

太陽光電系統維運驗證技術

工研院量測中心
太陽光電計量實驗室
報告人：李思賢
sven@itri.org.tw
中華民國108年7月30日

大綱

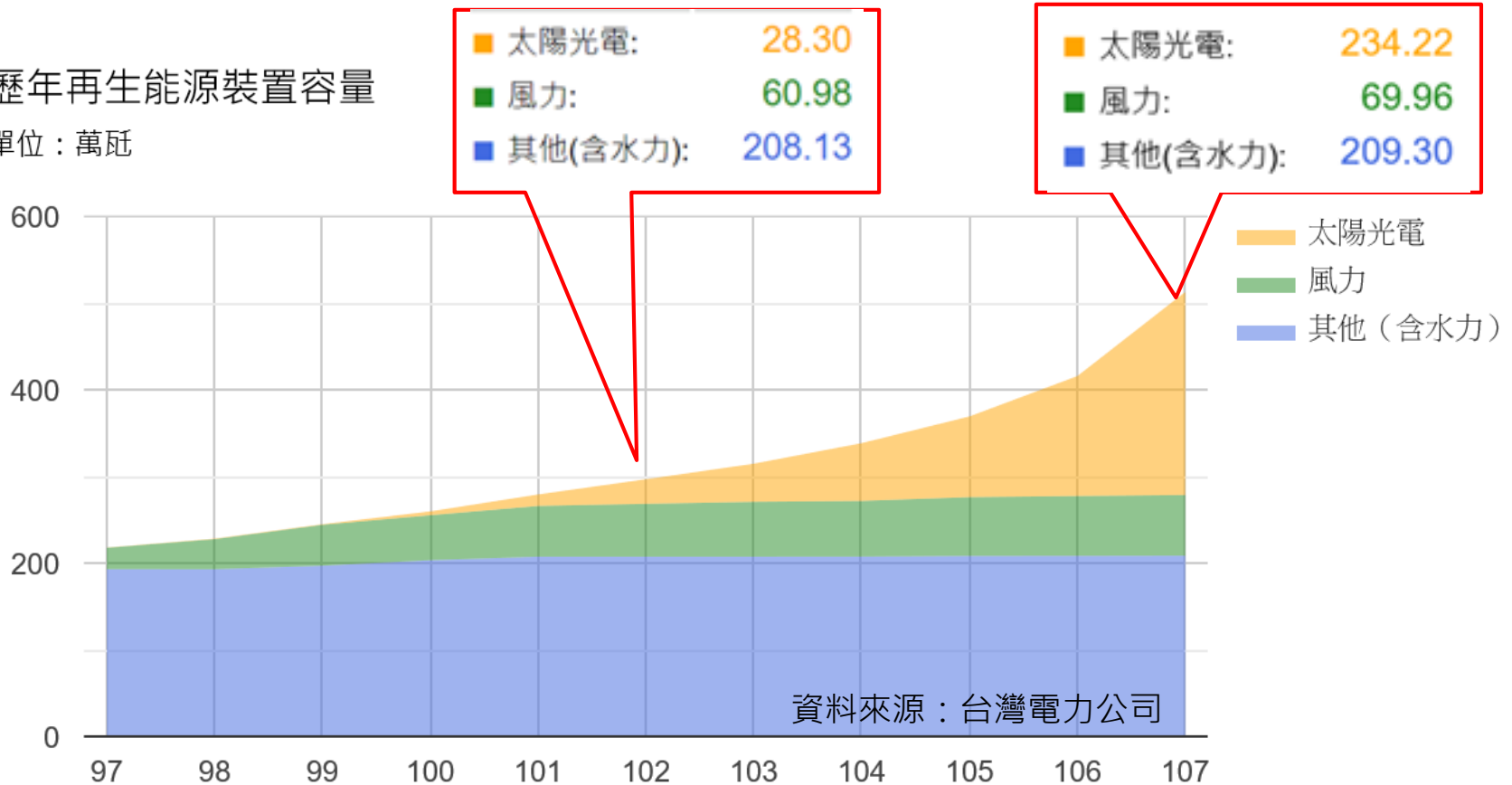
- 太陽光電系統的檢測標準與步驟
- 太陽光電系統試運轉檢測認證
- 太陽光電系統維運檢測認證
- 總結

