

燃料電池的應用和比較

篇名：

燃料電池的應用和比較

作者

鍾勝原。苗栗農工。冷凍空調科。三年甲班。

指導老師:林孟郁老師

壹●前言

現在最廣為使用的化石燃料為非再生能源，因人類活動增加而不斷的開發，目前地球蘊含的能源中，石油約可再使用40年，天然氣60年，煤炭200年，若不發展其他的再生能源，終究會有能源枯竭的一天，而燃燒化石燃料所造成的廢棄氣體，不但影響人類的健康，更造成地球環境的改變與破壞，如：溫室效應、破壞原生環境等問題。

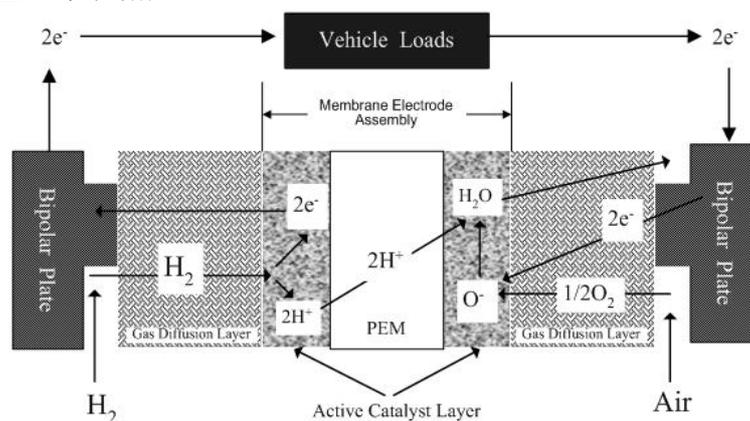
它們的應用範圍非常的廣範，例如：車子、摩托車、筆記型電腦、巴士，以及現在最流行的就是燃料電池車等等，本文將討論燃料電池間的差異及應用。

貳●正文

一、燃料電池原理

一般來說，燃料電池是直接將燃料之化學能轉換為電能的裝置，運作原理可稱為水電解的逆反應。構成燃料電池得基本元件包括電極(electrode)、電解質薄膜(electrolyte membrane)以及集電器(current collector)等，電極是由燃料氧化與氧化劑還原的電化學反應發生的場所，可以分為陽極(anode)與陰極(cathode)兩部份。

電解質的功能是分隔氧化劑與還原劑並同時傳導質子；集電器也可以稱作雙極板(bipolar plate)，它有收集電流、疏導反應氣體和分隔氧化劑與還原劑的作用。當燃料以氫氣由陽極進入，氫氣被觸媒可分解成爲氫質子與電子，電力是由電子的流動而產生，另外氫質子則由穿過電解質與從陰極來的氧氣，並再加上回路的電子結合之後產生水和熱。



(圖一) 燃料電池原理

二、燃料電池的比較

燃料電池有多種的分類方式，如以燃料電池之電解質(electrolyte)及溫度來區分，

可分為以下五種

- A、鹼性燃料電池（Alkaline Fuel Cell, AFC）60~220 °C。
- B、高分子膜燃料電池（Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC）80~100°C。
- C、磷酸燃料電池（Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC）180~200 °C。
- D、熔融碳酸鹽燃料電池（Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC）650 °C。
- E、固態氧化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell, SOFC）1200 °C。

1、鹼性燃料電池(AFC)

燃料電池像其他電池一樣，是一種把化學能直接轉換為電能的裝置。所不同者，若持續供應燃料，它可持久運作，產生電能。氫和氧是燃料電池的基本成分，它們在電池內產生反應，產生電、熱和水。因為地球上有用不完的氧，並且利用水、汽油、天然氣、煤氣、甲烷、甲醇及乙醇等物質可製得氫，所以這種新能源是用之不竭的。

『燃料電池由陽極及陰極組成，並由電解質分隔開。在反應過程中，氫和氧會分別流經該兩片電極，電極表面均塗上活化反應的鉑或其他金屬。以下化學方程式表示了總反應：



2、高分子膜燃料電池(PEMFC)

