

篇名

燃料電池的原理與特性

作者

張榮傑。高雄縣中山工商。綜合高中。二年六班

壹●前言

一、研究動機

日常生活中，提供動力最普遍的應該是石油，例如：發電機、汽車、機車、……石油雖然帶給人們許多便利，但是卻會污染大自然，近幾年來，溫室效應越來越嚴重，石油也一點一滴的再減少，石油不是用之不竭的能源，所以一定要找個代替物來扮演石油這個重要的角色，目前最有可以取代動力的應該是燃料電池，在現在石油危機下，用這種燃料來代替傳統動力，是一件值得思考和研究，傳統動力不只是用非再生能源，且排放廢氣，而氫燃料電池用的是天然的東西，副產品只有水，這幾點讓我們決定這主題。

貳●內文

一、認識燃料電池

1・何謂燃料電池《註一》

燃料電池（Fuel Cell）是一種將燃料的化學能，透過電化學反應直接轉換成電能的裝置。只要不斷地供應燃料，就會持續地輸出電力。燃料通常是氫氣、甲醇、乙醇、天然氣或其他的碳氫化合物，氧化劑則可以用空氣中的氧，而副產物是熱、純水或較少量的二氧化碳。

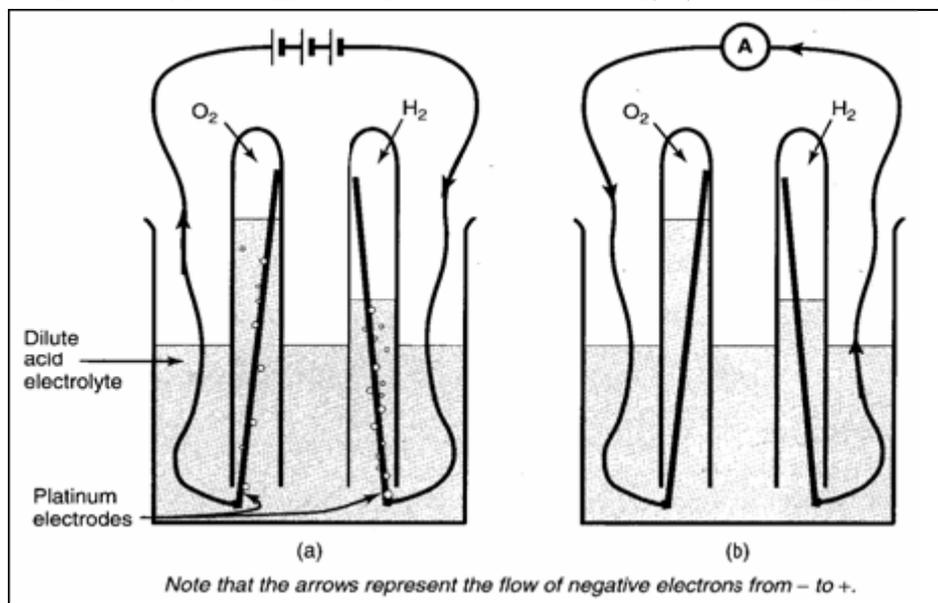
2・燃料電池的發展起源《註二》

最早的燃料電池發明雛形要追溯到西元1839年，英國法官威廉葛洛夫(William R. Grove)進行的「氣體電池(Gas Voltaic Battery)」實驗(如下頁圖一)，其基本構想是源自於水的電解實驗。

為驗證氧氣與氫氣反應是否會逆解水電解過程而產生電，先以外加電源連接兩根白金棒與試管置於水槽中，由於水的電解，兩根試管各自產生氫氣和氧氣，之後將外加電源更換成負載，此時，因為兩端的氫氣及氧氣存在自由能差，氫氣端遂進行氧化反應，氧氣端則進行還原反應。構造示意(如下頁圖一)

但當時所使用的電極材料無法耐長時間的強酸浸蝕，且由於所產生的電流極其微小，因此未受重視。「燃料電池」一詞直到西元1889年才由拉德維格曼得(Ludwig Mond)和查爾斯蘭格(Charles Langer)二位化學家所提出。