■ 歷年太陽光電裝置容量

- 自103年以來**成長將近10倍**
- **90 %**的裝置容量在近**5年**內建置

歷年再生能源裝置容量

單位：萬瓩



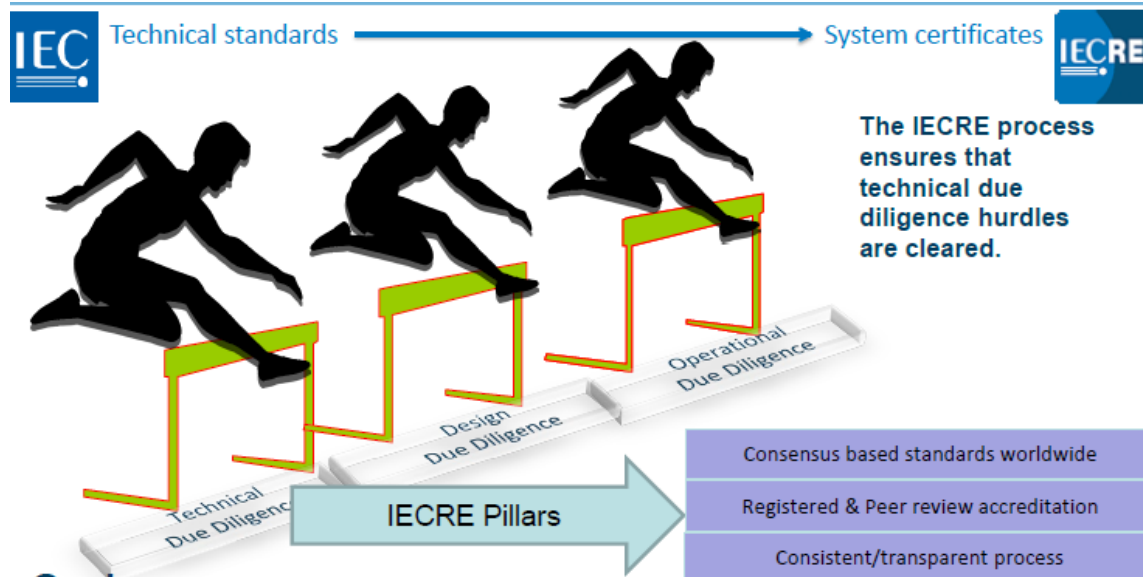
太陽光電系統的檢測標準與步驟

■ 為什麼要有太陽光電電站的認證？

1. 投資者想要的是零風險與低成本的投資標的
2. 規範與標準可以清除技術上的許多疑問與障礙

■ 目標

1. 減少嘗試失敗的過程所付出的成本
2. 由他人累積的經驗中得到學習的槓桿效應
3. 提供降低設備投資成本的可信依據



太陽光電系統的檢測標準與步驟

■ 投資者面臨的挑戰：

既要求系統的高可靠度與高效能產出又要求將成本能降至最低

■ 作業標準化與文件化的好處：

1. 可將國際或國家標準轉化為自己的作業標準
2. 由已知的經驗中得到學習

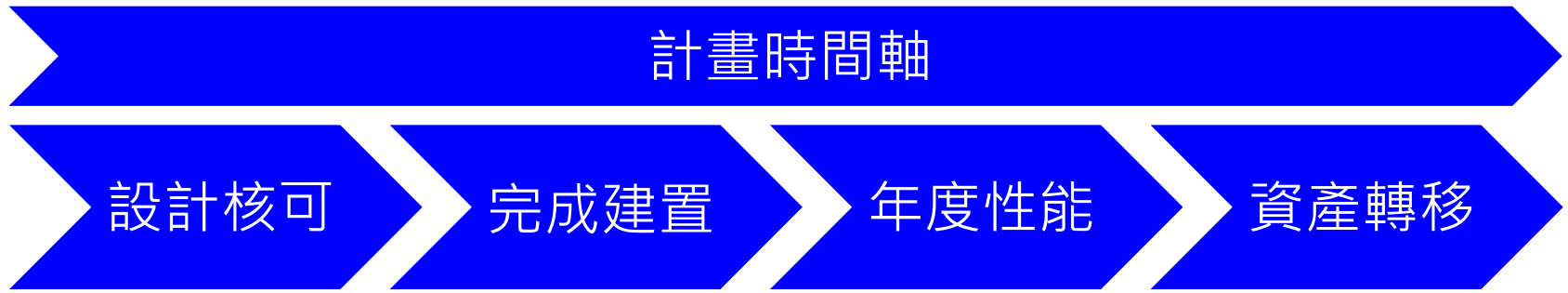
■ 每一階段進行監督

1. 設計規劃階段
2. 系統建置階段
3. 運營階段





太陽光電系統的檢測標準與步驟



- 計畫是否**正確的執行**完成，每一步驟都需要被**實證**
- 計畫時間軸的4階段
 1. 設計核可：電站建置的**前置作業**階段
 2. 完成建置：電站**準備運轉**階段
 3. 年度性能：竣工後運轉的**年度查核**階段
 4. 資產轉移：以電站**體質健全**為基礎進行**收購、轉讓**



