

目 錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
致謝辭.....	III
目 錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
符號說明.....	X
第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 PEM 燃料電池簡介.....	2
1.3 性能極化曲線.....	3
1.4 研究目的與動機.....	4
第二章 水熱管理與熱水流分析.....	9
2.1 水管理	9
2.2 熱管理.....	10
2.3 文獻回顧.....	10
第三章 理論模式.....	16
3.1 軟體簡介.....	16
3.2 基本假設	16
3.3 統御方程式.....	17
3.3.1 多孔性材質內傳輸之統御方程式.....	17
3.3.2 電化學反應以及質量和電流傳輸之統御方程式.....	19

3.3.3 薄膜內水傳輸之統御方程式.....	21
3.4 邊界條件.....	24
3.5 數值方法.....	25
3.6 模式描述.....	26
第四章 模擬結果與討論.....	32
4.1 基本案例的模擬結果.....	32
4.2 不同入口氣體濃度的影響.....	39
4.3 不同入口氣體溼度的影響.....	47
4.4 不同操作溫度的影響.....	58
4.5 不同操作壓力的影響.....	68
第五章 結論與建議.....	75
5.1 結論.....	75
5.2 建議.....	76
參考文獻.....	77
附錄.....	82



表 目 錄

表 3-1	計算 PEM 燃料電池的幾何形狀尺寸.....	30
表 3-2	陽極與陰極流道入口氣體的混合成份(質量分率)	30
表 3-3	電極反應的參數性質.....	31
表 3-4	多孔性結構的參數性質.....	31



圖 目 錄

圖 1-1	PEM 燃料電池的基本操作原理圖.....	6
圖 1-2	PEM 燃料電池各層間的細部結構圖.....	7
圖 1-3	燃料電池的極化性能曲線圖.....	8
圖 3-1	CFD-ACE 數值計算的流程圖.....	27
圖 3-2	三維 PEM 燃料電池模式的示意圖.....	28
圖 3-3	計算幾何形狀與網格分佈圖.....	29
圖 4-1	模擬結果與文獻 Ticianelli et al. 實驗值和 S.Mazumder, J.V.Cole 模擬 結果相互比較之(a)電池性能曲線圖及(b)電池功率密度圖.....	34
圖 4-2	氫氣、氧氣、水蒸氣濃度(質量分率)的三維分佈圖 ($V=0.15V$).....	35
圖 4-3	氫氣、氧氣、水蒸氣濃度，分別在陽極和陰極氣體擴散層-觸媒層 之介面處的曲線圖 (Base case, $V=0.15V$).....	36
圖 4-4	溫度、局部電流密度、膜內水含量的三維分佈圖 ($V=0.15V$).....	37
圖 4-5	膜內水含量與局部電流密度，分別在陽極和陰極氣體擴散層-觸媒 層之介面處的曲線圖 (Base case, $V=0.15V$)	38
圖 4-6	使用乾空氣、純氧、增濕空氣之(a)電池性能曲線圖及(b)電池功率 密度圖	41
圖 4-7	乾空氣時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.45V$).....	42
圖 4-8	乾空氣時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.15V$).....	42
圖 4-9	純氧時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.45V$).....	43
圖 4-10	純氧時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.15V$).....	43
圖 4-11	100%增濕空氣時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.45V$).....	44
圖 4-12	100%增濕空氣時，薄膜內水含量與局部電流密度的曲線圖 ($V=0.15V$).....	44
圖 4-13	100%增濕空氣時，沿著陰極入口流道方向的氣體流道、擴散層、 觸媒層上氧濃度(質量分率)分佈以及水蒸氣濃度(質量分率) 分佈圖.....	45

圖 4-14	同向流與反向流時，沿著陰極流道方向的局部電流密度曲線圖 ($V=0.15V$).....	46
圖 4-15	陽極與陰極側入口氣體增濕程度不同時之(a)電池性能曲線圖及 (b)電池功率密度圖.....	50
圖 4-16	不同入口氣體相對溼度對膜內水含量(a)薄膜陽極側及(b)薄膜陰 極側之影響 ($V=0.15V$)	51
圖 4-17	不同入口氣體相對溼度，在觸媒層-擴散層介面處之局部電流密 度曲線圖 ($V=0.15V$).....	52
圖 4-18	不同入口氣體相對溼度，在觸媒層-擴散層介面處之氧濃度曲線 圖 ($V=0.15V$).....	53
圖 4-19	$RHa=100\% / RHc=100\%$ ，沿著流道方向之局部電流密度與薄膜內 水含量之關係圖 ($V=0.15V$).....	54
圖 4-20	$RHa=100\% / RHc=50\%$ ，沿著流道方向之局部電流密度與薄膜內 水含量之關係圖 ($V=0.15V$).....	55
圖 4-21	$RHa=100\% / RHc=25\%$ ，沿著流道方向之局部電流密度與薄膜內 水含量之關係圖 ($V=0.15V$).....	56
圖 4-22	$RHa=75\% / RHc=25\%$ ，沿著流道方向之局部電流密度與薄膜內 水含量之關係圖 ($V=0.15V$).....	57
圖 4-23	不同操作溫度 323K、353K 以及 373K 之(a)電池性能曲線圖及(b) 電池功率密度圖.....	60
圖 4-24	不同操作溫度對膜內水含量(a)薄膜陽極側及(b)薄膜陰極側之影響 ($V=0.15V$).....	61
圖 4-25	不同操作溫度下，在觸媒層-擴散層介面處之局部電流密度曲線 圖 ($V=0.15V$)	62
圖 4-26	當操作溫度提高到 373K 時，在觸媒層-擴散層介面處之濃度曲線 圖 ($V=0.15V$)	63
圖 4-27	當操作溫度提高到 373K 時，在觸媒層-擴散層介面處之膜內水含 量及局部電流密度曲線圖 ($V=0.15V$).....	64
圖 4-28	當操作溫度降低到 323K 時，在觸媒層-擴散層介面處之濃度曲線	

圖 (V=0.15V)	65
圖 4-29 當操作溫度降低到 323K 時，在觸媒層-擴散層介面處之膜內水含量與局部電流密度曲線圖 (V=0.15V).....	66
圖 4-30 在自然及強制對流下，對系統溫度與電流密度的影響 (V=0.45V)....	67
圖 4-31 不同氣體流道壓力之(a)電池性能曲線圖及(b)電池功率密度圖.....	70
圖 4-32 不同操作壓力時，沿著陰極側流道方向的氧氣濃度(質量分率)消耗情形 (V=0.15V).....	71
圖 4-33 不同操作壓力對膜內水含量(a)薄膜陽極側及(b)薄膜陰極側之影響 (V=0.15V)	72
圖 4-34 不同操作壓力時，沿著陰極側流道方向的局部電流密度曲線圖 (V=0.15V).....	73
圖 4-35 不同操作壓力時，系統溫度與氧濃度的分佈圖 (V=0.45V).....	74

