

太陽光電產品檢測技術簡介

郭柏成／財團法人台灣大電力研究試驗中心工程師

一、前言

我國能源轉型以減煤、增氣、展綠、非核之潔淨能源發展方向為規劃原則，在確保電力供應穩定，兼顧降低空污及減碳之前提下，鼓勵及擴大再生能源推廣，經濟部為此提出風電／光電、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能、節能等五大關鍵戰略，並提出2050年再生能源占比60%~70%為目標[1]，積極推動太陽光電及風力發電建置；至111年止根據台電統計數據顯示，目前全臺裝設之太陽光電裝置容量（包含屋頂型及地面型）已達約3.18 GW。

太陽光電模組（下稱PV模組）廣泛被使用於商用大型發電系統案場，如：地面型系統、屋頂型系統及水面型系統，根據InfoLink市場調查資訊[2]，2023年採用182 mm/210 mm單面單晶PERC Cell模組報價約\$0.215(USD/W)，再依據「太陽光電模組產製登錄平台」

[3]記錄每年PV模組裝設量之統計資訊，臺灣每年約有1000 MW(1 GW)模組登錄安裝，因此可約略估算僅PV模組市場產值已達約65.8億新臺幣（美金－臺幣匯率以30.63計算時）。

除商業用途外，PV模組也應用在消費型產品領域，如：露營用品、民生及工程用品，可說應用範圍廣泛，因此市場除重視太陽光電產品的輸出性能及效率外，其產品可靠度及安全性亦相當重要。為確保太陽光電產品的輸出性能（轉換效率）、可靠度（產品壽命）與安全性（人身安全）符合政策、環境及市場需求，經濟部標準檢驗局（下稱標準局）參考國際規範制修訂相關太陽光電國家標準，供廠商產品研發及量產參考使用。

本專題報告主要分別介紹：性能試驗、可靠度試驗及安全性試驗三大領域中較為關鍵的測試方法及條件，幫助讀者了解太陽光電產品檢測技術內容、關

鍵點及重要性。

二、太陽光電模組產品型式試驗

每項產品在安裝及使用的過程中皆有其風險須被考量，而其中最常被第一時間考量的是與「電」有關的部份，因其所帶來的直接與間接傷害最大，如：觸電、短路、過熱及因過熱所可能造成的火災及延燒；此外亦有結構設計帶來的潛在安全性問題，例如：過於銳利的邊緣、結構設計不符合正常使用需求導致損毀並傷及人身、未考量使用環境中可能的惡劣氣候或地理變數，導致損毀、脫飛或掉落，造成財產甚至人身的損失，最後則是考量產品整體設計的可靠度是否可滿足其所宣稱的使用壽命及功能性。

PV模組產品，需經過標準局指定之實驗室的測試，取得VPC證書方能在臺灣市場銷售及取得政府補助。

而與PV電模組試驗有關之主要檢驗標準即中華民國國家標準(CNS)，包含：

- (一) CNS 61215-1：結晶矽陸上太陽光電模組－設計確認和型式認可－第1部：試驗要求。
- (二) CNS 61215-2：陸上太陽光電(PV)模組－設計確認及型式認可－第2

部：試驗程序。

- (三) CNS 15118-1：太陽光電模組之安全確認－第1部：結構要求。
- (四) CNS 15118-2：太陽光電模組之安全確認－第2部：試驗要求。

三、太陽光電產品檢測技術簡介

PV電模組產品型式試驗的測試項目多且繁複，如CNS 61215-1即定義相關測試23項、7道測試序列，CNS 15118-2則定義相關測試33項、13道測試序列。本專題報告選取前述所提國家標準中較重要的產品檢測技術進行簡介。

- (一) 簡介一、CNS 61215-2／測試項目4.19：穩定化 (MQT 19，其中Module Quality Test, MQT，為模組品質測試)

測試目的：所有PV模組應為電氣穩定。

基於此一目的，所有模組應曝露於特定的程序，且應在之後立即量測輸出功率。應重複此程序及輸出功率量測，直到評估模組之功率輸出位準已達到電氣穩定。其中利用光進行穩定化之處，宜使用模擬太陽照射而非自

