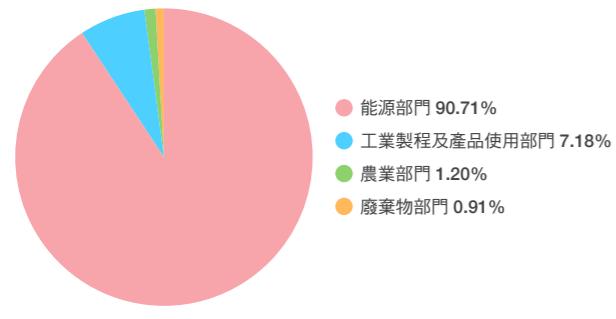


氢能小百科—系列3

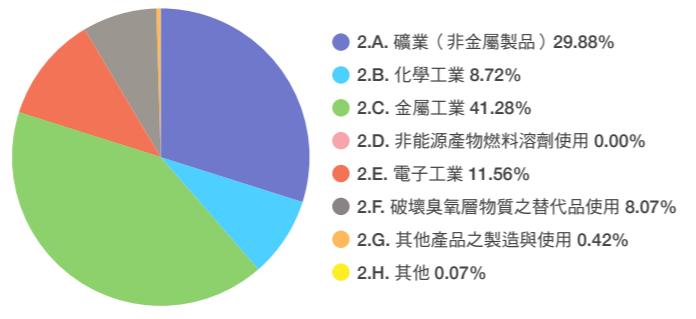
氢能為工業傳產升級 品質產量脫碳皆得利

文／聯華林德大宗氣體暨清淨能源 副總經理 沈欣儒

編按：繼前兩篇解析產氫與碳足跡的關係，以及氫能移動尤適用於重型載具的優勢等，為迎接台灣首座加氫站預作準備。除了交通運輸，氢能對高碳排的工業傳產多種領域，也有節能減碳方案，力助達到高效、環保的產業轉型目標。



圖一、2023年各部門溫室氣體排放量
(圖片來源：中華民國國家溫室氣體排放清冊報告)



圖二、2023年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量占比
(圖片來源：中華民國國家溫室氣體排放清冊報告)

本篇將針對高碳排的工業應用，探討如何藉氫氧策略帶來及時雨；而為使解決方法能落地實踐，國家策略、政府政策更是決定性因素，台灣與其他推動氢能的國家如何規劃？期待擴大視野與想像，協助產業平步「氫」雲。

Q9：除了交通運輸，氫如何能應用在其他領域，為節能減碳給力？

答：根據環境部《中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》，2023年總溫室氣體排放組成中，二氧化碳佔95.86%，主要來自能源、工業及產品使用（圖一）。凡涉及高溫冶煉的工業製程，諸如煉鋼、玻璃、水泥、金屬回收等應用（圖二），皆為碳排大戶。許多業者為台灣經濟發展貢獻逾半世紀，面臨國際規範嚴峻，在地設備更新等挑戰，採用創新的節能減碳方案可解燃眉之急，亦是開啟下個榮景的契機。

以鋼鐵業為例，超過九成的碳排來自上游鋼鐵冶煉。鋼鐵冶煉為百年工藝，技術成熟，傳統煉鋼每生產1公噸的鋼鐵會產出近2公噸的碳排。全球鋼鐵產業的二氧化碳年排放量高達37億公噸，佔全球碳排量的10%。

在高溫燃燒過程中注入氫氣，因氫氣燃燒後為水不產生二氧化碳，並能提升燃燒效率，為實踐脫碳的方法之一。考量燃燒技術進程，初期可於傳統燃燒採用富氧或全氧燃燒，中期導入部分混氫燃料，長期採用氫氣全氧燃燒。自空氣燃燒爐升級，從中注入氧氣，注入氫氣，達到節省燃料、提高產量、減少碳排的目標。隨著氫氧比例增加，可節省更多化石燃料，二氧化碳的產出隨之下降（圖三）。

