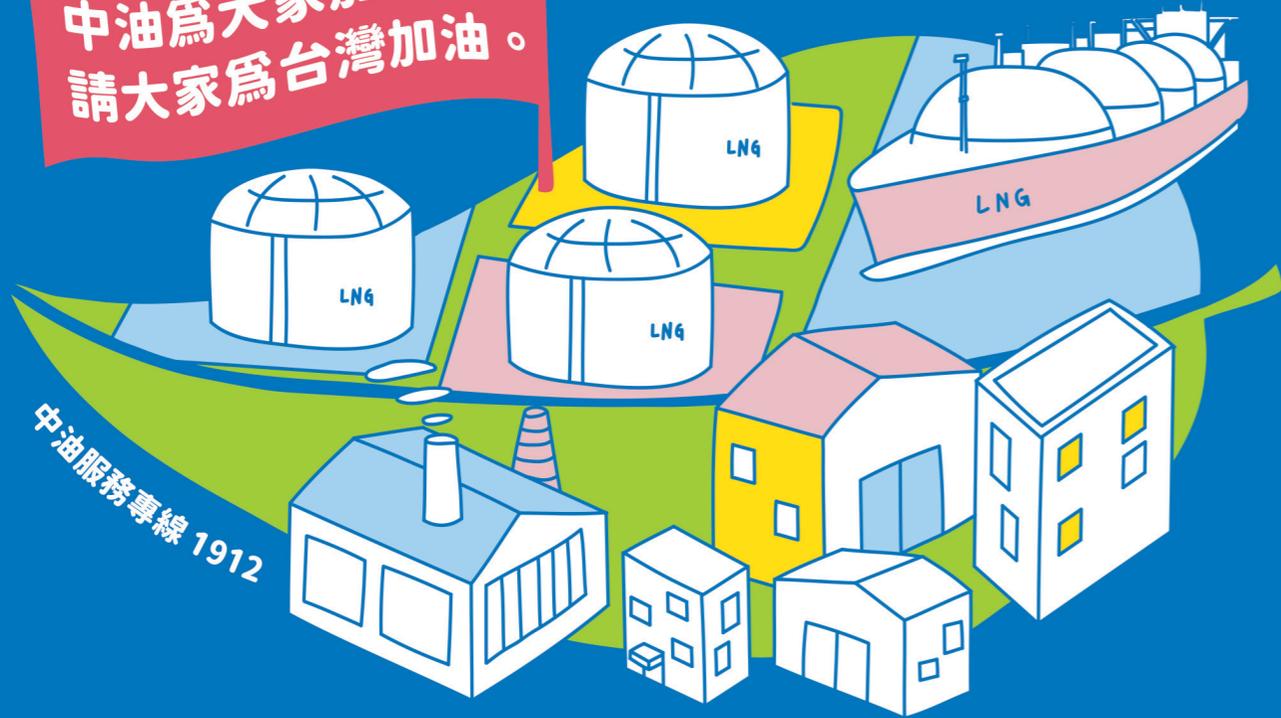


天然氣清潔又安全  
一分用心百分安心

中油為大家加油，  
請大家為台灣加油。



中油服務專線 1912

廣告

台灣中油股份有限公司  
CPC Corporation, Taiwan

瓦斯季刊

(一五)期

中華民國一四四年四月出版

# 瓦斯季刊

151期

76年10月創刊 114年四月出版

住宅爐具電氣化淨零碳排最直接

綠色暨再生能源發電比例攀升助攻能源轉型

美國關稅貿易戰牽動能源市場的走向

氫能應用比例提高成爲不可或缺的新能源



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



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/

## 目錄

### 能源展望

- 2 淺談國際淨零排放目標下，爐具電氣化對天然氣產業影響

臺灣經濟研究院助理研究員／文軍強

- 13 瓦斯爐火自動顧

欣芝實業公司

### 國際瞭望

- 14 德國天然氣的現在與未來

作者／高永謀

- 20 從美國關稅政策看全球天然氣市場變化

作者／徐瑋成

- 37 守護用氣安全

欣雄天然氣公司

### 能源探討

- 38 論可再生天然氣之生產與應用

資深石化人／謝俊雄

- 46 漫談氫能經濟--全球及台灣氫能發展近況

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

### 瓦斯人的園地

- 62 工作分享

作者／孫雯文、陳良俞、吳吉豐

# 淺談國際淨零排放目標下， 爐具電氣化對天然氣產業影響

臺灣經濟研究院助理研究員 文軍強

## 前言

為因應全球暖化之影響，2050年前達成淨零排放 (net zero emissions) 係全球努力目標，我國亦於 2022 年 3 月 30 日公布「2050 淨零排放路徑及策略總說明」，包含在「能源、產業、生活、社會」等四大方面進行轉型，並輔以「十二項關鍵戰略」整合跨部會資源，其中「公正轉型」作為關鍵戰略之一，提到為邁向淨零排放的過程中，某些產業經營模式勢須面臨改革，部分企業/產業可能因負擔調適成本，影響營收成長與競爭力，若是轉型不成功或調適不良亦可能面臨被迫退場的情況。

考量天然氣屬於化石燃料，公用天然氣事業可能會是受影響產業之一，主要原因為對於住宅部門來說，電氣化將是最直接淨零碳排作法，若在爐具電氣化快速發展情況下，住宅天然氣需求將會下降，使得天然氣管輸回收成本增加，造成天然氣終端價格增加，使更多用戶將退出使用燃氣，進一步產生「負面循環」。

因此本文將探討淨零排放目標對於天然氣需求影響，以及國外研究機構對於爐具電氣化對天然氣產業影響之研究案例，並研析因應對策與建議作法。

## 一、國際淨零排放目標與天然氣供需變化概述

### (一) 全球氣候行動概況

全球暖化 (Global Warming) 與氣候變遷 (Climate Change) 已經係當前各國政府和企業所關切之重要議題，並自 2018 年 10 月 7 日聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 發布「全球升溫 1.5°C (Global Warming of 1.5°C)」特別報告，提醒各界應限制全球暖化升溫在 1.5°C，並必須在 2050 年前達成淨零排放目標，以避免氣候變遷所帶來之災害。2021 年 10 月底於英國格拉斯哥舉行的第 26 屆聯合國氣候變化綱要公約締約方大會 (UNFCCC COP26) 通過「格拉斯哥氣候

協議（Glasgow Climate Pact）」，降低碳排放與逐步減少化石燃料成為全球共識，並且有 105 個國家簽署「全球甲烷承諾（Global Methane Pledge）」，承諾在未來 10 年減少 30% 的甲烷排放量，以減緩氣候危機。

時至今日已有 130 國宣誓於 2050 年前達成「淨零排放目標」承諾，如歐盟、美國、英國、日本及韓國等，雖然尚有少部分能源消費大國或傳統油氣出口國，考量其國內市場消費性與傳統化石能源出口情勢，將淨零目標設定於 2050 年後，如中國大陸、澳洲、新加坡及印度等，不過總體宣誓邁向淨零排放之國家涵蓋全球溫室氣體排放量的 88%，顯見推動減碳規劃已是全球共識。

## （二）邁向淨零碳排路徑

為確認全球是否能於 2050 年達成淨零碳排目標，國際能源總署（The International Energy Agency, IEA）於 2021 年 10 月《全球能源展望（World Energy Outlook 2021）》提到若要達成「限制全球升溫在 1.5°C」目標，全球能源結構之變化，另外，由於至 2050 年時間長遠未來仍有許多變數，因此該報告中亦揭示未來其他可能狀況，總共分為既有政策情境 (Stated Policies Scenario, STPES)、承諾目標情境 (Announced Pledges Scenario, APS) 與淨零排放情境 (Net Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)。

### 1、STPES 情境

STPES 情境係代表全球各國截至目前為止，實際採取的能源政策與氣候措施，惟在此情境下，化石燃料總需求在 2030 年後才逐漸放緩，至 2050 年起略有下降，因此 2050 年全球碳排放總量仍將與今日的水平大致相同，恐使至 2100 年全球平均氣溫將攀升達 2.6°C，並將持續攀升。

### 2、APS 情境

APS 情境係由於多數國家已經提出淨零轉型的願景，假設若是全球各國的淨零排放承諾有如質如期實現，在此情境下，全球對碳排放量將於 2050 年減少 40%，惟由於部分國家對於達淨零規劃期程較晚，2100 年全球平均氣溫上升保持在比工業化前水平高 2.1°C 左右。

### 3、NZE 情境

NZE 情境代表係 2050 年全球排放的碳量 (增項)，能透過碳捕捉或是自然碳匯等方式 (減項)，使「排放量」加計「抵銷量」等於零的概念，達到「淨零」局面，意即淨零並非完全淘汰化石燃料，而是使用化石燃料用量在能夠吸收或碳捕捉的程度內，並以此評估全球實現 1.5°C 目標與其他能源相關永續發展目標進展情況。另外，IEA 報告中也提到永續發展情境 (Sustainable Development Scenario, SDS) 與 NZE 情境接近，差異在於部份國家最遲於 2070 年前實現淨零排放為假設。

#### (三) 各情境下全球天然氣供需變化

依據英國石油公司 (BP) 統計數據，全球天然氣需求量從 2000 年 23,994 億立方公尺到 2023 年成長至 40,102 億立方公尺，需求量成長 67%，係當今各國發電與供熱重要能源。

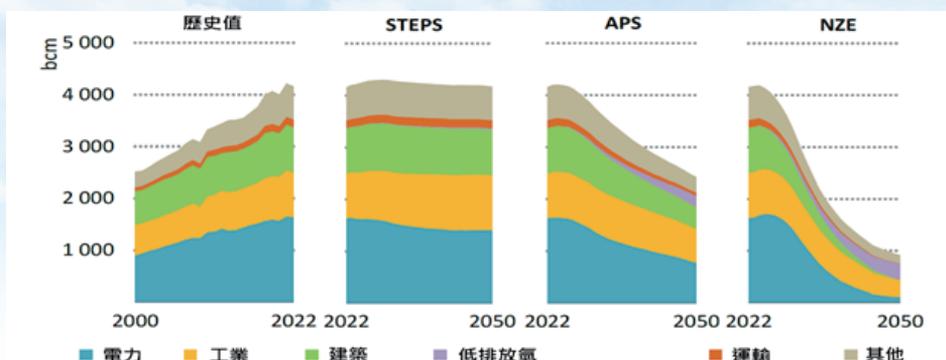
隨著未來不同能源情境發展下，天然氣供需將有明顯變化，依據 IEA 於 2023 年 11 月 23 日發布「淨零轉型中的石油和天然氣產業 (The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions)」報告：在 STEPS 情境下，至 2030 年全球天然氣需求成長逐漸放緩，雖然東南亞、印度等地區天然氣用量增加，但已開發國家如歐洲、美國逐漸減少天然氣用量，從而導致 2030 年至 2050 年全球天然氣需求相對穩定，從用戶別來看，電力部門的天然氣需求將略為下降，不過工業與住宅部門需求緩步上升，總體天然氣的需求至 2050 年並沒有顯著變化。

在 APS 情境下，至 2030 年全球天然氣需將下跌 10%(相較 2022 年)，已開發國家由於再生能源發電量大幅提升與電氣化影響，使天然氣需求快速減少，此外，藍氫製程自 2025 年開始出現成長。

在 NZE 情境下，至 2030 年全球天然氣需將下跌 30%(相較 2022 年)，至 2050 年全球天然氣需求量減少至 920 億立方公尺相較 2022 下降 75%，同時天然氣碳排放強度能減少 85%，其中全球電力部門的天然氣需求將大部分被風能及太陽能取代，而住宅與商業部門的天然氣需求將由電氣化 (Electrification) 取代，需求將接近

於 0，因此電氣化對於住宅部門減少天然氣需求之影響將是未來至關重要議題，不過工業部門仍保留一定需求，藍氫製程量則明顯提升。各情境下全球天然氣需求量變化如圖 1 所示：

圖 1 各情境下全球天然氣需求量變化

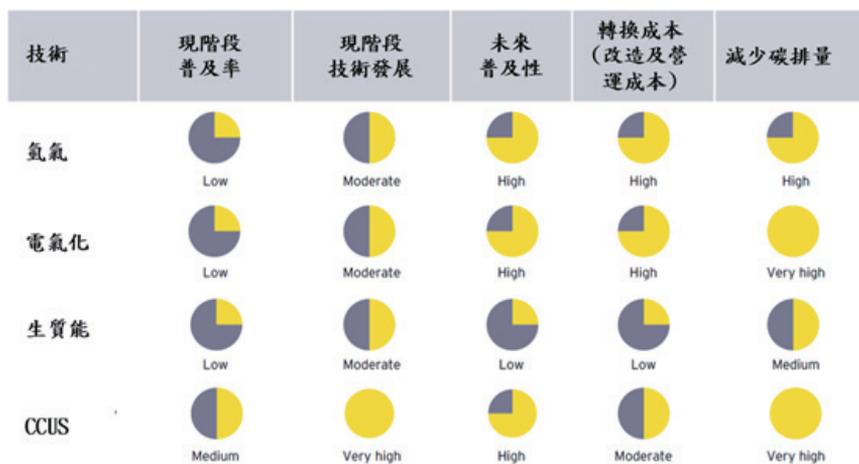


資料來源：The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions, IEA, 本研究整理。

## 二、電氣化對於天然氣產業之影響

既有以天然氣作為燃料之用戶若要達到淨零碳排，關鍵發展技術包含電氣化、碳捕捉利用及封存技術 (Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS)、生質能及氫氣，其中氫氣與生質能現階段技術發展下仍較難廣泛使用 (既有管線改用氫氣可能產生脆化或洩漏問題)，CCUS 雖然已經有成熟技術與使用案例，惟需要於用戶端設置大面積之碳捕捉裝置，因此對於住宅部門來說，家用爐具電氣化是最直觀的淨零碳排作法，各項實現淨零排放方式如圖 2 所示：

圖 2 各項實現淨零排放方式



資料來源：EY analysis, 本研究整理。

## (一) 美國加州案例

美國加州於 2018 年提出至 2030 年實現溫室氣體排放量減少 40%，2050 年溫室氣體排放量減少 80% 的階段目標（減少比例係相較 1990 年加州排放量），為達成前述目標，在電力部門方面需要透過大規模發展再生能源，而在住宅部門則需要完全電氣化，或是部分電氣化搭配氫氣、生質能與合成天然氣等零碳燃料。

因此美國加州於 2022 年 9 月決定 2030 年將禁止銷售天然氣爐具和熱水器，截至 2023 年已有 42 座城市採取限制或禁止天然氣使用，包含要求需要在較優良通風環境，方能安排瓦斯爐，其中有 10 多座城市更徹底禁止新建案設置燃氣管線等設備，惟禁用天然氣相關法案仍有爭議，恐廢止法案。

加州能源委員會 (California Energy Commission's, CEC) 於 2020 年 4 月提出報告《加州低碳未來對零售天然氣的挑戰 (The Challenge of Retail Gas in California's Low-Carbon Future)》，並模擬 3 種樣態情境，分別為維持既有現況的參考情境、高度電氣化 (High Building Electrification) 及零碳燃料 (No Building Electrification) 情境，其中，在高度電氣化情境下，2040 年市售住宅燃氣爐具皆改為熱汞（電氣化爐具），而在零碳燃料情境 (No Building Electrification) 下，部份住宅用戶自主改用電氣化爐具，由於未強制完全電氣化，剩餘住宅用戶仍維持使用天然氣爐具，透過管網系統供應以生質能天然氣、氫氣與合成天然氣等「零碳燃料」達到減少碳排量效果，各情境模擬參數與假設如表 1 所示：

表 1 CEC 模擬情境與假設

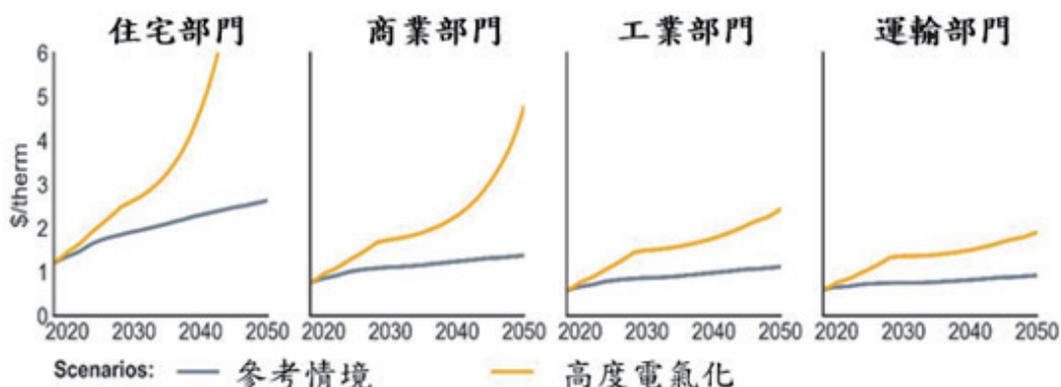
模擬情境	參考情境	高度電氣化 (High Building Electrification)	零碳燃料 (No Building Electrification)
溫室氣體減排目標	無（維持現況）	2030 年排放量減少 40% 2050 年排放量減少 80%	
住宅部門電氣化目標	無	2040 年市售熱汞完全取代傳統瓦斯爐、熱水器與暖爐等燃氣爐具。	2040 年市售熱汞，僅取代傳統瓦斯爐。

工業部門電氣化目標		無	2050年工業部門能源使用狀況，用電占比18%。	
2050年 燃氣供應占比	生質能天然氣 (%)	0%	25%	16%
	氫氣 (%)	0%	0%	7%
	合成天然氣 (%)	0%	0%	21%
燃料電池車輛占比		較低	中等	較高
電動小客車占比		中等	2035年電動車銷售占比達100%	

資料來源：The Challenge of Retail Gas in California's Low-Carbon Future, California Energy Commission's, 本研究整理。

依據 CEC 模擬結果，在高度電氣化情境下，由於住宅用戶大部分皆改用電氣化爐具，天然氣需求將快速下降，惟只要一個地區內有天然氣用戶，整體天然氣系統仍需維持營運，及持續維持設備投資與維運成本，以確保供應安全，造成天然氣費用會增加，尤其住宅與商業部門隨著用戶數減少，可分擔之基數下降，造成天然氣費用恐成指數型攀升，將嚴重影響剩餘用戶用氣權利，而工業用戶因為仍較難完全使用電氣化爐具，尚保留一定量使用需求，同時也較不影響工業用戶天然氣費用，電氣化情境下各用戶別燃氣費用預測如圖 3 所示：

圖 3 電氣化情境下加州各用戶別燃氣費用預測

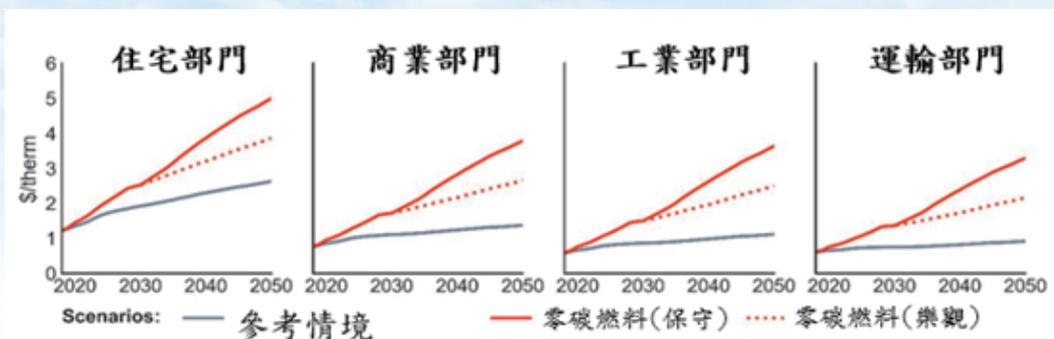


資料來源：The Challenge of Retail Gas in California's Low-Carbon Future, California Energy Commission's, 本研究整理。

