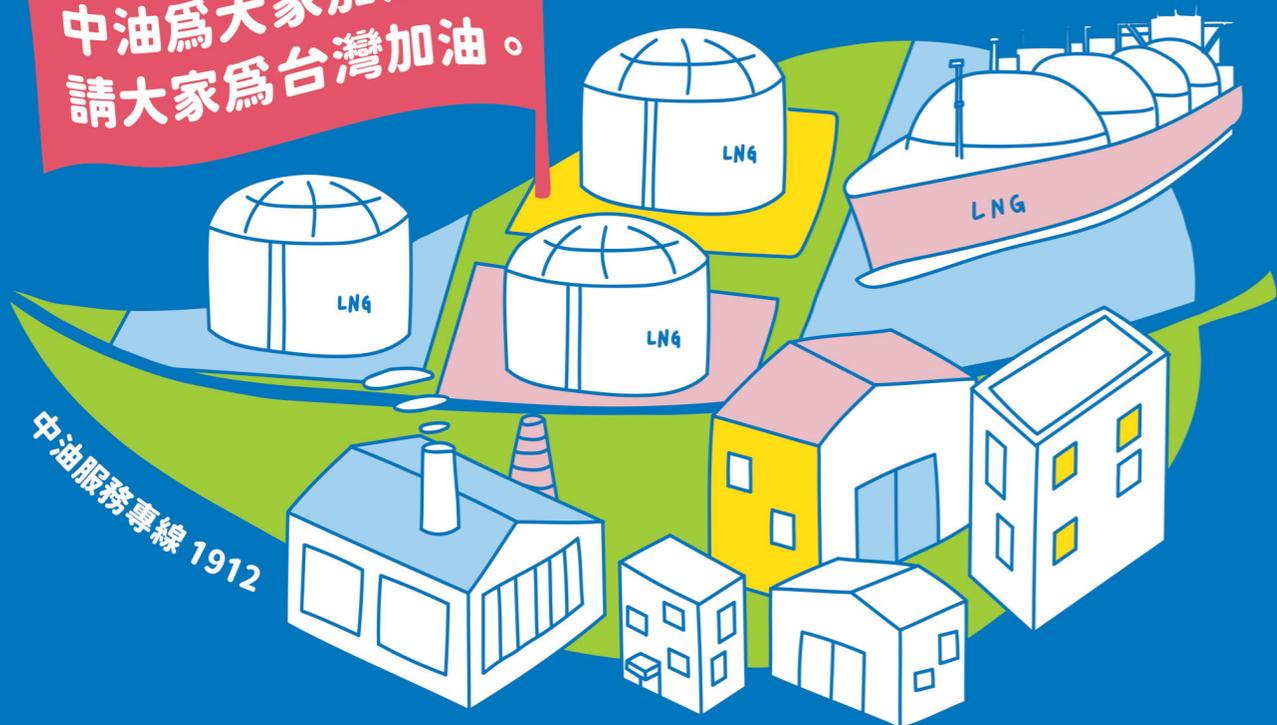


天然氣清潔又安全  
一分用心 百分安心

中油為大家加油，  
請大家為台灣加油。



中油服務專線 1912

台灣中油股份有限公司  
CPC Corporation, Taiwan

廣告

# 瓦斯季刊

148期

76年10月創刊 113年07月出版

瓦斯季刊

(一四八期)

中華民國一十三年七月出版

倉儲條碼管理提升效率

歐盟甲烷法案衝擊  
天然氣產業鏈

徵收LNG碳排放稅及開採碳費

天然氣市場價格驟變

踴躍參加瓦斯安全有獎徵答賺全聯禮券

天然氣CO<sub>2</sub>排放強度遠低重油煤炭  
能源轉型仍有角色

AI科技突飛猛進造就石油天然氣產業技術升級安全加乘

欣然氣體燃料事業研究服務社 發行



微電腦瓦斯表

# 智慧換表 增安心

宣導大使 曾國城



## 3大安全遮斷功能



漏氣遮斷



超時遮斷



地震遮斷



經濟部能源署

廣告

## 微電腦瓦斯表 3大安全功能

微電腦瓦斯表多了晶片，比起傳統機械式瓦斯表增加了漏氣遮斷、超時遮斷、地震遮斷，三大安全遮斷功能，使用更安心。



### 漏氣遮斷

當管線鬆脫導致大量漏氣會緊急遮斷。



### 超時遮斷

當瓦斯使用超過設定時間，將進行遮斷。

依燃氣器具及燃氣消耗量區分



### 地震遮斷

震度五級以上地震，使用中  
的瓦斯將立即遮斷。

## 微電腦瓦斯表遮斷後 恢復供氣3步驟

STEP.1

關閉使用瓦斯裝置（如熱水器、瓦斯爐）之開關（但不要關閉進氣口的總閥）。

STEP.2

按下瓦斯表復歸鈕5秒鐘，安全警示LED燈會開始持續閃爍。

STEP.3

等待約3分鐘，當LED燈不再閃爍後，即完成復歸（若LED燈仍持續閃爍，則需聯繫供氣之天然氣公司）。



## 微電腦瓦斯表 V.S. 傳統機械表

⚡ 計量比較

不論是微電腦瓦斯表或是傳統機械表，都是經濟部標準檢驗局檢定合格上市，計量精確度並無差異。

💰 計價比較

微電腦瓦斯表具有精密微電腦晶片、感震器、壓力開關、緊急遮斷閥等零組件，可於漏氣、超時、地震時進行遮斷，提升用戶的用氣安全。但因成本較機械表高，分10年每月攤提至基本費中，以5燈以下用戶為例，微電腦瓦斯表基本費每月100元，較僅有計量功能之機械表多出40元。



宣導大使 曾國城

## 目錄

### 能源瞭望

- 2 歐盟規劃課徵LNG進口碳排放稅對於國際天然氣產業之影響

臺灣經濟研究院助理研究員、副研究員／  
蔡育儒、林梵絃、文軍強、謝宗憲

- 13 蕞爾小國卻是石油天然氣大國--卡達積極佈局後化石能源時代

作者／高永謀

### 創新研發

- 19 物料倉儲條碼管理(廣告)

欣泰公司

### 能源探討

- 20 從歐盟甲烷法案解析對全球天然氣發展之影響

作者／徐璋成

- 37 天然氣工業燃料用途市場展望

資深石化人／謝俊雄

- 45 漫談人工智慧相關科技在石油和天然氣產業的應用

臺灣中油公司探採研究所前所長暨中國文化大學地質系  
兼任副教授／翁榮南

### 安全宣導

- 60 瓦斯安全及防詐騙有獎徵答

欣然社總幹事／林國章

### 瓦斯人的園地

- 61 獲獎感言 工作分享

作者／葉金谷、張桓旻  
朱聖登、王麗生



封面說明：瓦斯人的園地

資料來源：瓦斯人的園地

發行人：許績陵

編輯委員：（以姓氏筆劃為序）

王文一 李正明 林登章

蔡三郎 盧東岳 謝俊雄

執行編輯：唐惠英

發行所：欣然氣體燃料事業研究服務社

地址：台北市松山區南京東路四段100號12樓

電話：(02)2579-1137

E-mail: sjgrtw@gmail.com

印刷所：鼎順印刷有限公司

地址：新北市中和區景平路703巷2弄1號

電話：(02)2309-1319

E-mail: a638177@yahoo.com.tw

本刊收編印費每本新台幣140元

全年四期收編印費新台幣480元

匯款欣然研究社:華南商業銀行東台北分行

帳號124-10-005376-8

中華郵政台北雜字第1633號執照登記為雜誌交寄

本刊電子網頁 facebook.com/sjgrtw/

# 歐盟規劃課徵 LNG 進口碳排放稅 對於國際天然氣產業之影響

臺灣經濟研究院 助理研究員 副研究員 蔡育儒、林梵絃、文軍強、謝宗憲

## 前言

Wood Mackenzie 於 2024 年 3 月 21 日發表「關稅呼籲：進口碳排放稅如何改變全球 LNG 市場 (Call of duties:How emission taxes on imports could transform the global LNG market)」報告，文中指出歐盟已將碳排放交易體系 (Emission Trading Scheme,EU ETS) 範圍擴展到航運業，並暗示自 2024 年起歐洲進口之 LNG 貨氣可能被課徵碳排放稅。

雖使用天然氣 (燃燒時) 所排放的二氧化碳約僅有煤炭的一半，惟 LNG 總體供應鏈包含上游 (開採、加工、運輸至液化廠)、液化、船運、管輸及下游 (終端用戶的使用燃燒)，仍屬高強度碳排放產業，其中甲烷洩漏更是溫室氣體排放的主因之一，目前國際主要 LNG 出口商皆積極努力減少天然氣開採之溫室氣體 (Greenhouse gas,GHG)，然而買家較不願承擔賣家為降低碳排放成本而支付溢價，從而影響賣家對於去碳項目的投資意願。

以美國 LNG 出口計畫為例，未來若歐盟持續加強甲烷排放量 (methane emissions) 管控或將 LNG 納入碳邊境調整機制 (Carbon Border Adjustment Mechanism,CBAM)，對 LNG 進口貨氣課徵碳排放稅，恐將推高歐洲天然氣價格，惟目前亞洲國家尚未對 LNG 進口貨氣課徵碳排放稅，故僅歐盟課徵 LNG 進口貨氣碳排放稅，不足以激勵 LNG 參與者果斷採取減少 GHG 排放的行動，除非課徵碳排放稅擴大到亞洲新興市場，方有足夠經濟誘因促進產業投入更多資金在減排方案。

## 一、LNG 供應鏈碳排放概況

為協助企業進行溫室氣體排放盤查，世界企業永續發展委員會 (World Business Council for Sustainable Development,WBCSD) 與世界資源研究所 (World Resources Institute,WRI) 共同發布溫室氣體盤查議定書企業標準 (Greenhouse Gas Protocol,GHG Protocol)，明確定義不同的碳排放範疇 (Scope)，有助於企業詳細掌握商品或服務製造出的二氧化碳排放，得以針對不同的碳排放情形，擬議減碳的因應策略或配套措施。GHG Protocol 所訂定的碳排放範疇共有 3 類，說明如下：

- (一) 範疇 1 (Scope 1)：指來自於企業製程或設施之直接排放。
- (二) 範疇 2 (Scope 2)：與企業相關，但非企業直接控制之間接排放。

(三) 範疇 3(Scope 3)：為企業產業鏈中發生的所有間接排放 (不包含在範疇 2)，包括上游及下游排放。

由上述歸類可知，有關二氧化碳排放之分類，主要可分為直接排放 (範疇 1) 和間接排放 (範疇 2、3)。直接排放一般常見的範例為化石燃料或其他化石燃料衍生的能源燃燒產生之碳排放，如工廠鍋爐、電廠機組排放之溫室氣體，水泥或氨氣等化學製品製造時產生的溫室氣體排放；間接排放則來自外購電力、熱能或蒸汽之能源利用及非屬自有或可支配排放源所生成，如租賃、委外業務、通勤等造成的排放。

以 LNG 產業鏈而言，溫室氣體的製造主要來自於下游產業，占總體產業鏈碳排放約 75%，其他非下游的部分僅占 25%，有關碳排放強度於 LNG 產業鏈之構成與占比如表 1，但並非所有 LNG 供應鏈之碳排放量都一樣，主要係因溫室氣體排放量取決於天然氣開採地質中二氧化碳含量、甲烷洩漏程度、船運運輸距離遠近、液化與氣化方式及燃氣電廠效率等多項因素。

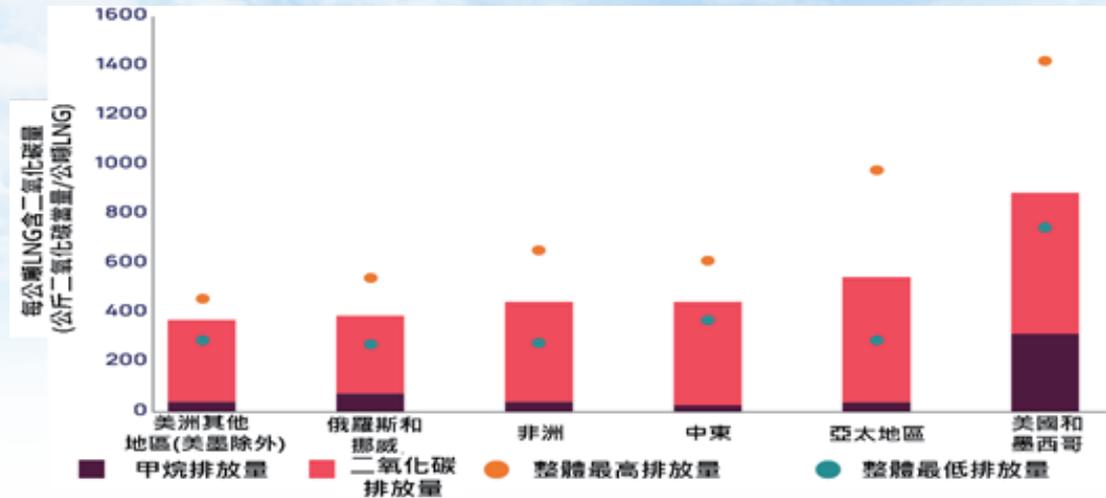
表 1 LNG 產業鏈之碳排放結構

產業	總體占比	項目	細項占比
其他排放 (不含下游)	25%	上游 (天然氣生產及運輸至液化廠)	50%
		天然氣液化	33%
		LNG 輸送	16%
		LNG 氣化	1%
下游	75%	終端使用	100%

資料來源：Decarbonisation of the LNG Supply Chain: challenges and the way forward (2021)，台經院整理。

Wood Mackenzie 研提「LNG 碳排放量工具 (LNG Carbon Emissions Tool)」評估各項 LNG 出口計畫及供應鏈總體之二氧化碳和甲烷排放量，並考量全球暖化潛勢 (Global warming potential, GWP) 影響，以二氧化碳當量 (CO<sub>2</sub>e) 作為一致性計算基礎。依分析結果美國 LNG 出口計畫上游端甲烷排放量占總體溫室氣體排放量 25-40%，而美國以外的 LNG 計畫甲烷排放量僅占整體碳強度的 5-15%，主因為美國天然氣開採多來自於頁岩氣，水平鑽井之過程中須大量使用氣動裝置和壓縮機，此外氣田至 LNG 出口廠距離遙遠，經長途管道輸送，致甲烷洩漏量增加，溫室氣體排放量為每公噸 LNG 有 800-1,400 公斤 CO<sub>2</sub>e，而俄羅斯與中東地區的 LNG 出口計畫則相對較低。各地區 LNG 出口計畫上游端之溫室氣體排放量如圖 1。

圖 1 各地區 LNG 出口計畫上游端之溫室氣體排放量

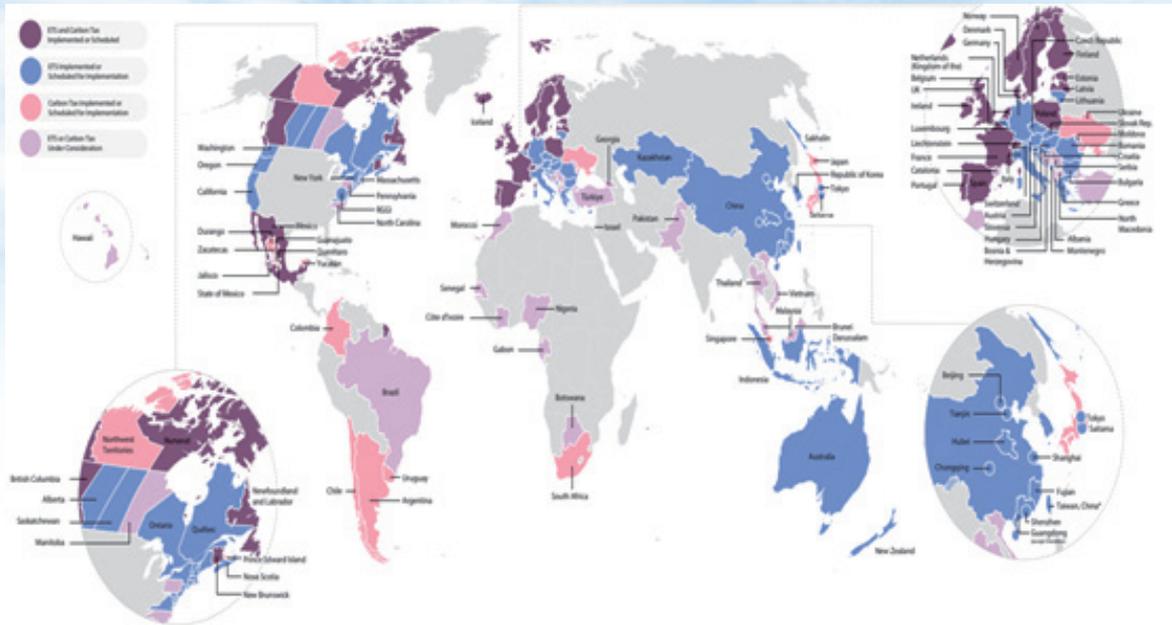


資料來源：Wood Mackenzie LNG 碳排放工具，台經院整理。

## 二、全球碳定價 (carbon pricing) 機制概況

目前全球正積極邁向淨零碳排目標，各國多已規劃或實施碳定價機制，其中碳定價機制主要分為碳交易系統 (Emissions Trading System，以下簡稱碳交易) 與碳稅 (Carbon Tax)。碳交易與碳稅兩者大致相同，均是將碳排放的抽象概念轉化為經濟上具體可定價的「商品」，計量單位通常為每公噸 CO<sub>2</sub>e，將「碳」賦予價格後視為社會成本，由於付出成本增加，以改變生產者或消費者行為，達到減少碳排放目標，並同時增加政府財政收入，作為改善氣候環境之重要財政來源，而碳稅與碳交易兩者之差異在於碳稅制度由政府設定碳價，讓市場決定總排放量，即固定價格；碳交易則是由政府決定總排放量，讓市場決定碳價，即價格會隨市場波動。依據世界銀行 (World Bank) 報告 2022 年全球各地實施之碳定價機制計 71 國 ( 碳交易 34 國、碳稅 37 國 )，管制全球 23% 之溫室氣體排放量 ( 如圖 2 )。

圖 2 2022 年全球碳市場發展狀況



註：深紫色（兩種顏色交錯）表示已有碳交易或碳稅，或已有一項機制正考慮另一項；藍色表施行碳交易、粉紅色表施行碳稅，粉紫色表還在考量選用哪種碳定價機制。  
資料來源：World Bank(2023)State and Trends of Carbon Pricing 2023。

### （一）特定產業碳排放量管制（如澳洲）

澳洲於 2023 年 3 月 30 日公告修正《碳排放保障機制「Safeguard Mechanism(Crediting)Amendment Act 2023」》，並於同年 7 月 1 日開始實施，針對每年淨排放量超過 10 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 的礦業、石油及天然氣生產製造業、運輸業、廢棄物處理業等進行控管，規範排放基線、碳信用 (Australian Carbon Credit Units, ACCU) 抵換機制與資訊透明等義務，其中設立排放基線設計係採取同業平均排放強度 (E<sub>industry</sub>) 和該廠歷史排放強度 (E<sub>site specific</sub>) 混合計算式，並逐步增加平均排放強度占比權重，意即各廠商要逐年符合同業水準及減少總碳排放量如表 2。

