

氫能燃料電池於備用電力產業之應用

王文琳

前言

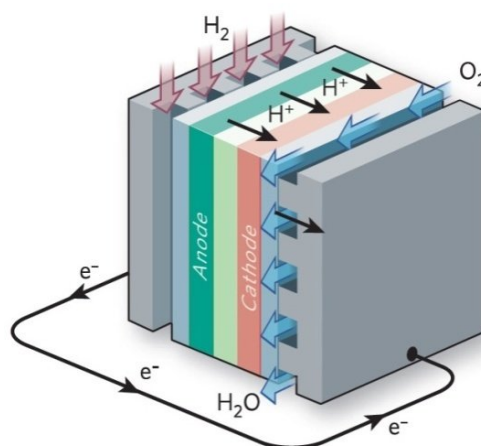
全球面臨氣候暖化、能源短缺及環境污染等問題日趨嚴峻，歐、美、日等先進國家均積極投入再生能源及新綠色能源的研發，其中燃料電池具有高能源轉換效率、零污染及低噪音等優勢，適用於中大型發電廠、分散式社區電力、緊急備用電力及電動載具電力，為各國政府規劃國家綠色能源開發及佈局之重要能源技術選項，除各國政府投入研發資源之外，目前已有許多國際企業投入燃料電池技術開發並推動示範運行計畫。燃料電池技術目前主要發展為定置型、運輸型與可攜式型三種應用形式，用途及燃料來源廣泛，除區域型定置發電機或備用緊急電力外，國外燃料電池汽車亦陸續量產上市，現今我國燃料電池產業已具備上、中、下游產業鏈，已趨近實質商業化階段，亦具備與國際接軌之技術能量。惟目前產品商業化成本略高，現階段仍需確立利基市場、提升產品性能、建立自動化量產技術期能有效降低生產成本，增加產品市場接受度。本文將介紹燃料電池在國內外備用電力之發展情形與使用現況，希冀能提出適合國內燃料電池長期發展及有效推動之應用模式，藉以有效舒緩國內電力需求、提高自用電力占比及達成政府減碳目標，並能顯著帶動燃料電池需求量與周邊產業鏈之興起，帶動國內新能源產業之發展。

燃料電池發電系統

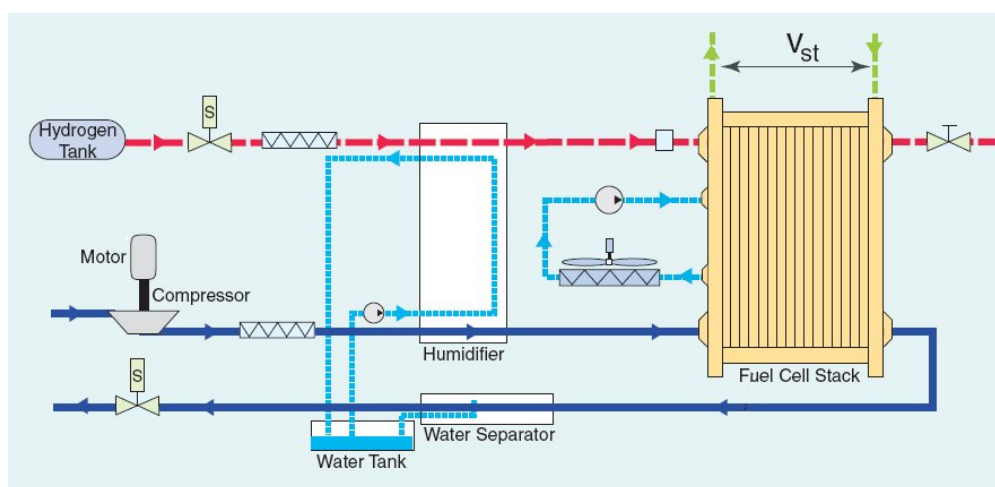
燃料電池隨著電極種類、電解質、電化學反應不同等，也區分為不同類型，如表一所示。例如：固態氧化物燃料電池(SOFC)是指其中電解質使用固態氧化物材料；熔融碳酸鹽燃料電池(MCFC)、磷酸燃料電池(PAFC)、質子交換膜燃料電池(PEMFC)、鹼液燃料電池(AFC)也都是以其中電解質的材料來命名；直接甲醇燃料電池(DMFC)則是以其燃料的種類來命名。以質子交換膜燃料電池為例，燃料電池電堆的基本構造如圖一所示，由兩片電極與一傳導離子的電解質所組成。燃料電池操作時，氫氣與氧氣分別接至陽極與陰極的導氣溝槽，此時電解質作用是讓氫離子傳遞到陰極完成電化學反應[2]，電子由電極輸出電流。其完整發電系統包含燃料電池電堆(stack)、冷卻模組、供氣模組、水管理及電控系統等所組成，如圖二所示[3]。雖然燃料電池有很多種類，由於質子交換膜燃料電池的操作溫度低、啟動時間短、可微小化，發電效率> 40%，所以在可移動式的電源、車輛電力、家用電源、3C 產品電源，具有相當的發展潛力，且已有商品推出。