計畫時間軸

設計核可

完成建置

年度性能

資產轉移

參考指引

- 符合所在地的法規與標準
- 元件的選用
 - 規格符合需求
 - 製程中的品管控制
- 安全性
 - 廠區進出管制
 - 持續性的監控
 - 過電流保護
- 良好的設計
 - 場址環境評估，氣候、遮陰等
 - 支架地基埋設



太陽光電系統的檢測標準與步驟

計畫時間軸

設計核可

完成建置

年度性能

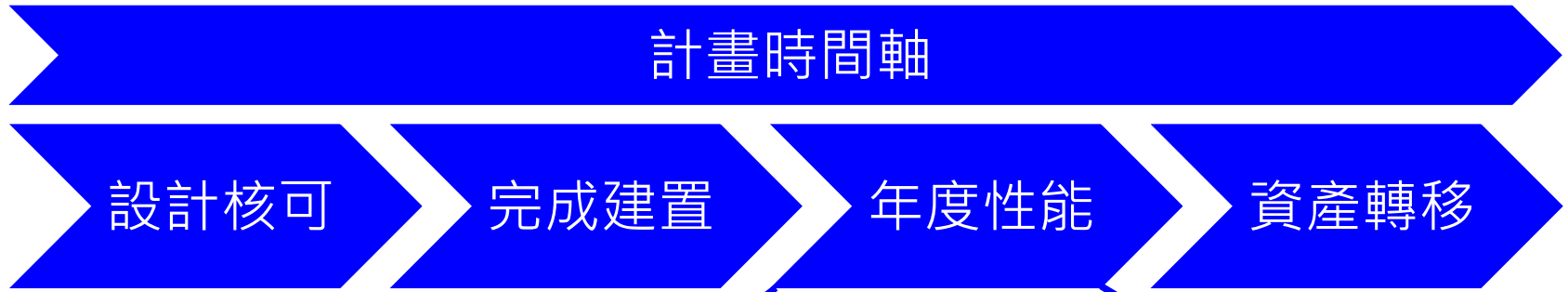
資產轉移

參考指引

- 符合所在地的法規與標準
- 完工後的目視檢查
- 元件品質確認
- 裝設品質管控
 - 施工人員訓練
 - 設計變更的檢討
 - 持續性的改進
- 系統性能查核
 - 電能產出是否符合設計預期？



太陽光電系統的檢測標準與步驟



參考指引

- 基於氣候及模擬資料，電廠性能是否符合預期？
 - 實際電力產出
 - 性能指標(Performance index)：量測性能除以基於氣候條件下的預期性能
- 運轉維護成本
 - 考量原計畫成本與統計年度可維持運轉成本的落差



太陽光電系統的檢測標準與步驟

計畫時間軸

設計核可

完成建置

年度性能

資產轉移

參考指引

- 電站的電力產出是否與模型的預估一致？
- 運轉維護成本是否與模型的預估一致？
- 是否有經過證實問題的發生？(電池片微裂、PID、蝸牛紋、熱斑等缺陷)

