

國際氫能基礎建設之發展與推動現況

張勳承

摘要

氫氣為潔淨能源載體，為當前國際極力發展之節能減碳技術，包含產氫、儲存、運輸、發電、供熱、合成燃料等關鍵課題。氫能產業的建立及是否可快速擴大規模，則仰賴國家戰略級的氫氣基礎建設全面擴增，從既有石化能源產氫，結合碳捕捉、封存及利用技術，最終轉換為再生能源製氫，加速各種氫能源應用，以取代現有高碳能源的使用。在製氫設施方面，結合再生能源電解產氫為長期發展之選項，而氫氣儲存和運輸可透過液態氫型態傳輸，提升氫能運輸的能量密度，降低運輸成本。此外，亦可採用液態有機氫載體(LOHC)，以現有化石燃料基礎設施儲運，或依靠既有天然氣管線及新設氫氣管線運輸，以提高成本效益。我國能源主要仰賴進口，為因應未來國家能源轉型，可積極布局於氫氣基礎設施相關技術，以奠定我國發展基礎。

一、前言

為解決全球暖化及環境汙染問題，國際間致力於發展減碳技術及擴大應用，然而，許多產業受限於製程和應用情境，很難有效減少排放。因此，多用途的氫氣長期以來被視為最具有幫助減碳潛力的技術，可以應對各種關鍵的能源挑戰。氫氣也可以作為存儲再生能源的主要選擇，近年來，因2050年全球淨零碳排的目標，氫氣的技術和應用受到前所未有的政治和商業關注，許多補助或商業投資項目正迅速擴大，對氫的投資幫助快速促進世界各地經濟體的新技術和工業發展，並創造就業機會。

氫氣能夠以不同的方式生產、儲存、移動和使用能源，包括再生能源、核能、天然氣、煤炭和石油。目前，用低碳能源生產氫氣的成本很高，國際能源署(International Energy Agency, IEA)分析[1]，未來再生能源成本下降和氫氣生產規模擴大，到2030年再生能源生產氫氣的成本可下降30%。消費者使用氫氣的價格，在很大程度上取決於有多少氫氣基礎設施，以及氫氣的供需量，因此包含製氫站、氫氣管線和加氫站、氫氣儲槽等氫基礎建設的發展，對廣泛的採用氫能扮演重要的角色。IEA指出未來十年內氫能的發展，應透過國家政策、氫基礎設施、及應用技術的發展相互配合，擴大基礎設施的發展。

二、國際氫基礎建設之發展現況

氫氣生產為發展氫能社會之基礎，美國從1970年開始便針對氫能技術展開各

種研發項目的補助，包含氫氣生產、運輸、存儲和利用進行研發[2]。中國則是世界最大的產氫國，每年可產出2500萬噸的工業製氫。目前全球仍以化石燃料產氫為主，電解產氫僅佔4%左右，主要因為電解製氫的成本較高。但基於減碳考量，美國、中國和歐洲三大經濟體未來發展趨勢仍以再生能源電解產氫為主，預期成本將下降至具有相當的市場競爭力。日本是最致力於發展氫能的國家之一，其經濟產業省發布的基本氫戰略中促進了氫的採用。著眼於擴大可再生能源的使用，日本東芝等大廠與新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)合作展開福島氫能研究場(FH2R)技術開發項目[2]，於2018年完成建置20 MW的太陽能發電設施(圖1)，搭配電網電力可供10 MW級制氫裝置中的水進行電解，每小時可生產、儲存和供應高達1200 Nm³氫氣。



圖1、福島氫能研究場[2]

隨著製氫成本的下降，輸送和分配氫氣成本將成為下一個重點課題。以液態氫型態來儲存和運送為目前國際積極發展的技術之一，可大幅減少氫氣的體積。圖2(a)為日本川崎重工開發的液態氫儲槽[3]，其絕熱效能比 LNG 儲槽好，可維持儲存液化氫所需的-253°C 條件，減少氫氣儲存過程的氣體蒸發損耗。液態氫的運輸同樣需要具高絕熱、防爆之專用載具，圖2(b)和(c)為川崎重工開發之運輸用槽車及運輸船。

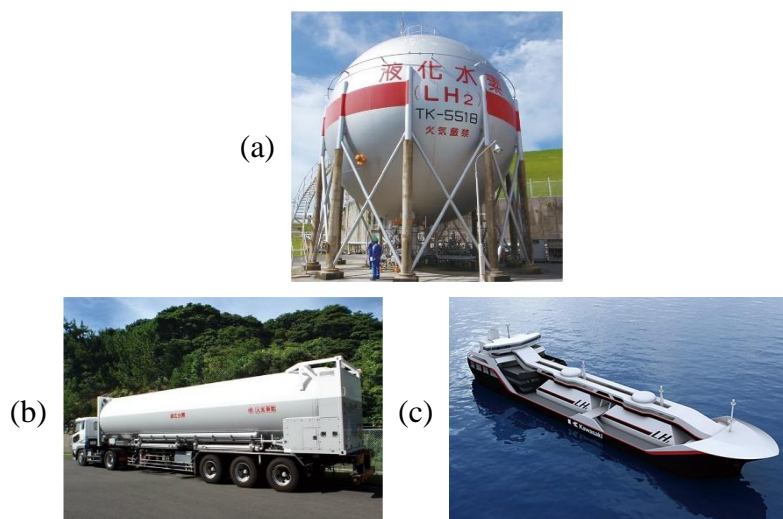


圖2、川崎重工開發的(a)液態氫儲槽、(b)運輸槽車及(c)運輸船。[3]

