



◎ 丁信修

頁岩油氣 的發展

十年來的頁岩革命，從崛起、衰退、再復甦，
衝擊全球石油產業及經濟層面之大前所未有。
隨著科技日新月異，蘊藏量驚人的頁岩油氣會走到什麼境地？

2017 年底，油價反彈，頁岩產業獲得了強大的生機，且因生產效率大幅提高，甚至能夠在更低的油價存活。

頁岩油氣的興衰

頁岩革命始於 2008 年前後，因技術的突破，2010～2014 年是美國石油產業成長最劇烈的時期。但很不幸自己也成了受害者，因各產油國都瘋狂增產，導致全球市場崩潰。直到 2018 年初，美國原油產量又開始有驚艷的表現，總產量甚至已超越沙烏地阿拉伯及俄國，幾乎成了全球最大產油國。

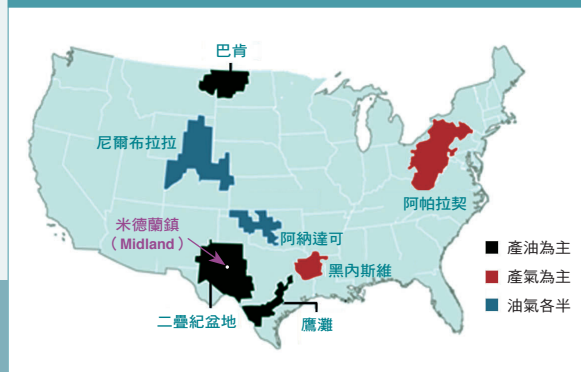
2017 年底，每桶油價反彈越過 60 美元後，頁岩產業獲得了強大的生機，不只回復到 2014 年崩潰前的光景，因生產效率大幅提高，甚至能夠在更低的油價存活。如今頁岩獲利的潛力、操作表現及整體資本效率已遠比衰退之前好。

自 2010 年以來，美國頁岩產量不斷增加，但也面臨許多的不確定性，其中之一是財務基礎不夠穩定，因為頁岩開發必須不斷注入資金鑽新的井。55 家在美國居領導地位的頁岩公司已投資超過 2,300 億美元，雖然賺錢的公司並不多，但最近幾年因頁岩技術的進步，已使獲利機會大增，預估到 2023 年會再投入 3 千億美元，再鑽 4 萬口井以增加產量。美國主要頁岩生產區有 8 處，2018 年以德州西部二疊紀盆地最為熱門。

頁岩技術不停進步

美國西德州的石油公司使用了數量驚人的砂注入頁岩油氣層進行液裂，有效地大幅提高產油效率。2015 年，頁岩公司每口井平均使用了 3,300 噸的砂，2017 年幾乎加倍到 6,100 噸。還有其他的先進技術如鑽機鑽速更快、更遠及更精準。液裂過程分成更多階段，原油採收能更精準地集中在富含原油的地層。而日新月異的電腦及通訊科技包括遠端遙控技術，也廣泛運用

美國主要的頁岩油氣產區



美國頁岩油氣最主要的產區，有些以產油為主如二疊紀盆地、巴肯等，有些以產天然氣為主如阿帕拉契、黑內斯維等，油、氣都產的有尼爾布拉拉、阿納達可等。2018 年，二疊紀盆地最為熱絡，原油產量也最大。米德蘭鎮則是當今原油產量成長最快的地區。(圖片來源：www.ft.com)

在頁岩開發上。2014 年，美國陸上鑽井活動有 13% 是由休斯頓辦公室的專家進行遠端控制，到了 2017 年增至 31%。

二疊紀盆地地層複雜，有多重的含油帶互相疊置其上。2013 年，石油公司只單純地鑽垂直井下探到含油層。2018 年絕大多數的鑽井都是水平井，沿著地層層面觸及更龐大的含油層，使得產率急遽增加。

成本一再降低

就未來石油生產成本而言，美國頁岩很有競爭力，可能勝過深水油田等高成本地區。生產成本小於 60 美元 / 桶的油藏，有 6 成是美國頁岩，只有 2 成在深海。相較之下，高成本的北海、西非深海等，若無法有效降低成本，可能面臨萎縮及減產。

美國頁岩生產成本近兩三年來平均下降了 30～50%，比其他類只下降 10～12% 的石油生產更有商業潛力。

產銷瓶頸問題

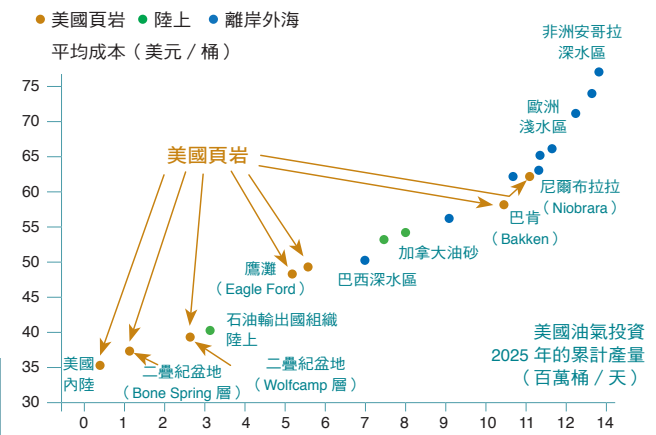
2018 年，頁岩心臟地區二疊紀盆地的石油產能大增，但也面臨瓶頸現象。西部德州的一陣狂熱造成供應鏈的問題，勞力、鑽機、服務及土地成本節節上漲，輸油管線不足造成西德州中質原油與北海布倫特原油價差不斷擴大，衝擊了庫辛或休士頓兩處美國原油集散地的二疊紀盆地原油售價。

