



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：其他活動)

建置節約能源、再生能源與前瞻能源產業產品標準、檢
測技術及驗證平台先期研究及導入計畫子計畫 5
「赴美國學習太陽光電產品標準、檢測技術及驗證制度」
出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局
姓名職稱：職 稱：技士/技士
姓 名：郭啟田/蔡宗傑
派赴國家：美國
出國期間：中華民國 98 年 04 月 11 日
至 04 月 22 日
報告日期：中華民國 98 年 07 月 01 日

行政院研考會/省(市)研考會 編號欄

「赴美國學習太陽光電產品標準、檢測技術及驗證制度」出國報告

壹、目的：

由於世界各國對於能源的需求與日俱增，而傳統能源(如：原油、煤礦等)的供應卻已日漸耗竭，且傳統能源的使用所產生的環境破壞，已為世人所垢病，所以近年來綠色能源之研發及使用已成時下當紅且最具有未來發展之產業，我國產業界對此洪流不僅無法置之度外，更應積極投入。太陽光電模組正是綠能產業中相當重要的一環，因太陽能可說是取之不盡用之不竭，只要原物料”矽晶”之產能可以提昇，相信太陽光電模組等相關產業將會是成為我國產業的明日之星。有鑑於此，就本局已規劃並已於今(98)年開始執行建置能源產業產品之標準、檢測技術及驗證平台之四年科專計畫，並在行政院國家科學委員會之支持下，由 97 年 6 月開始為期一年之先期研究及導入計畫(科發計畫)，該計畫之主要架構共函蓋 6 項能源產品之研究，其中一項便是太陽光電產業產品(太陽光電模組)。目的在於研究及規劃太陽光電模組之產業現況、標準、檢測技術及驗證制度，以利四年科專計畫能源順利展開，為此特規劃赴美國 UL 公司(實驗室)學習太陽光電模組之檢測技術及驗證制度。

貳、過程：

本次研修主要單位為美國 UL 公司(Underwriters Laboratories Corp.)，是全球相當知名的產品驗證公司，且全球許多國家均有其之分之機構(台灣亦有：優力國際安全認證有限公司)，其產品驗證之驗證標誌(UL mark)亦是相當重要且知名的驗證標誌。該公司之成立宗旨是「成就公眾安全和環境安全」，且是美國產品安全標準的創始者，其業務包括產品(材料、成品、防火…等)之標準制定(UL 標準)、檢測及驗證。UL 早在 80 年代初期即開始從事太陽能光電(Photovoltaic)產品的標準研究，並於 1986 年起陸續推出太陽光電產品相關標準：UL1703 和 UL1741，其中 UL1703 為平板太陽光電模組的安全，且該標準內容之許多試驗及要求均成為 IEC61730-1 及 61730-2 標準中的試驗及要求項目、UL1741 則為太陽發電系統用變流器和電源轉換器及連接設備至供電系統的安全標準，現國際電工委員會(IEC)正依此標準為藍圖制定新的標準(IEC62109)。該公司對於太陽光電模組(Photovoltaic module，以下簡稱”PVM”)之安全標準及檢測技術有相當的經驗及主導性，對本計畫之執行有相當大的幫助。

此次赴美國訓練行程，除至 UL 公司學習 UL1703「平板太陽光電模組安全規範」外，並簡介 IEC61215、IEC61646 及 IEC61730-1/-2 等標準內容，及分析 IEC 標準與 UL1703 之差異點；另參訪位於科羅拉多州的美國國家再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory，簡稱 NREL)，並至位於伊利諾州之 UL 總部參訪防火測試實驗室，為期 12 天(98 年 4 月 11 日至 4 月 22 日)，研修內容主要為：學習 UL1703 標準內容、檢測技術及檢測設備之規範及規劃、另至 UL 總部參訪並瞭解有關材料之防火特性之測試設備，其中包太陽光電模組適用之 UL790(屋頂防火測試)標準之測試設備；並至 NREL 參訪太陽光電及風力發電之研究室，瞭解太陽光電標準件校正及追溯之技術，惟當日因暴風雪之故致使該研究室下午開始停止上班，行程僅能完成有關太陽光電之部份，缺少了風力發電之部分，甚為可惜。研習內容簡述如下：

一、 UL 太陽光電產品驗證申請流程：

UL 對於太陽光電模組之驗證流程如圖 1 所示，分為兩個程序並分別收費，首先是結構審核，主要是依據申請者所提出之主要零組件及樣品判定所用之材料及結構是否符合標準要求；再者是列名評估，其中又包含了產品檢測(依據 UL1703 標準)及工廠檢查等兩部分，當兩均通過時，申請者便可取得使用 UL 標籤的授權，並依規定購買/準備標籤，如此才完成全部驗證流程；往後每年 UL 公司將會定期(每季一次)執行工廠檢查，但實際執行日期並不會通知受檢廠家(突擊式檢查)。

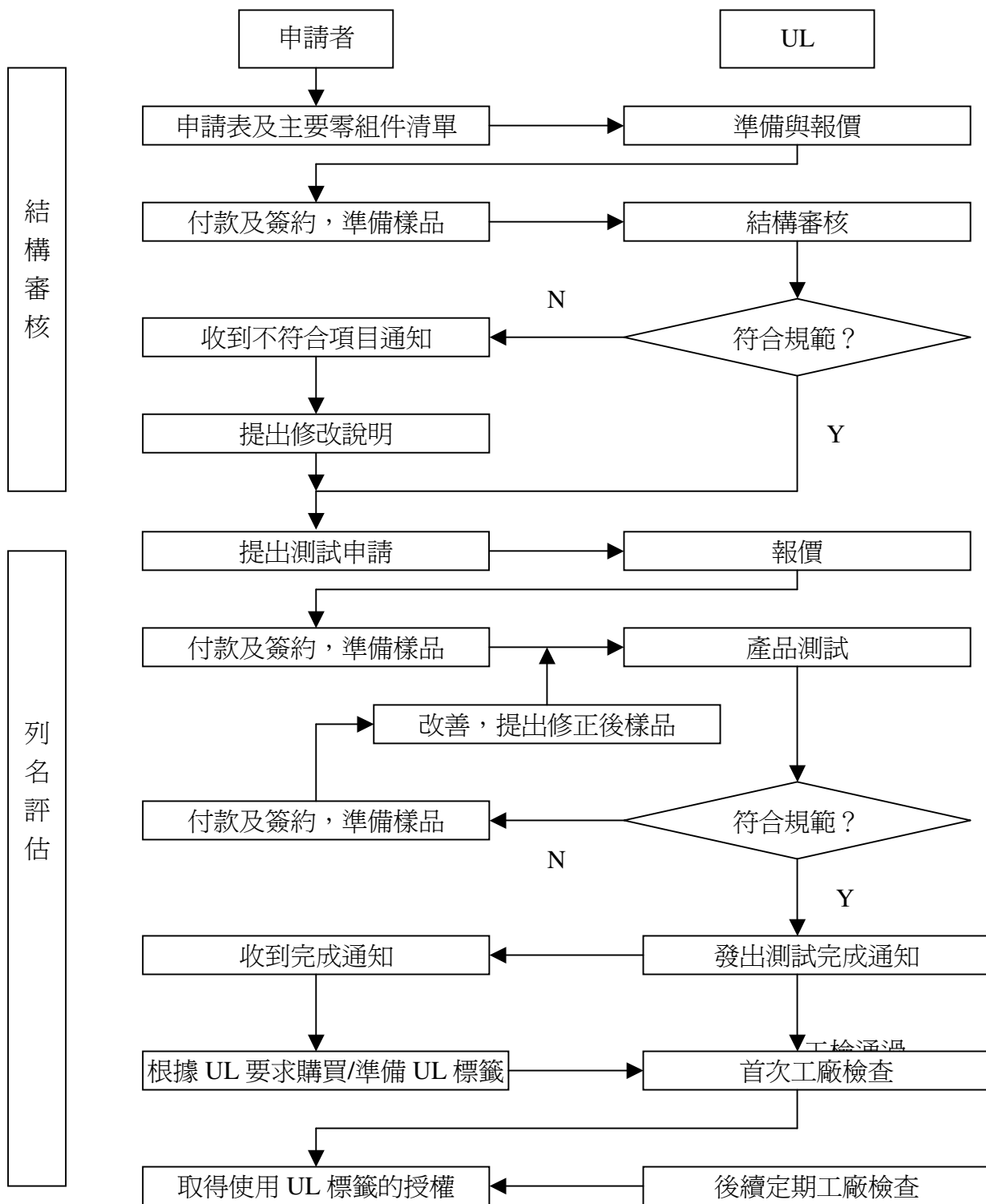


圖 1：UL 太陽光電產品認證申請流程

二、UL 對太陽光電模組之安全要求簡介：

(一) 測試環境要求：

UL 目前對於太陽光電模組之測試環境要求，主要是依照各測試標準(Test Standards)上對於量測模組時之相關規定。若測試標準沒有規定時，則需依照下表之要求來進行相關檢測。

表 1【UL 對於太陽光電模組之測試環境要求】

Temperature (<i>recommendation, not a requirement</i>)	23 degrees C (± 5 degrees C)
Humidity (<i>recommendation, not a requirement</i>)	50%RH ($\pm 20\%$)
*Required Parameters for : 120V 60Hz to 20A, 240V 60Hz to 15A, 230V 50Hz to 16A	
Nominal Voltage:	+/-3%
Nominal Frequency:	+/-2%
Total Harmonic Distortion:	5%max

(二) 測試耗材要求：

表 2【UL 對於太陽光電模組之測試耗材要求】

項次	耗 材 項 目	規 格 要 求
1	銅箔、鋁箔	導電即可
2	宣紙、紗布	向 UL 購買
3	熱電偶膠	Hankel Sicomet 99
4	灑水頭	向 UL 購買
5	熱電偶	J type, Class II, AWG#30, min :1m, 接頭:熔接
6	松木	19.1mm 厚
7	介面活性溶液	最大阻抗：35 ohm-meter，溫度：22 \pm 3 $^{\circ}$ C 最大表面張力：0.03N/m

(三) 聚合物材料應用在太陽光電模組的安規要求：

1. 聚合物的分類：熱塑性(Thermoplastic)、熱固性(Thermosetting)、彈性(Elastic)及複合材料(Composite)。
2. 聚合物材料安規的相關要求條文：
 - (1) 危險元件的外殼(如：接線盒外殼等)的要求：
 - a) Flammability；
 - b) Ultraviolet light exposure；
 - c) Water exposure and immersion，及
 - d) Hot-wire ignition(HWI)。
 - (2) 支撐或是絕緣帶電體的材料(包括灌膠)的要求：
 - a) 燃燒性的要求：燃燒等級(UL94 HB、V-2、V-1 或 V-0)之要求、High-current arc ignition, PLC 之要求。

- b) 絕緣性的要求：Comparative Tracking Index 等級 2 或更好($\leq 600V$)及 Inclined Plane Tracking($600V < \text{system voltage} \leq 1000V$)。
- c) 耐候性的要求。
- (3) 頂板底板與其他材料 RTI：
 - b) 頂板與底板：Long Term Property Evaluations, UL 746B, not less than 90°C (194°F). In addition, the thermal index shall not be less than 20°C (36°F) above the measured operating temperature of the material.
 - c) 其他材料：The thermal index shall not be less than 20°C (36°F) above the measured operating temperature of the material.
- (4) 產品外殼(Outer Enclosure)：ASTM162 或 UL790。
- (5) Barrier or Liner：The barrier or liner shall be held in place and shall not be adversely affected to the extent that its necessary properties may fall below the minimum acceptable values for the application.
- (6) Subject 5703 Backsheet：決定 PV Backsheet 材質之最大額定操作溫度；在溫度耐久評估程序必須評估：tensile strength, peel strength and dielectric strength。
- (7) CPV(聚光型模組) Special concerns：To protect against potential fires, polymeric material located within focal areas shall not be used in volumes exceeding 4cc.

(四) UL1703(Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels)標準簡介：

1. 標準沿革：

UL 公司於 1986 年推出 UL1703 標準第一版(草案於 1982 年推出)，現行版為 2002 年版，其為平板式太陽光電模組(並不分矽晶型或薄膜型，但不適用於聚光型)之安全要求標準，爾後制定及公告之 IEC61730-1/2 標準內容有許多測試方法及要求均引用自本標準。為考量國際標準的一致性，未來 UL1703 標準將與 IEC61730-1/-2 標準整合成爲 UL61730-1/-2(2009 年推出 UL61730-1/-2 草案)，其內容爲 IEC61730-1/-2 爲主體，加上 UL1703 標準之差異部分，並有部分新增的測試規範(Crush Resistance Test)。

2. 標準內容及其測試：

- (1) 試用範圍：本標準適用於系統電壓小於 1000V 之安裝在建築或與建築物整合爲一體的平板型太陽光電模組，也適用於獨立式應用的太陽光電模組；本標準並不適用於：變流器、電池、太陽追蹤器、聚光型模組及光電熱結合應用的模組。
- (2) 構造要求：UL1703 標準之第二部分(6-17 章節)爲產品之構造要求，主要是規範產品本身之基本的安全架構造，其中如：
 - a) 聚合物之要求：易燃性、紫外線曝曬、暴露或浸沒在水中及熱線引燃(Hot-wire ignition(HWI))等要求；
 - b) 載流部件及內部導線之機械強度及電流承載量的要求；
 - c) 導線路徑必須光滑無銳邊、毛刺等；
 - d) 適當的连接方式及工具；

- e) 接地連續性的要求；
- f) 沿間距離及空間距離等絕緣空間的要求；
- g) 導線之連線間隔之空間要求等；
- h) 耐腐蝕性的要求；
- i) 非絕緣導電部的可接觸性的要求；
- j) 耐火性能的要求；
- k) 上蓋板的要求。

(3) 測試項目及流程：測試項目如表 3，試驗測試程序及所需樣品如圖 2 所示。

表 3【UL 1703 太陽光電模組測試項目】

Section	Test name
19	Temperature test 溫度測試
20	Voltage and current measurements test 電壓電流功率測試
21	Leakage current test 漏電流測試
22	Strain relief test 應變釋放測試
23	Push test 受力測試
24	Cut test 抗劃傷測試
25	Bonding path resistance test 接地測試
26	Dielectric voltage-withstand test 耐電壓測試
27	Wet insulation-resistance test 濕絕緣電阻測試
28	Reverse current overload test 反向電流超載測試
29	Terminal torque test 端子扭力測試
30	Impact test 衝擊測試
31	Fire test 防火測試
33	Water spray test 灑水測試
34	Accelerated aging test 加速老化測試
35	Temperature cycling test 熱循環測試
36	Humidity test 濕冷凍測試
37	Corrosive atmosphere test 腐蝕環境測試
38	Metallic coating thickness test 金屬塗層厚度測試
39	Hot-spot endurance test 熱斑耐久測試
40	Arcing test 起電弧測試
41	Mechanical loading test 機械負荷測試
42	Wiring compartment securement test 接線盒密合性測試