在零碳燃料情境模擬下，由於管線內氣體將多改為供應氫氣、合成天然氣或再生天然氣等零碳燃料，但是由於天然氣管線的材料一般採用碳鋼，若改供應氫氣會發生氫脆 (hydrogen embrittlement)，產生安全問題，另外，氫是分子量最小的氣體，滲透性也最強，所有氫氣管線連接都須非常嚴緊，氣閥也要特別設計，否則很容易產生漏氣問題，需投入大量成本進行基礎設施之改造，

不過在此情境下，住宅用戶仍可能選擇一般氣體燃料爐具，因此瓦斯公司能保持較多用戶數，維持燃氣費用不會像電氣化情境呈指數型上漲，且如果未來氫氣相關技術進步達商業化，將進一步限制費用上升，零碳燃料情境下各用戶別燃氣費用預測如圖 4 所示：

圖 4 零碳燃料情境下各用戶別燃氣費用預測



資料來源：The Challenge of Retail Gas in California's Low-Carbon Future, California Energy Commission's, 本研究整理。

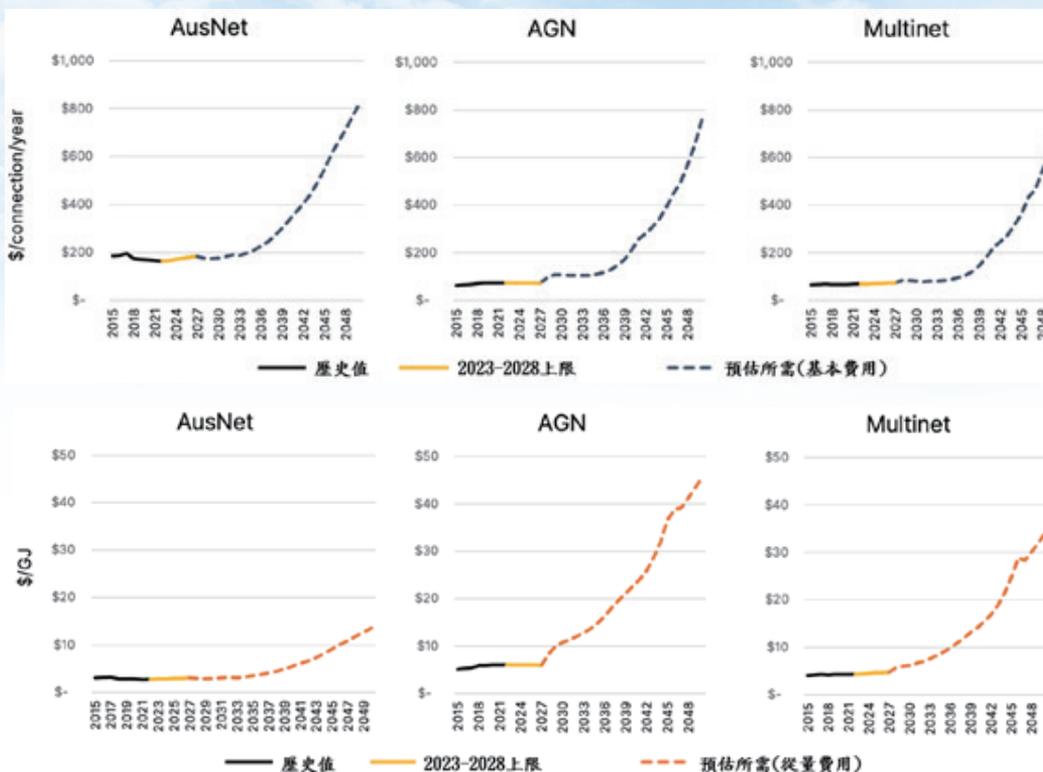
## (二) 澳洲維多利亞省案例

澳洲雖為天然氣生產大國，惟南部地區長年開採天然氣，既有資源已經逐漸耗盡，依據澳洲競爭與消費者委員會（ACCC）分析指出，預期最快 2027 年開始南部各省（如新南威爾斯省、維多利亞省、南澳省及塔斯馬尼亞省等）恐面臨天然氣供應短缺問題。為消除未來天然氣供應缺口，曾評估新建天然氣管線以利北氣南送、增建 LNG 接收站等作法，或透過推動住宅燃具電氣化，以減緩南部天然氣供應缺口，如維多利亞省宣布 2024 年起，新住宅建案（包括公共住房和社會住房）的規劃僅能採用全面電氣化設計。

能源經濟分析研究所(Institute for Energy Economics and Financial Analysis, IEEFA) 分析，以澳洲維多利亞省為例，研究該區 3 家天然氣配氣管網公司 AusNet, Australian Gas Networks (AGN) 及 Multinet Gas Networks 約 220 萬戶天然氣用戶，若將住宅用戶電氣化後，將使瓦斯公司付出更高維護成本，瓦斯公司要從用戶端完全回收成本，用戶會面臨前所未有的高燃氣費用，促使用戶改用電氣化爐具，進一步使得剩餘用戶須承擔更高管網維護成本，形成死亡螺旋 (death spiral)，尤其是租屋族及低收入戶，初期可能無

法負擔電氣化費用，未來將面臨承擔更高燃氣費用，電氣化情境下維多利亞省未來基本費與從量費如圖 5 所示：

圖 5 電氣化情境下維多利亞省 3 家瓦斯公司燃氣費用變化



資料來源：Managing the transition to all-electric homes,2023/11,IEEFA, 本計畫整理。

### 三、淨零發展對我國住宅部門天然氣影響評估與建議

#### (一) 我國住宅部門概述

截至 2023 年底我國天然氣用戶約 390 萬戶，住宅部門用氣量為 63 萬公噸，由於燃氣爐具設備相較電氣化爐具便宜，使用瓦斯費用亦相對較低，目前國內家庭用戶主要仍選擇燃氣爐具。

不過由於內政部建築法《建築技術規則建築設計施工編》中，規範到「若超過 16 層樓以上或高度 50 公尺以上，廚房要採明火(瓦斯爐具)設計，須要做防火區劃」，近年新建案諸多為高樓層小宅並規劃開放式廚房，在此規範下只能採用電氣化爐具，或是一些小建案無陽台不易擺放瓦斯桶或裝設瓦斯表，因此電熱水器與電氣化爐具數量漸增，另外，也有因為 IH 爐具(智慧電磁爐)具備爐面平

整清潔、能夠定時設計等優勢，受到部分用戶青睞，全面使用電氣化的戶數有逐漸增加趨勢。

在淨零碳排發展下，我國為響應全球氣候行動，於 2023 年 2 月 15 日將《溫室氣體減量及管理法》修正為《氣候變遷因應法》，確立 2050 年淨零排放目標，以及相關氣候治理原則，另外於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，由內政部負責推動我國建築與住宅淨零規劃，依據內政部目前訂定的住宅部門階段性長期規劃如后：

- 2030 年公有新建建築物達成建築能效 1 級或近零碳建築目標。
- 2040 年 50% 既有建築物更新為建築能效 1 級或近零碳建築。
- 2050 年 100% 新建建築物及超過 85% 建築物為近零碳建築的里程碑。

從目前內政部所規劃的住宅建築淨零路徑來看，主要是透過節能改善、提升能源效率與使用再生能源電力等方式達到「近零碳建築」，未明確要求住宅部門全面電氣化，天然氣未來仍有可能是家用能源選擇之一。

## (二) 建議與作法

住宅部門達成淨零碳排目標最直觀的作法為在國內可以供應「零碳電力」前提下，住宅全面電氣化，或是透過導入合成天然氣、再生天然氣與碳捕捉封存再利用等方式，亦能使住宅部門實現碳中和，如德國 2023 年 9 月 8 日通過建築能源法（Gebudeenergiegesetz, GEG）規範 2024 年新建案供暖和爐具系統應使用 65% 以上之再生能源，不過再生能源選擇包含電熱泵、太陽能、生質能與氫氣。

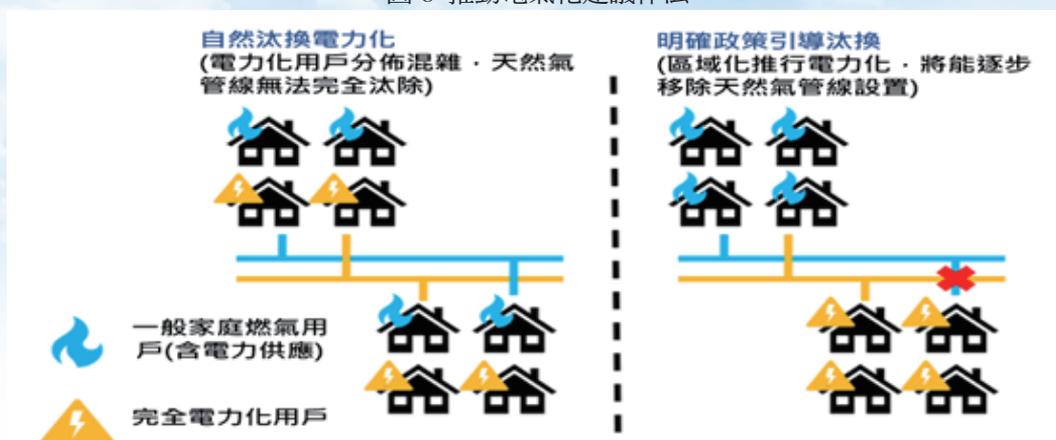
### 1、住宅部門推動電氣化建議作法

國際上已經有部分國家之城市提出住宅全面電氣化之規劃或構想，不過依據前述國際機構研究內容皆指出，在推行電氣化過程中，隨著燃氣用戶數減少，剩餘用戶須承擔更高管網維護成本，也造成租屋族及低收入戶已無法負擔電氣化設備購置成本，延續使用天然氣卻要負擔燃氣費用提升狀況。

為避免燃氣費用呈指數攀升情況發生，CEC 建議可以透過明確的政策引導，以區域性為單位進行燃氣用戶汰換為電氣化

爐具，逐步降低每年管線投資支出，如圖 6 所示，此外，禁售傳統瓦斯爐、熱水器等燃氣爐具之時應有相關補助或配套措施，並提供用戶汰換成電氣化爐具緩衝期。

圖 6 推動電氣化建議作法



資料來源：The Challenge of Retail Gas in California's Low-Carbon Future, California Energy Commission's, 本研究整理。

## 2、住宅部門推動零碳燃料建議作法

國際上亦有討論可透過供應零碳燃料的作法，以協助住宅部門之淨零轉型，即既有天然氣管線可導入合成天然氣或生質天然氣，或以混合氫氣方式降低碳排放量，如日本在第六次戰略能源計劃中，針對天然氣脫碳規劃作法，至 2030 年合成天然氣的供應量，將占都市管線瓦斯系統 1% 目標，預計 2050 年增至 90%，相較於供應氫氣或是電氣化等方式，合成天然氣可以維持既有管線設施輸送，同時也避免用戶端爐具變更。

就現況而言，由於合成天然氣現階段尚處於示範階段，生產成本難與進口 LNG 競爭，故短期內難以擴大普及，不過隨著技術研發未來生產規模將能提升，並降低成本，依據日本電力中央研究所（CRIEPI）預期未來在甲烷化設備的建置、營運成本於新技術實施下，有望使合成天然氣成本減半。由於合成天然氣原料為氫氣與二氧化碳，目前國際上合成天然氣實際案例多為與工業用戶合作，唯在 2050 年前達成商用規模，政府部門或瓦斯公司皆應儘早進行研究及設立示範工廠。

## 結語

為逐步落實 2050 年淨零碳排目標，內政部已訂定 2050 年 100% 新建建築物及超過 85% 建築物為近零碳建築目標，未來家用能源政策將配合內政部政策規劃方向，雖然目前尚未能確認是透過「全面電氣化」或「零碳燃料」方式達到近零碳建築目標，不過依據國際研究機構研究，可以發現不論採何種方式滿足淨零碳排目標皆須要花費大量時間。

因此，建議若採用全面電氣化時，應進行完善的規劃，並透過有計畫的分區逐步關閉天然氣管線系統，方能降低管線退役成本，並提高安全性，另外，為減少用戶負擔，應儘早提出禁售傳統瓦斯爐、熱水器燃氣爐具年份，增加用戶汰換成電氣爐具之緩衝期；若採用零碳燃料方式則需研析合成天然氣、再生天然氣與碳捕捉封存再利用相關技術，確保在 2050 年前達成商業化程度，方能擁有足夠的零碳燃料供應量能，擴大合成天然氣方式，建議參考日本瓦斯公司的作法，透過海外在綠電價格較便宜地區生產氫氣，並於當地進行甲烷化製程，再將合成天然氣運回國內，形成具經濟價值且零碳之氣源。

## 參考文獻

- 一、EI(2024),bp Statistical Review of World Energy 2023.
- 二、California EnergyCommission(2020).「The Challenge of Retail Gas in California's Low Carbon Future」.
- 三、International Energy Agency(2023).The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions.Retrieved from:<https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-net-zero-transitions>.
- 四、International Energy Agency (2021).Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector.Retrieved from:<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- 五、Jay Gordon.(Nov.2023).Managing the transition to all-electric Victorian homes.America:IEEFA.
- 六、日本經濟產業省，“、「」！” ,2024/03,[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/what\\_is\\_methanation.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/what_is_methanation.html).
- 七、日本經濟產業省，“「分野技術」” ,pp.25, 2022/02.



# 欣芝天然氣



## e+自動關 | 瓦斯爐自動顧爐火旋鈕

TY009



機器採用

### "耐超高溫防火等級塑料"

/// 經實驗證明 安全可靠 ///



<p>安裝簡單</p>	<p>電量不足時 主動通知</p>	<p>原爐升級</p>	<p>忘記關火時 自動關火</p>
-------------	-----------------------	-------------	-----------------------

| 國際安全認證 CE FC

| 消防單位推薦



欣芝實業股份有限公司 | 服務專線 / 02-2629-7888 |

廣告

# 德國天然氣的現在與未來

作者 高永謀

## 前言

數十年來，德國一直是歐洲最大的經濟體及能源消耗國、進口國，更是主導歐盟能源政策的國家。2024 年因日圓兌美元持續大幅貶值，以美元計量的國內生產毛額（Gross Domestic Product,GDP），德國已取代日本，躍居全球第 3 大經濟體，僅次於美國、中國。雖然多數經濟學家預言 10 年後在全球經濟體規模排行榜，印度必將超車德國、日本，成為未來長年的季軍，但德國應仍可維持前 5 名的席次，且依舊是歐洲經濟的火車頭，全球舉足輕重的能源消耗國、進口國。本文針對德國告別核電後，高度依賴天然氣的現在與未來走向。

## 一、德國曾高度仰賴俄羅斯天然氣

德國的化石能源高度仰賴境外輸入，環保法規嚴謹程度為全球之冠，未來如何兼顧環境、生態保護與經濟發展、國人生活品質，並因應日益錯綜複雜、變化迅猛的國際局勢，在在考驗德國的智慧。

在眾歐洲國家中，僅挪威、英國、俄羅斯、羅馬尼亞等少數國家，化石能源蘊藏量較高，其他國家（如德國）化石能源皆頗為匱乏。從 19 世紀到 20 世紀初各國主要能源為燃煤，20 世紀 50 年代後石油成為最重要的能源，德國亦不例外；而在 80 年代後為抑制日益嚴重的空氣污染，德國逐年下修燃煤使用量，並積極發展核能發電。

然而，車諾比爾（Chernobyl）核能電廠、福島核能電廠的兩大核災，讓德國政府決定踩剎車，不再增建核能電廠，並逐步關閉原有的核能電廠。由於德國施行非核政策，又不想回頭重用燃煤、石油，愈來愈倚賴天然氣，特別是從俄羅斯輸入的天然氣。

自 1989 年蘇聯解體後，歐洲國家與俄羅斯不再劍拔弩張，俄羅斯遂成為多數歐洲國家最重要的天然氣供應國。拜地利之便，離俄羅斯較近的東歐、中歐國家（如德國）天然氣總進口量的佔比較高，離俄羅斯較遠的西歐、南歐國家（如法國、義大利），佔比便較低。

在烏俄戰爭全面擴大前 (2022 年前)，歐洲國家所進口的天然氣約 43% 產自俄羅斯。更精確地說，依據各國官方數據統計，奧地利等中歐國家與保加利亞等東歐國家，所進口的天然氣，約 75% 產自俄羅斯；德國對俄羅斯能源仰賴亦頗深，其所進口的石油、燃煤、天然氣，約 35%、50%、55% 產自俄羅斯，比例同樣可觀。

## 二、挪威現為德國最大供氣國

烏俄戰爭擴大後，德國隨即降低購買俄羅斯能源的數量，致力能源來源多樣化，試圖降低對俄羅斯能源的高度依賴。在 2022 年德國所進口的石油、燃煤、天然氣，來自俄羅斯的比例，已分別下修約至 25%、25%、40%；德國政府更宣稱，俄羅斯若不自烏克蘭撤軍，自 2024 年起不再從俄羅斯進口天然氣。

以紀律、效率著稱的德國，僅花費 1 年時間，就擺脫對俄羅斯天然氣的高度依賴。2023 年德國仍是全球第 2 大天然氣進口國，僅次於中國，但其最重要的天然氣供應國，已轉變為挪威，供應量佔總進口量的 43.4%；荷蘭、比利時更晉升為德國第 2、3 大天然氣供應國，佔比分別為 25.4% 和 21.9%。

德國致力降低對俄羅斯能源的依賴度，讓俄羅斯先前 20 年的努力，幾乎化為烏有。早在烏、俄交惡前的 2005 年，俄羅斯即與歐洲天然氣消耗量最高的德國簽訂協議，興建由俄羅斯經波羅的海，直通德國國土的北溪 (Nord Stream) 1 號天然氣管道。北溪 1 號天然氣管道興建成本高昂，且途經波羅的海海床，工程難度遠高於在陸地上興建天然氣管道，造價據稱高達 200 億美元，優點是德國不必再支付其他國家天然氣過境費及考慮與中間國家是否和睦，在 21 世紀初的德國看來，是一筆相當划算的投資。

2011 年北溪 1 號天然氣管道正式啟用，德、俄同蒙其利，共商再興建路徑相仿的北溪 2 號。在烏俄戰爭擴大前，美國、烏克蘭與波羅的海諸國全都強烈反對北溪 2 號天然氣管道工程，擔憂歐洲能源命脈若繫於俄羅斯之手，將危及歐洲安全，且烏克蘭的處境將更加艱困。