然光。

測試方法：應利用以下公式作為評估模組是否達到電氣功率輸出穩定化之基準：

$$(P_{\max} - P_{\min})/P_{\text{average}} < x$$

(公式中， x 參照本系列標準技術特定部分之定義〔CNS 61215-1-1、CNS 61215-1-4〕)

其中， P_{\max} 、 P_{\min} 、 P_{average} 的定義為從測試MQT 06.1之測試程序，並依循MQT 02測試步驟中取得之 P_1 、 P_2 、 P_3 值， P_{\max} 及 P_{\min} 為此3值之極端值， P_{average} 則為此3值之平均值。

穩定化程序：分為室內穩定化及室外穩定化

室內穩定化：室內穩定化採用人造光源之方式，對PV模組進行光照試驗，其設備規格及測試條件如下：

1. 符合CNS 13059-9之CCC級或更佳的太陽光模擬器。
2. 含積分器之適當基準裝置，以監測照射量。
3. 製造商建議之模組安裝方法，且與基準裝置在同一平面上。
4. 利用基準裝置將照射度設定在800 W/m²至1,000 W/m²之間。

5. 模擬器曝露期間，模組溫度應維持在(50 ± 10)°C範圍內。應在與開始時相同之溫度± 2 °C下進行所有後續穩定化。

6. 準確度為± 2.0 °C且重複性為± 0.5 °C之模組溫度監測方法。溫度感測器應安裝在能代表平均模組溫度之位置。

7. 使模組以接近其最大功率點操作之電阻性負載或電子最大功率點追蹤器(Maximum power point tracking, MPPT)。

室外穩定化：室外穩定化則採自然光方式對PV模組進行光照穩定，其量測方法及測試程序應符合以下方式：

1. 含積分器之適當基準裝置（日照計，如圖1所示），以監測照射量。
2. 依製造商建議之模組安裝方法，且與基準裝置在同一平面上。
3. 對於檢查穩定情況所需之總照射量，僅考慮500 W/m²以上之照射度位準。溫度極限參照本系列標準之技術特定部分規定。
4. 準確度為± 2.0 °C且重複性為± 0.5 °C之模組溫度監測設備。溫度感測器應安裝在能代表平均模組溫度之位置。
5. 使模組以接近其最大功率點操作之電阻性負載或電子最大功率點追蹤

器(MPPT)。(建議使用最大功率點追蹤裝置：微型變流器〔micro-inverter〕，如圖2所示)。



圖1 日照計 (示意圖)



圖2 微型變流器 (示意圖)

測試程序：無論採用室內穩定化或室外穩定化方法對PV模組進行穩定化測試，都應遵循以下測試程序：

1. 利用最大功率測定(MQT 02) 程序，在任何便利可得的模組溫度下量測各模組的輸出功率，惟該溫度應在允許範圍內且再現性在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 內，以利日後再進行量測。
2. 將負載連接至模組，並以製造商建議之方法，將模組與基準裝置安裝在模擬器（或戶外支撐架）試驗平面上。
3. 記錄照射度位準、累積照射量、溫度

及所用之模組電阻性負載。

4. 將各模組至少暴露於本標準MQT 19技術特定部分定義之2個照射度區段，直到最大功率值達穩定狀態。
5. 應利用MQT 02測試方法量測輸出功率。包含參照MQT 02量測之光暴露與參照MQT 06.1最終測定最大功率的間隔時間，參照本系列標準技術特定部分之規定。
6. 應以大約相等的累積照射量間隔進行MQT 02 中間量測。最低照射量如本標準技術特定部分之定義。應可在再現性 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之任何便利的模組溫度下，進行所有中間最大功率量測。
7. 報告達到穩定時之累積照射量及所有參數。對於室外程序（如適用），應說明所用之負載類型並顯示溫度及照射度曲線。

(二) 簡介二、CNS 61215-2／測試項目4.13：濕熱試驗(MQT 13)

測試目的：所有PV模組應為耐高溫耐濕之產品。模組的功能即是接受日照以進行光電轉換發電，在強烈的日照下將會產生較高工作溫度，高溫亦會影響光電轉換效率；此外，

PV模組安裝環境通常在空曠閒置的場域（地面型系統），包含濕地、沼澤或埤塘（水面型系統），水氣入侵會造成封裝材料(EVA)水解並產生醋酸根，腐蝕太陽能電池。

測試方法：應於符合IEC 60068-2-78中4.1節所規範之測試試驗艙中進行濕熱試驗（如圖3）。測試過程將樣品放入試驗艙，並依循IEC 60068-2-78中4.4節描述，依以下述嚴酷度進行測試。

