

燃料電池與傳統推進方式比較

郭俊毅少校

在艦艇的設計建造過程中，推進系統的配置與規劃是載台最主要關鍵之一，而我國現役主力作戰艦艇大致分為四大類推進方式，分別為：蒸汽渦輪機 (Steam turbine) — 濟陽級；柴油機 (Diesel engine) — 康定級；燃氣渦輪機 (Gas turbine) — 基隆級、成功級；電力推進 (Full electric propulsion) — 潛艦。

在世界各國也另外有著核動力推進及噴水推進等推進方式，主要取決於作戰需求及戰場環境差異；而近年來由於艦艇操作模式及任務需求多元化，各型艦艇必須具備的功能要求越發多樣，因此在多方因素的考量下，推進系統開始導向混合推進系統；另外因為環境保護議題逐年重視，替代性能源也漸漸進入各方討論的議題 — 燃料電池即是其中一種 (燃料電池系統與柴油發電機系統比較圖如圖 1)。

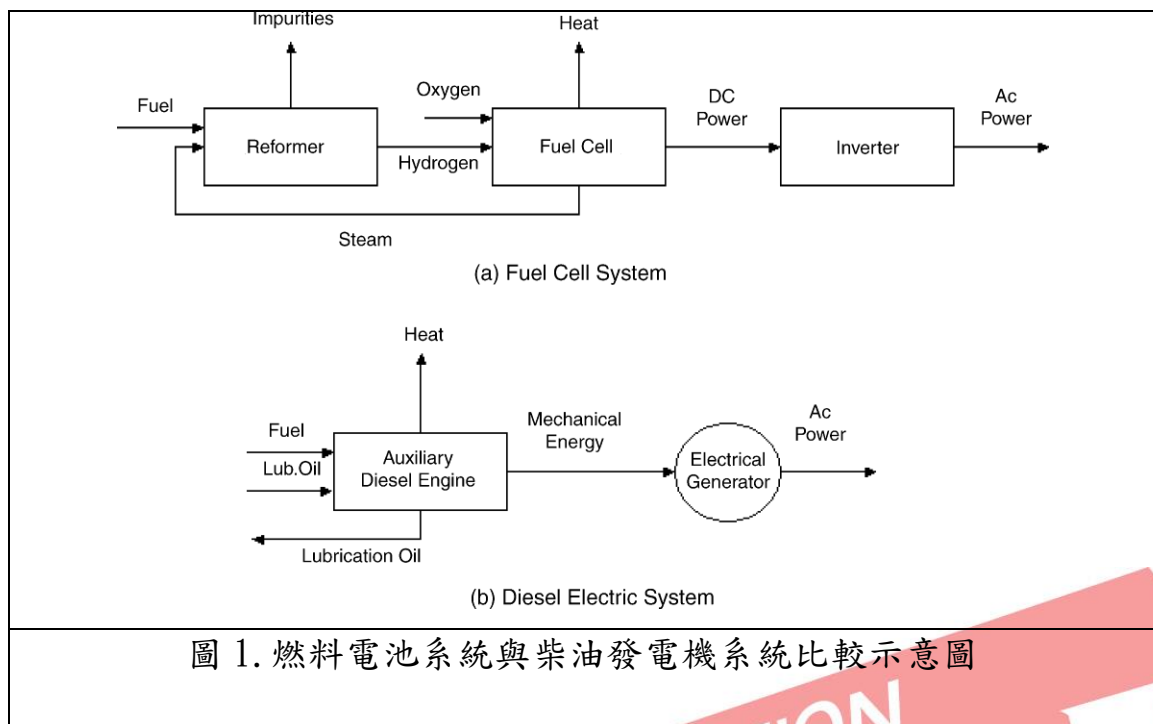


圖 1. 燃料電池系統與柴油發電機系統比較示意圖

燃料電池為近十數年重點發展的新能源技術，世界各國皆投入大量資源實施研究，並積極開發與製造；燃料電池是一種電化學反應設備，主要功能是将存在燃料（氫氣）與助燃物（氧氣）內部的化學能轉換成電能(反應示意圖如圖 2)，作用原理為：氫氣由燃料電池的陽極導入，氧氣由陰極導入，反應氣體經過電解質薄膜發生陽、陰極半反應後產生電子，而氫氣跟氧氣結合成水，再從燃料電池排出。