質子交換膜燃料電池發電原理為氫氣由氣體流道進入電池組，由擴散層，和觸媒層中的白金觸媒作用後，氧化變為氫離子並釋放出電子。以上為陽極之電化學半反應，此半反應的兩種產物（氫離子及電子），再以兩種不同方法輸送至陰極，氫離子受到電滲透力驅策，以一個氫離子加上數個水分子的方式，由電解質層（質子交換膜）輸送到陰極觸媒層。

電子則因電位差的緣故，經由導電層在外電路作功之後輸送到陰極觸媒層，氫離子、電子、加上由陰極氣體流道輸送來的氧氣，經由陰極觸媒層的白金催化，進行陰極半反應並產生水。

『總反應為氫氣和氧氣反應，產生水及電力和熱，理論可逆電壓為1.234伏特，但因為過電位及內電阻使得其一般的工作電位約為0.7伏特左右，其中，陰極半反應之反應速率為陽極半反應之一萬倍。反應速率決定步驟(rate determined step)在陰極的半反應。』(註二)

3、磷酸燃料電池（PAFC）

是目前在民生消費應用經驗最多的燃料電池技術。目前全球有超過200具PAFC供電系統提供醫院、療養院、旅館、辦公大樓、機場、垃圾掩埋場、廢水處理廠及發電廠等所需之電力及蒸汽熱能。該技術推廣者UTC Fuel Cells公司近年剛創供電10億仟瓦-小時的里程碑。

『PAFC型燃料電池係使用磷酸為電解質，電極亦採用鉑金屬為觸媒，其陰陽極發生的化學反應與PEMFC相同，但操作溫度較高，介於150~200℃之間。高溫使觸媒對碳氫燃料轉化(reformation)產生的污染物較具承受力，故PAFC型電池可使用天然氣、丙烷及垃圾沼氣等碳氫燃料。

PAFC在中大型固定式發電設備之應用甚廣，電轉換效率可達36-42%；若採熱電聯產(或譯汽電共生，co-generation)設置，則能量轉換效率可達85%。一般PAFC單元的電輸出功率介於25-250仟瓦。若數個單元串接後結合的電功率可達幾百萬瓦(日本一座PAFC電廠可供出1,100萬瓦電力)。』（註三）

4、熔融碳酸鹽燃料電池（MCFC）

MCFC型燃料電池是屬於高溫型，由多孔陶瓷陰極、多孔陶瓷電解質隔膜、多孔金屬陽極、金屬極板構成的燃料電池，操作的溫度介於600~750℃之間。利用懸浮在多孔惰性器材中的熔融態鹼金屬(如鋰、鈉、鉀)碳酸鹽等混合物為電解質，電極可採用非貴金屬的鎳質電極。一般的輸出功率介於75~250仟瓦。在市場上已經有使用多個發電單元結合的系統，發電量可以達500萬瓦。

電轉換的效率頗高，在50~60%的範圍，利用廢熱的聯產設置可已達到80~85%的轉換效率。大部份主要應用在聯合迴圈熱電廠、電廠、船、鐵路用車等等系統之電力供應。

SOFC型電池，MCFC電池仰賴高溫之特點使其燃料有多樣的選擇。市場上已有以氫氣、一氧化碳、煤氣、天然氣、丙烷、垃圾掩埋場沼氣及海運用柴油等。具有餘熱利用價值高和電池構造材料價廉等諸多優點，為目前大型固定式綠色電站的主流。

但MCFC及SOFC皆有一些使用上的限制：

- A、它們的啟動較慢
- B、須有強固的熱遮蔽設計
- C、耐高溫材料製作不易。當前的MCFC發電裝置的研發方向著重於縮小佔地空

間及降低成本，以及與燃氣渦輪機的整合。（註四）

5. 固態氧化物燃料電池(SOFC)

固態氧化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell，簡稱SOFC）屬於第三代燃料電池，是一個等溫，並直接將儲存在燃料和氧化劑中的化學能高效、環境轉化成電能的全固態化學發電裝置。

