

淺談美國頁岩氣開發與石化產業發展

長久以來，美國一直為全球石化產業的重鎮，其乙烯總產能超過 25,000 千公噸，位居全球首位。另外全球營業額前十大的化學公司如 DuPont、Dow Chemical 與 ExxonMobil Chemical 皆將總部設在美國，美國市場對於化學公司有著難以替代的重要性。近年來隨著含有大量烷類的頁岩氣(shale gas)開採技術突破以及美國鼓勵製造業回流(manufacturing revival)等政策，各大廠商紛紛宣布將在美國擴產乙烯以及相關石化產能。本文將分析美國頁岩氣分布以及各大石化廠在美國之產能擴充計畫，並分析此未來對全球石化產業的影響。

一、目前美國頁岩氣蘊藏量足以支撐該國超過 30 年的應用

根據美國 EIA (Energy Information Administration)的調查，目前美國頁岩氣的蘊藏量約 750 兆立方英尺(詳細分析，如下表一)，相較於 2009 年美國天然氣蘊藏量 272.51 兆立方英尺，美國頁岩氣蘊藏量約為 2009 年天然氣蘊藏量 2.5 倍以上，相當可觀。

表一、美國頁岩氣蘊藏量分布

單位：兆立方英尺(trillion cubic feet, tcf)

地理位置	所在地	蘊藏量	比重
東北部	Marcellus	410	54.67%
	Antrim	20	2.67%
	Devonian Low Thermal Maturity	14	1.87%
	New Albany	11	1.47%
	Greater Siltstone	8	1.07%
	Big Sandy	7	0.93%
	Cincinnati Arch	1	0.13%
	小計	471	62.80%
灣岸地區 (Gulf Coast)	Haynesville	75	10.00%
	Eagle Ford	21	2.80%
	Floyd-Neal & Conasauga	4	0.53%
	小計	100	13.33%
中部	Fayetteville	32	4.27%
	Woodford	22	2.93%
	Cana Woodford	6	0.80%
	Southwest Barnett	43	5.73%
	Barnett-Woodford	32	4.27%
	小計	135	18.00%
洛磯山脈 (Rocky Mountain)	Mancos	21	2.80%
	Lewis	12	1.60%
	Willston-Shallow Niobraran	7	0.93%

	Hillard-Baxter-Mancos	4	0.53%
	小計	44	5.87%
總計		750	100.00%

資料來源：Jeffries；EIA；工研院 IEK(2012/06)

若與 2009 年全球天然氣蘊藏量 6289 兆立方英尺相比，美國頁岩氣之蘊藏量約為其 11.93%，也就說美國地區之頁岩氣蘊藏量至少能增加一成的天然氣蘊藏量。

2010 年美國當年的天然氣消耗量約 22.91 兆立方英尺，若美國要利用其頁岩氣資源自給自足的話，可以估計目前美國頁岩氣的蘊藏量至少可以供應美國國內 32 年的應用。

二、2017 年美國現有廠商之乙烯產能保守估計至少增加 6,500 千公噸/年的乙烯產能

豐富的頁岩氣資源以及開採技術的進步，導致在 2011 年全球油價因中東地區政局動盪不安飆漲時，天然氣的價格變動不大，油氣價格比在 2011 年曾達到 25:1。此時若利用天然氣做為裂解進料裂解生產乙烯，在原料成本上相當具有競爭力(約為輕油進料的 1/10)。

