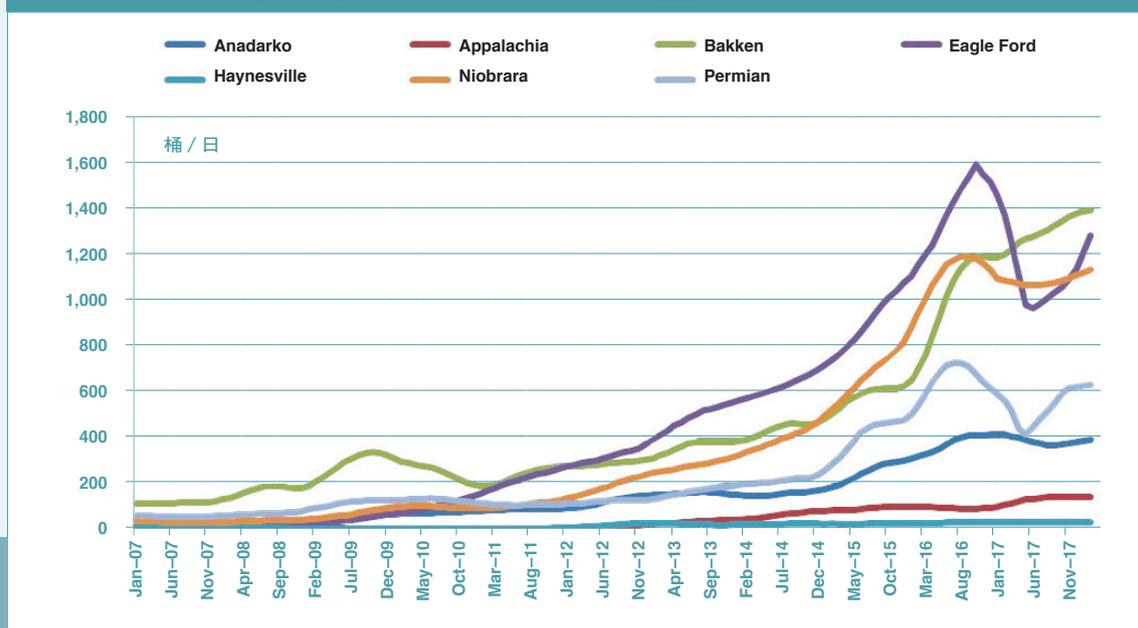
美國頁岩油還未繁榮時，其原油出口量甚少，主要是因自 1973 年 OPEC 對美國實行石油禁運後，美國政府為避免再度發生石油危機，頒布原油出口禁令，惟仍允許出口至加拿大。但即使沒有完全禁止原油出口，1970 年後長達三十多年中，美國原油消耗量不斷增長，石油產量卻大幅下滑，因此也無原油可用於出口。隨著美國頁岩油發展，2008 ~ 2014 年間頁岩油產量

大增，使美國於 2015 年底解除 40 年來的原油出口禁令。2016 年，美國原油出口量平均每日 59 萬桶，2017 年則突破每日 100 萬桶。

美國頁岩油產量至 2017 年已達每日 575 萬桶，2018 年 5 月更增至每日 700 萬桶，約占美國原油總產量的 66%。其產量在近 10 年間已成長 5 倍，占全球原油生產比重達 7.1%，對於全球原油市場的影響不可忽視。

美國整體原油產量因頁岩油大幅增產，在 2017 年已達每日 918 萬桶，2018 年將超過每日 1,000 萬桶，繼超越沙烏地阿拉伯之後，與俄羅斯競逐全球最大產油國寶座。依據國際能源總署發布的最新油市展望報告，由於 OPEC 減產，2018 ~ 2020 年全球新增石油需求量的 80% 都由美國頁岩油供給，美國將成為全球油市的主導力量。

美國各主要頁岩油礦區平均每鑽機新增產量統計 (2007 ~ 2017)



美國主要頁岩油礦區平均每鑽機新井產量趨勢顯示，自 2010 年起新井產量大增。

頁岩氣的發展

天然氣依照運輸方式可分為管道氣 (pipeline natural gas, PNG) 與液化天然氣 (liquefied natural gas, LNG)。全球天然氣分成 3 個主要市場，亞太地區交易大部分以 LNG 為主，歐洲及北美地區交易以 PNG 為主。由於市場供需及運輸成本因素，長期以來，亞洲氣價高於歐洲，歐洲氣價則高於美國。