### 三、德國依然堅持反核能源政策

最初德國對友邦的反對意見充耳不聞，堅稱北溪 2 號天然氣管道可降低天然氣中斷的可能性，反可強化歐洲的能源安全。道理甚簡，對德國而言，北溪 1 號、2 號天然氣管道若可同時運作，將可從俄羅斯直接進口更多的天然氣，不必再分攤高昂的過境費，實是理性的選擇。直到烏俄戰爭擴大，在其他國家的巨大壓力下，德國才警醒，立即擱置北溪 2 號天然氣管道啟用時程。然而，在 2022 年 9 月北溪 1 號天然氣管道發生爆炸，大量天然氣外洩至周遭海域，俄羅斯再也無法直接供應天然氣給德國。各國政府研判北溪 1 號天然氣管道應遭人為破壞，由於海底天然氣管道修復工程相當艱鉅，今日國際局勢更使復工遙遙無期，此事件發生後，亦加速中歐、西歐國家脫離對俄羅斯的能源依賴。

已將反核明訂為能源國策的德國，於 2021 年年底關閉 3 座核能電廠後，僅剩 3 座核能電廠仍維持營運。經歷烏俄戰爭擴大變故，西方國家決定強化對俄羅斯的經濟制裁，然而德國仍堅持非核政策，僅延後 3 座核能電廠的除役時間，最後於 2023 年 4 月 15 日停止營運，德國正式告別核電。

因烏俄戰爭擴大事發倉促，出乎德國政府意料之外，雖在能源供給上，德國決定與俄羅斯分道揚鑣，但短時間內，很難找到足夠的能源，替代俄羅斯化石能源的供應量，如果可以，也要付出更高昂的代價。為彌補核電所造成的電力短缺，德國必須從法國進口可觀的電力，但法國逾 6 成電力皆產自核能發電，頗難自圓其說。目前德國已出現反廢核聲浪，讓反核之路添增新變數，然而政府迄今仍堅持反核立場，並無改弦易轍的徵兆。

### 四、周遭國家仍維持核能發電

德國計劃再一次修訂《再生能源法》，並將「全綠電」的達成年限，由原訂的 2050 年，提前至 2035 年。實際上，德國現已是全球綠色、再生能源的領頭羊，2020 年時全年總用電量中，約 46% 來自水力、風力、太陽能、生質能等綠色暨再生能源，且比例仍在增加中，所以尚能挺起腰桿，加入制裁俄羅斯的行列，並帶頭反核。

不過為不讓俄羅斯扼住能源咽喉，歐洲國家的反核、擁核爭議，未來勢必更加激烈。先前為了是否將核能發電納入《永續金融分類法》（sustainable financetaxonomy）的「綠色投資」範疇，歐洲國家意見已嚴重分歧，德國、奧地利、盧森堡等國強烈反對，但法國則是最強力的贊成國。由於發展再生、綠色能源進度緩慢，新建核能電廠，不再是歐洲不能提的禁忌。擁有 56 座核電機組的法國，是全球第 2 大核電國度。在烏俄戰爭擴大前夕，法國政府即已宣佈，自 2028 年起將新建 6 座核電機組，首座機組將於 2035 年時營運；而到 2035 年，法國計劃再興建 8 座機組，在可見的未來，德國仍將是法國核電的重要買主。

受烏俄戰爭擴大影響，英國政府也宣佈為降低對俄羅斯和其他石油、天然氣生產國的依賴，將在未來 8 年，新建 8 座核電機組，並強化開發風力發電，目標是在 2030 年時 95% 能源來自國內的低碳發電設施，建構更安全、更不受國際政經情勢變化影響的自主能源系統。

德國另一個鄰國比利時，廢核時程也因烏俄戰爭擴大，而向後延遲。原本比利時有 2 座核能電廠，預訂於 2025 年除役；但日前比利時政府決定 2 座核能電廠將各保留 1 座核電機組，延遲至 2035 年再除役。鄰國仍維持核能發電，將動搖德國反核的決心，或更安心地反核，仍有待觀察。

## 五、現正積極發展太陽能發電

除核能，太陽能也是德國未來能源希望之所繫。歐洲位於北半球中緯度、高緯度地區，日照強度雖不如低緯度的國家，但氣候相對穩定，夏季日照時數亦較多，仍積極發展太陽能。依據統計在 2021 年夏季，歐洲太陽能發電量創新高，已佔總體發電量的 10%，其中德國比例最高，2022 年時佔總體發電量的 17%。2023 年德國太陽能系統發電量達 5360 萬千瓦，約佔總發電量的 12%，6 月時佔比更達 25%，來年可望再上層樓。

在烏俄戰爭擴大前，歐洲國家最重要的天然氣供應國為俄羅斯，其次為北歐的挪威，再其次則是北非的阿爾及利亞。烏俄戰爭擴大後，歐洲國家除強化對俄羅斯的經濟制裁，也積極著手與挪威、卡達、亞塞拜然、阿爾及利亞等國際天然氣出口大國，進行擴增天然氣進口量的談判，以期逐步降低對俄羅斯的依賴。

先前歐洲國家曾宣稱，在 2022 年年底前要將自俄羅斯進口的天然氣量，縮減至先前的三分之一，並規劃到 2027 年時不再使用俄羅斯的化石燃料。只是要在短短 5 年內，與俄羅斯斷絕能源往來，並補足缺口，實非易事；若干經濟實力較弱的國家（如匈牙利），就無法像德國般遵守歐盟的規範，仍執意從俄羅斯進口天然氣。

幸而，德國位於中歐，離挪威亦不甚遠，由挪威輸入的天然氣，迅速補上俄羅斯停止供應天然氣的缺口。2024 年自挪威輸入的天然氣數量，已佔總進口量的 48%，較前一年增加 3.6%，卻又引發內部的異議聲浪，認為天然氣氣源過度集中，可能再度引發國安危機。

2021 年挪威供應英國、歐洲國家近約 25% 的天然氣。且對歐洲國家而言，與俄羅斯、阿爾及利亞相較，挪威是更可靠、更穩定的合作夥伴。德國等歐洲國家皆向挪威求援，挪威現仍不斷增產天然氣，因應激增的新訂單。

## 六、德國加入搶奪液態天然氣行列

在再生、綠色能源普及前，世界各國大多以天然氣為過渡能源，液態天然氣爭奪戰愈演愈烈，導致價格居高不下，且常供不應求。除歐洲國家，東亞、南亞國家天然氣消耗量也逐年增加，不僅日本、韓國、台灣、中國、印度積極搶氣，連越南、菲律賓等新興工業國家，也加入搶奪液態天然氣的行列。

如今德國也成為上述國家的競爭者。為不讓天然氣供應有匱乏之虞，在 2022 年 5 月通過《液化天然氣速成法》，計劃在 2025 年之前積極擴建港口相關設施，增加液態天然氣供應量。2023 年液態天然氣僅佔德國進口天然氣總量的 7.2%，但未來佔比可望大幅提升。

擴大從美國進口液態天然氣，亦是歐洲國家填補天然氣缺口的治標方案。在此之前，美國已是歐洲國家液態天然氣第 1 大供應國，每年約供輸 220 億立方公尺的天然氣；而在 2022 年年出口量已增至約 370 億立方公尺，增長逾 68%。日前德國亦與美國簽訂液態天然氣長期供應協議，以確保天然氣氣源。

據估計至 2030 年前，美國每年將出口 500 億立方公尺的液態天然氣至歐洲，但僅約俄羅斯先前輸歐天然氣的 33%，縱使加上擴大大自挪威、卡達、亞塞拜然、阿爾及利亞等國輸入天然氣，歐洲隨時都可能出現龐大的能源缺口，而且挪威的天然氣供應量已達頂點，若德國天然氣需求繼續攀升，仍將供不應求。

為此，歐洲國家積極尋找新的天然氣氣源，也讓先前已胎死腹中的「東地中海天然氣計畫」有復活的機會。「東地中海天然氣計畫」發想國，為位於地中海東岸的以色列，計畫內容先興建以色列到塞浦路斯的海底天然氣管道，再興建塞浦路斯到希臘的海底天然氣管道，於希臘與歐洲天然氣系統接軌，德國也將是主要受益國之一。

「東地中海天然氣計畫」於2016年提出，天然氣管道總長度約1300英哩，約1000英哩位於海底，原已獲美國川普政府支持，預計於2025年完工。不過，在拜登政府登台後，態度轉為反對，此計畫硬生生被冰封；如今川普再次上台，國際政治、經濟局勢丕變，「東地中海天然氣計畫」可望解凍。

## 七、現正擴增液態天然氣設備

可以預見的是，國際液態天然氣價格勢必居高不下，帶動全球性通貨膨脹，而所有國家都可能是全球天然氣爭奪戰的受害者。德國現正大舉購置、裝設浮動儲存和再氣化裝置，以擴大液態天然氣的進口量與儲存量，更為未來轉型使用氢能，提前進行部署，進一步強化國家能源安全。

## 結語

在可見的未來，受惠於綠色暨再生能源發電比例逐年攀升，德國將可逐步擺脫對天然氣的高度依賴，並降低國際局勢變化對能源安全的威脅。假以時日，若德國可完全倚賴綠色暨再生能源發電，將是人類史的里程碑，更將是其他化石能源匱乏國家效法、學習的樣板。

## 參考文獻

- 一、歐盟《永續金融分類法（Sustainable Financetaxonomy）2020年》。
- 二、麥卡錫諮詢公司《2021年全球能源展望（Global Energy Perspective 2021）》。
- 三、德國政府《再生能源法（Erneuerbare Energien Gesetz, EEG 2021）》。
- 四、行政院經濟部國際貿易署駐義大利台北代表處經濟組《美國、以色列、賽普勒斯、希臘在能源及經濟議題強化合作（2022年）》。

# 從美國關稅政策看全球 天然氣市場變化

作者 徐瑋成

## 前言

近期全球能源市場持續受到地緣政治、政策變化和市場供需波動的影響，而美國新政府推動的關稅政策，無疑將逐步改變天然氣市場的運行模式，2025年3月對墨西哥、加拿大的進口商品加徵25%關稅，同時提高中國大陸商品的關稅至20%，正式掀起新一輪貿易戰。美國作為全球最大天然氣生產國與液化天然氣出口國，其關稅政策不僅影響和主要貿易夥伴的經貿關係，更可能引發能源市場的連鎖反應，影響全球美國液化天然氣（LNG）供應格局、價格波動及主要進口國的能源選擇。

美國LNG產業在前幾年迅速崛起，並逐步取代俄羅斯管道天然氣（PNG）作為歐洲市場的供應來源。然而，當前關稅貿易戰可能對美國LNG出口造成不小衝擊，包含中國大陸、墨西哥和歐盟皆為美國天然氣的重要買家，上述國家祭出報復性關稅，將使美國的能源出口策略面臨挑戰。

此外，美國LNG出口現行高度依賴歐洲市場，若未來進一步對歐盟採取關稅措施，則歐洲國家可能會考慮削減LNG進口，轉向其他供應商（如卡達和澳洲），從而削弱在全球天然氣市場的競爭力。

雖然各國皆已針對美國關稅貿易戰實施與宣佈相關因應之道，惟美國作為全球最大LNG出口國，無論在歐洲或亞太市場，皆具有難以取代之領導地位，同時為具關鍵性的穩定供應來源。

各國政府在權衡關稅衝擊與兼顧能源穩定供應下，或許傾向往美國政府靠攏，遞出友誼的橄欖枝，以降低在此波關稅貿易戰下的影響。本文以關稅貿易戰為出發點，觀察對主要國家的影響，解析可能的因應措施和衍生的競爭合作態勢。

## 一、美國關稅戰全面升級與全球貿易格局之動盪

### （一）美國關稅政策的升級與戰略考量

美國自川普總統上任後，依據國家戰略考量，為鞏固美國自身

經濟利益，宣布將針對各國實施新的關稅政策，自 2025 年 2 月起美國政府將關稅戰推向另一高峰，新的關稅政策不僅針對最大貿易對手 -- 中國大陸，更將矛頭指向友邦與鄰近國家，包含歐盟、加拿大、墨西哥、印度和日本，試圖以更高的關稅壁壘重塑全球貿易秩序。美國關稅政策的背後，不僅為消除長期貿易逆差的情勢，更希望藉以迫使各國政府重新站上談判桌，進行貿易協議，在全球貿易體系中獲得更大的優勢。

盤點美國政府在各國實行的關稅貿易政策內容，對中國大陸出口商品的關稅，將原先的 10% 提升至 20%，涵蓋範圍包括鋼鐵、電子產品、半導體、電動車零組件及高科技機械設備，此舉不僅對中國大陸政府「製造 2025」政策的直接打擊，亦顯示試圖阻止其在全球科技產業中的主導地位。

同時針對鄰近國家，包含加拿大與墨西哥的鋼鐵、鋁、汽車零組件、農產品和乳製品加徵 25% 關稅，此舉在於迫使兩國在北美自由貿易協定 (United States-Mexico-Canada Agreement, USMCA) 中做出更多讓步及妥協。

此外，美國的盟國 -- 歐盟同樣成為貿易戰的主要目標，可能對所有歐盟進口商品加徵 25% 關稅，將對歐洲汽車製造業、農產品和能源出口帶來沉重打擊。

美國開啟的關稅貿易戰影響不僅限於製造業，全球能源市場亦成為關注焦點。美國決定對部分進口原油和天然氣產品加徵額外關稅，試圖推動本土能源 (頁岩油氣) 產業發展，並限制盟國過度依賴俄羅斯與中東 (卡達、阿聯酋等) 的能源供應。

在傳統能源領域，美國政府強烈要求印度、日本與歐盟增加對美國石油和 LNG 的採購，以削弱俄羅斯及 OPEC 國家的市場影響力，並確保在全球能源市場的領導地位。

另外，較具爭議和重大變革的關稅政策為「對等關稅」(Reciprocal Tariff)，該政策規定凡是對美國商品課徵高關稅的國家，將以同等或更高的關稅回應，此影響不僅涉及中國大陸與歐盟，還包含印度、巴西、墨西哥及加拿大等主要貿易夥伴。

## (二) 各國的因應策略：尋求平衡與生存之道

面對美國政府大幅對推動關稅貿易戰的升級，各國皆展開不同程度的應對策略，以保護自身經濟利益，並降低美國關稅所帶來的衝擊。

印度政府（全球第四大 LNG 進口國）選擇透過強化能源貿易以換取美國的讓步，總理莫迪（Narendra Modi）積極與美國談判展現其誠意，達成增加原油和 LNG 進口的協議，使美國能源企業能更進一步擴展全球市場份額，但同時使印度得以降低美國對其商品徵收的關稅壓力。

此外，印度同意削減對美國電子產品、醫療設備和化學品的關稅，試圖換取更多雙邊貿易的穩定性。為強化美印雙邊合作，印度政府加速與美國的軍事技術合作，計畫聯合開發軍用噴射發動機及防衛設備，這一舉動不僅能提升印度的國防自主能力，讓美國在南亞區域獲得更大的戰略影響力。

日本政府相對印度，則採取更加積極的經濟對策，以大規模投資換取美國的關稅豁免。首相石破茂宣布，日本企業將在美國投資高達 1 兆美元，涵蓋汽車製造、半導體及 AI 等高科技產業，試圖穩固企業在美國市場的競爭地位。日本為全球汽車出口大國，擁有完善且具經濟規模的汽車產業，日本政府正與美國進行密集談判，試圖避免美國被徵收更高關稅，畢竟日本的汽車製造業嚴重依賴美國市場，任何額外關稅都可能造成無法估計的損失。除貿易談判外，開始積極尋找替代市場，減少對美國市場的依賴，以降低未來可能出現的貿易風險。

相較於印度與日本的談判策略，歐盟則選擇更為強硬的立場。歐盟執委會直接對美國發出警告，表示如果美國對歐洲商品加徵 25% 關稅，歐盟將對美國農產品、科技產品及能源進口施加同等甚至更高的關稅作為報復。

歐盟因受到烏俄戰爭所帶來的影響，自 2022 年後高度依賴美

國 LNG 進口，歐洲地區因此成為美國 LNG 最大的出口市場。在遭受關稅貿易戰的影響後，歐盟開始尋求能源供應的多元化，期望在 LNG 方面，擴展來自非美國 LNG 的氣源，包含卡達、阿爾及利亞和挪威 (PNG) 的進口量，以減少對美國能源的依賴，確保自身能源供應的穩定性，在遭受美國關稅政策與俄羅斯中斷天然氣供應雙重打擊下的所採取的因應之道。

除上述主要經濟體，南韓、越南等國家同樣尋求應對方法。南韓政府決定提供 2,530 億美元的貿易融資，幫助出口企業抵禦美國關稅政策帶來的經濟衝擊。越南則積極開拓其他出口市場，減少對美國市場的依賴，並透過與東盟及歐盟的貿易合作分散風險。

### (三) 美國貿易戰的未來走向與全球市場的變革

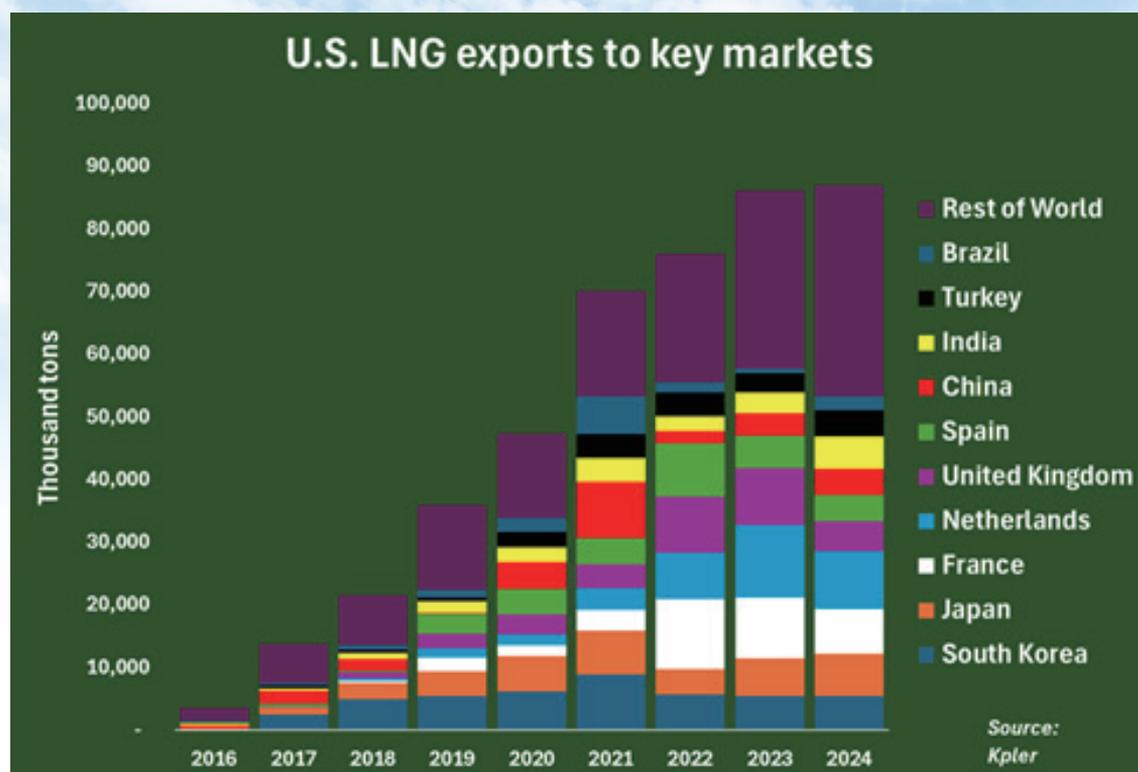
美國關稅貿易戰無疑將進一步改變全球貿易格局，無論是對中國大陸、歐盟或亞太地區造成巨大影響。印度與日本選擇透過增加能源合作和對美投資降低貿易摩擦，而歐盟則採取強硬立場，準備進行報復性關稅措施，以捍衛自身利益。其他新興市場則試圖分散風險，減少對美國市場的依賴，並尋找新的貿易夥伴。

