

中華民國國家標準	燃料電池技術第 7-1 部：聚合物電解質燃料電池 (PEFC) 之單電池試驗方法	總號	
CNS		類號	C 4

Single cell test methods for polymer electrolyte fuel cell(PEFC)

目錄

節次	頁次
前言	4
1. 適用範圍	5
2. 引用標準	5
3. 用詞和定義	5
4. 一般安全考量	7
5. 電池組件	7
5.1 一般要求	7
5.2 膜電極組(MEA)之面積	7
5.3 氣體擴散層(GDL)	7
5.4 墊片	7
5.5 導流板	8
5.6 電流收集器	8
5.7 夾板(或壓力板)	8
5.8 固定之框架	8
5.9 溫度控制裝置	8
6. 電池組裝	8
6.1 組裝程序	8
6.2 電池方向和氣體管路連接	9
6.3 洩漏檢查	9
7. 試驗機台建立	9
7.1 最基本的設備要求	9
7.2 架構圖	10
7.3 試驗機台控制的最大允差(輸入至試驗)	10
8. 量測	11
8.1 儀器不確定度	11
8.2 測量儀器和測量方法	11
8.3 測量的單位	12
9. 氣體組成	13
9.1 燃料組成	13

(共 40 頁)

公 年 布 日 期 月 日	經濟部標準檢驗局印行	修 訂 公 布 日 期 年 月 日
---------------	-------------------	-------------------

印行年月年月

本標準非經本局同意不得翻印



9.2 氧化劑組成.....	13
10. 試驗準備.....	13
10.1 標準試驗條件.....	13
10.2 環境條件.....	14
10.3 測量頻率.....	14
10.4 重複性和再現性.....	14
10.5 測量值最大允許的變動.....	14
10.6 試驗之樣品數.....	14
10.7 用惰性氣體或試驗氣體進行氣體管路之測漏.....	14
10.8 初始調節和穩定狀態檢查.....	15
10.9 停機.....	15
10.10 重新調節.....	15
11.1 穩態試驗.....	15
11. I-V 特性試驗.....	15
11.3 IR 測量.....	16
11.4 極限電流試驗.....	17
11.5 增益試驗.....	17
11.6 氣體化學計量試驗.....	18
11.7 溫度效應試驗.....	19
11.8 壓力效應試驗.....	19
11.9 濕度效應試驗.....	19
11.10 燃料組成試驗.....	20
11.11 過載試驗.....	20
11.12 長期運轉試驗.....	20
11.13 開機/停機循環試驗.....	20
11.14 負載循環試驗.....	21
11.15 不純物干擾試驗.....	21
12. 試驗報告.....	22
12.1 概述.....	23
12.2 報告項目.....	23
12.3 試驗資料說明.....	23
12.4 測量條件說明.....	23
12.5 試驗的電池資料說明.....	23
附件 A(規定)導流板.....	25
附錄 B(規定)單電池組件校準.....	27
附錄 C(規定)洩漏試驗.....	28
附錄 D(規定)初始調節.....	29
附錄 E(規定)停機.....	30

附錄 F(規定)重新調節.....	31
附錄 G(規定).....	32
附錄 H(規定)啟機/停機循環試驗	33
附錄 I(規定)負載循環試驗	34
附錄 J(規定)試驗報告	36

前言

1. 適用範圍

本標準包含 PEFC 單電池之電池總成、試驗裝置、測量儀器和測量方法、性能試驗方法及試驗報告，用於評估：

- (1) 聚合物電解質燃料電池之膜電極組(MEA)的性能；
- (2) 聚合物電解質燃料電池之其他組件的材料或結構；或，
- (3) 燃料及/或空氣中之不純物對於燃料電池性能之影響。

備考： 聚合物電解質燃料電池亦稱為質子交換膜燃料電池 (Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

IEC 62282-100:2010, Fuel cell technologies – Part 1: Terminology

ISO/TS 14687-2:2008, Hydrogen fuel – Product specification – Part 2: Proton exchange membrane(PEM) fuel cell applications for road vehicles

3. 用詞和定義

下列用詞和定義適用於本標準。

3.1 陽極(anode)

從燃料移出電子至外部電力負載而發生燃料氧化的電極，同時釋出質子(H⁺)到聚合物電解質。

3.2 觸媒(catalyst)

可加速反應(增加反應速率)而本身不會消耗的物質。

觸媒會降低反應的活化能，有助於增加反應速率，亦可稱如 IEC 62282-100 所定義之電催化觸媒。

3.3 觸媒塗佈薄膜(catalyst-coated membrane, CCM)

表面塗佈一層觸媒而形成電極反應區的薄膜。

3.4 陰極(cathode)

氧化劑發生還原的電極，藉來自外電路的電子和聚合物電解質之質子(H⁺)之反應，隨後釋出氧化劑還原之產物(水)。

3.5 夾板(clamping plate)或壓力板(pressure plate)

以框架緊壓固定電池組件以維持導電性及氣密性的結構。

3.6 電流收集器(current collector)

由金屬、石墨或複合材料構成之導電性材料，自陽極收集電子或送出電子至陰極。

3.7 電極(electrode)

幫助氧化或還原反應的觸媒層，具有電子和離子導電性。

3.8 導流板(flow plate)

由金屬、石墨或導電性高分子材料做成的導電板，具有供給燃料或氧化劑氣體進料的流道並與電極形成導電通路，用於電池組時亦稱為雙極板。

3.9 燃料(fuel)

在陽極反應的氫氣或含氫氣氣體。

3.10 燃料電池(fuel cell)

電化學裝置，其轉換燃料和氧化劑的化學能為電能(DC)、熱及反應產物。

燃料和氧化劑一般儲存於燃料電池的外部並傳送至燃料電池做為反應物而消耗。

3.11 氣體擴散電極(gas diffusion electrode, GDE)

陽極或陰極端的組件，包含所有電力傳導的元件而組成電極，即包含氣體擴散層和觸媒層。

3.12 氣體擴散層(gas diffusion layer, GDL)

置於電極和導流板之間的多孔隙傳導組件，做為電力接觸和允許反應物接近電極並移除反應產物之用途。

3.13 墊片(gasket)

防止反應氣體洩漏之密封組件。

3.14 極限電流密度(limiting current density)

電池電壓陡降至接近零時之電流密度。

3.15 最大電流密度(maximum current density)

由製造商規定，於短時間容許之最高電流密度。

3.16 膜電極組(membrane electrode assembly, MEA)

燃料電池(3.10)之組件，以電解質(質子交換膜)薄膜和陽極與陰極面的氣體擴散電極(3.11)所構成。

3.17 最小電池電壓(minimum cell voltage)

製造商規定之最低電池電壓。

3.18 開路電壓(open circuit voltage, °C V)

在操作條件下，電池電流密度為零之電池電壓。

3.19 氧化劑(oxidant)

於陰極發生反應之氧或含氧氣體，例如空氣。

3.20 聚合物電解質(polymer electrolyte)

具有質子交換能力的聚合物樹脂薄膜，其電流傳遞方式為離子自陽極移動至陰極。

3.21 聚合物電解質燃料電池(polymer electrolyte fuel cell, PEFC)

燃料電池使用聚合物電解質薄膜為電解質，亦稱為質子交換膜燃料電池(PEMFC)

3.22 電功率(power)

在穩態條件下，量測所得的電壓乘上電流($P=V \times I$)的計算值。

3.23 電功率密度(power density)

計算所得的電功率除以電極的幾何面積。

3.24 額定電流密度(rated current density)

MEA 或單電池製造商所規定之連續操作最大電流密度。

3.25 額定電功率密度(rated power density)

MEA 或單電池製造商所規定之連續操作最大電功率密度。

3.26 額定電壓(rated voltage)

MEA 或單電池製造商所規定之連續操作最小電壓。

3.27 單電池(single cell)

通常由陽極導流板、陽極擴散層、薄膜電極組、陰極擴散層、陰極導流板及密封墊片組成之電池。(參見附錄 B 的附加資訊)

3.28 單電池試驗(single cell test)

針對單電池之燃料電池性能試驗。

3.29 化學計量(stoichiometry)

實際燃料或氧化劑之供給量與產生相同電流之化學反應需求量之莫耳比。

4. 一般安全考量

操作燃料電池使用氧化和還原性氣體，通常這些氣體儲存於高壓容器中。燃料電池本身可或不可操作於壓力大於大氣壓力。

執行單電池測試者，應經過訓練且要有操作單電池試驗系統之經驗，特別注重安全程序包括電力設備、反應性和壓縮氣體。安全地操作單電池試驗機台需要適當的技術訓練與經驗及安全設施與設備，這些不包含於本技術規範之內。

5. 電池組件

5.1 一般要求

聚合物電解質燃料電池的單電池應由全部或部分以下的組件組成：

- (a) 一個薄膜電極組
- (b) 墊片(組)
- (c) 一個陽極端導流板和一個陰極端導流板
- (d) 一個陽極端電流收集器和一個陰極端電流收集器
- (e) 一個陽極端夾板和一個陰極端夾板
- (f) 電氣絕緣片
- (g) 夾緊或緊壓固定之框架，包含如螺栓、墊圈、彈簧等。
- (h) 溫度控制裝置
- (i) 其他附件

5.2 膜電極組(MEA)之面積

電極面積應儘量大至滿足測量所需參數，建議電極的面積大小應大約 25 平方公分，雖然較大的電池具有較大電極可給予更多實務應用上的相關資料。活性電極面積應記錄於報告中，且應為兩個電極活性面積之較小者。面積測量的不確定度也要報告。

5.3 氣體擴散層(GDL)

氣體擴散層應由高氣體擴散性、電力傳導性及抗腐蝕性材料做成。

5.4 墊片

墊片材料應與燃料電池反應物、組件及反應產物、電池操作溫度具相容性，必須防止氣體洩漏。

5.5 導流板

導流板應為不具氣體滲透性，但需高的電傳導性材料。建議使用樹脂含浸、高密度合成石墨、聚合物/碳複合材料、鈦或不鏽鋼耐蝕金屬製成。若使用金屬，導流板的表面可做塗裝(例如鍍金)以降低接觸阻抗。導流板必須耐腐蝕且提供適當的密封性。

建議使用彎曲流道，更多設計的建議資訊參考附錄 A，流場構造應記載於試驗報告中。

導流板測試時應容許精確的測量電池操作溫度。例如，案例中之導流板邊緣具有小孔做為溫度感測器插孔，小孔應深達導流板的中央。

備考：於評估特殊流道設計時，不需要使用建議的導流板。

5.6 電流收集器

電流收集器應由具有高電導性的材料如金屬做成，金屬收集器可鍍上減少接觸阻抗的金屬如金或銀，然而，必須小心選取塗裝材料，其必須與電池組件、反應物及產物相容。

電流收集器表面的厚度應足以使電壓降最小化，亦要提供輸出端點做為線路連接之用。

若金屬導流板亦做為電流收集器，獨立的電流收集器就不需要。

5.7 夾板(或壓力板)