計畫時間軸

設計核可

完成建置

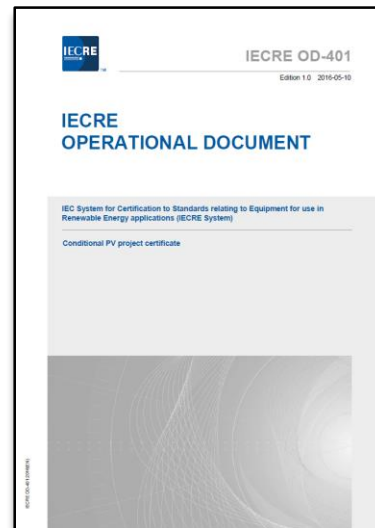
年度性能

資產轉移

- 定義技術需求
- 模組元件選用
 - IEC 61215
 - IEC 61730
 - IEC 62941
- PV 電站設計指南:
 - IEC 62548
 - IEC 62738
- 系統查驗檢測
 - IEC 62446-1
 - IEC 63049
 - IEC 61724-2
 - IECRE OD-401

- 系統長期評估及驗證
 - IEC 62446-1
 - IEC 62446-2
 - IECRE OD-401

尚處於概念發展階段



太陽光電系統-測試要求、文件和維護營運標準

- IEC 62446-1 Ed.1: 太陽光電系統-測試、文件和維護營運-第一部：併網系統-系統文件的最低要求、試運轉測試及檢查
 - 取代IEC 62446-2009
 - 文件審查：
 1. 系統資訊：系統基本資訊、設計者資訊及安裝承包商資訊
 2. 機電設計：模組陣列配置、交流系統、接地及超載保護、支架、規格書
 3. 維運作業：作業文件，測試報告及運行數據
 - 系統驗證：啟動運營或週期性檢測
 1. 低壓電器安裝驗證
 2. 類別1測試
 3. 類別2測試
 4. 附加測試
- IEC 62446-2 Ed.1: 太陽光電系統-測試、文件和維護營運-第二部：併網系統-太陽光電系統維護營運
- IEC 62446-3 Ed.1: 太陽光電模組與電站戶外紅外線熱影像檢測
- IEC TS 60904-13:2018 太陽光電模組電致發光



太陽光電系統—測試要求、文件和維護營運標準

■ IEC 62446-1 Ed.1:太陽光電系統—測試、文件和維護營運—第一部：併網系統—系統文件的最低要求、試運轉測試及檢查

➤ 5.2 檢查(Inspection)

1. DC系統—通則

➤ IEC 60364-6低電壓電器安裝—驗證. IEC 62548 PV陣列—設計要求

2. DC系統—電擊防護

3. DC系統—絕緣故障防護

4. DC系統—過電流防護

5. DC系統—接地與連接

6. DC系統—雷擊效應與過電壓

7. DC系統—電氣設備的選擇與安裝

8. AC系統

9. 標籤與識別





太陽光電系統-測試要求、文件和維護營運標準

■ IEC 62446-1 Ed.1:

- **CH6 類別1測試：不論系統之大小、種類、位置或複雜度均須符合的最低要求**
 - 6.1 接地連續性及等電位導體測試(Continuity of protective earthing and equipotential bonding conductors)
 - 6.2 電極極性測試(Polarity test)
 - 6.3 PV串列配電箱測試(PV string combiner box test)
 - 6.4 PV串列開路電壓量測(PV string – Open circuit voltage measurement)
 - 6.5 PV串列電流量測(PV string – Current measurement)
 - 6.6 功能測試(Functional tests)
 - 6.7 PV陣列絕緣阻抗測試(PV array insulation resistance test)
- **CH7 類別2測試：傾向對較大及較複雜的系統所做的附加測試**
 - 7.1 通則：類別2測試可採取全系統執行或部分取樣執行
 - 7.2 PV串列I-V曲線量測(String I-V curve measurement)
 - 7.3 PV陣列紅外熱影像檢測程序(PV array infrared camera inspection procedure)
- **CH 8 附加測試程序：有需要時才做**
 - 8.1 阻抗接地電壓測試(Voltage to ground – Resistive ground systems)
 - 8.2 阻隔二極體測試(Blocking diode test)
 - 8.3 溼絕緣阻抗測試(PV array – Wet insulation resistance test)
 - 8.4 遮陰評估(Shade evaluation)