燃料電池為一將化學能轉變為電能的自發性電化學系統(Galvanic Cell)，只要不斷供應燃料(H_2 、 CH_4 、 CH_3OH)就能夠持續輸出電力。因此燃料電池不需經傳統燃燒過程即能將化學能轉換成電能，不但能源效率提高且可藉由外部不斷地供應反應所需之燃料，持續地產生電能，不同於一般只能儲存固定電量之蓄電池。



圖一、燃料電池雛形

(資料來源：林彥均。奈米複合觸媒於質子交換型燃料電池之應用。國立中央大學化學研究所。2006。第01頁。)

二、燃料電池的種類《註三》

目前燃料電池依照電解質的不同，可分為五種：

1. 鹼性燃料電池(alkaline fuel cell，AFC)

一般被運用於人工衛星上，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。

2. 質子交換膜燃料電池(proton exchange membrane fuel cell，PEMFC)

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。

3. 磷酸型燃料電池(phosphoric acid fuel cell, 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。

4. 熔融碳酸鹽燃料電池(molten carbonate fuel cell, MCFC)

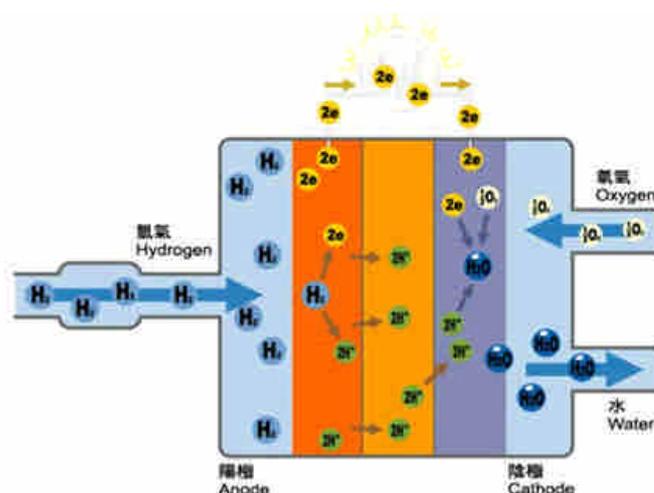
其電解質為碳酸鋰或碳酸鉀等鹼性碳酸鹽。在電極方面，無論是燃料電極或空氣電極，都使用具透氣性之多孔質的鎳。操作溫度約為 600 至 700°C，因溫度相當高，致使在常溫下呈現白色固體狀的碳酸鹽溶解為透明液體，而發揮電解質之功用。由此可見此類型燃料電池，並不需要貴金屬當觸媒。因為操作溫度高，廢熱可回收再使用，其發電效率高者可達 75 到 80%，非常適合於中央集中型發電廠。

5. 固態氧化物燃料電池(solid oxide fuel cell, 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。

三、燃料電池之運作原理《註三》

燃料電池的運作原理，是電池的陰陽兩個電極，分別充滿電解液，而兩個電極間則為具有滲透性的薄膜所構成。氫氣由燃料電池的陽極進入，氧氣（或空氣）則由陰極進入燃料電池。經由催化劑的作用，使得陽極的氫原子分解成兩個氫質子（proton）與兩個電子（electron），其中質子被氧『吸引』到薄膜的另一邊，電子則經由外電路形成電流後，到達陰極。在陰極催化劑之作用下，氫質子、氧及電子，發生反應形成水分子，因此水可說是燃料電池唯一的排放物。（如下頁圖二）



圖二、燃料電池運作原理圖

(資料來源：台灣燃料電池資訊網。http://www.tfci.org.tw/Fc/index.asp。2008/3/17)