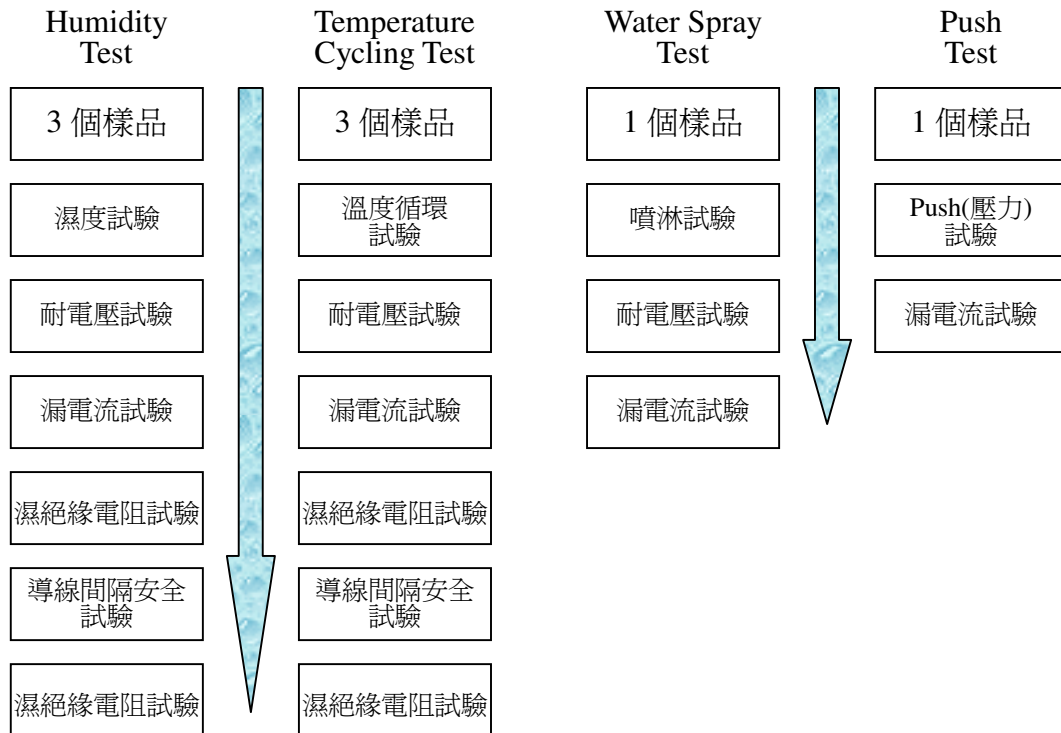


圖 2：測試流程及樣品數示意圖

說明：依據每一個測試項目的目的類型(環境測試、電性量測、機械測試、安全測試、照射測試、診斷量測)加以分類，可區分為下列各項：

環境測試：UL1703-19 高溫測試、UL1703-34 加速老化測試、UL1703-35 溫度循環測試、UL1703-36 濕冷凍測試、UL1703-37 氣體腐蝕測試

電性量測：UL1703-27 濕絕緣電阻測試、UL1703-20 電壓電流量測試、UL1703-21 洩漏電流測試、UL1703-25 接合路徑電阻測試

機械測試：UL1703-22 線扣拉力測試、UL1703-23 推擠測試、UL1703-24 切割測試、UL1703-29 端子扭矩測試、UL1703-30 衝擊測試、UL1703-41 機械負荷試驗、UL1703-42 佈線穩定性測試

安全測試：UL1703-26 耐電壓測試、UL1703-28 反向電流過載試驗、UL1703-31 防火測試、UL1703-33 灑水測試、UL1703-40 電弧試驗

照射測試：UL1703-39 熱斑耐久試驗

診斷量測：UL1703-38 金屬塗層厚度試驗

(4) 各項試驗測試目的說明：UL1703 的太陽能電池的測試項目共有 23 項測試，將其試驗條件的測試目的加以說明整理介紹：

a) UL 1703-19 Temperature test(高溫測試)

當裝備在電源開路中應用的太陽能電池達到熱平衡，反向電壓及短路電流造成局部區域的加熱在任何部位都不能所規定的溫度。

b) UL 1703-20 Voltage and current measurements test(電壓電流測試)

在標準試驗條件(STC)或標準操作溫度(NOCT)下量測短路電流(Isc)、

- 額定電流(Ir)、最大功率(Pmax)和開路電壓(Voc)是否在額定值內的±10%內。
- c) UL 1703-21 Leakage current test(洩漏電流測試)
試驗太陽能電池在最大系統電壓大於 30V 時，其洩漏電流不可大於規定範圍
 - d) UL 1703-22 Strain relief test(線扣拉力測試)
針對用於外部的導線及電纜，或產品兩個末端之間的導線與電纜，進行任何方向的拉力試驗，並判定其試驗結果不可對太陽能電池的導線、電纜或連接方式造成傷害。
 - e) UL 1703-23 Push test(推擠測試)
針對太陽能電池的任意端點進行壓力試驗，試驗過程不可產生火災、電擊、或者傷害到他人的危險。
 - f) UL 1703-24 Cut test(切割測試)
太陽能電池測試是否可承受鋒利的物體在其上面滑過，而且不會造成相關傷害。
 - g) UL 1703-25 Bonding path resistance test(接合路徑電阻測試)
量測接地線端、導線或任何導電部分的導通電阻(低電阻)
 - h) UL 1703-26 Dielectric voltage-withstand test(耐電壓測試)
在絕緣表面或兩個導電部分的間距端施加直流高壓，觀看外觀是否會電弧或發生火花
 - i) UL 1703-27 Wet insulation-resistance test(濕絕緣電阻測試)
量測太陽能電池的表面絕緣電阻值，其值不可低於規定範圍
 - j) UL 1703-28 Reverse current overload test(反向電流超載試驗)
太陽能電池施加大於電池板元件保險絲額定電流的長時間反向電流，並檢查是否出現火焰或碳化現象。
 - k) UL 1703-29 Terminal torque test(端子扭矩測試)
測試太陽能電池固定接線端的螺絲釘或者螺母是否可承受一定週期的擰緊和鬆弛試驗，並且確認試驗中不能夠出現接線端承重部位損害，或電路接觸到金屬而造成電流短路。
 - l) UL 1703-30 Impact test(衝擊測試)
針對所指定的太陽能電池的聚合物材料與上表層材料進行相關重力衝擊試驗，檢查試驗後的破損，試驗溫度條件：25°C、-35°C。
 - m) UL 1703-31 Fire test(防火測試)
當太陽能電池板用於裝配在屋頂之上時，用於安裝在屋頂上面或是作為建築物屋頂結構的一部分時，應該按照屋頂覆蓋材料耐火性試驗-UL790 進行火焰蔓延試驗，並檢查是否有物質從測試面板上掉落。
 - n) UL 1703-33 Water spray test(灑水測試)
太陽能電池進行灑水試驗，試驗非絕緣活動部分上不能導致有水，或是有水集中在有活動部分的間隔處，試驗後需再進行絕緣體耐電壓實驗及洩漏電流試驗。
 - o) UL 1703-34 Accelerated aging test(加速老化測試)

針對墊圈、密封圈..等材料(不包含軟木塞、纖維材料和相似的材料)進行加速老化測試，經過加速老化試驗後不能變形、熔化或是硬化到影響到其密封性能。

p) UL 1703-35 Temperature cycling test(溫度循環測試)

太陽能電池經過 200 次溫度循環測試後，試驗電池的電流流續性是否正常，是否發生洩漏電流以及絕緣電阻降低的現象。

試驗條件： $-40\pm 1^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 90\pm 1^{\circ}\text{C}$

駐留時間：最多 1.75 hr，最少 0.5hr(表面溫度 30min 有到即可)

溫度變化率：最大 $120^{\circ}\text{C}/\text{h}$

循環數：200 cycle

試驗要求：監視記錄太陽能電池表面溫度

q) UL 1703-36 Humidity test(濕冷凍測試)

太陽能電池進行 10 次濕冷凍測試循環後，檢查其電流連續性是否正常，絕緣電阻是否低於標準值，是否發生腐蝕現象。

試驗條件： $85^{\circ}\text{C} 85\pm 2.5\%$ (至少 20h) $\leftrightarrow -40^{\circ}\text{C}$ (0.5h~4h)

溫度變化率：常溫 \rightarrow 高溫 \rightarrow 常溫：最大 $120^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ ，常溫 \rightarrow 低溫

\rightarrow 常溫：最大 $200^{\circ}\text{C}/\text{hr}$

循環數：10 cycle

試驗要求：監視記錄太陽能電池表面溫度

r) UL 1703-37 Corrosive atmosphere test(氣體腐蝕測試)

太陽能電池進行氣體腐蝕測試，其包含了鹽水噴霧試驗、二氧化硫試驗兩個測試，試驗鍍層是否發生破壞以及鋼材是否形成腐蝕。

s) UL 1703-38 Metallic coating thickness test(金屬塗層厚度試驗)

計算太陽能電池金屬覆蓋層的厚度

t) UL 1703-39 Hot-spot endurance test(熱斑耐久試驗)

太陽能電池測試是否可承受間歇性類比反向電壓，並確認是否會發生局部加熱、電擊、焊料熔化、起火..等危險性。

u) UL 1703-40 Arcing test(電弧試驗)

在規範所要求的電弧試驗區域進行電弧測試

v) UL 1703-41 Mechanical loading test(機械負荷試驗)

太陽能電池板和安裝在電池板上的硬體承受指定荷載一段時間，並確認沒有明顯的結構和機械上的損害。

w) UL 1703-42 Wiring Compartment Securement Test(佈線穩定性測試)

將用粘合劑連接在太陽能電池模組上接線盒的元件進行拉力試驗

三、IEC61215 標準簡介：

(一) 測試順序：IEC61215 其測試順序如圖 3 所示：

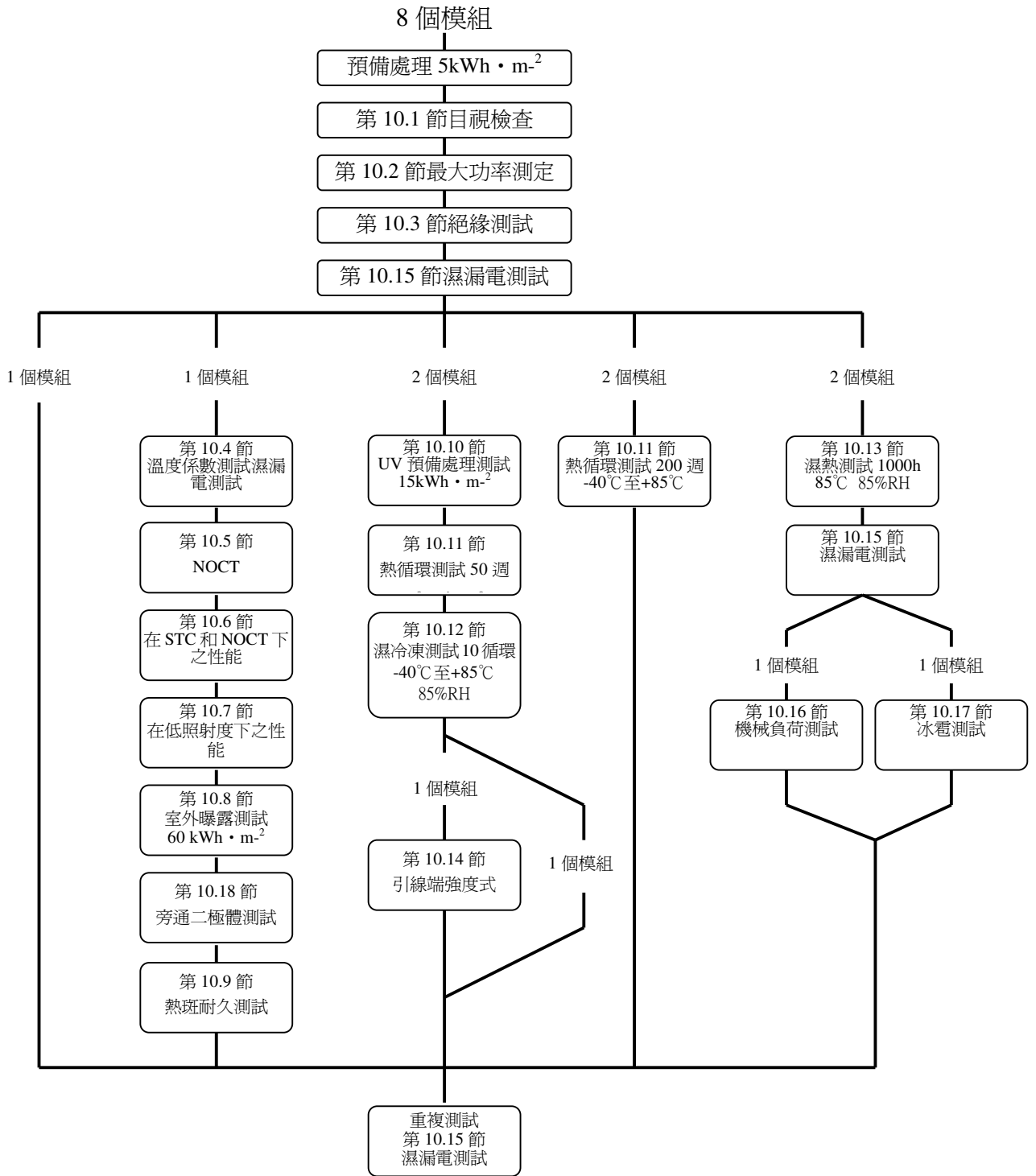


圖 3 : IEC61215 標準順序

(三) 合格標準：

1. 最大輸出功率之減少，在每一個測試後不超過預設之限度，或在每一個測試順序後不超過 8%。
2. 在測試時，沒有樣品顯示出任何開路狀態。
3. 沒有如第七節所述之主要目視缺陷。
 - (1) 外部表面破損、破裂、或損傷包括面材、基材、框架和接線盒。
 - (2) 外部表面包括面材、基材、框架和接線盒彎曲或變形會損害模組的安裝和/或操作之程度。
 - (3) 在某個電池的一條裂紋，其延伸可能導致模組減少該電池面積 10%以上。
 - (4) 在模組之邊緣和何一部分電路之間形成連續之氣泡和脫層通道。
 - (5) 喪失機械整體性，導致會損害模組的安裝和/或操作之程度。
4. 在測試後，符合絕緣測試要求。
5. 在每一個測試順序之開始和結束，以及在濕熱測試之後，符合漏電流測試要求。
6. 符合個別測試之特定要求。

(四) 試驗項目說明：

1.最大功率測定(Maximum power determinations)

(1)目的

在各種環境測試之前與之後，測定模組輸出之最大功率。

(2)設備

- (a) 試驗所需光源(天然陽光或根據CNS 13059-9 之B級或更佳之太陽光模擬器)。
- (b) 根據CNS 13059-2 或CNS 13059-6 之基準太陽電池。若使用B級模擬器，則基準電池應與測試樣品大小一樣，且具有相同電池技術(以確保光譜反應相符)。
- (c) 與光源光束垂直平面上，提供測試樣品與基準電池安裝之支架。
- (d) 能偵測測試樣品與基準電池溫度至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之精確度與 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之重複性之設備。
- (e) 能測定測試樣品與基準電池之電流讀數至 $\pm 0.2\%$ 之精確度之設備。
- (f) 能測定測試樣品與基準電池之電壓讀數至 $\pm 0.2\%$ 之精確度之設備。