夾板(或壓力板)的表面必須平整光滑，並具有足夠的機械性質強度，以承受使用螺栓鎖緊時的彎曲應力。

若夾板具傳導性，應與電流收集器絕緣，以防止短路。

5.8 固定之框架

固定之框架應具高機械強度以承受安裝和操作期間產生的應力，可使用墊圈和簧片以維持單電池一致性的壓力。扭力扳手或其他測量裝置可用於設定電池正確的壓力。

建議固定之框架應作絕緣處理。

5.9 溫度控制裝置

應提供單電池溫度控制裝置(用於加熱/冷卻)以維持其處於恆定溫度，且沿著導流板和電池各點位置具有均勻的溫度曲線。溫度控制裝置可為程式化，以便於遵循某固定的溫度變化曲線。溫度控制裝置必須有方法防止過熱。

有多種途徑可以達到本要求，例如使用對流冷卻夾(壓力)板或藉由貼於夾板表面之阻抗加熱器予以加熱；或插入匣式加熱器置於夾板的孔洞中。

任一方式均須小心維持隔絕以確保電氣安全。

6. 電池組裝

6.1 組裝程序

電池組裝程序對於燃料電池特性之再現性有顯著的影響。規定的組裝程序包含下述的組裝作業應予文件化：

(a) 薄膜對位，包含陽極和陰極端的確認；

(b) 氣體擴散層的對位，包含陽極和陰極端，以及放置面對的薄膜和導流場的確

認；

- (c) 墊片/密封材的擺置；
- (d) 對位使用的固定裝置或夾具，若有其他的；
- (e) 壓緊程序和規範，如擴散媒介壓縮值、螺栓鎖緊級數、壓縮彈簧及最終的扭力規定等。

備考：壓力可由壓力感測紙/膜檢查。

一般電池組件的對位如附件 B 所示。

組裝之後，應檢查夾板和電流蒐集器之間的電氣絕緣。

6.2 電池方向和氣體管路連接

電池應擺置於產物水容易移除的方向操作。電池的方向應記錄於文件中。

可以使用多種的流道設計，流道設計應記錄於文件中，範例如附件 A。

6.3 洩漏檢查

薄膜上的壓力差是最關鍵的，不得大於製造商規定的最大壓力差。

電池必須有最小的外部和內部洩漏，例如提供於附錄 C 之洩漏檢查程序。原則上，洩漏檢查程序包含注入惰性或試驗氣體於陽極和陰極兩端，因使用適當的壓力差，洩漏的特性和方向能夠被確定。最大壓力、試驗氣體的性質及洩漏速率應記錄於文件中。若偵測到洩漏，其他試驗如氣泡試驗也可以執行以更進一步的描述洩漏的類型和本質。

7. 試驗機台建立

7.1 最基本的設備要求

燃料電池試驗機台需要執行單電池試驗，需具最低的試驗設備功能以滿足單電池試驗程序的規劃，包含下列的參數：

- (a) 反應氣體流率控制 --- 用儀表計量於需求的化學計量比之下，進入燃料電池之燃料和氧化劑的流率；
- (b) 反應氣體濕度控制—加濕的反應氣體於規定的露點之前進入燃料電池，建議水之阻抗至少為 $1 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ (或導電度最大為 10^{-4} S m^{-1})；
備考：介於加濕器和電池之間的氣體傳送管線必須加熱，至少高於露點溫度 $5^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ ，使凝結最少。管線應做保溫使熱損失最小。
- (c) 反應氣體壓力控制—調控燃料電池內的反應氣體壓力。
- (d) 負載控制—電子負載自電池拉出規定的電流，其必須能夠於恆定電流或恆定電壓下操作；
- (e) 電池加熱控制—加熱單電池至要求的操作溫度；
- (f) 電池電壓監控和資料擷取—以儀表測量和記錄試驗過程的電池電壓；
- (g) 測試機台控制—試驗機台必須能夠控制上述的參數；
- (h) 安全系統—建議安全系統於失效事件時能夠自動地 (或具警鈴手動地) 關閉試驗。建議以氫氣清除陽極和陰極環道，也建議應具有高/低電壓、壓力、溫度及氣體洩漏等訊號所引起之連動關閉裝置。應提供適當的系統通風。

7.2 架構圖

圖 1 中的架構區塊代表試驗機台執行燃料電池試驗時需求的主要次系統。

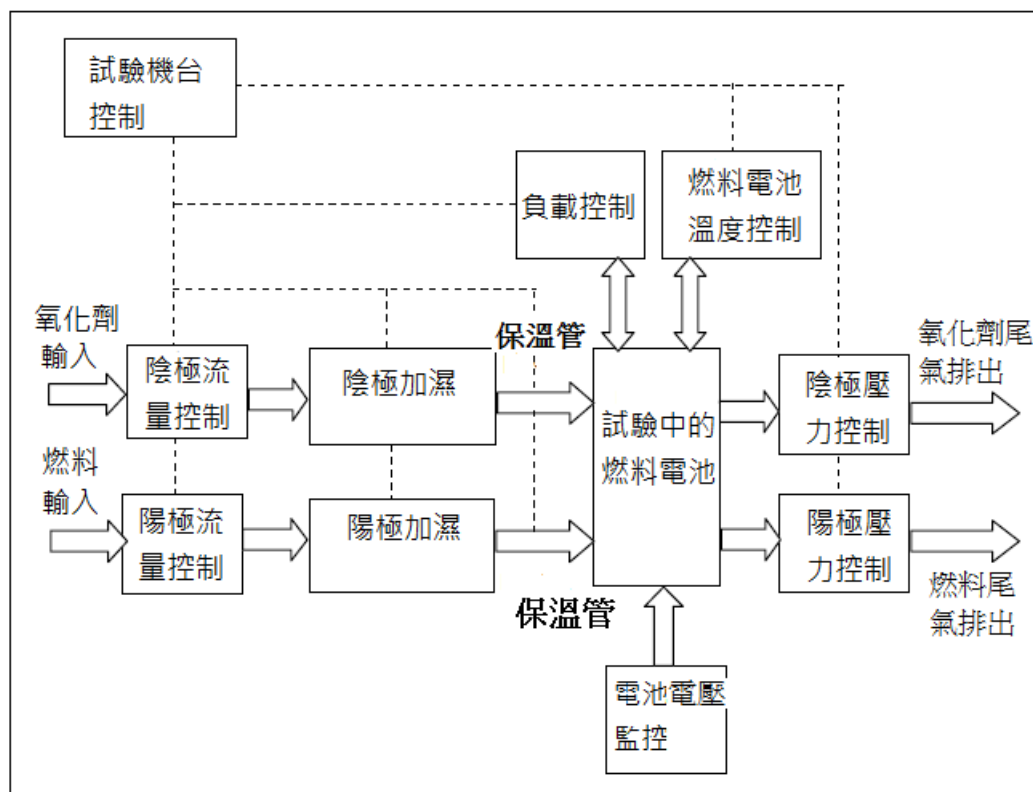


圖 1 單電池測試之試驗機台架構圖

用於所有會接觸到加濕氣體或水的組件之材料，應與水或氣體相容，以預防不純物自材料中釋出。例如材料包括不鏽鋼和氟系塑膠。

氣體加濕系統在氣體進入電池之前，應具防止加濕系統自氣體中移除試驗不純物的設計。

備考：不純物參照 ISO/TS 14687-2:2008, Hydrogen fuel – Product specification – Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell application for road vehicle。

若不執行不純物之影響試驗時，氣泡飽和器可用於燃料加濕。

提供的功能若能滿足本標準要求時，則改變本架構是可接受的。

7.3 試驗機台控制的最大允差(輸入至試驗)

燃料電池試驗機台之控制的最大允差建議如下：

- (a) 相對於設定點的電流控制 $\pm 1\%$ ；
- (b) 相對於設定點的電壓控制 $\pm 1\%$ ；
- (c) 設定點的電池溫度控制(穩態) $\pm 1^\circ\text{C}$ ；
- (d) 設定點的濕度露點控制(穩態) $\pm 2^\circ\text{C}$ ；
- (e) 相對於設定點的流率控制 $\pm 5\%$ ；
- (f) 相對於設定點的壓力控制 $\pm 3\%$ ；

8. 量測

8.1 儀器不確定度

測試(試驗輸出)於試驗時之最大儀器不確定度應如下：

- (a) 電流 最大預期值的 $\pm 1\%$
- (b) 電壓 最大預期值的 $\pm 0.5\%$
- (c) 溫度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- (d) 露點 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- (e) 流率 最大預期值的 $\pm 2\%$
- (f) 壓力 最大預期值的 $\pm 3\%$

8.2 測量儀器和測量方法

8.2.1 概述

測量儀表應依照測量值的範圍選擇，儀表應定期校驗以維持敘述於 10.1 的正確水準。所有測量儀器的校驗必須可追溯至國家標準或國際標準。

8.2.2 電壓

電壓計應連接於陽極和陰極之導流板或電流收集器，使接觸電阻的電氣影響降至最小。連接電壓計之間的接觸電阻，無論是陽極和陰極之導流板或陽極和陰極電流收集器之輸出端，若不能忽略時應測量並記錄於報告中。

8.2.3 電流

電流測量裝置應位於電池的電流傳遞電路上。電流測量裝置可包含低阻抗的安培計或經校正的分流式電阻計，其能精確地顯示從已知的電壓所反映出流動的電流。電流也可以使用電子負載的特性來測量。

8.2.4 內電阻(IR)

建議 IR 的測量方法為電流中斷法(current-interrupt method)和電化學阻抗頻譜法(electrochemical impedance spectroscopy, EIS)，AC 電阻法(AC resistance)使用 AC 毫歐姆計(AC milliohm meter)也可接受，雖然毫歐姆計的頻率通常為 1 kHz，而實際之量測頻率值仍應記錄於報告中。

分別連接這些量測儀器的正/負極感測接頭至單電池陰極和陽極電流收集器之輸出端點。

8.2.5 燃料和氧化劑流率

燃料和氧化劑流率應藉助體積流量器、質量流量計或紊渦輪式流量計進行量測。若這些方法不適用時，流量建議以噴嘴流量計(nozzle meter)、孔口流量計(orifices meter)或文氏流量計(venturi meter)測量，流量計應位於加濕器的上游。若流量計需要壓力補償之修正。則靜壓測量孔應緊鄰流量計之上游。

8.2.6 燃料和氧化劑溫度

建議直接測量溫度的感測器為熱電耦、具傳感器之電阻式溫度計、或熱敏電阻(thermister)。

溫度感測器必須緊鄰單電池的下游位置，建議設置另一個感測器於緊鄰單電池的上游。

若燃料及/或氧化劑流量計需要溫度補償，修正用的感測器應緊鄰流量計的上游位置。

8.2.7 電池溫度

建議直接測量溫度的感測器為熱電耦、具傳感器之電阻式溫度計、或熱敏電阻 (thermister)。

溫度感測器應儘可能接近陰極活性區域的中央。理想上，其應位於陽極和陰極導流板的中央位置。(詳情請參閱 5.5 和附錄 A)。

8.2.8 燃料和氧化劑壓力

對於燃料和氧化劑壓力的測量，以校驗過的壓力傳感器為優先採用的方法，其他可接受的方法包含經校驗的壓力計、靜重計 (dead-weight gauges)、波登管 (bourdon tubes) 或其他彈性型測量儀器。

