

淺談燃料電池

▶ 環境資源中心 林坤讓

▶ 美商優力安全認證有限公司 王奕仁

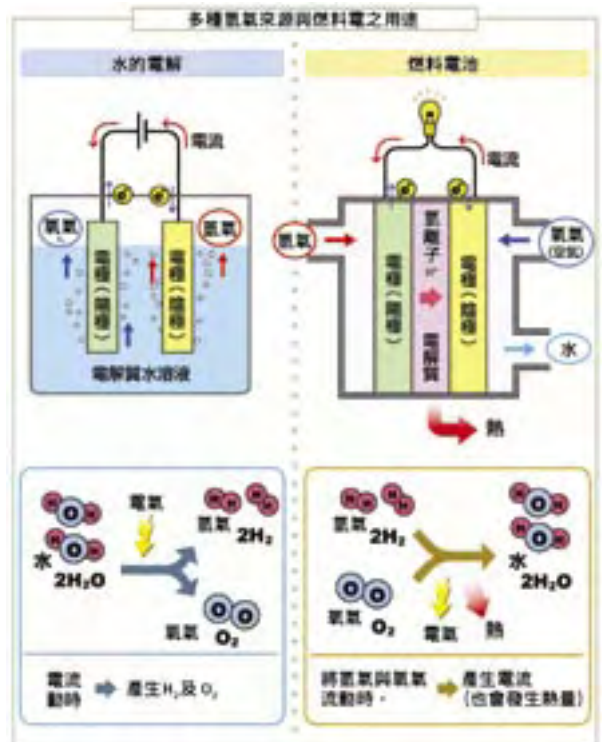
前言

早在1839年，英國人W. Grove就提出了氫和氧反應可以發電的原理，這就是最早的氫-氧燃料電池(FC)。但直到20世紀60年代初，由於航太和國防的需要，才開發了液氫和液氧的小型燃料電池，應用於空間飛行和潛水艇。近二三十年來，由於一次能源的匱乏和環境保護的意識抬頭，要求開發利用新的清潔再生能源。燃料電池由於具有能量轉換效率高、對環境污染小等優點而受到世界各國的普遍重視。

發電原理

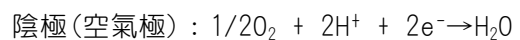
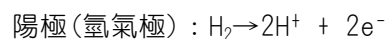
燃料電池，顧名思義，它是一種以燃燒特定的燃料而進行發電的裝置。它和普通乾電池不同，不需要更換新電池；它也有別於常用的鋰電池與蓄電池，不必進行再充電。在燃料電池裏，只需要從外界不斷地供應氫(H₂)或甲醇等燃料，便可以持續地提供電能。也就是說，燃料中的氫氣在燃料電池內部與空氣中的氧氣(O₂)進行化學反應後，在生成水的同時也產生出電流。其工作原理是電解水的逆向反應，當進行反應時產生的電流可引出加以利用，如圖1。