2011 年至今，美國既有乙烯生產廠商紛紛計畫利用頁岩氣資源擴產在美國的乙烯產能，目前已經確定的計畫如下表二所示：

表二、美國廠商乙烯擴產計畫

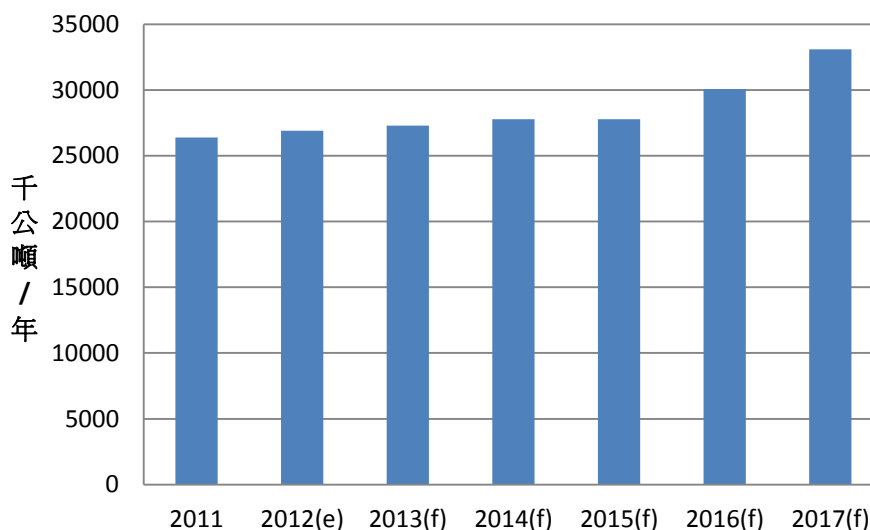
公司名稱	地點	擴產產能	擴產方式	單位：千公噸/年 預定完成年限
ExxonMobil Chemical	Baytown, Texas	1,500	新裂解裝置	2016
Chevron Phillips Chemical	Cedar Bayou, Texas	1,500	新裂解裝置	2017 Q1
Dow Chemical	Free Port, Texas	1,500	新裂解裝置	2016-2017
Shell Chemicals	Monaca, Pennsylvania 附近	未公布	新裂解裝置	2016-2017
台塑美國	Point Comfort, Texas	800	新裂解裝置	2016
Dow Chemical	St. Charles, Louisiana	390	重啓舊廠	2012年底
Westlake Chemical	Lake Charles, Louisiana	108.863	就地擴產	2012 H2
Williams	Geismar, Louisiana	272.158	就地擴產	2013 Q3
INEOS	Chocolate	115	去瓶頸	2013年底

	Bayou, Texas			
Westlake Chemical	Lake Charles, Louisiana	113,399	就地擴產	2014
LyondellBasell	La Porte, Texas	386	就地擴產	2014
總計		約6,685		

資料來源：ICIS；各公司；工研院 IEK(2012/06)

除了上述公司的擴產計畫外，Aither Chemical、LyondellBasell、Occidental Chemical 也有考慮利用頁岩氣資源擴產乙烯的計畫，可以看出美國低成本原料優勢對各公司的吸引力。

由於新建裂解裝置約需 3-5 年評估建廠，若將上列擴產計畫依時間排列，並與美國現有產能進行累加，如圖一所示，可預測美國在 2017 年之乙烯產能將超過 33,000 千公噸/年，為 2011 年乙烯產能的 1.25 倍。



圖一、2011-2017 美國乙烯產能預測

資料來源：ICIS；各公司；工研院 IEK(2012/06)

三、新興國家的化學公司也虎視眈眈美國頁岩氣的原料成本優勢

在第二小節中所提及的廠商多為國際大廠或者是美國當地的廠商，這些廠商若在本國擴產乙烯時往往會遇到土地與人力取得成本過高的問題。然而，許多新興地區的化學公司如南非的 Sasol、巴西的 Braskem、中東的 SABIC 與泰國的 PTT Global Chemical 等公司也曾宣布考慮將在美國利用頁岩氣資源建立乙烯之生產裝置，如下表三所整理：

表三、新興國家公司在美國的乙烯擴產計畫

單位：千公噸/年

公司名稱	公司註冊國	擴產方式	預定完成年限
Sasol	南非	新裂解裝置	未公布
Indorama Ventures	泰國	新裂解裝置	2018
SABIC	沙烏地阿拉伯	新裂解裝置	未公布
Braskem	巴西	新裂解裝置	未公布
PTT Global Chemical	泰國	新裂解裝置	未公布

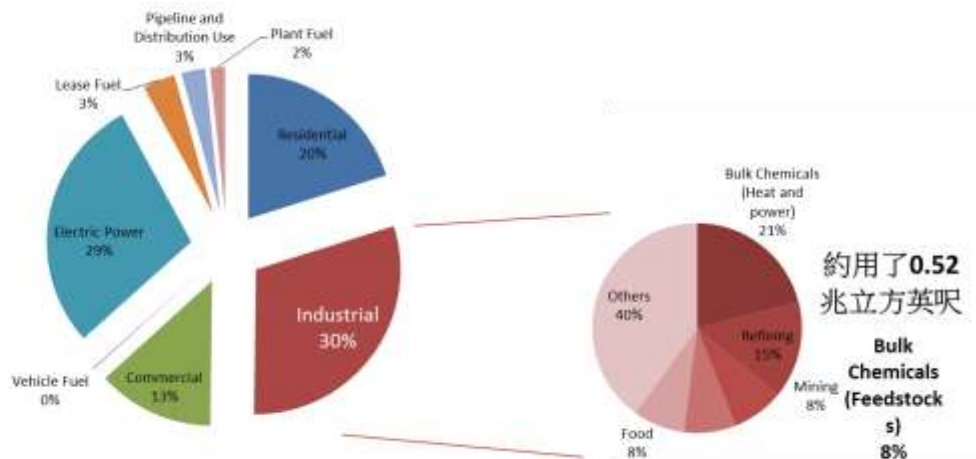
資料來源：ICIS；各公司；工研院 IEK(2012/06)