然而，美國關稅政策的真正影響仍有待觀察，依據目前的動向預計 2025 年 4 月正式生效後，各國可能會採取進一步的報復措施，使全球貿易戰升級影響全球經濟，並可能因此重塑能源市場的流向和版圖變化。

## 二、美國天然氣產業動態觀測

美國在 2024 年仍為全球最大 LNG 出口國，總出口量達到 8,830 萬公噸，年增長率約 4%。政府近期對墨西哥、加拿大和中國大陸等國的進口商品實施高額關稅，並與多國達成新的能源貿易協商，關稅貿易戰將深遠影響全球能源市場，尤其是美國 LNG 出口產業，作為全球最大的 LNG 供應國，其出口戰略面臨新的挑戰，尤其在主要貿易夥伴可能祭出報復性關稅的情況下，這場變局不僅牽動美國能源業的發展，亦讓美國和歐洲、亞洲等主要進口市場的關係變得更加複雜（如圖 1）。

圖 1 美國 LNG 主要出口流向市場



資料來源：Reuters。

美國 LNG 市場除面臨關稅戰的不確定性，同時須應對來自卡達和澳洲的競爭。卡達的 LNG 合約長期穩定，價格更具吸引力，而澳洲則因地理位置優勢，更容易供應亞洲市場，如日本、韓國及中國大陸。美國的 LNG 價格相對波動較大，若中國大陸、歐洲對美國 LNG 加徵關稅，這些國家可能轉向卡達或澳洲採購，削弱美國的市場優勢。

此外，LNG 出口依賴港口和液化設施，如 Golden Pass LNG、Sabine Pass 等主要出口終端，若市場需求下降，上述設施的產能利用率將降低，進而影響美國 LNG 企業的獲利能力。另一方面，美國內部對天然氣的需求持續增長，尤其是燃氣發電領域，若出口市場萎縮，國內天然氣價格可能下跌，影響生產商的收益結構，甚至影響天然氣產業的發展方向。

面對上述挑戰，美國政府強調 LNG 產業將是能源主導地位的重要支柱，並推動一系列政策強化美國的 LNG 出口戰略。過往美國政府曾實行行政命令，暫停 LNG 出口許可審核，但新任政府恢復 LNG 出口審批流程，大幅縮短審

批時間，為 LNG 企業提供更大的發展空間。其中，恢復 LNG 出口許可審批、加快基礎設施建設成為核心措施，Golden Pass LNG 成為川普政府主導的第一個非自由貿易協定（Non-FTA）國家的出口專案，預計在 2025 年底開始生產 LNG，並於 2027 年投產。

美國政府亦希望擴大 LNG 在歐洲的市場份額，早於 2017 年川普時任政府便警告歐洲應減少對俄羅斯能源的依賴，轉向美國 LNG，如今俄羅斯天然氣供應縮減，美國 LNG 成為歐洲的重要選項。然而，歐洲市場是否願意長期依賴美國 LNG，仍取決於價格競爭力與長期合約的穩定性。若美國 LNG 價格無法保持競爭優勢，歐洲可能會轉向其他供應商，對美國能源出口將構成挑戰。

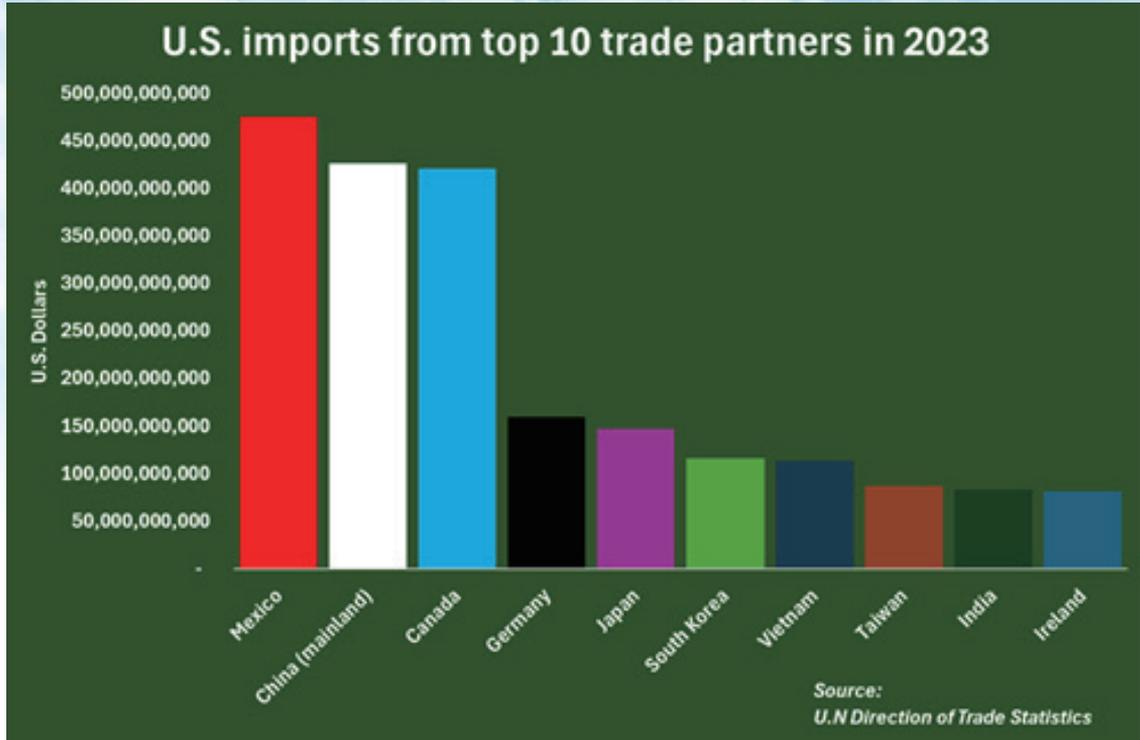
美國為能源開採、發電和電力分配相關設備的主要進口國。美國風力發電產業高度依賴加拿大、中國大陸及墨西哥的零組件，因此未來可能面臨進口成本大幅上升的風險。此外，美國公用事業公司為全球電網級電池系統與變壓器的最大進口國，上述設備主要來自中國大陸、韓國及日本，因此價格可能大幅上漲，對美國電力產業造成不小的壓力。

此外，加拿大與墨西哥過往為美國製造燃氣渦輪機的主要市場，如今關稅戰可能導致減少從美國進口燃氣渦輪機，進一步影響美國企業的銷售及生產。

美國的電力消費者也可能受到關稅戰的影響，因為加拿大為美國北部地區供應大量清潔能源，若美加貿易關係進一步惡化，電力供應可能減少，將對美國電網造成額外壓力，迫使公用事業公司提高燃氣與燃煤發電的比例，以填補缺口。

提高化石燃料發電比例將導致碳排放增加，並推升美國的天然氣價格，未來如果電力行業進一步依賴天然氣發電，價格可能會持續攀升，對整體能源市場帶來更多不確定性（如圖 2）。

圖 2 美國進口貿易主要來源國



資料來源：Reuters。

在關稅貿易戰中，美國 LNG 市場正處於關鍵時刻，雖然全球能源市場需求仍在增長，但若貿易戰的報復性關稅擴大，美國 LNG 企業勢必需要調整策略，以確保出口市場的穩定。美國能源政策的未來，將取決於如何在全球市場中維持競爭力，並在變動的國際貿易環境中尋找新的發展機會。

### 三、關稅貿易戰下，全球天然氣市場之衍生影響

#### (一) 歐洲課題 - 美國關稅政策、烏俄戰爭與歐洲能源市場之變局

美國政府在川普總統於 2025 年再度執掌白宮後，全球經濟與地緣政治格局迎來重大變化，不僅影響關稅貿易戰的走向，同時對全球能源市場，尤其歐洲的天然氣供應產生深遠影響。目前美國政府在強調「美國優先」的戰略考量下，針對全球實施貿易戰，歐洲除面臨關稅貿易戰對能源市場之影響下，烏俄戰爭對歐洲能源供應的影響尚未停歇。

2024 年底為俄羅斯天然氣運輸協議的最後期限，在關鍵的天然氣過境運輸協議到期後，俄羅斯經烏克蘭的 PNG 輸送終止，使得

歐洲必須依賴其他來源填補能源供應缺口，而美國正試圖藉此擴大自身能源影響力。上述議題不僅涉及能源供應安全，更牽動歐美關係、烏俄發展及全球市場的供需平衡。

然而，歐美之間曾經的合作與戰略默契，看似已逐漸成為過往。美國政府針對歐盟展現強硬表態，對歐盟進口的美國商品加徵 25% 關稅，與此同時，也對北約的支持態度轉趨消極，並於 2025 年 1 月初暫停對烏克蘭的軍事援助，顯示美國對歐洲安全與經濟問題的優先順序正在發生變化。

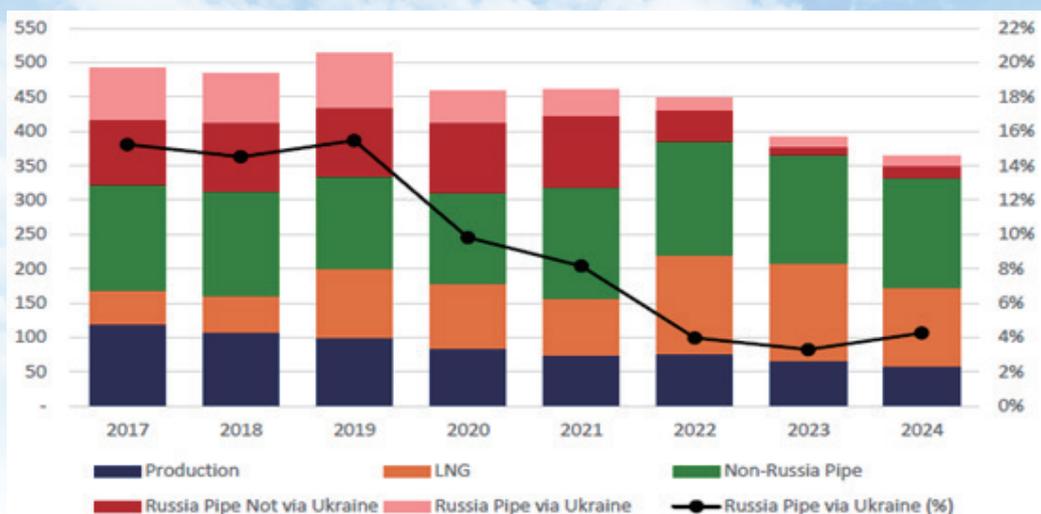
上述舉動並非歐洲第一次面臨來自美國的經濟施壓，早於川普第一任總統任期內，美國便已退出伊朗核協議，並對歐洲企業在伊朗的投資進行制裁，使得歐盟不得不另尋應對之策。美國政府當時甚至發出吊銷歐洲銀行在美國執照的警告，並向匯豐銀行、法國巴黎銀行等金融機構索取巨額罰款，使得國際金融機構淪為美國制裁的執行者。如今類似的壓力再次籠罩歐洲，並影響著整個能源市場的供應格局。

## （二）烏俄戰爭與歐洲天然氣市場的重組

歐洲的天然氣供應主要由本土生產、PNG 進口及 LNG 等三個來源組成。天然氣在夏季被注入存儲，在冬季則被提取，因此某些年度可能會有存儲的淨注入或淨提取。此外，歐洲市場中的部分 PNG 會被再出口至烏克蘭及摩洛哥。歐洲的淨天然氣供應係指總供應量減去再出口數量，並計入存儲的淨注入或提取。

2017 至 2019 年期間，俄羅斯的 PNG 占歐洲總天然氣供應的 34-35%，其中經烏克蘭運輸的俄羅斯天然氣約占 15%。到 2021 年俄羅斯的管道供應占歐洲總供應量的 31%，而經烏克蘭輸送的俄羅斯天然氣僅占 8%。但到 2024 年俄羅斯的 PNG 供應已降至 9%，而經烏克蘭輸送的僅剩 4%。值得注意的是，2024 年的流量數據比 2023 年高出 1-2%( 如圖 3)。

圖 3 歐洲天然氣供應來源 (2017-2024)

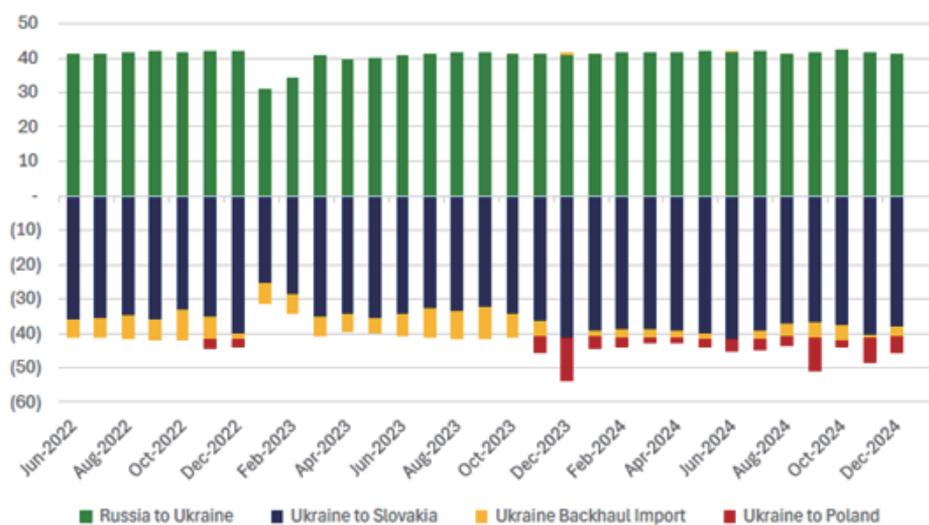


資料來源：OIES。

2024 年底俄羅斯已完全停止經烏克蘭輸送天然氣，預期將對中歐地區的能源安全產生重大衝擊，但對整個歐洲市場的影響則相對預期可控。依據市場數據顯示在 2024 年 12 月歐洲天然氣的總供應量平均為 1,549MMcm/d，而 2025 年 1 月則上升至 1,607MMcm/d。俄羅斯經烏克蘭管道輸送的 38MMcm/d 供應終止後，對整體市場而言僅占約 2.5%，影響並未如預期般劇烈，因歐洲市場的總體供應量增加 58MMcm/d，彌補損失的部分供應 (如圖 4)。

圖 4 烏克蘭管道天然氣流向平衡趨勢 (2022-2024)

單位：MMcm/d



資料來源：OIES。

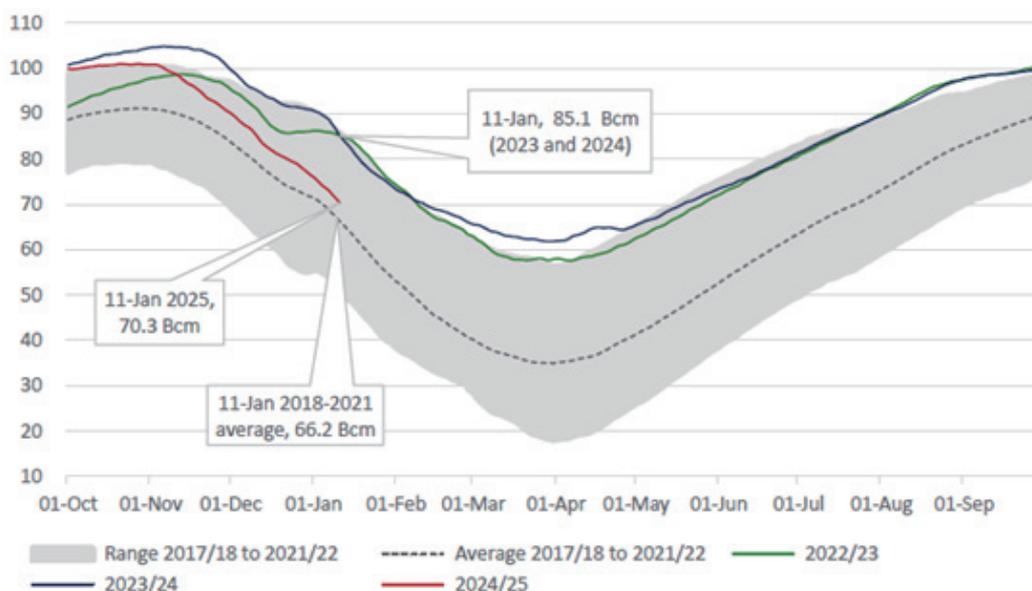
2025年1月初歐洲天然氣庫存的消耗速度成為市場關注的焦點，雖然當前庫存水準確實比前兩年同期低，但這並非僅因為俄羅斯PNG供應終止。2024年10月歐盟27國的天然氣庫存約為100Bcm，與2023年同期幾乎相同。惟不同之處在於2024年10月之後庫存補充量極少，並於11月開始大規模消耗，歸因於寒冷天氣的影響，導致燃氣發電需求飆升。12月中旬的另一波寒潮進一步推動庫存下降，與2022及2023年的情況類似。

真正的差異點在於2024年12月下旬至2025年1月上旬期間，歐洲天然氣供應總量比去年同期大幅增加，每日增加約240MMcm/d，此舉意謂儘管俄羅斯停止供應，但氣溫變化對需求的影響更大。因此，雖然烏克蘭管道關閉確實減少一部分供應，但若將其視為歐洲天然氣庫存下降17%（約14.8Bcm）的主要原因並不準確，歐洲天然氣需求的增長才是庫存大量消耗的只要原因。

在俄羅斯天然氣輸送終止後，歐洲對美國LNG的依賴大幅上升。2022年當歐盟轉向俄羅斯以外的供應商時，美國迅速填補市場需求空缺（如圖5）。

圖5 歐洲天然氣庫存變化(2022-2025)

單位 :bcm

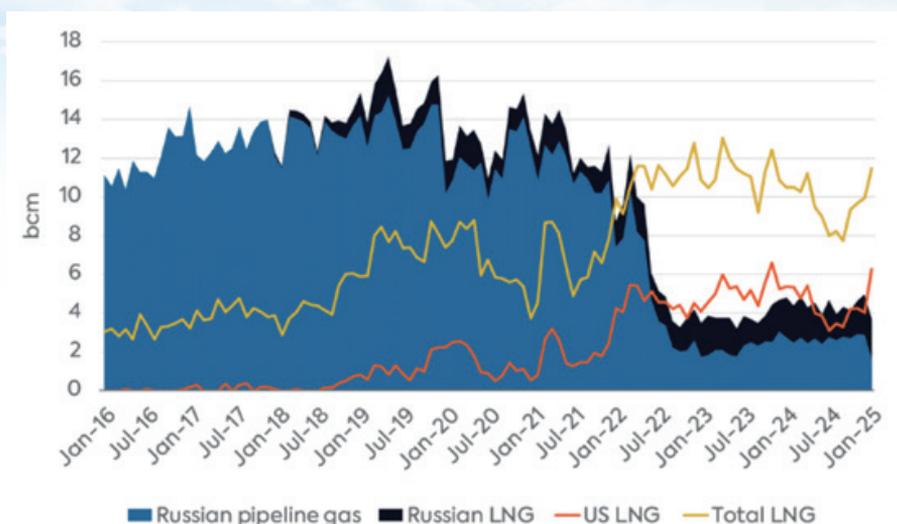


資料來源：OIES

上述的 LNG 進口情勢仍然延續至 2024 年，歐盟從美國液化天然氣進口量自 2023 年的 620Bcm 下降至 510Bcm。2024 年美國供應歐盟 45% 的 LNG 進口量 (1,140Bcm)，而歐盟則購買美國 43% 的 LNG 出口量 (1,190Bcm)。美國政府已公開表示希望擴大 LNG 在歐洲的市場份額，進一步加強歐洲對美國的能源依賴 ( 如圖 6 )。