□ IEC 62446-1—類別1測試PV系統接地連續性

- 符合直流側的保護性接地及/或等電位接駁的保護導體，例如陣列框架的接駁，電性連續性測試應該被實施在所有這樣的導體，與主要接地端的連接也應當被驗證。(IEC 62446-1)
- 特低壓電。(Extra-Low Voltage，簡稱ELV)，是經過適當設計和保護的二次電路，使得在正常工作條件下和單一故障條件下，它所呈現的電壓值仍然是可以接觸的安全電壓。Extra-low-voltage 50 V a.c. or 120 V d.c.
- 在可同時接近的曝露導體及外部導體之間的阻抗R應當滿足以下條件：(IEC 60364-4-41)

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a} \text{ in a.c. systems}$$

$$R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a} \text{ in d.c. systems}$$

□ 太陽光電系統—測試要求、文件和維護營運標準

■ IEC 62446-2 Ed.1: 太陽光電系統—測試、文件和維護營運—第二部： 併網系統—太陽光電系統維護營運

- 6. 類別1測試
- 7. 類別2測試
- 8. 附加測試
- 11. 確認工作
 - 11.1 現場目視檢查
 - 11.2 元件檢查與安全相關維護
 - 11.3 性能相關維護
- 12. 故障排除及矯正維護
- 13. 附加程序

		82/1407/CDV
COMMITTEE DRAFT FOR VOTE (CDV)		
PROJECT NUMBER: IEC 62446-2 ED1		
DATE OF CIRCULATION: 2018-04-20		CLOSING DATE FOR VOTING: 2018-07-13
SUPERSEDED DOCUMENTS: 82/1164/CD, 82/1224A/CC		
IEC TC 82 - SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS		
SECRETARIAT: United States of America	SECRETARY: Mr George Kelly	
OF INTEREST TO THE FOLLOWING COMMITTEES:	PROPOSED HORIZONTAL STANDARD: <input type="checkbox"/> Other TC/SCs are requested to indicate their interest, if any, in this CDV to the secretary.	
FUNCTIONS CONCERNED: <input type="checkbox"/> EMC <input type="checkbox"/> ENVIRONMENT <input checked="" type="checkbox"/> QUALITY ASSURANCE <input type="checkbox"/> SAFETY		
<input checked="" type="checkbox"/> SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING		<input type="checkbox"/> NOT SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING
Attention IEC-CENELEC parallel voting The attention of IEC National Committees, members of CENELEC, is drawn to the fact that this Committee Draft for Vote (CDV) is submitted for parallel voting. The CENELEC members are invited to vote through the CENELEC online voting system.		
This document is still under study and subject to change. It should not be used for reference purposes. Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.		
TITLE: Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 2: Grid connected systems – Maintenance of PV systems		
PROPOSED STABILITY DATE: 2021		
NOTE FROM TC/SC OFFICERS: This project was discussed by WG 3 during their meeting in Madrid in 2017-11, and it was agreed to move forward to the CDV stage.		
Copyright © 2018 International Electrotechnical Commission, IEC. All rights reserved. It is permitted to download this electronic file, to make a copy and to print out the content for the sole purpose of preparing National Committee positions. You may not copy or "mirror" the file or printed version of the document, or any part of it, for any other purpose without permission in writing from IEC.		



☐ IECRE OD-401:2016太陽光電系統試運轉符合性聲明

- 認證機構根據檢測機構出具的報告來進行太陽光電系統試運轉符合性評價。
- 太陽光電系統應該依據IEC 62446-1 2016 試運行下表所示的其中一個類別，並且依據 IEC 62446-1 :2016 標準要求 出具相關的檢驗報告。

IECRE OD-401:2016: IEC 62446-1 不同類別太陽光電系統的維運要求

Project Type	IEC 62446-1		
U1 – Utility 電廠	類別2	≥2 MW	
U2 – Residential 住宅 (屋頂)		2–10 kWp	
U3 – Commercial商業(屋頂)	類別2	10 kWp and multi-MW	
U4 – Distributed 分散		<2 MW	