表 2 澳洲碳排放基線規劃

年度	排放基線
2023	$0.951 \times ((0.1 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.9 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2024	$0.902 \times ((0.2 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.8 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2025	$0.853 \times ((0.3 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.7 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2026	$0.804 \times ((0.4 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.6 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2027	$0.755 \times ((0.6 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.4 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2028	$0.706 \times ((0.8 \times \text{同行業平均排放強度} + 0.2 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$
2029	$0.657 \times ((1.0 \times \text{同行業平均排放強度} + 0 \times \text{該廠歷史排放強度}) \times \text{產量})$

資料來源: The Clean Energy Regulator is a Government body responsible for accelerating carbon abatement for Australia, 台經院整理。

各廠商除透過碳捕捉、封存及再利用 (Carbon Capture、Utilization and Storage, CCUS) 等負碳排技術減少碳排放量外，亦可購買碳信用 (ACCU) 抵換碳排放量；針對違反規範的廠商，每公噸 CO<sub>2</sub>e 超額排放將懲處 275 澳元 (罰鍰上限 :5 萬澳元)；若是新進廠商排放量超過 10 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/ 年，其排放基線將為符合澳洲「最佳實踐碳排強度 × 產量」；對於新開發之氣田計畫，由於具備碳捕捉及儲存 (Carbon Capture and Storage, CCS) 的可能性，最佳實踐碳排強度為零，亦即未來新氣田營運時，就要達成實現淨零碳排目標，對於新開發的氣田將是重大負擔。

## (二) 特定商品課徵碳關稅 (如歐盟)

歐盟設立 CBAM 是為解決 EU ETS 未涵蓋由歐盟以外第三國進口商品之碳排放的問題，並保護製造商的競爭力，亦即當特定商品需進口至歐盟時，必須承擔與歐盟生產商同樣的減碳成本。CBAM 是對進入歐盟的碳密集型產品，在生產過程中所排放的碳，進行公平定價的工具，鼓勵非歐盟國家進行潔淨工業生產。透過確認進口歐盟的商品在生產過程中碳排放已支付價格，確保進口商品的碳價 (Carbon price) 等於歐盟國內生產產品的碳價，以保證進口商品的碳排放並無超過歐盟的氣候目標。

歐盟於 2023 年 10 月開始試行 CBAM，並預計 2026 年 1 月 1 日全面實施，該規範對進口到歐盟的高碳排型產品須完成 CBAM 憑證 (CBAM Certificate) 才能進口，目前初期管制商品包含水泥、電力、肥料、鋼鐵及鋁等產品，因此進口商欲將前述商品輸入歐盟

時須計算產品之碳排放量，並於每年 5 月 31 日前提交 CBAM 憑證及繳交足額碳價（試行期間尚不用支付碳價）。

CBAM 碳排放量之計算係以「該商品每單位產品之碳排放量」乘上「進口產品數量」，目前每單位產品之溫室氣體排放範疇，僅考量直接排放強度（範疇 1），後續亦會討論納入間接排放強度（範疇 2）或更大的範疇。計算出進口產品碳排放量後，CBAM 憑證價格將以 EU ETS 之每週平均價格計算出碳價，因而 CBAM 雖屬碳關稅，亦可視為 EU ETS 的延伸。

由於 LNG 現今未納入 CBAM 管制商品內，無須對其進口產品收取額外費用，惟歐盟已將 EU ETS 擴展至航運業，外界推測未來也有可能同步納入 CBAM 管制內，屆時進入歐洲之貨氣將被徵收進口碳價（或稱碳排放稅）。

### 三、碳價對於 LNG 產業影響

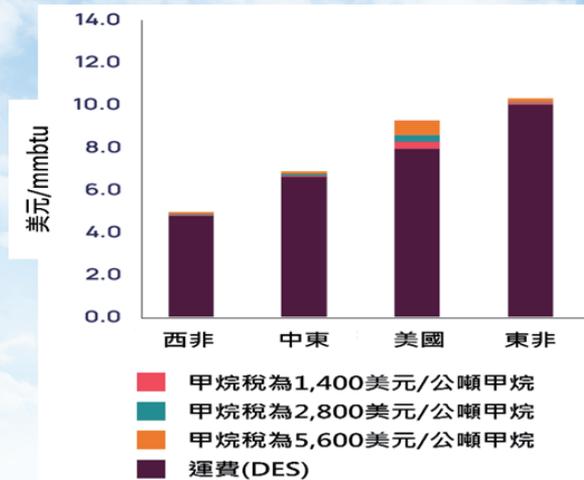
碳價最直接影響 LNG 產業為成本增加，如澳洲實施「碳排放保障機制」；日本作為澳洲天然氣開採計畫主要投資者，擔憂目前 Jera 正進行投資之 Barossa 天然氣計畫營運成本增加，加重營運商的風險與負擔。

另外 Wood Mackenzie 分析，若歐盟將 LNG 納入 CBAM，每單位 LNG 之溫室氣體排放範圍在不同定義情境下，對於歐洲天然氣價格之影響亦有差異，敘述如后：

#### （一）排放範圍僅甲烷排放量

LNG 供應量中，甲烷排放量占整體碳強度的 5-15%（非美國 LNG 出口計畫）對於價格影響較小，因此其他來源國若僅徵收甲烷排放稅（以下簡稱甲烷稅）則影響較低。惟歐盟近來因應烏俄戰爭影響，大量增加來自美國 LNG 氣源，而依前述分析，美國 LNG 出口計畫上游端甲烷排放量占總體溫室氣體排放量 25-40%，甲烷稅對於美國 LNG 影響較為明顯。若 EU ETS 價格每公噸甲烷稅 5,600 美元（相當於每公噸 CO<sub>2e</sub> 達 200 美元），預估將影響 LNG 進口價格上漲 0.6 美元 /mmbtu（百萬英熱單位），成長幅度約 6.5%，所以歐盟對於美國 LNG 進口依賴程度將成為影響價格之主要因素。各情境甲烷稅對於歐洲進口來源成本影響如圖 3。

圖 3 各情境甲烷稅對於歐洲進口來源成本影響

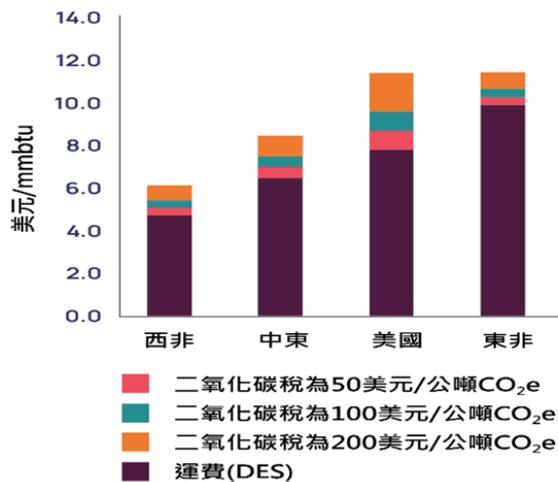


註：以全球暖化潛勢GWP(100年)評估，每公噸甲烷稅1,400美元、2,800美元和5,600美元，相當於每公噸CO<sub>2</sub>e 碳稅50美元、100美元和200美元。  
資料來源：Wood Mackenzie LNG 碳排放工具，台經院整理。

## (二) 排放範圍涵蓋總體溫室氣體

若排放範圍涵蓋LNG製程之總體溫室氣體(二氧化碳與甲烷)，將提高每單位LNG之溫室氣體排放量，造成歐洲價格可能上漲1.7美元/mmbtu，成長幅度約18%，歐洲將成為全球LNG溢價市場，導致長期需求下降，此時亞洲地區若沒有徵收進口碳排放稅，將較有可能提升市場競爭力。各情境二氧化碳稅對於歐洲進口來源成本影響如圖4。

圖 4 各情境二氧化碳稅對於歐洲進口來源成本影響



資料來源：Wood Mackenzie LNG 碳排放工具，台經院整理。

## 四、LNG 出口商在供應鏈上游減少碳排作法

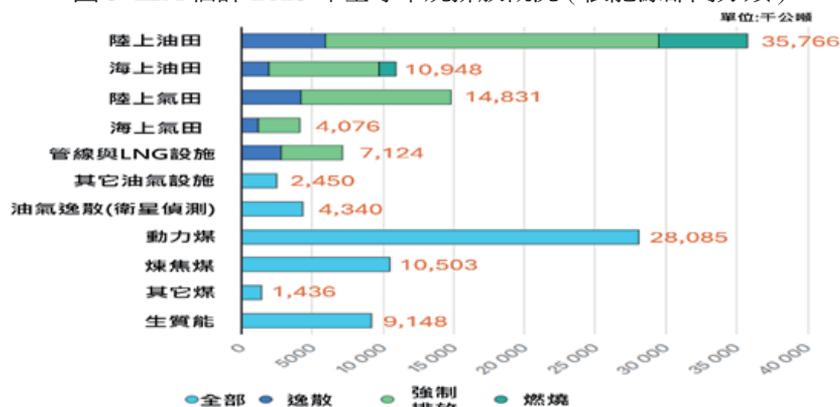
課徵天然氣開採的碳排放費用，除對 LNG 出口商造成營運負擔外，若對 LNG 進口國課徵天然氣進口稅，將導致天然氣使用成本增加，降低進口需求，進而使出口商獲利減少，無論是碳排放費用或碳進口稅均是未來上游出口商需要面對的課題。以下探討目前主要減少 LNG 上游溫室氣體排放之作法如后：

### (一) 減少天然氣開採時的甲烷排放量

油氣產業甲烷排放大多來自探採與開挖的時候，早期石油生產國將天然氣視為挖掘石油之副產品，若附近無天然氣需求，或不具鋪設管線販售天然氣之經濟性，多數生產商會把副產的天然氣進行燃燒處理，在燃燒過程中，雖然甲烷會轉化為二氧化碳和水，但有一部分可能不會完全燃燒，而釋放到大氣中，因此甲烷排放量最多來自陸上油田生產，其次為煤礦生產。

國際上為減少甲烷排放，主要作法是在開採、加工、儲存及管輸等地點進行逸散偵測，訂定排放標準、加強管線閥件強度、汰換老舊管線等。依國際研究機構 CEDIGAZ 表示雖管線汰換會增加油氣生產商、加工出口商或管輸業者成本，惟減少洩漏，可提高業者產品銷售數量，並且能強化管線營運安全，更有利於天然氣生產與供應，近年美國天然氣生產商已致力減少營運中氣田的甲烷排放，並透過小型液化設備或壓縮天然氣 (Compressed Natural Gas) 加壓設備，提高生產時之回收與再利用，以避免強制排放或燃燒 (如圖 5)。

圖 5 IEA 估計 2023 年全球甲烷排放概況 (依能源部門分類)



逸散：由於閥件故障或洩漏 (非預期)

排放：出於安全原因或操作要求 (如管線維護)

燃燒：因經濟性不足，將天然氣燃燒 (部分未完全燃燒造成甲烷排放)

資料來源：IEA Global Methane Tracker 2024，台經院整理。

## (二) 善用碳捕捉及儲存 (CCS)

對於高二氧化碳含量之氣田，在天然氣開採或強制排放時是增加溫室氣體的主要原因，印尼 Tangguh LNG 出口計畫超過 55% 溫室氣體排放是來自二氧化碳，因此透過 CCS 能夠有效減少溫室氣體的產生，如澳洲 Gorgon、挪威 Snohvit LNG 計畫皆已透過加裝 CCS 設備，使總排放量減少約 30%，然而以目前技術國際上 CCS 捕捉每公噸二氧化碳之成本為 50-120 美元，與歐盟碳排放稅成本相當，因此若要透過 CCS 彌補碳排放稅的經濟效益，尚有賴於未來技術之發展及當地政府補貼或支持。

## (三) 選擇綠電

LNG 供應鏈中將天然氣由氣態轉為攝氏零下 160 度液化天然氣之液化過程需要耗費相當大的能量，目前主要係透過渦輪機驅動冷凍壓縮機進行。為減少液化過程之溫室氣體排放量，部分 LNG 出口計畫 (如美國 Freeport and Elba Island LNG、Corpus Christi 和 Cameron Phase 等) 已透過液化廠附近的綠電或低碳電力驅動電力渦輪機，相較傳統氣渦輪至多可減少 80% 碳排放量。

另外對 LNG 出口廠用電亦可改由碳排放量較低之綠電，如澳洲 Pluto LNG 已宣布規劃購買太陽能、Queensland Curtis LNG(QCLNG) 則規劃建造 120MW 專用之太陽能發電廠，以滿足出口廠用電需求。

## 結語

Wood Mackenzie 研究報告最末指出未來若徵收 LNG 進口碳排放稅或開採碳費，將重新改變價格結構，並影響貿易市場，迫使出口商重新評估貿易策略及投資選擇，且對不同的參與者、進口國和出口國將有不同影響。

歐洲可能會接受對進口 LNG 徵收碳排放稅，導致天然氣市場價格上漲，同時加速尋求其他低碳替代品；亞洲主要天然氣進口國 (如日本、韓國等) 尚未探討課徵 LNG 進口碳排放稅，外界評估日、韓屬成熟已開發國家，較為重視國際減碳趨勢，後續可能會跟上歐盟徵收碳排放稅的腳步；亞洲新興市場的買家則對 LNG 價格具高度敏感性，可能不願意課徵碳排放稅，將導致全球 LNG 市場區分為課徵 LNG 進口碳排放稅的 LNG 溢價市場及免徵 LNG 進口

碳排放稅市場，其中溢價市場將使內部 LNG 需求下降，對於市場影響力亦會減弱。

未來碳排放量較低之 LNG 計畫 ( 如俄羅斯及加拿大 ) 將為最大受益於進口碳排放稅，透過瞄準溢價市場，提高交易獲利能力，且俄羅斯及加拿大離歐洲距離較近，更能提升價格優勢；對環境法規較嚴國家的 LNG 供應商 ( 如澳洲及美國 ) 為減少徵收進口碳排放稅及國內繳納的碳費，將促使供應商更提升推動去碳計畫投資。

依 Wood Mackenzie 分析指出若歐盟課徵 LNG 進口碳排放稅為每公噸甲烷排放徵收 100 美元 / 公噸 CO<sub>2</sub>e，有助供應商進行天然氣開採計畫投資決策前期 (pre-FID) 增加去碳投資，避免被課徵更多碳排放稅，惟目前去碳技術成本較高，如要產生更明確的實質影響，進口碳排放稅須徵收接近 200 美元 / 公噸 CO<sub>2</sub>e 的碳價，俾增強供應商投資 CCS 及選擇綠電 ( 供應 LNG 計畫用電所需 ) 的意願，達成減少碳排放的目的。

## 參考文獻

- 一、IEA(2024), “Global Methane Tracker 2024” ,IEA, 2024/04/19,<https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2024>
- 二、Clean Energy Regulator,Australian Government, “The Clean Energy Regulator is a Government body responsible for accelerating carbon abatement for Australia”
- 三、Theodore Reed-Martin, “Wood Mackenzie:Global LNG market could split if carbon tax imposed on imports” ,LNG Industry,2024/3/21, <https://www.lngindustry.com/special-reports/21032024/wood-mackenzie-global-lng-market-could-split-if-carbon-tax-imposed-on-imports/>
- 四、Massimo Di Odoardo,Gavin Law,Kateryna Filippenko and Daniel Toleman, “Call of duties :How emission taxes on imports could transform the global LNG market” ,Wood Mackenzie,2024/3/21,<https://www.woodmac.com/horizons/emission-taxes-could-transform-global-lng-market/>

- 五、World Bank, “ State and Trends of Carbon Pricing 2023 ” , 2023/5,  
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/58f2a-409-9bb7-4ee6-899d-be47835c838f>
- 六、Lewis McDonald,Reza Dadbakhsh & Eliza Eaton, “Decarbonisation of the LNG Supply Chain:challenges and the way forward” ,HERBERT SMITH FREEHILLS, Decarbonisation of the LNG Supply Chain:challenges and the way forward-Herbert Smith Freehills-Global law firmLewis McDonald,Reza Dadbakhsh & Eliza Eaton, “Decarbonisation of the LNG Supply Chain:challenges and the way forward” ,HERBERT SMITH FREEHILLS,Decarbonisation of the LNG Supply Chain:challenges and the way forward|Herbert Smith Freehills|Global law firm
- 七、European Commission, “Carbon Border Adjustment Mechanism” ,Taxation and Customs Union,Carbon Border Adjustment Mechanism-European Commission(europa.eu)

# 蕞爾小國卻是石油天然氣大國 —— 卡達積極佈局後化石能源時代

作者 高永謀

## 前言

全球液態天然氣市場卡達、美國、澳洲鼎足而立，互爭全球第一。論國土面積，美國、澳洲均為大國，卡達僅有 11532.5 平方公里、人口數不足 3 百萬，堪稱彈丸小國，能與之抗衡，可見天然氣礦藏之豐厚。然而面對日益洶湧的環保浪潮，卡達積極佈局後化石能源時代，將販售石油、天然氣累積的財富，進行各項投資，企圖成為「中東國家的新加坡」，在航空業、媒體業卓然有成，影響力與日俱增。

在全球能源產業，卡達具舉足輕重的地位，石油蘊藏量預估約 250 億桶，排名全球第 14，天然氣蘊藏量約 25 兆立方公尺，排名全球第 3，約佔全球總蘊藏量的 14%，實為得天獨厚。2021 年天然氣佔出口總額 51.9%，遠勝石化產品 8.6% 及原油 8%（出口國家前 4 大依次為中國、日本、印度、韓國，佔比分別為 15.5%、13.6%、12.8%、12.8%）。

## 一、烏俄戰爭下成為主要氣源國之一

俄羅斯全面入侵烏克蘭後，為抗衡歐洲國家的經濟制裁，大幅縮減天然氣出口量，導致全球氣價飆漲，不願再倚靠俄羅斯的歐洲國家，紛紛擴增自其他產氣國的進口量，其中卡達成為主要來源之一，並與之簽訂長期供應合約。

2022 年 11 月卡達能源 Qatar Energy 與德國 Uniper 及 RWE 水電公司簽訂為期 15 年合約，是歐洲國家首項長期供氣合約，該合約協議自 2026 年起，每年供應 200 萬噸液態天然氣，約德國 2021 年天然氣總消耗量的 3%，有助於降低對俄羅斯天然氣的依賴。

後相繼與法國、荷蘭、中國等國家簽訂 27 年的液態天然氣供應合約，時間長度超越之前所有長約。2023 年 10 月法國石油公司道達爾能源與卡達能源簽訂合約，自 2026 年每年交付 350 萬噸液態天然氣，直至 2053 年止。