靜壓測量孔應緊鄰單電池的上游，若有需要，也應緊鄰單電池的下游。

性能試驗之前應預先檢查連接管線，以確認在工作條件下無洩漏，必須避免管線中存有液態水。

若壓力發生變動時，應在有效的位置安裝適當的阻尼裝置。

量測之壓力應為靜壓，其已考量並消除流速的影響。

8.2.9 燃料和氧化劑濕度

可依燃料和氧化劑的溫度，選擇使用，鏡面冷凝式濕度計 (chilled mirror)、氧化鋁感應器、體聚合物電阻式 (bulk polymer resistive) 或電容式濕度計量測燃料和氧化劑的濕度。

濕度應以露點溫度表示。

濕度量測孔應位於單電池的上游，或濕度感測器位於試驗開始前的反應氣體中。若使用周圍環境或合成之空氣作為氧化劑，則應量測露點並載明於報告中。

8.2.10 環境條件

建議環境濕度、溫度及壓力應測量並記錄。

針對環境溫度之直接量測，建議使用具傳感器的熱電耦或具傳感器的電阻式溫度計。

針對環境壓力之直接量測，建議使用汞氣壓計。

針對環境濕度之直接量測，建議使用濕度計。

8.3 測量的單位

表 1 列出試驗的參數及其測量單位。

表 1 參數和單位

參數	單位
溫度	°C
燃料和氧化劑壓力	kPa
燃料和氧化劑露點	°C
燃料和氧化劑流率(NTP ^a)	Lmin ⁻¹ , Ls ⁻¹
燃料和氧化劑之化學計量	
電流	A
電流密度	A cm ⁻²
電壓	V
輸出電功率	W
電功率密度	W cm ⁻²
電池面積比電阻	Ωcm ²
燃料組成 ^(b)	(mol)mol ⁻¹
氧化劑組成 ^(b)	(mol)mol ⁻¹
(a) NTP=正常溫度和壓力：0°C和 101.325 kPa(絕對值)，除有其他備考明之外，流率評估之條件為 NTP。 (b) 不純物應以(μmol)mol ⁻¹ 列出。 (c) 建議使用絕對壓力(kPa)。若使用表壓，應註明 kPa(G)。	

9. 氣體組成

9.1 燃料組成

9.1.1 氫氣

氫氣純度應為 0.999 9 mol/mol 或以上氫氣

9.1.2 重組氣體

調配的重組氣體可以由電池或組件製造商規範。氣體的純度和組成應由化學成分分析方法測定，結果應載明於報告。

9.2 氧化劑組成

若使用空氣為氧化劑，而任一大氣或合成的空氣皆可以使用。如果為大氣的空氣，建議為不含油脂和微粒的大氣空氣。氧化劑的成分包括不純物的濃度，應載明於報告中。

10. 試驗準備

10.1 標準試驗條件

以下之標準試驗條件應由電池或電池組件製造商於試驗開始之前加以規定。若未提供試驗規範，試驗條件將視執行的研究目標而定，這些條件必須載明於報告。

(a) 電池溫度(建議：陰極導流板的中間)

(b) 燃料操作壓力(代表值：緊鄰電池的上游)

- (c) 氧化劑操作壓力(代表值：緊鄰電池的上游)
- (d) 燃料電池操作溫度的燃料濕度(代表值：緊鄰電池的上游)
- (e) 燃料電池操作溫度的氧化劑濕度(代表值：緊鄰電池的上游)
- (f) 燃料組成
- (g) 氧化劑組成
- (h) 燃料之化學計量
- (i) 氧化劑之化學計量
- (j) 額定電流密度
- (k) 額定電壓
- (l) 最大電流密度
- (m) 最小電池電壓

性能試驗應在標準條件下實施，除有其他規定敘述於各別的試驗方法之外。一般性的試驗流程如圖 2 所示。

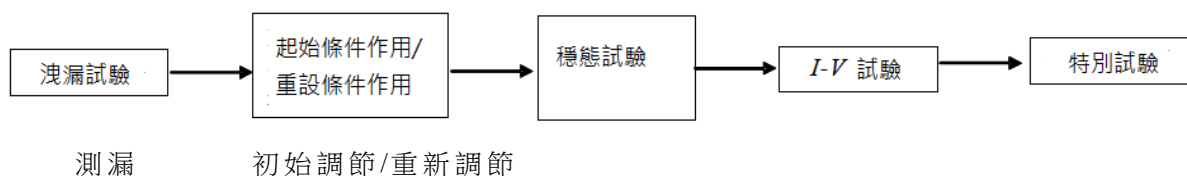


圖 2 一般性的試驗流程

10.2 環境條件

每一次試驗程序，建議測量以下環境條件：

- (a) 溫度
- (b) 壓力
- (c) 相對濕度

10.3 測量頻率

建議的資料取樣頻率為每秒 1 筆，1 個測量值代表 1 分鐘以上的平均值(即 60 筆單次測量)。

10.4 重複性和再現性

完整的 I-V 曲線應測量 3 次，並計算每一電流密度之平均電壓。

10.5 測量值最大允許的變動

3 次或更多次的試驗輸入和輸出參數，除了長期運轉試驗之外，其值應在平均值 ±5 % 的範圍之內。

10.6 試驗之樣品數

試驗可以單一樣品依序執行或多個樣品並行，重複性和再現性規範僅限於 I-V 曲線。測量的執行應連續，量測之間，電池應停機並自環境啟動條件重新調節。

10.7 用惰性氣體或試驗氣體進行氣體管路之測漏

所有用於氣體管路測漏檢查的材料，應相容於氣體管線和電池組件。單電池於機台設定後，氣體測漏使用惰性或試驗氣體檢查，並以液體測漏偵檢器檢查所有連接處。

10.8 初始調節和穩定狀態檢查

新組裝的電池應施予初始調節，初始調節的主要目標為使電池性能處於穩定狀態以利後續的試驗。

初始調節應為：

- (a) 依照 MEA 或組件製造商的規定進行；
- (b) 或依試驗物件的製造商之建議；
- (c) 或試驗單位的一般實務經驗。

代表性的初始調節程序詳見附錄 D。

10.9 停機

停機程序將引領電池至儲存狀態(冷態)。停機程序的目標為冷卻電池至環境溫度，而避免在環境溫度下遺留液態水於電池中。

停機程序應依照 MEA 或組件製造商的規定實施。

代表性的停機程序詳見附錄 E。

10.10 重新調節

重新調節程序應使用於停機之後重新啟動的電池，以確保 MEA 被適度的濕化。重新調節程序應依照 MEA 或組件製造商的規定實施。

代表性的關機程序詳見附錄 F。

11. 性能試驗

11.1 穩態試驗

11.1.1 概述

本試驗的目標為確認於標準試驗條件下之輸出電壓或電流和輸出電功率。

11.1.2 試驗方法

執行本試驗有兩個類似的方法：

- (a) 設定所有輸入參數為預設值，設定電流為相對的額定電流密度(i_{st})，並維持其直到電池電壓穩定於 ± 5 mV 持續 15 分鐘，記錄電池電壓(V_{st})。標準試驗條件下的電功率輸出(P_{st})由試驗結果計算。
- (b) 設定所有輸入參數為預設值，設定電壓為相對的預設值，並維持其直到電池電流穩定於 ± 2 % 持續 15 分鐘，記錄電池電流(i_{st})。標準試驗條件下的電功率輸出(P_{st})由試驗結果計算。

11. I-V 特性試驗

11.2.1 恆定流率的 I-V 特性試驗

11.2.1.1 概述

本試驗的目標為測定在恆定氣體流率條件下，改變電流密度，電池電壓(及電功率密度)的變化。

11.2.1.2 試驗方法

設定燃料與氧化劑之流率為製造商規定之最大電流密度(I_{\max})時的化學計量，。設定電流 I_{\max} 並維持電流至電池電壓穩定於 ± 5 mV 以內持續 15 分鐘。

以適當的間隔從 0 至 I_{\max} 改變電流，獲得 I-V 特性曲線，且維持燃料和氧化劑的流率恆定。對於每一電流密度值之最低要求為維持電壓穩定於 ± 5 mV 以內持續 5 分鐘，確實的程序應記錄於報告中，一般的電流增量詳見附件 G。試驗也可以由改變 OCV 至最小電壓範圍內的電壓來執行，且容許電流穩定於 ± 2 % 持續 5 分鐘。

由於燃料和氧化劑的流率在電流 0 至 I_{\max} 的範圍內恆定，燃料和氧化劑兩者的化學計量會隨著電流變化而改變。雖然這可能異於燃料電池實際的操作，電池條件如溫度、壓力及濕度維持穩定時，即使於恆定流率下電流也會改變。

11.2.2 恆定氣體化學計量的 I-V 特性

11.2.2.1 概述

本試驗的目標為確認恆定氣體化學計量條件下，改變電流密度時，電池電壓的評估(及電功率密度)。

11.2.2.2

按照製造商的規定，設定燃料和氧化劑流率為最大電流 I_{\max} 時之相對的化學計量。設定電流 I_{\max} 並維持電流，直到電池電壓穩定於 ± 5 mV 持續 15 分鐘。由改變電流 0 至 I_{\max} 之間的適當間距，獲得電池範圍從 0 至 I_{\max} 之 I-V 特性曲線，而維持燃料和氧化劑於每一電流階段的化學計量恆定。對於每一電流密度值，電壓穩定之最低要求為維持電壓穩定於 ± 5 mV 之內持續 5 分鐘，一般的電流增量詳見附錄 G。

備考：試驗也可以由改變 OCV 至最小電壓範圍內的電壓來執行，且容許電流穩定於 ± 2 % 持續 5 分鐘。

由於燃料和氧化劑之化學計量在 0 至 I_{\max} 之間維持恆定，故燃料和氧化劑兩者之流率於電流改變時自然地變化，此類似燃料電池操作的實際條件。然而，因為每一電流階段不同的流率，局部的熱和水平衡在電流變化時會被改變，其需要大量的時間在每次電流改變後，達到新的穩態點。特別地，包含 0 的低電流之下，由於低氣體流率而使得電壓變成不穩定。對於由製造商規定的最小電流 I_{\min} ，通常使用由製造商規定的恆定最小流率，以避免如此不穩定的電壓。若沒有規定， I_{\min} 可以假設為 I_{\max} 之 10 %。

11.3 IR 測量

11.3.1 概述

本試驗的目標為不同電流密度下的電池電阻，用於 IR 測量的量測技術敘述於 8.2.4。若 IR 測量與 I-V 曲線同時執行時，測量技術不得擾亂穩態。若測量會擾亂穩態，則於記錄電壓和電流密度值之後，接著執行 IR 測量。I-V 特性曲線依照 11.2.1 或 11.2.2 測量。

11.3.2 試驗方法

連接 IR 測試儀器於電池，由改變電流 0 至 I_{max} 之間的適當增量，記錄儀器的讀值並同時記錄從 0 至 I_{max} 範圍獲得之電池的 I-V 特性曲線。面積比電阻 (area-specific resistance(ASR), $\Omega\text{-cm}^2$) 依照下列方程式計算： $ASR/(\Omega\text{-cm}^2)=$ 電阻 (Ω) \times 電極面積 (cm^2)。

備考：應於所有以下試驗程序中執行本測試。

11.4 極限電流試驗

11.4.1 概述

本試驗的目標為評估 MEA 之內的電池質傳限制。

11.4.2 試驗方法

設定燃料和氧化劑的流率，相當於由製造商規定的額定電流之標準化學計量。以小增量逐步增加電流，而維持燃料和氧化劑的流率之化學計量比恆定(換言之，逐步增加燃料和氧化劑的流率)。記錄每一步驟的電池電壓，當電壓突然明顯地陡降接近 0 伏特，但非 0 伏特時，記錄電流並立刻減少電流使不危害到 MEA。