圖 6 歐洲 PNG 與 LNG 進口來源 (2016/1-2025/1)

單位：Bcm



資料來源：CGEP。

歐洲天然氣市場正面臨著多種課題，包含尚未停止的烏俄戰爭、美國實施的貿易關稅戰，及每年都須面對的冬季天然氣需求 ( 天然氣庫存 ) 課題。歐盟在此波關稅貿易戰下，短期看來呈現劣勢，主要為歐洲天然氣需求已經高度依賴美國 LNG ( 尤其英國、德國、法國和荷蘭等國家 )，雖然歐盟仍可透過多元化供應策略，如擴大 PNG ( 挪威 )，及增加非美國的 LNG 氣源，如卡達、阿爾及利亞等鄰近氣源，惟上述國家的 LNG 產能擴張速度尚不如美國，卡達雖有新的二階段天然氣氣田 ( 北方氣田 ) 及 LNG 出口擴張計畫，若第二階段擴增完成預計可在 2026 至 2027 年追趕或甚至超越美國 ( 達到 1.2 億噸 / 年 )，惟依據卡達的設定目標，在第一階段的擴張預計在 2025 年底才能啟用，短時間內的天然氣供應仍需要美國協助，且在夏季期間必須固定注入天然氣庫存，以提早因應冬季需求 ( 11 月 ) 的來臨，並達成歐盟要求成員國設定之庫存水平目標。

在此背景下，美國政府的新關稅政策、烏俄戰爭的持續及歐洲能源市場的轉型，都將構成 2025 年全球市場的三大挑戰。歐洲的能源市場正處於重組階段，而美國則試圖填補俄羅斯留下的市場空缺。同時，中國大陸、印度及東南亞新興市場等對 LNG 的需求仍在快速增長，將會推升國際天然氣價格，使歐洲在氣源採購競爭中面臨更大壓力。

隨著美國政府推動更多單邊貿易與能源政策，歐洲被迫在自主及依賴之間尋找平衡點。雖然美國短期內能夠填補歐洲的能源需求，惟此種新的依賴關係是否會進一步削弱歐洲的經濟和政治獨立性，仍有待觀察。在這場全球能源與貿易重組的競爭中，歐洲能否成功擺脫俄羅斯的影響，同時減少對美國的依賴，將決定未來幾年的地緣政治格局。

### （三）亞洲課題 - 阿拉斯加天然氣管線計畫：川普政府的能源棋局與亞洲盟友的選擇

美國政府近來再次將能源議題推上國際舞台，此次的目標從美國本土天然氣資源，著眼於非本土的阿拉斯加天然氣和出口計畫。美國政府於 2025 年 2 月宣布推動阿拉斯加天然氣管線（Alaska Gas Pipeline）計畫，而日本及南韓預計將成為關鍵投資夥伴。

阿拉斯加天然氣管線計畫的投資成本高達 440 億美元（約 1.4 兆台幣），此計畫目前仍為大規模的擬議項目，該管線預計將阿拉斯加北坡（North Slope）的天然氣輸送至 800 英里以南的尼基斯基（Nikiski），將天然氣液化後並出口至海外市場，而 LNG 出口流向有極高機率為非中國大陸的亞太市場能源大國，如日本（全球第二大 LNG 進口國）與韓國（全球第三大 LNG 進口國）。

日本政府現規劃透過投資阿拉斯加管線計畫以增加對美國天然氣的進口，而日本並非唯一考慮增加美國能源供應的亞洲能源進口國，韓國和美國已同意建立工作小組，共同討論阿拉斯加天然氣管道計畫、能源、造船、關稅及非關稅壁壘等問題，韓國政府表示對中東能源供應的依賴程度很高，因此多元化進口來源是能源安全的關鍵部分，同時也被外界視為在關稅政策下的對美國釋出友好態度，進行雙方能源領域的潛在合作。

阿拉斯加天然氣管線計畫不僅為一項大型天然氣與 LNG 基礎建設，更為美國政府在關稅貿易戰及國家能源戰略中的重要一步，

旨於提升美國在全球 LNG 市場的主導地位，同時削弱亞洲國家（尤其日本和韓國）對俄羅斯與中東、澳洲等 LNG 出口之依賴。美國政府大力宣傳阿拉斯加天然氣管線計畫的經濟和地緣政治效益，不僅能帶動美國就業，更能強化與亞洲盟友的戰略合作。然而，儘管美國政府展現高度樂觀態度，但投資成本高達 440 億美元的計畫，日本和韓國是否確實會與美國達成投資協議，基於現實的經濟考量和能源需求使得這場合作仍充滿變數，日韓的舉動或許僅為在關稅貿易戰下，展現遞出橄欖枝的短暫策略方案（如圖 7）。

圖 7 阿拉斯加天然氣管線計畫與出口示意圖



資料來源：highnorthnews。

從阿拉斯加北坡向亞太市場出口天然氣的計畫具有絕佳的地理位置。阿拉斯加擁有豐富的天然氣儲量，距離亞洲僅 1 週多的海上航程（相對從美國本土約至少 3-4 週），而亞太地區恰好為全球最大的 LNG 市場。若阿拉斯加管線計畫如實成行，將有望加速 LNG 出口的流向，且可更即時因應亞太市場的 LNG 需求變化。

阿拉斯加天然氣管線的概念並非全新的概念，美國政府在早期即有開發和投資阿拉斯加天然氣資源，並進行小量出口，惟長期以來因高昂的建設成本及市場競爭壓力，使得阿拉斯加天然氣管線計畫遲遲無法推進（如圖 8）。

圖 8 阿拉斯加 LNG 出口流向與航程示意圖



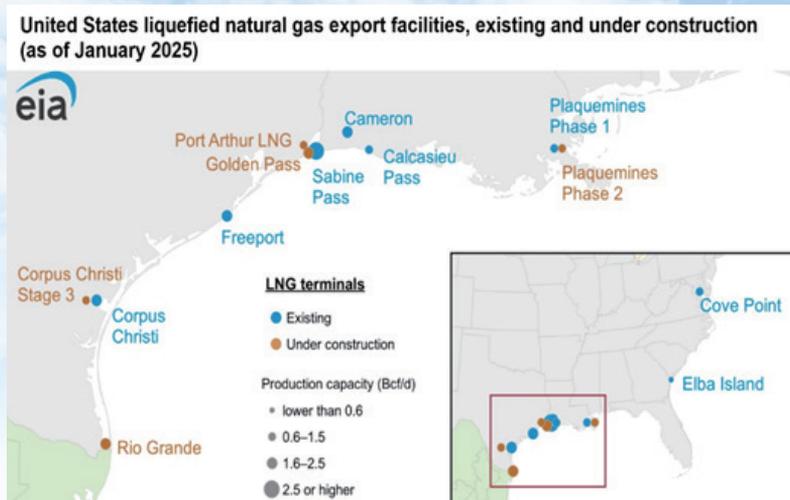
資料來源：本文繪製。

自貿易戰以來，美國和中國大陸的經貿關係動盪不安，對中國的 LNG 出口不再如過往順暢，因此美國希望拉攏日本與南韓成為主要買家，以確保自身能源企業的市場穩定性。此外，同時希望透過此計畫，減少亞洲國家對俄羅斯和中東天然氣的依賴，讓這些國家在能源供應上更傾向於美國，進而在地緣政治上獲取更大的影響力。

2024 年底美國本土第 8 個 LNG 出口計畫 Plaquemines LNG 正式啟用 (名目產能 1.3bcf/d)，美國本土現已有 8 座液化出口廠 (集中於墨西哥灣區)。美國能源署 (EIA) 預估至 2028 年當其他的既有出口計畫產能擴充，及新的出口計畫啟用 (含 Golden Pass LNG、Rio Grande LNG 與 Port Arthur LNG)，美國 LNG 出口產能將提升至 21.2bcf/d。

美國希望透過此項計畫，將 LNG 出口產能延伸至美國本土外，透過引入國外的資金，將阿拉斯加豐富的天然氣資源輸送至美國西岸，再進一步液化出口至亞洲市場，此作法符合美國當前的能源戰略，試圖藉由擴大 LNG 出口來改變全球能源供應版圖，進一步降低對中國大陸市場的依賴 (如圖 9)。

圖 9 美國本土 LNG 出口計畫分布位置



資料來源：EIA。

依據現行全球 LNG 進口情勢，日本長期與多個能源供應國保持穩定合作，包括澳洲、卡達和俄羅斯。美國 LNG 雖然在供應來源的多元性上對日本有一定吸引力，惟阿拉斯加 LNG 價格是否具競爭力仍為一大考量。日本企業須考量美國 LNG 的運輸及基礎建設成本，尤其在阿拉斯加天然氣管線尚未完全落實的情況下，最終成本是否能與現有供應商競爭，仍為日本企業（公用事業）審慎評估的重點。除此之外，日本政府亦須考量美日貿易關係的整體格局，美國政府頻頻要求日本在貿易上做出更多讓步，LNG 合作是否會成為談判的一部分，日本政府仍在權衡。

相較於日本的謹慎態度，南韓則展現出相對積極的態度。南韓政府近日和美國官員會面，並成立專門的工作小組，研究阿拉斯加天然氣管線計畫的可行性。南韓對 LNG 的需求與日俱增，加上與美國在能源合作上已有多項協議，使得這項計畫對南韓而言具有一定吸引力。

然而，儘管南韓政府已展現興趣，投資規模與參與方式仍未明朗，尤其在美國近期提高對南韓部分產品的關稅之際，南韓政府可能會將 LNG 合作視為貿易談判的一環，以換取美國降低關稅或提供其他貿易優惠。此外，南韓政府也須考量自身的能源轉型目標，正在大力推動再生能源發展，若在 LNG 上投入過多資源，是否符合長遠的能源政策，仍是政府決策者需權衡的問題。

美國積極推動此項計畫，若能成功爭取日本與南韓的大規模投資，將對全球能源市場產生深遠影響。首先，美國將進一步鞏固其 LNG 市場地位，使

亞洲市場更依賴美國能源供應，削弱俄羅斯與中東國家的影響力。其次，將讓美國在亞洲地緣政治上的影響力進一步提升，使日本和南韓在能源安全上更加依賴美國，可能影響上述國家在其他國際議題上的決策。然而，計畫的成功仍面臨不少挑戰，最關鍵的因素在於成本與競爭力。阿拉斯加的 LNG 價格能否和澳洲、卡達等現有供應商競爭，仍有待市場驗證。建設阿拉斯加天然氣管線與相關液化設施需要大量資本投入，建置與完工時間過長，且環境影響評估的審核同樣為此投資計畫的考量風險，投資風險和回報是否符合日本與南韓的預期，將影響兩國是否願意大規模參與。若日韓選擇分散供應來源，轉向澳洲、卡達或其他供應商，則美國的 LNG 出口計畫可能無法如預期發展。

阿拉斯加天然氣管線計畫象徵著美國能源戰略的一大轉變，美國政府希望透過此計畫，不僅為美國能源企業創造新的出口市場，更進一步重塑亞洲的能源供應格局。日韓作為全球 LNG 進口大國，其態度將決定未來的發展方向。然而，儘管美國極力推動，仍面臨市場現實的挑戰，日本與南韓是否真的願意投入高額資金，仍存在極大不確定性。

## 結語

美國新任政府實施關稅貿易戰，為地緣政治格局帶來重大變化，影響範圍將涉及烏俄戰爭、中東衝突、美中關係，及美國與全球貿易夥伴的關係。美國政府已明確表示，將不再維持現狀，並可能積極將能源和關稅作為外交與經濟武器影響全球事務。美國政府對能源市場的影響，可能遠遠超過國內能源政策，綜觀美國政府近期的多項措施，包含大力支持開發頁岩油氣發展，放寬開採限制，並取消對 LNG 項目的審核限制。新的能源政策方向將包含解除前任政府的 LNG 項目凍結、支持美國化石燃料產業的發展，並削弱既有氣候政策，預期將會對全球氣候談判與能源市場的平衡產生重大影響。

美國政府與各國如何在權衡經濟發展和能源穩定供應，所推動的因應措施，及所選擇的競爭或合作局勢，都將對全球天然氣市場有著極大的影響力。美國推動關稅貿易戰態度與執行力道，及各國的因應策略和方針，將牽動 2025 年能源市場的走向。2025 年可能標誌著全球能源市場的重大轉折點，市場將面臨來自政治、經濟與貿易變革的多重挑戰，地緣政治和能源市場的較量，將為各國政府與全球天然氣產業聚焦關注的重要議題。

## 參考文獻

- 一、Alaska Public Media(2025/3),Trump touted a ‘gigantic’ new Alaska pipeline in his address to Congress.Here's what we know about it.
- 二、Deutsche Welle(2025/3),South Korea,Japan Interested in US gas pipeline,Trump says.
- 三、EIA(2025/1),The eighth U.S.liquefied natural gas export terminal,Plaquemines LNG,ships first cargo.
- 四、OIES(2025/1),The-End-of-Russian-Gas-Transit-via-Ukraine.
- 五、OIES(2025/1),Key-Themes-for-the-Global-Energy-Economy-in-2025.
- 六、Oil Price(2025/2),Trump Bets Big on Asia for U.S.Energy Dominance.
- 七、Oil Price(2025/2),LNG Is A Seller Market For Now.
- 八、Oil Price(2025/2),LNG Takes The Crown in Trump's Energy Push.
- 九、Oil Price(2025/2),U.S.LNG Exports Surge But Long-Term Growth Uncertain.
- 十、Reuters(2025/3),US approves LNG export extension for Golden Pass.
- 十一、Reuters (2025/3),Trump says Japan,South Korea want to partner with U.S.in Alaska pipeline.
- 十二、Reuters(2025/3),Key US energy data trends to track as tariffs kick in.
- 十三、Reuters(2025/3),Europe will struggle to slip US economic chokehold.
- 十四、Reuters(2025/3),South Korea and US to form working group on Alaska LNG project,tariffs.
- 十五、Reuters(2024/9),US LNG export dominance tested as Europe's demand wilts.
- 十六、The Economic Times(2025/3),Trump says Japan and South Korea want to partner with the US in Alaska pipeline.

# 欣雄天然氣公司 守護您的 用氣安全



時刻供應穩定、安全的天然氣  
讓溫暖與安心相伴每一刻



當管線鬆脫導致大量漏氣  
會緊急遮斷



當瓦斯使用超過設定時間將進行遮斷  
依用火大小不同，遮斷時間不同



震度五級以上地震  
使用中的瓦斯將立即遮斷



微電腦表專區



欣雄天然氣股份有限公司

公司地址:高雄市鳳山區國泰路一段99號

電話:(07)741-6101

廣告

# 論可再生天然氣之 生產與應用

資深石化人 謝俊雄

## 前言

可再生天然氣（或稱再生天然氣 Renewable natural gas, RNG）是一種可永續、管道品質的天然氣，應用於取代家庭用、營業用等廣泛的需求外，更可大量適於交通運輸工具的低碳燃料、輕重工業生產工廠燃料及生質塑膠等。

眾所周知，依巴黎氣候變化公約等國際條約，全球預定於 2050 年達成二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 之淨 - 零排放，亦即須以低或無 CO<sub>2</sub> 排放的能源取代長久以來使用之化石能源，特別是石油、天然氣、煤炭等為主，代之以可再生能源，此乃畫時代的一項重大的「能源轉型」工程。

自 18 世紀工業革命以來，不斷燃燒化石能源，產生巨量溫室氣體，充斥於地球大氣層，造成暖化，導致氣候劇變。各項災害接踵而來，日益嚴重，因此能源轉型工程已勢在必行，且事不宜遲。歐盟各國甚至計畫提早至 2030 年就要達成一半 CO<sub>2</sub> 減量，我國政府亦宣布課徵碳稅。

在目前使用的主要能源中，石油與煤炭燃燒後之 CO<sub>2</sub> 排放量遠高於天然氣；是故，在推動節能減碳前階段，將以天然氣取代石油和煤炭為主要手段，預計 2030 年前天然氣仍將持續扮演重要角色。

在國內重工業、發電廠等能源密集產業紛紛以燃氣取代多年來使用的重油或煤炭，已是現在進行式，然而遭遇的困難仍不只一端，為擺脫南電北送問題，需將北部的電廠燃氣化，但天然氣進口接收站籌建困難重重，如第四接收站尚因環保乙事，未能付諸實施。

另外，即使接收站順利完工，可能又會面臨國外天然氣供應的課題，在各國競相搶購下，怎麼順利尋覓足夠供應氣源，將是未來的重大考驗及難關。如能善加利用國內高度發展的煉油 -- 石化設備，將大量農林廢棄物、堆積如山的垃圾及回收的 CO<sub>2</sub>、廢棄塑膠進行加工，變成合成天然氣或可再生天然氣，非僅是廢物處理與有效運用，更是天然氣供應的解決方案，蓋因此類廢料多屬生

質物或合成化學原料，利用研發技術化腐朽為黃金。

## 一、何謂可再生天然氣？

生物化學法獲得的可再生天然氣，是經過調節與升級（純化），去除或減少非甲烷元素的沼氣，亦即移除二氧化碳、水分、硫化氫和其他微量元素，成為滿足天然氣系統使用純度標準的沼氣，此種沼氣又名生化甲烷。甲烷正是天然氣的主成分，基本上是由食物垃圾、農業垃圾和污水污泥等有機廢棄物所產生。

生化系可再生天然氣是管道品質的氣體，能與傳統天然氣完全互換，也可用於天然氣汽車，本質上是經過加工達到純度標準的生物氣（有機物分解產生的氣態產物）。與傳統天然氣一樣，可再生天然氣也可製成壓縮天然氣（CNG）或液化天然氣（LNG）的形式，用作運輸燃料，依據再生燃料標準，可再生天然氣屬於先進生物燃料。

生化甲烷是經過純化的管道燃料的另一術語，即已清潔和調節的沼氣。沼氣是透過生物化學過程（如厭氧消化）或熱化學方法（如氣化）從各種生質來源產生。經過少量清理，沼氣就可用於發電和加熱，並可取代傳統天然氣作為發電廠提供發電燃料和熱能，但不能供汽車燃料應用。

生化可再生天然氣也可透過生化過程 (Biochemical process)，如厭氧性消化反應 (anaerobic digestion) 或熱化學程序 (thermochemical process)、氣化 (gasification) 等技術，以生質物 (Biomass) 為原料進行人工生產。