在燃料電池的設計中，由陽極供應氫氣，藉催化劑作用將氫原子分解為兩個質子(2H⁺)與兩個電子(2e⁻)，質子通過兩電極間



圖一 燃料電池原理

的電解質到達陰極薄膜，電子則通過外部電路抵達陰極；在陰極催化劑之作用下，氫質子、氧分子及電子，發生反應形成水，水也是唯一的產物。反應式如下：



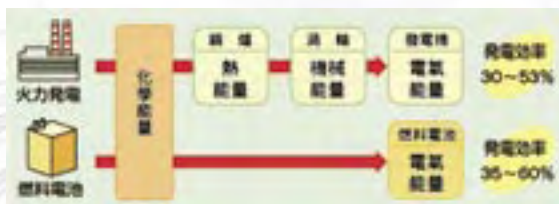


在陰陽兩極的另一面上分別設置有隔板，而隔板上分別有供應 H_2 和 O_2 的溝渠和排出 H_2O 的水溝，多塊燃料電池層重疊後便構成燃料電池系統。

發展優勢

燃料電池電廠所以具有如此大的吸引力，是因為它與傳統的火力發電、水力發電或核能發電相比，具有無可比擬的特點和優勢。主要特點如下：

- (1) 高效率－燃料電池不像傳統的火力或核能發電，需經多次轉換才能發電(圖2)。燃料電池發電因步驟簡單，自然效率就高，體積小。當多組的單位原件重疊一起時，即可串連增加電壓及電能。又效率與組數無關，燃料電池可大可小，應用範圍十分廣闊。其能量轉化效率在35-60%；如果實現熱電聯供，燃料的總利用率可高達80%以上(圖3)。
- (2) 環保－氫不產生任何有溫室效應的化學物質，也不會引起酸雨和煙霧。如汽車使用燃料電池，利用氫和氧化學反應，它所產生的只是電、熱和水蒸氣，惟一的副產品就是水，真正達到排放零污染。水又是製氫的原料，整個過程是迴圈和清潔的。另外，由於燃料電池無熱機活塞引擎等機械傳動部分，故工作時安靜，無雜訊污染。
- (3) 燃料多元－燃料電池可以使用多種多樣的初級燃料，如天然氣、煤氣、甲醇、乙醇、汽油；也可使用發電廠不宜使用的低質燃料，如褐煤、廢木、廢紙，甚至城市垃圾，但需經專門裝置來做轉換。
- (4) 高度可靠性－燃料電池發電裝置由單個電池堆疊至所需規模的電池組構



圖二 燃料電池與火力發電廠效率比較



圖三 燃料電池與發電廠總利用率比較

成。由於這種電池組是模組結構，因而維修十分方便。另外，當燃料電池的負載有變動時，它會很快回應，故無論處於額定功率以上超載運行或低於額定功率運行，它都能承受且效率變化不大。這種優良性能使燃料電池在用電高峰時可作為調節的儲能電池使用。

種類與特性

目前燃料電池依照電解質的不同，可分為鹼性燃料電池(Alkaline Fuel Cell；簡稱AFC)、質子交換膜燃料電池或固體高分子型燃料電池(Proton Exchange Membrane Fuel Cell；簡稱PEMFC或PEFC)、磷酸型燃料電池(Phosphoric Acid Fuel Cell；簡稱PAFC)、熔融碳酸鹽燃料電池(Molten Carbonate Fuel Cell；簡稱MCFC)及固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell；簡稱SOFC)等五種。

鹼性燃料電池(AFC)，一般被運用於人造衛星上，操作時所需溫度並不高，轉換效率好，可使用之觸媒種類多價格又便宜，例如銀、鎳等，但是在最近各國燃料電池開發

競賽中，卻無法成為主要開發對象，其原因在於電解質必須是液態，燃料也必須是高純度的氫才可以。此外，鹼性燃料電池的電解質，易與空氣中的二氧化碳結合形成氫氧化鉀，影響電解質的品質，導致發電性能衰退。

質子交換膜燃料電池(PEFC)，其電解質為離子交換膜，薄膜的表面塗有可以加速反應之觸媒(大部分為白金)，薄膜兩側分別供應氫氣及氧氣，氫原子被分解為兩個質子及兩個電子，質子被氧吸引，再和經由外電路到達此處之電子形成水分子，因此此燃料電池的唯一液體是水，腐蝕問題相當小，同時其操作溫度介於80至100°C之間，安全上之顧慮較低。然而，觸媒白金價格昂貴，若減少其使用量，操作溫度勢必會提升。再者，白金容易與一氧化碳反應而發生中毒現象，因此比較不適合用在大型發電廠，而適合做為汽車動力來源。

磷酸型燃料電池(PAFC)，因其使用之電解質為100%濃度之磷酸而得名。操作溫度大約為150到220°C之間，因溫度高所以廢熱可回收再利用。其觸媒與前述之質子交換膜燃料電池一樣，同為白金，因此也同樣面臨白金價格昂貴之問題。到目前為止該燃料電池大都運用在大型發電機組上，而且已商業化生產，技術較不成問題，惟未能迅速普及，成本居高不下就是主要關鍵。

熔融碳酸鹽燃料電池(MCFC)，其電解質為碳酸鋰或碳酸鉀等鹼性碳酸鹽。在電極方面，無論是燃料電極或空氣電極，都使用具透氣性之多孔質的鎳。操作溫度約為600至700°C，因溫度相當高，致使在常溫下呈現白色固體狀的碳酸鹽溶解為透明液體，而發揮電解質之功用。由此可見此類型燃料電池，並不需要貴金屬當觸媒。因為操作溫度