表一 各種燃料電池的分類[1]

種類	DMFC	PEMFC	HT-PEMFC	PAFC	SOFC	MCFC
溫度	60~80	60~80	160~200	160~200	650~900	650~900
優點	低汙染、低噪音、啟動快	低汙染、低噪音、啟動快	CO 耐受性較高、系統較簡單	低汙染、低噪音	能源效率高、具內部重整、燃料多元	能源效率高、燃料多元
缺點	發電效率低、甲醇易穿透電解質層	水管理、昂貴觸媒、CO 耐受性低	啟動較慢、發電效率較低	價格昂貴、發電效率較低	啟動時間長、材料要求嚴苛	啟動時間長、電解液具腐蝕性
導電離子	H^+	H^+	H^+	H^+	O^{2-}	CO_3^{2-}



圖一 燃料電池基本構造剖面圖[2]



圖二 PEM 燃料電池發電系統示意圖[3]

國內燃料電池備用電力發展與推廣應用成果

質子交換膜燃料電池之操作溫度低及啟動時間短，可應用於可攜式電源、移動載具電力及緊急備用電源，其應用市場極具發展潛力。目前國內燃料電池系統之應用與需求主要仍以定置型備用發電系統為主，主要應用在軌道號誌及無線通訊基地台之緊急備用電力，國內發展與其應用現況如下說明：

(1)技術發展方向

燃料電池發電技術屬於「分散式」發電的一種，具高效率、零污染、可模組化的優點，除了供應電力，透過熱回收的設計更可以將整體能源利用效率提升到 90% 以上，是當前各國的重點能源科技之一。工研院投入氢能與燃料電池技術應用計畫以來，已陸續開發重組產氫技術、新型吸附儲氫材料、燃料供應系統、量產型低成本雙極板、關鍵燃料電池組、10 瓩級模組化燃料電池系統、電池組智慧型製造技術等，取得多項國內外專利。近年來國內廠商積極投入開發燃料電池產品及提升產品效能，國內已逐漸形成燃料電池產業之上中下游供應鏈。已開發多項利機產品如可攜式電源、移動載具電力及緊急備用電源等，在不同領域累積豐富各式產品的應用經驗。

(2)無線通訊基地台備用電力的應用

近年來由於氣候變遷，風災與豪大雨常對偏鄉地區的基地台造成癱瘓，以莫



拉克颱風為例，全台共 3300 座基地台斷訊，其中 70%為斷電因素，甚至有 550 座基地台斷訊超過兩天。傳統上基地台的備用電力大都採用蓄電池，僅提供 3 小時的備用電力，然而面對越來越嚴峻的天候異常，偏遠地區的備用電力的確有必要提升為供電 24~72 小時的能力，在災害發生時仍能維持電信訊號傳輸正常運作，對於救災時的消息傳遞與緊急通報等功能至關重要。國內歷年來由經濟部能源局與國家通訊傳播委員會(NCC)補助，已設置超過 40 處的基地台備用電力，期間歷經 2010 年凡那比颱風、近年的蘇迪勒與杜鵑颱風，燃料電池備用電力均在市電斷電後啟動並提供用電，確保偏鄉通訊通暢，提供救災指揮情資。以中華電信馬美機房於颱風時造成市電中斷為例(圖三)，2011 年 10 月 31 日完成 130 小時連續運轉測試，供應馬美機房電訊與冷氣電力需求，充分發揮燃料電池發電系統作為備用電力的可靠度及穩定性。

圖三 中華電信馬美機房之氫燃料電池備用電力

國內三大電信業者 2009~2013 年間陸續參與「燃料電池示範運轉」備用電力應用驗證，不但累積使用經驗，同時促使燃料電池產品改善符合現場使用要求。示範至今全台已有 20 座基地台建置燃料電池作為備用電力，其中有 8 座基地台於颱風期間發生電網斷電後提供即時電力，維持通訊功能（見表 2）。由國家通訊傳播委員會(NCC)在 2014 年於多處現場勘驗後，正式將燃料電池納入綠色備援電力補助項目，於 2015 年在台北市體育局完成了第一案 20 kW 的燃料電池備用電力系統建置，在斷電緊急狀況發生時，可以提供附近緊急避難場所 15 小時的不中斷電力，充分將燃料電池啟動快、可長時間供電的特性發揮。