可再生天然氣的應用領域已如前述，其優點是可以替代目前大量耗用之化石系天然氣，減少溫室氣體排放，促進低碳天然氣的使用，同時避免廢物中的甲烷轉移到大氣中，所以生化系可再生天然氣的來源有別於化石系能源，可利用環保廢棄物、農林廢棄物等即時製造，不像化石系能源需經過千百萬年之形成歷程，用完就沒有。順帶一提，石油、天然氣等化石系產品又是如何產生？如教科書上所揭石油、天然氣等化石能源是由海生物變成，在亙古蠻荒時期，星球形成時的海洋中存在著數不盡的生物，尤其是微生物，後因某種天搖地動之巨變，海洋變成陸地，而陸地變成海洋。在經過漫長時光後，原存在於海洋中的微生物滅絕而轉化成碳氫化合物，即石油、天然氣等化石能源。

有研究學者稱，曾在標高 5000 公尺的崑崙山上之岩石中發現原存在於海洋中之貝殼，是為佐證。然是否真如此？以今日人類智慧欲確證，尚頗費思量。就如同過去 1960 年代美蘇兩強爭霸時期，先後登陸月球，並成功攜回月球土壤岩石標本進行研究。在一次各方專家、學者之研討會中，針對月球及其他宇宙物質之形成理論，發言盈庭，爭相構思，敞開思緒，無邊際地臆測，但仍無法達成共識，僅記得提及「天際間 50 億年前必曾經發生巨變」！

依此，對石油、天然氣的來源實仍無解，然而此等能源創造今日人類高度文明與生活的幸福是不可否認，但可確信的是，總有用罄的時候。所幸，像合成汽油、可再生天然氣等非化石能源，今日已可依需要而生產，源源不斷地供應，誠乃拜現代技術進步之賜。

生物化學法人工生產可再生天然氣之生產技術正處開發期，其原料有多種來源，包括如后：

- (一) 都市固體廢棄物掩埋場
- (二) 廢水處理廠
- (三) 畜牧養殖場
- (四) 食品生產設施等

透過以上來源得出之原始沼氣進行升級處理，去除水分、CO<sub>2</sub> 和其他污染物而得出產品，升級後的產品氣中甲烷含量為 90% 或更高。

至於可再生天然氣較之既有化石系天然氣，具有如下的優勢：

- (一) 可再生天然氣具碳中和性 (Carbon neutrality)：可以回收原本會流入大氣中的甲烷。
- (二) 能源多樣化：透過取代化石燃料支持向永續能源結構的轉變。
- (三) 減少廢棄物：將有機廢棄物轉化為寶貴的能源，減少環境污染。
- (四) 相容性：無需做任何修改，即可在現有的天然氣基礎設施和設備中使用。

故生物化學法生產可再生天然氣，在推動清潔能源目標和解決廢棄物管理挑戰方面可發揮非常重要的作用。

## 二、生化法可再生天然氣之製造

以下以美國為例，敘述幾種生化法可再生天然氣的製法：

### (一) 垃圾掩埋場產生的沼氣

垃圾掩埋場是指定用於處置從住宅、工業和商業實體收集的廢棄物的地點。依據美國環保署 (EPA) 的數據，垃圾掩埋場是甲烷排放的第三大來源。來自垃圾掩埋場的沼氣也稱為垃圾掩埋氣 (Landfills gas, LFG)，因為消化過程發生在地面，不是「厭氧消化器」。EPA 的數據指出，截至 2023 年 7 月共有 532 處正在運作中的 LFG 設施，大多數都將沼氣用於發電，而不是為天然氣汽車提供動力。

### (二) 畜牧業產生的沼氣

畜牧養殖場的沼氣回收系統可用於生產可再生天然氣。動物糞便被蒐集並運送到厭氧消化器，以穩定和優化甲烷產量。產生的沼氣可以加工成可再生天然氣，用於為天然氣汽車提供燃料或發電。

截至 2023 年美國商業畜牧場中約有 470 個厭氧消化系統在運作，大多數此類設施都使用沼氣發電，有些農場正在使用沼氣生產運輸燃料，包括加州的 Calgren Dairy Fuels 和印第安納州的 Fair Oaks Farms。環保署的 AgSTAR 資料庫提供有關在美國使用此類系統的更多資訊。

### (三) 廢水處理產生的沼氣

透過消化廢水處理過程中去除的固體，可以產生沼氣。依據美國環保署的估計，這種沼氣潛力約為每 100 加侖廢水可產生 1 立方英尺的消化氣。另美國國家清潔水機構協會、水環境研究基金會和水環境聯合會發布的研究 (PDF) 顯示，美國污水處理廠 (WWTP) 產生的能量可滿足全國 12% 的電力需求，這也可能刺激一些用於車輛的可再生天然氣的生產。

美國有超過 16,000 處污水處理廠，但只有大約 1,200 處配備厭氧消化設備，其中 860 處配備現場使用沼氣的設備。科羅拉多州朗蒙特市污水處理廠就是利用沼氣，生產車用可再生天然氣的典範。

#### (四) 其他沼氣來源

其他沼氣來源包括來自工業、機構和商業實體的有機廢物，例如食品製造和批發商、超市、餐廳、醫院及教育機構。以美國加州佩里斯的生物消化器為例，該消化器生產的可再生天然氣足以為其 900 輛汽車提供燃料。也可以透過熱化學轉化、共消化和乾燥發酵從木質纖維素材料（如作物殘渣、木質生質物和專用能源作物）中生產沼氣，這些技術正在歐洲進行研究，在美國應用尚屬有限（如圖 1）。

圖 1 美國牛奶運輸車在一座可再生天然氣添加站加氣



資料來源：網路報導，ampCNG 圖片。

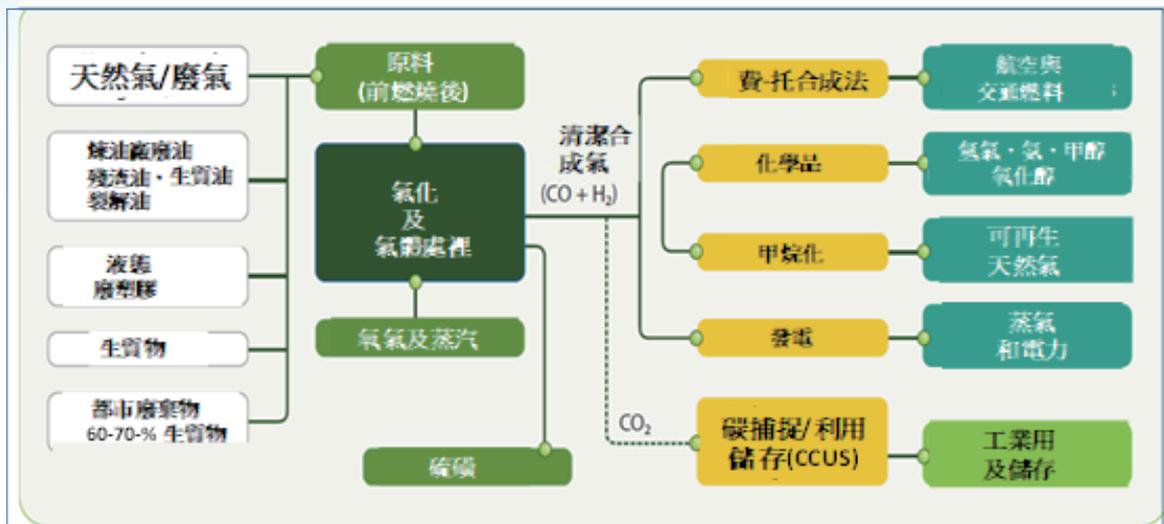
### 三、石油化學法生產可再生天然氣

今日全球能源轉型正在緊鑼密鼓地推動，而依據近日國際間諸多報導，為降低燃料燃燒後的 CO<sub>2</sub> 排放，低碳能源已有不少生產之創新技術正在研發中，此乃在探索一些最新的可永續技術。除前面所提的生物化學技術外，石油化學法可製造更多低碳新型燃料，包括可再生天然氣、航空與交通燃料、氫氣、氨氣、甲醇、氧化醇等。

圖 2 可知，由石油化學法生產可再生天然氣，可用石油、天然氣等化石系產品廢油及生質物為原料，經過費 - 托合成法 (Fischer-Tropsch Synthesis) 生成低碳排放或無碳合成燃料，且具循環經濟性。而前述生物化學法生產可再生天然氣，則是以生質物為原料經天然或發酵法等技術得出沼氣，經升級處理，成為品質與一般管線天然氣相當，具循環經濟性之可再生天然氣。

這方面的技術發展，為液化天然氣、生物燃料、氫氣和二氧化碳捕捉設施中的關鍵任務應用提供支持與強化之動力。

圖 2 由石油化學製程生產可再生天然氣及多種循環經濟產品



資料來源：Decarbonisation magazine。

在此關鍵任務應用領域中，已有一種由歐洲 nVent Raychem 公司研發名為 TracerLynx 3D 的熱管理系統設計軟體 (Heat management system design software) 發表，被認為是代表新近技術創新的巔峰，可提供滿足這些行業嚴格要求的全面解決方案，其精確可靠的熱管理，盡是先進的技術設計能力。

這項設計軟體以先進的設計功能而聞名，其功能使工程師能夠在熱管理系統的設計中利用 3D 模型的所有屬性，使用這些模型屬性獲得的精度在溫度控制方面，對於安全性、效率和操作等應用，至關重要。

針對可再生天然氣、液化天然氣、生物燃料、氫氣和 CO<sub>2</sub> 捕捉設施，提供這項新軟體技術可供作全面性解決方案，尤其是可為客戶建立 3D 主工廠模型數據，而能在前端規劃、詳細工程、採購、施工、試車和生產營運階段充分利用 3D 模型環境的優勢，正是目前熱門的數位化及 AI 技術的應用，使新產品之開發能力如虎添翼。

## 四、先進技術有利於合成燃料生產

上述 AI 軟體讓使用者可清楚目視複雜的管線、設備及儀器，確保每一組件都正確整合到系統中。結構鋼材、電力、儀表電纜托盤及區域分類分隔的整合，提供降低風險和防止可能危及關鍵任務流程的潛在故障所需的全部細節。

這也是一項高度客製化之技術設計解決方案，能夠依據每一應用的特定需求提供解決方案。對於可再生液化天然氣設施，低溫是一個持續的挑戰，該軟體支援專門的設計，以確保維持最佳的絕緣和溫度。在生物燃料和氫氣生產中，精確加熱對於化學反應和製程穩定性非常的重要。此軟體技術可以提供有針對性的解決方案，因而提高生產力和安全性。同樣的，應用在 CO<sub>2</sub> 捕捉設備，也可實現高效 CO<sub>2</sub> 分離和儲存所需的複雜熱管理。

高效率 and 最佳化是軟體技術的核心，不僅協助初始設計階段，而且在持續的系統優化中發揮重要的作用。

總而言之，熱管理系統設計軟體對於在 LNG、生物燃料、氫氣和 CO<sub>2</sub> 捕捉設施工作的工程師來說，是無價的工具，其先進的設計能力、客製化解決方案、效率優化、安全特性和規模可擴展性，使其成為關鍵任務應用的基石。透過利用 TracerLynx 軟體的強大功能，生產設施可以實現更高的可靠性、安全性和效率，最終推動業者工廠操作順利。

### 結語

可再生天然氣可分生物化學系和石油化學合成系兩類，均屬於可再生之低碳燃料。今日在全球推動能源轉型中，可增強、分擔傳統天然氣供應之角色。尤其是此二種可再生天然氣都是以生質物或化石系油料之廢棄物為原料，兼具廢棄物處理與利用之利益。

尤有甚者，可再生天然氣之產銷不僅有助於地球 2050 年達成碳中和的目標，而且具有循環經濟的功能，深具意義。

本文所敘述由石油化學合成法生產可再生天然氣，乃是一項新近之技術創新。尤以 AI 軟體之應用，乃製程中熱管理系統設計與建廠工程應用之重要解決方案，對從事 LNG 工作是非常寶貴的工具。這項新研發之工具，有助於生

物燃料、氫氣和CO<sub>2</sub>捕捉設施之先進設計能力、客製化解決方案、效率最佳化、安全功能和規模可擴展性，使其成為基礎關鍵性任務應用程式。透過利用新技術的強大功能，此類低碳燃料之生產設施可以實現更高的可靠性、安全性和效率，最終達成此類合成、低碳燃料廠的成功運轉。

## 參考文獻

- 一、Decarbonisation magazine，Nov.2024。
- 二、關網路資訊報導。
- 三、hatGPT 資料等。

# 漫談氫能經濟——全球及台灣 氫能發展近況

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

氫能是潔淨能源，備受國際關注，更是 2024 年聯合國氣候峰會（COP 29）的主要倡議。國際能源總署（The International Energy Agency, IEA）評估全球若要於 2050 年實現淨零碳排，氫能應用在整體能源供給的比例需達 13%；為達到淨零目標，各國紛紛修法，將氫能納入能源政策，展開氫能經濟。在我國氫能也被定位為實現淨零排放的關鍵策略，目標是 2050 年在總電力中達到 9% 至 12% 的占比，目前正由國營事業帶領民間產業積極布局推動氫能基礎設施、供給和應用。本文概述氫能經濟、IEA 2024 全球氫能回顧報告 (Global Hydrogen Review 2024) 及我國氫能近年發展狀況，供各界參考。

## 一、氫能經濟概述

### （一）氫氣

氫氣燃燒不會排放碳或其他污染物（如懸浮粒子），是一種對環境友善，並且用之不竭的乾淨能源。氫氣可用於燃燒發電、工業化學生產、煉油廠、國際航運和煉鋼，有助於逐步淘汰化石燃料及限制氣候變遷。氫氣由於具高度爆炸性，有安全顧慮，其儲存、管線運輸及使用都具有挑戰性。

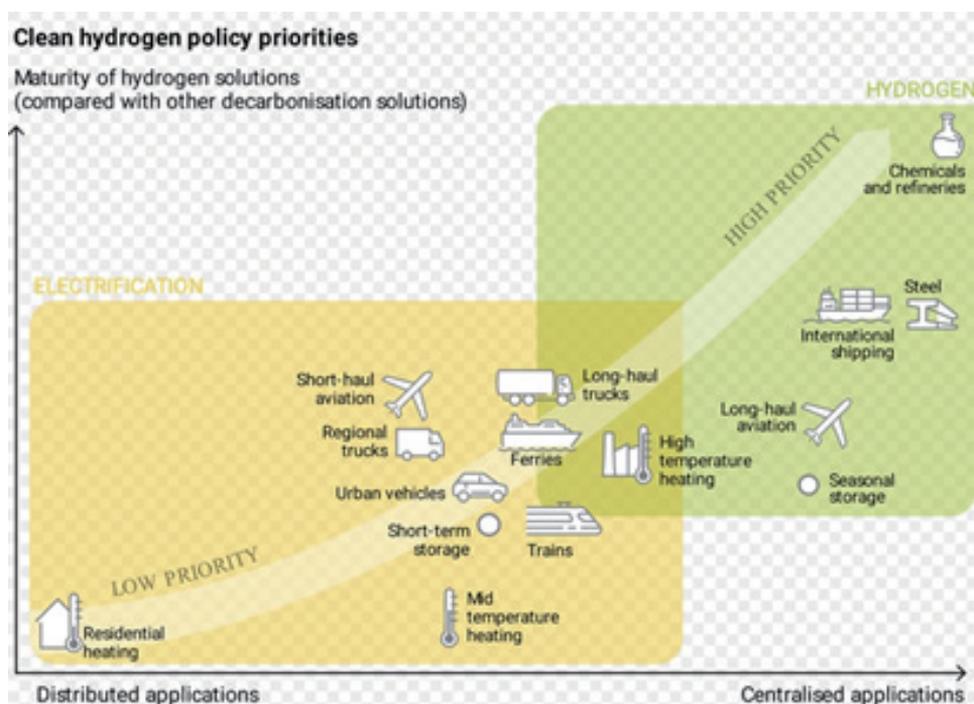
氫氣有多種來源，依據不同工業製程，分成褐氫、灰氫、藍氫及綠氫，另有地層中天然產生的白氫。褐氫指通過將煤加熱到高溫，並注入蒸氣或氧氣進行氣化分解生成的氫氣，此過程也伴生一氧化碳和二氧化碳，因此碳排量極大。灰氫是透過天然氣和水蒸氣加熱重整技術製得，成本較低，但過程中仍會排放大量二氧化碳。同樣是藉由天然氣重整技術製得的灰氫，若配合碳捕捉與封存技術（CCS）減少碳排放則稱為藍氫，環保程度和成本位居中等。綠氫是利用可再生能源發電電解水製得，過程僅會排放水，碳排放幾乎為零，在能源儲存上，綠氫可做為可再生能源的儲能方式，將間歇性能源（如風能和太陽能）轉化為穩定可用的能量。

不同來源的氫能中，環保程度最高是綠氫，其次是藍氫、灰氫，最低的則是褐氫。綠氫與藍氫是低碳排氫，但生產成本較高，目前大多數氫氣生產都是透過蒸氣重整天然氣生產（天然氣已經是一種很好的燃料，正在迅速變得稀缺和昂貴）的灰氫，因此也是一種化石燃料，重整過程中釋放的二氧化碳會加劇溫室效應。低碳和零碳氫的生產成本正在不斷變化，可能受到碳稅、能源地理及地緣政治、能源價格、技術選擇及原材料需求的影響，預期會顯著降低。

## （二）氫經濟

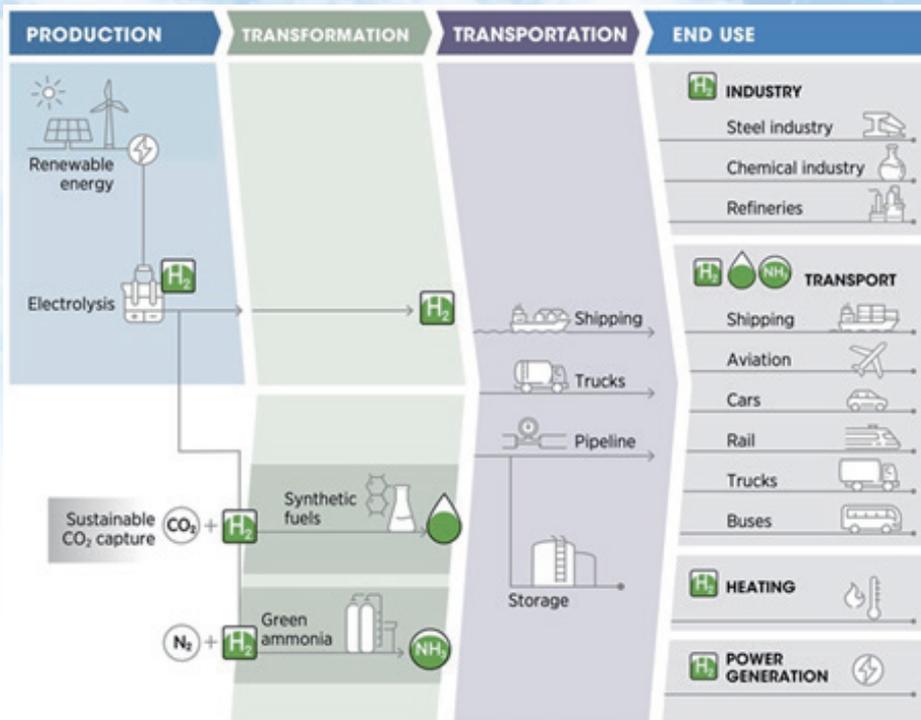
氫經濟的概念是廣泛使用氫氣作為能源載體的經濟結構生產氫氣，通過管道輸送到需要的地方，乾淨轉化為熱能和電力，或儲存起來備用。為限制全球暖化，預期未來的氫經濟將以低碳氫取代灰氫，最終用途主要是重工業（如電力、生產綠色氨和有機化學品的原料、作為煉鋼用煤焦炭的替代品）、長途運輸（如航運）、氫動力飛機及重型貨車（如圖 1、2、3）。