雖然上表三各公司多在考慮中，並未公布完成時間，但原料成本優勢讓這些公司願意放棄在本國的高成長市場、土地、原料或者人力成本優勢前往美國進行新建裂解裝置的計畫，仍可看出在高油氣比下，原料優勢對於各石化上游公司的重要性。

四、若美國頁岩氣全數用來生產乙烯可以維持 4 個世紀

2006 年美國天然氣的消耗量約 21.70 兆立方英尺，然而用於工業上的天然氣僅占其中的 30% 左右 (分布如下圖二所示)，約 6.53 兆立方英尺。其中僅 8% 應用於化學品的進料中，約 0.52 兆立方英尺。

2006年美國天然氣總消耗量約為21.7兆立方英尺



圖二、2006 年美國天然氣應用分析

資料來源：EIA；PEW Center；工研院 IEK(2012/06)

而根據 oil & gas journal 的統計資料估算 2006 年美國利用乙烷(來自天然氣)進料裂解生產乙烯的產能約為 10,705 千公噸/年，因此若利用乙烷裂解生產 1 千公噸的乙烯約需消耗 4.86×10^{-5} 兆立方英尺的天然氣。

假設美國在新乙烯產能擴產完畢後達到 35,000 千公噸/年，且未來全部以乙烷

(來自頁岩氣)作為進料，則需要消耗 1.7 兆立方英尺/年之頁岩氣。目前美國頁岩氣蘊藏量為 750 兆立方英尺，若全數拿來生產乙烯，估計可以使用的壽命將長達 441.18 年。

表三、美國以頁岩氣作為化學品進料的使用年限估算

2006 年美國應用於化學品原料的天然氣總量(兆立方英尺)	2006 年美國應用天然氣作為進料的乙烯產能(千公噸)	利用乙烷裂解生產 1 千公噸乙烯天然氣消耗量(兆立方英尺)	35,000 千公噸/年乙烯產能之頁岩氣進料量(兆立方英尺/年)	美國以頁岩氣作為乙烯進料的使用年限估算(年)
0.52	10,705	4.86×10^{-5}	1.7	441.18

資料來源：EIA；oil and gas journal；工研院 IEK(2012/06)