☐ IECRE OD-401:2016太陽光電系統維運程序符合性聲明

- 太陽光電系統維運程式符合性由認證機構來評估。
- 太陽光電系統的維運計畫和程序在文件描述上應滿足下表中所列的IEC 62446- 2 類別的要求，並且以文件形式列入 IEC 624 46-2 第 9 部分定義的檢驗報告中。

IECRE OD-401:2016: IEC 62446-2不同類別的太陽光電系統維運要求

Project Type	IEC 62446-2 Category		
U1 – Utility 電廠	附加測試 (每天進行性能確認，6 個月進行一次目視檢查)	≥2 MW	
U2 – Residential 住宅 (屋頂)	類別1 (每個月進行性能確認，一年進行一次目視檢查)	2–10 kWp	
U3 – Commercial商業(屋頂)	類別2 (每週進行性能確認)	10 kWp and multi-MW	
U4 – Distributed 分散	類別2	<2 MW	



□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.1 案場目視檢查

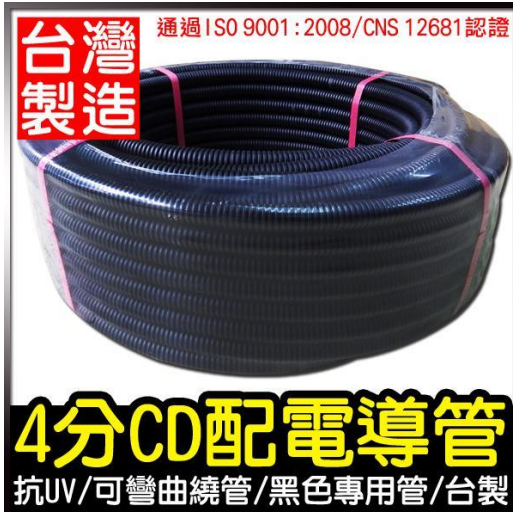
11.1.1 全系統適用

- a) 確認電氣箱只能由授權人員操作，須以工具或鎖開啟並有警示標示
- b) 檢查電氣箱外觀與支架的腐蝕
- c) 檢查整個案場的清潔—模組陣列上、變流器設備區域、或其他區域不應有廢棄物；模組陣列上不可放置物品；妨害通風以及散熱的障礙物。無可燃物存放變流器四周以降低火災風險。
- d) 檢查植被生長長度以及動物、昆蟲在模組陣列上的活動跡象。
- e) 檢查系統在關鍵部位線槽及配管的強度，關鍵部位線槽及配管的缺陷會導致斷電。



□ 合成樹脂可撓導線管

CD管(combined duct)



PF管(plastic flexible)



高密度聚乙烯管 (HDPE)



HDPE 積層螺旋排水管





□ 「屋內線路裝置規則」PF / CD管條文修正

—98年1月16日經能字第09704606760號修正

第 292-20 條合成樹脂可撓導線管，依其種類適用於下列場所：

1. PF 管：

- (1) 不易遭受外力損壞或有適當保護措施之屋內暴露場所。
- (2) 屋內可受檢視之隱蔽場所。
- (3) 不易遭受外力損壞之屋外場所。
- (4) 不易遭受外力損壞之雨線內、外場所。
- (5) 鋼筋混凝土內。

2. CD 管：鋼筋混凝土內。

第 292-21 條合成樹脂可撓導線管，不適用於下列場所或用途：

1. 導線之運轉溫度高於導線管之承受溫度者。
2. 電壓超過600V 者。
3. 有危險物質存在之場所。
4. 燈具及其他設備之支持物。
5. 周溫超出導線管承受溫度之場所

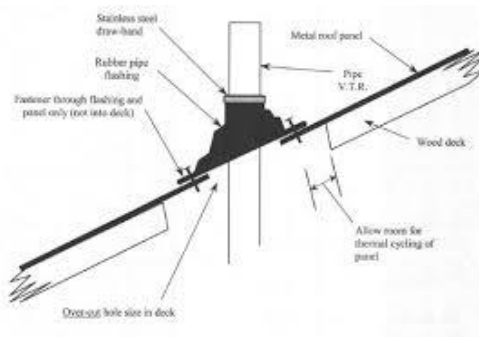


□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.1 案場目視檢查

11.1.2 屋頂系統

- 檢查植被的生長或其他新的遮蔽物例如安裝在屋頂系統旁的衛星接收碟
- 若有使用屋頂穿孔須確定其防水性
- 確定有充足的排水性，排水沒有阻塞，並且確認模組陣列附近沒有過高的積水
- 確認長金屬管的伸縮縫變形符合設計預期，並且接縫處沒有過鬆與過緊。