在北部天然氣田關閉及俄羅斯縮減輸歐天然氣後，荷蘭便積極尋找新氣源。在道達爾能源、卡達能源簽約後不久，荷蘭殼牌石油公司與卡達能源公司

簽定合約，自 2026 年起每年輸送 350 萬噸液態天然氣。

中國為全球最大液態天然氣進口國，卡達能源於 2023 年 11 月起相繼與該國的中國石化集團及中國石油天然氣集團簽訂 27 年長約，協議每年分別供應 300、400 萬噸液態天然氣。

卡達政府估算，受烏俄戰爭影響新增的天然氣需求，至 2029 年約 40% 將由該國供應，2020 年時液態天然氣產量為 7700 萬噸，已穩居全球前 3 強，與澳洲、美國分庭抗禮，2021 年 2 月卡達政府宣佈啟動北方氣田開採計畫，預計自 2025 年第 4 季起量產，年產量可望提升至 1 億 1000 萬噸。

## 二、臺灣、印度、韓國及日本簽訂液態天然氣合約

我國在烏俄戰爭全面擴大前，已與卡達簽訂液態天然氣供應長約。2021 年 7 月臺灣中油公司與卡達能源簽署「液態天然氣買賣契約（SPA）」，協議自 2012 年起每年採購 125 萬噸之液態天然氣，為期 15 年。

印度、韓國兩大液態天然氣進口國，亦是卡達液態天然氣產業的重要客戶。近來韓國積極深耕中東國家市場，不僅已與卡達簽訂長期供氣合約，更參與液態天然氣船隊擴張計畫，已獲得 100 艘液態天然氣貨輪訂單。

同是液態天然氣進口大國的日本，未跟進簽訂長期供氣合約的行列。2021、2022 年日本與卡達多筆液態天然氣供應合約到期，決定簽訂供氣短約而非長約，原因之一認為待國際局勢漸趨綏靖後，氣價必定下滑，若簽訂供氣長約，將不符國家最佳經濟利益，再者卡達位於地緣政治風險甚高的地區，更在戰事頻繁的波斯灣內，為顧及能源安全和多元化，決定以澳洲、美國為主要氣源。

## 三、早期經濟產業概況

卡達於發現石油、天然氣之前，經濟命脈為採珠業（2022 年舉辦世界盃足球賽，代表隊的球衣即以珍珠白為主色，象徵不忘本），迄今首都杜哈依然是阿拉伯世界 3 大珍珠生產重鎮（另 2 個產珠重鎮為巴林首都麥納瑪與阿布達比的達馬島）。

18、19 世紀是採珠業最輝煌時期，曾被譽為珍珠中的精品，處於最頂峰。迨至 20 世紀初因長年過度開採、捕撈，產量逐年下滑，加上日本養殖珍珠異軍突起，從此輝煌不再，幸而 1939 年發現豐富可觀的石油礦藏，經濟從此有

新興命脈。發現石油礦藏後，受國際社會關注的程度雖大幅提升，卻也陷入更紛雜的角力。20 世紀 40 年代正值第 2 次世界大戰與戰後重建期，石油價格偏低，經濟並未受益，直到 50 年代全球經濟逐漸復甦後，才逐漸因石油致富。

#### 四、人均所得高居全球第 4

20 世紀 70 年代全球經濟加速發展，汽車、石化產業蓬勃興起，石油需求量激增，刺激卡達經濟飛躍式成長。此後 1973 至 1990 年間爆發 3 次石油危機，原油價格飆漲，卡達等產油國均受惠。

卡達為全球前十富有國家之一，人均所得超過 7 萬美元，為全球唯二不徵收所得稅的國家，依國際貨幣基金組織（IMF）2022 年估算，人均所得為 8 萬美元，名列全球第 4。

3 次石油危機後，各國紛紛發展核能、天然氣的相關應用，以降低對石油的依賴，卡達亦為受惠國之一，其天然氣礦藏位於北方氣田，面積約 9700 平方公里，約 6000 平方公里位於領海內，另 3700 平方公里則為伊朗所有；1971 年發現的北方氣田，為全球最大的「純天然氣田」，其儲量約佔全球 10%，亦是全球開採成本最低的天然氣氣田之一，預估尚能開採逾 100 年。2021 年生產的液態天然氣，佔全球液態天然氣總貿易量的 22%，出口至 25 個國家、地區；在銷售額中，亞洲市場佔 67.6%，歐洲市場佔 20.5%，未來亞洲市場的佔比，可望持續成長。

卡達最重要的國營企業，當屬跨足石油和天然氣探勘、開採、提煉、運輸、儲存的卡達能源，卡達能源部長兼任卡達能源總裁暨執行長（其前身為卡達石油公司），營業額約佔生產總值 60%，亦是全球儲量第 3 高的石油公司，更是全球液態天然氣的領導企業。

#### 五、致力收購歐美國家指標企業

卡達人口雖約 280 萬人，但僅有 30 多萬人為公民，其餘為僑民（非阿拉伯外國人）。因石油和天然氣帶來的豐厚收入，且公民數不多，讓政府有充裕的資金，進行廣泛而多元的投資，確保石油和天然氣礦藏枯竭後，保有強勁的國家競爭力。

1993 年成立卡達航空，強化首都杜哈作為國際航空轉運站的地位，迄今已開通逾 150 個城市的航線，航點遍及亞洲、歐洲、非洲、澳洲、北美洲及南

美洲，是國際知名航空公司之一，為服務不同語群的乘客，延攬各國空服員，因薪資相對優渥，引發熱議。

1996年成立半島電視台，出資者為王室擁有的半島媒體集團。除阿拉伯語頻道，尚開播英語、土耳其語、體育、兒童及公共政務等頻道，是伊斯蘭國家中最具影響力的媒體，常態收視人口超過1億人。

2008年政府揭櫫國家發展計畫「2030願景」，致力經濟多元化，以期躍升為區域經濟中心。為獲國際注目，不惜耗資承辦多項國際賽事，如2022年舉辦世界盃足球賽，成為第一個伊斯蘭國家和國土最小的舉辦國，雖球賽門票、觀光收益，遠比不上支出，卻讓其聲名大噪。據稱2022年世界盃足球賽耗資2200億美元，為史上最昂貴，然因財政寬裕，並未如舉辦奧運後的希臘，負債累累。

藉石油和天然氣致富的中東國家，無不積極投資歐美市場，卡達亦不例外，常藉歐美國家經濟巨幅衰退時，收購指標型企業。2005年創立卡達投資局，由該局籌組主權財富基金，負責對外投資、購買及併購，不僅收購知名的哈洛德百貨、春天百貨及巴黎聖日耳曼職業足球隊，還擁有多家大企業的股份，包括保時捷汽車、J森寶利公司連鎖超市、殼牌石油、福斯汽車、米拉麥克斯影業、巴克萊銀行、嘉能可等。

日前卡達主權財富基金與美國企業MSE達成協議，將以40.5億美元的價格收購5%的股權，若通過審核將成為華盛頓巫師3支職業籃球隊(NBA、WNBA、NHL)股東及第一個入股的國外主權財富基金。

## 六、合縱連橫維持國外勢力均衡

卡達雖是全球最富裕的國家之一，但仍是小國寡民，高度仰賴先進國家的技術與後進國家的人力，為刺激人流、物流、金流順暢流通，經濟政策以自由、開放著稱，外資企業一律適用10%的稅率，經濟自由度被評為中東地區亞席，僅次於阿拉伯聯合大公國。

卡達無獨力探勘、開採石油和天然氣的技術，只能藉助其他國家企業的力量，因善於合縱連橫之術，讓各國勢力均衡，不致一國獨大。技術合作對象遍及世界主要國家的能源企業，除道達爾能源、殼牌石油，還有美國的埃克森美孚及康菲、義大利的埃尼集團、中國的中石化。

卡達能源透過讓渡特定計畫股份的策略，以強化與其他國家能源企業的合作關係，如為擴大開採北方氣田南段，增加液態天然氣產能，指定道達爾能源為第一合作夥伴，給予 9.375% 股份、殼牌石油為第二合作夥伴，給予 9.3% 股份。

在和國際各方勢力合縱連橫之下，不曾想甫入 21 世紀，相繼與巴林、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國等國家發生爭端，各國更召回大使，表達異議；2017 年 6 至 8 月間巴林、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國、埃及、葉門等十國陸續與其斷交，約旦、尼日等 4 國與其降低外交關係。沙烏地阿拉伯等國更發動禁航、禁運等經濟制裁，除影響向外輸出液態天然氣，多條輸氣航線亦被迫改道，導致國際液態天然氣上揚，後經國際勢力折衝，2020 年方免於被完全孤立，此後積極發展與其他國家的貿易，彌補和交惡國家貿易量下滑之損失。

## 七、加入全球減碳、抗暖化行列

世界各國致力發展再生能源，除不願再受制產油國家，更因化石能源是造成地球暖化、氣候異常變遷、人類肺部疾病等元兇，若不降低使用量，不能避免災禍。卡達人均溫室氣體排放量，高居全球第 1 位，也飽受質疑、非議。之前波斯灣產油國對歐美主導的各項國際氣候公約不是消極以對，就是抵制不理，然而面對波濤洶湧的撻伐聲浪，不得不順應時代潮流，其中最先承認《京都議定書》是阿拉伯聯合大公國，後來卡達等國也相繼發表聲明支持，更與阿拉伯聯合大公國制定綠色建築法規，在波斯灣國家興建太陽能電廠時，亦不落於後，2022 年世界盃足球賽，各場館電力即由太陽能電廠供應，後續將提高再生能源使用比例，降低對天然氣發電的依賴，預於 2024 年佔比提高至 20%；多次公開允諾致力降低二氧化碳等溫室效應氣體的排放量，以對抗氣候異常變遷，包括擴大碳捕捉技術，逐步以氫氣取代天然氣。2021 年環境和氣候變遷部啟動國家級氣候變遷行動計畫，目標為 2030 年減少 25% 溫室效應氣體排放量，並將液態天然氣設施的碳濃度降低 25%。2022 年卡達能源與美國奇異公司簽訂備忘錄，引入碳捕捉設備，預劃 2035 年後每年捕捉 1100 萬噸，及將 Ras Laffan 工業城發展為全球碳中心，顯示面對後化石能源時代強大的企圖心。

## 結語

降低化石能源使用量，提高綠色能源比例，已是不可逆的時代潮流，在石油和天然氣生產國中，卡達是較願意正面迎合趨勢及調整能源政策的國家之一，在飽受質疑下，仍致力爭取舉辦國際環保、氣候會議，向世人證明減碳的決心。

不論經濟或政治卡達都力求動態平衡，期尋求國家的最大利益，可預見未來擴大生產天然氣和追求減碳兩者間，必定會想方設法達到平衡，利益均霑，互蒙其利。

## 參考文獻

- 一、行政院經濟部國際貿易署（卡達國家檔，2023年）。
- 二、中國輸出入銀行（卡達政經概況，2017年）。



# 欣泰石油氣股份有限公司

## 物料倉儲條碼管理

欣泰公司為提升物料管理效能，配合IT趨勢，自力開發軟體，採條碼管理，藉以提升作業效率及管理效能，進而達到節能減碳。



系統名稱: 欣泰石油氣股份有限公司

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M(已製)	N(已製)	O(已製)	P(已製)	Q(已製)	備註
AHE01GR	AHE01SR	AHE01BL	AHE01BR	AHE01GL	AHE01GR	AHE01HR	AHE01IR	AHE01JR	AHE01KR	AHE01LR	AHE01MR	AHE01NR	AHE01OR	AHE01PR	AHE01QR	AHE01RR	
AHE01SL	AHE01SR	AHE01EL	AHE01ER	AHE01GL	AHE01GR	AHE01HR	AHE01IR	AHE01JR	AHE01KR	AHE01LR	AHE01MR	AHE01NR	AHE01OR	AHE01PR	AHE01QR	AHE01RR	
AHE01UL	AHE01UR	AHE01GL	AHE01GR	AHE01HL	AHE01HR	AHE01IL	AHE01IR	AHE01JL	AHE01JR	AHE01KL	AHE01KR	AHE01LL	AHE01LR	AHE01PL	AHE01PR	AHE01RL	
AHE01DL	AHE01DR	AHE01EL	AHE01ER	AHE01GL	AHE01GR	AHE01HL	AHE01HR	AHE01IL	AHE01IR	AHE01JL	AHE01JR	AHE01KL	AHE01KR	AHE01LL	AHE01LR	AHE01RL	
AHE01LL	AHE01LR	AHE01EL	AHE01ER	AHE01GL	AHE01GR	AHE01HL	AHE01HR	AHE01IL	AHE01IR	AHE01JL	AHE01JR	AHE01KL	AHE01KR	AHE01LL	AHE01LR	AHE01RL	AHE01RR

- 物有定位
- 即時列帳
- 精準發料
- 隨時盤點
- 掌控存量
- 節能減碳

材料編號	品名規格	庫存數量	預扣總數	可用數量	已訂未交	可能不足數	已請未訂
ACCOV0001	VI管件止水填縫膠, 300ML/支, 3AA	480	674	-194		-194	300
ACCJF0050	PVC防蝕貼布, 0.4mmx50mmx10m, 3AA	533	148	385	3060	3445	4
ACCJZ0050	自融式防蝕膠帶, 0.4mmx50mmx10m, 3AA	321	108	213	3110	3323	
ACCOJ0001	防蝕劑, 一罐1公斤, 3AA	17	14	3		3	1

欣泰石油氣股份有限公司 新北市土城區中華路二段221號 電話:02-8075-3600

廣告

# 從歐盟甲烷法案解析對全球天然氣發展之影響

作者 徐瑋成

## 前言

淨零排放（Net Zero）自 2015 年底全球通過巴黎協議（Paris Agreement），一直為因應氣候變遷（Climate Change）及減少溫室氣體（Greenhouse Gas）排放的關鍵課題，諸多國家皆推動溫室氣體減量目標，並大力發展再生能源，逐步降低對傳統化石能源的依賴度，不論是透過政策工具、淨零目標入法，搭配眾多配套措施，以多管齊下的方式，達到淨零排放路徑圖（Roadmap）的階段性目標和里程碑。

巴黎協議通過 9 年後，歐盟委員會於 2024 年 5 月底正式通過《歐盟甲烷法案（EU Methane Regulation）》，法規中載明要求歐洲傳統化石能源產業（包含煤炭、石油和天然氣等）需依最高監測標準測量、監測、報告甲烷排放量，並推動相關措施減少碳排放量。

法案的通過顯示歐盟堅決達成淨零排放目標，但同時加重傳統能源產業的營運成本及負擔。甲烷和二氧化碳均為溫室氣體，且其排放的影響程度更甚，而煤炭、石油和天然氣在生產過程（探勘、採取）、運輸至最消費終端的使用（作為燃料或原料）所排放的甲烷，皆會加劇氣候變遷的情勢。

甲烷法案規範 2030 年起歐盟將對歐洲石油和天然氣進口實施排放限制，透過法規的訂定，以強制力驅動國際能源供應商減少排放量。為達到歐盟規範，天然氣生產商及進口商未來需加強對溫室氣體排放的量測、報告與確認（Measure, Report, Verify, MRV），透過確實執行 MRV，達到實質減量目標，過程中尚需導入減碳技術（CCUS、開採技術、降低氣體燃燒等），在生產、運輸、使用的過程中減少排放，此舉表示相關業者將投入更大的資金及人力，以符合規範，達到長遠的淨零願景。

歐盟訂定甲烷排放法規預期對天然氣產業造成一定程度的影響及衝擊，本文從法案制定探討對全球天然氣產業的發展與影響。

## 一、歐盟甲烷法案概述

### (一) 歐盟甲烷排放管制政策的推動歷程

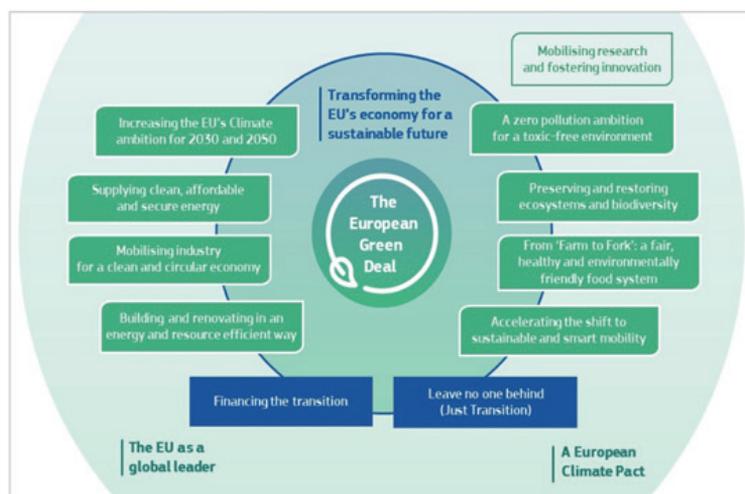
#### 1、歐盟推動《歐盟綠色協議》，盼實現 2050 碳中和願景

歐盟為實現歐洲大陸的淨零排放願景和達成碳中和的雄心目標，2020 年執委會提出《歐盟綠色協議 (The European Green Deal)》宣示 2050 年達成淨零排放的目標，將氣候變遷及環境變化的挑戰，透過推動碳中和的諸多措施，達到綠色轉型願景。

《歐盟綠色協議》涉及的層級相當廣泛，從眾多面向並進推動，在針對各產業的政策：如交通部門推動智慧交通、採用永續燃料；工業製造業推動工業策略、循環經濟措施（尤以能源、資源使用密集度高的行業）；農業部門提出改善牲畜的養殖方式（包含飼料改良、糞便管理等），降低畜牧養殖造成的甲烷排放。除針對產業的行動規範及指引外，同時推動廢棄物廢水污染處理、維持生物多樣性、公民參與等方式，達到能源、資源的有效使用。

《歐盟綠色協議》制定後，相關的規範與配套制度亦隨之推行，包含《歐洲氣候法 (The European Climate Law)》規劃 2050 年溫室氣體淨零排放目標入法；《能源稅指令 (Energy Taxation Directive)》透過稅務的方式，強化能源的使用和管制；增強淨零排放目標執行的力道，要求會員國提出國家能源和氣候計畫 (National Energy and Climate Plans) 遠程 10 年規劃 (2021-2030 年)，涵蓋自提貢獻量、擬定能源政策、設立路徑目標等，並定期受歐盟監督及檢視是否達成目標 (如圖 1)。

圖 1 《歐盟綠色協議》總體架構示意圖



資料來源：European Commission。

## 2、歐盟通過甲烷戰略，促進會員國降低甲烷排放量

除上述所提規範和措施外，對甲烷排放管制的領域亦提出因應措施。2020年通過《歐盟甲烷戰略（EU Methane Strategy）》，設立管制目標及期程，並在相關措施的實施下，逐步降低排放量，規劃2020-2030年間減少約23%，進一步於1990-2030年間減少達55%。

《歐盟甲烷戰略》的推動旨在期望歐盟會員除控管二氧化碳排放外，並對溫室效應影響更大的甲烷進行管制，進而提高碳中和成效。戰略中歐盟針對甲烷排放量較大的領域，包含能源部門、農業部門及廢棄物管理制定相關行動規範，敘述如后：

