

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

整合流場量測與計算流力模擬技術於直接甲醇燃料電池的 陰極流場與冷凝器之設計與應用 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-032-036-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：淡江大學航空太空工程學系

計畫主持人：陳增源
共同主持人：管衍德

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98年10月31日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

整合流場量測與計算流力模擬技術於
直接甲醇燃料電池的陰極流場與冷凝器之設計與應用

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC97-2221-E032-036

執行期間：97年8月1日至98年7月31日

計畫主持人：淡江大學航空太空工程學系教授陳增源

共同主持人：勤益科技大學冷凍空調與能源工程學系副教授管衍德

計畫參與人員：淡江大學航太系碩士班陳昱碁、邱柏淳

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學

中華民國 98 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

整合流場量測與計算流力模擬技術於 直接甲醇燃料電池的陰極流場與冷凝器之設計與應用

計畫編號：NSC97-2221-E032-036

執行期限：97年8月1日至98年7月31日

主持人：淡江大學航空太空工程學系教授陳增源

共同主持人：勤益科技大學冷凍空調與能源工程學系副教授管衍德

計畫參與人員：淡江大學航太系碩士班陳昱基、邱柏淳

中文摘要

本研究主要探討直接甲醇燃料電池堆 (direct methanol fuel cell stack) 的性能與流場特性，以及其間的關係，實驗參數包含風扇類型、不同風扇風量(或不同風扇出口平均速度)及陰極流道空氣入口周圍有無擋板等。研究中以電池性能測試儀器量測電池堆性能，以雷射測速儀作流場量測。研究結果顯示使用離心扇或軸流扇，以及有無擋板對電池堆性能無明顯的影響，對陰極流道空氣入口速度分佈無定性上的影響，僅造成速度大小不同，顯示各入口速度分佈係由陰極內部空氣流道流阻所主導。研究結果同時顯示，組成電池堆之七個電池組性能與入口空氣量無關聯，因此當空氣流量大於一定值時，整個電池堆的性能與陰極流道空氣量並無顯著關係。

關鍵詞：直接甲醇燃料電池堆、風扇、雷射測速儀

Abstract

This research investigated the flow characteristics and performances of a DMFC stack using a fuel-cell performance test system and a laser Doppler velocimetry. The experimental parameters include the fan type, the fan velocity and the baffles around the air inlets of the DMFC. Results of this study show that the performance of the DMFC stack is not affected by the investigated parameters when the air flow rate is above a certain value. Also, the air inlet velocity distributions of the DMFC Stack are not qualitatively affected by the fan type and the baffles. It is concluded that design of the air flow channel inside the DMFC stack should

play a major role on the inlet flow velocity distribution.

Keywords: DMFC stack, fan, LDV

一、簡介

隨著地球暖化即時化能源日益枯竭，綠色能源之研究已受到世界各國所重視，包括太陽能、風能以及燃料電池等等。太陽能有光照及轉換效率的問題；風力發電存在著對生態發展以及地形的限制；燃料電池具備有高效率、低汙染及低噪音的優點，其中直接甲醇燃料電池堆是發展較成熟的燃料電池系列，成為未來能源的主流之一。

直接甲醇燃料電池和一般電池皆是藉由化學能轉為電能的裝置，但燃料電池本身不屬於反應物，而是扮演催化劑的角色。其反應為甲醇和氧氣的混合產生少量的二氧化碳以及水，所以空氣如何與甲醇混合相當重要。Watkins 等人[1]指出，只要流場分佈適當，可增加百分之五十以上的輸出功率密度。Narayanan 等人[2]在氧氣對電池性能靈敏度的實驗中顯示，燃料電池最重要的部分是供應充足的空氣與氧氣量，以排除陰極端產生的水分，避免電池性能的降低。李世鳴等人[3]指出空氣流量為 1000 cc min^{-1} 時，流道板深度 2mm 的效能較 6mm 好，因為 2mm 的流道深度較 6mm 的空氣流速高，同時陰極端的排水量多，減少積水所造成效能降低的問題。Kuan and Chang [4]的研究顯示電池堆溫度對於 flooding 有很重大的影響，尤其是當入口空氣溫度和本體溫度相差較大時。從以上的文獻回顧發現，大多數的研究著重於單電