□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.1 案場目視檢查

11.1.3 地面系統

- a) 檢查地面支架靠近地基處的腐蝕情形。
- b) 檢查靠近或在店面支架下方會干涉到模組、電纜或電箱的雜草或植被。
- c) 採用追日支架的系統，檢查是否有任何單獨與四周支架方向不同的支架。





□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.3 性能相關維護

11.3.1 **線路連接阻抗**：連接阻抗過大會造成整體系統不必要的電力損失

11.3.2 **遮陰評估**：評估建物、植物、樹木遮陰的影響

11.3.3 **模組串列或裝配電路測試**：在額定值及基準值之間測試模組串列或裝配線路的電壓及電流做為長期比對的紀錄

- a) **電壓檢查**：量測模組串列或裝配電路的開路電壓，檢查模組接線及匹配是否正確或辨識是否有旁路二極體導通的功率損失及其他問題。
- b) **運行電流檢查**：量測模組串列或裝配電路的運行電流，在穩定的日照條件下，個串列的差異應在5%以內。
- c) **I-V 曲線測試**：



□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.3 性能相關維護

11.3.5 植被管理：地面系統植被管理

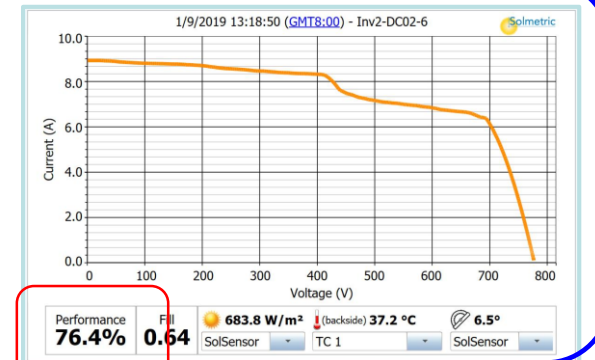
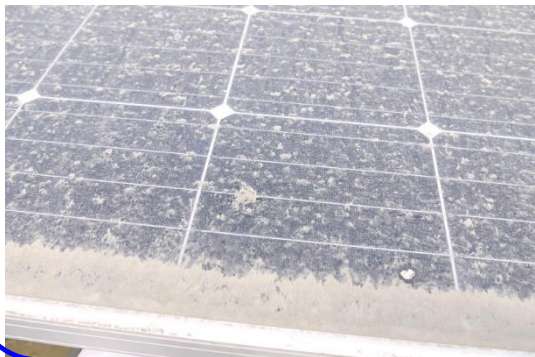
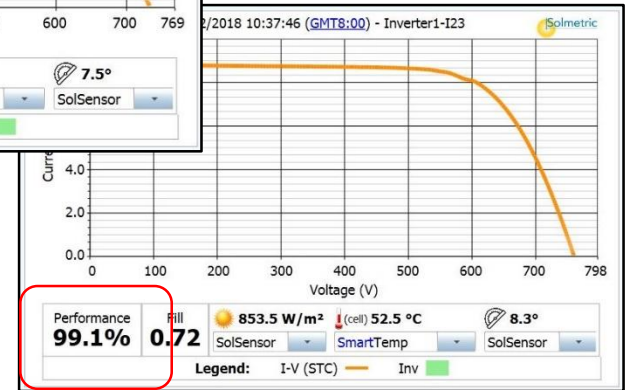
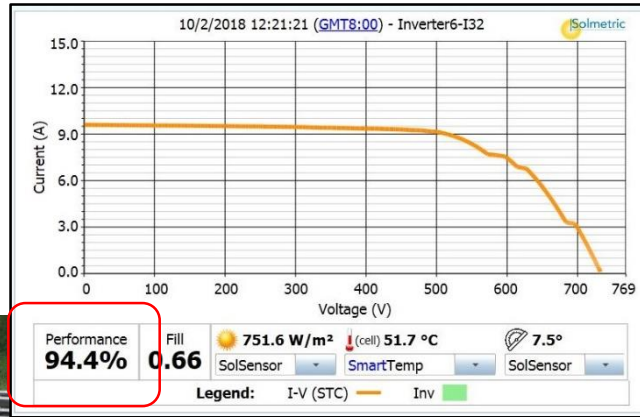
- a) **鋪碎石**：成本高又有諸多問題造成工作地面不平整影響排水，無法提供長期減少雜草的解決方案
- b) **使用除草劑**的方式可能受到當地法規的限制
- c) **機械式除草**的方式，可能會把石頭彈起並損壞模組。
- d) **種植低成長植物**：重新種植根據現場土壤與氣候條件所選擇的低成長的品種，包括本特草(bent grass)白三葉草(white clover)和野牛草(buffalo grass)結合格蘭馬草(blue grama)。
- e) **原生植物**：保留既有或原生的植物，有時候能夠降低雜草的快速生長。
- a) **羊電共生**：一些德國的公司，還有美國北卡羅萊納州與夏威夷的光電系統，與當地牧場與農場合作，使用綿羊放牧來進行植被管理，但山羊及牛則不適用本方案。



