

從回收餘氫到電解產氫

低碳製氫市場大有可為

氫用作工業原料已很普遍，多數使用天然氣搭配水蒸氣重組法，成本低但碳排高。為達2050淨零排放，低碳製氫逐漸興起，國際能源署（IEA）《2024年全球氫能回顧報告》指出，若要符合2050年淨零排放情境（NZE Scenario）的目標，低碳氫的需求需達到6,500萬噸/年，顯見未來低碳氫的產製與相關產業鏈，可望大幅成長，極具市場潛力。

撰文／涂心怡

根據國際能源署（IEA）《2024年全球氫能回顧報告》（Global Hydrogen Review 2024），2023年全球氫氣生產量超過9,700萬噸，超過80%的氫氣來自化石原料製造，主要技術包括天然氣重組和煤炭氣化；而煉油及其他石化產業等工業副產氫供應量則占15%。

相比之下，低碳氫的占比在過去2年均低於1%，包括以化石燃料搭配碳捕捉、利用及封存技術（CCUS）生產的藍氫，以及再生能源電解水產生的綠氫，年產量不足100萬噸。對此，工研院產業科技國際策略發展所產業分析師黃霽瑜認為，現階段產氫雖以化石原料為主，未來低碳氫才是主流。

「再生能源電解水產氫有低碳優勢，因其製氫生命週期所產生的碳排放量，遠低於化石料源製氫或一般市電電網製氫，因此在全球淨零趨勢下，勢必將成為主要發展國家及開發業者的推動主力。」黃霽瑜說。其中，電解水產氫系統是綠氫的關鍵設備，由於受惠政策驅力，整體裝置量與供應鏈皆已邁入快速成長階段，而「電解系統」相關供應鏈也已積極投入生產布局，預期至2030年，電解水產氫裝置量合計占比將接近8成。

鹼性膜電解水產氫技術 高效低成本

電解水產氫發展可追溯至18世紀末期，直至

1902年，全球已有400套電解系統用於工業應用。工研院材料與化工研究所組長蔡麗端表示，電解水產氫技術是一種透過水和電產生氫氣的電化學反應，目前全球主要的電解水產氫技術約有4種，包含鹼性電解水產氫（AEL）、質子交換膜電解水產氫（PEMEL）、固態氧化物電解水產氫（SOEC）與鹼性膜電解水產氫（AEMEL），其中鹼性膜電解水產氫技術，因具低成本、環保、且不需貴金屬觸媒，被認為是值得發展的新興電解水產氫技術。

工研院自2017年起，即投入鹼性膜電解水產氫技術，可透過整合整合綠電與電解水產氫，產出綠氫，該技術涵蓋關鍵低成本鎳基觸媒材料，成本較貴金屬觸媒節省90%；高效率膜電極組設計，電解效率超過80%；以及耐壓型電堆組裝設計、低耗能系統整合技術等，全為工研院自主研發，適用於鋼鐵、石化、電力、半導體產業。

工業餘氫 現階段便利經濟的氫來源

以再生能源電解生產之綠氫成本偏高，工業副產氫若能夠重複利用，是更便利、經濟的來源。工研院綠能與環境研究所組長張文昇表示，氫氣在工業上的應用相當普遍，包括石化、面板、電子、半導體產業等，都是製程中會用到或製程衍生的化學物質。



鹼性膜電解
水產氫技術，因具低成本、環保、且不需貴金屬觸媒，被認為是值得發展的新興電解水產氫技術。

「工業餘氫對環境不會造成污染，過去業者大多經處理後排放，或石化業者會用作為熱電共生的燃料，在淨零排放目標下，工研院期待透過純化技術，將工業餘氫回收再利用，」張文昇說明，要將餘氫回收並不容易，由於現行的工業產氫大多來自天然氣以及化石燃料，產製過程中，氫氣純度僅不到70%，張文昇分析：「若要用於燃料電池發電，一般須將氫氣純度純化到99.9%以上，才能進到後端的應用。」

工研院與工程設備大廠帆宣、氫能源商亞氫動力攜手籌組「氫能發電團隊」，投入製程餘氫回收發電技術，結合工研院氫氣回收控制技術、帆宣科技發電系統整合技術以及亞氫動力的燃料電池，以氫氣發電滿足國內工業減碳需求；同時，餘氫發電技術，已技術移轉氫豐綠能科技，進行產業化推動，搶攻臺灣低碳氫能應用商機。

高效濾氫純化模組 提升氫純度7N至9N

餘氫再利用，純化技術是關鍵。工研院的

「高效濾氫純化模組」，透過篩分隔離與質傳過濾雙機制，將半導體、石化等產業製程產生低純度(約50%)的餘氫，進行純化回收後再放進入產線循環利用，可提升純度到7N至9N。「該純化模組採用低成本的陶瓷金屬材料，部分取代昂貴鈀金屬，提升其成本優勢，體積也僅現有技術的一半，」張文昇說。

擁有超過20年燃料電池開發經驗的亞氫動力，採用工研院「高效濾氫純化」技術，將回收餘氫純化再接入燃料電池發電，具有低碳排、低噪音且發電效率高的優勢。亞氫動力總經理蕭逢祥表示，與工研院的合作，主要由工研院分析餘氫成分，提供純化技術，亞氫則在安全性上著墨，提供防爆設計、安全隔離技術，確保燃料電池的安全穩定。

「目前全臺灣純氫發電機不到1MW，如果能充分運用工業餘氫，估計可以發出100MW的電。」蕭逢祥認為，純氫與餘氫成本差距10倍之多，是最經濟的氫來源，「我相信，氫能發電的市場正在從原本的利基市場，走向成熟。」■