使用外插至 0 伏特的值做為極限電流。

對於此方法，應該慎重的運用以防止電池電壓免於降為 0 伏特，或可能引起 MEA 不可逆的劣化的低壓狀態，也事先預備使用能夠承受極限電流的負載電纜。

11.5 增益試驗

11.5.1 氫氣增益試驗

11.5.1.1 概述

本試驗的目標為評估陽極的擴散能力，執行氫氣增益試驗以評估 MEA 使用重組氣體(氫氣、二氧化碳、氮氣及其他不純物的混合物)做為實際使用時的燃料。

11.5.1.2 試驗方法

執行本試驗時使用恆定流率或恆定氣體化學計量二種方法之一，分別敘述於 11.2.1 and 11.2.2。一但選定之後，整個試驗過程都必須使用同一方法，另外，試驗應按下述執行。

首先，在電池的陽極側使用氫氣為燃料，使用預定的流率、加濕濕和壓力，使用氫氣和空氣用於擇定的方法以測量 I-V 特性曲線。

其次，使用氫氣和氮氣混合氣體為燃料，在此，氮氣替代重組氣混合物中的非氫氣成分，且重組氣的組成由製造商規定。由氫氣-氮氣混合物和空氣用於擇定的方法，獲得 I-V 特性曲線。

比較氫氣和氣體混合物的 I-V 特性曲線，若兩者之間的 I-V 特性曲線差異大於由涅斯特方程式(Nerst equation)預估的理論值，其顯示陽極有擴散的問題。

備考 1. 為何使用氮氣替代二氧化碳的理由為二氧化碳可能與氫氣反應而產

生微量的一氧化碳，進而毒化陽極。本試驗單純評估陽極的擴散能力。

備考 2. 在重組氣中的 CO 濃度必須等於或低於 9.1.1 之規定。

11.5.2 氧氣增益試驗

11.5.2.1 概述

目標本試驗的目標為評估陰極的擴散能力，執行氧氣增益試驗以評估 MEA 使用空氣做為實際使用時的氧化劑。

11.5.2.2 試驗方法

執行本試驗時使用二種方法之一，恆定流率或恆定氣體化學計量，分別敘述於 11.2.1 和 11.2.2。一旦選定之後，整個試驗過程都必須使用同一方法另外，試驗應按下述執行。

使用空氣於擇定的方法，以測量 I-V 特性曲線。

然後，使用氧氣替代空氣，使用相同的流率、加濕濕和壓力，以擇定的方法獲得 I-V 特性曲線。

比較使用氧和空氣的 I-V 特性曲線，若兩者之間的 I-V 特性曲線差異大於由涅斯特方程式預估的理論值，其顯示陰極有擴散的問題。

備考 1. 使用氧氣的越極洩漏，會導致快速的放熱事件，引起硬體損害和潛在人員傷害。

備考 2. 氧氣系統的設計和潔淨度需滿足特定之規定。

11.6 氣體化學計量試驗

11.6.1 燃料化學計量試驗

11.6.1.1 概述

本試驗的目標在於評估陽極的擴散能力，正如 11.5.1 的氫氣增益試驗。

11.6.1.2 試驗方法

設定如標準試驗條件規定的電流密度，設定氧化劑化學計量從標準試驗條件給予的範圍到至少 4 倍規定的標準試驗條件。按照電池製造商的規定在一定範圍內改變燃料流率並記錄電池電壓。

備考 1. 本試驗使用重組氣體而不使用純氫，因為純氫流率被降低，直到燃料不足之前皆無顯著的性能變化。

備考 2. 本試驗必須小心，因為試驗刻意迫使陽極處於燃料不足之狀態，其能造成陽極無法修復的損害。

11.6.2 氧化劑化學計量試驗

11.6.2.1 概述

本試驗的目標在於評估陰極的擴散能力，正如 12.5.1 的氧氣增益試驗，試驗應按下述執行。

11.6.2.2 試驗方法

設定如標準試驗條件規定的電流密度，設定燃料化學計量從標準試驗條件給予的範圍到至少 2 倍規定的標準試驗條件。按照電池製造商的規定在一定範圍內改變氧化劑流率並記錄電池電壓。

備考 1. 本試驗使用空氣而不使用純氧，因為純氧流率被降低，直到氧化劑不足之前皆無顯著的性能變化。

備考 2. 本試驗必須小心，因為試驗刻意迫使陰極處於氧化劑不足之狀態，其

能造成陰極無法修復的損害。

11.7 溫度效應試驗

11.7.1 概述

本試驗的目標為測試電池溫度對於電池性能的影響，預期溫度會影響電極的反應速率和電解質的傳導性。

11.7.2 試驗方法

設定電池的溫度為 $T_1, T_2 \cdots T_n$ ，其中 $T_1, T_2 \cdots T_n$ 由製造商規定， T_n 為最高操作溫度。此外，由增/減露點和氣體入口溫度，在電池操作溫度恆定下，以保持陽極和陰極的相對濕度。在每一個溫度階段獲得電池的 I-V 特性曲線。可使用 11.2.1 或 11.2.2 規定之程序。

11.8 壓力效應試驗

11.8.1 概述

本試驗的目標為測量燃料和氧化劑的壓力對於電池性能的影響，必須注意以保持穿越薄膜的壓力差恆定。高壓力增加反應氣體的密度，預期會提升電極反應速率。

11.8.2 試驗方法

設定燃料或氧化劑的壓力為 $P_1, P_2 \cdots P_n$ ，其中 $P_1, P_2 \cdots P_n$ 由製造商規定， P_n 為最大操作壓力。同時，改變其他的壓力並適當地維持壓力差為恆定。在量測每一個壓力階段之電池 I-V 特性曲線，可使用 11.2.1 或 11.2.2 規定之程序。必須要小心控制，以免意外損害電池或薄膜，試驗員應注意警戒來自薄膜的洩漏例如針孔，其可能導致內部的燃燒。

11.9 濕度效應試驗

11.9.1 燃料濕度效應試驗

11.9.1.1 概述

本試驗的目標為測量燃料濕度的改變對於電池性能的影響。預期燃料的濕度會影響電解質傳導性及氣體擴散至陽極。

11.9.1.2 試驗方法

本試驗可以使用恆定流率或恆定氣體化學計量兩種方法之一執行，其分別敘述於 11.2.1 和 11.2.2。一旦選定之後，整個試驗過程都必須使用同一方法，試驗應按照下述執行。

設定在標準條件下的氧化劑濕度，設定燃料濕度相對於數個階段之適當的預期露點溫度並獲得 I-V 特性曲線。

11.9.2 氧化劑濕度效應試驗

11.9.2.1 概述

本試驗的目標為測量氧化劑濕度的變化對於電池性能的影響，氧化劑的濕度預期會影響電解質傳導性及氣體擴散至陰極。

11.9.2.2 試驗方法

本試驗可以使用恆定流率或恆定氣體化學計量兩種方法之一執行，其分別敘

述於 11.2.1 和 11.2.2。一但選定之後，整個試驗過程都必須使用同一方法，另外，試驗應按下述執行。

設定在標準條件下的燃料濕度，設定數個階段的氧化劑濕度相對於適當的露點溫度並獲得電池的 I-V 特性曲線。

11.10 燃料組成試驗

11.10.1 概述

本試驗目標為測量重組氣體組成對於電池性能的影響，本試驗為檢查不同型式燃料之電極承受能力。重組氣體含有氫氣、CO 和惰性氣體如二氧化碳及/或氮氣，其比例決定於原燃料和重組方法而定。預期惰性氣體會影響氫氣擴散至電極。

11.10.2 試驗方法

本試驗可以使用恆定流率或恆定氣體化學計量兩種方法之一執行，其分別敘述於 11.2.1 和 11.2.2。一但選定之後，整個試驗過程都必須使用同一方法，另外，試驗應按下述執行。

使用標準燃料，應用擇定的方法得到 I-V 特性曲線。改變標準燃料為其他與標準氣體不同組成的燃料，應用同一方法得到 I-V 特性曲線。

11.11 過載試驗

11.11.1 概述

本試驗目標為評估電池的電力過載之耐久性，過載耐久性會受到觸媒活性和電極的氣體擴散能力影響。

11.11.2 試驗方法

設定負載大於額定值但小於極限電流，設定燃料和氧化劑流率相對於標準化學計量並接著設定電流。依製造商規定操作電池一段時間，記錄操作期間的電壓。

11.12 長期運轉試驗

11.12.1 概述

長期運轉試驗的目標為測定運轉於規定的長時間、恆定電流條件下之電池電壓的評估。長期運轉試驗主要於穩態下實施，於試驗期間以固定時間間隔由週期性 I-V 特性曲線和電池電阻測量而評估電池性能。

11.12.2 試驗方法

依照電池製造商規定的容許運轉時間，於標準試驗條件下延長電池運轉時間，記錄操作期間的電池電壓。若必要時，於規則的時間間隔，在標準試驗條件下獲得電池的 I-V 特性曲線和電池電阻。建議最低的量測次數為 10 次。對於 I-V 特性曲線量測的基本程序提供於 11.2.1 或 11.2.2，而電池電阻量測程序則規定於 11.3。

11.13 開機/停機循環試驗

11.13.1 概述

開機/停機循環試驗的目標為確認電池操作於規定的條件下開機/停機功能概略次數的電池操作之性能評估。

其可用於做為特性試驗以考核 MEA 壽命試驗對於特殊應用所接受之運轉條件。
試驗應按下述執行。

11.13.2 試驗方法

選擇性地，氣體和溫度控制可為本試驗的一部分。

在規定的時間內，電池以 100 %負載(額定電流密度)運轉之後，關閉負載(開路)並經過一段規定的時間。之後，切換為負載並運轉於 100 %負載。重複程序並記錄電壓(負載開機/停機的數據圖表和操作的持續時間由電池製造商規定，一般開機/停機循環的數據圖表和耐久性運轉持續時間詳見附錄 H)。

備考：燃料電池長時間操作於開路電壓之狀態會加速電極材料之劣化。

11.14 負載循環試驗

11.14.1 概述

負載循環試驗的目標為確認燃料電池運轉於規定的條件下如電流密度的功能，接著的動態概述相對於對時間之電壓評估。

其可用於做為特性試驗以考核 MEA 壽命試驗對於特殊應用所接受之操作條件。

11.14.2 試驗方法

於規定的時間內運轉電池於 100 %負載(額定電流密度)之後，切換負載從 100 %為部分負載和氣體化學計量維持恆定並在部分負載之下操作定義的時間週期，之後，開啟負載回復 100 %。重覆此程序並記錄電壓(負載概述和運轉持續時間由電池製造商規定)。一般的負載概述和運轉耐久性操作持續時間詳見附錄 I。

