

# 質子交換膜燃料電池性能之理論探討

李書鋒、鄭錕燦

E-mail: 9314777@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

燃料電池的性能曲線是其工作電壓與電流密度之間的關係曲線，在同一電流密度之下，工作電壓較高的燃料電池，即具有較高的能源轉換效率和輸出功率，因此擁有較佳的性能。如何以較低的成本生產出性能良好的燃料電池，是無數燃料電池研發人員所殫智竭慮的目標。本論文研究的主要內容，即在探討與PEMFC性能相關的各項問題。影響PEMFC性能因素很多，除了本身觸媒層、氣體擴散層、質子交換膜之各項物理參數外，PEMFC的反應氣體的壓力、溫度、氣體成份等操作參數，皆對PEMFC的性能產生重要的影響。由於參數眾多且交互影響，使得PEMFC之反應現象錯綜雜亂，難以得知最佳化參數值之設定。因此，本研究利用陰極觸媒層無因次化的方法並且透過數值模擬，直接的探討觸媒層與氣體擴散層之各項物理參數對PEMFC性能的影響，並且將深入探討陰極的活化過電位和極限電流的發生機制。此一研究結果將有助於釐清PEMFC性能相關問題的全貌，亦有利於思考出改善燃料電池性能的方法。

關鍵詞：質子交換膜燃料電池，陰極過電位，數學建模，無因次化，性能曲線

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 .....	iii	中文摘要 .....	v	英文摘要 .....	vi	誌謝 .....	
.....viii		目錄 .....	ix	圖目錄 .....	xii	表目錄 .....	
.....xiv		符號說明 .....	xv	第一章 緒論 .....	1	1.1 前言 .....	1
1.1.2 燃料電池簡介 .....	3	1.2.1 燃料電池工作原理 .....	3	1.2.2 燃料電池的種類與特性 .....	4	1.3 文獻回顧 .....	8
1.3 文獻回顧 .....	8	1.4 研究動機與目的 .....	12	第二章 研究方法 .....	14	2.1 質子交換膜燃料電池的基本原理與反應機制 .....	14
2.1 質子交換膜燃料電池之原理 .....	16	2.1.3 質子交換膜燃料電池的性能特徵 .....	18	2.1.4 影響質子交換膜燃料電池性能之因素 .....	21	2.2 陰極觸媒層模型 .....	25
2.2 陰極觸媒層模型 .....	25	2.3 陰極氣體擴散層模型 .....	28	2.4 陰極觸媒層與氣體擴散層數學模型之整合 .....	30	2.4.1 陰極觸媒層部份 .....	30
2.4.1 陰極觸媒層部份 .....	30	2.4.2 陰極氣體擴散層部份 .....	32	2.4.3 數值解部份 .....	33	2.5 分析方法 .....	34
2.5 分析方法 .....	34	2.5.1 陰極活化過電位之探討 .....	34	2.5.2 陰極極限電流之探討 .....	35	第三章 結果與討論 .....	37
第三章 結果與討論 .....	37	3.1 各項參數對PEMFC性能之影響 .....	38	3.1.1 不同陰極觸媒層氧氣擴散係數 .....	39	3.1.2 不同陰極氣體擴散層氧氣擴散係數 .....	39
3.1.1 不同陰極觸媒層氧氣擴散係數 .....	39	3.1.3 不同陰極觸媒層中離子聚合物之有效導電係數 .....	40	3.1.4 不同觸媒單位活化面積 .....	40	3.1.5 不同陰極氣體擴散層厚度 .....	41
3.1.4 不同觸媒單位活化面積 .....	40	3.1.6 不同陰極觸媒層厚度 .....	41	3.2 高效能觸媒層之PEMFC性能 .....	42	3.2.1 高效能觸媒層下不同觸媒層厚度 .....	42
3.2 高效能觸媒層之PEMFC性能 .....	42	3.2.2 高效能觸媒層下不同觸媒活化面積 .....	42	3.3 不同氧氣擴散係數對極限電流之敏感度 .....	43	3.4 不同、b值下對活化過電位之影響 .....	44
3.3 不同氧氣擴散係數對極限電流之敏感度 .....	43	3.5 不同陰極反應氣體壓力與氣體擴散層孔隙率 .....	46	第四章 結論與建議 .....	47	參考文獻 .....	49
3.5 不同陰極反應氣體壓力與氣體擴散層孔隙率 .....	46	附錄A Tafel公式推導與交換電流密度影響因素 .....	78				