SOFC與第一代（磷酸型燃料電池，簡稱PAFC）、第二代燃料電池（熔鹽碳酸鹽燃料電池，簡稱MCFC））兩個相比如下優點：

- A、較高的電流密度和功率密度。
 - B、陽、陰極極化可忽略，極化損失集中在電解質內阻降。
 - C、可直接使用氫氣、烴類（甲烷）、甲醇等作燃料，而不必使用貴金屬作催化劑。
 - D、避免了中、低溫燃料電池的酸鹼電解質或熔鹽電解質的腐蝕及封接問題。
 - E、能提供高質餘熱，實現熱電聯產，燃料利用率高，能量利用率高達80%左右，是一種清潔高效的能源系統。
 - F、廣泛採用陶瓷材料作電解質、陰極和陽極，具有全固態結構。
 - G、陶瓷電解質要求中、高溫運行（600~1000°C），加快了電池的反應進行，還可以實現多種碳氫燃料氣體的內部還原，簡化了設備。
- 固態氧化物燃料電池（SOFC）是一種新型發電裝置，其高效率、無污染、全固態結構和對多種燃料氣體的廣泛適應性等，是其廣泛應用的基礎。』（註五）

6、SOFC組成及工作原理

單體燃料電池主要組成部分由電解質（electrolyte）、陽極或燃料極（anode，fuel electrode）、陰極或空氣極（cathode，air electrode）和連接體（interconnect）或雙極板（bipolar separator）組成。

SOFC的工作原理與其他燃料電池相同：

比較早期開發出來的SOFC的工作溫度較高，一般在800~1000°C。目前科學家已經研究成功中溫固態氧化物燃料電池，其工作溫度一般在800°C左右。

某些國家的科學家也正在努力開發低溫SOFC，其工作溫度更可以降低至650~700°C。工作溫度的進一步降低，使得SOFC的實際應用成爲可能。在SOFC的陽極一側持續通入燃料氣，例如：氫氣（H₂）、甲烷（CH₄）、城市煤氣等，具有

催化作用的陽極表面吸附燃料氣體，並通過陽極的多孔結構擴散到陽極與電解質的介面。

在陰極一側持續通入氧氣或空氣，具有多孔結構的陰極表面吸附氧，由於陰極本身的催化作用，使得 O_2 得到電子變為 O_2^- ，在化學勢的作用下，進入起電解質作用的固體氧離子導體，由於濃度梯度引起擴散，最後回到固體電解質與陽極的介面，和燃料氣體發生反應，失去的電子通過外電路回到陰極。

1、固體氧化物燃料電池組

單體燃料電池只能夠產生1V左右電壓，功率有限，爲了要使得SOFC具有實際應用可能，需要大大提高SOFC的功率。

可以應用的方式：將若干個單電池以各種方式（串聯、並聯、混聯）組裝成電池組。目前SOFC的結構主要爲：管狀（tubular）、平板型（planar）和整體型（unique）三種，其中平板型因功率密度高和製作成本低而成爲SOFC的發展趨勢。

A、管狀SOFC

『管狀結構SOFC是最早發展的一種形式，也是目前較爲成熟的一種形式。單電池由一端封閉、一端開口的管子構成。最內層是多孔支撐管，由裡向外依次是陰極、電解質和陽極薄膜。氧氣從管芯輸入，燃料氣通過管子外壁供給。目前管狀結構單電池已經運行了數萬小時。單電池通過陰、陽極間連接形成電池堆。』（註五）

B、平板型SOFC

『平板型固體氧化物燃料電池的幾何形狀簡單，其設計形狀使得製作工藝大爲簡化。平板式SOFC結構組成。陽極、電解質、陰極薄膜組成單體電池，兩邊帶槽的連接體連接相鄰陰極和陽極，並在兩側提供氣體通道，同時隔開兩種氣體。』（註五）

電池種類	磷酸(PAFC)	熔融碳酸鹽(MCFC)	固態氧化物(SOFC)	鹼性(AFC)	質子交換膜(PEFC)
電解質	H_3PO_4	$Li_2CO_3-K_2CO_3$	ZrO_2	KOH	含氟質子交