表 1 國內基地台設置燃料電池分佈及歷年救災實績

代號	燃料	設置地點	歷年救災實績		
			20100918 凡那比颱風	20150808 蘇迪勒颱風	20150928 杜鵑颱風

1	純氫	新竹尖石馬美	13 小時 2.1 kW	-	-
2		台北三芝	尚未建置	-	-
3		桃園蘆竹	尚未建置	-	-
4		新北坪林逮魚窟	尚未建置	41 小時 1.9 kW	-
5		新北坪林碧湖	尚未建置	12 小時 1.1 kW	54 小時 1.1 kW
6		苗栗南庄	尚未建置	-	-
7		苗栗三義	尚未建置	10 小時 2.9 kW	-
8		苗栗苑里	尚未建置	10 小時 1.6 kW	-
9		台中大肚山	尚未建置	12 小時 2.9 kW	15 小時 2.9 kW
10		宜蘭天送埤	尚未建置	-	11 小時 2.9 kW
11		台南竹門	尚未建置	-	-
12		高雄林園	尚未建置	-	-
13		新屋蚵殼港	尚未建置	4 小時 0.9 kW	-
14		龍潭武漢	尚未建置	-	-
15		關西橫坑	尚未建置	-	-
16		復興上高義	尚未建置	-	-
17	電解水+高壓瓶	林口赤塗崎	尚未建置	3.5 小時 0.9 kW	-
18		蘆竹海山路	尚未建置	-	-
19	電解水+低壓瓶	龍潭高種山	尚未建置	-	-
20		復興嘎拉賀	尚未建置	-	-

資料來源：燃料電池推動辦公室整理，2015。

關於燃料電池後續的維護管理及燃料費用分擔部分，是後端消費使用者常提出的問題與疑慮；依目前基地台的使用單位與燃料電池業者的合作方式，可分為 2 類（見表 2）。在推廣初期，燃料電池系統業者一般提供 5 年以上保固與長期燃料運送合約。預期經一段時間在燃料電池逐漸普及後，系統營運者、燃料供應端、消費使用端可建立商業可運轉的產業供應鏈模式。

表 2 國內基地台設置燃料電池的維護管理權責分工

	能源局示範計畫	NCC 共構共站計畫
設備 維護管理	示範期間：燃料電池業者負責 示範結束：租賃合約（含維護）	建置補助：燃料電池業者提供 5 年保固 （保固到期後，視使用單位需求，可採論件計酬或租賃等方式）
燃料費	示範期間：燃料電池業者負責 示範結束：使用單位	使用單位