(3)程序

使用天然陽光或符合CNS 13059-9所述之B級或更佳之模擬器，在特定之照射度與溫度之情況下(建議電池之溫度範圍為 25°C 至 50°C 之間，且照射度範圍為 700 W/m^2 至 1100 W/m^2 之間)，根據CNS 13059-1所述來測定模組之電流－電壓之特性。

在特殊情況下，若模組是設計在不同範圍之情況下操作，則可使用類似於預期之操作情況的溫度和照射度水準來測定電流－電壓之特性。最大功率測量之重複性應優於±1%。

備考：在每一次測量測試模組時，使用基準電池來做檢查。

3.絕緣測試

(1)目的

欲測定模組中之載流零件與模組邊框或外部環境之間是否有良好之電氣絕緣。

(2)設備

(a) 能根據第10.3.4(c)項所述程序提供500 V 或1000 V 加上模組最大系統電壓之兩倍之電壓，且具限流之直流電源。

(b) 能測量絕緣電阻之儀器。

(3)測試條件

測試模組需能在一般環境之周圍溫度(見IEC 60068-1)與相對濕度低於75%下進行。

(4)程序

(a) 將模組輸出接線端短路後接至有限流裝置之直流絕緣測試儀器之正極端。

(b) 將模組曝露之金屬零件接至測試儀器之負極。若模組沒有框架或框架是不良導體時，則用銅箔將模組沿著其邊緣包到後面。接著，將銅箔接至測試儀器之負極端。

(c) 將測試儀器以不超過500 V/sec 之速率增加測試電壓至1000 V加上兩倍最大系統電壓(即模組上標示之最大系統電壓)。若最大系統電壓不超過50V，則施加電壓需為500 V，並將此電壓維持1分鐘。

(d) 接著將施加電壓降至零，並將測試設備之接線端短路，以釋出累積在模組內的電荷。

(e) 移除接線端之短路。

(f) 由測試設備以不超過500V/sec之速率增加電壓至500V或模組之最大系統電壓(以較大者為準)，將電壓維持在此位準上2分鐘後，測定絕緣電阻。

(g) 將施加電壓降至零，並將測試設備之接線端短路，以釋出累積在模組內之電荷。

(h) 移除電線端之短路，並拆下模組上之測試設備。

備考：若模組無金屬框架亦無玻璃面材，則應如(b)項所述將金屬板放在模組前面，然後再重複實施絕緣測試。

(5)測試符合要求

所需之符合要求如下：

- 在步驟(c)中，無絕緣擊穿或表面電弧痕跡；
- 若模組面積小於 0.1 m^2 則絕緣電阻不得低於 $400 \text{ M}\Omega$ ；
- 若模組面積大於 0.1 m^2 則所測得的絕緣電阻乘以模組之面積不得低於 $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。

4.溫度係數測量

(1)目的

測量PV模組電流(α)、電壓(β)與最大功率(δ)之溫度係數。這些係數僅在測量時之照射度下是有效。關於在不同照射度位準下，模組溫度係數之評估，可參考CNS 13059-10。

(2)設備：

- (a) 隨後測試使用之型式之光源(天然陽光或根據CNS 13059-9 之B 級或更佳之太陽光模擬器)。
- (b) 具有已知之短路電流與照射度特性之PV基準電池，其特性是根據CNS13059-2 使用絕對輻射計做校正而測得；
- (c) 能在所需之範圍內改變測試樣品之溫度之任何設備；
- (d) 在與照射光束垂直之平面上，提供測試樣品與基準電池安裝之支架。
- (e) 能監測測試樣品與基準電池之溫度至 $\pm 1^\circ\text{C}$ 精確度，和 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 之重複性之設備。
- (f) 能測定測試樣品與基準電池之電流、電壓讀數至 $\pm 0.2\%$ 精確度之設備。

(3)程序

- (a) 根據CNS 13059-1，在室溫下和所需要之照射度下測定模組之短路電流。
- (b) 將測試模組架設在用來改變溫度之設備上。將PV 基準電池裝到光束模擬器照射範圍內，並接上量測電氣之儀錶。
- (c) 設定照射度以便測試模組能產生項目(a)內所測得之短路電流。使用PV 基準電池以便在整個測試過程中維持此照射度設定。
- (d) 加熱或冷卻模組至所要之溫度。當模組達到所要之溫度時，測量 I_{sc} 、 V_{oc} 及 P_{max} 。在至少 30°C 之溫度範圍內，以約 5°C 差異改變模組之溫度，並重複測量 I_{sc} 、 V_{oc} 及 P_{max} 。

備考：可在每一個溫度下測量完整之電流－電壓之特性，以測定溫度改變對於最大功率下之電壓與最大功率下之電流之影響。

(4)溫度係數之計算

- (a) 以 I_{sc} 、 V_{oc} 及 P_{max} 之值對溫度作圖，並由每一組數據畫出最小平方曲線。
- (b) 由 I_{sc} 、 V_{oc} 及 P_{max} 之最小平方直線之斜率，計算模組的 α :短路電流之溫度係數， β :開路之電壓之溫度係數，與 δ : P_{max} 之溫度係數。

5. 標稱操作電池溫度(NOCT)之測量

(1) 目的

測定模組之NOCT。

(2) 簡介

NOCT 之定義為在下列標準參考環境(SRE)下，開架式安裝模組之太陽電池之平衡平均接面溫度：

- 傾斜角度：與水平成45 度
- 總照射度：800 W·m⁻²
- 周圍溫度：20℃
- 風速：1 m·s⁻¹
- 電力負載：無(開路)

NOCT 可被系統設計者用作模組現場操作之參考溫度，因此，在比較不同模組設計之性能時，為很有價值之參數。然而，模組在任何特定時間實際之操作溫度是受到安裝結構、照射度、風速、周圍溫度、天空溫度、與來自地面和周圍物體之反射與放射之影響。為了精確之電氣性能預測，上述因素應加以考慮進去。

(3) 主要方法

◆ 原理：

此方法是在標準參考環境條件範圍內，收集實際測量之電池溫度之數據。此等數據是允許做精確及重複之NOCT 之內插方式呈現。

太陽電池接面溫度(T_J)主要是周圍溫度(T_{amb})、平均風速(V)和入射到模組有效表面之總太陽照射度(G)之函數。溫度差($T_J - T_{amb}$)是與周圍溫度無關，且在400 W·m⁻² 以上與照射度成線性關係。在較適當之風速下，以($T_J - T_{amb}$)對 G 作圖。然後將20℃加至在SRE 和800 W·m⁻²下之($T_J - T_{amb}$)值，並由內插得到NOCT之初步值。最後，將測試期間與平均溫度和風速有關之修正因數加至NOCT 之初步值，以便將其修正至20℃和1 m·s⁻¹。

◆ 設備

(a) 一個以特定方式固定測試模組與全天空輻射計之開放式支架。此支架之設計必須對模組的熱傳導最小，以及儘量不會干擾到其前後表面之熱輻射；

備考：模組並非設計為開架式安裝，則以製造廠建議之方法安裝。

(b) 全天空輻射計裝在模組測試陣列周圍0.3m內之平面上；

(c) 能測量至 0.25 m·s⁻¹ 之風速及風向之儀器，安裝在模組上方約 0.7m，且在其東方或西方 1.2 m 處；

(d) 一個具有與模組相同或較低時間常數之環境溫度感應器，且安裝在靠近風速感應器，且具有良好通風之遮蔽盒子內；

(e) 電池溫度感應器或IEC 認可之其他能測量電池溫度之設備，焊接或以能導熱之黏著劑黏在靠近每一個測試模組中間之兩片太陽電池

之背面；

- (f) 具有 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之溫度測量精確度之資料擷取系統，以便在5 秒之時間間隔內記錄參數：照射度、周圍溫度、電池溫度、風速、風向。

◆ 測試模組之安裝

傾斜角度：測試模組應安裝與水平面呈 $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ，且其前側朝向赤道。

高度：測試模組之底側需高於當地水平表面或地面上方0.6 m 或更高的地方。

結構：爲了模擬安裝於陣列內模組之熱邊界條件，測試模組應裝在一個平面組列內，該平面組列在試驗模組平面之各個方向上至少延伸出0.6 m。對於自行站立之開架式安裝模組，應該用黑色鋁板或其他同樣設計之模組來填充平面組列之剩餘表面。

周圍區域：在當地中午前後4 小時期間內，不得有阻礙物妨礙到測試模組之全照射度。模組周圍之地面不得有異常之太陽光反射，且應平坦，且在測試架之所有方向上不得有傾斜之情況。現場周圍區域若有草、其他植物、黑色瀝青或廢棄物是可被接受的。

◆ 程序

- (a) 如規定要求，安裝設備與測試模組。確認測試模組是開路狀態。
- (b) 在風速不大且晴朗、有陽光之適當日子裡，以時間爲函數，記錄電池溫度、周圍溫度、照射度、風速及風向。
- (c) 剔除在下述情況下所記錄數據：
- 照射度低於 $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ；
 - 在照射度之最大值與最小值之變化超過10%後之10 分鐘內所記錄之值；
 - 風速超出 $1 \pm 0.75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 範圍之外；
 - 周圍溫度超出 $(20 \pm 15)^{\circ}\text{C}$ 範圍之外，或在收集數據一個回合內溫度之最大值與最小值變化超過 5°C ；
 - 在風速超過 $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 後10 分鐘期間內；
 - 風向在東或西 $\pm 20^{\circ}$ 範圍內。
- (d) 選擇涵蓋至少 $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 照射度範圍之至少10個合格數據點，並確認這些點是在中午前後所取得，然後以 $(T_J - T_{amb})$ 爲照射度之函數作圖。使用回歸分析來放置數據點。
- (e) 測定在 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 下 $(T_J - T_{amb})$ 之值，且加上 20°C 以獲得NOCT 初值。
- (f) 計算與合格數據點相關之平均周圍溫度， T_{amb} ，及平均風速： V ，且由標準圖2 選取適當之修正因數。
- (g) 將修正因數加至NOCT 之初值，以修正至 20°C 和 $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此總合即爲模組之NOCT。
- (h) 在另外兩天重複整個程序，並將得到3個NOCT值加以平均，即可得到測試模組之NOCT值。

6.在 STC 和 NOCT 下之性能

(1)目的

在STC($1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, 25°C 太陽電池溫度, 且具有CNS 13059-3 之參考太陽光譜照射度分布)與NOCT下, 及在 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 之照射度並具有CNS 13059-3之參考太陽光譜照射度分布條件下, 測定模組隨負荷變化之電氣性能。

(2)設備

- (a) 照射光源(天然陽光或根據CNS 13059-9 之B級或更佳之太陽光模擬器)。
- (b) 根據CNS 13059-2 或CNS 13059-6 之PV 基準電池(reference device)。若使用B 級模擬器, 則基準電池應與測試樣品之大小一樣且具有相同電池技術(以便與光譜反應吻合)之基準模組。
- (c) 在與照射光束垂直之平面上, 提供測試樣品與基準電池安裝之支架。
- (d) 能監測測試樣品及基準電池之溫度至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 精確度與 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之重複性之設備。
- (e) 能測定測試樣品及基準電池之電流、電壓讀數至 $\pm 0.2\%$ 精確度之設備。
- (f) 能改變測試模組之溫度達所測量之NOCT 溫度之設備。

(3)程序

◆ STC

根據CNS 13059-1, 使用天然陽光或符合CNS 13059-9 之B 級或較佳之模擬器, 將模組維持在 25°C , 測量其在 $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 照射度下(用適當之基準電池所測定)之電流—電壓特性。

◆ NOCT

根據CNS 13059-1, 使用天然陽光或符合CNS 13059-9 之B 級或較佳之模擬器將模組均勻加熱至NOCT 且測量其 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 照射度下(用適當之基準電池所測定)之電流—電壓特性。

若基準電池之光譜與測試模組不吻合, 則使用CNS 13059-7 來計算光譜不吻合之修正。

7.在低照射度下之性能

(1)目的

依據CNS 13059-1 之規定, 在 25°C 和照射度為 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (用適當之基準電池測定)之自然光或符合CNS 13059-9 之B 級或較佳之模擬器, 確定模組隨負荷變化之電性能。

(2)設備

- (a) 輻射源(天然陽光或根據CNS 13059-9 之B 級或更佳之太陽光模擬器)。
- (b) 能改變照射度至 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 且不會影響CNS 13059-10 內所述之相對光譜照射度分布與空間均勻性之設備。

- (c) 符合CNS 13059-2 或CNS 13059-6 規定之PV 基準電池。
- (d) 在與輻射光束垂直之平面上可供測試樣品與基準電池安裝之支架。
- (e) 能偵測測試樣品及基準電池之溫度至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 精確度與 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之重複性之設備。
- (f) 能測定測試樣品及基準電池之電流讀數至 $\pm 0.2\%$ 精確度之設備。
- (g) 能測定測試樣品及基準電池之電壓讀數至 $\pm 0.2\%$ 精確度之設備

(3)程序

依據CNS 13059-1,在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和照射度為 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (用適當之基準電池測試)之自然光或符合CNS 13059-9 之B 級或較佳模擬器,測量模組之電流—電壓特性。

應使用中性濾光器或其他技術來降低照射度至特定位準,且不會影響到光譜照射度分布。(見CNS 13059-10 降低照射度應而不會影響光譜照射度之分布)。

8.室外曝露測試

(1)目的

對於模組曝露於室外情況下之抵抗力做初步評估,並顯示由實驗室測試所無法偵測出之任何劣化影響。

備考:由於測試短暫性及測試條件之環境變異性,故在實施關於模組壽命之測試之絕對判斷時,應特別注意。

(2)設備

- (a) 能測量太陽照射之設備,且其不準度低於 $\pm 5\%$ 。
- (b) 如製造廠所建議之安裝模組之設備,且其與照射測量設備在同一平面上。
- (c) 在標準測試條件(STC)下,能使模組工作於接近最大功率點之負載。

(3)測試程序

- (a) 如製造廠所建議將負荷裝到模組上,且將模組裝到室外,並與照射監測器在同一個平面上。在模組被測試之前,需裝上製造廠所建議之任何熱斑保護裝置。
- (b) IEC 60721-2-1 所規定一般室外氣候條件下,用監測儀器量測,使模組受到之總照射量為 $60 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

(4)最終測量

重複第1項、第2項及第10項之測試。

(5)符合要求

符合要求如下:

- 無主要目視缺陷之跡象;
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的 5% ;
- 絕緣電阻需符合如初步測量之相同要求。