池性能的探討，對於電池堆的研究較為缺乏。本研究為探討直接甲醇燃料電池堆(DMFC stack)的性能與流場特性。

二、研究設備及方法

單顆燃料電池一般由兩個陰陽極流道板、兩個雙極板、四片防水墊片以及集電膜組(MEA)所組成。其組成方式由左而右為陽極流道板、防水墊片、陽極集電板、防水墊片、MEA、防水墊片、陰極集電板、防水墊片和陰極流道板，如圖一所示。本研究燃料電池堆由6片具有4cell的電池(共24顆單電池)和2片外流道所構成，其組合如圖二所示；有7個貫穿上下部空氣入口流道，72個空氣出口孔，其外利用風罩連結風扇，電池堆固定在光學元件上，而後放置在一個大的透明壓克力煙霧箱內，最後放置在三軸移位系統上；煙霧箱的目的是保存煙霧，作為雷射測速儀速度量測時所需顆粒，並藉由移位系統作速度分佈量測。由於燃料電池在實際工作時，常常處於半密閉的空間內，因此本實驗中利用擋板放置於燃料電池堆空氣入口四周，模擬燃料電池處於半密閉空間狀況。

電池性能測試係利用周邊系統及直流附載機等，燃料電池運作時，其周邊系統包含維持電源溫度的恆溫水槽，輸送甲醇的直流幫浦和供應電池本體風扇的電源供應器等。電池性能測試儀器包含直流附載機，藉由模擬電流的使用來測試電池的性能狀況，系統架構圖如圖三所示。實驗參數包含風扇類型(離心扇及軸流扇)、不同風扇風量(不同風扇出口平均速度)及陰極流道空氣入口周圍有無擋板等。

三、結果與討論

1. 風扇類型及擋板對電池堆性能影響

圖四為四種實驗條件下(離心扇、12V電壓、無擋板，離心扇、12V電壓、有擋板，離心扇、12V電壓、無擋板，離心扇、12V電壓、有擋板，擋板距離空氣入口5mm)，電池堆性能隨時間變化圖，輸入電流為0.8安培。此圖顯示電池堆的電壓輸出隨時間略有下降，約在30分鐘後，電池堆的電壓輸出已趨於穩定，相差值在1%以內，因此之後各電池之電壓輸出探討，將以45分鐘時之電壓為依據；而在四種測試

條件下，輸出電壓差值皆在2%以內，由於實驗不確定性也約在2%左右，此結果顯示無論離心扇或軸流扇、有無擋板，對電池堆性能無明顯影響。電池堆內24顆單電池，除第12與13顆外，各電池輸出電壓變化約在10%左右，可能是受到各流道設計誤差所致；不同實驗參數下，各顆電池電壓輸出無明顯變化，如圖四所示。如上所述，電池堆包含7個空氣流道，第1及第7流道各由2顆單電池組成外，第2至6流道各由4顆單電池組成；圖五顯示各流道電池電壓輸出變化，由於第1及7流道係由2顆電池組成，因此其電壓輸出如預料的較其它流道為低，且此二流道之電壓輸出相差頗大，而在中間五個流道，電壓輸出也不相同且不對稱，但相差值較小，但四種測試參數下，各流道電池電壓輸出則無明顯差異，顯示無論離心扇或軸流扇、有無擋板，對電池堆性能無明顯影響。

2. 風扇類型及擋板對陰極流道空氣入口速度分佈影響

圖六為五種測試參數下陰極流道七個空氣入口速度分佈圖，在相同風扇輸入電壓下，離心扇各空氣入口速度明顯大於軸流風扇，平均約大一倍左右，顯示離心風扇較軸流風扇有較佳風扇特性，產生較大的風量，但兩種風扇所造成之速度分佈趨勢則相似，由於離心扇及軸流扇之風扇特性完全不同，顯示各入口速度分佈並非由風扇之吸力所主導，係由陰極流道內部流阻所主導；此圖同時顯示離心扇下有無擋板亦未造成入口速度分佈及速度大小明顯差異，由於入口擋板的存在應造成較大之入口流阻，因此此結果亦驗證入口速度分佈及速度大小由陰極流道設計所影響。比較圖六與圖五結果顯示，在本研究各種測試條件下，各空氣流道內之電池組性能與入口分佈趨勢並無關聯，較大之入口流速並未造成較佳之電池組性能，換句話說，本研究結果顯示，各電池性能與流速大小無明顯關聯。

