

# 燃料電池的發展現況



未來或許我們可以  
將電廠裝在手提包中隨身攜帶，  
只要將「它」連接到任何電器上，一切就搞定了。  
「它」就是當前正在積極發展中的燃料電池。

■ 楊志忠 林頌恩 韋文誠

## 燃料電池的演進

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。其發展歷史可追溯至一八三九年，首先由威廉·羅伯特·葛羅夫爵士 (Sir William Robert Grove) 所發明，該系統是使用稀釋的硫酸當做液態電解質，成功地產生電能。經過不斷的研究，能斯特在一八九九年，首度發現固態電解質的導電行為。而第一個陶瓷型燃料電池則在一九三七年，由鮑爾與葡來司首先示範成功。

經過170年的發展，燃料電池依其電解質的種類，可分為質子交換膜燃料電池 (proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)、鹼性燃料電池 (alkaline fuel cell, AFC)、磷酸燃料電池 (phosphoric acid fuel cell, PAFC)、熔融碳酸鹽燃料電池 (molten carbonate fuel cell, MCFC) 與固態氧化物燃料電池 (solid oxide fuel cell, SOFC)。依其操作溫度做區分時，質子交換膜燃料電池、鹼性燃料電池與磷酸燃料電池屬於低溫型，操作溫度在攝氏80~200度之間；而熔融碳酸鹽燃料電池與固態氧化物燃料電池則為中高溫型，操作溫度在攝氏500~1,000度之間。

其中，以質子交換膜燃料電池為基礎，使用甲醇為燃料的直接甲醇燃料電池 (direct methanol fuel cell, DMFC) 是微型燃料電池發展的主流，主要應用在電子產品如手提電腦、行動電話與個人數位助理等，目前是工業國家非常有興趣的組件。質子交換膜燃料電池主要可應用於電動汽車、電動機車、電動腳踏車及電動工具機。至於固態氧化物燃料電池，則可藉由微機電技術將組件模組化，可應用於分散式的電力系統或大型發電廠。本文針對三種最具潛力的燃料電池，即低溫型的質子交換膜燃料電池、直接甲醇燃料電池與固態氧化物燃料電池作一簡介。

燃料電池的基本元件包括：陰極、陽極、電解質和雙極板或連接器。燃料以氣體分子的型態由陽極進入，發生氧化反應並釋放出電子，電子由陽極端經外部迴路傳至陰極，同時提供能量給負載使用；氧化劑經由陰極進入，接受電子並藉由陰極觸媒的催化，發生還原反應，將氧氣還原成氧離子，藉由電解質的傳遞，將氧離子傳送至陽極端與燃料產生反應，經氧化作用後再次產生電子。單一燃料電池，其理論輸出電壓值約為一伏特，因此可藉由雙極板或連接器將組件予以串、並聯，如此便可製備出不同規格的产品。

燃料電池的優點如下：

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。

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%。

無噪音——燃料電池發電本體在發電時，

不需其它移動機件的配合，因此沒有噪音問題。

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，都在其適用範圍內。

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。

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。

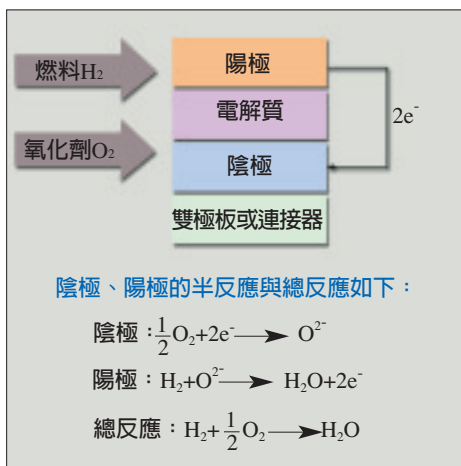
## 質子交換膜燃料電池

質子交換膜燃料電池又可稱為高分子電解質燃料電池或固態高分子電解質燃料電池。由質子交換膜、陰極和陽極所組成的組件稱之為膜電極組體，質子交換膜為一傳導質子（H<sup>+</sup>）的高分子膜，商業化產品多為杜邦（Dupont）鈉飛揚（Nafion）的產品。陰極和陽極材料皆以鉑為主要觸媒，將鉑分布在具導電性與高表面積的碳黑載體上。近來拜奈米科技之賜，將只有數奈米的鉑鍍在碳黑或碳粉上，不僅大幅降低鉑的使用量，並且使能量密度得以大幅提升。