以液態有機氫載體(Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHC)來進行氫氣的運輸和儲存，為另一種低成本的方式。如圖4所示，二苳基甲苯酚在升高溫度和壓力下，透過催化劑進行反應，可進行加氫/脫氫反應，其儲運體積和重量相較於高壓儲氫及金屬儲氫技術而言較有優勢，且液態有機氫化物成本低、可多次循環使用，且可使用現有化石燃料基礎設施在常溫常壓下進行運輸及儲存，佔地面積小。LOHC產出氫氣可供燃料電池轉換為電量，或在工業製程中使用。目前國際上LOHC儲存設施發展，以日本千代田公司建置的LOHC示範運轉廠為代表[4]，已成功完成超過10,000小時的測試，性能符合預期目標。以LOHC儲運氫能，利於搭配定置型氫能發電設施之應用，千代田同時與NEDO合作進行SOFC搭配LOHC進行再生能源製氫與發電示範計畫，將LOHC脫氫反應所需的熱能由SOFC系統回收取得，以減少使用LOHC之能源損耗，提升效益。



圖3、二苳基甲苯酚的加氫/脫氫反應示意圖[5]

氫氣管道網絡為另一種具成本效益的方式，氫氣輸送管路可以部份使用現有的天然氣基礎設施，在短期發展中降低運輸成本。近年來，韓國大力推動氫能應用，並投入氫基礎建設的開發，其天然氣供應商 KOGAS 在 2019 年投入 40.1 億美元在製氫設施上，建設 25 個製氫設施，以及總長度為 700 公里的氫氣輸送管道，預計 2030 年將可提供 173 萬噸氫/年，供給在地的氫氣設施應用。儘管與許多替代方案相比，氫氣管道的運輸成本更低，但是氫氣網絡的實際成本會因類型、網絡長度以及改造後的管道本身的狀況而異。Hydrogen Council 報告指出[6]，陸上輸送網絡的典型資本支出成本將在每公里 0.6 到 120 萬美元之間，而新建的氫氣管道則在每公里 2.2 到 450 萬美元之間，因此氫氣的運輸成本為 0.13-0.23 美元/kg / 1,000 km，如圖 4 所示。因此，如何在改造/新建氫氣管路和其他運輸氫氣技術之間，選取最佳策略方案，為擴大氫氣應用、降低氫氣成本最重要的課題之一。

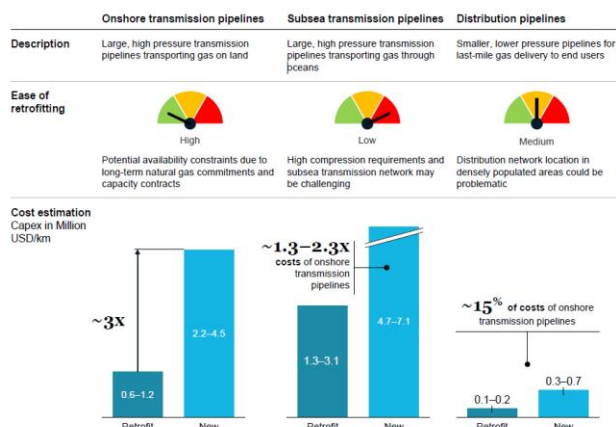


圖4、不同氫氣輸送管路類型比較[6]

三、結論

氫能為潔淨、多元應用的能源，其製造、儲存、運輸可透過不同方式，未來市場擴大，氫氣成本可望與化石燃料相近。國際能源署指出，未來十年氫能發展，應透過政策推動、氫基礎設施及應用技術的配合。在製氫設施方面，目前以化石燃料產氫為主，未來則以再生能源電解產氫為發展主流。在氫氣儲存和運輸方面，建立液態氫儲槽和相應的運輸槽車、運輸船為具效益的方式之一，而採用液態有機氫載體進行氫能運輸和儲存，可在常溫常壓下使用現有石油基礎設施，亦具有低成本效益。建立氫能儲槽可供產業製程或定置型發電使用，其氫氣釋出所需的能量可由系統整合中取得。此外，以現有的天然氣基礎設施建立氫氣管道網絡，其運輸成本更低，亦為定置型氫能設施補充氫氣之方式。

我國能源仰賴進口，未來除積極發展再生能源外，亦應參考國際氫能政策及技術發展，發展多元化氫能應用技術，以因應國家能源轉型所需之電力、熱能、化工等民生及工業需求，減少碳排放達成2050淨零碳排之全球發展目標。台灣已有部分廠商具備製氫技術和供給加氫站產品的能力，因此，台灣未來可積極與國際合作，建立氫氣儲存、運輸等基礎設施，以奠定我國發展基礎。

四、參考文獻：

1. The Future of Hydrogen, *International Energy Agency (IEA)*, 2019.
2. Hydrogen Roadmap Europe, *FCH JU*, 2019.
3. 川崎重工, <https://global.kawasaki.com/en/stories/hydrogen/>
4. 8Introduction of Liquid Organic Hydrogen Carrier and the Global Hydrogen Supply Chain Project, *Chiyoda Corporation & AHEAD*, 2018.
5. LOHC Systems, Energy Storage with Liquid Organic Hydrogen Carriers, *Covalion*.
6. Hydrogen Insights, *Hydrogen Council, McKinsey & Company*, 2021.