圖 1 氫能應用圖，國際再生能源總署表示，氫能在化學生產、煉油、國際航運和鋼鐵製造等領域具有減碳潛力。



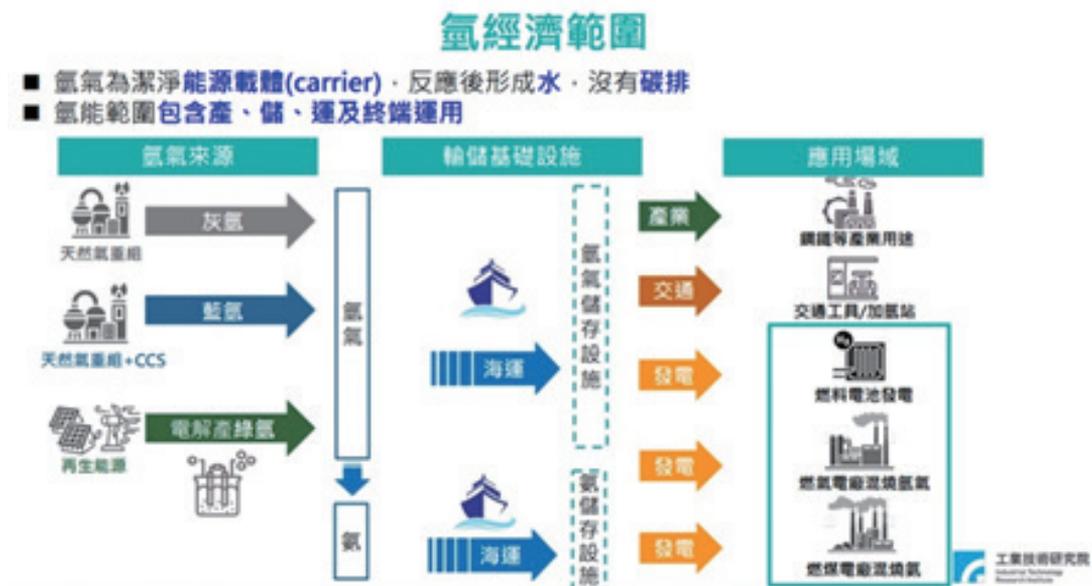
資料來源：IRENA。

圖 2 國際再生能源總署於 2022 年提出的綠氫價值鏈



資料來源：IRENA(2022)。

圖 3 氫能經濟範圍包含產、儲、運及終端運用



資料來源：工技院綠能所 2022 PDF。

1923 年遺傳學家 JBS Haldane 提出使用氫作為主要儲能方式的概念，1970 年 John Bockris 在通用汽車 (GM) 技術中心發表演講首先提出氫經濟一詞，認為以核能和太陽能為基礎的氫能作為能源載體，有助於解決人們對化石燃料枯竭及環境污染的擔憂。1970 年密西根大學 Lawrence W. Jones 也呼應氫可以解決能源安全與環境挑戰，主張以核能作為電解能源製氫，應用在航空及重型貨物運輸。

現今氫經濟與早期觀點一樣，強調電和氫的互補性，及使用電解生產氫。為將全球暖化限制在 1.5°C 的需要，優先考慮重工業綠氫的生產、運輸和使用，而氫在輕型汽車中的應用卻未如預期，到 2022 年底全球僅售出 70200 輛氫動力汽車，相較之下，插電式電動車的銷量為 2,600 萬輛。

### (三) 氫經濟市場規模

2022 年全球氫氣產量價值超過 1550 億美元，預計 2030 年每年將成長 9% 以上。2021 年生產 9,400 萬噸分子氫，其中約六分之一是石化工業製程的副產品。大多數 (99% 以上) 氫氣來自化石燃料，主要透過天然氣蒸氣重整 (70%) 和煤氣化 (30%)，不到 1% 的氫生產是低碳，包括透過碳捕獲、儲存進行化石燃料蒸氣重整、電解生產綠氫及利用生物質生產氫。2021 年氫氣生產所造成的二氧化碳排放量為 915 百萬公噸，相當於能源相關二氧化碳排放量的 2.5% 和全球溫室氣體排放量的 1.8%。截至 2023 年氫氣生產仍以灰氫為主，低碳排氫，即藍氫、綠氫和生物質生產的氫只有不到 1%。市場生產的氫氣主要用於煉油和工業，煉油過程中使用氫氣將重質石油加氫裂解轉化為適合用作燃料的輕質餾分，工業用途主要包括用於氫生產製造肥料、甲醇生產及直接還原鐵。

氫氣基礎設施包括氫氣生產設施、運輸管道、氫氣生產點和用於分配及銷售氫燃料的加氫站等基礎設施，是氫經濟商業化的關鍵先決條件。管道是長距離運輸氫氣最便宜的方式，氫氣管道是大型煉油廠的常規設施，國際能源總署建議在現有工業港口生產氫氣，利用現有天然氣管道運輸。

氫氣有多種儲存的方法，包括機械方法，如使用高壓和低溫，或採用 H<sub>2</sub> 的化合物，需要時再釋出。多年來氫氣通常以壓縮氣體或低溫液體的形式儲存，並在鋼瓶、管道和低溫儲罐中運輸。首要的輸儲挑戰是其沸點非常低，約為 20.268K（252.882°C 或 423.188°F），需要消耗大量能量才能達到低溫。

氫經濟需要在其生產、儲存、分配及使用方面進行投資和降低成本。氫成本的估算很複雜，預計 2050 年藍氫生產成本不會大幅下降，而是隨著天然氣價格的升降而波動。綠氫成本從 2010 年至 2022 年電解槽成本下降 60%，之後由於資本成本增加而略有上升，預計 2030 和 2050 年綠氫的成本隨著再生能源發電成本的下降將大幅下降，利用過剩的再生能源生產綠氫是最便宜。高盛 2022 年分析預計 2030 年全球綠氫將與灰氫的成本平價，如果對灰氫徵收全球碳稅，就單位能源成本而言，藍氫和灰氫的成本高於其生產所使用的化石燃料，而綠氫的成本高於其使用的可再生電力。

## 二、全球氫能發展回顧

IEA「全球能源部門 2050 年淨零排放路徑」中，氫能是淨零情境關鍵策略重要選項之一。因應 2050 年淨零排放趨勢，IEA 於 2021 年提出 2050 年全球氫能應用的需求量為 430 百萬噸，主要以運輸 44.9%、工業 32.3% 及發電 17.2% 為主；氫供給 2050 年以綠氫 76% 為主，藍氫 20.7% 為輔。

IEA 於 2024 年 10 月 2 日發布全球氫能評論報告（全球氫能評論是 IEA 的年度出版物，追蹤全球氫能生產、需求及基礎設施發展、貿易、政策、監管、投資和創新等關鍵領域的進展。），該報告是清潔能源部長級氫能倡議的成果，旨在向能源部門利害關係人通報氫能的現狀和未來前景，審查重點關注氫在實現國際能源及氣候目標方面的潛在作用，以幫助決策者調整策略，吸引投資，並促進氫技術的部署，同時創造對氫和氫基燃料的需求。2024 年的報告特別關注拉丁美洲，包括對該地區低排放氫能計畫近期發展及如何釋放需求和推進

計畫實施的分析，詳細評估各種氫氣供應鏈相關的溫室氣體排放。

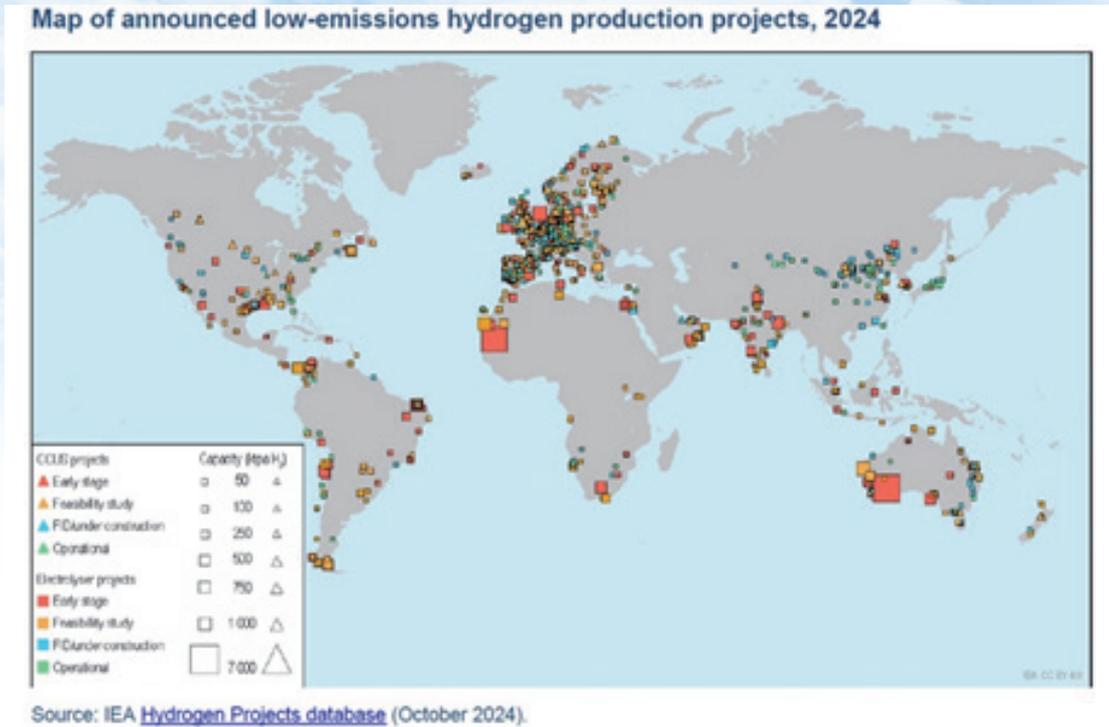
2024 年全球氫能進展回顧摘要如后 ( 如圖 4、5、6、7、8)：

### (一) 氫能發展快速，但挫折依然存在

2023 年全球氫需求量達到 97 百萬公噸，較 2022 年增加 2.5%。與往年一樣，低碳排的氫氣仍僅佔少量，產量不到 1 百萬公噸，然而依據已公布的生產專案，2030 年低碳排氫氣生產可能達到 49 百萬公噸，比過去的預測高出近 30%，強勁成長主要是由電解產能所推動，屆時電解產能接近 520 吉瓦 (GW)。已達成最終投資決策 (FID) 的項目數量也在增長，產量與去年相比高很多，達到 3.4 百萬公噸，2030 年將比目前的產量增加 5 倍，包括電解產能 1.9 百萬公噸及具有碳捕獲、利用和封存 (CCUS) 的化石燃料重整產能 1.5 百萬公噸。過去一年，CCUS 化石燃料製氫取得進展，儘管已宣布項目的潛在總產量與去年相比僅小幅增長，但有多個大型項目進入最終投資決定，所有這些項目都位於北部美洲和歐洲，因此採用 CCUS 的化石燃料產能預計 2030 年的潛在產量將比過去的估計增加 1 倍多。

整體而言，對於一個新興產業來說，是一個值得注意的進步，但大部分潛在生產仍處於規劃階段，甚至還處於早期階段。為落實整個專案計畫，從 2024 年到 2030 年該產業需要以超過 90% 前所未有的複合年增長率成長，遠高於太陽能光電在其最快擴張階段所經歷的成長，若一些生產計畫延誤和取消，將面臨風險，主要原因包括需求訊號不明確、融資障礙、激勵措施延遲、監管不確定性、許可問題及營運挑戰。

圖 4 全球氫能計畫分佈



資料來源：IEA (2024)，氫生產計畫資料庫，FID：最終投資決定。

圖 5 全球低碳排氫能成長趨勢，單位年百萬公噸。

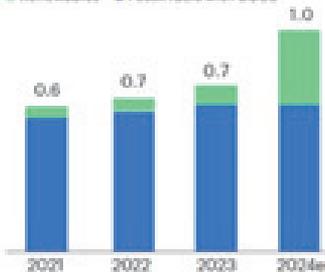
## Global Hydrogen Review Summary Progress

### Production

Low-emissions hydrogen

Mtpa

Renewables Fossil fuels with CCUS



Low-emissions hydrogen production from announced projects by 2030

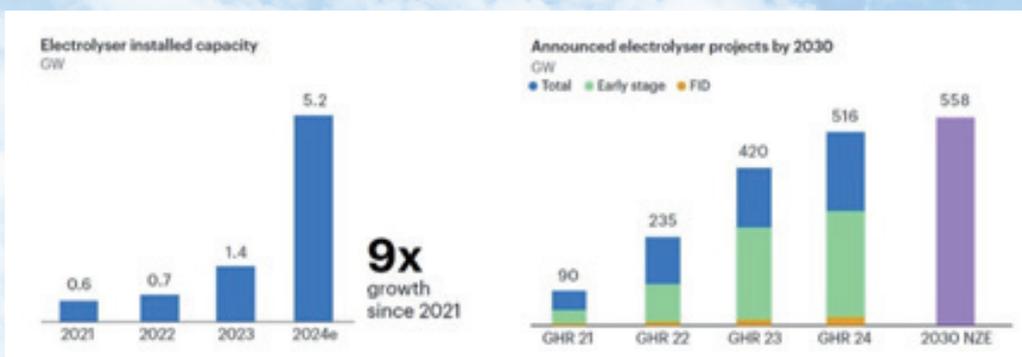
Mtpa

Renewables Fossil fuels with CCUS FID



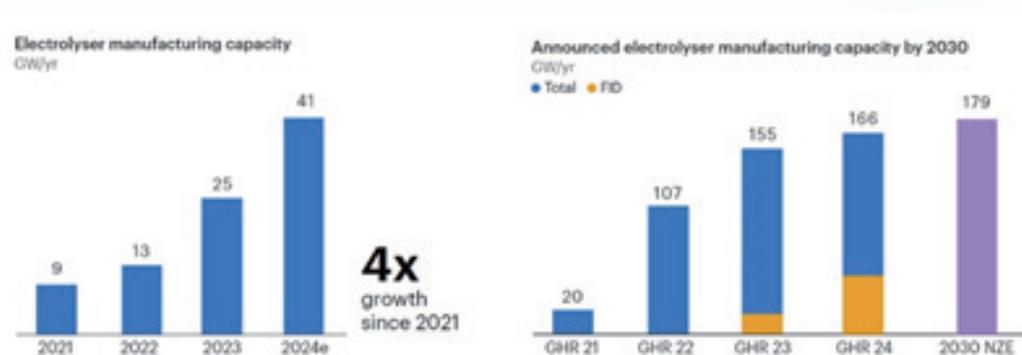
資料來源：IEA 2024。

圖 6 全球電解氫能產能成長趨勢，單位 GW。



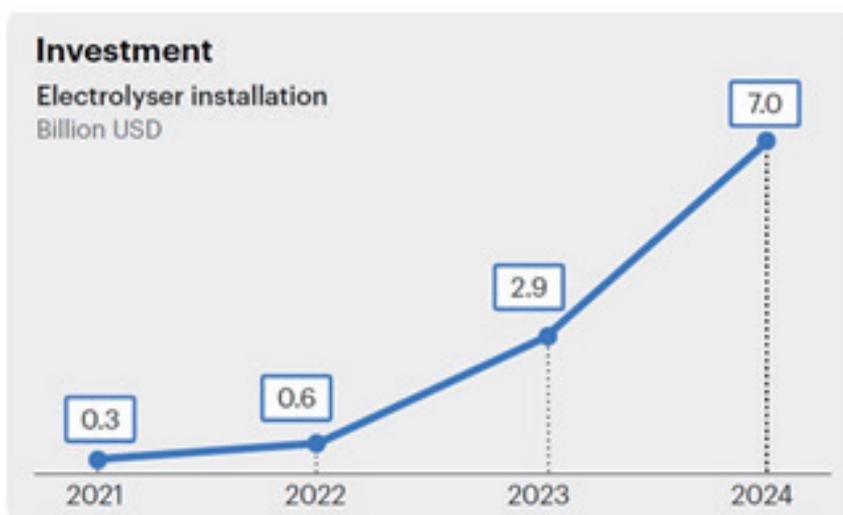
資料來源：IEA 2024。

圖 7 全球電解氫能產量成長趨勢，單位 GW/yr。



資料來源：IEA 2024。

圖 8 全球電解製氫氣投資額成長趨勢，單位 10 億美元。



資料來源：IEA 2024。

## (二) 電解槽氫產能激增

目前全球已宣布進入 FID 的電解槽氫產能已達到 20GW，其中僅在過去 12 個月就達到 6.5GW。中國正在加強其領導地位，以產能計算占同期全球 FID 的 40% 以上。中國以其在清潔能源技術的大規模製造實力居領先地位，擁有全球電解槽製造能力的 60%，製造能力的持續擴張預計將降低電解槽成本，如同過去太陽能光電和電池製造領域的情況一樣。此外，中國幾家大型太陽能板製造商已進入電解槽製造業務，目前約佔中國電解槽產能的三分之一。中國之外其他地區的電解產能也在增加，在歐洲進入 FID 的產能比去年成長 1 倍，達到 2GW 以上，而印度達到 1.3GW，成為主要參與者之一。

## (三) 氫能技術創新快速進展

自 2016 年以來政府對氫技術研發的投資不斷增長，已開始取得成果，迄今的進展主要在供應方面，許多技術已經或接近商業化。氫的用途研究也取得可觀的成果，工業和發電領域有多項應用技術已達到示範階段，氫運輸應用，特別是航運領域，也取得重大進展。2022 年有關氫的專利申請數量激增 47%，其中大部分成長主要是因氣候變遷問題驅動的技術，專利活動的增加，在政策的支持下，研發資金及對未來市場機會的信心將不斷增強，有助於刺激更多具有商業潛力的新想法和產品設計。

## (四) 低碳排氫短期內仍將昂貴，但成本預計將大幅下降

低碳排氫是一個新興產業，因此成本有不確定性，IEA 依據最新數據修正電解成本，未來的成本演變將取決於許多因素，如技術開發和佈署的成長及速度。隨著 IEA 到 2050 年實現淨零排放情境（NZE 情境）的部署，至 2030 年透過再生電力生產低排氫氣的成本將降至每公斤氫氣 2 至 9 美元，是目前的一半。相對於化石燃料生產成本日漸上升，二者的差距將從現在的 1.5 至 8 美元縮小到 1 至 3 美元（每公斤氫氣計）。若僅考慮現有策略成本範圍只會下降 30% 左右，但隨著許多地區的天然氣價格下跌，使用 CCUS 從天然氣中生產低碳排氫氣的成本也將降低。