由於頁岩爆炸式的成長，市場上提供的材料及設備不敷使用，目前美國約有一半以上的鑽井幫浦設備都部署在二疊紀盆地，油管負荷呈現滿載，導致二疊紀盆地產出的原油有 5 ~ 10% 無油管可輸送出去，只能打折出售，部分原油須藉由昂貴的卡車運送到市場。

不過，原油運輸的瓶頸現象應是暫時的，美國原油出口正在增加，未來應可直接輸送到墨西哥灣岸出口。西德州產出的天然氣一樣遇到管線輸送問題，天然氣運送不出去，將嚴重影響原油的生產。頁岩氣可以運送到墨西哥灣液化後出口，但天然氣液化廠的興建頗為耗時，若是運到墨西哥邊界，則有足夠的管線分送到用戶處。

美國以外國家的發展

目前大陸頁岩油蘊藏量或許是僅次於美國、加拿大，是全球第三大。2017 年，大陸第一口商業開發的頁岩氣井累計產氣突破 1 億立方公尺，是生產時間最長的頁岩氣井，算是大陸的一項重要頁岩開發成果。但其他的頁岩開發多半無商業價值，處於虧損狀態。由於國際天然氣市場供過於求，大陸是否繼續進行頁岩開發已面臨



美國頁岩油成本最低，就成本而言，美國頁岩在未來最具潛力。各國（地區）到 2025 年的累計產量及產油成本比較顯示，美國頁岩生產成本較低，具有優勢及潛力。（圖片來源：www.ft.com）

兩難，雖計劃 2020 年頁岩氣產量要達到 300 億立方公尺，2030 年 800 億立方公尺，但未必有經濟價值。

大陸想複製美國的頁岩革命，但知易行難。雖然大陸也發展出一些本土的液裂技術，但種種不利因素阻礙其頁岩革命的發展。例如，頁岩氣的沉積層地理位置在偏遠地區的崇山峻嶺中，且地質條件較差，埋藏較深，基礎生產設施及油氣輸送設備受限於交通，相較於美國，開發困難程度高很多。

雖然大陸面對嚴峻的挑戰，但仍持續努力中，期望能把頁岩的蘊藏採收出來。當地能源公司研發出特別的液裂方式，有效降低鑽井成本。相較於 2010 年，探勘井的費用已能夠節省 40%，生產井費用比 2014 年減少 25%。政府又施行補貼政策，降低 30% 的頁岩氣稅，期望能激勵頁岩氣的生產。惟種種因素，預期到 2020 年無法達成每年 300 億立方公尺的目標，只可能增加一倍達到每年 170 億立方公尺。大陸的頁岩氣開發是一個緩慢的技術革命，且缺少透明化的市場及公開的競爭環境。

就未來石油生產成本而言，美國頁岩很有競爭力，可能勝過深水油田等高成本地區。

在全球政治不穩定的情況下，美國由於頁岩科技的進步、地質條件的得天獨厚，加上全球油價的節節上揚，延續了其頁岩革命。

英國政府正在修改頁岩資源的開發流程，不過其開發許可的申請至少要花 4 個月，且需環評，取得許可不易。雖然政府知道頁岩開發對國家經濟有重大的影響，但迄今提出頁岩開發的只有英格蘭地區，其他如蘇格蘭、威爾斯及北愛爾蘭都不允許頁岩開發。英格蘭地區的開發同樣遭遇到居民強烈的反對，不容許鑽井及液裂。英國政府正在擬訂友善的頁岩法規，並提供 200 萬美元作為頁岩開發基金，協助地方政府使審核流程順暢。

阿根廷頁岩油氣資源龐大，在美洲僅次於美國。阿根廷努力吸引外資，但面對經營條件透明化及穩定的挑戰，其優勢是地方政府及勞工並未反對頁岩油氣的開發。

煉製產業消化不良

較輕質的原油可能不易與向來習慣處理重油的煉製產業融合。美國頁岩油比大家所認知的黏黏焦狀原油輕很多，但煉油廠過去已巨額投資在處理重油的設備上，因為以前預期市場供應最多的是重油。像頁岩油這類較輕的油不利於提煉成柴油、航空燃油及其他中級蒸餾油，但這些產品卻是全球越來越需要的。在未來幾年中，潛在的危機並非原油短缺，而是煉油廠爭搶那些較傳統的、較重的原油。

美國頁岩油 1 年的產量能夠提升 1 百萬桶 / 天以上，卻未必可立即在全球的煉油系統市場找到買家，因為美國頁岩油在全球市場上並未全然被接受。頁岩油有好幾個不確定又複雜的問題，在供應大幅成長時，價格打折才能售出，這樣才有誘因鼓勵煉油廠接受頁岩油作為進料。

在全球政治不穩定的情況下，美國由於頁岩科技的進步、地質條件的得天獨厚，加上全球油價的節節上揚，延續了其頁岩



美國德州西部二疊紀盆地頁岩油氣液裂場景，它們在地廣人稀、頁岩油氣蘊藏豐富的德州西部，可說是天時地利。但在人口稠密、土地有限且環評機制冗長的國家，頁岩的開發面臨許多挑戰。(圖片來源：www.chron.com)

革命。雖曾歷經 2014 年油價崩跌的困境，但技術更昇華，使其頁岩油在全球供需平衡上占有顯著地位。2008 ~ 2018 年，其頁岩油日產量從 4 百萬桶增至 5.6 百萬桶，成長了約 40%。更令人驚奇的是，2018 年全球原油產量的成長有 80% 來自美國頁岩油。頁岩的發展無疑是全球石油市場最受矚目的，各種環境的巧妙結合造就了頁岩的獨特命運，這場革命仍在繼續中。

丁信修
台灣中油公司探採研究所