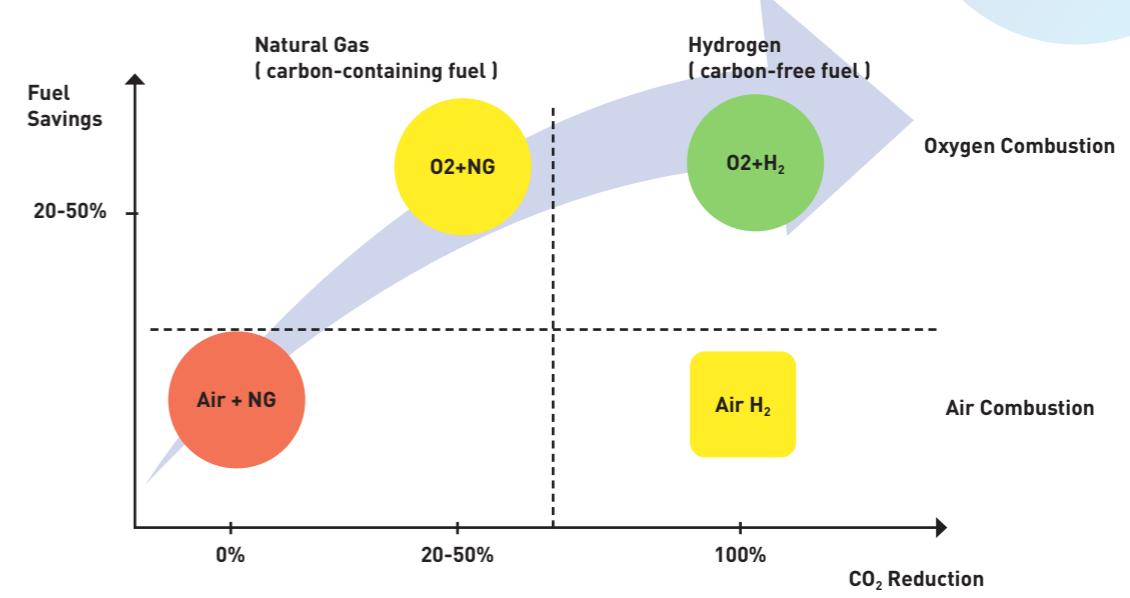
一般而言，以短期全氧或富氧燃燒相較空氣燃燒優勢：

- 提高加熱爐單位面積的加熱速率；
- 能耗降低20～50%；
- 每單位能源的廢氣量減少約50～70%；
- 減少50%氮氧化物排放；

以長期氫氧燃燒相較空氣燃燒優勢：

- 能耗降低最高可達60%；
- 每單位能源的廢氣量減少約75～80%；
- 超低的氮氧化物排放

林德Linde在全球各地累積多項案例，開發多種氫氣燃燒方案及燃燒器，不僅實現高效脫碳，更進一步協助業者增 加生產力，提高產品品質，活化資本開支，商業方案實際可



圖三、金屬冶煉去碳技術路徑圖

行。例如瑞典Ovako Steel氫能煉鋼實績，坑式加熱爐以氫100%取代天然氣為燃料，使用LINDE燃燒器，無須更換燃燒器可切換使用瓦斯及氫氣。業者可依碳排目標、成本等主客觀條件，調整氧氫燃燒比例與設備搭配，極具彈性。

除了工業應用，氢能可支援民生家用之供暖、熱水、烹煮等（取代瓦斯/電氣），發揮一臂之力。

至於被政府寄予厚望的氫能發電，我們建議：短期內，將再生能源電力直接用於取代發電，其減碳效果可能比用來製造綠氫更為顯著。長期來看，氫能則有潛力透過整合剩餘的再生電力進入電力系統，促進可再生能源的吸收與靈活調度。

氫氣製成後，經儲存、運輸、發電後，可以與風力、太陽能、具間歇性發電特質的再生能源搭配，特別當再生能源的產量增加但間歇性加劇，額外電力可用來生產零碳排的綠氫，如此也可減少光電風力的儲能壓力，提升輸電平滑。所產生的綠氫不僅可作長期電力儲存，支援工業、交通應用，為貨車、巴士等載具提供燃料。

Q10：為推動淨零碳排進程，針對氢能策略，台灣產官學界可優先致力於哪些面向？

不可諱言，氢能的未來仍不夠明朗，無論在使用規模或應用面上都充滿變數。根據國際研究，氫的使用量在2050年將擴增至現在的500倍，並促成約11%的累積減排量，以實現「升溫不超過2°C」為目標；也有報告指出，氫能將僅在無可替代的減碳選項時，被少量、審慎地使用。

國家策略、施政力道攸關氢能應用、產業發展走向。台

灣政策考慮重點：

1. 建立低碳氫憑證計劃（如T-REC和用電大戶條例的履行義務），設立優惠補助，鼓勵業者使用低碳氫。

以國內業者搶購綠電的態勢，要用綠電生產氫氣、製造綠氫恐不符現實。反之，以目前成熟的SMR (Steam Methane Reforming 蒸汽甲烷重整) 製程，搭配碳捕捉生產低碳氫，則不僅可降低碳排，也是現行生產技術可支應、國內業者可獲取、具成本效益的途徑。