11.15 不純物干擾試驗

11.15.1 燃料不純物干擾試驗

11.15.1.1 額定電流密度之電池含有不純物燃料之干擾及其回復

11.15.1.1.1 概述

本試驗的目標為確認燃料中不純物對電池性能的效應和額定電流密度下自性能損害回復的程度。電池接受穩態試驗並運轉於含有一些不純物之燃料。

11.15.1.1.2 試驗方法

本試驗應以數個級別의 污染物於燃料中執行，以確定最高的污染物級別不會影響電池性能。

試驗應按下述執行。

以乾淨的燃料和乾淨的空氣操作電池於額定電流密度，一直到電壓穩定於 ± 5 mV 持續 15 分鐘。改變乾淨的燃料為含有不純物之燃料和具有不純物且其量由電池製造商規定。操作電池一直到電壓穩定於 ± 5 mV 之內持續 15 分鐘並記錄電壓。

接著，改變含不純物的燃料為乾淨的燃料，操作電池一直到電壓穩定於 ± 5 mV 持續 15 分鐘並記錄電壓。

備考：有些不純物如 H₂S，可能與暴露於試驗機台表面的組件反應(例如氣體供應管線和墊片)，應小心取用以確保試驗機台的材料相容於

使用的不純物。

11.15.1.2 含不純物燃料之 I-V 特性

11.15.1.2.1 概述

本試驗的目標為確認不純物在燃料中對於電池 I-V 特性的影響，試驗應執行數個級別的不純物，以確認最高不純物的級別在燃料中不會影響電池性能。

11.15.1.2.2 試驗方法

測量 I-V 曲線時使用乾淨的燃料和乾淨的空氣，於恆定流率或恆定氣體化學計量之下，分別以 11.2.1 或 11.2.2 規定方法試驗。

改變乾淨的燃料為含有不純物之燃料，以相同用於前面測量的方法獲得 I-V 特性曲線。

11.15.2 氧化劑中不純物干擾試驗

11.15.2.1 額定電流密度下含有不純物的氧化劑之干擾及其回復

11.15.2.1.1 概述

本試驗的目標為確認氧化劑中不純物對於電池性能的影響和額定電流密度下自性能損害回復的程度。電池接受穩態試驗並運轉於含有一些不純物之燃料。

11.15.2.1.2 試驗方法

本試驗應以數個級別의 污染物於氧化劑中執行，以確定最高的污染物級別不會影響電池性能。

試驗應按下述執行。

以乾淨的燃料和乾淨的空氣操作電池於額定電流密度，一直到電壓穩定於 ± 5 mV 之內持續 15 分鐘。改變乾淨的空氣為含有不純物之空氣和具有不純物且其量由電池製造商規定。操作電池一直到電壓穩定於 ± 5 mV 之內持續 15 分鐘並記錄電壓。

接著，改變含不純物的空氣為乾淨的空氣，操作電池一直到電壓穩定於 ± 5 mV 之內持續 15 分鐘並記錄電壓。

11.15.2.2 含不純物空氣 I-V 特性

11.15.2.2.1 概述

本試驗的目標為確認空氣中的不純物對於電池的 I-V 特性曲線之影響。

11.15.2.2.2 試驗方法

本試驗應以數個級別의 污染物執行，以確定最高的污染物級別在空氣中不會影響電池性能。

試驗應按下述執行。

測量 I-V 特性曲線時，使用乾淨的燃料和乾淨的空氣於恆定流率或於恆定氣體化學計量，分別以 11.2.1 或 11.2.2 規定的方法測量。

改變乾淨的空氣為含有不純物的空氣，使用於前述相同測量方法得到電池的 I-V 特性曲線。

12. 試驗報告

12.1 概述

試驗報告應正確、清楚並完整地呈現足夠的資訊，以證明獲得所有的試驗目標。
對於試驗報告中 I-V 特性試驗的參考格式建議詳見附錄 J。

12.2 報告項目

報告內容至少應呈現以下資訊：

- (a) 報告標題；
- (b) 報告作者；
- (c) 執行試驗單位；
- (d) 報告日期；
- (e) 標準編號/試驗程序編號
- (f) 試驗地點；
- (g) 試驗日期(詳見 12.3)。

12.3 試驗資料說明

試驗資料應包括下列資訊：

- (a) 試驗名稱；
- (b) 測量條件(詳見 12.4)；
- (c) 測量資料；
- (d) 試驗執行的日期和時間；
- (e) 試驗環境的條件；
- (f) 執行試驗和品管人員姓名；
- (g) 試驗的電池資料(詳見 12.5)。

12.4 測量條件說明

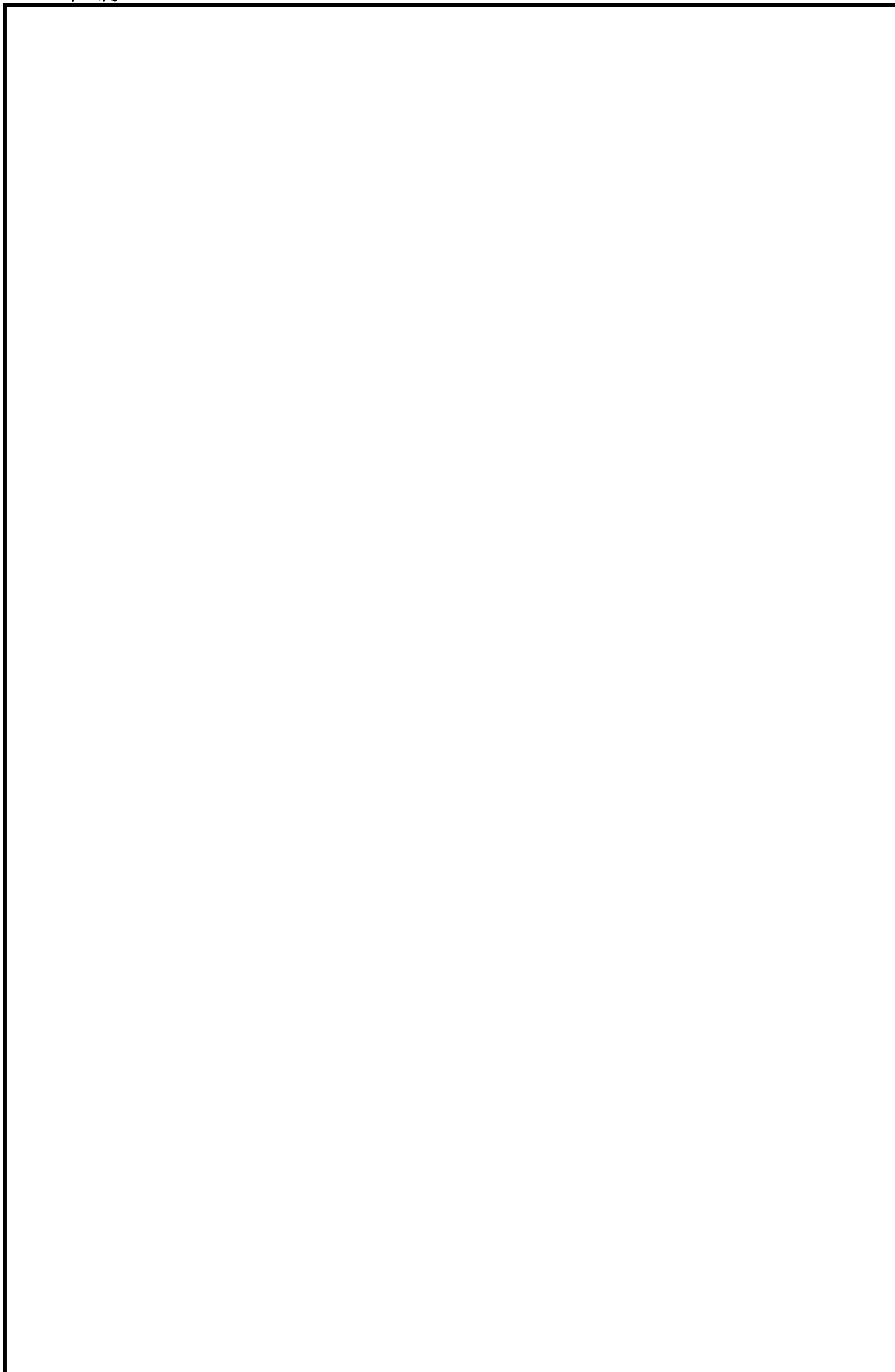
測量條件至少應包括下列資訊：

- (a) 電池溫度；
- (b) 燃料和氧化劑壓力；
- (c) 燃料和氧化劑露點；
- (d) 燃料和氧化劑組成；
- (e) 燃料和氧化劑化學計量；
- (f) 燃料和氧化劑之流率；

12.5 試驗的電池資料說明

試驗的電池資料至少應包括下列資訊：

- (a) 電極活性面積(建議：25 cm²)；
- (b) 膜電極組的產品名稱和商標名稱(選項)；
- (c) 薄膜厚度和類型(選項)；
- (d) 陽極和陰極觸媒的種類和含量(選項)；
- (e) 氣體流道的類型(選項)；
- (f) 氣體擴散層的材料類型(選項)；
- (g) 夾緊壓力(選項)。



附件 A
(規定)
導流板

圖 A.1 為依照本技術規範設計的導流板範例，本範例設計欲達到的活性面積為 25 cm^2 ，陽極和陰極兩者的導流板有水平彎曲的單槽，做為氣體在其表面流動以接觸 MEA 的流道。建議的流道結構如下：

寬度：1.0 mm

深度：1.0 mm

間隔：約 1.0 mm

導流板尺寸為 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ，應該稍微小於電極和 GDL(氣體擴散層)，以防止薄膜由邊緣的流道被切開。要使用避免直接觸及薄膜和流道的組裝程序。

燃料和氧化劑的流動自流道的頂端流向底部。

單位：(mm)

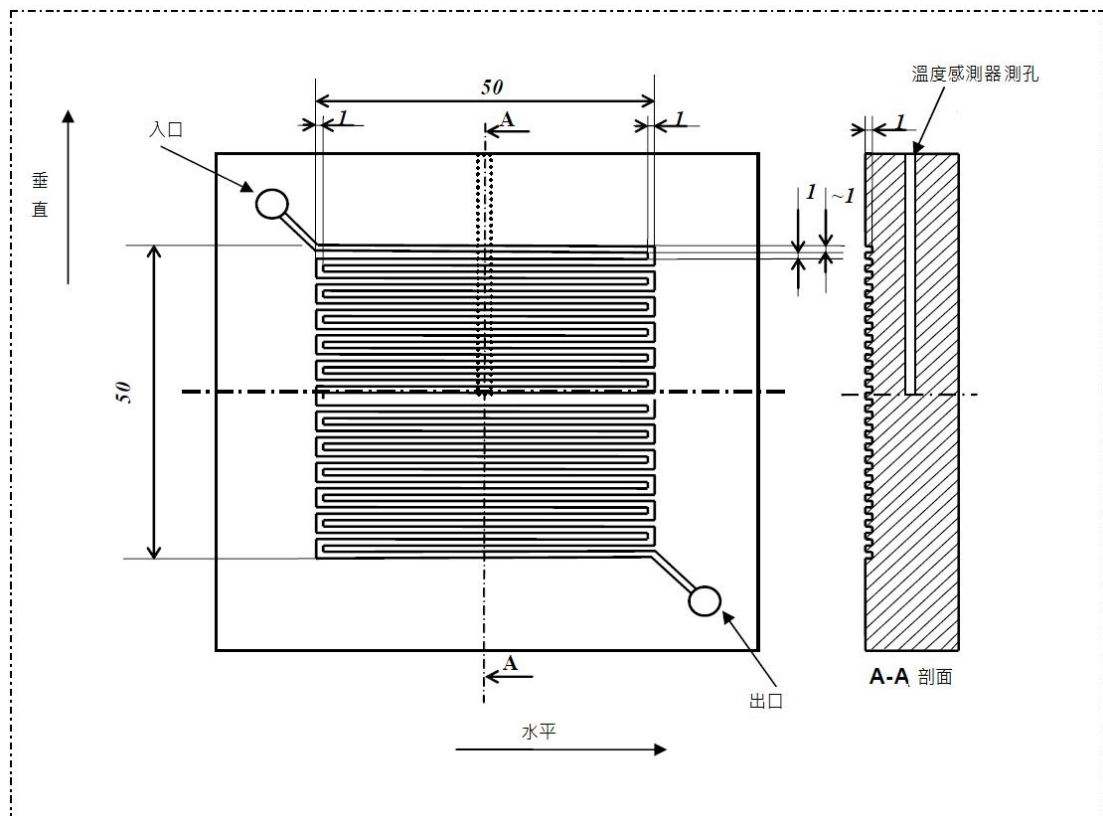


圖 A.1 導流板設計(單蛇型流道)