試驗溫度： $(85\pm 2)^\circ\text{C}$

相對溼度： $(85\pm 5)\%$

試驗期間： $1000 \leq h \leq 1048$ ，且不得進行任何預處理。

試驗期間模組處理：

1. 模組連接器應短路相連。
2. 對於可撓式模組於試驗期間，模組應根據製造商的文件使用規定的基材和粘合劑或連接／安裝方式進行安裝。

最終量測：在溫度 $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 、相對濕度小於75 %且開路情況下，恢復時間2 h且不超過4 h之後，重複MQT 01（目視檢驗）及

MQT 15（濕漏電流試驗）之試驗。

驗收條件：

1. 無CNS 61215-1: 2022所定義之目視主要缺陷。
2. 濕漏電流應符合與初始量測相同之要求。



圖3 臺灣大電力研究試驗中心濕熱試驗艙

（三）簡介三、CNS 15118-1／測試項目

5.6.3.4：空間距離(c1)及沿面距離(cr)

測試目的：量測PV模組內帶電部位與帶電部位之間的距離，避免過短距離的設計造成PV模組於使用中發生短路、失效或甚至電弧，造成模組功能性、可靠度甚至安全性的失效。

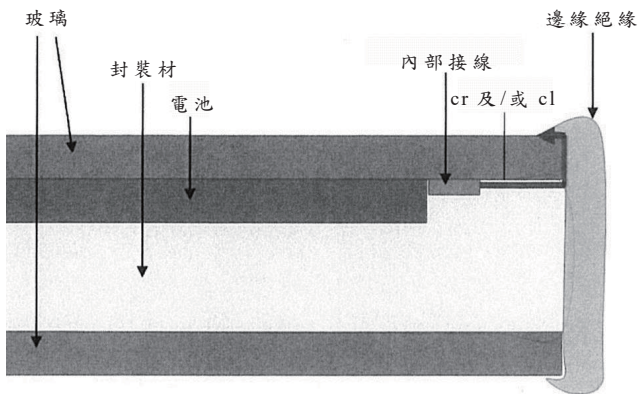


圖4 空間距離(c1)及沿面距離(cr)示意圖

測試方法：依據CNS 15118-1（如表1及表2），來決定「空間」(cl)及「沿面」(cr)距離尺度。而為評估最小空間及沿面距離，須考慮IEC 60664-1之一般絕緣協調要求。與PV模組有關之絕緣協調及空間與沿面距離量測要求，則須參考CNS 15118-1附錄B所示。若為由不同材料組別所組成之介面上的沿面路徑，則須採用較高的數值。

而表1及表2所示空間距離通常適用於在最高海拔2,000 m以下之操作環境，若PV模組是在2,000 m以上之高度進行操作，則其設計之所有“空間”距離須乘以表表3所示之適用係數。

表3 CNS 15118-1 額定最高可於海拔7,000 m操作之設備的空間距離加乘係數

額定操作海拔高度 (m)	加乘係數
最高2,000	1.00
2,001至3,000	1.14
3,001至4,000	1.29
4,001至5,000	1.48
5,001至6,000	1.70
6,001至7,000	1.95

(四) 簡介四、CNS 15118-2 / 測試項目
10.15：溫度試驗(MST 21)

測試目的：溫度測試是設計來決定製造PV模組所用之各種元件與材料之最大參考溫度，以建立其用適用性。測試可在自然陽光下或於無源天區(cold sky)條件之太陽光模擬器進行。

測試方法：分為室外法及室內法

1. 室外法：

(1) 測試設備：

- A. 由合適木板構成的平臺，平臺塗成黑色且具有足夠的機械強度不會受溫度影響而彎曲。木板後方須設置U值（導熱率）小於 $0.5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 之絕熱層。
- B. 將日射強度計(pyranometer)或

表1 CNS 15118-1 II級太陽光電模組絕緣厚度、沿面距離(cr)及空間距離(cl)