近期美國主要頁岩氣礦區生產統計，自 2007 年起，美國整體天然氣產量遽增，2017 年已達每日 576 億立方英尺，2018 年 5 月更增加至每日 669 億立方英尺。美國天然氣指標價格—亨利港價格則呈現大幅下滑，2003 ~ 2008 年平均價格是 7.13 美元 / 每百萬英熱單位。受到頁岩氣大量增產影響，亨利港價格自 2009 年 1 月起至今平均價格只有 3.48 美元 / 每百萬英熱單位，

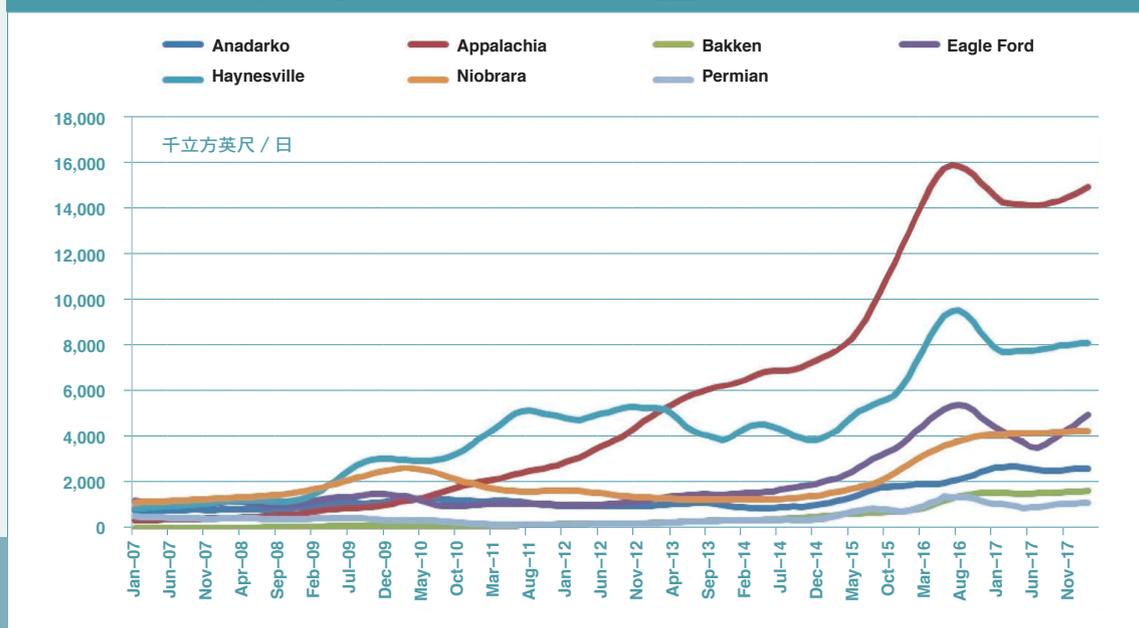
雖然價格幾乎減半，但由於開採技術進步，上游生產成本持續下降，生產量持續強勁。

美國頁岩發展的轉變同樣影響到全球天然氣市場。美國天然氣市場因管線輸送設施完備，提供良好的流動性，市場具有金融期貨避險功能，大幅價格差異具有迅速套利空間。

美國頁岩氣透過 LNG 出口與全球天然氣市場連結，類似的流動性將影響歐洲及亞洲的氣價。當美國 LNG 出口增加，全球不同區域的天然氣市場，其不同價格結構的消費端及供應商會逐漸受到挑戰。特別是北美天然氣市場所具有的現貨及金融市場的模式，會經由區域市場中心導入亞洲及歐洲市場。一旦發生這樣的情況，亞洲、歐洲及北美的市場將經由貿易而更加緊密連結。

亞洲開始進口北美頁岩氣以後，未來歐亞氣價會因而開始下降，亞洲氣價降幅會大於歐洲。原先從卡達、奈及利亞等地進口至

美國各主要頁岩氣礦區平均每鑽機新增產量統計 (2007 ~ 2017)