單位：(mm)

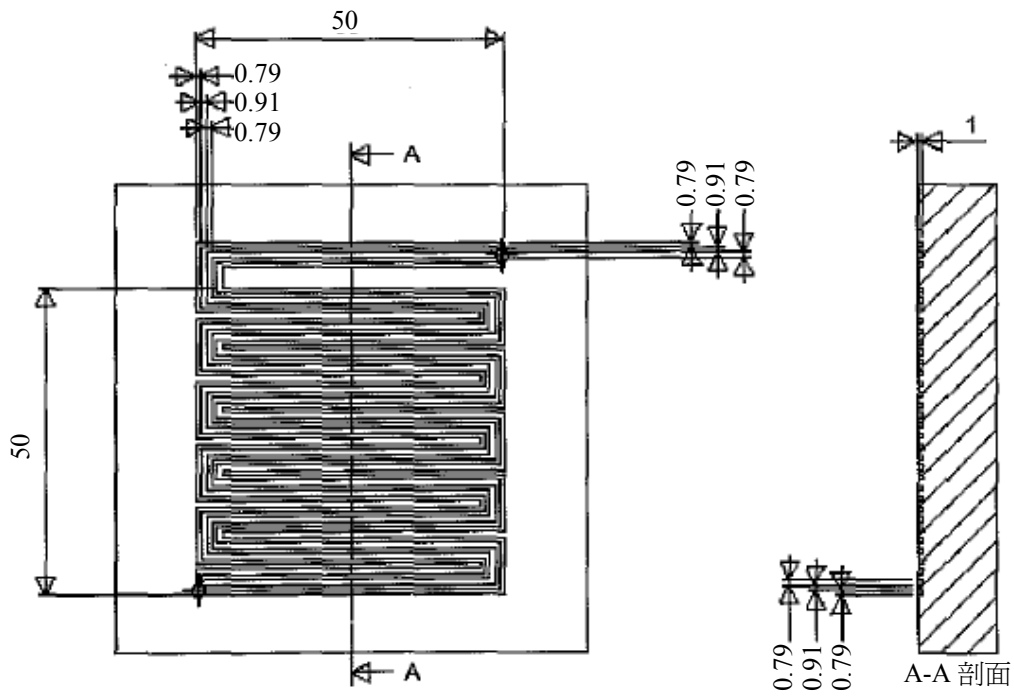


圖 A.2 導流板設計(三蛇型流道)

附錄 B
(規定)
單電池組件校準

圖 B.1 表示使用一般組件的單電池組合，使用螺栓和螺帽一起鎖緊。若有需要，彈性墊片或彈性襯墊可被置放於螺栓中，以防止鬆脫。

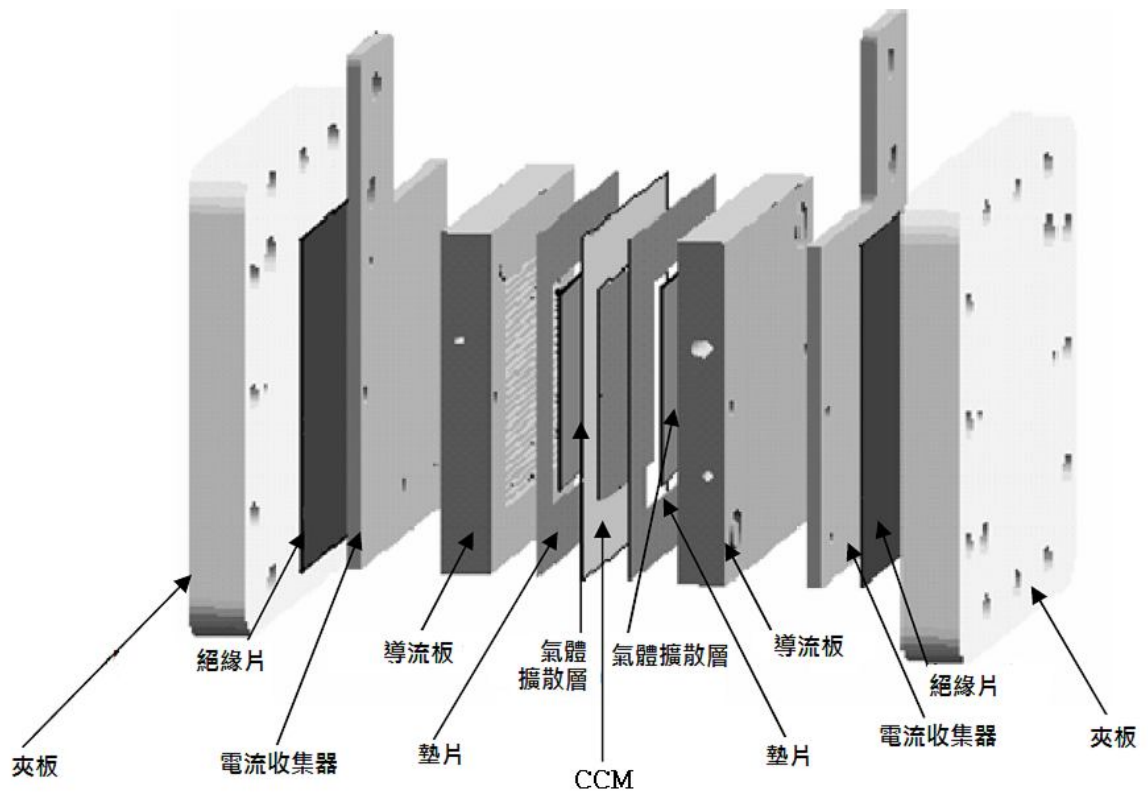


圖 B.1 使用一般零組件的單電池組合

附錄 C
(規定)
洩漏試驗

一般洩漏試驗程序敘述如下：

(a) 程序 1

注入氮氣於陽極和陰極兩側，設定背壓為接近 0 kPa(G)，然後關閉陽極和陰極氣體的出口閥門。首先，同時加壓陽極側至 50 kPa(G)(或最大操作壓力的 150 %)和陰極側至 30 kPa(G)(或最大操作壓力的 125 %)。關閉陽極和陰極側的氣體入口閥門，將氣體封閉在電池中。保持電池於此條件下 10 分鐘，且分別監控陽極和陰極側的壓力。

其次，同時加壓陰極側至 50 kPa(G)(或最大操作壓力的 150 %)和陽極側至 30 kPa(G)(或最大操作壓力的 125 %)。關閉陽極和陰極側的氣體入口閥門，將氣體封閉在電池中。保持電池於此條件下 10 分鐘，且分別監控陽極和陰極側的壓力。

在上述的程序中，10 分鐘之後於陽極和陰極兩側的壓力變化應低於 5 kPa(G)。

於第一個步驟，若陽極側的壓力下降而陰極側壓力上升，即為發生穿過薄膜的氣體越極。於第二個步驟中，若陰極側壓力下降而陽極側壓力上升，則表示發生另一方向的氣體越極。若任一側之壓降與另一側無關時，即表示發生向外的洩漏。若兩側都發生壓降，可懷疑是外部洩漏。

(b) 程序 2

注入氮氣於陽極和陰極兩側，設定背壓為接近 0 kPa(G)，然後關閉陽極和陰極氣體的出口閥門。首先，同時加壓陽極和陰極端至 30 kPa(G)，關閉陽極和陰極側的氣體入口閥門，將氣體封閉在電池中。保持電池於此條件下 10 分鐘，且分別監控陽極和陰極側的壓力。應載明電池的洩漏。

其次，同時加壓陽極側至 30 kPa(G)和陰極側 0 kPa(G)，關閉陽極和陰極側的氣體入口閥門，將氣體封閉在電池中，保持電池於此條件下 10 分鐘，且分別監控陽極和陰極側的壓力。應載明陽極至陰極的越極洩漏。

第三，同時加壓陰極側至 30 kPa(G)和陽極側 0 kPa(G)，關閉陽極和陰極側的氣體入口閥門，將氣體封閉在電池中，保持電池於此條件下 10 分鐘，且分別監控陽極和陰極側的壓力。應載明陰極至陽極的越極洩漏。在上述的程序中，10 分鐘之後於陽極和陰極兩側的壓降應低於 5 kPa(G)。

若電池操作於更高的壓力，陽極和陰極兩側的試驗壓力得大約相當於操作壓力。

附錄 D
(規定)
初始調節

除了 MEA 供應商提供之起始調節程序外，以下四種調節程序之範例可供選擇：

程序 A：

- (1) 設定試驗機台以操作電池。
- (2) 以吹淨氣體(如氫氣)吹淨陽極和陰極兩側，氣體流率約與後續試驗的流率相同，並持續至吹淨完成。
- (3) 使用電池加熱器或其他適當加熱方法將電池加熱至 80°C，導入完全加濕的 N₂ 氣體，氣體流率約與後續試驗的流率相同。於暖機期間，維持電池溫度，以及維持入口和出口氣體管線之溫度高於氣體的露點溫度，以防止水於系統中凝結。
- (4) 等電池溫度和氣體濕度穩定後，導入適當的化學計量之完全加濕的反應氣體，例如，對應於電流密度 1,000 mA/cm² 之氫氣為 1.4 和空氣為 2.5。維持電池電壓高於 0.4 V，逐漸增加負載，直到電流密度達 1,000 mA/cm² 為止。
- (5) 維持負載(電流密度)於 1,000 mA/cm² 之化學計量為氫氣 1.4 和空氣 2.5，直到確定電池電壓超過 5 小時的變化小於 5 mV。完成此程序，表示電池的初始調節完成。

程序 B：

使用後續試驗的標準操作條件，以純氫氣體操作電池於開路電壓(OCV)15 分鐘，操作於 600 mV 經 75 分鐘，然後操作於 850 mV 20 分鐘及 600 mV 30 分鐘之循環測試共三次，總共的調節時間約 4 小時。

程序 C：

設定試驗機台以操作電池。設定後續試驗之標準操作條件，於定電壓模式下，電池於 0.5 V 保持 5 分鐘，於恆定氣體流率下進行 I/V 循環試驗，自 0.8 V 至 0.3 V 以每 10 秒調降 0.05 V 為一個步階並以相同的步階和時間自 0.3 V 倒回至 0.8 V。電池於 0.5 V 保持 5 分鐘，循環操作至於 0.5 V 時，5 分鐘內之電流密度的變異低於 ±10 mA/cm²，且電流密度在連續 3 個循環的偏差低於 ±10 mA/cm²。