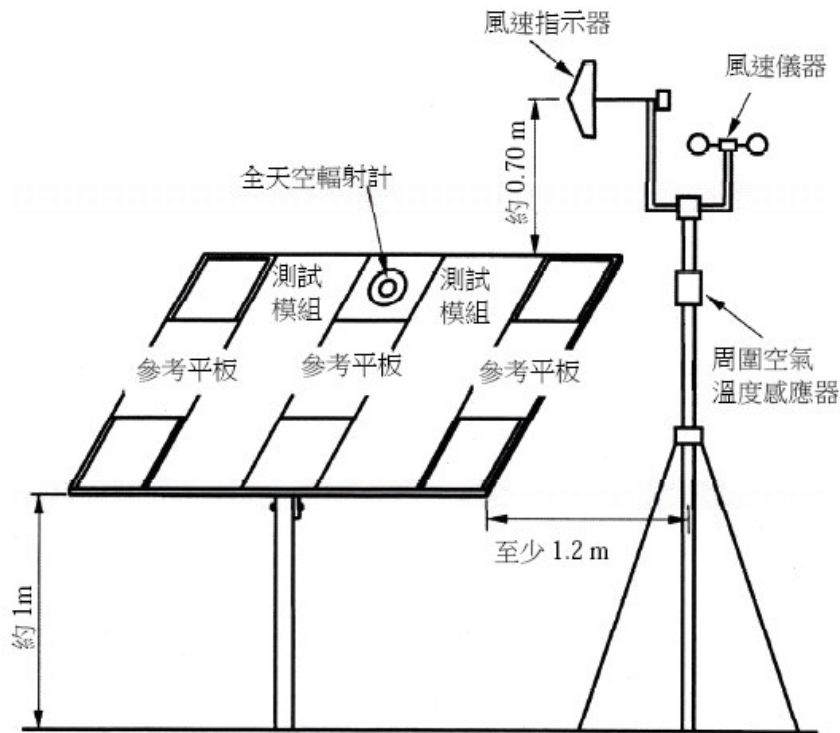


圖4 戶外暴露配置圖

9.熱斑耐久試驗

(1)目的

本測試目的為確定模組承受熱斑加熱效應之能力，例如焊點熔融或封裝材料老化。電池裂紋或不匹配、內部連接失效，局部被遮光或污邊均會引起這種缺陷。

(2)熱斑效應

當模組中之一個電池或一組電池遮光或損壞時，工作電流超過了該電池降低之短路電流，在模組中會發生熱斑加熱。此時受影響之電池或電池組被處於反向偏壓狀態，必定消耗功率，因而引起過熱。

(3)測試程序

- (a) 模組在穩定照射度不低於 700 Wm^{-2} 之照射光源1照射下，用適當溫度偵測器測定最熱之電池；
- (b) 在步驟(a)所規定之光源照度下，輪流完全遮蔽每一個電池，選擇其中一個，當其被遮蔽時，短路電流減少最大。在這一步驟，照射度之變化不超過5%。
- (c) 同樣在步驟(a)所規定之照射度($\pm 3\%$ 以內)，完全擋住選定之電池，檢查模組之短路電流(ISC)是否比步驟(a)所測定之模組最大功率電流(IMP)小。若此情況沒有發生，無法確定是否會在一個電池內產生最大消耗功率。此時，繼續完全擋住所選擇之電池，省略步驟(d)。
- (d) 逐漸減少對所選擇電池之遮光面積，直到模組之ISC 最接近IMP，此時在電池內消耗之功率為最大。
- (e) 用輻射源2 照射模組，記錄ISC 值，保持模組在消耗功率為最大之

狀態，必要時，重新調整遮光，使ISC 維持在特定值。在此情況下，模組溫度應為 $50\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

(f) 維持此情形總曝露時間為5 小時。

(4)最後試驗

重覆第1項，第2項及第3項之試驗。

(5)符合要求

- 無嚴重外觀缺陷：若有嚴重損壞之跡象但未構成主要目視之缺陷時，則對另外2 個電池做測試。若此2 個電池均沒有產生主要目視缺陷，則模組通過熱斑測試；
- 標準測試條件下最大輸出功率之衰減不超過試驗前之5%；
- 絕緣電阻應滿足初始試驗同樣之要求。

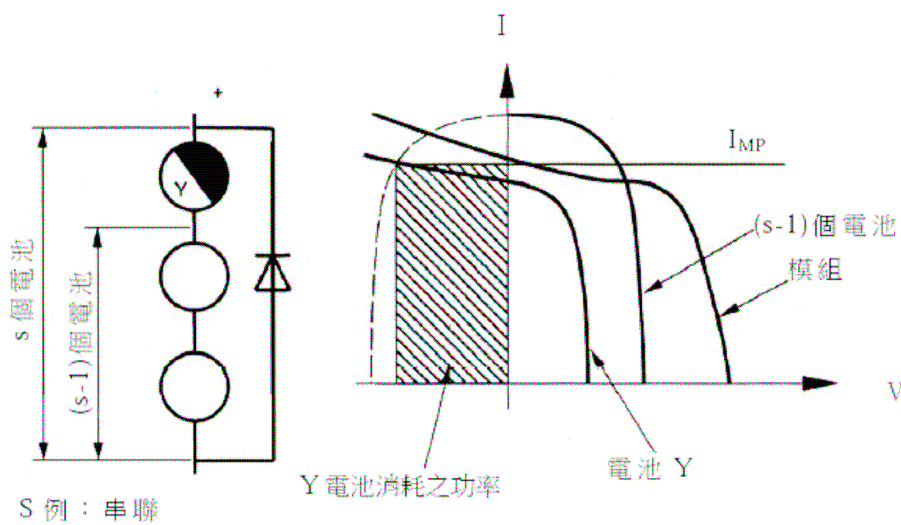


圖5 熱斑效應示意圖

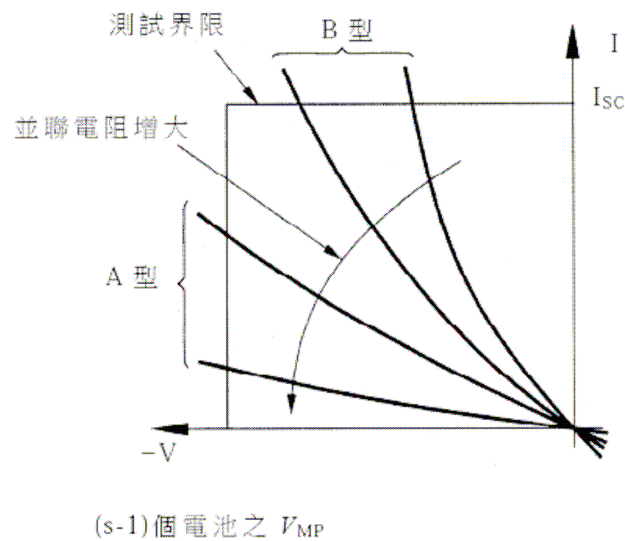


圖6 反向特性

10. UV 前處理測試

(1)目的

在熱循環/濕冷凍測試之前，用紫外線(UV)照射來預先處理模組，以確認可能會產生UV 劣化之材料與黏著鍵結。

(2)設備

- (a) 能控制處於UV光照射之模組溫度之設備。此設備需能將模組溫度維持在 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。
- (b) 能測量及記錄模組溫度至 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 精確度之儀器。溫度感應器需接至靠近中央之模組前方或後方之表面。若同時有一個以上模組在實施測試，則可監測一個有代表性之樣品溫度即可。
- (c) 能測量由UV 光源在模組之測試平面上產生之UV 光照射之儀器，且其波長範圍在280 nm 至320 nm 與320 nm 至385 nm 之間，與具有 $\pm 15\%$ 不準度。
- (d) 一個能產生UV 照射之UV 光源，在模組測試平面上，其照射度應要有 $\pm 15\%$ 均勻性，而在波長低於280 nm 下無明顯之照射度，且能提供第10.10.3 項內所定義之不同光譜區所需之總照射。

(3)程序

- (a) 使用校正過輻射計量測模組測試平面上之照射度，且確保其波長在280 nm 和385 nm 之間，照射度不超過 $250 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (即約自然陽光之5倍)，且其在測試平面上具有 $\pm 15\%$ 均勻性。
- (b) 將開路之模組裝在(a)內所選之位置之測試平面上，且與UV 照射度束垂直。確認模組溫度在 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- (c) 將模組置於 $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ 之總UV 照射值進行照射，其波長範圍在280nm 至385 nm 之間，且至少有 $5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ 是在280 nm 至320 nm 之波長範圍內，並將模組溫度維持在預設之範圍內。

(4)最終測量

重複第10.1 項、第10.2 項及第10.3 項之測試。

(5)符合要求

要求如下：

- 無第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻需符合如初步測量之相同規格。

11. 熱循環測試

(1)目的

確定模組抵抗由於溫度之重複變化所產生之熱不均勻性、疲勞及其他應力之能力。

(2)設備

- (a) 具有自動溫度控制之耐候試驗室(climatic chamber)，能使空氣在內

部循環之設備，且能在測試時使模組上之水分凝結降至最低之設備，並能容納一個或多個模組進行如圖11 所示之熱循環試驗。

- (b) 能在室內安裝或支撐模組之設備，以保證周圍之空氣能自由循環。安裝或支撐物之熱傳導必須很低，因此實際上使模組處於絕熱狀態。
- (c) 測量及記錄模組溫度之儀器準確度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。溫度感測器需接至靠近中央之模組前方或後方之表面。若同時有一個以上模組在實施測試，則可監測一個有代表性之樣品溫度即可。
- (d) 能施加電流等於測試模組之STC 最大功率電流之儀器。
- (e) 能監測測試時流經每一個模組之電流之儀器。

(3)程序

- (a) 於室溫下將模組安裝在測試室內。
- (b) 將溫度偵測設備接到溫度感應器上。將每一個模組接到適當之電流供應器上，即是將模組正極接到電源供應器之正極，且再接上第二個電極。在200 個熱循環測試中，將電流設定為測得之STC 最大電流的 $\pm 2\%$ 之內。僅當模組溫度大於 25°C 時才需維持此電流。在50 個熱循環測試中，不需要電流之流動。
- (c) 關上測試室，且根據圖11 之曲線使模組在 $(-40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(+85\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之模組溫度下循環。在最低溫度和最高溫之間，溫度改變之速率不得超過 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，且模組溫度在每個極點上必須維持穩定至少10 分鐘之期間。循環時間不得超過6 小時，除非模組有相當高之熱容量而需要較長之循環時間。循環次數如圖1 內之方塊內所示。
- (d) 在整個測試中，記錄模組溫度，並偵測流過模組之電流。
備考：在有並聯電路之模組內，一個分支開路會造成電壓之不連續性，但不會使其變成零。

(4)最終測量

在恢復時間至少1 小時後，重複測試第10.1 項、第10.2 項及第10.3 項。

(5)符合要求

要求如下：

- 在測試過程未有中斷之電流；
- 未有第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻需符合如初步測量之相同規格。

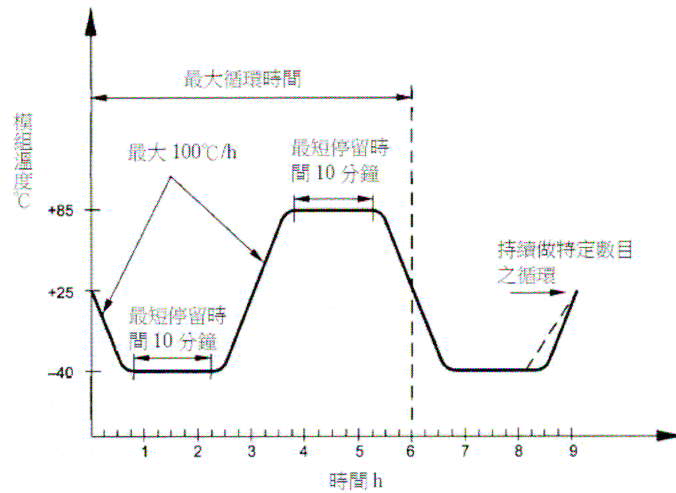


圖 7 熱循環試驗

12. 濕冷凍測試

(1) 目的

本測試目的是測定模組抵抗在高溫和高濕下，隨後之零下溫度之影響能力。這並不是熱衝擊測試(thermal shock test)。

(2) 設備

- 具有自動溫度及濕度控制之耐候試驗室，並能使一個或多個模組產生如圖12 所示之濕冷凍循環。
- 能在室內安裝或支撐模組之設備，以便周圍空氣能自由循環。安裝或支撐物之熱傳導應很低，因此實際上使模組處於絕熱狀態。
- 能測量及記錄模組溫度之儀器準確度至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。(若同時有一個以上模組在實施測試，則可偵測一個有代表性之樣品溫度即可。)
- 在整個測試中，能偵測每一個模組之內部電路之連續性之設備。

(3) 程序

- 將適當之溫度感應器接至靠近中央之模組前方或後方之表面。
- 於室溫下將模組安裝在室內。
- 將溫度偵測設備接到溫度感應器上。
- 在關上耐候試驗室後，根據圖12 之曲線使模組完成10 個循環。最高及最低溫必須是在預定位準 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 內，且在室溫以上之各溫度下，相對濕度需維持在特定值 $\pm 5\%$ 內。
- 在整個測試中，記錄模組溫度。

(4) 最終測量

在2 小時至4 小時恢復時間之後，重複測試第10.3 項。重複測試第10.1 項及第10.2 項。

(5) 符合要求

要求如下：

- 未有第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；

— 絕緣電阻需符合如初步測量之相同規格。

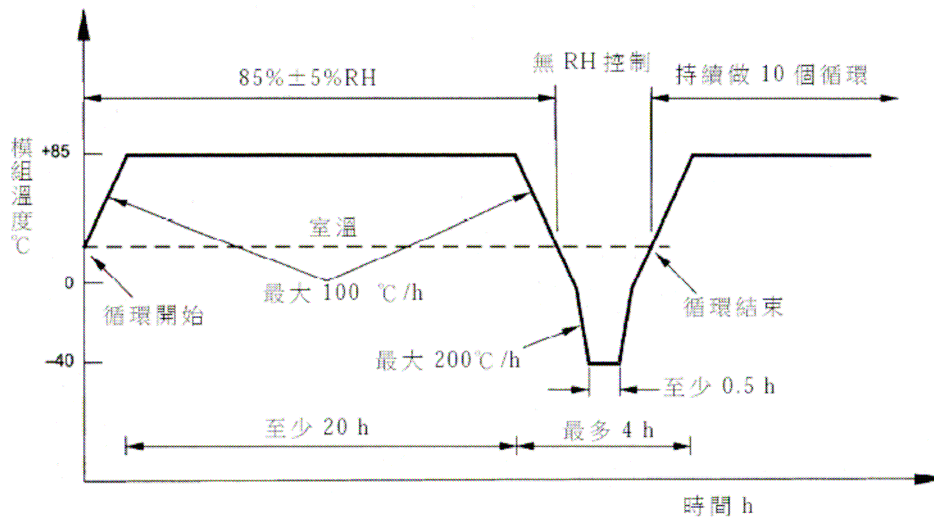


圖 8 濕冷凍循環

13. 濕熱測試

(1)目的

欲測定模組抵抗濕氣長期滲透之影響能力。

(2)程序

測試應根據 IEC 60068-2-78 並滿足以下規定。

(a) 預備處理

將在室溫下模組直接放入測試室內，而不需做預備處理。

(b) 嚴酷條件

嚴酷條件如下：

測試溫度： $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$

相對濕度： $(85 \pm 5)\%$

測試期間：1000 小時

(3)最終測量

在 2 小時至 4 小時恢復時間之後，重複測試 10.3 項及第 10.15 項。重複測試第 10.1 項及第 10.2 項。

(4)符合要求

要求如下：

- 未有主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的 5%；
- 絕緣電阻測試及濕漏電流測試應符合如初步測量之相同規格。

14. 引線端強度測試(robustness of termination test)