(1) 能源部門：石油和天然氣甲烷排放管制如下：

- a、強制測量、報告與驗證（MRV）。
- b、強制定期洩漏檢測與修復（Leak Detection and Repair, LDAR）。
- c、禁止通風與常規性燃燒。
- d、對於關閉或廢棄資產（包括油井、礦井）準備資產的清單、測量排放量，及採取減少排放計畫。
- e、對於歐盟化石能源進口，進口商提供歐盟以外甲烷排放監測、測量與減碳活動的資訊，以建立出口國及外部運營商的甲烷強度概況。
- f、建立甲烷透明度資料庫。

(2) 農業部門：

- a、提高畜牧產業的生產力（包含飼料改良、糞便管理等），以減少飼養及投入，降低甲烷排放。
- b、將牛隻納入《工業排放指令（IED）》管制範圍，並降低豬隻和家禽農場規模的門檻。
- c、「從農場到餐桌戰略（Farm to Fork Strategy）」建立永續的糧食供應系統，避免過度及浪費。

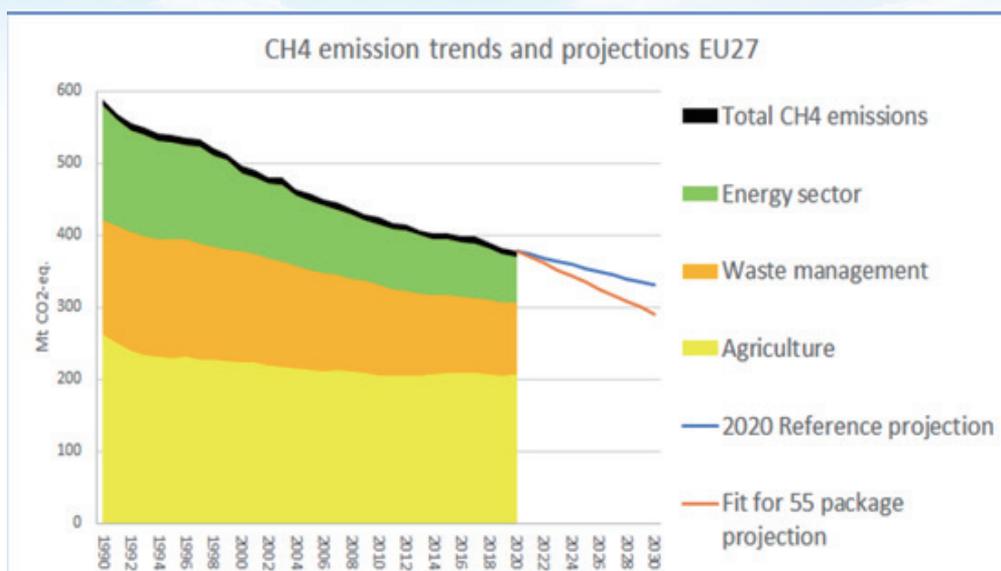
(3) 廢棄物領域：

- a、制定廢棄物管理法案《修訂（廢棄物框架指引）》，加嚴廢棄物管制。

- b、訂定《垃圾掩埋場指令》，要求業者將掩埋場產生的氣體用於發電或作為燃料（如回收沼氣）。
- c、修訂《城市污水處理指令》，增加污水處理的沼氣捕獲，並減少處理廠的能源使用（消耗）。

歐盟期望能源部門、農業部門與廢棄物領域落實甲烷減量及管制措施，透過會員齊力共襄盛舉，堅定執行力道，達到減量目標，相關排放降低之趨勢如圖 2：

圖 2 歐盟甲烷排放趨勢



資料來源：European Commission。

## (二) 歐盟甲烷規範之管制內容

2020 年《歐盟甲烷戰略》通過以來，隨著時間的推移，全球淨零排放腳步逐漸的加快，為確實達成 2050 年設訂的碳中和願景，能源部門 2023 年 12 月對甲烷排放減量提出新的法規臨時協議，內容敘述如后：

- 1、對源頭排放（包括非營運資產）的強制性測量、報告與驗證要求依條文規範，企業需在經營性資產的 18 個月內、非經營性資產的 30 個月內提交報告，其中包括的資訊如下：
  - (1) 排放源類型和位置。
  - (2) 每種詳細排放源類型的數據，以甲烷噸數及二氧化碳當量噸數報告。

- (3) 有關量化方法的詳細資訊。
  - (4) 營運資產的所有甲烷排放量。
  - (5) 所有權份額和非經營資產甲烷排放量乘以所有權份額的資料。
  - (6) 對非經營性資產具有經營控制權的實體清單。
- 2、對所有石油和天然氣設施的設備進行強制洩漏檢測與維修（LDAR）。
  - 3、禁止石油和天然氣領域的常規放空及火炬燃燒，並限制在不可避免的情況下（存在安全隱患或設備故障時）進行非常規放空及火炬燃燒。
  - 4、石油、天然氣和煤炭產業有義務完成關閉、閒置、堵塞及廢棄資產的清單、排放監測、緩解計畫。
  - 5、2027 年起限制動力煤礦的通風，2031 年起實施更嚴格的限制。

此外法案尚包含一系列提高透明度及對進口石油、天然氣和煤炭的甲烷排放採取行動的措施如下：

- 1、建立進口商與歐盟業者報告排放量的公共甲烷透明度資料庫。
- 2、創建國家與企業甲烷性能概況，供進口商使用。
- 3、實施全球甲烷排放者監測系統與超排放事件快速警報機制，包括世界各地有關此類事件的規模、位置及復發情況的數據。委員會有權要求即時提供相關國家因應此類事件所採取行動的資訊。
- 4、2027 年 1 月起石油、天然氣和煤炭進口合約要求出口商遵守與歐盟生產商相同的 MRV 要求，逐層考慮各種來源、過程及場地條件。

歐盟 2024 年 4 月針對法案進行投票，最終通過能源部門甲烷排放的新法律臨時協議，同年 5 月正式宣布通過《歐盟甲烷法案》，法案的通過不僅歐洲國家的天然氣產業受影響，同時也連帶全球天然氣供應商（包含上游開採與下游出口），預期對歐盟實現 2050 碳中和目標起一定程度的作用，且對全球天然氣產業造成衝擊，甚至影響未來的市場發展走向。

## 二、《歐盟甲烷法案》實施對天然氣產業之衝擊

昔日歐盟推動《歐盟甲烷戰略》時，即針對能源、農業部門和廢棄物管理提出管制與檢視的行動方案，而《歐盟甲烷法案》的通過，鎖定能源部門的甲烷排放管制及 MRV；以往溫室氣體減量多聚焦於二氧化碳，然而甲烷是繼二氧化碳導致氣候變遷的溫室氣體，且於大氣中捕獲的熱量甚至比二氧化碳高。

依歐盟官網資訊在 100 年的時間基準上，甲烷的全球暖化潛力為二氧化碳的 28 倍，若以 20 年的時間基準，則為二氧化碳的 84 倍，顯見對氣候變遷造成影響的衝擊力。目前已知全球 60% 甲烷排放量由人類活動所造成，其中約三分之一來自能源部門，因此新法案特別針對能源部門加強甲烷排放的管制有其必要性。

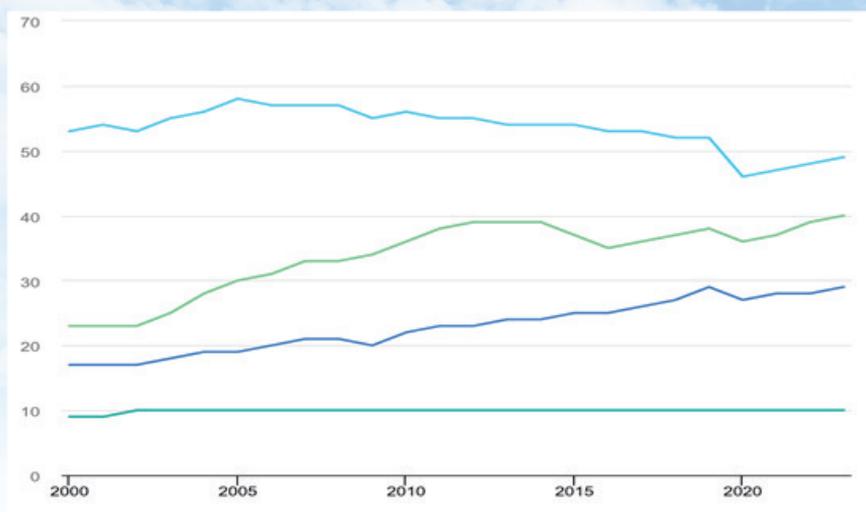
### (一) 全球溫室氣體（含甲烷）排放現況

#### 1、現今全球甲烷排放量仍維持 Covid-19 疫情前的高水平

依國際能源署（International Energy Agency, IEA）的全球甲烷追蹤資訊（Global Methane Tracker）研究顯示 2023 年全球能源產業排放量仍接近歷史最高水平，估計 2023 年化石燃料的生產與使用導致近 1.2 億噸排放，另外的 0.1 億噸排放量來自生質能源；觀察近幾年數據，全球甲烷排放量 2019 年達到歷史新高，雖然 2020 年全球經歷 Covid-19 疫情，致生產及經濟活動大幅減少，溫室氣體排放大幅降低，但疫情緩解後，排放量仍持續 2019 年的水平，雖然甲烷排放量仍處於高點，但由於化石燃料供應持續擴大，顯示全球平均甲烷產生強度在此期間略有下降。

然而 IEA 依甲烷追蹤數據的分析結果，對其排放的未來走向表示擔憂，雖說各國政府及傳統能源企業皆承諾對減量與管制採取行動，但各類研究報告總和的估算結果，顯示部分地區的排放量確實在下降，然而全球總體排放量卻仍過高，在此趨勢下，IEA 擔憂恐無法實現全球碳中和目標（如圖 3）。

圖 3 全球甲烷排放走勢（2000-2023）

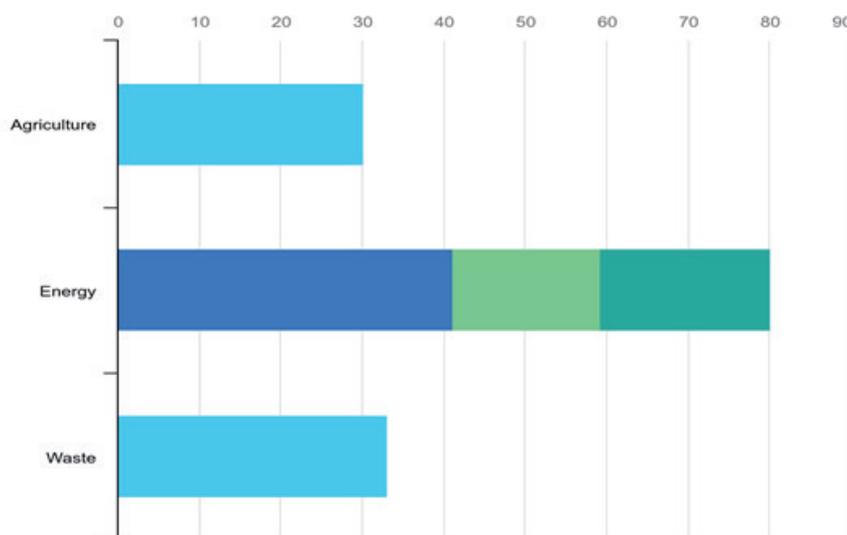


資料來源：IEA。

## 2、降低化石能源的甲烷排放量，將是減少溫室氣體的關鍵

如前所述能源部門占全球人類活動造成的甲烷排放約總量三分之一（如圖 4），因此減少化石燃料的排放，在短期內是大幅降低排放量的關鍵措施與重要課題。依 IEA 的估計數據，若全球透過部署已知的既有技術（如 CCUS），預期每年可免約 8,000 萬噸化石燃料的甲烷排放，而且在既有的技術下，降低排放的負擔成本尚在可接受的低成本範圍內。

圖 4 全球甲烷排放結構



資料來源：IEA。

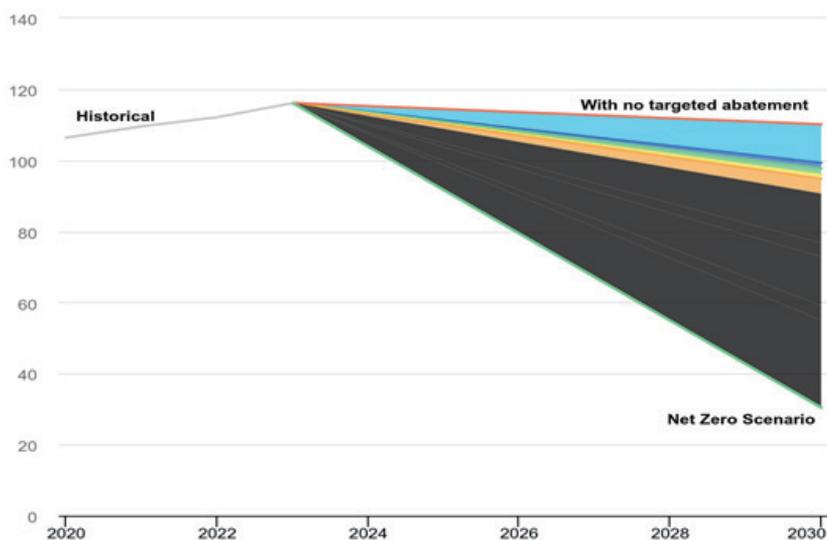
依 IEA 提出的 2050 年淨零排放情境（Net Zero Emissions,NZE），全球能源產業在 21 世紀中葉實現淨零排放、氣溫上升限制在 1.5° C，而 2030 年時因化石能源活動所產生的甲烷排放量將減少約 75%，然而即使化石燃料的使用開始下降，還是有必要採取有針對性的措施，以減少甲烷排放，因為僅減少化石燃料需求，不足以實現淨零目標。

2023 年 11 月 COP28 氣候高峰會參與國共同做出一系列加速甲烷排放管制的新承諾，其中一項關鍵里程碑為 2030 年大幅減少甲烷排放，新會員國亦紛紛參與承諾，並規劃投入資金，減少甲烷及二氧化碳以外的溫室氣體，同年美國、加拿大、歐盟等國家制定或宣布大量有關甲烷的新政策和法規，而中國大陸則發布專門針對甲烷排放控制的行動計畫。

綜上所述 IEA 依迄今為止各國政府與企業所制定的有關甲烷排放管制的政策和承諾，如均能全面且按時執行與兌現，至 2030 年化石燃料產生的甲烷排放量將減少 50%。

將上述的情境數據對照 IEA 的 NZE，2030 年估計甲烷的排放量降幅仍至少有 25% 的差距（如圖 5），然而各國政府與企業所提出的行動方案或承諾尚未有詳細計畫，更遑論政策及法規（強制力）的支持。

圖 5 依既有政策與承諾之甲烷排放減量未來走向



資料來源：IEA。

雖然目前溫室氣體減量的幅度仍與理想中的程度有一段距離，惟 2023 年 COP28 的承諾及 2024 年歐盟通過《歐盟甲烷法案》，均顯示各國對達成碳中和的執行信心和宣示效果，同時認知降低化石能源的使用，將是減少甲烷排放無可避免的課題，而天然氣順理成章成為法案通過下的焦點對象。

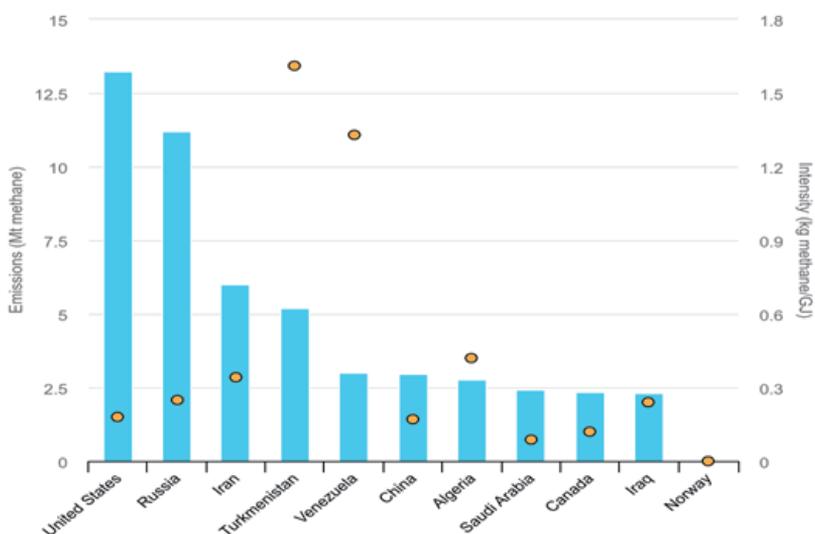
## (二) 法案通過預期增加天然氣產業的營運與開發重擔

### 1、全球甲烷排放量呈現過度集中化的情勢

傳統能源如煤炭、石油和天然氣從源頭的生產作業至終端的使用階段都會有甲烷排放，而全球因化石燃料產生的甲烷排放量呈現集中化情勢，且與傳統能源消費大國具高度關聯性，如美國為全球最大的天然氣生產及消費國家，甲烷排放量居全球第一，而第二大的俄羅斯同時為全球第二大天然氣生產國，此外包括中國大陸、阿爾及利亞、伊朗、土庫曼等國，同樣為煤炭或石油生產大國，在全球甲烷排放亦具極高的占比。

依據 IEA 的統計資訊，2023 年全球將近 1.2 億噸的排放量和化石燃料有關，其中約 0.8 億噸來自全球十大甲烷排放國，而化石燃料產生的甲烷排放量近 70% 來自前 10 名的國家。2023 年全球化石燃料作業中的甲烷損耗量為 1,700 億立方公尺，甚至超過卡達的天然氣產量 (如圖 6)。

圖 6 全球主要甲烷排放國家與甲烷排放強度



資料來源：IEA。

## 2、甲烷法規預期增加天然氣供應商的營運成本

針對天然氣的部分探討《歐盟甲烷法案》的內容，主要可歸納為幾個議題，包括強化天然氣的 MRV、天然氣生產時的甲烷洩漏管制及對於進口天然氣的甲烷排放透明度，法案中有兩項關鍵的時間點，分別為對所有歐盟境內營運商實施新的 MRV 規則，旨在提高排放報告的準確性與可靠性，預計 2027 年 1 月起將適用於進口天然氣；另外歐盟規劃自 2030 年起設定最大甲烷強度值，以限制天然氣進口允許的排放量。

此法案首當其衝的為天然氣生產商，如果將天然氣的生產作業結構區分，可分三層：上游 -- 天然氣生產（包含探勘、開採、抽取等）；中游 -- 天然氣輸送（包含管線的運輸、LNG 船舶運輸至接收站卸收）；下游 -- 天然氣的終端使用（發電、原料使用）。觀察法案中有關天然氣的甲烷排放管制，明顯聚焦於天然氣上游的部分（如 LDAR），因天然氣在開採及生產過程，會造成天然氣的逸散，或是生產過程中天然氣燃燒，皆會導致甲烷排放，雖然天然氣的逸散並非僅發生在生產階段，在運輸或天然氣接收站卸收時亦會產生，但生產階段的排放仍是大宗。