程序 D：

於定電流模式下，電池操作於擇定的操作溫度和標準試驗條件規定之氣體條件下，以每階段增加 100 mA/cm² 或電流密度增加速率不大於每秒 10 mA/cm²，且維持電池電壓高於 500 mV，直到電流密度達到調節所需的確認條件。對於電池調節所需電流密度應為選擇條件下對應到 500 mV 之最大電流密度或由特定試驗目標所規範的電流密度。

調整步驟必須至少持續 24 小時，其電池電壓變異在開始試驗之前的一小時內要低於 ±5 mV。

附錄 E

(規定)

停機

一般停機的程序敘述如下：

- (1) 降低電力負載至符合在極化曲線逆向程序步驟之值(換言之，減少電流密度自 i_{\max} 至 0，且維持氣體的流動)，卸載電力負載。
- (2) 以加濕的氮氣吹淨陽極和陰極，流率相當於最低極化曲線負載步驟，直到電池冷卻到環境溫度。冷卻期間，一直維持電池溫度和氣體管線溫度高於氣體的露點，以防止水凝結於系統中。
- (3) 電池達到環境溫度後，切換成乾的氮氣氣流入陽極和陰極 5 分鐘～10 分鐘(此步驟為選項，視最後膜需要的含水量而定)。
- (4) 拆下電池並蓋緊陽極和陰極的入口和出口。

附錄 F
(規定)
重新調節

一般重新調節的程序敘述如下：

(a) 程序 A：

- (1) 重複附錄 D 之程序 A 步驟 1 至 5，對於步驟 5 電池調節之穩定要求，1 小時應該足夠。
- (2) 規定適宜的試驗條件並維持此條件直到穩定。

(b) 程序 B：

- (1) 供應完全加濕之氣體，化學計量為 1.4 的氫氣和化學計量為 2.5 的氧化劑，設定電流密度為 400 mA/cm^2 加熱至 80°C 通過電池一小時，
- (2) 操作電池於此條件下 4 小時，當電壓達平衡時電池即完成調節。

附錄 G

(規定)

I-V 特性試驗用於 I-V 特性試驗之一般電流密度增量提供如下。

若已知預期的最大電流密度(例如依據製造商的標示或經由事先測量)，選擇的電流步驟如表 G.1。

表 G.1 最大電流密度為已知之電流密度增量

步驟	預期最大電流密度的百分比
0	0(OCV)
1	2 %
2	5 %
3	10 %
4	20 %
5	30 %
6	50 %
7	70 %
8	90 %
9	100 %

備考：若要進行 Tafel 斜率分析，在低電流的範圍，可能需要更多的測試點。

若最大電流密度未知，使用表 G.2 提供的電流增量。

表 G.2 最大電流密度為未知之電流密度增量

步驟	電流密度(mA/cm ²)
0	0(OCV)
1	20
2	50
3	100
4	200
5	400
6	600
7	800
8	1,000
9	1,200
10	1,400
11	1,600
12	1,800
13	2,000

備考：當達到最大電流密度或電池電壓低於 0.3 V 或製造商建議的最小電壓值時，試驗必須終止(為了避免電池組件造成不可逆的損害)。

附錄 H
(規定)
啟機/停機循環試驗

一般的啟機/停機循環概述及其操作持續時間敘述如下：

循環將遵循以下的步驟：

- (a) 停機階段=於 0 A/cm²下 15 分鐘
- (b) 啟機階段=於 i_{st} A/cm²下 15 分鐘(i_{st} ：額定電流密度)

建議逐步增加電流密度以避免急劇的電壓降。電流必須以 4 個步階自 0 增加至 i_{st} ，每 10 秒增加 $i_{st}/4$ 為一個步階。

- (a) $\frac{1}{4} i_{st}$ A/cm²持續 10 秒
- (b) $\frac{1}{2} i_{st}$ A/cm²持續 10 秒
- (c) $\frac{3}{4} i_{st}$ A/cm²持續 10 秒
- (d) i_{st} A/cm²持續 14 分 30 秒

此步階的持續時間視試驗的特定目標和有關的特定結束標準：固定的壽命時間試驗或固定的性能損失(考量負載的電功率、電壓或開路電壓)。

除了從不同的可能性特別地定義結束標準，若電池電壓低於 0.3 V 或製造商建議的最小電壓值時(為了避免電池組件造成不可逆的損害)必須停止試驗(關閉氣體、溫度控制器及負載)。

附錄 I

(規定)

負載循環試驗

一般的負載循環試驗曲線和測試時間長短敘述如下：

建議兩種電流密度循環曲線，容許電池操作於兩電流密度值之間：其一為較高動態，一個循環時間持續 1 分鐘；另一較低動態，一個循環時間持續 1 小時。

於開始循環階段之前，電流密度先固定於 i_{100} % (額定電流密度) 之高功率階段，以達穩定之操作條件，接著必須依照圖 I.1 和圖 I.2 的電流密度循環曲線之一執行負載循環試驗。

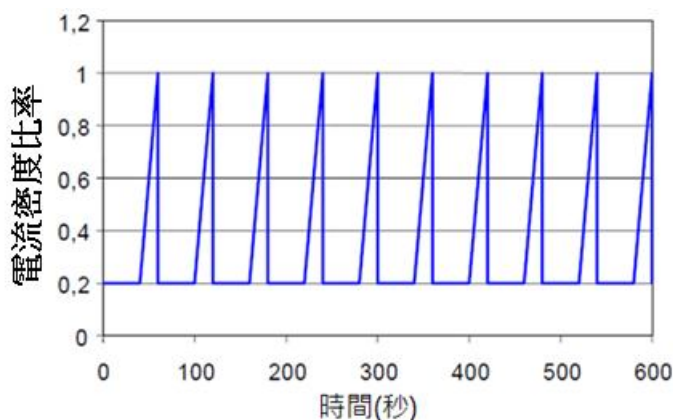


圖 I.1 第一種負載循環曲線

第一種循環曲線分為兩個階段：

- 低電流密度階段=於 i_{20} % A/cm^2 (i_{20} %: i_{100} % 電流密度之 20 %) 維持 40 秒
- 高電流密度階段=於 20 秒內電流密度自 i_{20} % A/cm^2 增加至 i_{100} % A/cm^2 。

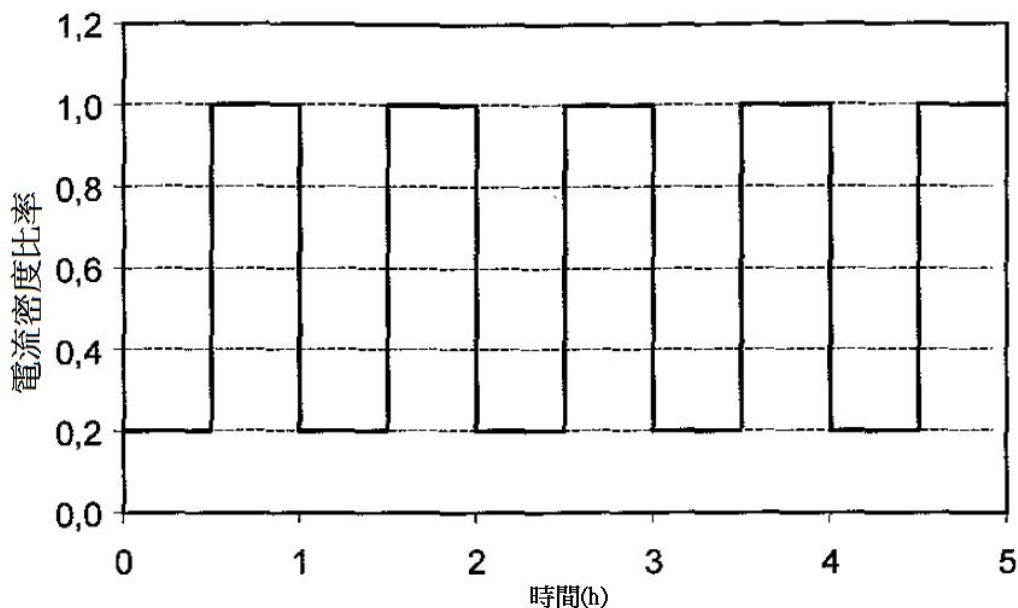


圖 I.2 第二種負載循環曲線

第二種循環曲線分為兩個階段：

- 低電流密度階段=於 $i_{20} \% \text{ A/cm}^2$ ($i_{20} \%: i_{100} \%$ 電流密度之 20 %) 維持半小時
- 高電流密度階段=於 $i_{100} \% \text{ A/cm}^2$ 維持半小時。

操作時間可固定為 500 至 1,000 小時，視操作條件和特殊應用考量。

除了固定的操作持續時間，其他結束的標準可視試驗的目標如可接受的固定性能損失來規範(考量於低或高電功率或開路電壓之電功率或電壓)。

除了從特別定義的結束標準，若電池電壓低於 0.3 V 或製造商建議的最小電壓值時(為了避免電池組件造成不可逆的損害)，必須停止試驗(關閉氣體、溫度控制器及負載)。

附錄 J
(規定)
試驗報告

對於 I-V 特性試驗報告之建議格式如下，指導報告撰寫人之部分以斜體字表示，不包括於報告中。

J.1 一般資訊

J.1.1 試驗報告中的一般資訊

試驗報告編號	
試驗報告標題	
報告撰寫人	

J.1.2 關於試驗的一般資訊

試驗程序編號		試驗日期	
試驗版本		公司性能試驗	
公司要求的試驗		試驗地點	
試驗要求		試驗電池/設備	

J.2 說明

撰寫人在此處應參照：

- 使用的程序及選擇該程序的相關解釋
- 介於試驗員和客戶之間的試驗計畫，其也可以包含允收標準，及
- 用於報告或試驗的其他文件(名詞文件、符號調合等)

J.3 試驗的目標和範圍

目標為於規定操作條件下，測定 PEFC 單電池之極化曲線。

電池性能的測量從開路電壓至最高電流密度，其取決於以下之因素：

- 待測物件的性質
- 考慮應用的規格
- 測量方法

試驗旨在檢核：

- 聚合物電解質燃料電池單電池之一般性能
- PEFC 組件如 MEA 或 MEA 的次組件、雙極板材料或設計。

試驗條件要考量符合：

- 燃料電池研究團體成員使用之電流條件
- 實際應用的考量。

J.4 試驗物件敘述

電池製造商	
燃料電池技術	
電池型號	
產品或測試物件	
產品編號	
測試物件識別編號	

燃料電池：單極板材料/技術	
燃料電池：流場設計	
燃料電池：活性面積	
墊片型式	
墊片厚度	
電池技術(收集器)	
電池緊固方式	
加熱/冷卻系統	
電池方向*	
氣體流動方向(同向、反向等)	
*若需要，包含繪圖以增進了解。	

MEA 組合(是/否，3層、5層、7層)	
電極	
氣體擴散層(厚度、型式)	
觸媒層(負載量、組成成分)	
薄膜(厚度、型式)	