(1)目的

欲測定引線端與引線端至模組本體上之附著是否能承受正常安裝及操作過程中所受之力。

(2)引線端之型式

考量三型模組之引線端：

- A 型：直接自電池模組引出之導線；
- B 型：接線片、接線螺栓、螺釘等；
- C 型：連接器。

(3)程序

前處理：在測量及測試之標準大氣狀態下放置1 小時。

◆ A 型引線端

強度測試：在下述條件下，根據CNS 3628 所述之測試Ua：

- 所有引線端均應實施測試；
- 張力絕不得超過模組重量。

彎曲測試：在下述條件下，根據CNS 3628 所述之測試Ub：

- 所有引線端均需實施測試；
- 方法1 執行10 個循環(每1 個循環在反方向彎曲1 次)

◆ B 型引線端

強度及彎曲測試：

(a) 對於具有曝露引線端之模組，每一個引線端需依A 型引線端所述實施測試；

(b) 若引線端被包覆在保護盒內，則可使用下述程序：

- 使用具有製造廠所建議之尺寸及型式之電纜，將其切成適當長度，並以製造廠所建議方法接到盒內之引線端上。電纜應通過電纜蓋孔，並小心使用任何可以使用之電纜夾。盒子之蓋子應牢固地蓋回。然後依A 型引線端所述實施測試。

扭力測試：

- 所有端頭均應實施測試；
- 嚴酷度1。

在測試後螺帽及螺釘應能夠鬆開，除非其特別設計來做永久之連接的。

◆ C 型引線端

使用具有製造廠所建議之尺寸及型式之電纜，將其切成適當長度，並接到輸出端頭上，然後依A 型引線端所述實施測試。

(4) 最終測量

重複第10.1 項、第10.2 項及第10.3 項之測試。

(5) 符合要求

要求如下：

- 未有機械損壞跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻應符合如初步測量之相同規格。

15. 濕漏電流測試(wet leakage current test)

(1)目的

評估模組在濕操作條件下之絕緣性，且驗證由雨、霧、露水或溶化之

雪水之濕氣不會進入模組電路之帶電部位(active parts)，否則這可能會造成腐蝕、接地故障或安全上之危險。

(2)設備

(a) 一個尺寸足以使具有框架之模組平放入溶液內之淺槽或桶。其應包含符合下述規格之水/潤濕劑之溶液：

電阻： $3500\Omega\text{ cm}$ 或以下

表面張力： 0.03 N m^{-1} 或以下

溫度： $(22\pm 3)^{\circ}\text{C}$

溶液之深度應足以覆蓋所有表面，除了接線盒入口非設計為可以浸泡之接線。

(b) 包含相同溶液之噴灑設備。

(c) 具有電流限制之DC 電源，且能施加500 V 或模組之最大額定系統電壓(以較大為準)。

(d) 測量絕緣電阻之儀器。

(3)程序

所有接頭應為建議之現場線路安裝之接頭，且應注意以確保不會由接至模組之儀錶線路產生洩漏電流。

(a) 將模組浸入槽內之溶液中，至其深度足以覆蓋並非設計為可以浸泡之接線盒入口以外之所有表面。電纜之入口應用溶液完全地噴灑。若模組具有配對接頭，則該接頭在測試時應浸入溶液內。

(b) 將模組之短路之輸出引線端接到測試儀器之正極。使用適當之金屬導體將測試溶液接至測試儀器之負極。

(c) 以不超過 $500\text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ 之速率由測試設備施加電壓至500 V 或模組之最大系統電壓(以較大為準)。將電壓維持在此水準2 分鐘。然後測定絕緣電阻。

(d) 將施加電壓減至零且使測試設備之接線短路以釋出累積在模組之電壓。

(4)符合要求

所需之要求如下：

— 若模組面積小於 0.1 m^2 則絕緣電阻不得低於 $400\text{ M}\Omega$ ；

— 若模組面積大於 0.1 m^2 則所測得之絕緣電阻乘以模組面積不得低於 $40\text{ M}\Omega\cdot\text{m}^2$ 。

16. 機械負荷測試

(1)目的

本測試之目的是測定模組抵抗風、雪、冰或靜負荷之能力。

(2)設備

(a) 一個堅固之測試基礎，使得模組可以正面朝上或正面朝下之安裝在其上。此測試基礎應能使模組在施加負荷時能自由地偏斜。

(b) 儀器能監測在測試時模組之電氣連續性。

(c) 能以逐漸、均勻方式施加負荷之適當重量或壓力設備。

(3)程序

(a) 裝上模組使得在測試時能連續監測其內部電路之電氣連續性。

(b) 使用製造廠建議方法將模組安裝到堅固結構上。(若有不同之幾種方法，則使用最差的一種方式，其中固定點之間之距離最大)。

(c) 在前表面上，均勻地逐漸施加負荷直到2400 Pa 為止。(可用氣動方式或用重物施加負荷至整個表面。在後者之情況下，模組應水平安裝。)維持此負荷1 小時。

(d) 在模組背面重覆相同之程序。

(e) 重覆(c)及(d)至三個循環。

備考：2400 Pa 是相當於 $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 之風壓(約 $\pm 800 \text{ Pa}$)且對於陣風之安全因數是3。若欲驗證之模組應抵抗嚴重之雪及冰之累積時，則在此測試之最後一個循環中，施加至模組之前表面之負荷應由2400 Pa 增加到5400 Pa。

(4)最終測量

重覆第1項、第2項及第3項之測試。

(5)符合要求

要求如下：

- 在測試時無偵測到間歇之開路故障；
- 未有第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻應符合如初步測量之相同規格。

17. 冰雹測試(hail test)

(1)目的

欲驗證模組有抵抗冰雹之撞擊能力。

(2)設備

(a) 由適當材料製成且能鑄造所需直徑之冰球之模具。標準直徑為25mm，但亦需有表2 所列之任何其他直徑以供特殊環境狀況下使用。

(b) 一部冷凍機，能控制在 $(-10\pm 5)^\circ\text{C}$ 。

(c) 能將冰球儲存在 $(-4\pm 2)^\circ\text{C}$ 之儲存櫃。

(d) 能將一顆冰球以特定速度(在 $\pm 5\%$ 之內)投出之發射器，以便能擊中模組上特定之撞擊位置內。冰球由發射器至模組之路徑可為水平、垂直或任何角度，只要符合測試之需求即可。

(e) 一個能依製造廠所建議方法來支撐測試模組之堅固結構，使其撞擊表面應與冰球發射之路徑相垂直。

(f) 一個能測定冰球質量至 $\pm 2\%$ 精確度之天平。

(g) 一個能測定冰球速度至 $\pm 2\%$ 精確度之儀器。速度感應器不得置於離測試模組表面1 m 以外之地方。

圖13 為範例圖，其能顯示出含有水平式氣動發射器、垂直模組安裝結構與速度計之適當設備。其中速度計以電子之方式測量冰球通過兩條光束所需之時間。這只是範例之1，另外亦能成功地使用一種含有彈弓及彈簧驅動之測試機設備。

(3)程序

- (a) 使用模具及冷凍機來製造足夠數量與所需尺寸之冰球，以供測試之用，其中需包括一些用於發射器之初步調整冰球。
- (b) 檢查每一顆冰球之尺寸及質量，以及是否有破裂。合格之冰球應符合下述標準：
 - 肉眼看不到裂紋；
 - 直徑在要求值 $\pm 5\%$ 範圍內；
 - 質量在表2 內所示大約額定值 $\pm 5\%$ 之內。
- (c) 使用前將冰球放入儲槽內至少放置1 小時。
- (d) 確認發射器上所有可能與冰球接觸之表面均接近室溫。
- (e) 根據下述步驟(g)所述之試射一些冰球至模擬目標上，並調整發射器直到用速度感應器所測得之冰球速度是在表2 內所示之冰雹測試速度 $\pm 5\%$ 內。
- (f) 在室溫下將模組安裝至結構上，且使其撞擊表面與冰球之路徑相垂直。
- (g) 由儲存槽內取出一顆冰球並將其放入發射器內。首先瞄準表3 所述之撞擊位置並發射。由儲槽取出冰球至其撞擊到模組上之間之時間不得超過60 秒。
- (h) 檢查模組之撞擊區是否有損壞跡象，並將撞擊之任何目視影響記錄下來。與特定位置之誤差在10 mm 以內是可被接受的。
- (i) 若模組未受損，則在表3 及圖14 所示之其他所有之撞擊位置重複步驟(g)及(h)。

(4)最終測量

重複第10.1 項、第10.2 項及第10.3 項之測試。

(5)符合要求

要求如下：

- 未有第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻應符合如初步測量之相同規格。

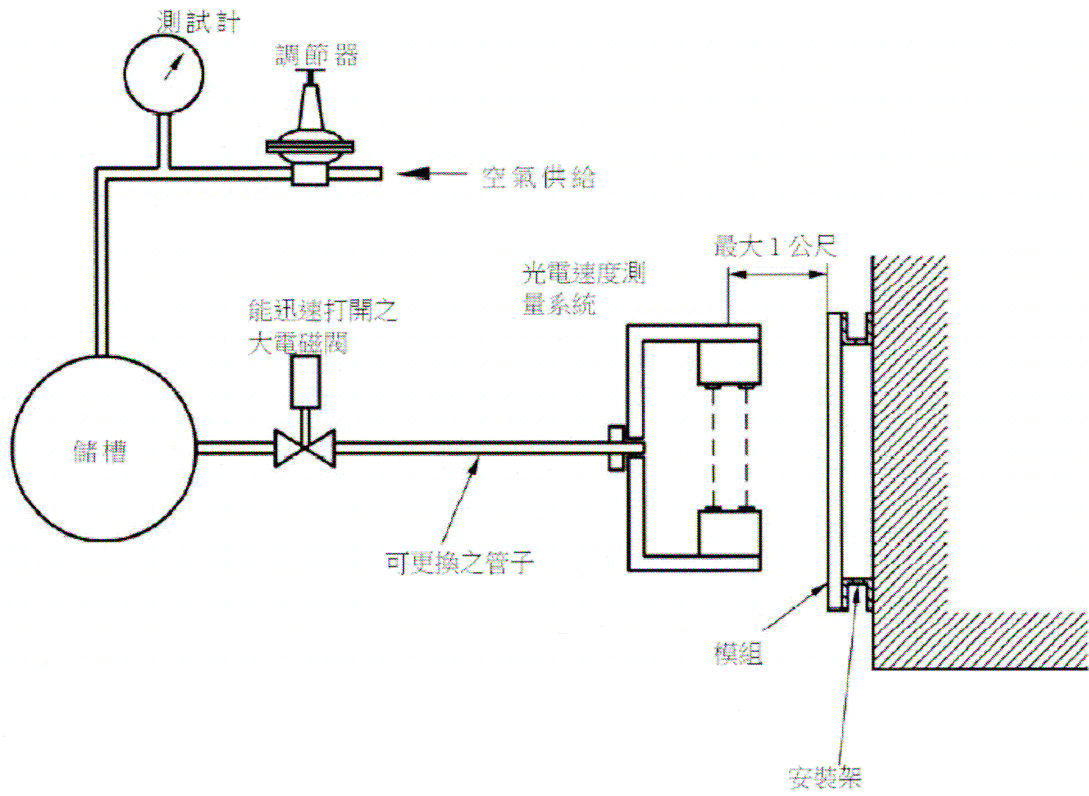


圖9 冰雹測試設備

表 4 冰球質量與測試速度

直徑 mm	質量 g	測試速度 $m \cdot s^{-1}$	直徑 mm	質量 g	測試速度 $m \cdot s^{-1}$
12.5	0.94	16.0	45	43.9	30.7
15	1.63	17.8	55	80.2	33.9
25	7.53	23.0	65	132.0	36.7
35	20.7	27.2	75	203.0	39.5

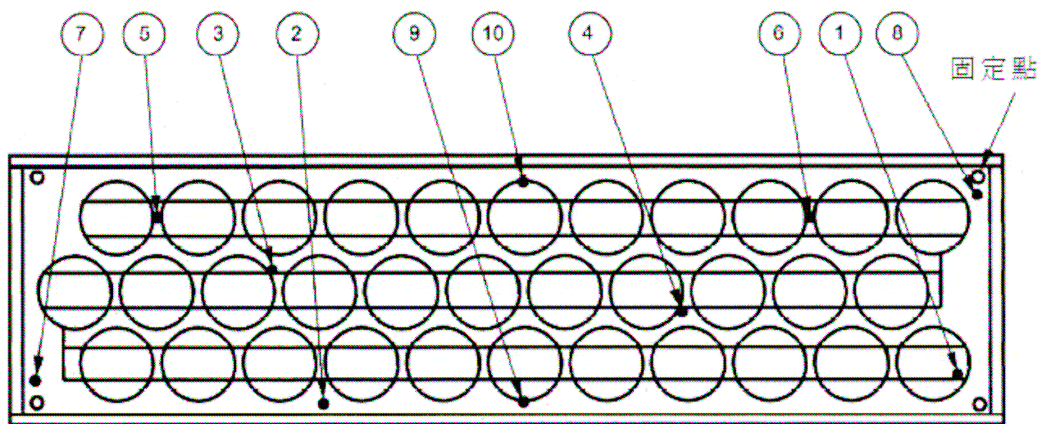


圖10 撞擊位置示意圖

表 5 撞擊位置

投擲編號	位置
1	模組窗框之一個角落，離框架不超過 50 mm
2	模組之一個邊緣，離框架不超過 12 mm
3,4	電池之邊緣，靠近電氣接頭
5,6	電池之間最小間距之點
7,8	在模組窗框上，離模組固定至支撐結構之點不超過 12 mm 之位置
9,10	在模組窗架上，離上述所選之點最遠之點之位置
11	最有可能受到冰雹撞擊之點

18. 旁通二極體熱測試(bypass diode thermal test)

(1)目的

評估用於防止模組熱斑之有害影響的旁通二極體在熱設計上之適當性及其長期之相對可靠性。

備考：若在測試之模組內無法接觸到旁通二極體，則可為此測試準備特殊之樣品。此樣品之製造應盡量接近測試下之標準生產模組，且在測試時可以測得到二極體之溫度。然後再正常之進行測試。此特殊之測試樣品只能用於旁通二極體熱測試，而不能用於測試順序內之其他測試。

(2)設備

- (a) 可將模組加熱至 $(75\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 溫度之設備。
- (b) 可測量及記錄模組之溫度至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 精確度之設備。
- (c) 可測量模組內任何旁通二極體溫度之設備。應小心以使二極體之性質或熱傳路徑之變化減至最低。
- (d) 將整個測試中，能施加等於測試之模組之STC 短路電流之1.25 倍電流之設備，及能偵測流經模組之電流之設備。

(3)程序

- (a) 使模組內所裝之任何二極體短路。
- (b) 由模組之標籤或說明書測定其額定之STC 短路電流。
- (c) 在測試時準備測量二極體之溫度。
- (d) 將製造廠所建議之最小之電線接到模組輸出端頭，遵照製造廠之建議將電線接入接線盒內並蓋回接線盒之蓋子。

備考：有些模組有重疊之旁通二極體之電路。在此情況下，可能需接上跳接電纜以確保所有電流均流經一個旁通二極體。

- (e) 將模組加熱至 $(75\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。施加等於模組在STC 下所測得知短路電流 $\pm 2\%$ 之電流。在1 小時後，測量每一個旁通二極體之溫度。使用製造廠提供之資訊以及測得之電流及二極體內消失之功率來計算接