					換膜
陽極	C(含Pt)	Ni(含Cr, Al)	金屬(Ni, Zr)	C(含Pt)	C(含Pt)
陰極	C(含Pt)	NiO	金屬氧化物 如LaMnO ₄	C(含觸媒)	C(含Pt)、鉑黑
流動離子	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ₂ ⁻	OH ⁻	H ⁺
操作溫度	180~200°C	~650°C	~1000°C	室溫~100°C	室溫~80°C
操作壓力	<120psia	<120psia	常壓	<60psia	<30psia
可用燃料	天然氣、 甲醇、輕油	天然氣、甲醇、 石油、煤碳	天然氣、甲 醇、石油、煤 碳	精煉氫氣、 電解副產氫 氣	天然氣、甲 醇、 汽油
池體材料	石墨	鎳、不鏽鋼	陶瓷	合成樹脂	石墨
特性	1. 進氣中CO 會導致觸媒 中毒 2. 廢熱可予利 用	1. 不受進氣 CO影響 2. 反應時需 循環使用 CO ₂ 3. 廢熱可利 用	1. 不受進氣 CO影響 2. 高溫反 應，不需依 賴觸媒的 特殊作用 3. 廢熱可利 用	1. 需使用高 純度氫氣 做為燃料 2. 低腐蝕性 及低溫較 易選擇材 料	1. 功率密度 高，體積 小，重量輕 2. 低腐蝕性 及低溫，較 易選擇材 料
優點	1. 對CO ₂ 不敏 感	1. 可用空氣 作氧化劑 2. 可用天然 氣或甲烷 作燃料	1. 可用空氣 作氧化劑 2. 可用天然 氣或甲烷 作燃料	1. 啟動快 2. 室溫常壓 下工作	1. 壽命長 2. 可用空氣 作氧化劑 3. 室溫工作 4. 功率大 5. 啟動迅速 6. 輸出功率 可隨意調 整
缺點	1. 對CO敏感 2. 工作溫度高 3. 成本高	工作溫度較 高	工作溫度過 高	1. 需以純氧 作氧化劑 2. 成本高	1. 對CO非常 敏感 2. 反應物需

	4. 低于峰值功率輸出時性能下降				要加濕
電池內重組可能性	可能	非常可能	非常可能	不可能	不可能
系統效率	40%	50%	50%	40%	40%
用途	<ul style="list-style-type: none"> · 汽電共生 · 分散型發電 · 離島地區發電 · 移動式電源 · 運輸工具之電源 	<ul style="list-style-type: none"> · 汽電共生 · 分散型發電 · 取代大規模火力發電 	<ul style="list-style-type: none"> · 汽電共生 · 分散型發電 · 取代中規模火力發電 	<ul style="list-style-type: none"> · 太空船 · 潛水艇 	<ul style="list-style-type: none"> · 小型發電機組 · 分散型發電 · 移動式電源 · 運輸工具之電源

圖一：各種燃料電池的比較（註六）

三.燃料電池的應用

燃料電池徹底的改變了燃料油發動機原理，在動力系統上，Hy-wire使用全球最豐富的氫作為燃料來源，燃料電池組安裝在底盤的後方，可以連續產生直流電，總共94千瓦的動力〔尖峰值129千瓦〕，相當於126匹馬力的功率來驅動馬達。

Autonomy概念車為基礎所開發成實際可駕駛的Hy-wire，它們之間最大的差異在於電池組體積與續航力，原本Autonomy概念將燃料電池、氫氣儲存瓶、驅動馬達及煞車系統，放進長450公分、15公分厚度的空間內，而接近現實的Hy-wire必須將厚度改為28公分，在放置燃料電池組的尾部還要再加厚為43公分才有足夠的空間。三個圓柱形儲存氫氣罐可承受5000psi的壓力，使得原本Autonomy的480公里行駛距離大幅減少，實際Hy-wire只能達到130公里，這也是燃料電池遇到最麻煩的儲存問題。