緊鄰膜電極組體的元件稱為氣體擴散層，該層通常使用經過疏水處理的碳布或碳紙，以避免水分阻塞氣體通道，妨礙燃料或氧化劑由雙極板流至觸媒層。質子交換膜燃料電池的最外層組件稱為雙極板，是一導電隔離板，表面上刻有溝槽，作為氣體流通的通道。

質子交換膜燃料電池以氫氣為燃料，以空氣為氧化劑，因此反應生成物只有水和熱，故水的管理成為很重要的課題。再者，當使用碳氫化合物作為氫氣來源時，除脫硫外更需要將大量的一氧化碳去除，以避免鉑失去觸媒的功效。一般而言，燃料中許可的一氧化碳含量，通常須低於千分之五。

質子交換膜燃料電池未來的設計主要應用在電動汽車、電動機車、電動腳踏車及電動工具機的電池組中。電動汽車的製造商包括福特、本田與戴姆樂—克萊斯勒等主要汽車公司，都已陸續開發出原型機，然而，短期內燃料電池電動汽



燃料電池的基本元件及運作方式。燃料電池是一種能源直接轉換裝置，燃料不經過燃燒，而以電化學的反應方式，將氫與氧結合產生水時所釋放出來的化學能直接轉變為電能，也就是一項水電解過程的逆向反應。



以液氫為燃料，採用質子交換膜燃料電池來發電的第四代燃料電池新電動車NECAR4（new electric car），在路上行駛的情形，它極速可達每小時140公里，加足一次燃料可行駛450公里，同時可搭乘五人。

車，要取代現有使用石化燃料的汽車，困難度仍相當高，主要原因為製造成本過高。故中程計畫以油電混合的電動汽車較為可行，而長程規畫則以純燃料電池電動汽車為主。

至於電動機車的主要市場在亞洲，包括台灣、中國大陸、泰國與菲律賓等，早期搭配傳統的鉛酸電池作為動力來源，然而由於電池性能與續航力不足、車身過重、充電站不普遍及價格昂貴等缺點，使得該類型電動機車失去競爭優勢。有鑑於此，國內廠商如亞太燃料電池科技公司，乃投入質子交換膜燃料電池的開發與量產，目前已開發出低於10千瓦功率的低廢氣電動機車，預期可帶動電動機車真正邁入商品化。至於電動腳踏車及電動工具機的應用，目前仍以鋰離子、鎳鎘與鎳氫電池等可充放電池為主要動力來源。

### 直接甲醇燃料電池

以質子交換膜燃料電池為基礎，並使用甲醇為燃料的直接甲醇燃料電池是微型燃料電池發展的主流，以取代現有鋰離子、鎳鎘與鎳氫電池等二次電池為目標。除輕、薄、短、小外，直接甲醇燃料電池更具有供電及待機時間長、能量密度高與無污染等優勢，主要應用於電子產品如手提電腦、行動電話、數位相機與個人數位助理等。因此各界皆預估該型燃料電池可望成為電子產品的主要電力來源。

### 固態氧化物燃料電池

固態氧化物燃料電池的基本組件與前兩種電池相似，但因採用固態電解質的材料，例如氧化鋯、氧化鈾，所以需要在較高的溫度（約攝氏800度）操作，技術上並不容易。可是這型電池的能源轉換電能的效率最高，而且可以採用氫氣及其他碳氫燃料，所以已有多座大型試驗電廠在歐美國家試用中。

隨著石化能源的日漸枯竭，人類除了應更

加善用現有能源外，未雨綢繆之計，開發更環保的能源儲存及能源轉換的技術實為當務之急。在石化能源使用殆盡後，使用氫能源的時代隨之來臨，而低溫型的質子交換膜燃料電池、直接甲醇燃料電池與中高溫型的固態氧化物燃料電池為最具潛力的三種能源轉換方式。



國內發展燃料電池已有一段時間，工研院能資所與中科院材料暨光電研究所的研究重點均集中在質子交換膜燃料電池上；台電在一九九五年也設立了一座磷酸燃料電池發電站，進行長期操作測試。其他的學術研究單位，包括台大、成大與元智等都有相當的研究人力投入。國科會更在去年九月初接受燃料電池的研究計畫申請，將會大幅提升國內在這個主題上的研究動力。 □

國內一家能源科技公司產製的燃料電池，可作為許多小功率電器的電源供應器。

楊志忠 林頌恩 韋文誠  
台灣大學材料科學與工程學系