

實現淨零交通生態系

# 新能源車「氫」裝上路

想像未來世界，車水馬龍的街上不再有車輛廢氣，以綠氫為燃料的氫能車，只會產生熱與水，是最低碳的載具。從2014年豐田（Toyota）推出世界第一款氫燃料電池車以來，全球即不斷在氫能載具上做出更多創新，氫能載具充電快、載更重、跑更遠、不怕冷，再無里程焦慮，將扮演運輸淨零的關鍵推手。



氫能車因加氫速度較快、續航里程較高以及耐候性較強等特色，在高排放型車輛管控愈益嚴格之下，後勢看漲。

撰文／涂心怡、王珮華

全球因燃料燃燒所直接排放的二氧化碳中，運輸占了25%，是最大的能源消耗部門，且運輸中所使用燃料，有超過9成來自石油，運輸部門脫碳成為各國淨零路徑不可或缺的一環。近年來，電動車在連續幾年強勁成長之後，因補助停止、充電基礎設施的不足、安全性與價格等因素，成長放緩；而氫能車則因加氫速度較快、續航里程較高以及耐候性較強等特色，在各國對於高排放型車輛管控愈益嚴格之下，後勢看漲。

工研院產業科技國際策略發展所研究經理石蕙菱指出，純電車（主要是鋰電池電動車）充電從1到8小時不等，續航力最多600公里，且低溫會減少電動車續航力約16至46%。「反觀氫能車，

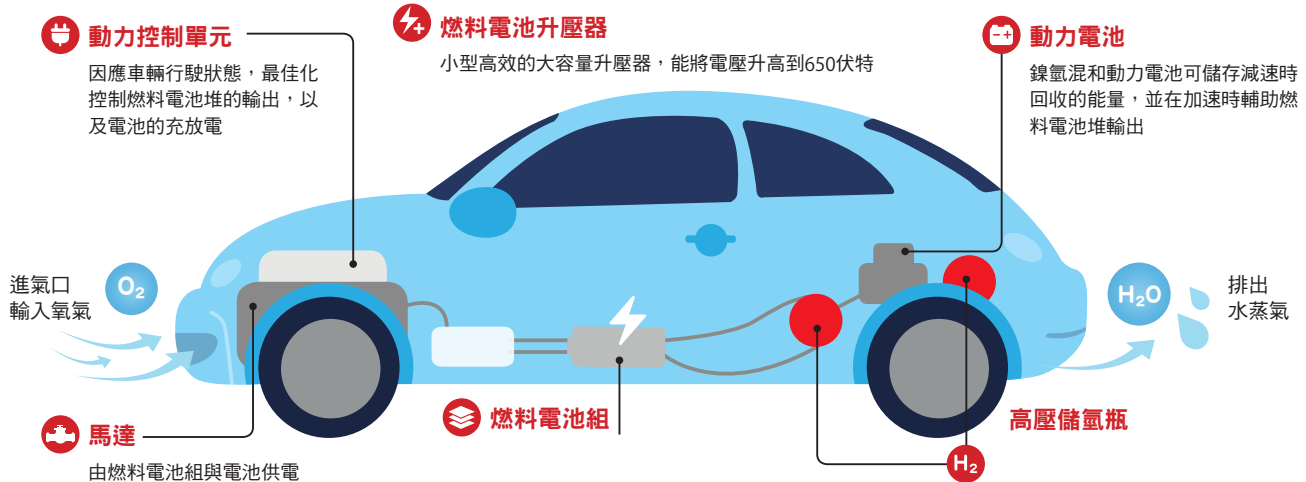
充電3到10分鐘，每次充電可開600到800公里，但目前價格仍高，基礎建設如加氫站仍不足，是主要的障礙。」

「商用車是氫燃料電池載具有機會發揮的市場，」石蕙菱分析，像是巴士、貨卡以及重卡等中大型商務車輛，約占全球新車銷售的15至20%，卻貢獻了交通部門碳排放量的40至50%，所以許多國家都設定商用車，為優先禁止銷售燃油車的車款。

## 氫能巴士 重量輕高續航

作為全臺第一個將氫燃料電池商業化的生產商，氫豐綠能與工研院合作，成功研發出混氫燃料電池系統、氫燃料電池金屬板電堆等兩項核心技

## 氫載具



氫燃料電池乘用車（FCV）技術示意。氧氣從車前導入，提供給燃料電池電堆，經化學反應產生電能與純水。資料來源：TOYOTA

術，並攜手車王電子，目標2026年產製首台氫能電動巴士。

氫豐綠能董事長李鈞函分析，電動巴士其中最大的痛點來自於鋰電池續航力不足，「電動巴士跑100公里，至少要裝100度電的電池，而100度電的電池重量就要1噸了；同為100度電力的氫能氣瓶，重點僅0.1噸重，對於長途旅程而言，就沒有電池載重的負擔。」

此外，氫能巴士在充電速度上更居優勢。「以100度電的鋰電池為例，快充最短要充半個鐘頭，但大量鋰電池快充勢必會為電網帶來極大負擔，改成慢充雖能降低電網負荷，充電時間卻長達8個鐘頭以上。李鈞函計算，氫燃料電池最快約3分鐘即可充飽10個鋼瓶，約1,000度的電力。

目前電動車價格比之氫能車尚稱低廉，李鈞函依舊充滿信心，他表示，根據美國能源署（DOE）估算，當氫能車的銷售量與鋰電池銷售量一致時，其成本將比鋰電池成本便宜三分之二，無論在環境永續或是商業角度上，氫能巴士都非常有潛力。