美國主要頁岩氣礦區平均每鑽機新井產量趨勢顯示，自 2008 年起新井產量大增。



美國的 LNG 需求大為減少，促使該等國家把原先出口至美國的 LNG 轉向西歐國家銷售，造成歐洲天然氣市場價格的波動。

LNG 供應來源日益多樣化，促進天然氣市場向全球化邁進，但受限於地緣因素與出口液化廠投資計畫金額龐大，區域化的價格仍會存在。未來，美國將成為 LNG 主要出口國，區域間 LNG 的價差可望縮小。惟區域間的高運輸成本，讓天然氣價格仍無法像原油價格一樣，這會是邁向全球化的挑戰。

預計 2030 年以前，全球 LNG 供應龍頭地位將由澳洲與卡達兩強相爭。惟美國頁岩氣產量持續成長，待新興 LNG 出口計畫陸續於 2020 ~ 2030 年間完工，估計其 LNG 出口量在 2030 ~ 2040 年可突破每年 9,000 萬噸，屆時全球 LNG 供應市場將轉為澳洲、美國、卡達三國鼎立時代。

頁岩革命將使美國從天然氣進口國變為出口國，衝擊現有出口國家，影響其液化廠建置計畫，並影響 LNG 合約結構。由於從美國出口 LNG 並非與油價連動，可能使得歐亞美三地氣價趨近，衝擊現有與油價連動的訂價方式，特別是美國頁岩氣開採提供了不同的成本結構及更彈性的供應條件。

近年來，LNG 合約結構出現明顯的變化，包括新興市場愈來愈多的小規模進口者，促使單口訂購量變小，合約年限縮短，價格計算公式改變，合約由傳統的與原油

連動價格指標走向直接天然氣價格指標及交貨模式改變，LNG 市場逐漸轉向買方市場，更具彈性的定期合約越來越受歡迎。

對油氣及石化業的影響

美國雖然是目前頁岩油氣產量最大國，但其可採資源量並非最大。其能源部能源資訊署估計，目前全球頁岩油的可採資源量約 3,450 億桶，主要集中在北美、前蘇聯、亞太及南美地區；在頁岩氣方面，可採資源量約 7,299 兆立方英尺，資源量最大的是大陸，其次是阿根廷、阿爾及利亞和美國。目前，其他國家的發展受限於開採技術的取得及開採過程所引發的環境汙染顧慮，未能大量開發生產。未來如能在開採技術有所突破並克服環保爭議，全球油氣產量將大增，油氣供給可望穩定。

由於天然氣進出口受限於液化廠及接收站的興建，相對而言，頁岩油進出口可應用現有的管線、港埠設施，因此頁岩油逐漸扮演全球石油市場的機動生產者角色。全球石油市場若排除地緣政治因素所造成的短期影響，長期而言，將因頁岩油的發展而更易於達到供需平衡，減少油價的劇烈波動。

經歷了 10 年的頁岩繁榮之後，美國天然氣產量一路擴增，2017 年更成為天然氣的淨出口國。由於生產開發技術進步，預期天然氣增產的趨勢還會持續，而全球

全球石油市場若排除地緣政治因素所造成的短期影響，長期而言，將因頁岩油的發展而更易於達到供需平衡，減少油價的劇烈波動。

對於 LNG 的需求將持續增加，尤以亞洲地區最顯著。美國因頁岩革命生產技術突破，天然氣產量大增，再加上美國天然氣與國際 LNG 價差誘因驅動，待其出口計畫設施陸續完工，預期其 LNG 出口將持續增加，2030 ~ 2040 年之間 LNG 出口量將突破每年 9,000 萬噸，可望成為全球第二大 LNG 出口國。

美國頁岩革命帶來的天然氣產量增加，不僅為美國帶來更多的出口貿易，還為全球石化工業帶來了大發展的機會。頁岩氣的主要成分甲烷可製成甲醇，乙烷可作為乙烯工廠的直接原料，且其生產成本較以石油腦為進料的乙烯生產成本便宜許多。

因此，美國乙烯新增產能都以輕質原料特別是乙烷作原料，生產大量乙烯，帶動乙烯下游如聚乙烯產能增加。丙烷則可經由脫氫製成丙烯。頁岩革命為基礎化學品提供了豐富廉價的原料，也帶給石化產業一波競爭衝擊。

鄭益昌

台灣中油公司國際事務處