3. 離心風扇下不同風扇出口平均速度(不同風量或不同風扇驅動電壓)對電池性能影響

為進一步探討電池性能與陰極入口流

速之關聯，研究中使用離心扇，以電源供應器提供不同電壓，造成不同風扇轉速，因此得到不同風扇流量或流速，所得到風扇出口平均流速分別為 4.8 米/秒(12V 輸入電壓)，4.1 米/秒(10V 輸入電壓)，3.06 米/秒(8V 輸入電壓)，1.8 米/秒(6V 輸入電壓)，0.48 米/秒(4V 輸入電壓)。圖七為五種風速下，燃料電池堆輸出電壓隨時間之變化圖，顯然的在流速為 0.48 米/秒時，不到 30 分鐘，電池輸出電壓開始急速下降，顯示流速過小時，電池堆將發生 flooding 現象，而其他四組流速下，則無 flooding 現象，在 45 分鐘後電池輸出電壓已趨於穩定，且四組測試流速下，輸出電壓稍有差異，1.8 米/秒流速下似乎有較好的電池性能，但差異在 7% 以內。圖八為各個空氣流道內電池組之性能變化，顯示各空氣流道內電池組性能變化頗大，但四種測試流速下，速度分佈趨勢則相近，此結果亦顯示，當入口流速達到某流速後，電池堆性能與流速已無明顯關聯。

四、結論

本研究由流場量測配合電池性能量測，得到以下結論：

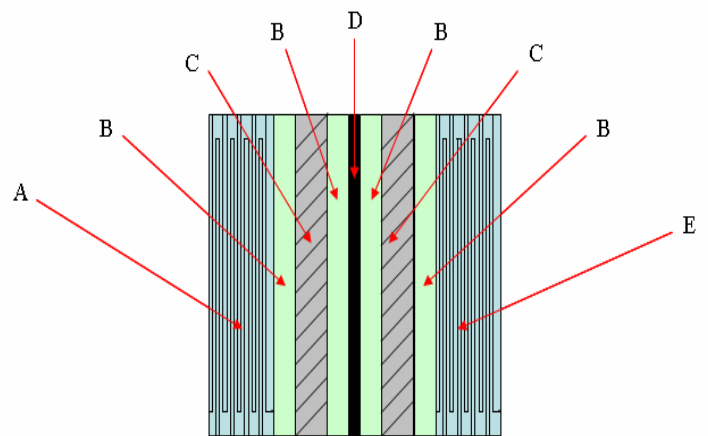
1. 無論離心扇或軸流扇，有無擋板，對電池堆性能並無影響；
2. 無論離心扇或軸流扇，有無擋板，對陰極流道空氣入口速度分佈無影響，陰極流道內部的流阻應是影響入口流速的主因；
3. 各空氣流道內之電池組性能與入口分佈趨勢並無關聯；
4. 風扇流速超過一定值後，電池堆性能與風扇風量無關，流速過低則產生 flooding 現象。

參考文獻

1. D. S. Watkins, K. W. Dircks and D. G. Epp, U. S. Pat., No.5, 108, 849, (1992).
2. S. R. Narayanan, A. Kindler, B. Jeffries-Nakamura, W. Chun, H. Frank, M. Smart, T. I. Valdez, S. Surampudi, G. Halpert, J. Kosek, and C. Cropley, Proceedings of the 11th Annual Battery Conference on Applications and Advances" Long Beach, CA, USA, pp. 113-122, 1996.

3. 李世鳴, 管衍德, 宋旻峰, “陰極空氣流量與空氣流速對直接甲醇燃料電池的影響” 第一屆台灣氫能與燃料電池學術研討會, 2006 年 11 月 1 日~2 日, 南投, 日月潭.

4. Y. D. Kuan and Y. P. Chang, “Characterization of the DMFC Stack with A BOP system”, The 6th international Fuel cell science Engineering and Technology Conference June 16-18, 2008, Denver, Colorado, USA.