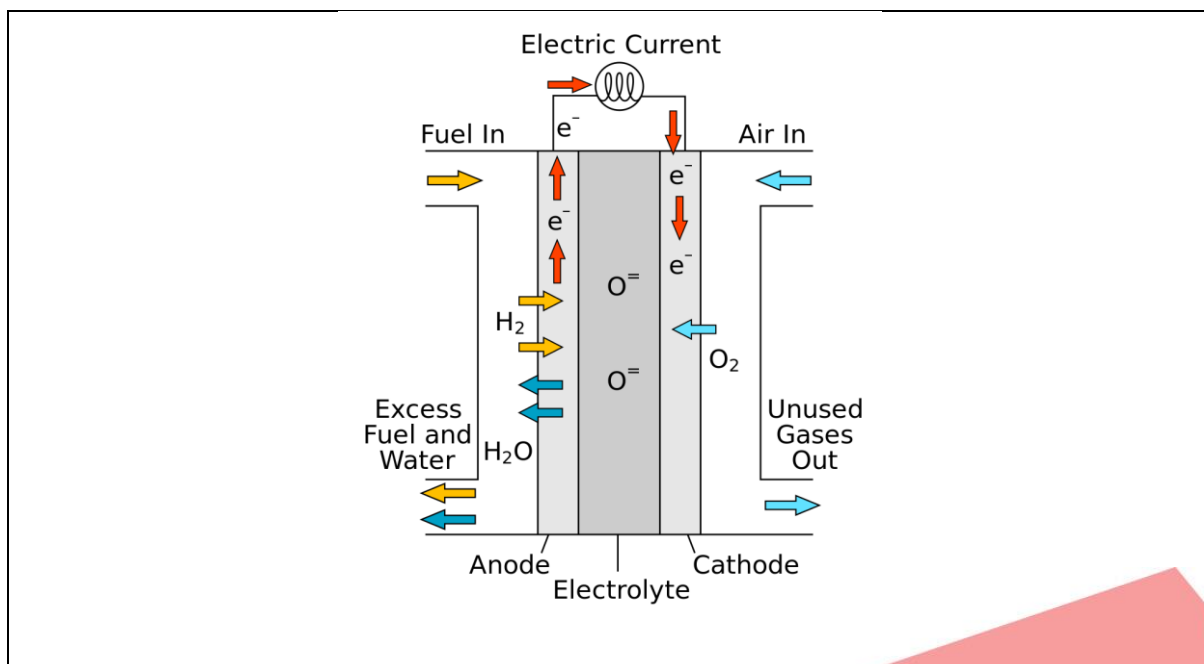


圖 2. 燃料電池示意圖

目前常用的燃料電池種類為質子交換膜燃料電池(Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)、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)及固態氧化物燃料電池(Solid oxide fuel cell, SOFC)。上述燃料電池的基本說明概述如下：

- (1) 質子交換膜燃料電池：質子交換膜燃料電池是低溫的燃料電池，其質子交換薄膜兩側塗覆白金觸媒。因此，該燃料電池導入的氫氣燃料不可含過高濃度的一氧化碳，避免白金觸媒吸附一氧化碳而導致觸媒失活。
- (2) 磷酸燃料電池：磷酸燃料電池是高溫的燃料電池，利用磷酸(H_3PO_4)溶液作為電解質。該燃料電池操作溫度高，可降低白金觸媒需求量並增加一氧化碳容許量。

(3) 熔融碳酸鹽燃料電池：熔融碳酸鹽燃料電池以多孔性陶瓷做為電解質的載體，熔融狀態的鹼性碳酸鹽做為電解質傳導陽離子與陰離子。熔融碳酸鹽燃料電池可使用的燃料範圍較廣，主要包含氫氣、天然氣、丙烷、沼氣、柴油及氣化的煤炭氣體。

(4) 固態氧化物燃料電池：固態氧化物燃料電池採用固態電解質的材料，例如氟化鋯、氧化鈾，因此需要較高的操作溫度。然而，固態氧化物燃料電池效率最高約 60%，該型燃料電池使用的燃料範圍也較廣，包含氫氣、天然氣、丙烷、沼氣、柴油及氣化的煤炭氣體。