歐盟希藉強化 MRV 達到確實監督與管控天然氣的全般生產行為，此外非僅針對營運中的資產（如氣田、鑽探平台），閒置中（未生產）及廢棄（停止營運）的天然氣均納入管制，顯見歐盟的管制強度，並期望透過資產擁有者（如天然氣生產商、供應商）定期維修或維護，避免天然氣逸散（洩漏）等產生的排放行為。

溫室氣體排放量的監控與數據統計，高度仰賴全球的政府及能源企業 MRV 的投入，惟 MRV 為極其龐大的工程，就測量而言，為能確實捕捉甲烷排放的數據，需裝設足夠數量及一定範圍的感測器，且要有一定的靈敏度，才具備量測效果。此外為有效測量和蒐集數據，量測系統的自動化、智慧化同為關鍵；有關報告的部分，需將量測後數據資料進行綜整與分析，才能產出甲烷排放的結果；最後驗證的部分，產出

的報告大部分經第三方的驗證機構依驗證標準進行驗證，主流的驗證標準（認證組織）在國際上如聯合國清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）、黃金標準（Gold Standard, GS）和 Verified Carbon Standard（VCS），走過最後的驗證階段後，才完成整個天然氣的生產或其他作業階段中甲烷排放的證明。

無論是 MRV、氣田資產的維修與管理、針對 LDAR 做出的設備維護或技術創新，上述任何措施均增加天然氣供應商的投入資金和營運成本，然而在法規的規範下，未來若無法達到規範要求，預期要面臨罰鍰或其他的懲罰機制（關閉器填或停止營運）。在營運成本上升的情勢下，供應商是否會考量將因應法規產生的成本，逐漸轉嫁至其他方面（如消費者）以吸收成本，進而使價格上升，同樣為市場後續需關注的課題。

### 3、法案通過後天然氣產業預期將面臨的挑戰課題

自 1990 年代以來歐盟各個部門的甲烷排放一直在減少，但由於化石燃料進口的依賴性增長，引發對進口排放量的關注，因此《歐盟甲烷法案》的通過，在一定程度上補強氣候變遷政策中的一塊管制拼圖。

《歐盟甲烷法案》對天然氣供應商而言同樣為巨大的考驗，雖然以實務考量而言，天然氣是歐洲電力、住宅（供熱）、工業領域的重要的燃料來源，且歐盟迄今尚有烏俄戰爭的難解問題，透過逐步降低俄羅斯管線天然氣（PNG）及提高 LNG 進口量，以填補供氣量的缺口，因應上述情勢，在懲罰機制歐盟應不至於在甲烷排放量不符合管制標準時，採取禁止供應或進口的情勢，而是僅用罰款的方式，否則不但影響天然氣供應，進一步波及電力供應和經濟活動的發展。

此外法案針對所有供應商實施新的 MRV 規則，用意在於提升甲烷排放報告的精確性及可靠度。2027 年 1 月起標準適用進口產品，歐盟需評估其他國家的 MRV 法規是否與其具備相同或更大的強度為重要課題。有鑑於各國監管制度和機構的差異，制定 MRV 等效性的規則將具挑戰性。不過依目法案內容

有關上述課題尚未有較明確的定義和說明，如 MRV 等效性的定義及標準，攸關天然氣供應商的後續因應作為，且為必須提供的資訊，截至目前仍具相當大的不確定性。

《歐盟甲烷法案》甫通過，為使天然氣產業在後續行動或措施的投入更有所依循，預期會陸續公布相關資訊，距 2027 年雖尚有 2 年多的時間，惟無論是 MRV、LDAR、氣田資產的管理與維護，皆需投入大量金錢及時間成本，即早公布產業所關心的細節資訊（如定義、標準、規格、罰則等）讓業者不致無所適從，才能逐步順利達成碳中和目標。

另外歐盟經由法案的通過，驅使天然氣供應鏈的企業接受與遵循測量基準，MRV 將發揮關鍵作用，在天然氣供應鏈的訊息方面，過往呈現揭露不足的情勢，而本法案其中一項為資訊的公開透明（如資料清單、甲烷透明度資料庫等），因而在法案的驅使下，或許能大幅度消除此行業資訊較不公開透明的情形。

### 三、從 LNG 進出口層面探討對天然氣市場的影響

#### （一）全球 LNG 市場貿易現況

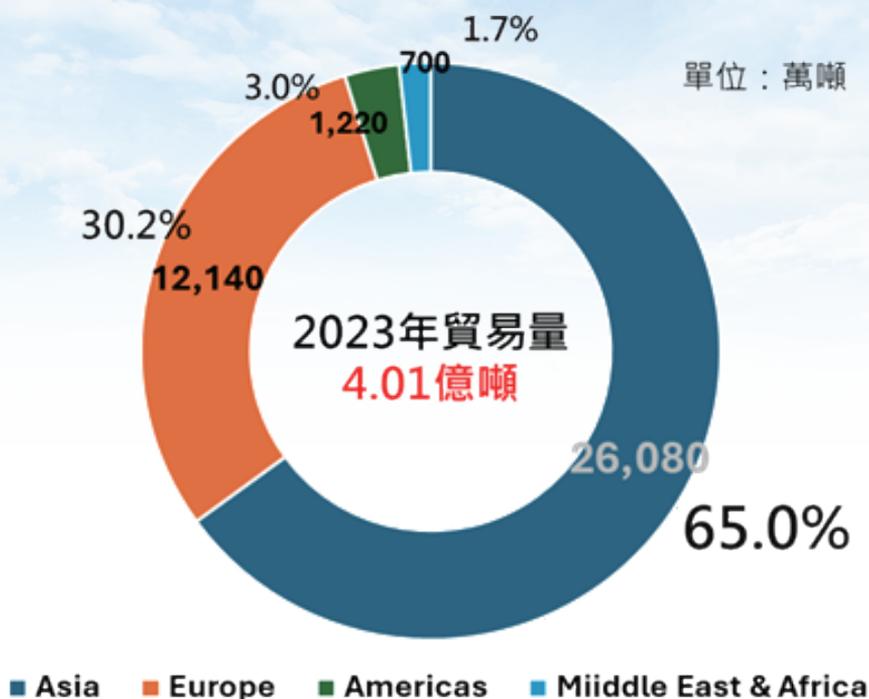
《歐盟甲烷法案》非僅影響歐盟境內會員國，對於主要供應歐洲市場的天然氣供應商而言，是為亟需解決的課題。過往歐洲的天然氣供應結構以俄羅斯 PNG 為大宗，但在烏俄戰爭後大量進口 LNG 成為歐盟因應 PNG 減少的必要措施，因而國際 LNG 出口商未來除持續供應歐洲外，也必須對法案開始著手相關措施。

綜觀 2023 年的全球 LNG 市場，依天然氣進出口組織 GIIGNL 的統計資訊，貿易量達 4.01 億噸，相比 2022 年增加 800 萬噸，年增幅為 2.1%，目前最大的亞太市場（占比約 65.0%）其進口量增幅為 2.8%，主要來自中國大陸及亞太新興市場的貢獻（印度、泰國、孟加拉等），反觀傳統的東北亞進口大國（如日本、韓國）均呈現下降趨勢，歸因於考量再生能源轉型和增加核能發電配比，致使天然氣需求降低。

歐洲為全球第二大 LNG 市場（占比約 30.2%），自 2022 年烏俄戰爭後進口量快速增長，致使 2021-2022 年呈現巨幅成長（年增

長幅度近 6 成），惟進入 2023 年進口量相對 2022 年則呈現持平的狀況，其中 2023 年 LNG 進口有明顯成長的國家為德國、荷蘭、義大利等國（如圖 7）。

圖 7 全球 LNG 貿易總量與占比結構（2023 年）



資料來源：GIIGNL，本文繪製。

## （二）全球主要 LNG 出口國在法案下的影響

從 LNG 出口端的角度，美國在近幾年出口商呈現爆發性成長，尤其 2021-2022 年間，2022 年出口量達 7,544 萬噸，年增幅 12.6%，相比澳洲下降約不到 1%，卡達增加約 2.7%，在烏俄戰爭的因素下，有顯著出口成長動能，2023 年更進一步擴大出口量，達 8,450 萬噸，年增幅達 11.8%，並在當年度超過澳洲（第二）及卡達（第三），成為全球第一大出口國（占比達 21.1%），穩居全球霸主地位，預期後續新產能和出口廠啟用，將再進一步成長。

法案針對歐盟的進口商及出口至歐洲市場的供應商，要求進口商建立有關天然氣甲烷排放的資料庫，對出口至歐洲的供應商要求建立同等強度的 MRV 標準，因而從全球 LNG 出口的角度而言，

現行前五大出口國分別為美國、澳洲、卡達、俄羅斯、馬來西亞（如表 1），其中澳洲、馬來西亞 LNG 出口目的地主要以亞太市場為主（皆未有出口至歐洲市場），如傳統的東北亞國家（中、日、韓）和新興市場（印度、中國大陸、東南亞），其他出口國家如美國、卡達及俄羅斯，仍有一定的數量出口至歐洲地區，以下針對上述三個國家進行探討，並提出觀點。

表 1 全球前五大 LNG 出口國市場流向概況 (2023 年)

Unit : MT	United State	Australia	Qatar	Russia	Malaysia
ASIA	21.1	79.4	59	16.9	26.6
EUROPE	56.6	0	15	14.4	0
AMERICAS	6.1	0	0.1	0.1	0
MIDDLE EAST	0.7	0.1	4.1	0.1	0.1
Total	84.5	79.6	78.2	31.4	26.8

資料來源：GIIGNL，本文整理。

### 1、美國：

上述國家在近幾年中，尤以美國的出口流向轉變最為明顯，自 2016 年起自本土出口 LNG 後，以亞太市場為主要目的地，然而在烏俄戰爭後，大幅轉向歐洲地區。2022 年始歐洲地區成為最大出口區，並延續至 2023 年。2023 年約 5,660 萬噸出口至歐洲地區，占比約 67%，亞太地區占比約 25%。同時成為歐洲最大的進口來源，2023 年進口總量約 47%。基於和歐盟的能源協助協議與商業考量，歐洲地區未來幾年內預期仍是最大的出口目的地。

如同前述所提，美國以歐洲地區為主要出口目的地，未來出口至歐洲將受《歐盟甲烷法案》的規範，尤其是需建立等同歐盟強度的 MRV 系統。MRV 系統的建置範圍廣泛，以美國 LNG 出口而言，除出口供應商（如 Sabine Pass、Corpus Christi 等）需建置出口廠 MRV 系統與流程，以掌握甲烷排放量，此外尚需考量原料氣（Feed Gas）的生產及管輸。

以美國 Sabine Pass 出口廠為例，LNG 液化的原料氣大多來自鄰近的頁岩氣田，包括德州及路州 Permian Basin、Eagle

Ford、Hayneville 等地，上述地區的生產氣源亦需建立系統性的 MRV 和資產的管控維護，而從氣田透過天然氣管線輸送的過程中，同樣要進行甲烷排放的監視與管控，經由全盤天然氣供應鏈流程監控，才能達到歐盟管制要求及碳中和目標，此舉顯示無論美國 LNG 出口商、天然氣生產商、天然氣管輸業者都需花費大量資金投入 MRV 系統的建立，以符合管制目標，順利出口至歐洲地區。

## 2、卡達：

相對美國而言，卡達在 LNG 出口流向中，仍以亞太地區為大宗（占比約 75%），歐洲地區為第二大出口市場（占比約 19%）。在歐盟因應俄羅斯 PNG 逐步降低的策略規劃中，LNG 的進口具備至關重要的地位，除美國外，卡達同樣在其藍圖規劃中。亞太市場一直為全球 LNG 重鎮，同時為卡達的最大出口目的地，但亞太市場在東北亞國家（尤其日、韓）的進口量有逐年下降的趨勢，而對 LNG 需求迫切的歐洲市場，預期將會逐漸以其為未來的目標市場，並搭配已進行的氣田及出口廠產能擴增計畫，亦面臨與美國相同的課題，因應法案在氣源生產、運輸和出口過程的 MRV 系統建置、資產維護、技術設備的創新等投入大量資金，以符合歐盟碳中和願景。

## 3、俄羅斯：

俄羅斯雖然在 PNG 降低對歐洲市場的供應（主導者為國營 Gazprom），但反觀在烏俄戰爭下，LNG（主導者為民營 Novatek）仍大量輸往歐洲市場，且在 2022-2023 年間呈現微幅增長。俄羅斯 LNG 相對 PNG 而言，在歐洲市場呈現截然不同的樣態，且未有被抵制和制裁的跡象。

歐盟為完全擺脫對俄羅斯天然氣的依賴及控制，預期推出新一波的抵制手段，委員會於 2023 年 5 月提議對俄羅斯的 LNG 產業實施制裁，內容主要針對 LNG 重新出口（Re-Export）和包括規劃禁止歐盟參與俄羅斯即將實施的 LNG 計畫（如 Arctic LNG 2），此項提案主要為大幅限制俄羅斯 LNG 產能的擴張，進而限制其能源收入，同時達到降低投資與

依賴，其中較為關鍵的是制裁，惟不會直接禁止歐盟會員國自俄羅斯進口 LNG，以保障現行天然氣的穩定供應。雖然上述措施顯示對俄羅斯出口 LNG 至歐洲未有影響，但可視為抵禦俄羅斯的階段性目標，之後應會陸續推出更嚴格的管制規範（如禁止 LNG 進口）。

俄羅斯在現行歐美列強抵制的局勢中，已找到新的突破口，以 PNG 為例，透過新設立的天然氣管線，把 PNG 輸往中國大陸，有效轉移出口流向，而面對歐美抵制 LNG 及後續可能發生無法出口至歐洲的可能性，已將未來出口流向鎖定亞洲市場，擴增的出口產能預期會以亞洲市場（尤其中國大陸）為主軸。若未來俄羅斯的 LNG 出口發生轉變，《歐盟甲烷法案》的規範和要求對其影響較小，實際上仍視俄羅斯出口商的後續策略方針。

## 結語

歐盟 2024 年通過《歐盟甲烷法案》，可視為自 2015 年巴黎協議以來淨零轉型的新里程碑，同時亦宣示歐盟實現碳中和目標及打造綠色歐洲大陸的淨零願景。

綜觀法案內針對能源部門甲烷排放的部份，明顯將 2020 年《歐盟甲烷戰略》目標及管制內容進行升級，確定相關的推動時程節點。在 2027 年歐盟境內的天然氣供應商和出口至歐洲的國際天然氣出口商，皆需符合歐盟設置的 MRV 規則，因此法案影響的範圍不僅歐盟而已，將進一步拓展至全球，連帶國際間的 LNG 出口國（如美國、卡達等）均受影響，並為主要的衝擊對象。

預期法案通過後可透過各類管制措施，逐步實現歐盟的碳中和願景，但亦顯示無論歐盟國家或國際出口商皆需耗費更多投入資金及時間成本，以符合規範，避免遭受懲罰。

未來 LNG 出口國是否響應歐盟法案，進一步強化碳中和政策管制及加嚴溫室氣體排放的稽查，或建立國家級系統性的 MRV，將是未來 1-2 年的國際市場觀察重點，此外因應法案所衍生的負擔和營運成本，是否逐漸轉嫁至市場，進一步影響區域與全球天然氣價格，為天然氣產業需持續關注的課題。

## 參考文獻

- 一、CSIS(2024/5),EU Methane Rules:Impact for Global LNG Exporters.
- 二、EU(2024/5),New EU Methane Regulation to reduce harmful emissions from fossil fuels in Europe and abroad.
- 三、EU(2024/4),Methane:Parliament adopts new law to reduce emissions from energy sector.
- 四、EU(2023/11),Fit for 55:Deal to boost methane emission reductions from the energy sector.
- 五、EU(2020/10),Reducing greenhouse gas emissions:Commission adopts EU Methane Strategy as part of European Green Deal.
- 六、GIIGNL(2024/6),The LNG industry GIIGNL Annual Report 2024.
- 七、IEA(2024/6),World Energy Investment 2024.
- 八、IEA(2023/11),The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions.
- 九、IGU(2024/4),Wholesale Gas Price Survey 2024 Edition.
- 十、OIES(2024/6),Analyzing the EU Methane Regulation:what is changing,for whom and by when?
- 十一、Oil Price(2024/6),Europe's Shift from Russian Gas to Pricey LNG.
- 十二、Oil Price(2024/6),Qatar's Huge New Long-Term LNG Contracts Are Crucial for Both China and the West.
- 十三、Oil Price(2024/5),EU Proposes First Batch Of Sanctions On Russian LNG.
- 十四、Reuters(2024/5),EU approves law to hit gas imports with methane emissions limit.