四、燃料電池的優缺點《註四》

1. 優點

- a. 低污染：燃料電池比一般傳統火力發電方式更清潔，沒有二氧化碳及含硫的問題，更沒有核能發電核廢料的問題。若用氫氣與空氣作為燃料與氧化劑，其生成物只有水和熱。
- b. 高效率：因為燃料電池直接將燃料中的化學能轉換成電能，和一般傳統的發電方式不同，故不受卡諾循環的限制，理論上能量轉換效率可達 80%。
- c. 無噪音：燃料電池本體在發電時，不需其它移動機件的配合，因此沒有噪音問題。
- d. 用途多：燃料電池所能提供的電力範圍相當廣泛，小至手機大至百萬瓦發電廠。
- e. 免充電：一般電池是將能量貯於電池本體中，用完後即捨棄，或充電後再重複使用。燃料電池是由燃料中的化學能提供能源，它並不含在電池本體結構中，因此只要持續不斷地供給燃料，燃料電池便可以不停地發電。
- f. 燃料來源極廣：只要含有氫原子的石化能源如石油、天然氣、煤炭、沼氣、酒精與甲醇等，通過一個轉換器，都可作為燃料電池的能源進料。目前更有利用高壓鋼瓶或金屬氫化物等儲氫材料製成的儲氫卡匣，成為燃料電池電力組，可取代一般的蓄電池。

2. 缺點

- a. 價格高：氫的生產成本昂貴，不論是從水中分解或是來自天然氣所產生的氫氣，這些過程所耗費的成本高於傳統的發電方式。
- b. 相關技術不夠成熟：雖然目前對燃料電池已有相當的研究，但如果要大量的應用在生活中，完全取代過去的發電方式，可能還需要一段時間，研發更穩定、成熟的技術。
- c. 差異性大：燃料電池在應用時，會因為該產品所需的反應和穩定性，不盡相同。因此需要發展出各式各樣差異性大的燃料電池。

五、常見的燃料電池類型之基本特性比較

表【一】、常見的燃料電池類型之基本特性比較

溫度類型	低溫燃料電池 (60~200℃)		中溫燃料電池 (160~220℃)	高溫燃料電池 (600~1000℃)		
電解質類型	鹼性燃料電池 (AFC)	質子交換型燃料電池 (PEFC)	磷酸燃料電池 (PAFC)	熔融碳酸鹽燃料電池 (MCFC)	固態氧化物燃料電池 (SOFC)	
燃料	純氫氣	氫氣、甲醇	氫氣	氫氣、天然氣、煤氣、沼氣	氫氣、天然氣、煤氣、沼氣	
氧化劑	純氧氣	空氣、氧氣	空氣、氧氣	空氣、氧氣	空氣、氧氣	
導電離子	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	
啟動時間	<0.1hr	<0.1hr	1~4hr	5~10hr	5~10hr	
優點	低污染、電效率高、維護需求低	低污染排放、低噪音、啟動快	低污染、低噪音	能源效率高、低噪音、具內重整能力	能源效率高、低噪音、具內重整能力	
缺點	燃料與氧化劑限制嚴格、壽命短、造價高	與常規發電技術相比價格昂貴	價格昂貴、發電效率相對較低	啟動時間長、電解液具腐蝕性	啟動時間長、對材料的要求嚴苛	
反應方程式	陽極	$H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$	$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + 2e^-$ $CO + O^{2-} \rightarrow CO_2 + 2e^-$	
	陰極	$1/2O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	$1/2O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$	$1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$
	淨反應式	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$
發電效率	60~70%	43~58%	37~42%	>50%	50~65%	
應用	太空飛行、國防、車輛動力	汽車、可攜式電力、住家電源	熱電合併電廠	熱電合併電廠、複合電廠	熱電合併電廠、複合電廠、住家電廠	

參●結論

過去，人們都使用石油，近年來，埋藏在地底千萬年的煤炭、石油，已經漸漸的枯竭，又加上燃燒化石燃料所產生的二氧化碳、硫、氮氧化物等等的空氣污染物，使得地球嚴重的被污染了。燃料電池的出現，使得動力來源多了一種取得方式，誰也沒想過，在大自然裡到處都有的氣體能夠代替石油的重要角色，而且燃料電池在發電過程中卻不影響自然，反應後的副產品也是天天都需要的水，希望未來燃料電池技術能夠越來越成熟，成爲主要動力。

肆●引註資料

- 《註一》陳振源(2005)。「未來的綠色能源－燃料電池」《科學發展》。391期。62～65頁
- 《註二》林彥均。奈米複合觸媒於質子交換型燃料電池之應用。國立中央大學/化學研究所。民國95年。第01~02頁。
- 《註三》衣寶蓮 (2007)。燃料電池－原理與應用。高雄：五南出版
- 《註四》楊志忠、林頌恩、韋文誠(2003)。「燃料電池的發展現況」《科學發展》。367期，30~33頁