發電設備種類眾多，艦船常使用柴油主機產生各系統所需電力。然而，發電機系統在部分狀態下機械損失相對較大，一般而言無法保持在最有效率的情況下操作，因此必須保持轉速以保持發電量。根據發電機類型和操作情況不同與科技技術，大型柴油發電機的實際效率約為 35 至 40%。而大型船舶燃氣渦輪發電機，其最高效率在 25 至 40%之間，但燃氣渦輪機燃油消耗遠高於柴油發電機。

雖然化石燃料仍是現階段世界各國的主要能源來源，但是受到化石能源蘊藏量急劇減少的影響，替代能源的重要性逐步提升，其中提高能源效率成為最受關切的議題。因此，更高的發電效率成為燃料電池技術應用於艦船的關鍵因素。

美國海軍與海岸警備隊針對熔融碳酸鹽燃料電池(Molten carbonate fuel cell)安裝海軍與海岸警備隊艦船進行可行性評估，依據初步估算，一艘「勃

克級」(Arleigh Burke class, DDG-51)驅逐艦的燃氣渦輪發電機若採用內建燃料重組器，該重組器可從柴油中重組產生氫氣，再將氫氣提供給燃料電池模組，藉此降低的燃油成本約 33%。

綜上所述，針對燃料電池應用於船舶電力與推進使用的議題，由於燃料電池使用氫氣與氧氣進行電化學反應，將化學能直接轉換成電能，因此可省略內燃機透過熱能轉換的間接路線，亦可減少機械轉動的噪音和振動。

而燃料電池具有低油耗、低噪音、低設備散熱量、低維護成本及低污染排放，亦可增加能源使用率，即提升任務續航力；且體積、重量相對低於傳統主機。然而，燃料電池並非適合所有艦船構型與任務需求，仍必須通盤考量燃料電池參數（空間大小、燃料種類、發電效率…等）及作戰需求等面向，以利整合適用性(燃料電池模組示意圖如圖 3)。



圖 3. 燃料電池模組示意圖

以「國艦國造」的觀點來看，最佳的替代能源尋找及發展是不可或缺的一環，台灣國際造船股份有限公司(台船公司)可算是我國經驗及技術最為豐富的造船廠，在風電及綠能研究方面也是頗有建樹，希望台船公司能夠依循多年來的造船經驗及基礎，持續強化技術能量，並配合著「國艦國造」的進度，著手研究出最適用於我國艦艇的能源使用方式，以期能夠順利完成各型艦艇國造的任務，為我國海軍建軍發展盡一份心力。

本篇文章由郭俊毅少校及廖政勳工程師共同撰擬

參考資料：

1. 李德賢、賴正權、夏曉文，《燃氣渦輪機》（台北市：教育部，2006 年 12 月）頁 124～125。
2. 周嘉文，〈艦船全向式電力推進系統〉，《青年日報》，2007。
3. 陳維新，《能源概論》（台北縣：高立出版社，2008 年 2 月），頁 8-19~8-28。
4. S. Alkaner, P. Zhou, "A comparative study on life cycle analysis of molten carbon fuel cells and diesel engines for marine application", Journal of Power Sources, Vol. 158(2006), p. 190.
5. 楊志忠、林頌恩、韋文誠，〈燃料電池的發展現況〉，《科學發展月刊》，367 期，2003 年，頁 30-33。
6. 蘇順發，〈儲氫材料〉，《科學發展》，第 483 期，2013 年。

7. 翟文中，〈美國海軍新一代艦船推進系統的發展〉，《海軍軍官學校季刊》，第 33 卷，第 1 期，2014 年 3 月，頁 67。
8. B.J. Holland, J.G. Zhu, "Design of a 500 W PEM fuel cell test system", Australasian Universities Power Engineering Conference, Australia, September 2002, p. 2-3.
9. 黃偉智，《生質丁醇部分氧化及氧化蒸氣重組法產出富氫合成氣體特性探討》（台南市：崑山科技大學碩士論文，2015 年），頁 14~16。