最低電池容許電壓(V)	
陽極和陰極之間容許的壓力差(kPa)	
製造商建議的空氣化學計量	

製造商提供有關於電池或 MEA 附加的備註或資訊。

J.5 試驗物件之狀態

報告撰寫人敘述電池的測試歷程和依序簡短的說明所有的診斷實驗、特定的或基準的實驗及其各別的識別資訊。

J.6 試驗設定的描述

詳細的敘述使用的試驗設備和設定，包括感測器型式、位置及特定的裝置(例如，加熱/冷卻和加濕次系統)，在試驗報告中必須提供，以協助了解結果。

J.7 操作條件、輸入和輸出的描述

表 J.1 至 J.4 中列出試驗過程中所有試驗之輸入項目、輸入值及操作條件，以及量測不確定度和取樣率。試驗員要完成每一項試驗的輸入值欄位。

表 J.1 試驗輸入參數

輸入	說明	單位	輸入值	量測 不確定度	取樣率 (Hz)	控制 準確度
I	電流密度(i=電流/活性面積)	(A/cm ²)				
Tc	電池溫度	(°C)				
xfuel	燃料組成	%H ₂ , %其他氣體				
xox	氧化劑組成	空氣或氧氣, %其他氣體				
p _{Air}	氧化劑背壓 ^(C)	(kPa)				
p _{H₂}	燃料背壓 ^(C)	(kPa)				
Q _{fuel}	燃料流率 ^(a)	較大者(Q _{fuel, min} , Qλ _{fuel})或恆定值 (cm ³ /min)				
Q _{ox}	氧化劑流率 ^(a)	較大者(Q _{ox, min} , Qλ _{ox})或恆定值 (cm ³ /min)				
Q _{fuel, min}	燃料最小流率	(cm ³ /min)				
Q _{ox, min}	氧化劑最小流率	(cm ³ /min)				
λ _{fuel}	燃料化學計量	(無因次)				
λ _{ox}	空氣化學化學計量	(無因次)				
RH _{ox}	入口氧化劑相對濕度 ^(b)	(%)				
RH _{fuel}	入口燃料相對濕度 ^(b)	(%)				
T _{ox}	氧化劑露點	(°C)				
T _{fuel}	燃料露點	(°C)				
T _{box}	氧化劑氣泡溫度	(°C)				
T _{bfuel}	燃料氣泡溫度	(°C)				
T _{tox}	氧化劑管線溫度	(°C)				
T _{tfuel}	燃料管線溫度	(°C)				
Q _{Wox}	水流率 (氧化劑側)	較大者(QWλ _{fuel, min} , QWλ _{fuel}) (cm ³ /min)				

表 J.1 試驗輸入參數(續)

輸入	說明	單位	輸入值	量測 不確定度	取樣率 (Hz)	控制 準確度
QW _{fuel}	水流率(燃料側)	較大者(QW _{λox} , min, QW _{λox}) (cm ³ /min)				
T _{amb}	周圍環境溫度	(°C)				
P _{amb}	周圍環境壓力	(kPa)				
RH _{amb}	周圍環境相對濕度	(%)				

註^(a) Q_{λfuel} 和 Q_{λox} 分別為燃料和氧化劑的化學計量控制的體積流率，實際試驗期間使用的體積流率為化學計量控制的體積流率，除非其值小於最小流率：Q_{fuel, min} 和 Q_{ox, min}。

(b) 本測試程序不強制要求反應氣體加濕的方法，然而，試驗報告中必須述明符合性輸入項目(例如氣泡加濕情況下之水和管線的溫度，或注水加濕情況下之水流率)—氣體相對濕度對應之露點也可載明於報告中(若於氣體入口有可用之濕度感測器時，予以計算或測量)。

(c) 於試驗報告中陳述其選項，和電池的入口或出口壓力是否控制為恆定。

表 J.2 試驗輸出參數

輸出	說明	單位	儀器不確定度	取樣率 (Hz)
V	電池電壓	V		
P	電池電功率密度	W/cm ²	計算	

J.8 試驗程序和結果

J.8.1 啟動和預先調節步驟之說明

- 詳細敘述設定的條件
- 量測量(各步驟給予的輸入和輸出之說明、表、圖)

表 J.3 測量步驟(啟動和調節)之前的性能

停留時間(分)	電流密度(A/cm ²)	在最後 XX 分鐘 之平均電池電壓 (V); 標準差(±V)	平均電池電功率 密度(W/cm ²)

圖例：可包括啟動和調節期間主要試驗輸入和輸出相對於時間的圖，以協助了解主要的結果。

對於極化曲線， i 、 V 、 T_C 、 P_{ox} 、 P_{fuel} 、 Q_{ox} 、 Q_{fuel} 、 R_{Hox} 和 f_{uel} (或關於 RH 之相關輸入)= f (時間)；使用平均值並以標準差表示。

J.8.2 測量步驟和結果的說明

- 設定試驗條件(開始的試驗輸入)，如果在調節步驟之後和設定 OCV 條件之

前執行額外的步驟。

- 導致測量步驟的終止。
- 量測量(各步驟給予的輸入和輸出之說明、表、圖)(例如，停留時間、電流密度、極化曲線的電壓和電功率)

表 J.4 極化步驟期間的性能 a

停留時間 (分)	電流密度 (A/cm ²)	電池平均電壓，(V) (±2 ^(a) 標準差，V)	電池平均電功率(W/cm ²) (±2 ^(a) 標準差，W/cm ²)
註 ^(a) 建議評估全部量測不確定度，參見 ISO/IEC Guide98-3 對於不確定度估算的指南。			

圖例：

- 可包括主試驗的輸入和輸出對測量階段的時間，以協助瞭解主要的結果。
對於極化曲線： i 、 V 、 T_c 、 p_{ox} 、 p_{fuel} 、 Q_{ox} 、 Q_{fuel} 、 RH_{ox} and $fuel$ (或關於 RH 有關的輸入)= $f(time)$

- 主要結果=主要輸出對主要輸入

對於極化曲線： $V(V)$ 和 $P(W/cm^2) = f(i(A/cm^2))$

J.8.3 停機的說明(當有關時)

J.8.4 程序的偏差

J.9 資料後處理

對於與應用程序有關時，做特別地說明。

關於極化曲線，給予表和圖的說明可能不是如此相關(圖和表已經涵蓋於電壓的變異和電功率密度的計算)。

J.10 結論和可接受準則

在此的試驗結果，必須針對試驗的目標以及規定的可接受準則作出判定之說明。


- IEC 60051 斗, Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Pa 付 1: Definitions and general requirements common to all parts
- IEC 60051-2, Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 2: Special requirements for ammeters and voltmeters
- IEC 60688, Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals
- IEC 61882:2001, Hazard and operability studies(HAZOP studies) – Application guide
- ISO 14121-1:2007, Safety of machinery – Risk assessment – Pa 付 1: Principles
- ISO 4677-1, Atmospheres for conditioning and testing – Determination of relative humidity – Part 1: Aspirated psychrometer method ,”
- ISO 4677-2, Atmospheres for conditioning and testing – Determination of relative humidity – Part 2: Whirling psychrometer method
- ISO 5167-1, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 1: General principles and requirements
- ISO 5167-2, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 2: Orifice plates
- ISO 5167-3, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 3: Nozzles and Venturi nozzles
- ISO 5167-4, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 4: Venturi tubes
- ISO/TR 15916:2004, Basic considerations for the safety of hydrogen systems
- ISO/IEC Guide 98-3:1998, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement(GUM:1995)
- FCTESTNET, Fuel Cells Glossary, EUR22295 EN(June 2006)
- USFCC 05-014B, Single Cell Test Protocol, May 1, 2006
- USFCC 04-003, Protocol on Fuel Cell Component Testing – Primer for Generating Test Plans
- USFCC 04-007, Protocol on Fuel Cell Component Testing
- USFCC 04-011, Fuel Cell Test Station Requirements and Verification Procedure
- USFCC 05-002, Protocol on Fuel Cell Component Testing: Suggested Test Plan
- FCTESTNET, PEFC, Test procedures, DRAFT Version1.0, June, 2006
- JARI Standard Single Cell Testing Protocol, JARI Research Journal, Vol.28, No.7, p247-252 , 2006
- Fuel Cell Handbook(7'h Ed.) , EG&G Technical Services, US DOE Report, 2004
- TAYLOR, B. N., and KUYATT, C. E. , 1994, “ Guidelines for Evaluating and

Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results," National Institute of Standards and Technology, NIST Technical Note 1297

正字標記簡介

正字標記驗證制度係為推行中華民國國家標準，自民國 40 年起實施的產品驗證制度，是依據「標準法」及「正字標記管理規則」之規定，為落實國家標準的實施而辦理的產品驗證標記。藉由正字標記之核發，可彰顯產品品質符合國家標準，且其生產製造工廠採用之品質管理系統，亦符合相關規定。生產廠商藉正字標記之信譽，可爭取顧客信賴以拓展市場，消費者亦可經由辨識正字標記圖式，簡易地購得合宜的優良產品，權益因此獲得保障。



由中華民國國家標準之英文代號「CNS」及中文符號「」組成

正字標記核准要件

- 工廠品質管理經評鑑取得標準檢驗局指定品管制度之認可登錄。
- 產品經檢驗符合國家標準。

申請正字標記的益處

■ 提升廠商競爭力

藉由正字標記信譽，爭取顧客信賴以拓展市場；透過與國外驗證標記之相互承認，促進正字標記國際化，進而掌握商機及拓展國內外市場，增加產業競爭力。

■ 品牌加值行銷

在邁入品牌行銷的世代，產品品質符合國家標準是塑造獨有品牌專業形象的重要指標，也是企業奠定品牌知名度的基礎，以及追求永續穩定發展的最佳保證。取得正字標記，不僅可以提升您的產品形象，還可以加值行銷您的品牌價值，打造品牌屹立不搖的專業磐石。

■ 擴展宣傳管道

正字標記每年規劃系列推廣活動、標章教學、媒體廣告、記者會、文宣等，維持及增進和採購人員及社會大眾間的交流，讓正字標記成爲消費者與採購單位的信賴指標。因此當廠商產品取得正字標記後，在其產品或包裝上印製正字標記的圖式，即可讓品牌達到加乘效果，更易獲取顧客信賴，增加廠商產品之市場競爭力。

本局正字標記推廣宣導網站，提供取得正字標記的產品進行「產品訊息上架」，讓消費者及採購單位進行查詢、指定購買，免費提供正字標記產品宣傳的通路。

■ 政府採購利基

行政院公共工程委員會於 95 年 11 月發函通知各政府機關表示：「正字標記係我國推行國家標準品質保證之驗證標記，爲促進政府採購與公共工程品質之提升，本會鼓勵各機關以正字標記加註同等品作爲規格標示。本會 91 年 1 月 29 日工程企字第 09200044060 號函已明示『各機關如使用正字標記產品，其就該產品已依規定辦理之檢驗事項，機關得免重行檢驗。』」。

採購規格指定爲正字標記產品，可保障採購規格之妥善、週延性，驗收時只需查驗生產廠商所送交之產品是否具有正字標記證書即可，亦毋須逐項檢驗，可減少產品送驗之人力、物力、財力和時間。

相關資訊 Information

正字標記推廣網站 (<http://www.cnsmark.org.tw>)

正字標記查詢系統 (<http://cnsmark.bsmi.gov.tw>)

經濟部標準檢驗局 (<http://www.bsmi.gov.tw>)