# 天然氣工業燃料用途市場展望

資深石化人 謝俊雄

## 前言

為因應地球暖化導致之氣候變遷，帶來地球環境愈趨嚴厲之惡化，本世紀以來有識之士除大聲疾呼外，並期儘速發掘有效之因應策略，經專家學者全面探討，在於經濟發展與人們生活水準之提高，大量消耗化石燃料，衍生巨量溫室氣體，尤其是二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 大量排放，充斥於大氣層，使地球溫度與時俱增，引發酷暑、豪雨、火災、颱風、水災、沙漠化等災害，地球生態環境因此橫遭蹂躪，對人類構成重大威脅。

自 19 世紀工業革命後，石油及天然氣成為生活、工業用能源主流，取代傳統之煤炭、草木等燃料，依國際公約議定 2050 年要達到 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放，因而近來國際間降低 CO<sub>2</sub> 排放之聲甚囂塵上，歐盟更劍及履及，預於 2030 年要見到一定成效，達成第一階段成果。降低 CO<sub>2</sub> 排放既費時、費力，又消耗成本不貲，更需研發高科技技術，期透過能源轉型達成目標，即由現今大量使用的煤炭、石油、天然氣等化石能源，轉換成可再生能源 (Renewable energy)、生質能源 (Bio-energy) 或其他低碳、負碳排放能源 (Low or negative carbon energy)，本文旨在敘述天然氣在化石能源轉型期間的用途及展望。

## 一、天然氣與氫氣之市場爭奪

煤炭為燃燒後 CO<sub>2</sub> 排放甚高的化石能源，廣用於大規模產業，雖喻為不可少或難以廢棄的產業，卻是第一波能源轉型中被取代之對象。

天然氣在化石能源中 CO<sub>2</sub> 排放最低，可望在工業用能源轉型中，2050 年達成 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放前扮演過渡時期之角色；有專家預期 2030 年全球仍難以斷絕化石能源之消費，工業燃料、交通燃料及相當比例的低碳產品將持續使用，天然氣居於其中。

然而，天然氣終將面臨無碳的氫氣之挑戰，成為市場爭霸之對手，兩相比較，天然氣是低碳能源，氫氣是無碳能源，燃燒僅產生水，無 CO<sub>2</sub> 之排放，符合 2050 年 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放之目標。

氫氣具有高度可燃性和易燃性，與氧氣反應形成水，並釋放大量能

量，但無釋放 CO<sub>2</sub>，因其分子結構中無碳原子，燃燒的反應方程式為  $2\text{H}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})+\text{能量}$ 。

氫氣是宇宙間密度最小、存量最多的氣體，燃燒雖不排放 CO<sub>2</sub>，但其液化點低至 -253℃，如欲作交通燃料或工業燃料，在儲運、車輛加氫站的操作技術等，將帶來新的考驗。氫氣為交通燃料或工業燃料時有兩種應用方式：一是氫氣燃料電池，透過電化學反應，將氫氣和氧氣轉化為電能，副生水和熱量，是一種清淨而效率高之能源技術。今日氫燃料電池已大量用於提供電動車與工廠、大樓、住家等之能源。另一是作為燃燒之燃料，可如同汽油、天然氣般取代化石能源，在內燃機中燃燒產生動力。除取代交通燃料外，氫氣或將最終應用於石化廠、煉油廠、發電廠、煉鋼廠等，取代天然氣，成為最適當、無 CO<sub>2</sub> 排放燃料。

另外更值得一提的是氫氣汽車之發展，在汽車產銷大國（如日本、韓國、中國大陸、德國等）由政府頒布「氫氣能源經濟」作為國家重大政策，並對廠家進行補助（如歐美發展電動車及日、韓氫氣汽車），研製使用氫氣能源之汽車、巴士、貨車，同時鼓勵氫氣供應站之設立。

行政院已核定「氫氣能源關鍵戰略行動計畫」，並編列相關發展經費支應；在氫氣用於重工業方面，選定高雄興達發電廠作為示範，將部分發電機組，啟動燃用天然氣 - 氫氣混合燃燒試驗，預計 2025 年達成 50% 混合氫氣燃料發電。另計畫高雄洲際碼頭為液態氫進口接收站，及委託技術顧問公司做可行性評估。另外臺灣中油公司計畫於高雄設置首座移動式加氫站；交通部氫氣能源示範車輛計畫則選定高雄市客運業者做為先期示範，凡此都是氫氣能源關鍵戰略之行動計畫。行政院整合經濟部、交通部、國科會及中鋼、台電、中油等國營事業編列預算，成立「氫氣能源推動小組」，推動氫氣能源發展政策與應用，預劃 2050 年占總發電量約 9-12%。

一般對天然氣的瞭解是以家用或商用為多，以民生用氣為主，也是各瓦斯公司營運之重點領域。工業用途是新的大規模應用，為未來瓦斯業者擴張新的版圖。

## 二、天然氣供作發電燃料之機會

行政院已核定發電機組試用氫氣能源，國外則對用於發電廠之推動正加速進行，同時認為天然氣在市場更具競爭力，如按成本計算，發電機組可先試用天然氣和 20% 的氫氣混合作為動力能源，直到成本降低，成為穩定可調度之資源，尚面臨許多挑戰，因此綠色氫計畫仍處於概念驗證階段。即便如此，發電機組已可操作 0-100% 的氫氣混合天然氣之燃料，且發電廠也可相對有效地進行從天然氣轉換到氫氣之改造。

與天然氣相較，氫氣能源用於發電的競爭力取決於電解槽的生產成本、基礎設施建設及營運、維護成本。氫氣之生產有數種途徑，惟一般認為綠色氫氣都是利用綠色電力（如風力發電等）所得電力來電解純水（氫氣和氧氣），預計 2030 年綠色氫成本將下降至約 15 美元 /MMBtu（2 美元 / 公斤），2050 年減至 7.4 美元 /MMBtu（1 美元 / 公斤）；世界貨幣基金會 (IMF)2024 年預測亨利中心天然氣成本也將低很多，即 2.65/MMBtu。世界銀行更預測 2030 年亨利港的天然氣價格將穩定在每 MMBtu 為 4 美元，即天然氣作為發電等大規模耗用所需能源，仍較使用氫氣有利，原因在於取代既有使用重油等 CO<sub>2</sub> 排放量大的能源的考量，市場機會仍優於氫氣，在氫氣成本居高不下的期間內，仍可與其混合使用。

縱使如上所述，顯示有利的長期天然氣成本預測，然而專家認為基於各種因素，仍取決於具體情況和需求，有鑑於各國政府政策偏向支持採用氫氣能源技術，將使 100% 綠色氫作為 2030 年之後天然氣的強制替代品，包括下列項目：

### （一）可再生能源之整合

可再生能源又稱綠色能源，燃燒不會排放 CO<sub>2</sub>，目前已開發有太陽能、風能、海洋發電、地熱發電等；核能發電雖不排放 CO<sub>2</sub>，但核廢料之處理技術，尚未臻完善。生質能源主要是來自生質物，如農業、林業廢棄物、沼氣等皆屬綠色能源，而且可源源不斷再生供應。

透過利用氫氣作為燃料，發電機組的操作可與清潔能源目標保持一致，並減少溫室氣體排放。

## (二) 二氧化碳之脫除

氫氣燃燒時不會排放二氧化碳，使其成為天然氣的可行替代品，以減少碳足跡。

## (三) 長期可持續性

可使用多種製程生產氫氣，包括純水電解（使用可再生能源）及生質之氣化。

## (四) 高能量密度

與天然氣相比，氫氣每單位重量的能量含量更高，從而實現更有效率的能量儲存和運輸。

## (五) 分散式生產

氫氣可在使用地生產，實現不依賴大型天然氣管道的分散式能源系統，增強能源彈性。

## 三、採用氫氣為工業燃料之挑戰

氫氣取代天然氣也面臨相當嚴峻之挑戰，敘述如后：

### (一) 生產成本

與天然氣相較，純水電解產生綠色氫氣，成本更高，欲經由技術進步提高成本效益，降低氫氣至可接受價格，仍然有各種不確定的預測。

### (二) 基礎設施

使用氫氣燃料帶來重大的基礎設施之變化，包括生產、儲存和分銷設施，此為欲廣泛採用氫氣能源，所存的潛在障礙。

### (三) 儲存和運輸

氫氣是一種氣體，密度低，其儲存與運輸需要特殊的基礎設施。

### (四) 安全問題

氫氣具高度易燃性，難以補充燃料，需嚴格的安全措施，特別是在密閉空間或人口稠密的區域。

雖對許多發電機組而言，採用天然氣成本較低是關鍵的因素，但其他驅動力採用氫氣，尚且處在清潔能源系統的過渡期，選擇 100% 氫氣或部分氫氣濃度，而不是純天然氣為發電機組燃料，乃取決於特定情況、可用資源及該領域技術進步的狀況。

依據媒體報導某些正在建設中的工業基礎設施(如發電廠)，初期用天然氣混合較低比例的氫氣，最終再完全過渡到氫氣，使工廠達成 CO<sub>2</sub> 零排放，但也存在極大的挑戰，首先用於天然氣的壓縮機需進行改造以處理氫氣，尤其在氫氣濃度較高的情況。其次是與液化天然氣相比，氫氣具有不同的低溫特性，其液化點低至 -253°C，因而儲槽之材料必須能夠相容，以防止洩漏或產生結構問題。

與天然氣相比，氫氣更易使儲存與運輸設備發生脆化及洩漏，在透過現有液化天然氣基礎設施運輸處理氫氣時，必須徹底評估安全措施、風險，為避免污染及潛在的安全問題，確保運輸中的氫氣純度，可能還要包括採取額外的天然氣純化步驟，以滿足所需等級。

國外雜誌報導 Keith Williams 與 Seeking Alpha 最近發表的文章中指出，在氫氣經濟學中，情況令人困惑，時間線也太長，需要進一步研究，以分析當將氫氣生產和輸送當作一個系統來看時，各相關選項之間的權衡。儘管目前商業上可利用的氫氣輸送技術仍屬有限，將氫氣從生產廠有效地輸送到發電廠或其他工廠用戶，可行的基礎設施仍然重要，有待致力開發與建置，目前各項技術研發初具成果，且持續開發中。

近期報導有關氫氣能源之供需系統計畫及技術研發，仍處於起步階段，包括管線、參與輸送氫氣燃料的液化工廠、運輸卡車、儲存設施、壓縮機和氫氣加給站設備等，混合部分氫氣之天然氣管線系統和相關基礎設施，亦在持續建置中，洩漏和脆化等問題是管線營運商特別關注的重點項目。

美國政府能源部氫氣和燃料電池技術辦公室也致力於技術開發及探討，透過 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放途徑，冀求 2026 年能以 2 美元 / 公斤的價格生產氫氣，2031 年降低至 1 美元 / 公斤，藉以支持氫氣能源計畫，降低清潔氫氣成本的目標，尤以 10 年內價格降幅 80%，達到 1 公斤價格 1 美元，稱為「111」計畫，再配合頁岩氣資源的開發(如美國德州 Eagle Ford 氣田及阿根廷 Vaca Muerta 氣田)，將可穩定天然氣價格數十年。

另一方面隨著可再生電力成本的下降和電解法生產氫氣技術的改進，或將使綠色氫氣未來具有更大的成本效益，近來燃燒氫氣有關的提案激增，受投資者青睞，2022 年全球氫氣需求成長約 3%，惟仍集中在傳統用途，擴展於新用途的市場較緩慢。

## 五、煉油 - 石化園區天然氣需求估算

近年來全球關於煉油廠與石化廠之經營有極大的變化，迥異過往。傳統上煉油廠與石化廠是分立，雖說石化廠原料須來自煉油廠，惟約自 30 年前起，煉-化整合模式興起，構成龐大的生產廠區。在我國台塑集團雲林麥寮廠即是範例，類似廠區正在迅速增加，特別是歐洲及亞洲。煉油廠與石化廠原是能源密集的產業，整合的巨型廠區加熱能源消耗量驚人，在此能源轉型，邁向 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放之際，過去所使用的煤炭、重油等燃料逐步為天然氣、氫氣所取代，亦將成為業者之潛在新客戶，帶來新的商業機會，如土耳其最大的柏金石化集團公司 (Ptkim) 成功開發一個強大的商業模型，可用來分析與預測煉油 - 石化整合廠區的天然氣需求量，並依產能波動情況，預測燃料用氣和蒸汽的消耗量。

Ptkim 是伊茲密爾的知名石化聯合企業，該綜合體內有 10 多家工廠在運作，其能源工廠由天然氣、蒸汽及電力部門組成，而天然氣是最重要的能源，預測其消耗量對制定消耗與採購計畫具相當的重要性。在龐大石化生產園區中，天然氣由三個主要設施消耗，包括燃氣渦輪機、芳烴、烯烴等工廠和蒸汽發電廠，在燃氣渦輪機中天然氣燃燒可產生電力和熱能（如圖 1）。廠區內產生之廢熱用在預熱，輸送到蒸汽發生裝置，預熱鍋爐給水，芳烴工廠亦是天然氣大消費者之一環；天然氣在工廠中與燃氣混合，燃燒產生熱能，在 2050 年前的能源轉型時期，天然氣混合氫氣將成為主要選項。

圖 1 煉 - 化整合大型石化工業園區之天然氣需求



資料來源 :PTQ Quarterly magazine , Q4 , 2023 。

蒸汽發電廠的燃料消耗占很大部分，是廠區中的動力工場，綜合廠區供應的蒸汽是透過燃氣燃燒產生；燃氣是園區工廠產生和天然氣混合物組成，包括含有部分可燃氣體之排氣，其中也有氫氣，未來可望逐步加入園區自產或外購。

蒸汽生產是最大的燃料消費工廠，此處消耗的燃料是由自產燃料氣加上天然氣組成之混合氣。整合型石化園區天然氣需求模型之建立，其要點係基於許多操作變數（如產量及環境溫度等），藉由分析瞭解產量對蒸汽消耗的影響，天然氣消耗量波動因環境溫度變化所造成等。

## 六、天然氣需求模型之建立

對龐大煉油 - 石化整合廠區的天然氣需求建立模型，複雜性極高，需考慮甚多的操作變數，其包括各個工廠的不同產能及持續波動的環境條件，特別是週遭溫度，重點在於產量對蒸汽消耗的影響。另外需深入瞭解氣象變化（如溫度變化）所引發天然氣消費模式的波動，除能源需求估算外，還能作為天然氣供應廠家的備料與調度計畫基礎依據，其研究流程分成若干步驟，由資料蒐集開始（包括傳感器蒐集的大數據、用戶輸入的報告及生產計畫的報告等），用於建立 AI 編造之模型，據以依歷史數據模擬製程狀況，後依能量平衡公式計算轉換蒸汽和燃料氣的數據，最後用電腦模擬工具導出天然氣與燃料氣需求量，過程中也涉及很多重要的考量因素，因此要對複雜、建造費用高昂的石化園區導出燃料天然氣之需求量，考量無數的操作數據，且重中之重者為各不同生產工廠變化多端之產能及天氣，特別是溫度的差異。

工廠產能是蒸汽消耗量的重要成因，且直接影響天然氣的消耗量，加上氣溫因素又會使天然氣耗量上下波動。

現代煉油 - 石化園區中設備林立，囊括各類工廠動輒數十及百座以上，略述主要能源消費者如后：

### （一）煉油廠與石化廠

煉油廠生產交通燃油、工業用、民生用燃料。石化廠生產石化單體及聚合物等產品（如乙烯廠、芳烴廠及彼等的衍生物工廠為主），此類製造以加熱反應居多，而蒸汽與火焰加熱器加熱為兩種主要方式，消耗液體油料及天然氣等能源。在工業生產蒸汽和電力是重要公用物質，大多由燃燒天然氣等能源產生。

### （二）瓦斯渦輪機

燃氣渦輪機用於天然氣發電及產生餘熱，影響效率的主要操作限制是環境溫度，如將發電量和環境溫度視為因變數，可對天然氣消耗進行模型建立，渦輪機的電力負載可獨立於綜合廠區之能源需求。

渦輪發電機的操作受氣溫限制，一般約有 20-60MWh 的負載

發電，所產出的能量很大一部分作為廢熱而損失，但可用於產生蒸汽的鍋爐給水之預熱；燃氣渦輪機系統能量平衡模型之建立中，已知 40-70% 的供應能量會以廢熱的形式損失。

### (三) 蒸汽工場（鍋爐）

蒸汽在煉油 - 石化整合園區中用於各種熱源（如供暖和發電），而主要蒸汽發生源是鍋爐。在廠區中蒸汽之需求，可有超高壓、中壓、低壓等不同蒸汽產品，蒸汽透過燃燒燃氣產生，燃氣是副產物燃氣和天然氣組成的混合氣體。

大型綜合園區中蒸汽的需求模型為工廠產量和環境溫度之函數，依據模型與模擬結果之資訊，計算出整體蒸汽需求。除蒸汽需求外，還可分析工廠的燃氣生產能力，估算每小時燃氣產量和蒸汽的需求量。

在考量鍋爐的效率時，可依燃燒 1.0 噸 / 小時的天然氣時，相當於產生多少假設量的高壓蒸汽計算，以此計算鍋爐的總天然氣需求，並從用於產生蒸汽的總能源需求中，減去自廠內輸送到鍋爐的內部產生燃氣，即為外購天然氣需求量。

## 結語

依世界氣候變化綱要公約，預定 2050 年前完成 CO<sub>2</sub> 淨 - 零排放，達到碳中和之境界，為此各國正風起雲湧推動能源轉型的世紀性重大工程，相關業界殆已耳熟能詳，有專家認為在 2030 年代化石能源，尤其是石油與天然氣大致還會扮演一定角色，包括交通及工業燃料。雖然生質能源取代航空、海運等燃料，確為過去難以想像，且囿於技術的問題，取代之速度仍未定，價格更是主要關鍵。

本文主要聚焦於天然氣取代煉油、石化、發電、鋼鐵等重工業所需加熱燃料，此方面展望之所以樂觀，蓋因天然氣 CO<sub>2</sub> 排放強度遠低於重油與煤炭，但相較燃燒後僅產生水之氫氣，似乎天然氣終極競爭強手，因此未來氫氣取代天然氣之進度，將視成本下降的幅度，此為重要觀察點。

## 參考文獻

- 一、Estimating natural gas demand at a petrochemical complex,PTQ quarterly magazine,Q4,2023.
- 二、Rene Gonzalez,Hydrogen power for generators vs cost-driven natural gas,www.decarbonisationtechnology.com.