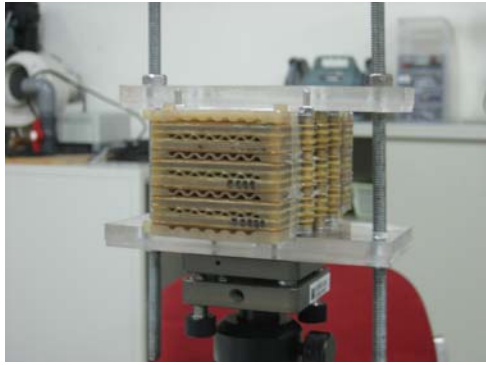


A 陽極流道板, B 防水墊片, C 集電片,
D 膜電極組, E 陰極端板

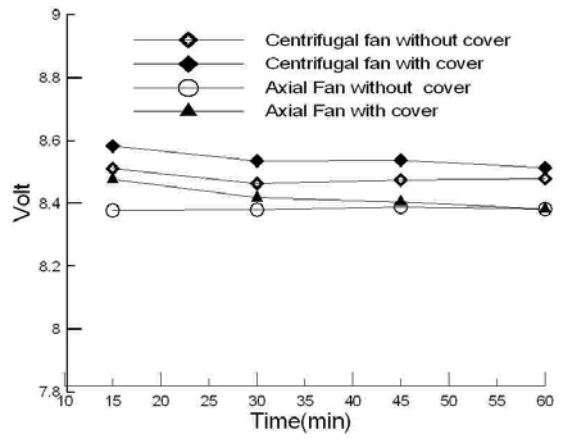
圖一：直接甲醇燃料電池示意圖



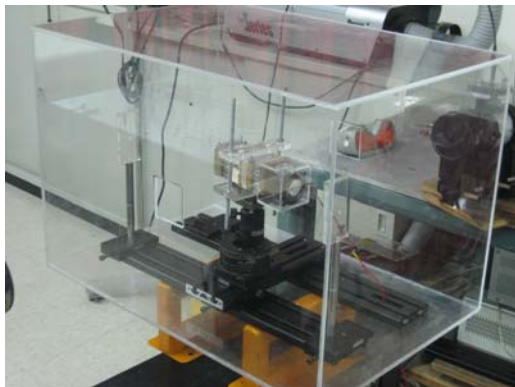
圖二 A: 燃料電池組合圖，顯示空氣流道入口及抽風扇(圖左側)



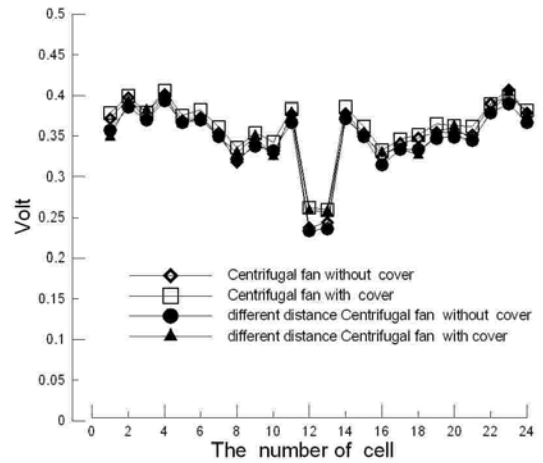
圖二 B: 燃料電池組合圖，顯示空氣流道出口



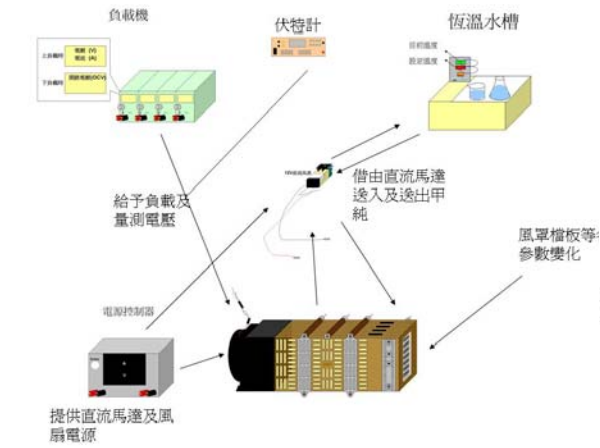
圖四：風扇電壓為 12V，四種測試條件下，電池堆輸出電壓隨時間變化圖，並顯示風扇類型及擋板對電池堆性能影響