高，廢熱可回收再使用，其發電效率高者可達75到80%，非常適合於中央集中型發電廠。

固態氧化物燃料電池(SOFC)，其電解質為氧化鋯，因含有少量的氧化鈣與氧化釷，穩定度較高，不需要觸媒。一般而言，此種燃料電池之操作溫度約為1000°C，廢熱可回收再利用，因此大都使用於中規模發電機組。

產品應用

燃料電池的氫來源廣泛，不僅可從城市煤氣和天然氣中得到，也可透過太陽能、生物細菌分解農作物秸稈和有機廢水中得到(圖4)。燃料電池既適宜用於集中發電，建造大、中型電站和區域性分散電站，也可用作各種規格的分散電源，其應用範圍也因工作溫度及發電功率而有不同，一般可分為以下四種：

- 可攜式電子產品(Portable) — 筆記型電腦、數位相機、手機、PDA等。
- 住宅發電 (Residential) — 住宅或備用電源。



圖四 燃料電池原料與用途之多元性



• 運輸交通工具(Transportation) — 汽車、巴士等。

• 大型發電(Stationary) — 大樓發電、小型及大型發電廠。

功率在100W~10KW的電池偏向民用，是移動基站、分立電源、潛艇、電動自行車、摩托車、遊艇及場地車等的較佳動力源；10KW~100KW電池是電動汽車的首選動力源，是目前整個燃料電池產業發展的方向；100KW以上電池是特殊條件下電站動力源，如軍用、偏遠地區等用途。

燃料電池車

燃料電池概念車沒有傳統的發動機、變速箱和機械傳動裝置，只是在底盤上安裝了由氫燃料罐和電池組成的新型驅動裝置，採用控制技術，四臺電機分別由計算機控制，驅動連接四個車輪。許多人擔憂氫燃料車的危險性，但事實上它比汽油車安全得多。即使在失火的情況下也便於逃生。汽油車發生事故或遇火，油箱會發生爆炸，油產生的熱和毒氣都會致命。而氫燃料車在猛烈的撞擊下，甚至儲氫罐破裂都不會引起大火，在逃生時不會被大火燒傷。即使氫採用壓縮儲存，也只是易燃。如果撞擊後氫燃料外溢沒有著火，它會蒸發到空氣中，不產生污染。但它絕不會爆炸，因為氫氣只有與氧氣或空氣在密閉的空間裡(如一個容器裡)混合後才會引起爆炸。

目前，燃料電池車的儲氫方式有兩種，一種是將液態氫儲存於溫度為-253℃的儲氫罐中，另一種是將氫氣在高達700帕(bar)的壓力下，儲存於超級絕緣的儲氫罐中。兩種方式的一次注氫行駛里程分別可達400公里或270公里。為了滿足消費者所要求的行車里程數，各廠商持續研發高壓氫氣罐、儲氫合金罐、液體氫氣罐、碳納米管以及化學氫

化物等各種儲氫技術。目標是在與現有油箱同等的尺寸與重量條件，實現同樣的連續行駛距離。

燃料電池車的另一個瓶頸則是成本偏高。電池中鍍於隔膜兩面的薄層鉑觸媒，佔電池組成本的四成，由於貴金屬成份的成本不斐，研究人員正絞盡腦汁降低鉑的含量。此外，現在石油比用氫要便宜得多，氫燃料車在市場上缺乏競爭力。但未來隨著石油的減少，價格上昇，再加上污染成本和治理環境的成本，氫的經濟性和環保性就開始顯現出來。

結論

燃料電池新能源科技在可預見的未來，將大幅改變人類社會的生活方式，促進經濟發展以致興起氫經濟的新紀元。目前燃料電池技術尚未商品化，但大多數的資料認為2008年是關鍵時刻，屆時將出現大量的燃料電池商品。世界各國的科學家都已經看到了氫能是今後的發展方向，無論從環保，還是能源需求，都將成為人類最終的能源。 ∞

參考文獻

1. 日本NEDO，燃料電池技術解說，<http://www.nedo.go.jp/kaisetsu/envm/envm2/index.html>。
2. 台灣燃料電池資訊網，FC介紹，<http://www.tfci.org.tw>。
3. 勝光科技，燃料電池簡介，http://www.antig.com/t_chinese/tech.html。
4. 科學人雜誌，「氫燃料電池車乾淨上路」，2005年4月號。