當業者採用、生產低碳氫可反應在碳中和的生產履歷，符合節能減碳獎勵方案，對業者ESG表現、成本效益，形成直接回饋，將能刺激應用、擴大需求，形成正向循環。

2. 改進並簡化氫能移動的相關規範和行政流程，建立賦權給統籌跨部門的整合性單位，主動協調中央、地方相應業務。

氫燃料車受交通部管轄，而氫能車所需之氫燃料、加氫站的主管機關是經濟部能源署，因此不論是加氫站設立、氫能大客車示範計畫等方案，從中央到地方需經歷多個部門、單位的反覆討論協調。

凡事都有第一次。期望當台灣第一台氫燃料電池車上路、第一座加氫站開始營運，經歷了摸索調整，汲取經驗，可排除不必要的流程，與國外已驗證過的技術規範接軌，如此台灣可充分發揮後發者的優勢，擇取一條清晰、快捷的坦途。

目前氫燃料電池車僅可申請到試車牌，對行駛道路等多所設限制，例如不可上國道，充滿不確定性，如此使用端自然觀望，嚴重影響業者的市場規劃、投資布局，不利台灣氫能移動的發展。期望盡速完成氫能車的檢測量能，以促進氫能

旗艦行動計劃——商用車輛電動化及無碳化

借鏡電動大客車推動經驗

- 2010 年起公路公共通航計畫推動補助大客車汰換為電動大客車。
- 2020 年起本部與終濟部、環境部合作分三期以 2020 ~ 2022 年先導期（技術發展）、2023 ~ 2026 年推動期（技術成長）、2027 ~ 2030 年普及期（技術成熟）推動市區公車全面電動化；行政院已核定 7 年總經費 643 億元。

| | 市售 / 國產化現況 | 推動構想（含目標） |
|---------|--|---|
| 電動小貨車 | 經濟部電動商用車智慧運營驗證計畫 ■ 已輔導推出國產 1.9 噸一款（中華）、3.5 噸一款（國瑞） ■ 預計 2025 年 Q3（中華）再推出 3.5 噸 | ■ 擬自 2026 ~ 2027 年示範期推動示範計畫、2028 ~ 2030 年推廣期起視國產 5 噸電動小貨車技術成熟度，擴大推動推廣計畫、2031 年後穩定推動 ■ 目標 2030 年電動小貨車普及率 5%、2035 年普及率 20% |
| 電動大貨車 | ■ 市售 2 廠牌（瑞籍），均為進口車運輸業者試運行中；國內開發期未定 | ■ 配合經濟部評估 2027 年後才會推出國產電動大貨車，擬自 2028 ~ 2030 年示範期推動示範計畫 |
| 電動商用小客車 | ■ 經濟部已輔導推出國產電動小客車 2 車款（中華、納智捷） | ■ 依產業環境採先緩後快原則推動，目標 2030 年電動計程車普及率 50% ■ 2035 年後採穩定推動，以電動商用小客車普及率 70% 為目標 |
| 氫能車輛 | 國外已有推動氫燃料電池大客車少量示範運行（歐盟、英國）及實車上路營運（日本、韓國） | ■ 配合經濟部表示 2030 年後才有國產氫能車輛，現階段持續關注發展滾動檢討 ■ 擬自 2024 ~ 2026 年示範期優先推動較成熟氫燃料電池大客車示範運行 |

圖四、摘自交通部「運輸部門減碳旗艦計畫——商用車輛電動化及無碳化」

車完全上路。

3. 擴大車種加入示範運行計畫，非侷限特定車輛以爭取時效、刺激市場，透過引進國際技術拉抬國內業者的能力。

交通部於今年年初於「國家氣候變遷對策委員會——第三次委員會」提出運輸部門減碳行動，以氫能大客車為標的，乃配合經濟部評估 2030 年國產氫能車問世。顯見推動力道、幅度皆相當有限。

恐怕需釐清的是，台灣推動氫燃料電池車是為了培植國內業者的整車實力，抑或發展低碳氫能經濟、能源轉型，其權重策略將影響整體產業進程。我們沒有像日韓德擁有堅實的製車產業，整車的確是台灣較可發揮的領域。然而，除了等待台廠皆已完備的這段時間裡，應有更多具體作為可創造利基、培育生態系。