# 漫談人工智慧相關科技在石油和天然氣產業的應用

臺灣中油公司探採研究所前所長暨中國文化大學地質系兼任副教授 翁榮南

## 前言

石油和天然氣產業始於 19 世紀中葉，迄今雖未滿二百年，卻控制全球能源供應及物質文明發展，近年面臨嚴峻的能源轉型挑戰，一路走來仰賴大量的科技創新與應用，包括電腦數位、近來熱門的人工智慧（Artificial Intelligence, AI）等新科技。油氣產業與人工智慧的整合不僅僅造就技術升級，節省成本、增強安全性和優化資源等，而且可能改變產業遊戲規則。

依聯合市場研究報告 2021 年全球人工智慧在石油和天然氣市場的價值為 23.2 億美元，預計 2031 年達 79.9 億美元，年增長率為 13.5%，此快速成長顯示業界深信人工智慧的能力及徹底改變營運的潛力，另外世界經濟論壇的資料亦顯示，大規模採用人工智慧科技可能為產業節省 10-20% 的成本，且有助於推動重大變革，本文就人工智慧科技應用於石油和天然氣產業的展望，供業界參用。

## 一、石油和天然氣產業的技術創新發展

石油工業的起源可追溯至 1859 年美國賓州使用蒸汽動力鑽機的第一口商業油井鑽探成功，迄今石油和天然氣成為全球能源供應的支柱，為工業、交通系統、家庭提供石化原料及動力。油氣產業包括上游的探勘開採、中游的煉製加工生產，及下游的儲運行銷，領域甚廣，百多年來倚賴各種突破性的技術創新，終能發展成為龐大的油氣產業，關鍵性的技術突破敘述如后：

### （一）旋挖鑽進技術：

早期的鑽孔方法的特點是勞動密集型的纜繩鑽孔，不僅速度慢，而且效率低。1800 年代後期旋轉鑽井技術出現，利用旋轉鑽頭切割地層，不僅更快、安全且更深。累積百年來的經驗，旋鑽技術擴展到深水、北極及具多樣化、挑戰性鑽探，推動石油和天然氣行業的擴張。

## (二) 內燃機推動石油需求：

19 世紀末內燃機的發明，造成運輸、工業機械動力來源的巨大轉變，也使石油的需求大增，由於石油和汽車工業的共生關係，導致對汽油和柴油等產品的需求，推動石油工業的增長及國際擴張。

## (三) 震測反射發現地下油氣藏：

探採地下數百至數千公尺的油氣藏是一個賭注，地質風險高，而且成本大，20 世紀初出現反射震測學，藉由聲波向下傳播，碰到地層反射的原理，以繪製地下岩層形貌。如今震測技術普遍用來產生地表下的高解析度圖像，大幅提高探勘成功率，並提升油氣藏的管理。

## (四) 催化裂化引領現代煉油：

以石油作為能源或石化產品需要煉製原油，早期石油煉製採用簡單的蒸餾技術，依沸點將原油分離成不同的成分。1930 年代催化裂化技術引入，從複雜的碳氫化合物分子分解為小而有用的分子，增加汽油的產量，滿足汽車的大量需求。

## (五) 海域鑽探技術前進海洋深處：

對石油和天然氣的大量需求，導致海域油氣探採，1938 年墨西哥灣近岸鑽探第一口海上井，直到 1961 年殼牌石油公司才真正在外海鑽探第一口井，標誌著海域鑽探的開始。如今海域鑽井作業已能在更深、更荒遠的水域進行鑽探，現代海底鑽井系統涉及各種先進的技術，如水下工作的遙控潛水器（ROV）、船舶穩定性的動態定位系統及安全的先進防噴器（BOP）。

## (六) 頁岩及緻密岩層油氣開採技術：

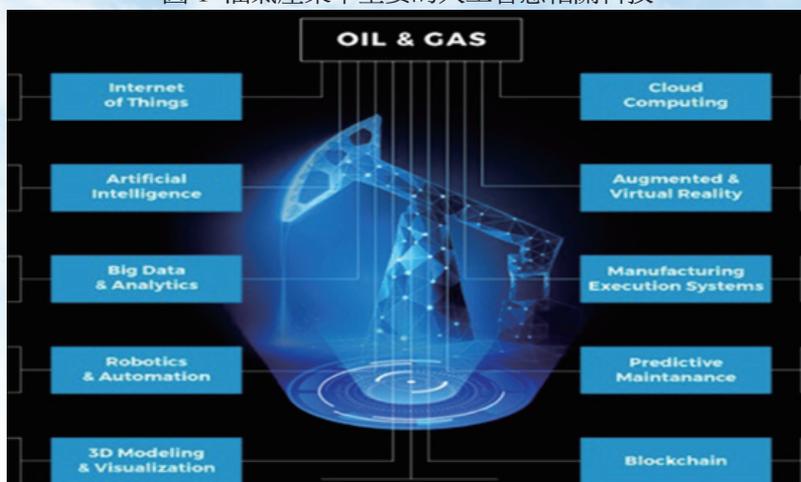
傳統油氣探採目標為儲聚在砂岩等儲集岩孔隙中的油氣，20 世紀初水平鑽井及高壓液裂技術被應用於開採頁岩、緻密岩層中的油氣，引發頁岩革命，改變油氣探採觀念。

## 二、石油和天然氣產業的數位科技應用趨勢

石油和天然氣產業長久以來就積極在各個領域作業中引用新的電腦技術，近年來隨著電腦軟硬體科技的發展，更應用各種數位科技優化營運，提高效率

及安全性 (包括使用高階分析、物聯網設備和雲端運算)，即時蒐集及分析數據，從而做出更好的決策 (如圖 1)。

圖 1 油氣產業中主要的人工智慧相關科技



資料來源 :<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-oil-gas-industry-trends-innovations-in-2021/>。

#### (一) 物聯網：

石油和天然氣產業利用物聯網增加產量、優化機械、確保工人安全及監控遠端位置。透過使用物聯網技術，石油和天然氣設施可降低維護成本，並獲得對機械或流程的全面可見性，再結合感測器、設備及工具等即時蒐集數據。物聯網正在徹底改變石油和天然氣產業，使得遠端監控、主動維護及業務流程優化為可能。物聯網解決方案用於供應鏈最佳化、安全管理、資產追蹤及管道監控，如芬蘭 Zyfra 公司開發基於雲端的物聯網平台 Geonaft，提供石油、天然氣公司預測性維護和精確鑽井等功能。

#### (二) 人工智慧機器學習：

為簡化探勘和生產程序，人工智慧和機器學習用來分析來自多個來源的大量數據 (包括感測器、無人機及震測成像)，可增強鑽井作業最佳化、預測性維護及油藏建模，由於涉及上、中、下游運營，石油和天然氣產業越來越多地使用人工智慧、數據科學應對複雜的挑戰，如美國 Neudax 公司的人工智慧平台可透過提供預測性、規範性及認知分析的資訊擬定決策，幫助石油工程師、管理人員啟發探勘和生產的新概念。

### (三) 大數據與分析：

石油和天然氣產業產生大量數據，為從這些數據中蒐集有用的見解，需要使用複雜的大數據分析技術，有助於優化生產、減少停機時間、增強安全性及節省成本。石油和天然氣業務透過利用大數據分析節省營運費用，以獲得更大價值，如英國企業 Phoenix RDS 利用大數據分析協助鑽井、生產，更提供提高採收率的優化方法。

### (四) 機器人與自動化：

現代自動化系統和機器人系統可減少危險或困難活動中的體力勞動需求，提高效率與安全性。在危險區域，機器人被用來執行設備檢查、維護、清潔等任務。鑽井、管道監控、生產活動均使用自動化系統，如荷蘭公司 EXRobotics 製造可在崎嶇場地惡劣環境中工作的機器人，包括處理氣爆事故的急救員、對抗無組織排放的探測器、遠端操控的合作操作員及數據蒐集的調查員。

### (五) 擴增和虛擬實境：

擴充實境 (XR)、混合實境 (MR) 和擴增、虛擬實境 (AR/VR) 均為沉浸式技術，可用於培訓、模擬及可視化，透過這些技術可以進行遠端檢查，獲取即時資訊，並在安全的虛擬環境中學習。探勘和生產行業的公司採用擴增實境技術進行虛擬培訓、井下成像及遠端監控，此外將物理與數位世界整合，借助穿戴式裝置、智慧型手機實現人機互動，如印度公司 Previsio Studio 為設備製造商提供 AR 和 VR 的視覺通訊，讓使用者模擬真實環境。

### (六) 3D 建模和視覺化：

透過 3D 建模與出色的視覺化可以創建真實，展示石油和天然氣設備，3D 建模結合歷史生產資料，模擬整個油藏生命週期的生產及注入階段，有助於預見油氣藏安全的問題，石油和天然氣工程師依數據優化生產及營運計畫，此外還可提高資產管理，降低成本及風險。

### (七) 區塊鏈：

區塊鏈技術是種新的去中心資料紀錄方式，由於能夠提高交易安全性、效率與透明度，越來越受到重視，且可加快追蹤和確認資

產所有權、支付特許權使用費及保證供應鏈合規性等程序，石油和天然氣公司能藉以實現合資企業會計、交易後結算及發票的自動化。

## 四、近年來人工智慧相關科技的主要發展趨勢

### (一) 先進的機器學習模型：

超越單純的自動化，使系統能夠即時理解、學習和適應，此複雜性的進步增強預測能力，提供跨領域做出更細緻的決策。

### (二) 可解釋的人工智慧：

隨著應用系統變得越來越複雜，對透明度和信任的需求也在增長，機器學習模型為決策提供可理解的解釋，增強用戶的信心。

### (三) 對話式：

重視對話介面，自然語言處理的能力將使人機進行更直觀和上下文感知的對話，在虛擬助理、客戶支援及互動交流發揮作用。

### (四) 診斷技術：

機器學習演算法分析大量資料集，為各個事物量身定製診斷方案，提供更快、更準確的評估，從而增強應變能力。

### (五) 驅動創造力：

有助於藝術創作、內容生成，甚至創造性的解決問題，此趨勢模糊人類創造力和人工智慧驅動創新的界線。

### (六) 網路安全：

利用機器學習演算法分析偵測異常及威脅，提升網路安全，保護整體數位資產。

### (七) 道德與治理：

隨著人工智慧的日益普及，有必要確保負責任的開發、部署和使用，建立道德標準，避免偏見，促進包容性，並減輕意外後果。

### (八) 教育訓練：

提供個人化的學習旅程，即依學習者的個人需求，客製化教育內容，培養更具吸引力及有效的學習體驗。

### (九) 擴充現實：

包括 MR、AR 和 VR 提升人與數位內容的互動方式，從沉浸式遊戲體驗到革新訓練模擬。

### (十) 5G 革命：

憑藉更快速和更低的延遲，增強行動通信，促進物聯網設備、智慧城市及連網車輛的廣泛採用，推動體驗技術與互動創新。

(十一) 邊緣運算：

透過分散運算能力，在更接近來源的位置處理數據，減少延遲，並提高應用程式和服務的效率，滿足物聯網特別需要的即時數據分析。能源公司也藉以蒐集和儲存有關石油鑽井平台、氣田、風力渦輪機及太陽能場址等資料，偵測危險、最佳化與檢查的管道。

(十二) 量子計算：

以傳統電腦無法達到的速度，執行複雜的計算，雖仍處於發展階段，但軟硬體的進步，預計將會取得重大進展及影響。

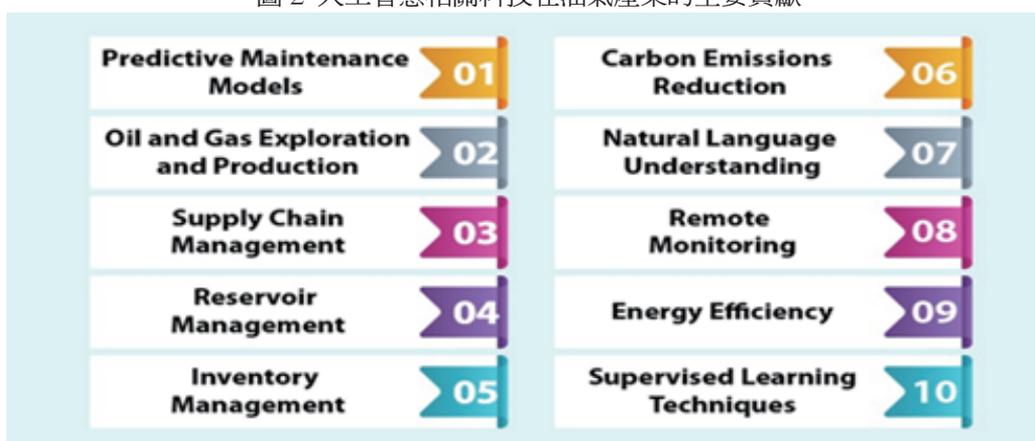
(十三) 自治系統：

從自動駕駛汽車到自動送貨、無人機等自主系統將持續發展，增強自主性和決策能力，影響依賴高效和自動化營運的各個產業。

## 五、人工智慧科技對石油和天然氣產業的益處

人工智慧科技具有即時理解、學習和適應能力，將超越自動化，走向更複雜的決策過程，致使預測能力增強，應用於石油和天然氣產業將有如圖 2 的成效。

圖 2 人工智慧相關科技在油氣產業的主要貢獻



資料來源：<https://www.bigscal.com/blogs/oil-and-gas-industry/ai-driving-transformation-oil-gas-industry/>。

(一) 油氣市場需求預測

傳統的需求預測方法往往無法應對當今全球能源市場的複雜性，人工智慧利用先進機器學習演算法，分析大量歷史數據、市場趨勢、地緣政治事件，甚至社交媒體情緒揭示人類分析師可能錯過

的複雜模式和相關性，徹底改變預測油氣產業需求的流程，使公司能夠做出明智的決策。

石油和天然氣鑽探公司可策略性地分配資源，並優化鑽井作業，避免不必要的停機，提高獲利能力，在下游煉油廠使用人工智慧模型預測消費者對汽油、柴油、噴氣燃料等不同石油產品的需求，從而讓油氣公司能夠優化生產，並有效管理庫存，透過即時處理數據，快速適應不斷變化的市場動態，如在極端天氣條件或地緣政治事件導致需求突然激增的情況，能迅速調整生產計畫和物流，以滿足客戶需求。

## （二）設備預測性維護

人工智慧提供的預測性維護，正在改變油氣公司管理資產的方式，提高可靠性並降低營運風險。傳統的維護是被動還是定期安排，可能導致不必要的維護或意外故障，借助人工智慧企業分析大量感測器數據、歷史維護記錄和即時營運數據，在設備故障發生之前進行預測，特稱為預測性維護。以配備大量泵浦、壓縮機和鑽井機械的海上石油鑽井平台為例，利用人工智慧持續監控關鍵組件的狀況，分析數據，早期預警故障，機器操作員因而能主動安排維護活動，在故障發生前更換組件，避免代價高昂的停機。預測性維護使煉油廠和管道亦受益，透過機器學習演算法不斷分析煉油過程的資料或監控管道的結構完整性，優化維護計畫、延長設備使用壽命，並提高安全標準。機器學習正徹底改變維護實踐，從被動策略轉變為主動策略。

## （三）石油天然氣探勘

油氣探採產業是一項艱鉅且成本昂貴的高風險任務，人工智慧開創效率和準確性的新時代，透過分析大量資料集（包括震測、測井記錄、衛星影像和地質資料等），機器學習演算法可識別數據中的模式和異常，有助於更有效找出潛在的油藏，不但減少探勘時間及成本，且因僅在高潛力區域進行鑽探，大幅減少對環境的影響；此外透過優化現有油田，可以提高生產力，延長成熟油氣藏的生產壽命。

#### (四) 預測油氣價格波動

油氣價格波動一直是產業界的重大挑戰，由於地緣政治事件、經濟因素和供需失衡，市場動態可能會迅速改變，人工智慧持續監控、分析各種市場因素，預測價格波動趨勢，使公司具有洞察力與敏捷性，做出明智的投資及資產配置決策。藉由進階數據分析建模預測價格波動，透過依大量歷史定價數據、市場趨勢和地緣政治指標，預測石油價格走勢，並幫助企業制定相應的策略，預警潛在的價格下跌，建議公司避險，以免受財務損失或預示價格飆升，利用有利的市場條件優化生產。除對突然的價格變化做出快速反應，人工智慧還有助依預先定義的標準買賣石油合約、自動執行交易決策，降低人為干預。

#### (五) 提高作業安全性

健康、安全及環境對於石油和天然氣產業至關重要，人工智慧將改變遊戲規則，提高工作人員的安全。透過預測性維護增強安全性，持續監控設備的狀況和效能，提前檢測到異常和潛在故障，主動安排維護及更換活動，降低事故風險，並為員工提供更安全的工作環境，如人工智慧驅動的感測器，追蹤海上鑽井作業中的環境條件、設備性能及人員活動，立即進行分析數據，一旦出現任何安全偏差，立即觸發警報，採取糾正措施，防止潛在事件的發生，提高緊急應變能力。在石油和天然氣產品的運輸方面，透過分析交通數據、天氣狀況及和道路基礎設施，協助優化更安全、有效率的運輸路線，降低危險物品運輸過程中的事故風險。

#### (六) 提升後台作業效率

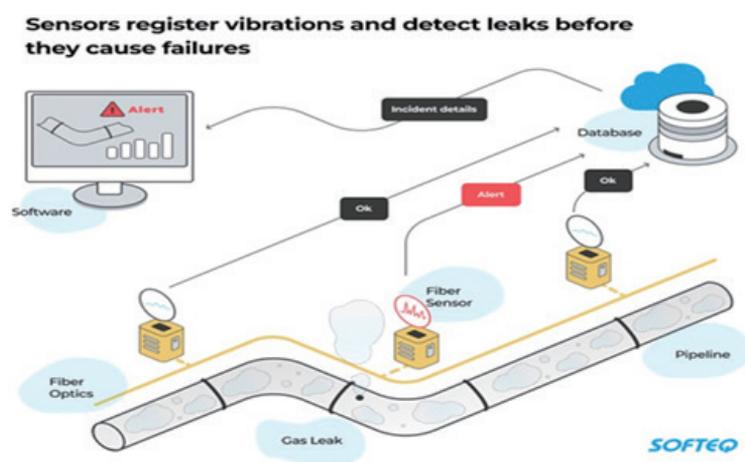
石油和天然氣產業涉及大量的後台業務，由於通常是重複性且耗時，隨著人工智慧的應用，機器人流程自動化或業務流程自動化(Robotic Process Automation,RPA)正在徹底改變業務的處理方式，提高效率及生產力，如發票處理是一項關鍵，但費力的任務，涉及資料提取、驗證、更新財務記錄，RPA 機器人可快速準確執行，

大幅減少人工與錯誤，而且不僅是簡單的自動化，亦能處理資料整合及分析的複雜任務，如在供應鏈管理方面，蒐集來自供應商、庫存系統和需求預測等各種數據，以優化採購決策，保持最佳庫存水準。

### (七) 漏油和油氣檢測因應

環境保護是石油和天然氣產業的首要任務之一，人工智慧在提早發現潛在的環境危害方面發揮著重要的作用，如先進的演算法可分析衛星影像、航空照片及遙感數據，識別海洋環境中的漏油或管道洩漏的跡象，即早發現，立即採取行動，防止污染物的擴散，減輕對環境的影響(如圖3)。

圖3 人工智慧相關科技在油氣管線偵測的應用示意圖



資料來源 :<https://www.softeq.com/blog/how-iot-big-data-and-ai-alter-the-oil-and-gas-industry>。

人工智慧驅動監控系統可即時監控海上平台和管道等關鍵基礎設施，感測器持續分析數據，偵測溫度、壓力及流量異常，任何潛在洩漏或故障的跡象都會立即觸發警報，使操作員能夠迅速採取行動，防止事態升級，還能模擬各種油氣洩漏場景，預測洩漏的軌跡，評估對敏感生態系統的潛在影響，幫助公司協調有效的應對措施及制定緊急應變計畫，以減少損害，而培訓人員。

### (八) 法規監管合規性

滿足法規監管要求是石油和天然氣產業的重要行規，人工智慧可確保公司遵守複雜、不斷變化的法規。監管合規性的主要挑戰之

一是管理大量數據，以跟上不斷變化的規則和標準，透過自動化蒐集數據，機器學習演算，篩選大量文件和資料集，提取相關資訊，突顯需要注意的領域，以滿足監管要求，如人工智慧驅動的系統可以快速評估公司目前的做法，找出合規性需要解決的差距，分析有關安全事件、環境違規和營運中斷的歷史數據，預測與預防潛在的合規風險，實施必要的變革，確保遵守最新的環境標準。此外即時監控營運狀況，任何偏離監管標準的行為均會立即觸發警報，採取糾正措施，藉由自動化數據分析、改進風險評估和即時監控，邁向更合規、負責任和永續。

#### (九) 供應鏈管理

人工智慧從預測性維護到庫存優化、路線規劃、供應商管理及成本估算，正在改變油氣產業的供應鏈管理實踐，獲得更實質的效益和進步，透過分析即時數據，包括銷售環境（如交通、天氣狀況等），優化產業運輸路線，找到最有效的送貨路線，節省時間、減少燃料消耗，降低運輸費用。另外評估供應商績效實現更好的決策，識別可靠的供應商，監控對品質標準的遵守情況，維持健康的供應商關係，透過分析歷史數據與市場趨勢，提高成本估算的精確性，有助於規劃及控制預算，確保專案在財務範圍內。