☐ IEC 62446-2—11 確認工作

11.3 性能相關維護

11.3.6 污漬與陣列清潔：





□ IEC 62446-2—11 確認工作

11.3 性能相關維護

11.3.6 污漬與陣列清潔：

光電模組種類	每年衰退率 (%/年)
非晶矽(a-Si)	0.87
單晶矽(sc-Si)	0.36
多晶矽(mc-Si)	0.64
碲化鎘(CdTe)	0.40
銅銦鎵二硒化物(CIGS)	0.96
聚光型	1.00

代表性的光電模組退化率(光電退化率—分析審查D.C. Jordan與S.R. Kurtz,
<http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf>)



落塵與生物污染

- 視汙染的**來源與種類**而定，年度污染損失**範圍從4.3 %至7.5 %**
- 在具有**重度農業**活動的區域據報**每天約0.36 %**衰退率
- **沙漠**地區沒有農業、建築或工業活動的區域**每天僅0.01 %**的速率衰退。
- **大量鳥類**的污染**每天**可累積達**0.5 %**的損失，
- 有**沙塵暴**的地方像是印度據報大約**每天**可累積**1.5 %**衰退率

(Ref: NREL, Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance 2nd Edition)

霧霾

- MIT 研究收集**印度德里**長達兩年的日照量與污染數據，太陽能板發電量**年衰退率高達12 %**，**新加坡2 %**、**北京9 %** (Ref: MIT, Air pollution can put a dent in solar power)





☐ IECRE OD-401:2016太陽光電系統性能測試結果

- 認證機構根據檢測機構出具的檢測報告進行PV系統性能測試結果的評價。
- PV系統性能應根據IEC 61724的指南進行下表記錄。
- 依據PV系統的規模及使用者的目標不同對於監測系統的精度與複雜度的要求也不同，IEC 61724T-1定義了監測系統的三個等級。

IEC 62446-2 不同類別的PV系統性能測量要求

Project Type	U1 – Utility 電廠	U2 –Residential 住宅 (屋頂)	U3 – Commercial 商業(屋頂)	U4 – Distributed 分散
IEC 61724 監測 器等級	A	C	B	B
量測				
根據IEC /TS 61724- 2 及相關的參考條件 進行的輸出功率測試	X	X	X	X

結論

1. 國內將近**90 %**容量的PV系統建置尚**不超過5年**，部分未符合規範建置的系統在**後續20年**的營運期間將面臨全球極端氣候下的**嚴峻挑戰**。
2. 依據國際規範及國家規範訂定**設計、建置及維運的作業標準**，是**降低投資風險、縮短學習曲線**以及**減少成本浪費**的有效方式。
3. 獲得**第三方的PV電站IEC系統認證**，可提升電站**可靠度**，利於業主**申請融資、提高收益**及後續的**資產轉移**。

感謝聆聽