面溫度，其方程式如下述。

$$T_j = T_{case} + R_{THjc} \cdot U_D \cdot I_D$$

其中， T_j ：二極體之接面溫度；

T_{case} ：測得之二極體外殼溫度；

R_{THjc} ：製造廠提供之接面溫度，係相對於外殼溫度；

U_D ：二極體之電壓；

I_D ：二極體之電流。

備考：若模組內含有特別設計來降低二極體之操作溫度之散熱片(heat sink)時，則可以散熱片在 $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ， $(43\pm 3)^\circ\text{C}$ 與無風之周圍環境下所達到之溫度來取代 75°C 而作此測試。

(f) 將電流增加至模組在STC 下所測得知短路電流的1.25 倍，且將模組溫度維持在 $(75\pm 5)^\circ\text{C}$ 。維持此電流1 小時。

(g) 確認二極體仍可以操作。

備考：可使用隨後之熱斑測試(第10.9 項)來確認二極體之操作。

(4)最終測量

重複第10.1 項、第10.2 項及第10.3 項之測試。

(5)符合要求

要求如下：

- 由第3(e)項所測得知二極體接面之溫度不得超過二極體製造廠之額定之最大接面溫度；
- 未有第7 項所定義之主要目視缺陷之跡象；
- 最大輸出功率所減少之值不得超過測試前所測得之值的5%；
- 絕緣電阻應符合如初步測量之相同規格。
- 在測試結束後二極體仍應保有作為二極體之功能。

四、IEC61646 標準簡介：

(一) 測試順序：IEC61646 其測試順序如圖 11 所示：

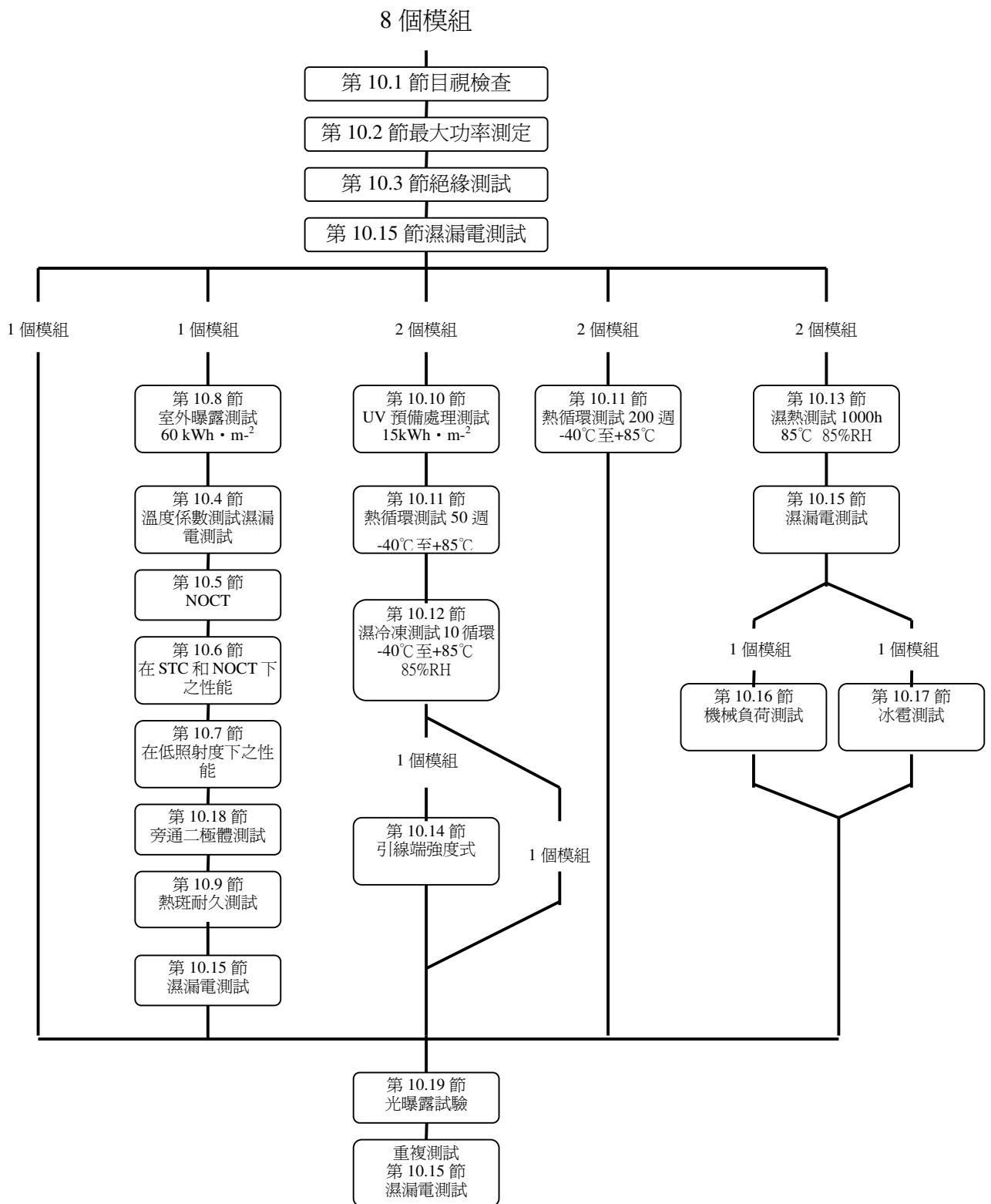


圖 11 : IEC61646 標準順序

(一) 測試項目說明：

非結晶矽的薄膜型太陽光電的性能測試標準為 IEC 61646，目前採用的最新版本為 2008 年 5 月發行之第二版

新版本之標準測試項目與 IEC 61215 較為一致，但考慮薄膜材料與結晶矽材料之差異，不同的測試項目主要為熱斑耐久測試和光曝露測試，分別介紹如下：

1.熱斑耐久測試(10.9)

(1)目的

本測試目的為確定模組承受熱斑加熱效應之能力，例如焊點熔融或封裝材料老化。電池裂紋或不匹配、內部連接失效，局部被遮光或污邊均會引起這種缺陷。

(2)熱斑效應

當模組中之一個電池或一組電池遮光或損壞時，工作電流超過了該電池降低之短路電流，在模組中會發生熱斑加熱。此時受影響之電池或電池組被處於反向偏壓狀態，必定消耗功率，因而引起過熱。

(3)測試程序：以串接型(Case S)為例

- (a) 未遮罩之太陽光電模組在穩定模擬光源(符合IEC 60904-9，等級CCB)照射度為 800 - 1000 W/m² 照射下，當模組熱溫度達到平衡後，量測I-V曲線，並得出最大功率之電流 I_{max} 。
- (b) 並將模組予以短路，量測得到短路電流 I_{sc}
- (c) 自模組邊緣開始，使用不透光之遮罩將單一之太陽電池完全遮罩，平行移動進行每一個太陽電池之遮蔽，隨後增加遮蔽面積(增加遮蔽電池的數目)再重複進行上述步驟，直到遮蔽時量測得到之短路電流 I_{sc} 降至為模組未遮蔽時之最大功率電流 I_{max} 。此時在電池內消耗之功率為最大。
- (d) 在模組上緩慢移動遮罩(其尺寸由步驟(c)得出)，並監控模組之短路電流。假如在某一位置其短路電流低於為遮罩時的最大功率電流，則逐步小量削減寬度以減少遮罩面積直到最大功率電流的條件再次獲得維持。在此步驟中，照射強度的變化不可超過±2%。
- (e) 此遮罩的寬度將決定出導致模組最嚴重異常的最小遮蔽面積。此選定的遮蔽區域將被用在後續的測試步驟。
- (f) 移開遮罩，並進行目視檢查。
- (g) 重新進行模組之I-V曲線測試，並得出最大功率 P_{max2} 。
- (h) 將遮罩放在模組選定的遮蔽區域上，並將模組予以短路。
- (i) 將模組再次放置在照射度800至1000W/m²的模擬光源下，試驗中模組溫度維持在 $50\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。量測 I_{sc} 並維持模組在最大功率消耗之條件。必要時，可再次調整遮蔽的區域，以確保 I_{sc} 維持在步驟(a)所決定得出之特定位準。
- (j) 維持此測試情形達到曝露時間為1小時。
- (k) 試驗最後以溫度測定儀器在遮蔽的區域內判定最熱的區域。

(4)最後試驗

重覆第1項-目視檢查及第3項-絕緣試驗之測試。

(5)符合要求

- 無嚴重外觀缺陷；
- 量測所得絕緣電阻須符合初始量測之相同要求。

2.光曝曬試驗(10.19)

(1)目的：利用天然光源或模擬光源的照射來穩定薄膜太陽光電模組的電氣特性。

(2)測試程序

(a) 在模組輸出接上電阻性負載，並依廠商建議方式，與基準電池安裝在光源模擬器的同一測試平面上。

(b) 使用模擬光源進行照射時，其照射強度應在600W/m²至 1000W/m²之間。並記錄其照射量。

(c) 在模擬光源照射期間，模組溫度需維持在50±10°C。

(d) 由於每一模組需確認經過照射後之最大功率達到穩定，穩定性的判定係依據兩個連續週期照射量至少為43kWh/ m²，其溫度維持在40°C與60°C之間，滿足條件： $(P_{max}-P_{min})/P_{average} < 2\%$ 。

(e) 記錄穩定到達後之總照射量。

3. 旁通二極體測試(10.18)：

在旁通二極體熱測試中，新版本加入了方法2(V_f-V_j法)，以彌補原有方法1(T_{case} 法)，RTH_{jc}之數據資料無法獲得之量測窘境，藉由改變環境溫度來量測二極體之接面溫度。

五、IEC61730-1 標準簡介：

本標準為對太陽光電模組結構之要求，內容主要如下：

(一)金屬零件

1.戶外使用且曝露在濕氣中之金屬，在單獨或組合使用上，不得導致產品劣化。

2.產品所需零件，但不曝露於天候下之鐵或碳鋼，應電鍍、塗裝或油漆以防止腐蝕。

3.簡單剪切之邊緣和開孔並不須額外保護。

(二)聚合物材料

1.聚合物依操作分為四類

- 作為帶電金屬零件外殼之聚合物(如接線盒)；
- 作為帶電金屬零件支撐之聚合物(如整合之接線端)；
- 作為模組外部表面之聚合物(如面材或底材)；
- 隔離物。

例外：封裝材料不必符合這些規格。

所有聚合物材料須有比該材料在使用時之最大操作溫度高20°C之最小相對熱指數(如IEC 60216-5 所訂之電氣與機械)，是在溫度測試時(IEC 61730-2，MST21)所量測。

- 作為帶電零件外殼之聚合物(polymers serving as an enclosure for live parts)：接線盒

作為零件外殼且有失火或電擊風險之聚合物材料須符合下述規格：

- (a) 5-V 燃燒性等級，經由材料測試或在終端產品設計內測試(CNS 14545-1)；
 - (b) 5-V 燃燒性等級，在浸水與終端產品之曝曬後(CNS 14545-1)；
 - (c) 耐紫外線(若在使用時曝露於直射之陽光下)，參考ANSI/UL 746C 所測試；與
 - (d) 耐熱電線點火等級至少須為30(CNS 14545-1)。
- 作為帶電零件之支撐之聚合物(polymers serving to support live parts)
作為零件之支撐或絕緣，且有失火或電擊風險之聚合物材料須符合：
 - (a) 如表6 所示，具有HB，V-2，V-1，或V-0 之燃燒性等級，與依據 CNS 14545-1所測得之最小高電流電弧點火等級。

表6 已知燃燒性等級下之高電弧點火等級

燃燒性等級	高電流電弧點火等級
HB	60
V-2	30
V-1	30
V-0	15

- (b) 若系統之電壓等級是600 V 或以下，則依據IEC 60112 所測得之比較追蹤指數(comparative tracking index , CTI)應為250 V 或更大。
 - (c) 若最大系統操作電壓等級是在601 V – 1500 V 之間，則參考 ASTM D2303 使用時間對追蹤之方法，在2.5 kV 下所得之傾斜面追蹤等級為1 h；與
 - (d) 若在產品正常操作時，曝露於直射之陽光下，則參考ANSI/UL 746C 所測得須符合曝露於紫外線下之規格。
- 備考：曝露於直射之陽光下但被玻璃或其他透明介質保護之聚合物材料，在測試時可以使用可減低紫外線曝露之相等層介質來做測試。
- 作為外部表面之聚合物(polymers serving as an outer surface)
 - (a)作為底材或面材之聚合物材料，依據IEC 60216-5 之測定，其電氣與機械之熱指數至少須為90 °C。此外，其熱指數應比IEC 61730-2，MST 21 之溫度測試所測得之材料最大操作溫度至少高20 °C。
 - (b)模組外部表面之聚合物材料，若(1)裝在多個模組或模板系統上或(2)其曝露之表面積大於1m² 或單邊尺寸大於2 m，則參考ASTM E162-02a 測定之最大火焰散布指數為100。

備考：依據第6.1.1 節，作為模組之電線包覆材料不必符合此規格。

 - (c)若在使用時曝露於直射陽光下，則聚合物材料參考ANSI/UL 746C 之測定來評估其抗紫外線之性質。
 - (d)作為面材或底材使用且無適當之CNS 絕緣規格之聚合物材料，須符合IEC 61730-2，MST15 之部分放電測試規格。

- 隔離物(barriers)
聚合物絕緣材料用於帶電零件與金屬零件之間，或具有不同電位之未絕緣帶電材料間之單獨絕緣隔離物，如IEC 61140 所定義須有適當厚度

與適用之材料性質。隔離物或襯裏物必須固定好，且不能有負面影響，使其性質落到最低容許值之下。

(三)結構塗佈材料(structural glazing materials)

在模組製作時，用作面材或底材之所有結構塗佈材料，以材料認證或依據MST32 測試，可參考ANSI Z97.1：1993 所述之安全塗佈規格。

(四)內部電線與承載電流零件(internal wiring and current-carrying parts)

承載電流零件與電線須具有符合其應用之機械強度與承載電流能力。

1.內部電線(internal wiring)

(a)用於模組內之電線須具有至少90 °C之絕緣等級，且其大小與電壓等級應符合IEC 60189-2 所定義之規格。

(b)在產品安裝後，模組之電線位置須位於其絕緣不受陽光直射之地方，以免產生劣化之影響。

例外：此要求並不適用具有“耐陽光”絕緣等級之電線。

2.接合(splices)

接合應符合與所使用電線相當之絕緣規格。

3.機械固定(mechanical securement)

(a)接頭或接合必須機械固定，且須能提供在接頭與引線端上沒有應變產生之電氣接觸。當封於封裝系統時，模組互聯線與電池間之錫接頭必須機械固定。

(b)未絕緣之帶電零件，包括引線端，應固定在其支撐表面上，以避免其轉動或位移，若此移動可能使其間距降至表3 與表4 所述規格之下。

(五)連接

1 戶外連接— 一般需求(field connections - general requirements)

(a)模組應提供電線引線端或接頭，以連接負荷線路之承載電流導線。

(b)戶外連接之等級應如第5 節所定義曝露於直射陽光之等級，或在安裝後不會曝露於陽光直射下，以免產生劣化之影響。

2 戶外電線引線端(field wiring terminals)