成本降低將使所有項目受益，但對個別項目的競爭力會有不同的影響，如全面開發整個近 520GW 電解槽專案的成本下降將類似實現 NZE 情境的全球成本，在中國如此水平的全球佈署意謂著絕大多數年產一百萬噸的電解槽項目的成本將比使用未減排的煤炭製氫更便宜，2030 年全球每年可生產超過 5 百萬噸，其成本可與未減碳排化石燃料的生產成本相媲美，若最高生產達 12 百萬噸，每公斤氫氣成本溢價為 1.5 美元。

對於專案開發商來說，成本差距在短期內仍將是一個重要挑戰，但對以氫氣為中間原料的最終產品，在許多情況下其影響可能是可控制。低碳排氫氣生產的成本溢價沿著價值鏈下降，意謂消費者通常只會看到最終產品的小幅價格上漲，如目前使用可再生能源產氫生產鋼材所製造的電動車，總價格僅增加約 1%。

### （五）對低碳排氫的需求正在增加，但仍需要擴大規模

隨著各國政府開始實施關鍵政策，如德國的碳差價合約及歐盟在航空與航運方面的規定，刺激低碳排氫和氫基燃料的需求，這些措施也引發產業行動，簽署越來越多的承購協議，並啟動購買低碳排氫氣，然而整體規模仍不足以讓氫為實現氣候目標做出預期的貢獻。

報告中預估 2030 年各國政府設定的氫氣需求政策和目標合計約為 11 百萬公噸，比前一年的預估減少近 3 百萬公噸，原因是工業、交通及發電領域的一些氫氣使用目標下調，而已進入 FID（3.4 百萬公噸）或投入運作（0.7 百萬公噸）的低碳排氫氣產量合計 4 百萬公噸遠低於該水準，這差距呼籲產業和政府採取積極行動，促進承購協議，從而幫助支持供應方的投資。

同時政府的政策和需求目標遠落後於生產目標（2030 年總計為 43 百萬公噸），甚至低於已宣布項目可實現的潛在供應量（49 百萬公噸），政策措施仍不足以創造擴大生產規模，滿足政府期望的需求水準。此外，一些更雄心勃勃的行動，如歐盟的工業應用目標或印度的煉油配額，尚未轉化為國家立法。從過去一年各國政府

宣布約 1000 億美元的低碳排氫能應用政策支持來看，對供給面的支持比需求面多 50%，政府需要採取更強有力的行動刺激對低碳排氫的需求，這是支撐供應方投資的基本要求。工業中心 (Industrial hubs) 仍是各國政府刺激需求的一個尚未開發的重要機會，可以讓低碳排氫取代目前化石燃料。

## (六) 有待建立氫能認證 (certification) 和互認 (mutual recognition)

各國政府正在加速制定有關低碳排氫的環境屬性法規，特別是溫室氣體排放的法規，明確且可預測的法規可增強長期投資的確定性，然而不同地區的框架及相關的認證仍然不一致，可能造成市場碎片化。為此，在第 28 屆締約方會議 (COP 28) 上，37 個國家的政府承諾相互承認國家認證計畫，而拉丁美洲則啟動區域認證框架「CertHiLAC」。此外，國際標準化組織 (ISO) 也發布確定與氫氣生產、運輸和轉化 / 再轉化相關的溫室氣體排放的方法，將成為 2025 或 2026 年制定完整標準的基礎，及實現證書相互認可的通用方法。然而與氫供應鏈中溫室氣體排放評估相關的一些問題仍未解決，如計算生產資產的建設和製造中的排放。就化石燃料製氫而言，需要在國家清單中獲得關於化石燃料供應上游和中游碳排放的數據，才能確實評估與生產路線相關的溫室氣體排放。

## (七) 氫能是拉丁美洲新能源經濟的機會，但也面臨挑戰

IEA 的報告特別關注拉丁美洲和加勒比海地區，拉丁美洲利用豐富的自然、可再生能源資源及大部分脫碳的電力組合，完全有能力成為低碳排氫的主要生產國。依據已公佈的項目，2030 年拉丁美洲每年可生產超過 7 百萬公噸的氫氣，碳強度低於  $3\text{kgCO}_2\text{-eq/kgH}_2$  (比使用未減碳排天然氣低 3-4 倍)，符合世界各地現有的法規的要求，如歐盟分類法、日本氫能協會促進法和美國清潔氫生產標準，然而要充分發揮此一潛力，需要大幅增加發電能力，相當於該地區當前發電量的 20%，並大量投資輸電線路等基礎設施。

許多拉丁美洲國家已經制定關注出口機會的氫戰略，然而鑑於全球氫市場規模的不確定性，這些計畫可能需要更新。過去一年全

球與氫、氫基燃料貿易相關的項目並沒有成長，以致於開發商轉而關注國內機會，主要集中在可立即實現大規模應用的煉油和氫生產領域。就氫而言，發展國內生產能力將有助於減少國內農業地區的化肥進口依賴，對國民生產毛額做出重大貢獻。

隨著市場的發展，鋼鐵、航運與航空領域的新應用及氫樞紐的建立將會出現，這些中心可擴大氫的使用和生產，以滿足國內需求，同時也提供出口氫基燃料及運用低碳排氫生產的材料（如熱壓塊鐵）的機會，基礎設施規劃和開發，特別是輸電等長期項目，應立即開始，以支持未來的氫氣生產。

## (八) IEA 對全球氫能發展的建議

### 1、利用工業樞紐中心和公共採購加速創造低碳排氫的需求

各國政府應採取更積極的行動刺激對低碳排氫的需求，配額、強制、碳差價合約等政策已經開始實施，但地域覆蓋範圍及規模仍然有限。政府可利用現有氫用戶和鋼鐵、航運與航空等高價值產業提供的機會，這些產業通常位於工業中心，將需求集中在這些中心可創造規模，並降低生產商的承購風險。此外，利用公共採購生產低碳排氫的最終產品，並鼓勵消費者願意為低碳排氫基產品支付少量溢價的市場發展，可幫助推動早期採用。

### 2、支持專案開發商擴大低碳排氫氣生產規模並降低成本

各國政府應在擴大規模階段向專案開發商提供有針對性的支持，以縮小低排放氫和未減碳化石氫之間的成本差距，如歐洲在確認幾個大型專案的資金後出現的一波 FID 浪潮中的歷程。政府還應提供長期可見性，以便開發商清楚地瞭解未來的商業案例，並吸引投資者，雖然最初的項目可能需要大量的財政支持，但隨著行業的成熟及成本的下降，支持水平將會降低。除獎勵和補貼外，政府還可探索其他政策選擇，如貸款擔保、出口信貸便利和公共股權投資，有助於降低投資風險及資本成本，凡此種種對於資本密集型項目至關重要。

### 3、加強低排放氫環境屬性監管和認證

ISO 方法的發布提供評估溫室氣體排放的標準化方法，政府

應實施明確法規，為氫氣生產的碳排放水平設定可接受閾值，確保監管與 ISO 方法和即將推出的標準的一致性，以促進全球互通性。此外，各國政府應加強評估和核實化石燃料供應的上游排放，向市場參與者及公眾明確提供數據。

#### 4、尋找開始發展氫基礎設施的機會

各國政府應加強努力加速氫能基礎設施的發展，避免延誤，從而減緩低排放氫能生產和需求規模的差異擴大。如果不及時部署基礎設施，就無法建立供需之間的聯繫，因而阻礙市場成長，並給生產者及消費者帶來不確定性，可立即採取的行動包括早期規劃、評估重新利用現有天然氣管道和儲存設施以最大限度降低成本、簡化監管框架，加快許可速度，及促進氫能網路的跨國合作，利用公私合作夥伴關係降低投資風險，確保基礎設施跟上氫市場的發展步伐。

#### 5、支持新興市場和發展中經濟體擴大低排放氫氣的生產及使用

新興市場和發展中經濟體，特別是非洲和拉丁美洲等地區，在低成本、低排放的氫氣生產方面具有巨大潛力。為釋放這一潛力，已開發經濟體政府和多邊開發銀行應提供針對性的支持，包括捐贈及優惠融資，以解決融資管道等關鍵挑戰，融資管道是新興市場和發展中經濟體專案開發商的主要障礙。開發這些項目有助於滿足國內需求，減少進口依賴，並有可能實現如熱壓塊鐵和化肥氫或氫基產品的出口。

### 三、台灣氫能發展近況

#### (一) 氫能發展規劃

氫能已經被視為 2050 年達到全球淨零排放不可或缺的技術，國內相關部會及國營事業因應此趨勢規劃發展氫能，2022 年 3 月國發會公布 2050 淨零排放路徑及策略總說明，氫能被規劃為十二項關鍵戰略之一，以發電、工業、運輸減碳應用為主，政策目標 2050 年氫能發電佔比 9-12%。因應未來氫應用發展，經濟部成立氫能推動小組，結合公部門與國營事業資源，共同合作規劃氫能發展政策

及應用，推展政策。氫能推動小組綜合國外趨勢作法及國內政策，布局氫氣應用、來源與基礎設施三大方向，包括導入混 / 專燒發電技術、發展混燒 / 專燒運轉發電、氫能煉鐵及氫能載具運輸等應用技術，穩定供應氫氣料源及建立氫氣輸配儲存基礎設施。

## (二) 氫能發展現況

國內製氫量能目前仍有限，氫能主要仰賴進口，涉及接收和輸送氫能的基礎設備，能源署已委託日本川崎重工，以高雄洲際三期（即高雄港三區）為潛力場址，進行設置液氫接收站可行性評估，中油公司也開始研究既有天然氣管線混氫輸送的可能性，首座加氫站已展開營運，落腳高雄市楠梓區，搭配交通部氫燃料電池大客車試辦運行計畫，提供氫能巴士使用，未來台北市有望接棒，經濟部已在 2024 年 6 月完成修法，開放加油站得兼營加氫站，是中油加油站營運轉型的契機。加氫站氫氣來源，初期向國內氣體公司採購，未來則是自行產氫，就近建置蒸氣甲烷重組設備，將天然氣經蒸氣重組，再透過碳捕捉技術，把灰氫變成藍氫，直接供應加氫站，惟待確立法源。

台電公司和中研院合作進行天然氣裂解製氫燃燒發電的「去碳燃氫」技術，已於 2023 年 9 月成功串接 65 千瓦 (KW) 混氫型微氣渦輪發電機，成為推動氫氣發電的重要里程碑，未來將在 2028 年底前擴大至 5 兆瓦 (MW)。另外台電公司與機組製造商西門子能源合作混氫發電，以高雄興達電廠為示範基地，進行天然氣混氫燃燒試驗，2023 年 12 月已完成混氫 5% 驗證，後續預計今 (2025) 年開始進行混氫 15% 效率測試。未來氫氣供應穩定、儲槽設備及法規完善，有望擴大混燒規模，朝混燒發電規劃有助於邁向淨零碳排目標。

台達電 2024 年 12 月在台南成立「台達淨零科學實驗室」，聚焦固態氧化物燃料電池 (SOFC) 及固態氧化物水電解 (SOEC) 製氫技術，大幅降低碳排，同時也和中油、台電、中鋼等產業合作，更有跨部會支持，開啟氫能產業鏈。

我國具有完整的燃料電池產業供應鏈，包括燃料供應系統、備援電力及分散式電力等。產品出口能力包括燃料電池系統零組件及備援電力系統，年均產值 40 億新台幣。

工業技術研究院帶領產業界積極參與氫能經濟各領域的發展如下：

### 1、氫生產及供給

- (1) 氣體供應商：亞東氣體、聯華氣體 (+ 載具)、三福氣體。
- (2) 產氫系統及料源處理：高力熱處理、鼎佳能源、鐙鋒綠能、光宇應材、中興電工、碧氫科技、光騰國際科技。

### 2、氫輸儲及供應

- (1) 氫輸送：亞東氣體、三福氣體、聯華氣體。
- (2) 加氫站：台灣中油、元寧企業、聯華氣體、中興電工 ( 移動式 )。
- (3) 氫輸儲認證：TV SD。
- (4) 儲氫組件及系統：漢氫科技、亞太燃料電池科技、晉陞太空科技、益材科技、德宏、純萃材料。

### 3、氫能應用

- (1) 集中式發電：台電、嘉惠電廠 - 遠東。
- (2) 分散式發電 ( 燃料電池 ) 組件及系統：亞太燃料電池、中興電工、群翌能源、錫力科技、新力能源、亞洲氫能、能碩科技、鼎佳能源、揚志、台達電、鐙鋒綠能、高力熱處理、保來得。
- (3) 製程用氫：中鋼、台積電等代表產業載具，如亞太燃料電池、國瑞、總盈、恆智重機、彩碭、美菲德、三陽。

## 結語

氫能為淨零排放目標的不可或缺的新能源，氫能經濟已是趨勢，目前全球氫能方興未艾，逐年有顯著進展，惟低碳氫來源不足，且價格昂貴，各國仍以來自天然氣、成本較低之灰氫為燃料，進行各種應用端的載具、設備與材料等技術之開發應用，未來有待投入研發低碳氫生產技術，發展氫能多元應用。

我國為強勢經濟體，產業具競爭優勢，著重科技研發，可推動國內氫能產業發展，建立潔淨氫能網絡中心，運用自有再生能源與碳捕捉技術，發展氫能經濟。

## 參考文獻

- 一、[https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_economy](https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_economy)。
- 二、IEA(2024),Global Hydrogen Review 2024。
- 三、<https://www.nari.org.tw> 全球氫能發展趨勢及我國氫能發展規劃 2022 pdf。
- 四、國家發展委員會 [https://ws.ndc.gov.twDownload\\_PDF](https://ws.ndc.gov.twDownload_PDF) 「2050 淨零轉型 12 項關鍵戰略」112 年度執行成果報告永續會氣候變遷與淨零轉型專案小組（環境部）113 年 6 月。
- 五、工業技術研究院綠能與環境研究所國內外氫能發展現況和碳捕集再利用技術介紹。  
[https://www.anticorr.org.tw2022 年防蝕技術論壇 pdf](https://www.anticorr.org.tw2022年防蝕技術論壇pdf)。
- 六、工業技術研究院綠能與環境研究所氫能低碳的要求及未來展望。  
<https://www.kingjarl.com.tw/userfiles/files/20240711124214632.pdf>。
- 七、IEA(2021),Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector。
- 八、能源局 (110 年 4 月)，我國氫能應用於能源領域之發展政策及未來規劃等說明。  
<https://netzero.cna.com.tw/news/202501260026/>。

# 瓦斯人的園地之一

欣欣天然氣公司業務員 孫雯文

自民國 107 年 3 月任職欣欣公司營業部營收科迄今，初期擔任營業櫃台業務與用戶服務應對，亦參與 MIS 系統新舊轉換作業，協助系統測試並提出優化建議。到職前五年間，經歷用戶異動、重複退抵、發票補發載具及用戶意見處理等業務。112 年 4 月調任櫃台督導，負責業務整合與審核，並協助新進人員培訓。



公司提供員工多元的學習與成長機會，接觸更多、更廣的專業知識，從而增進專業職能，進一步提升本職學能與用戶服務品質。於 109-111 年間利用下班之餘，至臺北商業大學進修，取得企業管理學士學位。

近兩年參與公司的櫃台無紙化系統建置及滅火器銷售系統測試，為確保專案順利推進，與各部門緊密溝通與配合，透過團隊協作克服挑戰，提升系統操作便捷性與正確性，並在跨部門協調中獲得寶貴的經驗。

面對時代的變遷，除職場能力與時俱進外，在與團隊共同提升服務品質，也是不可忽視的一環。期許憑藉積極負責的態度，

講求工作效率，精進客戶服務，提升公司形象。如同公司歌所述「以服務為先，顧客至上，永續經營」，齊心協力為公司與用戶打造安全穩定的供氣環境，共創美好的未來。

# 瓦斯人的園地之二

欣泰石油氣公司助理業務員 陳良俞

進入欣泰公司之前，是籃球教練及運動員，生涯充滿挑戰與成就，這段經歷讓個人在身心鍛鍊及團隊合作方面累積寶貴的經驗。然而，隨著年齡增長與身體狀況的變化，開始思考職業轉型，希望尋找一份穩定且具挑戰性的工作。因此，選擇加入天然氣公司，從事倉儲物料人員。此次轉職是一個全新的開始，也是自我成長的機會。



剛進入倉庫工作時，面臨的最大難題是適應不同的環境。從習慣快節奏的比賽與訓練，進入要求精確度與效率的倉儲作業。倉儲工作必須確保物品出入庫的記錄無誤，任何小細節的疏忽都可能影響整體作業流程。倉儲工作與籃球比賽在團隊合作與時間管理方面相似之處。在球場上，需要快速決策並與隊友密切配合，而在倉庫中，同樣需要與同事協作，確保物資能夠迅速且正確地處理，提升整體工作效率。當每次完成一次完整的盤點，並確保庫存無誤時，便能感受到極大的成就感。

轉職中學到許多新的職場技能，並考取到相關證照，也學會如何操作庫存管理系統。與部門同事的協作與溝通，使我在倉儲管理的流程及庫存問題處理上更加得心應手，更加提升問題解決能力。當面對庫存短缺或記錄錯誤時，都要冷靜分析，積極尋找並解決問題，這些經驗不僅增強倉儲的適應力，也更加理解工作中的團隊精神與責任分擔的重要性。

希望未來能夠持續提升個人的專業能力，為公司帶來更多貢獻，並在此一領域深耕。工作期間對職業生涯有更深的體悟，瞭解無論在哪個領域都有其獨特的價值與挑戰，將以更積極的態度迎接未來，不斷學習與進步，迎向更廣闊的職場發展機會。

# 瓦斯人的園地之三

欣嘉石油氣公司秘書 吳吉豐

誰說退伍就是尾聲，個人認為退伍是另一個階段的開始，107年在輔導會職訓中心老師的引導下，踏進公用管線班，起初只為學習水、電配管及配線的一技之長，想到受訓的半年間，在師長的鼓舞下考取6張證照，這些用熱情及汗水紮紮實實辛勤灌溉出來的成果，只有一同走過的同學才能瞭解箇中滋味。

說真的隔行如隔山，人家說沒吃過豬肉，也看過豬走路，家裡使用的全是桶裝瓦斯爐及熱水器，就是沒有用過天然氣，尤其當看到電影裡桶裝瓦斯爆炸的畫面，一直迴盪心中，久久不能褪散，讓個人對源源不絕的天然氣更心生畏懼，不知如何控管。

108年3月進入欣嘉石油氣公司後，開始接觸實物，還記得第一次到用戶家掛表就上演濕背秀，還是在學長用心及耐心的指導下，按部就班的完成新用戶的掛表，心裡不由的高喊一聲 yes！圓滿完成第一次出勤任務後，不但加強信心，也奠定爾後基礎。

慢慢的獨立進行安檢及服務作業後，逐漸的瞭解到天然氣的便利性、安全性，更是乾淨及環保的能源，雖然在用戶服務的過程中，難免會因客戶、住家環境、衛生及作業空間限制等因素，需要多花一點時間，才能將事情做好，但始終相信只要用心對待，耐心說明，多一分提醒，就能增添用戶的安全概念，也能讓供氣安全更有保障。

這一路走來要感謝的人太多，相信在公司團隊的努力下，於傳送源源不絕的天然氣時，也將幸福與溫暖傳送給嘉義地區的每一位用戶，個人也會持續努力，在工作崗位付出心力。