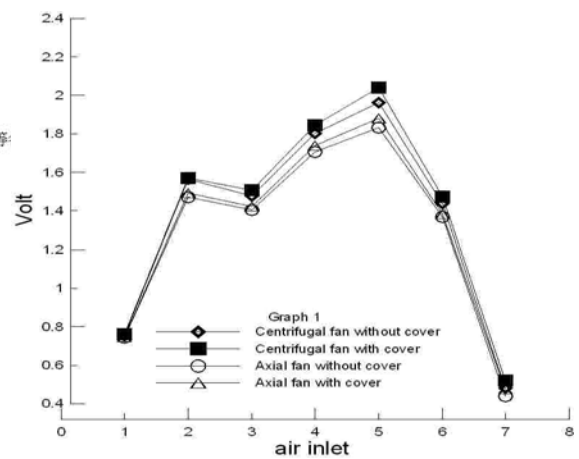
圖二 C：燃料電池至於煙霧箱、移位系統圖



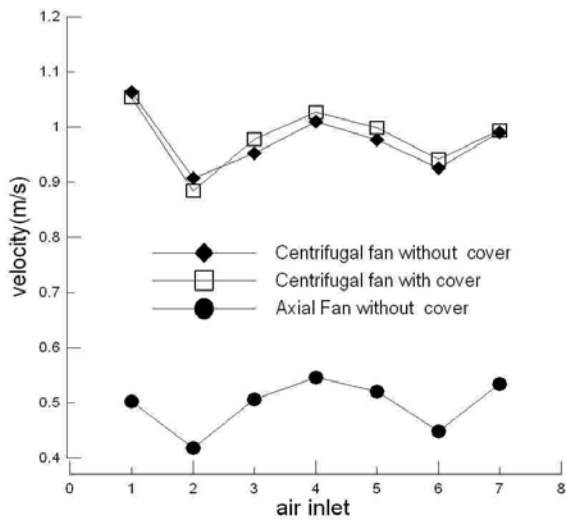
圖五：四種測試條件下，電池堆內各電池電壓輸出變化圖



圖三：電池性能測試系統示意圖



圖六：四種測試條件下，各陰極流道內電池組性能分佈圖

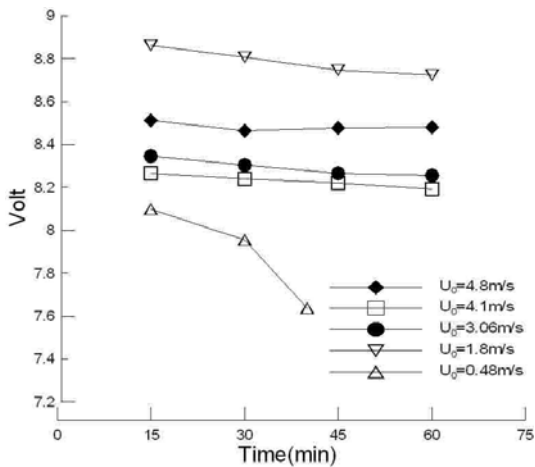


圖七：三種測試條件下，各陰極流道空氣入口速度分佈圖

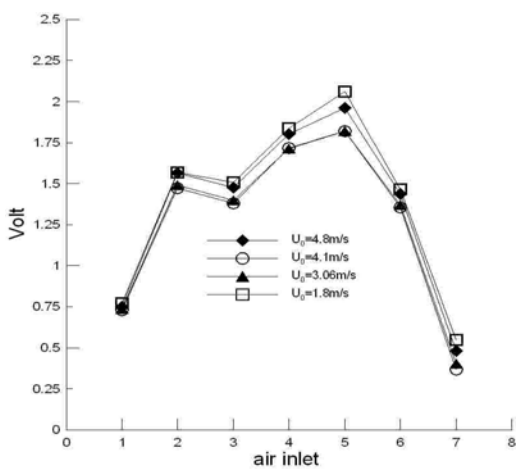
另有兩篇論文將發表於 2009 年
第四屆氫能研討會

1. 陳增源^a, 管衍德^b, 張靜怡^b, 廖翊廷^a
棋盤式流道設計對平面式直接甲醇燃料電池影響之探討
第四屆全國氫能與燃料電池學術研討會, 2009 年 12 月 18 日~19 日。

2. 陳增源^a, 管衍德^b, 張靜宜^c, 胡書豪^a
改良流道對直接甲醇燃料電池之性能影響探討,
第四屆全國氫能與燃料電池學術研討會, 2009 年 12 月 18 日~19 日。



圖八：不同風扇出口速度(風量)下，燃料電池堆性能時間變化圖



圖八：不同風扇出口速度(風量)下，各流道內電池組性能分佈圖