(a)若模組含有戶外引線端區，則其應有適當之電壓與電流等級，且依照 IEC60947-1 規格予以建造。

(b)若模組含有與接線盒結合在一起之電線引線端，則其應符合下述規格

i. 連結外部導線之螺釘與螺帽須符合CNS 498 或CNS 4317 之螺紋，或具有相當螺距與機械強度之螺紋(如標準螺紋)。用於戶外電線之螺釘與螺帽不可用來固定任何其他成分。當安裝外部導線時，若不取代內部導線，則此等配件亦可用來連結內部導線。

ii. 引線端螺釘之最小尺寸如表7 所示。螺絲引線端應配有螺帽與墊圈。

iii. 引線端之設計應使其將導線連結至金屬表面間時，具有足夠壓力

且不會損壞導線。當螺釘或螺帽旋緊時，引線端設計或位置須使導線不會滑出。接頭之固定須使得導線在被旋緊或鬆開時

- 引線端本身不會鬆開，
- 內部電線無應力，
- 沿面距離與空間不會降至第9 節所規定之值以下。

表7 供應導線引線端之尺寸

設備之額定電流 A	最小標稱螺紋直徑，mm	
	螺柱式或螺栓式	螺釘式
≤10	3.0	3.5
>10 ; ≤16	3.5	4.0
>16 ; ≤25	4.0	5.0
>25 ; ≤32	4.0	5.0
>32 ; ≤40	5.0	5.0

3 接頭

- (a)用於模組輸出電路之接頭應具有適當電壓與電流等級，且符合IEC 60130系列之規格。如為支持帶電零件則其可燃性、比較追蹤指數與相對熱指數方面，接頭應符合第5 節所述之規格。
- (b)接頭只能用於裝配，不可使用於切離裝置，除非經適當過負荷切離性能之評估。參照第11 節。
- (c)曝露於室外環境之接頭應符合下述規格之材料加以包覆：
- (d) 第5 節有關抗UV 之規格，
 - i. 如IEC 60529 所述之相當於IP55 之耐水性，
 - ii. 依據IEC 61721 之鋼球撞擊測試，
 - iii. IEC 61730-2，MST11 之接近測試規格。
- (e)分離之多點接頭須具有極性表示。若有兩個或更多個可分離之接頭，且可能會導致不適當連接時，則其結構或排列須使彼此之間不能配對使用。
- (f)對於具有接地裝置之接頭，接地裝置必須是第一個接至配對接頭且最後一個分離之裝置。
- (g)如IEC 61730-2 第10.2 節所述，不必使用工具即可分開之接頭，不可接觸到導電零件。

4 輸出引線或電纜

延伸至模組之引線須有適當之系統電壓、電流、濕位置(wet locations)、溫度與耐陽光之等級。

(六)連結與接地

- 1 模組具有形成周邊架構或框架系統之可接觸導電零件，或在安裝後具有10 cm² 以上可接觸導電表面者，應有接地準備。
- 2 安全等級為II 之模組可功能性接地。此種接地方式須用加強式絕緣，與帶電零

件分開(IEC 61140 第7.3.2.2 節)。

- 3 在正常使用時模組上接觸得到之每一個暴露之導電成分應連結在一起，如IEC 61730-2 第10.4 節所述。
- 4 例外：若導電材料只用作安裝之扣件，且被適當絕緣與間隔而與模組之導電零組件分開時，則其不必連結在一起。
- 5 模組之例行維護應不破壞或干擾連結之途徑。在模組或模板內用作連結之螺栓、螺釘或其他零件不可嘗試用來將整個裝置固定至支撐表面或架子上。
- 6 連結應是正面之方式，如使用夾子、铆釘、螺栓或螺釘來連接，或用焊接或鉚錫。連結之接頭必須穿透所有非導電塗層，如油漆、陽極氧化塗佈或透明亮漆。
- 7 連結途徑內所有接頭應機械固定，與任何鉚錫無關。
- 8 若倚賴螺釘螺紋連結接頭，則應使用兩個或更多螺釘或具有兩個全螺紋之單一螺釘來固定金屬。
- 9 接地螺釘或螺栓之直徑應有表2 所示之適當大小。
- 10 在接地途徑內之鐵金屬零件須以金屬或非金屬塗膜，如油漆、鍍鋅或電鍍來防止腐蝕。不銹鋼則不須額外之塗佈。
- 11 金屬對金屬多重承載式鉸鏈可作為結合之方式。
- 12 模組之電線引線端或連結位置若是用於戶外安裝設備之接地導線時，須用適當符號來做識別(IEC 60417-5019(DB： 2002-10))或該部位需以綠色表示。其他接頭或位置不可以此方式識別。
- 13 若標記是用來識別設備接地端，則須置於接地端上或靠近接地端處，或放在附於模組或模板之電路圖上靠近接地端處。

(七)沿面與空間之距離(creepage and clearance distances)

- 1 在電位不同之未絕緣帶電零件之間與在帶電零件與接觸得到之金屬零件間之沿面與空間之距離不得低於表 8 與表 9 所規定之值。
- 2 在戶外電線接頭之沿面與空間之距離應在模組之開路電壓(VOC)上做判斷。若在接頭區有未標記之額外之接頭，或若電線接頭被特別標示為接地，則須以系統最大操作電壓為基礎來判斷沿面與空間之距離。

表8 在戶外電路引線端容許之最小沿面與空間之距離

電壓 V	mm
0-50	6.5
51-300	9.5
301-600	12.5
601-1000	16
1001-1500	25

表9 在內部負載電流零件與接觸得到之點之間可容許之最小空間距離

系統之最大電壓V	空間 mm		
	C級	B級	A級
0-50	2	2	2
51-300	—	3.2	6.4
301-600	—	3.2	6.4
601-1000	—	4.2	8.4
1001-1500	—	8	11

- 3 戶外電線接頭之間距是在電線有與無連至接頭時加以測量。電線須像在真正使用時一樣接上。若接頭適當地容納它，且若產品沒有標記來限制其用途，則電線可比所需大一個尺寸，否則，電線須為所需之尺寸。
- 4 在判斷沿面距離時，以 0.4 mm 或更小之空間分開表面被視為是彼此接觸在一起的。

(八)具有蓋子之戶外電線隔間(field wiring compartments with covers)

1 一般事項

為永久安裝在電線系統上而設計之模組需要有密閉電線隔間，以保護導線與接頭免受環境之影響，且避免被未絕緣之帶電零件碰到，及電線系統之應變鬆弛。

2 壁厚

用於戶外永久電線系統之電線隔間，依其所用材料，應有表 10 所述之最小壁厚。

表10 已知材料之最小壁厚

材料	最小厚度(a)mm
未塗佈之鋼板	1.35
鍍鋅之鋼板	1.42
鋁板	1.59
鑄鐵、鋁、黃銅、或青銅	2.4
聚合物材料	3

(a) 若壁厚低於所規定之值，則應由撞擊測試、耐壓碎測試、導管彎曲測試、與終端產品之5 V燃燒性測試來決定其合格性。對於具有導管之隔間，可參照表6。

3 內部容積

每個導線包含模組之整合導線，其電線隔間之最小內部容積應為表 11 所述之值±5%。

表11 最小內部容積/已知導線尺寸之導線

導線尺寸	每個導線之最小內部容積cm ³
1.5 mm ²	25
No. 14 AWG	33
2.5 mm ²	40
No. 12 AWG	36.9
4 mm ²	60

在組成最小容積之空間內，隔間之尺寸不得小於 20 mm。

4 開口

所有開口應有適當之蓋子(如擊出孔、塞子等)，其功能應符合第 5.2.1 節之規定，CNS 15115 第 10.20 節濕漏電流測試與 IEC 61730-2 第 10.2 節之接近性測試之要求，且只能用工具才可將其打開。

5 襯墊與密封(gaskets and seals)

襯墊與密封在加速老化測試時不得劣化至限制值之外，且不得用於在正常使用時會彎曲之情況下。參照 IEC 60216-1 之加速老化測試。

6 應力釋放(strain relief)

在戶外連接或可能在戶外使用之接頭，包括可撓性之電纜，須有應變釋放之裝置，以免應力傳至模組內部之電氣接頭。符合 CNS 15114 第 10.14 節之機械固定方式可合乎此規格。

7 銳邊(sharp edges)

- (a)周圍應圓滑且無尖銳邊緣、毛邊或類似狀況等，以免破壞絕緣或導線。應檢查以決定其是否合格。
- (b)此規格亦適用於導管之開口與擊出孔之內部邊緣。

8 導管之應用－金屬(conduit applications-metallic)

- (a)金屬電線隔間內欲連接硬金屬導管之螺紋孔，應使用比6.4 mm(1/4 in)厚之金屬加以強化，且除非有導管之端塊，否則應使其逐漸變薄。
- (b)若連接導管之螺紋完全穿過隔間牆壁之孔，或使用相等之結構，則金屬內之螺紋不得低於3.5 個或高於5 個螺紋，且可接上導管之襯套。
- (c)若連接導管之螺紋未完全穿過隔間牆壁之孔，則金屬內之螺紋不得低於5個完整螺紋，且應有圓滑之圓孔以便導線能進入，且像標準導管襯套一樣提供導線之保護。
- (d)金屬電線隔間內欲容納硬金屬導管之無螺紋之孔，在孔之周圍須有足夠面積之平表面，以承受襯套與鎖墊圈之承載表面。
- (e)導管應符合IEC 61730-2，MST 33 第11 節所述之導管彎曲測試。

9 導管之應用－非金屬(conduit applications-non-metallic)

- (a)用於導管之非金屬電線隔間側面、端壁與底部之厚度不得低於表12 所述之值。

表12 導管用之聚合物盒子之壁厚

導管之尺寸mm	最小壁厚mm
13至25	3
26至50	4
51至100	5

(b)欲容納非金屬導管之非金屬電線隔間須具有下述：

- i. 與隔間結合在一起之一個或更多無螺紋導管連接插孔，且符合所用之導管系統規格；
- ii. 一個或更多有螺紋或無螺紋之孔作為導管連接插孔使用，或使用一個或多個符合IEC 61730-2，MST 44 規格之擊出孔。
- iii. 若欲供硬之非金屬導管使用，則須符合IEC 61730-2，MST 33 第11.2節之規格。不符合MST 33 之模組須標示“僅供非硬之非金屬導管使用”。符合MST 33 之模組可標示“供硬之金屬導管使用”。

(c)作為非金屬導管之連接之插孔須對導管提供正之端頭。插孔之直徑，盒子入口處之喉部之直徑，插孔之深度，與插孔之壁厚須在所用之導管系統所規定之限制。

(d)欲容納硬之非金屬導管之非金屬電線隔間之擊出孔或開口須符合所用之導管系統之尺寸規格。

(九)標記(marking)

1 每個模組須包含下述明顯與難擦掉之標記

- 製造商之名稱、圖案或符號
- 型號
- 序號
- 接頭或端頭之極性(可用顏色代碼)
- 模組適當之最大系統電壓
- 若有時，依據IEC 61140 之安全等級

製造之日期與地點應標示在模組上或可由序號追蹤。

備考：若可能，應使用國際符號。

2 這些額外之標記應使用於模組或放入說明書與安裝資料內(所需之文件)。所有電氣數據須以相對於標準測試條件(在 25 °C 下 1000 W/m²)所得

- 開路下之電壓
- 短路下之電流
- 最大過電流保護等級，如IEC 61730-2，MST 26 所述
- 建議之最大串聯/並聯模組結構
- 產品之應用等級

3 僅適用於戶外裝配之模組接頭應標示“在有負荷下不可分開”。

4 具有超過 50 V 之開路電壓之模組，與/或最大系統電壓超過 50 V 等級之模組，在靠近模組接頭之處須有明顯電擊警告符號。

六、IEC61730-2(2004 年版)標準簡介：

(一) 適用範圍：

本標準適用於太陽光電(PV)模組之基本構造要求，以便在預期之壽命
中提供安全電氣與機械之操作。

(二) 驗證測試順序：IEC61730-2 之測試順序如圖 12 所示：

IEC61730-2 : MST 模組安全測試

IEC61215
IEC61646 : MPT 模組性能測試
每個方塊內號碼表示最終測試，在 MST 或 MPT 後呈現(如果需要)，例：
01=MST 模組安全測試 MS01
10.2=MPT 模組性能測試 (IEC61215、IEC61646)
17=MST 模組安全測試 MST17

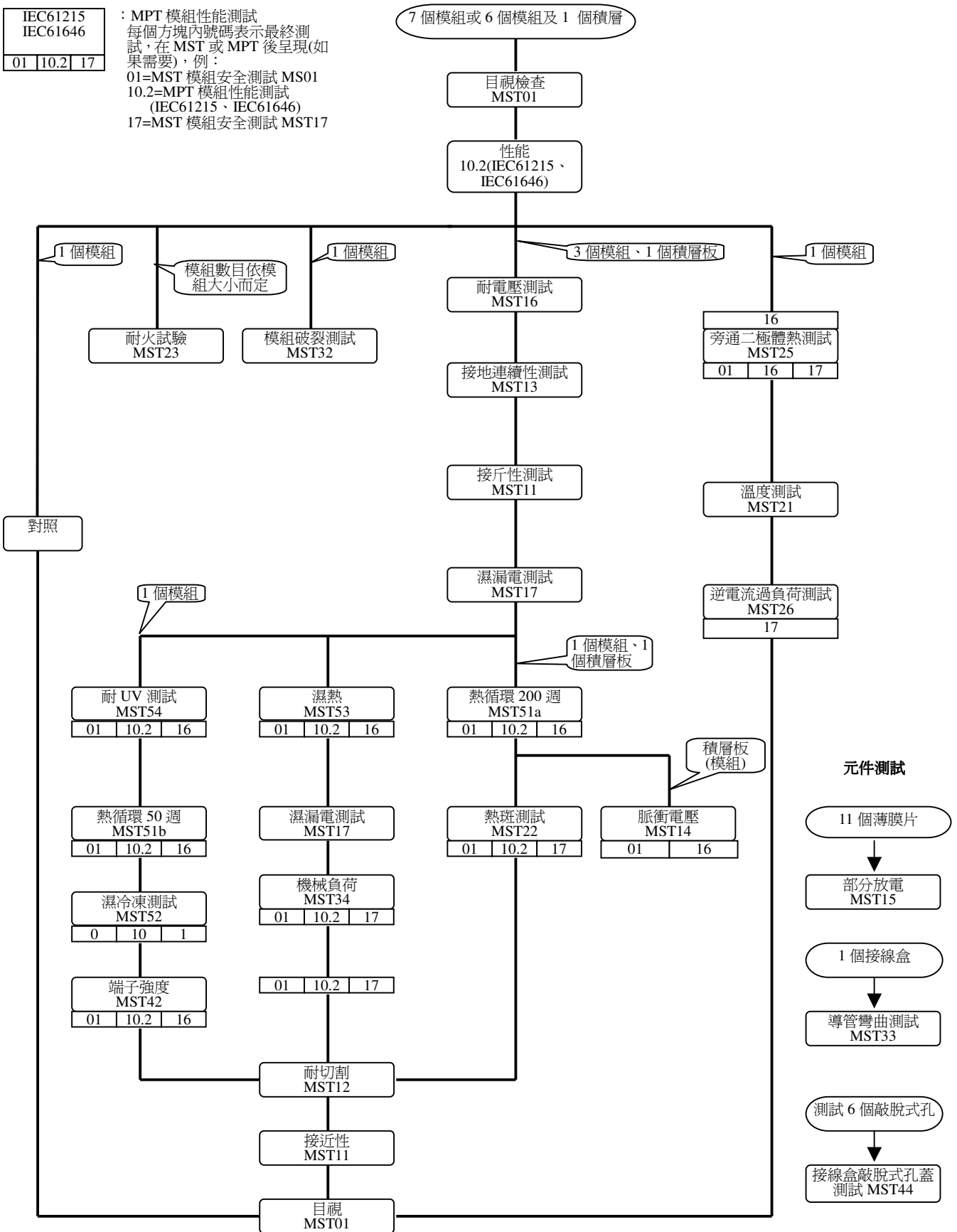


圖 12 : IEC61730 標準順序

(三) 主要測試設備、試驗項目及條件：IEC61730-2 標準之測試項目有許多部分與 IEC61215 或 IEC61646 相同，扣除以上兩標準所述之外的主要試驗項目及設備有：