現在傳統內燃機也有以氫氣為主要燃料的設計，如福特〔FORD〕的Model U以12.2：1高壓縮氫氣內燃機〔Hydrogen Internal-Combustion Engine〕為主要動力來源，加上雙重降溫的系統作用於機械增壓機組上，使得動力輸出相當優異。

由於燃料電池只排出水蒸氣，不會像傳統汽車排出導致地球變暖的碳氧化合物，

因此不論在環保或是能源的應用下，都被視為最理想的未來汽車科技，世界上許多知名的汽車廠商都在致力於這種車的開發。如通用、戴姆勒克萊斯勒〔Daimler Chrysler〕、豐田、日產〔Nissan〕、本田等汽車公司，都已成功開發出燃料電池車，並且成功的將其量產化。（註七）

在部分燃料電池專利解套後，再加上奈米技術的精進後，很有可能大幅降低成本，現在所遇到的困難點並不是在於燃料電池所需的燃料取得，而是在氫氣站普遍化與儲存方式遇到了問題，氫氣雖然成本低且效率高，但是把氣體液化的過程中非常昂貴，且高壓儲存也具有一定的潛在危險性，這就是目前燃料電池所要克服的難題之一。

日本、美國與德國 3C 燃料電池開發情況		
Country	現況	國家級計畫
Japan	1.東芝：NB 與 PDA 用直接甲醇燃料電池預計 2004 年底上市 2.NEC 與 Casio：NB 用直接甲醇燃料電池預計 2004 年底上市 3.Casio：NB 用質子交換膜燃料電池預計 2007 年底上市	Yes
U.S.	1.Ball：直接甲醇燃料電池已發表原型產品 2.Medis：NB 與手機用鹼性燃料電池，預計 2004~2006 年上市	Yes
Germany	SFC：NB 用直接甲醇燃料電池已發表原型產品	Yes

（表三）日本、美國與德國3C燃料電池開發情況

參●結論

研發燃料電池是爲了用最節能及環保的方式去產生能源，提供人們的使用。燃料電池是經由利用氫及氧的化學反應，產生電流及水，不但完全無污染，也避免了傳統電池充電耗時的問題。其中人們消費最多和使用最頻繁的燃料電池是「磷酸燃料電池」，它在全球廣泛被使用，例如：醫院、療養院、旅館、辦公大樓、機場、垃圾掩埋場、廢水處理廠及發電廠等所需之電力及蒸汽熱能均可轉換爲燃料電池能量加以利用。

不過現今燃料電池仍有需要克服的技術瓶頸，例如燃料電池的能源是氫氣，但是氫氣的儲存及運輸方式仍未普及，而且氫氣需要利用高壓的方式由氣相轉爲液相，液化過程存在很大的危險。

如能克服上述技術問題，將燃料電池應用在車輛及其他高污染之發電工具上，將能顯著改善空氣污染及溫室效應，必定是未來最具發展前景的新能源之一。

肆●引註資料

(註一) (圖一) 燃料電池

http://www.ord.fcu.edu.tw/Bulletin/Bulletin5_1.html (檢索日期2009/10/28)

(註二) 燃料電池

http://resources.edb.gov.hk/~science/pdf/sRL_2_Fuel_cell_c.pdf (檢索日期2009/10/28)

(註三) 各種燃料電池的種類與特點

<http://ck10628.spaces.live.com/blog/cns!B464FC89830FEE3E!9723.entry> (檢索日期2009/10/28)

(註四) 張嘉修。生質氫能。科學發展。第433期(2009/01)。32~35。

(註五) 許寧逸、顏溪成。由碳能朝向燃料電池。科學發展。第367期。6~11。

(註六) 固體氧化物燃料電池

<http://www.lninfo.gov.cn/kjzx/show.php?itemid=4206> (檢索日期2009/10/29)

(註七) (圖二)、臺灣燃料電池資訊網

<http://www.tfc.org.tw/Fc/class.asp> (檢索日期2009/10/29)