介於	汙染程度	距離 mm																								
		≤35 V 直流電壓 ^{a,d}			100 V 直流電壓 ^a			150 V 直流電壓 ^a			300 V 直流電壓 ^a			600 V 直流電壓 ^a			1,000 V 直流電壓 ^a			1,500 V 直流電壓 ^a						
		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr					
			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別								
		I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III		
(1a) 內部帶電 部件與外部 可觸及表面	1	0.4		0.5		0.6		1.4		8.0 ^b	3.4		14.0 ^b	6.4		19.4 ^b	10.4									
	2	0.5 ^{b,c}	1.2	1.7	2.4	1.5 ^b	1.4	2.0	2.8	3.0 ^b	1.6	2.2	3.1	5.5 ^b	3.0	4.2	6.0	6.1	8.6	12.0	10.0	14.2	20.0	15.0	20.8	30.0
	3	3.0		3.4	3.8	3.6	4.0	4.4	3.9	4.3	4.9	7.5	8.5	9.4	15.2	17.1	19.1	25.0	28.0	32.0	37.7	41.7	47.1			
(1b) 薄層厚度 (參 5.6.4.3)	-	0.01			0.01			0.01			0.01			0.06			0.15			0.3						
(2) 太陽光電 模組內不同電 位之帶電部件	1	0.1	0.2		0.3		0.3		0.7		5.5 ^b	1.7		8.0 ^b	3.2		11.0 ^b	5.2								
	2	0.2	0.6	1.0	1.2	0.5 ^{b,c}	0.7	1.0	1.4	1.5 ^b	0.8	1.1	1.6	3.0 ^b	1.5	2.1	3.0	3.0	4.3	6.0	5.0	7.1	10.0	7.5	10.4	15.0
	3	0.8	1.5	1.7	1.9	1.8	2.0	2.2	2.0	2.2	2.5	3.8	4.2	4.7	7.6	8.6	9.5	12.5	14.0	16.0	18.9	20.9	23.6			
(3) 可重新接 線之接線盒的 不同極性接線 端	1	0.4		0.5		0.6		1.4		8.0 ^b	3.4		14.0 ^b	6.4		19.4 ^b	10.4									
	2	0.5 ^{b,c}	1.2	1.7	2.4	1.5 ^b	1.4	2.0	2.8	3.0 ^b	1.6	2.2	3.1	5.5 ^b	3.0	4.2	6.0	6.1	8.6	12.0	10.0	14.2	20.0	15.0	20.8	30.0
	3	3.0		3.4	3.8	3.6	4.0	4.4	3.9	4.3	4.9	7.5	8.5	9.4	15.2	17.1	19.1	25.0	28.0	32.0	37.7	41.7	47.1			
(4) 膠接結合 厚度	-	0.2			0.3			0.5			1.0			1.5			2.0			3.5						

^a 針對第 1a)、1b)、3)及 4)行，適用之相關電壓須為系統電壓。針對第 2)行，與在 STC 下不同電位部件間之工作電壓有關。表中所示數值為將 IEC 60664-1 之數值四捨五入至小數點後一位。
^b 若實測空間距離小於最小必要空間距離，則 IEC 60664-1 規定之衝擊電壓試驗須證明距離適當。為評估內部帶電部件與外部可觸及表面間之空間距離，可採用 CNS 15118-2 MST 14。
^c 若為汙染程度 3，此數值增加至 0.8 mm。
^d 若為工作電壓低於 20 V 之設計，可直接套用 IEC 60664-1 之數值。

表2 CNS 15118-1 0級和III級太陽光電模組絕緣厚度、沿面距離(cr)及空間距離(cl)