除了大客車、地區性巴士，適合氫能燃料電池的載具還有許多應用可能，例如貨車、遊園車、拖吊車、垃圾車等工具車等，其情境、需求、使用者各異。建議開放示範應用，

車種載具類別不設限，鼓勵業者投入，透過市場創意，實驗出符合本地需求的應用。

4. 投入規劃氫能的基礎設施（供應、運送、應用），提供支持項目，特別在生產綠氫與加氫站建置。

低碳氫將對減碳應用至關重要，如化肥料生產（約佔全球 CO₂ 排放的 2%），或其他過於昂貴的減碳替代方案的應用，例如製鋼、重型運輸與長時間儲能，氫能發展策略應優先支持這些領域，以達成最大減碳效益。

目前由於台灣氫能應用還未施展開來，而台灣幅員不如歐亞大陸遼闊，以氫氣槽車運輸補給即可，在地沒有液氫需求。未來當氫能應用百花齊放，海外綠氫成本下降，自國外進口液氫、氨氫搭配，滿足國內氫能所需，國內各方專家已積極討論中。

因此，研擬接收站等基礎建設對策，增加對液氫、氨氫的技術了解，著手將先進經驗自國外移轉落地。加氫站的成本遠高於加油站，目前無任何支持獎勵。產業發展有賴政府引領，鼓勵業者持續投入，基業長青。

Q11：其他國家的氫能佈局與進程如何？

主要氫能發展國家的策略與進展，簡要重點如下：

日本

- **目標設定**：2017 年推出引領全球之《氫能基本戰略》於 2023 年 6 月更新：氫能成本降至 30 日圓 /Nm³（以往價格為 100 日圓 /Nm³），使其成本與汽油和液化天然氣相當；而氫的最大供給量將達每年 300 萬噸（氫氮合計），2050 年上看 2,000 萬噸。
- **經費與補貼**：透過綠色創新基金（約 140 億美元）、永續轉型綠債（約 20.3 億美元）補貼低碳氫，並採用差價契約（CfD）支持。
- **國際合作**：與歐盟簽署合作協議，並積極與紐西蘭、澳洲等國合作開發海外綠氫專案。

南韓

- **政策專案**：2020 年公布「綠色新政」（Green New Deal），推動能源基礎設施進行綠色轉型，擴大低碳能源供應，著重綠氫與低碳氫發展。
- **現況與實績**：「蔚山氫能城市計畫」將建設長達 188 公里的地下管線；還締造了首座氫船、氫拖拉機等示範案例。
- **氫能移動**：截至 2024 年底全國共有 198 座加氫站正營運中，幾乎均由地方政府經營。以每公里成本計算，氫氣比汽油、柴油或液化石油氣更為便宜。2021 年韓國政府為可上路的 815 輛氫燃料巴士編列補助款；首爾市計畫 2030 年前將 450 輛往返首爾和仁川的機場巴士，全面更換為氫能巴士；民間則有現代、SK 集團、浦項鋼鐵等龍頭企業，改採氫燃料電池車作為公司的通勤車。

歐盟

- **歐盟 2020 年推出「潔淨氫能策略計畫」**，推廣完全採用再生能源產氫，同時也支持從化石燃料中提取低碳氫能，滿足短期內擴大生產。2025 年五月宣布，投資 9.92 億歐元，資助 15 項再生氫能生產計畫，涵蓋德國、西班牙、芬蘭、挪威與荷蘭等五國。
- **歐盟領先全球，最積極將氫能應用導入工業。**2022 年「REPowerEU」計畫設定 2030 年，於境內生產 1,000 萬噸、同時進口 1,000 萬噸綠氫，用於重工業、船運、航空、石化鋼鐵等難減排產業之綠能轉型。
- **歐盟與民間攜手，建立「清淨氫能夥伴」（Clean Hydrogen Partnership）**，支持氫能產業創新。目前全歐洲

已有 20 處「氫谷」，被視為氫經濟發展之重要指標。

中國大陸

- **政策目標**：短期採用灰氫搭配 CCUS 碳捕捉，生產並應用低碳氫，長期則逐步轉向綠氫。2022 年由多個政府部門聯合公布「2021–2035 氢能產業中長期規劃」，設定三節點任務：2025 年初步建立完整供應鏈；2030 年以再生能源所產製的氫將被廣泛應用；2035 年氫能體系涵蓋交通、儲能、供應等，在終端能源消費的比重明顯提升。
- **氫能移動**：根據 TÜV SÜD 報告指出，截至 2024 年底，全球加氫站達 1,160 座，其中中國約 400 座，數量居全球之首。所設定目標：2025 年氫燃料電池車將達 5 萬輛，300 座加氫站；2030 年則將上看 100 萬輛、1,000 座加氫站。（本文同步於媒體《RECESSARY》「市場觀點」刊載。）



原文連結

G