五、IEK 觀點

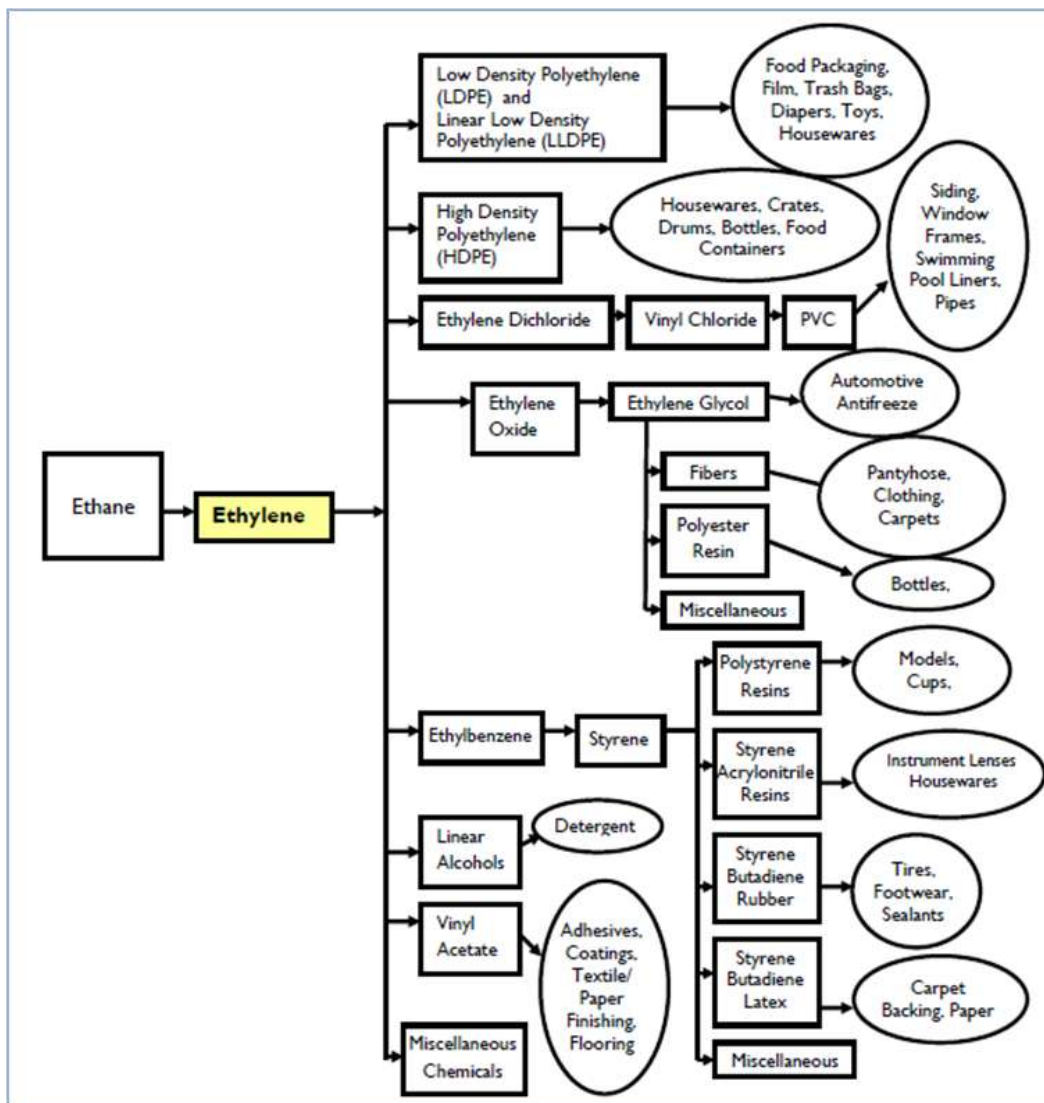
(一) 其他擁有頁岩氣資源的國家短期內很難達到美國的技術水準

頁岩氣得以開採後，為美國石化業帶來新的希望。雖然全球各地皆有頁岩氣資源（特別是歐洲），但目前左右頁岩氣應用的關鍵仍然是鑽井開採技術上，目前這項技術仍是被美國所掌握，因此全球各地若要學美國這般運用頁岩氣資源恐怕也是數十年後的事了(美國從開始投入研發到實際商業化開採約花了 40 年)，但若美國利用這項技術進行全球資源掠奪，其他各國實際應用頁岩氣的時間將會提前，這部分論述並不在本文所討論的範圍，在此不加贅述。

(二) 美國在乙烯衍生化學品與其應用發展上將更具優勢

美國利用頁岩氣擴產乙烯與過去十年中東利用天然氣擴產乙烯產能皆運用便宜的乙烷作為原料，然而美國在乙烯衍生化學品的生產與應用上，位居全球領先的位置，這點是技術與市場仰賴外援的中東所不及的。因此可以預期未來 10 年內一般大宗的乙烯衍生化學品及應用(如圖三所示)移往美國境內生產，將有強大的誘因，美國政府 Made in USA.的美夢可能成真。

部分宣布擴產乙烯的國際大廠如 Dow Chemical、Chevron Phillips Chemical、台塑美國皆同時宣布其下游產品如 LLPDE、MEG 等的擴產計畫，可以看出公司在美國建立產業鏈的企圖心。



圖三、乙烯衍生化學品與其應用

資料來源：ACC(American Chemical Council)(2012/06)

(三) 原料優勢與乙烯成本優勢可能帶動新技術在美國發展

近日 Honeywell UOP 於報章期刊上發表應用甲烷(頁岩氣的主要成分)直接生產乙烯製程，在頁岩氣開發後將有助於該公司的技術商業化。

再者，全球石化產業有許多利用乙烯取代 C3 或 C4 作為起始原料的製程，正在開發中，如 Lucite(現屬 Mitsubishi Rayon)與 BASF 擁有利用乙烯取代 C3 或 C4 作為起始原料的 MMA 製程，這些技術未來若在美國投資將可獲得更多更多成本優勢。

(四) 乙烷進料後 C4 以上與芳香族原料產生大空檔

然而利用頁岩氣作為進料並非無懈可擊，以頁岩氣最為進料主要生產 C2 與 C3 原料，若要生產 C4 與芳香族原料，目前的技術仍有困難。由 2011 年全球丁二烯的價格暴起暴落可以看出，業者紛紛利用乙烷作為進料追求低成本的乙烯生產，反而使 C4 以上與芳香族原料短缺，這對於以輕油作為進料的我國石化產業而言也許是個機會。

我國石化產業發展主張“值的提升在國內，量的發展在海外”，在頁岩氣低成本原料的衝擊下，筆者有下列兩點建議：

1. 國內石化產品在提升附加價值時，不應一味考慮以乙烯作為起始原料之技術。我國業者多以輕油作為裂解進料，C4 與芳香族生產優勢是乙烷進料所不及的。強化非乙烯衍生產品的附加價值或者開發非乙烯作為起始原料的製程將是值得考慮的方向。
2. 量的發展在海外，我國石化原料與下游製品業者在發展上，長久以來有著乙烯原料供不應求的問題，美國也可以是國內石化業者以及大宗低附加價值衍生產品未來考慮擴廠的地點之一。

總歸來說，尋求產品差異化與策略創新，將是其他國家降低美國頁岩氣發展所帶來衝擊的不二法門。