介於	汙染程度	距離 mm																								
		535 V 直流電壓 ^{a,d}			100 V 直流電壓 ^a			150 V 直流電壓 ^a			300 V 直流電壓 ^a			600 V 直流電壓 ^a			1,000 V 直流電壓 ^a			1,500 V 直流電壓 ^a						
		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr					
			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別			材料組別								
		I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III		
(1a) 內部帶電 部件與外部 可觸及表面	1	0.1	0.2		0.5 ^{b,c}	0.3		1.5 ^b	0.3		3.0 ^b	0.7		5.5 ^b	1.7		8.0 ^b	3.2		11.0 ^b	5.2					
	2	0.2	0.6	1.0	1.2	0.7	1.0	1.4	0.8	1.1	1.6	1.5	2.1	3.0	3.0	4.3	6.0	5.0	7.1	10.0	7.5	10.4	15.0			
	3	0.8	1.5	1.7	1.9	1.8	2.0	2.2	2.0	2.2	2.5	3.8	4.2	4.7	7.6	8.6	9.5	12.5	14.0	16.0	18.9	20.9	23.6			
(1b) 薄層厚度 (參見 5.6.4.3)	-	0.01			0.01			0.01			0.01			0.06			0.15			0.3						
(2) 太陽光電 模組內不同電 位之帶電部件	1	0.1	0.2		0.5 ^{b,c}	0.3		1.5 ^b	0.3		3.0 ^b	0.7		5.5 ^b	1.7		8.0 ^b	3.2		11.0 ^b	5.2					
	2	0.2	0.6	1.0	1.2	0.7	1.0	1.4	0.8	1.1	1.6	1.5	2.1	3.0	3.0	4.3	6.0	5.0	7.1	10.0	7.5	10.4	15.0			
	3	0.8	1.5	1.7	1.9	1.8	2.0	2.2	2.0	2.2	2.5	3.8	4.2	4.7	7.6	8.6	9.5	12.5	14.0	16.0	18.9	20.9	23.6			
(3) 可重新接 線之接線盒的 不同極性接線 端	1	0.4		0.5		0.6		1.4		8.0 ^b	3.4		14.0 ^b	6.4		19.4 ^b	10.4									
	2	0.5 ^{b,c}	1.2	1.7	2.4	1.5 ^b	1.4	2.0	2.8	3.0 ^b	1.6	2.2	3.1	5.5 ^b	3.0	4.2	6.0	6.1	8.6	12.0	10.0	14.2	20.0	15.0	20.8	30.0
	3	3.0		3.4	3.8	3.6	4.0	4.4	3.9	4.3	4.9	7.5	8.5	9.4	15.2	17.1	19.1	25.0	28.0	32.0	37.7	41.7	47.1			
(4) 膠接結合 厚度	-	0.1			0.2			0.25			0.5			0.7			1.0			1.7						

^a 針對第 1a)、1b)、3)及 4)行，適用之相關電壓須為系統電壓。針對第 2)行，與在 STC 下不同電位部件間之工作電壓有關。表中所示數值為將 IEC 60664-1 之數值四捨五入至小數點後一位。
^b 若實測空間距離小於最小必要空間距離，則 IEC 60664-1 規定之衝擊電壓試驗須證明距離適當。為評估內部帶電部件與外部可觸及表面間之空間距離，可採用 CNS 15118-2 MST 14。
^c 若為汙染程度 3，此數值增加至 0.8 mm。
^d 若為 III 級太陽光電模組，僅適用本欄(< 35 V)及第 2)和 3)行。
^e 若為工作電壓低於 20 V 之設計，可直接套用 IEC 60664-1 之數值。

符合CNS 13059-2的太陽光電參考裝置安裝在待測PV模組30 cm內之結構平面上。

- C. 將至少可測試0.25 m/s風速之儀器安裝於平臺上方約0.7 m處。
- D. 將時間常數小於或等於PV模組時間常數之環境溫度感測器安裝在通風良好的遮蔽箱體內，感測器須置於平臺的左側或右側，以免發生熱干擾。
- E. 可測試PV模組元件溫度且精確度為 ± 2 K之溫度監測系統。
- F. 可記錄參數且間隔時間不超過5秒之資料擷取系統。
- G. 最大功率點追蹤裝置或能使PV模組在STC下於最大功率點附近操作之電阻性負載。

b. 測試程序：

依照製造商的安裝說明書，測試PV模組以照射太陽側朝上的方式安裝於塗黑的平臺上。若說明書提供一個以上之選擇，則須採用提供最不利溫度條件之方案。若未提供間距說明，被測PV模組須水平安裝並直接平放在平臺上，與平臺間無距離。