1. 耐切割測試 MST12：

目的：判斷聚合物材料所成之模組正面與背面是否能承受安裝與維護時之例行處理，而不會使人有遭受電擊之危險。

設備及試驗條件：

- (1) 使用 $0.64\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ 厚之碳鋼刀片(如鋼鋸之背面)，並以 $8.9\text{N}\pm 0.5\text{N}$ 之力施加於模組表面上。
- (2) 將測試夾具置於模組上 1 分鐘，然後 $(150\pm 30)\text{mm/s}$ 之速率移動，重覆相同動在不同處測試共 5 次。

2. 脈衝電壓測試 MST14：

目的：確認模組之固體絕緣承受周圍發生過電壓之能力。

設備及試驗條件：

- (1) 設備為脈衝電壓產生器及示波器。
- (2) 測試前需以規定之銅箔將樣品表面完全包覆，將銅箔連接脈衝電壓產器之負極，將輸出接頭(正負極短接)連接至脈衝電壓產器之正極。
- (3) 測試電壓峰值如表 13：

表 13 脈衝電壓相對於最大系統電壓

最大系統電壓 V	脈衝電壓(V)	
	應用等級 A	應用等級 B
100	1500	800
150	2500	1500
300	4000	2500
600	6000	4000
1000	8000	6000

註：最大系統電壓介於中間值者可以線性內插法求得。

3. 溫度測試 MST21：

目的：本測試是用來決定製造模組所用之各種元件與材料之最大參考溫度。

設備及試驗條件：

- (1) 測試時環境溫度維持在 20 至 55°C 範圍之間，照射度不得低於 700W/m^2 ，且風速低於 1m/s (室外時必須注意本要求)。
- (2) 必須在開路及短路等兩條件下分別測試。
- (3) 量測所得之 T_{obs} 必須加上 40°C 與環境溫度(T_{amb})之差值：
 $T_{\text{con}}=T_{\text{obs}}+(40-T_{\text{amb}})$ ，其中 T_{con} 就最終所得之值，該值不得超過標

準規定。

4. 耐火測試 MST23：

目的：要求為屋頂覆蓋材料或安裝到建物現有屋頂上之 PV 模組建立基本耐火性。

設備及試驗條件：


- (1) 火焰散佈測試：將樣品置於每 300mm 有 127mm 傾斜度的架上，以規定之燃燒器噴火燃燒，若火災安全等級為 A、B 者燃燒 10 分鐘，若為等級 C 者則燃燒 4 鐘。
- (2) 燃燒木堆測試：
 - a. 火災安全等級 A：以一個用松木條組合成之 300mm 長 × 300mm 寬 × 高約 57.3mm 之松木堆所點燃的火堆置於樣品上。
 - b. 火災安全等級 B：以一個用松木條組合成之 150mm 長 × 150mm 寬 × 高約 57.3mm 之松木堆所點燃的火堆置於樣品上，待第一個火堆完全熄滅後再於上第二個火堆(規格相同)。
 - c. 火災安全等級 C：以 20 個用松木條組合成之 38.1mm 長 × 38.1mm 寬 × 高約 39.6mm 之松木堆所點燃的火堆，每隔一至二分鐘放於樣品之上。

七、美國科羅拉多州國家再生能源實驗室 NREL 考察

美國國家再生能源實驗室(NREL)創建於 1974 年，座落於美國科羅拉多州的丹佛。其於 1977 年開始作為太陽能研究協會，1991 年被美國能源部(DOE)任命為國家實驗室，並改名為 National Renewable Energy Laboratory(NREL)。

In our Device Performance Lab, we:

- Measure and report solar cell and module performances.
- Serve as an independent facility for verifying device performance for the entire PV community.
- Help the PV community solve its special measurement problems.
- Collaborate with researchers to analyze materials and devices.



*The Device Performance Team:
Don Dunlavy, Larry Ottoson,
Steve Rummel, Allan Anderberg,
James Kiehl, Tom Moriarty, and
Keith Emery*

圖 13 NREL 成立宗旨

NREL 是美國 12 個國家實驗室之一，也是唯一專門研究再生能源的國家重點實驗室。此實驗室目前致力於可再生能源和高效能源研發，主要研究太陽能、風能、地熱及生物發電。

表 14 NREL 的研發領域

— 可再生電能
— 可再生燃料能源
— 綜合能源系統的研發和測試
— 能源策略分析
— 技術轉讓

NREL 的使命和策略在於推動美國能源部與能結構的發展。實驗室的科技人員憑借著客觀嚴謹的市場觀察力，利用科學創新方法加速各種替代能源解決方案的研發。這些領域涵蓋了對再生能源的理解，以及將可再生電能、傳統能源及燃料能源相互轉換，最終實現家庭、商業、交通運輸等領域的再生電能和燃料能源的應用。

NREL 對於太陽能之研究著墨甚深，其亦為目前全球 4 家一級太陽能電池參考件(Reference solar cells)的校驗機構之一，如表 15 所示：

表 15 一級太陽能電池參考件(Reference solar cells)的校驗機構

1	美國 NREL (National Renewable Energy Laboratory)
2	德國 PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)
3	日本 AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
4	義大利 ESTI (European Solar Test Installation)


太陽能電池模組-photovoltaic (PV)是由半導體的材料(PN 接面二極體)製造而成。當光源照射太陽能板，部分波長的光源被半導體材料吸收而轉換為電源的型式。為數大約 10~20 個 PV 陣列可為每一家庭提供足夠電力；若為工業界應用，數百個陣列可以互聯形成 PV 系統。太陽能電池的效率表現依據利用儀器測量而得。某些波長能量可被不同的半導體材料高效率地反射或吸收。因此，典型的商業太陽能電池約有 15%的轉換效率。過低的效率意謂着需要更大的太陽能陣列系統，並且需要花費更多的費用。故改善太陽能電池模組效率、持續降低太陽能電池模組費用是 NREL 研究員和美國能源部的一個重要目標。而就目前 NREL 所公告之太陽能電池之轉換效率已達 41%。



圖 14 國家再生能源實驗室(NREL)– 1617 Cole Blvd. Golden, CO 80401-3393

In our Device Performance Lab, we:


- Measure and report solar cell and module performances.
- Serve as an independent facility for verifying device performance for the entire PV community.
- Help the PV community solve its special measurement problems.
- Collaborate with researchers to analyze materials and devices.



The Device Performance Team: Don Dunlavey, Larry Olsson, Steve Kimmel, Allan Anderberg, James Kiehl, Tom Moriarty, and Keith Emery

We calibrate primary reference cells:

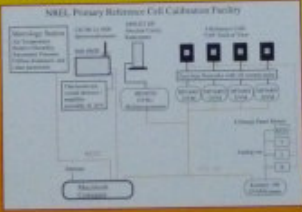
- For in-house use and for use by other national labs.
- To provide our clients and partners with a path for traceability to standards.



Our lab is one of four facilities in the world that are certified to calibrate reference cells in accordance with the world photovoltaic scale.

To calibrate primary reference cells, we use:

- Multiple test beds for accurate and reliable results.
- Spectrally adjustable light sources for multi-junction devices.



Schematic of NREL's Primary Reference Cell Calibration Facility.

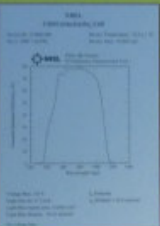
圖 15 一級標準太陽電池校正

For devices that come to our team for measurement, we follow this standard procedure.

Step 1. Log in the device.

Step 2. Measure its area (crucial for determining device efficiency).

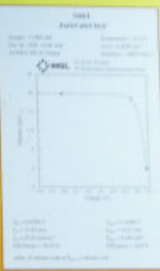
Step 3. Obtain its spectral responsivity.



Typical output for spectral responsivity, showing external quantum efficiency vs. wavelength for a record-setting copper indium gallium diselenide device.

Step 5. For devices and modules:

- Measure I-V characteristics of the device under simulated conditions.
- For modules, also measure I-V performance under natural sunlight to determine module response under "real" conditions.



Typical output for I-V measurements, for a copper indium gallium diselenide device.

Step 4. Calculate the spectral mismatch (using the spectral responsivity information) between the test device and a primary reference cell. This value is used for the subsequent current-voltage (I-V) measurement.

$$k_m = \frac{\int E_{ref}(\lambda) S_2(\lambda) d\lambda \int E_1(\lambda) S_1(\lambda) d\lambda}{\int E_1(\lambda) S_2(\lambda) d\lambda \int E_{ref}(\lambda) S_1(\lambda) d\lambda}$$

The calibration equation used by AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), ISE (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems), and other calibration labs.

- E_{ref} = Reference cell spectral responsivity (external quantum efficiency)
- $S_2(\lambda)$ = Spectral irradiance of the incident light source ("real" AM1.5)
- $S_1(\lambda)$ = Reference spectral irradiance as a function of wavelength ("real" AM1.5)
- E_1 = Spectral response of the reference cell (AM1.5)
- S_1 = Spectral response of the test cell (AM1.5)
- E_{ref} = Measured (uncertainty corrected) of the PV cell as the reference (uncertainty and reference used standard AM1.5)

Step 6. Review the results for anomalies or procedural errors.

Step 7. Prepare a report for the client (as simple as a presentation of data tables or as involved as a document containing description, analysis, data, and recommendations).




圖 16 太陽能電池模組光譜量測流程總圖



圖 17 獲 A2LA 之認證證書

八、美國伊利諾州 UL 總部參訪

UL 是 Underwriters Laboratories Inc. 的簡稱, 中文意思是保險商試驗所。UL 安全試驗所是美國最有權威的, 也是世界上最早的從事安全試驗和鑒定的較大的民間機構, 它成立於 1894 年, 是一家獨立、非盈利、權威的試驗機構及公共安全服務公司。UL 是美國的 ISO9000 權威認證機構。UL 是全球最大的安全檢定中心。UL 的宗旨是倡導產品品質的改良和保證。進入美國的電子、電工產品, 都需要有 UL 標志, 以證明其產品安全可靠, 否則美國海關有機拒絕其產品進入美國。UL 的服務內容是為材料、工具、產品、設備、構造、方法和系統等對生命財產的危險性進行試驗。UL 工程部門按評鑒產品的類別查驗產品的結構進行試驗, 評鑒試驗結果, 制定安全標準。UL 已評審、測試和檢驗過上百萬種的產品、系統和生產過程。產品安全認證作為消除國際貿易技術壁壘的有效手段而言, UL 為促進國際貿易的發展也發揮著積極的作用。初始階段 UL 主要靠防火保險部門提供資金維持運轉, 直到 1916 年, UL 才完全自立。經過近百年的發展, UL 已成為具有世界知名度的認證機構, 其自身具有一整套嚴密的組織管理體制、標準開發和產品認證程序。UL 由一個有安全專家、政府官員、消費者、教育界、公用事業、保險業及標準部門的代表組成的理事會管理, 日常工作由總裁、副總裁處理。目前, UL 在美

國本土有五個實驗室，總部設在芝加哥北部的 Northbrook 鎮，同時在台灣和香港分別設立了相應的實驗室。

參、心得：

本次行程共分 3 大部分：

首先是在 UL 矽谷試驗室接受太陽光電模組安規檢測技術訓練，其主軸是以 UL1703 標準內容為主，再說明 IEC61215、61646 及 IEC61730-1/-2 等標準之內容。在此一訓練課程中，學習到有關於 UL1703 標準之內容及其檢測方法，並能瞭解 IEC61215、61646 及 IEC61730-1/-2 標準內容，且該兩套標準乃現今全球對於太陽光電模組檢測所用之標準，可說本次訓練已然對於全球適用之光電模組測標準有一基本的瞭解；另講師提供了許多 UL 公司對於檢測設備、測試時之耗材的之規格要求的詳細資料，這對於建置試驗室之規劃，有相當的助益。惟因 UL 公司要求對於儀器設備必須保密，無法於報告中分享有關之儀器設備照片，甚為可惜。

再者則是赴科羅拉多州丹佛市國家再生能源實驗室 NREL 考察、參訪，主要目的是瞭解美國在太陽光電研發之概況及其一級標準太陽電池之校正技術及追溯體系。在此一參訪過程中，講解人員相當詳細的解說，從校正方法的研究、量測設備之組成等等均有相當的體認。

最後則參訪了 UL 公司位於芝加哥的總部，主要目的為考察該公司於太陽光電模組之防火測試之設備等。在此一參訪過程中，除了能一窺 UL 防火中心所有關於防火之測試及研究試驗設備，能瞭其對於”防火”這個課題所下之工夫是多麼巨大及完備，更能現場觀看太陽光電模組模擬燃燒試驗之設備及實測，是相當難得的經驗。

本次訓練及參訪課程對於本局正執行「建置節約能源、再生能源與前瞻能源產業產品標準、檢測技術及驗證平台」之計畫有相當的助益。

肆、建議事項：

太陽光電模組及系統產業在全球已是一股相當巨大的經濟潮流，現在全球對於相關產品之檢驗驗證已大多有各自的布局，如北美地區仍一如其他產品，需要有 UL 的驗證標章，而歐洲則以 TUV 或 VDE 為主，另若適用於低電壓指令之光電模組仍必須受強制性產品驗證標章(CE)之管制，而亞洲的日本則有 JET，相較之下我國對此一產業之驗證尚無具體方案；我國在半導體產業之原有基礎下，造就了光電模組產業的極大競爭優勢，但因內銷市場尚未開展，大多的模組製造均以外銷為主，然而”驗證”就成為外銷的一大阻礙，廠商往往因檢測驗證的時程過長，而影響商機。

然雖說全球現行所用之驗證制度大體相同，且所使用之檢測標準歸納分析，其實只有兩套：IEC 及 UL，但 UL1703 與 IEC61730-1/-2 標準之內容也大致相同，惟各驗證單位之間

的相互認可之機制並非熟，致使雖有 CB 的認可機制為基礎，實則仍屬各自驗證的狀態，此一情形使得以外銷導向之我國光電模組產業更受阻力。

為協助產業發展及保護使用者之基本安全，我國應儘速規劃建置相關之驗證制度及檢測能力，並加強國際合作，以協助業界能以最短的時間內取得國際驗證，拓展業務。此外，為確試驗室的量測品質(如：I-V 曲線及最大功率等)及確保買賣公平性，對於太陽電池之標準件的校正及追溯體系亦必須加速建立。