## 六、科技公司跨足石油和天然氣業務

- (一) Spark Cognition 是美國德州著名人工智慧技術新創公司，為工業應用建構技術解決方案，致力於開發由人工智慧驅動的網路實體軟體，確保物聯網的安全性和可靠性。殼牌 (Shell) 是美國墨西哥灣最大的油氣生產商，將使用 Spark Cognition 的人工智慧的技術進行深海探勘與生產，以精確定位鑽探地點，提高海上生產，在應用人工智慧時可將探勘時間從 9 個月縮短至不到 9 天，積極地改變探勘過程，具有廣泛深遠的影響。
- (二) 加拿大 MCF Energy 是最早將人工智慧應用於油氣探勘和開發的公司之一，利用 Paradise 震測解釋軟體及超級運算的能力，能夠區分地下非常薄的沉積層，看到過去無法看到的地層變化，估算地質特徵

和油氣儲量，幫助探勘者更快速，有效率的探勘與生產，對探勘區域的鑽探預測成功率超過 80%。

- (三) Alphabet Inc. (GOOGL 的母公司) 正在利用尖端的人工智慧及雲端技術，重新定義石油和天然氣產業的數位轉型方法，透過與斯倫貝謝 (Schlumberger)、貝克休斯 (Baker Hughes) 等油氣服務行業領導者建立策略合作夥伴關係，其產品 Google Cloud 能夠利用雲端運算、數據分析及機器學習，優化營運、提高探勘效率，減少對環境的影響，凸顯人工智慧在促進能源產業轉向更永續、有效率的作用。GOOGL 與斯倫貝謝合作，催生 DELFI 作業平台，利用 Google Cloud 的人工智慧及數據分析功能，徹底改變石油和天然氣探勘與生產。同樣貝克休斯利用 Google Cloud 的專業知識開發數位解決方案，提高營運效率，為減少碳排放做出貢獻。
- (四) 亞馬遜公司 (AMZN) 的產品亞馬遜網路服務 (Amazon Web Services, AWS) 已成為石油和天然氣產業的關鍵技術合作夥伴，提供雲端服務，使英國石油 (BP) 和殼牌等公司能夠將人工智慧、機器學習及數據分析應用於營運改善與創新，促進鑽井效率、安全措施，邁向再生能源的目標。
- (五) C3.ai 是專注於企業人工智慧的美國上市科技公司，融入石油和天然氣產業的技術革命，提供人工智慧軟體應用程序，改變公司預測設備故障、優化生產流程及提高營運效率的方式，透過與貝克休斯、殼牌等領導者合作，解決產業面臨的一些挑戰性營運問題。
- (六) 微軟 (MSFT) 的全球影響力與全面的技術解決方案，成為支持油氣產業永續及技術改革的關鍵參與者，其 Azure 平台正在石油和天然氣產業發揮變革性作用，利用雲端運算、人工智慧、機器學習功能推動創新，增強執行力，實現從上游探勘生產到下游營運的數位轉型。
- (七) IBM 正在發展將人工智慧與認知運算技術，整合至石油和天然氣產業，提高營運效率及預測能力，透過 IBM Watson 平台與埃克森美孚 (ExxonMobil Corporation, EM)、哈里伯頓 (Halliburton) 等公司建立合作夥伴關係，應用人工智慧解決從地質數據分析至優化鑽井作業等複雜挑戰，將數據轉化為可操作的見解，從而更有效率探採油

氣，提高作業安全性及減少環境的影響。IBM 對創新的關注延伸到區塊鏈技術，實現供應鏈透明度與保護關鍵基礎設施，推動石油和天然氣產業數位化及永續轉型。

- (八) 輝達 (NVIDIA) 公司在圖形處理技術方面的進步，受到廣泛認可，成為能源產業內各領域的人工智慧關鍵參與者，其強大的圖型處理器 (GPU) 與人工智慧平台正被用來徹底改變能源公司，尤其是提高石油和天然氣產業探勘、生產及營運的效率，其技術能夠更快速、準確的處理震測數據，有效地識別潛在的油氣藏。此外人工智慧驅動的分析與機器學習模型有助於基礎設施的預測性維護，優化能源生產，預見設備故障，減少停機時間，其貢獻亦延伸至永續發展方面，應用人工智慧模式，協助企業有效管理及營運，減少碳足跡。
- (九) Palantir Technologies 公司專注於大數據分析，提供石油和天然氣等能源產業重要的應用平台。Palantir 的軟體使能源公司能夠整合自不同來源的大量數據，應用高階分析及機器學習提升營運效率、策略決策和創新，透過其平台促進優化探勘與生產活動，更有效地識別和開發資源、預測設備故障及營運瓶頸方面，確保營運更順暢、更安全、更有效率。Palantir 承諾資料使用的道德和責任，強調決策、營運透明度，以協助能源公司應對的複雜挑戰，包括向再生能源過渡和減少環境影響，達到永續經營。
- (十) Suncor Energy 是加拿大能源領域巨頭，正在開闢技術創新和數位轉型，2022 年投入約 5.45 億美元用於技術開發、部署及數位化，致力提高營運效率、應對氣候變遷和再生燃料、低排放能源。Suncor 也與微軟公司合作，利用雲端運算、大數據和機器學習的力量，首次應用在油砂產業，改造石油加油站的零售燃料網路及增強油砂專案的數據分析。
- (十一) 加拿大自然資源有限公司 (CNQ) 利用人工智慧發展預測性維護，顯著減少停機時間，延長關鍵設備的使用壽命。人工智慧驅動的分析還可優化資源開採流程，實現更有效率的生產，同時降低對環境

的影響，透過先進的演算法分析各種來源的數據監測環境，以便更瞭解、減輕產業的生態足跡，從而提高遵守環境法規及永續發展目標。

(十二) 安橋公司 (ENB) 以廣泛的管道網路而聞名，利用人工智慧徹底改變監控和管理基礎設施的方式，即時洞察管道完整性，在潛在故障發生前進行預測，優化能源流動，提高安全性及可靠性。在客戶服務和需求預測方面，預測未來的能源需求，相應地調整其營運，確保穩定性及效率。

(十三) BlackBerry 公司 (BB) 以行動通訊設備而聞名，現已轉型成為安全通訊及協作解決方案的全球領導者。在能源領域的服務套件 (如 BlackBerry Workspaces) 提供無與倫比的資料安全、行動協作功能，解決資訊共享和行動勞動力管理方面的獨特挑戰，使能源公司能夠在組織內、外部安全的管理，共享敏感文檔 (如地質調查、生產計畫和智慧財產權等)，確保敏感資訊無論在線上、離線的裝置均受到保護。

## 七、將人工智慧融入石油和天然氣產業的挑戰

(一) 工作擔憂：實施人工智慧的重大問題之一是就業問題，隨著人工智慧逐漸普及應用，人們開始擔心其處境，然而較放寬心的是人工智慧僅提供幫助和協作，而不是接管整個局面。

(二) 道德部署：強大的科技伴隨著巨大的責任，必須確保人工智慧的公平、公正，對每個人都有好處，而不是圖利少數人。為避免有偏見的模型輸出或無意發布敏感訊息，必須部署嚴格的道德框架和管理標準。

(三) 採用障礙：人工智慧發展至此也歷經坎坷道路，包括初始成本的考慮、技術人才的募集及培養，讓員工普遍接受，避免排斥。

(四) 資料保密與隱私：人工智慧程式經常要分析大量涉及機密和隱私的資料集，需資料保密與保護隱私，避免出現不可預見的影響。

## 結語

人工智慧相關科技發展突飛猛進，在石油和天然氣產業的探勘及鑽探、生產優化、供應鍊與物流、安全環保等方面扮演重要角色，不僅推動產業營運發展，也引導走向更綠色、負責任的未來。擁抱人工智慧不再是種選擇，而是期許效率、繁榮、永續的必然，以謹慎和道德的視角因應科技進步至關重要；擁抱永續實踐、優先考慮網路安全及確保負責任地開發、部署新興技術，將是成功駕馭數位未來的關鍵，產業、社會和個人必須抱持持續學習及適應的心態，利用科技趨勢提供的巨大潛力，做出更大的貢獻。

## 參考文獻

- 一、Top AI And Technology Trends In 2024 And Beyond: Shaping The Future Landscape. Jan 18,2024.
- 二、<https://www.go-globe.com/top-ai-and-technology-trends-in-2024-and-beyond/>
- 三、Technology Trends In The Oil & Gas Industry. Mar 16,2024.
- 四、<https://www.go-globe.com/technology-trends-in-the-oil-gas-industry/>
- 五、Discover Top 10 Oil and Gas Industry Trends in 2024. Jan 2024.
- 六、<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-oil-gas-industry-trends-innovations-in-2021/>
- 七、The Biggest Technical Innovations in the History of Oil and Gas and Opportunities of the Future. Feb 7,2024.
- 八、<https://www.linkedin.com/pulse/biggest-technical-innovations-history-oil-gas-future-matthew-jensen-mlcic/>
- 九、Top 8 Oil and Gas Industry Trends for 2024. Mar 15,2024.
- 十、<https://kissflow.com/solutions/energy/oil-and-gas-technology-trends/>
- 十一、IT Inside The Oil And Gas Industry. Apr 27,2022.
- 十二、<https://fortyseven47.com/blog/it-inside-the-oil-and-gas-industry/>
- 十三、Revolutionizing the Black Gold: How AI is Paving the Future of the Oil & Gas Industry. Oct 19,2023.
- 十四、<https://www.tensorway.com/post/ai-in-oil-and-gas.>

十五、How AI Is Revolutionizing the Oil and Gas Industry-Nine Use Cases and Benefits. Feb 13, 2024.

十六、<https://appinventiv.com/blog/artificial-intelligence-in-oil-and-gas-industry/>

十七、Artificial Intelligence Could Trigger a Natural Gas Boom in Europe. Mar 4.2024.

十八、<https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/How-Artificial-Intelligence-Could-Trigger-a-Natural-Gas-Boom-in-Europe.html>.

# 瓦斯安全及防詐騙有獎徵答

欣然研究社及各天然氣公司為加強全民用氣安全及防騙宣導，於一一三年五月一日起至九月三十日止（以郵戳為憑）舉辦有獎徵答活動。

天然氣用戶讀者可剪下刊登於四二三期（一一三年五月號）、四二四期（一一三年七月號）、四二五期（一一三年九月號）上之參加印花（影印無效），貼於明信片上並填上正確答案、姓名、地址及聯絡電話寄至本社（地址：台北市南京東路四段一〇〇號十二樓）。

題目形式採是非、選擇各五題，並於十月中旬於本社會議室公開抽獎。

本次獎品，採提貨券為主，計有六十八個名額，中獎名單於四二六期（一一三年十一月號）「瓦斯雙月刊」中公布，所有獎項將以掛號寄送。中獎人若姓名、通訊地址、聯絡電話書寫不清或不完整，無法寄達者，視同放棄。有關參與本活動之個人資料均依個人資料保護法相關規定辦理。

## 有獎徵答題目

### 是非題

1. ( ) 使用瓦斯器具時，空氣不流通，是導致一氧化碳中毒最主要的原因。
2. ( ) 不要用報紙鋪在瓦斯爐下或牆上貼月曆、紙張，以免引火燃燒。
3. ( ) 熱水器應安裝在通風之室外空間，若是須安裝於室內，需安裝強制排氣型熱水器。
4. ( ) 聞到瓦斯臭味，或是關閉所有瓦斯開關之後，瓦斯表仍在轉動，定有漏氣，應即詳細檢查。
5. ( ) 瓦斯橡皮管長度，最好越長越好使用。

### 選擇題

1. ( ) 瓦斯漏氣是居家瓦斯事故的主因，瓦斯管線應  
①使用合格壓力調整器 ②定期檢查更換 ③以上皆是。
2. ( ) 購買瓦斯器具應選擇具有CZS及①HGS  
②HCAS ③CAS 政府檢驗合格標誌瓦斯器具。
3. ( ) 瓦斯漏氣時下列哪一項是錯誤的動作 ①關閉瓦斯開關 ②開啟電扇吹散瓦斯 ③輕開門窗散氣。
4. ( ) 不明人士登門瓦斯安檢，應 ①要求出示瓦斯公司證件 ②打電話向公司或警方反詐騙專線查證 ③以上皆是。
5. ( ) 檢查瓦斯管線是否漏氣，應使用 ①火柴 ②肥皂水 ③打火機。

主辦單位：欣然研究社

協辦單位：中華民國公用瓦斯事業協會、各天然氣公司



# 瓦斯人的園地之一

欣中天然氣公司助理工務員 葉金谷

民國 104 年 3 月 1 日進入欣中公司服務，非常感謝公司的栽培，於完成職前訓練後，即投入定檢工作，負責的區域在台中市南區。工作中發生很多故事，印象最深刻的是有些用戶有過被詐騙的不愉快經驗，因此拒絕受檢，某次在一處皆透天厝的地區做安檢，當時有位老太太一直在觀察我，雖覺得狐疑，仍告知待會將到她家做檢查，老太太很直接的回復：「不用，不用，我們家不用檢查」。結束上一家的檢查來到老太太家，老太太再三確認後同意我進門檢查，經過閒聊較熟識後，才知道老太太也曾受騙，才会有防備心，待為其一一排除問題後，看到老太太一再道謝，當下感到對公司的形象應該是加分吧，或許可以影響到她的鄰居朋友對公司的想法，讓未來的安檢作業更順遂。

曾經私下統計，到一個用戶家裡安檢全程需要說多少次敬語，如：不好意思、謝謝、對不起、打擾了等等？約莫 7 次。

再分享另一個故事，有點慘烈且心酸，猶記得那是一個下雨天，來到公寓社區，陽台表位，也是曾被詐騙的區域，應門的是一位阿姨，表明來意，阿姨一樣回答不需要檢查，當時懷有崇尚的服務熱誠，又有初生之犢不畏虎的精神，不想放棄機會，繼續遊說，此時從屋內傳來大聲不雅的叫聲，就在驚慌失措之下，趕緊說聲：「對不起、打擾了」，急忙逃離，此時天空落下的雨，混在臉上分不清的淚或汗，心也一起滴著雨，覺得自己很不堪，為什麼被罵，還要說對不起。那日的工作，都記不得是如何完成。後來想起昔日長官曾經說：「人生活在群體社會中，別指望認識你的人每個都會喜歡你，這樣太鄉愿，只要做好本份，有 60% 以上的人能認同就好，不然會活的很痛苦」。

對個人來說，調適心情是一門很重要的課題，首先就是態度，謙卑而有禮，絕大部份用戶是伸手不打笑臉人，如果總是繃著臉，是無法設身處地的站在用戶立場，獲取用戶信任及維護公司形象，讓用戶感受到真誠是致勝的關鍵，因為「人生沒有如果，只有結果跟後果」，努力做就對了。



## 瓦斯人的園地之二

大台南天然氣公司助理員 張桓旻

民國 110 年加入大台南天然氣公司，從工務部工程組助理員做起，受公司專業培訓取得「氣體燃料導管配管乙級」及「高壓氣體設備操作作業人員」等證書。因職務異動至工程組擔任設計人員，進入此領域後更深深覺得有些不足之處，更應持續保有研究、學習的熱忱。感謝公司長官、同仁及同業前輩，在工作中給予諮詢和指導，以致在專業方面能不斷成長、精進。

獲得瓦協優秀從業人員的榮譽，感到無比開心，並深受鼓舞。非常感謝長官的肯定，及公司提供的良好工作環境及發揮才能的舞台，未來將更加努力，盡己所能，達成公司永續經營的目標，並且在工作上一如既往，勇往直前，不懈怠，為自己及公司創造更多價值。



# 瓦斯人的園地之三

欣南天然氣公司工程師 朱聖登

感謝公司提報為公用天然氣事業優秀從業人員，歷經公司體制下一系列完整的教育訓練，溫故知新下使工事執行能達成賦予之任務；工務的工作需要很多經費，必須用在刀口上，執行監督長途管線埋設工作、配合既定供氣時程、整合施工預定進度，使工程躍進是最大的目標，在新的供氣區域偶爾會發生阻擋進度情事，除委婉敘明是為地方能使用潔淨、安全、方便的能源，並聯繫道路主管機關及協調召開里民說明會，讓工事施作更順遂。

期許強化與各階層溝通協調的能力，化解矛盾，說服對方，以擴展職場人際交往的能力；提高工作自覺性、積極性針對案場施工時，執行品質檢查，優於符合公司要求，配合道路主管機關相關政策執行工程，零工安意外發生；財務績效上達成公司規範品質，降低裝置案件成本，業務績效上提升工作品質，配合公司政策執行，沒有天生的專家只有一次又一次的工作執行上修改前次的錯誤，經驗的累積增加本質學能。

在資訊透明依消費者選擇為優勢的世代，公用天然氣事業在市場佔有率尚有很大空間，望其能更普及、市佔率、售氣量更高，只要市民均使用天然氣，公司能穩定成長，員工福利必能更好。



# 瓦斯人的園地之四

欣雄天然氣公司專員 王麗生

民國 74 年自海軍退伍，適逢欣雄天然氣公司（當時名為欣雄石油氣公司）準備籌設成立，有幸成為創立的第一批員工，在多方請益、摸索、學習下，公司於 75 年正式成立，服務迄今已 38 年餘，有幸見證公司的發展與轉型，倍感榮耀。

個人於公司初創時期，從最基層的工務部助理技術員做起，參與當時隸屬高雄縣地區的高、中壓管網全面埋設，直至民國 93 年轉任業務部工業組組長，全力開發工業用戶，於 110 年屆齡退休，承蒙公司看重，希望能將過往的經驗傳承，輔導、提攜新進同仁對工業用戶改用天然氣之推展、評估與服務等專業技術及技巧，遂轉聘為工業組專員，持續為公司效力。



回想民國 80 年間，公司業務開始擴展至工業區，因用戶生產設備由 LPG 轉 PA 氣、燃料油 / 柴油 / 煤油 / 煤炭改 PA/LNG 等，遭遇很多技術性問題，幸慶有大台北瓦斯公司吳瑞禮老師與欣中天然氣公司簡濟化老師給予指導與協助，在此特別提出誠摯的感謝，尤其是吳老師，退休後還到日本東京瓦斯、大阪瓦斯等公司，蒐集各類型工業用爐、燃燒機等專業書籍、資料給予個人參考運用，受益良多。

民國 92 年間公司改組，由天然氣業界經營之神 -- 朱坤塗榮譽董事長接手，接續朱文煌董事長更以高瞻遠矚之眼光，投入大量資金建設堅韌的高、中壓管網，大力推展工業用戶，在政府主導經營時供應工業用戶約 30 多戶、售氣量約 300 萬度 / 月，迄今用戶數與售氣量均已躍升 20 餘倍；10 餘年來天下雜誌與中華徵信所分別調查 2000 大企業及台灣 5000 大企業，公司的排序更不斷向前爬升，連續榮獲瓦斯同業排名第一，績效如此卓越，堪稱業界傳奇，個人不但親眼見證公司發展的所有艱辛歷程，更身在其中。

從事天然氣職場多年，最感謝朱坤塗榮譽董事長及朱文煌董事長的栽培及賦予任務，方有發展工業用戶的工作環境，繼而達成使命，更有機會努力學習專業技術、挑戰新目標，相信不久的將來必能目睹公司的再次蛻變，朝向節能、環保的永續企業邁進。