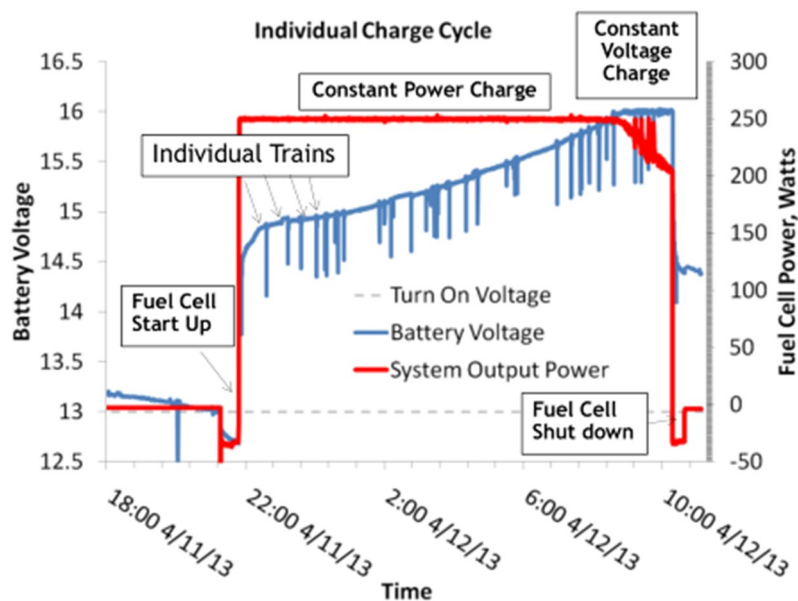
註：1 瓶純氫鋼瓶零售約 550 元，可提供 8 度電。

(3)軌道號誌備用電力的應用

鐵道號誌的備用電力傳統上是採用柴油發電機或是蓄電池，由於需要定期維護並考慮電池劣化等問題，一直以來是鐵路營運單位的負擔。目前國際上已有多款氫燃料電池被成功應用於鐵道號誌與監控系統的備用電力的案例，例如美國 Plug Power 公司的 Relion 系列，採用質子交換膜燃料電池發電系統，利用甲醇為料源，經過重組器轉換為氫氣燃料，目前廣泛被 BNSF 和 CSX 等鐵道公司應用於鐵路平交道號誌、列車控制傳感器與網路通訊設備等供電系統，如圖四所示[4]。CSX 公司已於 200 處以上的主動列車控制系統 (Positive train control, PTC) 設置氫燃料電池做為備援電力，可以自動化的啟動並提供大約 3 至 4 週停電時的電力需求。如圖五所示，是氫燃料電池備用電力於電力中斷時之運轉情況，當偵測到備用電力的內部蓄電池的電壓降低至下限值時，氫能燃料電池系統會自動啟動運轉，除了提供所需用電，並將餘電回充至蓄電池[5]。



圖四 Plug Power 公司的 PEM 燃料電池[4]



圖五 氫能燃料電池備用電力的運轉情況[5]

我國首座燃料電池鐵路號誌備援系統，於 2011 年 7 月設置於台鐵中壢站，裝置容量為 1kW 的質子交換膜燃料電池發電系統，如圖六所示。燃料電池的電流輸出為直流 DC 模式，和一般二次蓄電池相同，與市電轉換後之直流電並聯，供給號誌設備所需要的電源，系統均啟動運轉供電啟動率為 100%。電壓範圍符合鐵路號誌要求(24-30V)，系統的穩定性與可靠度相當不錯。



圖六 台鐵中壢車站號誌之燃料電池備用電力 RA 箱體

國內燃料電池備用電力發展現況與未來方向

經濟部能源局於 2009~2013 年推動示範驗證計畫，補助國內廠商建置各式燃料電池發電系統，共累計 709kW 裝置容量，其中定置型發電系統約有 412kW 裝置量，另外能源局於 2014~2016 年推動業界能專計畫，鼓勵廠商開發高效率及節能產品，期間新增 111kW 應用開發計畫。自 103 年起國家通訊傳播委員會補助高抗災通訊平台燃料電池備援電力設置，104 年台北市體育局設置 20kW 純氫型燃料電池(圖七)、聯合大學設置 26kW 純氫型燃料電池(圖八)、105 年中正大學設置 25kW 純氫型燃料電池(圖九)、台東大學設置 26 kW 純氫型燃料電池、雙溪區公所設置 20 kW 甲醇重組型燃料電池、三峽五寮里燃料電池備用電力 20 kW (圖十)，共新增 137KW 定置型備用電力應用，可見國內燃料電池系統之應用與需求主要以備用電力發電系統為主。



圖七 台北市體育局高抗災通訊平台 20kW 燃料電池備用電力系統



圖八 苗栗大學電信基地台料電池備援電力



圖九 中正大學基地台燃料電池備援電力



圖十 三峽五寮里電信基地台燃料電池備援電力

由於國內電力需求逐年增加、舊電廠除役、電廠機組意外跳機及新建火力電廠環評等諸多因素，造成國內尖峰用電之備載容量率下降至 10 年來新低，浮現「限電準備」危機。為解決國內電力缺口、限電危機、國際減碳壓力及非核家園目標之達成，除提高太陽能及風能等再生能源裝置容量占比之外，燃料電池發電的納入，將有助於區域微電網的電力調節與穩定。

燃料電池發電系統屬於潔淨綠色能源，具有高效率發電特性，協助降低環境負擔。燃料電池應用於定置型的備用電力上是相當成熟與穩定的，從台鐵中壢站的實際運轉狀況，與電信基地台備用電力經歷風災的實際運轉供電情況來看，燃料電池發電系統多年來在鐵道（高溫、震動、灰塵）或風災等天然災害的惡劣環境下均能緊急啟動，並即時、長時間穩定供電。相信未來隨著大型燃料電池的技術成熟與推動，搭配工業餘氫的妥善供給規劃，燃料電池將更進一步扮演電網尖峰供電調節角色，提供潔淨與穩定的電力。

參考文獻

- [1] 林昇佃，燃料電池，滄海書局，台中市，2004 年
- [2] 科學 online 科技部高瞻自然科學教學資源平台網站
(<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48212>)
- [3] Mohsen Mohseni et al., “The Role of Nanotechnology in Automotive Industries,” INTECH, 2012
- [4] Ryan Baker and Jiujun Zhang, “Proton Exchange Membrane or Polymer Electrolyte Membrane (PEM) Fuel Cells, The electrochemical society, 2011
- [6] Plug Power Inc.網站
(<http://www.plugpower.com/2015/10/plug-power-relion-fuel-cells-working-on-th>)

e-railroad/)

[7] Jon Rice, “Field Application of Fuel Cells,” Ultra Electronics, 2014.

誌謝

感謝經濟部能源局在研發經費上的支持