## 參考文獻

- Jeng, K. T., Kuo, C. P., Lee, S. F., " Modeling the catalyst layer of a PEM fuel cell cathode using a dimensionless approach ", Journal of Power Sources, Vol. 128, pp145-151, 2004.
- Bernardi, D. M., " Water-Balance Calculations for Solid-Polymer- Electrolyte Fuel Cells ", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 137, No.11, pp2178-2186, 1990.
- Bernardi, D. M., and Verbrugge, M. W., " Mathematical Model of a Gas Diffusion Electrode Bonded to a Polymer Electrolyte ", AIChE Journal, Vol.37, No.8, pp.1151~1163,1991.
- Springer, T. E., Zawodzinski, T. A., and Gottesfeld, S., " Polymer Electrolyte Fuel Cell Model ", Journal of the Electrochemical Society, Vol.138, No 8, pp.2334-2342, 1991.
- Springer, T. E., Wilson, M. S., and Gottesfeld, S., " Modeling and experimental diagnostics in polymer electrolyte fuel cells ", Journal of the Electrochemical Society, Vol.140, No 12, pp.3513~3526, 1993.
- West, A.C. and Fuller, T.F. " Influence of rib spacing in protonexchange membrane electrode assemblies ", Journal of the Applied Electrochemistry, Vol. 26, pp.557-565, 1996.
- Marr, C., and Li, X., " Composition and performance modeling of catalyst layer in a proton exchange membrane fuel cell ", Journal of Power Sources, Vol.77, pp.17~27, 1999.
- Kim, J., Lee, S. M., Srinivasan, S., " Modelling of Performance of PEM Fuel Cells with Conventional and Interdigitated Flow Field " Journal of Electrochemical Society, Vol. 142, No.8, pp2670-2674, 1995.
- Nguyen, T. V., and White, R. E., " A Water and Heat Management Model for Proton-Exchange-Membrane Fuel Cells ", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 140, No.8, pp2178-2186, 1993.
- Rho, Y. W., Velez,

O.A., and Srinivasan, S., " Mass Transport Phenomena in Proton Exchange Membrane Fuel Cells Using O<sub>2</sub>/He , O<sub>2</sub>/Ar, and O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> Mixtures " , Journal of the Electrochemical Society , Vol. 141, No.8, pp2084-2088, 1994. 11. Mosdale, R. and Srinivasan, S., " Analysis of performance and of water and thermal management in proton exchange membrane fuel cells " , Electrochimica Acta, Vol.40, No.4, pp.413-421,1995. 12. Nguyen, T. V., " A Gas Distributor Design for Proton-Exchange- Membrane Fuel Cells " , Journal of the Electrochemical Society, Vol. 143, No.5, pp103~pp105, 1996. 13. Kazim, A., Liu, H. T., Forges, P., " Modelling of Performance of PEM Fuel Cells with Conventional and Interdigitated Flow Field " , Journal of Apply Electrochemistry, Vol. 29, No.12, 409~1416,1999. 14. Jeng, K. T., Lee, S. F., Tsai, G. F., " Oxygen mass transfer in PEM fuel cell gas diffusion layers " , submitted to Journal of Power Sources, February 2004. 15. K.Kordesch and G.Simader, " Fuel Cells and Their Applications " , VCH weinheim, chapter1-4, pp1-179, 1996. 16. J.Larminie and A.Dicks, " Fuel Cell System Explained " , John Wiley & Sons, chapter 1-4, pp 1-107, 141-161, 2000. 17. A.O.McDougall, " FUEL CELLS " , John Wiley & Sons, chapter1-5, pp 1-67, 1976. 18. Jeng, K. T., Chen, C. W., " Modeling and simulation of a direct methanol fuel cell anode " , Journal of Power Sources, Vol.112, pp367-375, 2002. 19. Broka, K., and Ekdunge, P., " Modelling the PEM Fuel Cell Cathode " , Journal of Apply Electrochemistry, Vol.27, No.3, pp.281~289, 1997. 20. BJoRNBOM, P., " MODELLING OF A DOUBLE-LAYERED PTEF -BONDED OXYGEN ELECTRODE " , Electrochimica Acta, Vol.32, No.1, pp.115-119, 1987. 21. 鄭耀宗、徐耀昇, " 燃料電池技術的現況分析 " , 八十八年六月, 節約能源論文發表會論文專輯, 409~422, 1999.