### 氫燃料電池機車 兼顧環保與成本

除了氫能巴士，工研院也與SYM三陽機車啟動「氫燃料電池機車共同研發合作案」，如今已完成第一階段的「超高壓氫氣儲存技術」，並應用於

SYM既有e-woo電動機車上，實際行駛於工研院內道路。

機車可儲存能源空間小，在空間與續航力之間取得最適化，同時兼顧安全、便利，是該技術的目標。工研院使用高自由度的多軸機械手臂，配合自動化纏繞製程系統生產氫氣瓶內膽；安全性上採微米級化學電蝕處理，進一步強化儲氫瓶塑膠與金屬閥座異材質接合的穩定度，設計出可置放於機車內部，壓力為500 bar的儲氫瓶，實現在有限空間內得到最大能源儲存量與續航力表現。

經實測，氫燃料電池機車僅需125克的氫氣即可行駛100公里，單位碳排放量約為7g（CO<sub>2</sub>/Km），遠低於燃油機車的每公里約50克，也低於市售交換式鋰電池電動機車的每公里約19.7克，且行駛每公里價格不到0.2元，兼具環保與成本優勢。

### 輕量化滯空久 氫燃料電池無人機應用多元

美國Grand View Research研究預估，2025年全球商用無人機市場將達1,292.3億美元，市場需求可觀，工研院也將氫燃料電池技術擴展至多領域、多用途的無人機領域中，與無人機業者田屋科技共同開發輕量型氫燃料電池無人機關鍵技術，突破過往無人機在電池續航力及輕量化需求的兩難。

田屋科技總經理張成榮表示，一直以來，無人



氫燃料電池無人機已於高山、跨海及長航時等一系列實際驗證，不斷突破業界飛行紀錄。

機的動力系統多使用鋰電池，然而鋰電池無論在物理特性或是化學特性上，都存在著難以突破的極限，導致無人機雖然能在多領域進行多用途的使用，卻時常礙於滯空時間不足而讓飛行任務有所限制。

7年前，田屋科技與工研院團隊進行合作，發展出輕量化高功率氫燃料電堆技術，採用直接氣冷式電堆取代傳統水冷散熱裝置，降低無人機整體重量；同時搭載電池控制關鍵技術，依據無人機飛行和滯停空中等需求，精準調控氫燃料功率，電力轉換率高達99%，且能持續穩定輸出。

「目前我們已經成功開發最大起飛重量25公斤無人機，創下載重5公斤、飛行3小時的長航時紀錄。」張成榮肯定合作的成果。除此之外，雙方也在合作的7年間創下許多業界的里程碑：包含完成交通部民用航空局特種實體檢驗，於高山、跨海及長航時等一系列實際驗證，不斷突破業界飛行紀錄，如從武陵青葉農場攀爬至海拔3,200公尺的新達山屋僅需18分鐘、自臺南北門往返遞送快篩試劑等醫療物資至澎湖東吉嶼僅需84分鐘等，「未來，我們可以透過氫燃料電池無人機具體實現山區救援、物流運送以及緊急醫療物資投遞等不同任務需求。」

## 建議從關鍵零組件著手 切入氫能生態系

氫燃料電池的各方應用與開發不僅能符合全

球減碳的趨勢，也能為交通產業找出更加多元的新能源路徑。然而氫能載具市場的發展受到多重因素的影響，既有驅動力也有阻力。

驅動力方面，石蕙菱指出，全球淨零排放目標與各國禁售燃油車的政策是主要的推力，而氫能載具成本也會隨技術進步和規模經濟逐步下降，此外，主要發展國家祭出政策誘因，以加速氫能載具的發展。例如，如日韓設定了明確的加氫站建置目標、歐洲透過歐洲綠色協議（Green Deal）與Fit-for-5等計畫規劃減排，並推動綠氫的生產與應用；美國的降低通膨法案（Inflation Reduction Act）同時提供氫供給與應用相關零組件與設備的稅收抵免；中國則透過氫能產業發展中長期規劃（2021-2035年）及地方補貼支持氫能商務載具和加氫站，都在推升氫能載具產業。在技術突破上，高功率電堆的開發正成為焦點。其中重量減輕、功率提升，加上關鍵零組件與原料的改良，不僅降低成本，也大幅提高運輸效率。這些研發方向正增強氫能商用車的市場競爭力，有望撬開重型運輸與物流領域的廣大商機。

然而，氫能載具的發展也面臨不少阻力。「潔淨氫價格居高不下，讓終端消費者望而卻步，主要因電解轉換效率有待提升及昂貴的運儲成本」石蕙菱說，加氫站建置速度緩慢，受制於嚴格的安全法規與技術門檻，基礎設施瓶頸直接拖累氫能載具市場擴張。與此同時，電動車市場競爭激烈，分食了氫能載具的需求。近期加氫站供應不穩、價格調漲與氫氣洩漏事件，更引發消費者和廠商的信心危機。

石蕙菱認為，臺灣乘用車與市區巴士都有電動車運行實績，氫能車加入障礙較高，建議從長途、高排放、高耗能車輛等利基市場來切入，同時降低基礎設施的限制；國內產業鏈量能可從燃料電池組件、三電系統、儲氫系統等關鍵零組件著手，逐步研發切入國內外市場，融入全球氫能載具生態系，為打造淨零永續而努力。■