木製平臺的塗黑側須面朝測

試樣品，且平臺每一邊至少應比PV模組長60 cm，除非PV模組直接安裝於尺寸類似的其他PV模組旁邊。

待測PV模組須連接至電阻性負載或最大功率點追蹤裝置。

整個測試期間須監測以下參數：

- (a) PV模組元件及材料之溫度；
- (b) 環境溫度；
- (c) 照射度；
- (d) 風速。

C. 室內法：

a. 測試設備：

- (a) 符合CNS 13059-9之BBC級以上之連續光源太陽模擬器，從上方照亮水平安裝之測試平臺，測試區域（PV模組面積加上PV模組周圍20 cm）內之平均照射度為 $1,000 \text{ W/m}^2$ 。
- (b) 參考電池以測試測試平面之照射度。
- (c) 低溫天空以避免光源影響測試結果。
- (d) 與光源平行、塗成黑色且具有足夠的機械強度不會受溫度影響而彎曲之測試平臺。

- (e) 將待測PV模組直接平放並安裝於測試平臺上的方法。
- (f) 手持式風速計，確保測試期間之風速 $< 0.25 \text{ m/s}$ ；通常測試期間之風速為接近 0 m/s 。
- (g) 將時間常數小於或等於PV模組時間常數之空氣溫度感測器安裝在通風良好的遮蔽箱體內。感測器須置於平臺的左側或右側，以免發生熱干擾。
- (h) 可測試PV模組元件溫度且精確度為 $\pm 2 \text{ K}$ 之溫度監測系統。
- (i) 可記錄參數且間隔時間不超過5秒之資料擷取系統。
- (j) 最大功率點追蹤裝置或能使PV模組在STC下於最大功率點附近操作之電阻性負載。

b. 測試程序：

按照製造商的安裝說明書，測試PV模組以照射太陽側朝上的方式安裝於塗黑的平臺上。若說明書提供一個以上之選擇，則須採用提供最不利溫度條件之方案。若未提供間距說明，被測PV模組須水平安裝並直接平放在平臺上，且與平臺間無距離。

塗成黑色的測試區域須面朝

測試樣品，且平臺每一邊至少應比PV模組長 60 cm ，除非PV模組直接安裝於尺寸類似的其他PV模組旁邊。

待測PV模組須連接至電阻性負載或最大功率點追蹤裝置。

整個測試期間須監測以下參數：

- (a) PV模組元件及材料之溫度；
 - (b) 空氣溫度；
 - (c) 照射度；
 - (d) 風速，視需要（測試期間風速通常接近 0 m/s ）。
- c. 元件測試點包含：
- (a) 若為非玻璃，電池中央上方之PV模組面材（須盡量避免溫度感測器遮蔽電池）。
 - (b) 電池中央下方的PV模組底材。
 - (c) 接線盒之內部表面。
 - (d) 現場電路引線端。
 - (e) 現場電路接頭之絕緣。
 - (f) 外部接頭之本體（如適用）。
 - (g) 旁路二極體之本體（如適用）。

四、結論

PV模組的檢測對臺灣太陽光電系統發展十分重要，也同時能有效推廣綠能

產業。統計截至111年底，高效能太陽光電模組自願性產品驗證(VPC)總登錄鋪設量已超7.8 GW（VPC登錄鋪設量包含已併網和未併網的數量，台電僅統計有併網的數量，因此有數字上的落差；但總之VPC登錄鋪設量最終亦會通過台電併聯審查而併網，藉此表達市場有大量且持續增長的需求），標準局輔導多家廠商取得高效能太陽光電模組自願性產品驗證(VPC)證書，並完成太陽光電檢測服務累計超過85案。由以上數據可以充分證明，具有足夠的檢測能量是發展綠能產業的基礎更是一大助力。

五、參考文獻

1. 「臺灣2050淨零排放」，行政院 重要政策，取自<https://www.ey.gov.tw/>

Page/5A8A0CB5B41DA11E/7a65a06e-3f71-4c68-b368-85549fbca5d1 (112/3/14)

2. 光伏現貨價格，PV InfoLink，取自<https://www.infolink-group.com/spot-price/tw/> (112/4/25)
3. 太陽光電模組產製登錄平臺，取自<https://pv.trec.org.tw/statistics> (112/4/25)
4. CNS 61215-1：2022結晶矽陸上太陽光電模組－設計確認和型式認可。
5. CNS 61215-2：2022陸上太陽光電(PV)模組－設計確認及型式認可－第2部：試驗程序。
6. CNS 15118-1：2018太陽光電模組之安全確認－第1部：結構要求。
7. CNS 15118-2：2018太陽光電模組之安全確認－第2部：試驗要求。