

太陽能系統安全與火災風險與防範

PV Guider

首席顧問 林敬傑 博士



Keep Green Gold Shining!



太陽光電系統火災

聯合報 即時 要聞 娛樂 運動 全球 社會 產經 股市 房市 健康 生活

見太陽能板失火...消防員就頭痛

2020-03-23 01:01 聯合報 / 記者林敬傑、劉明岩 / 彰化縣報導 + 消防員



彰化縣消防局第四大隊長葉清添說，太陽能板會將太陽能轉變成直流力，經變流器轉換為交流電，接入台電供電饋線系統，即便關閉開關，也只是斷掉和台電串接，除非將太陽能板全面遮蓋，否則太陽能板與連接到變流器的配線依然存在直流電力，**貿然射水會讓消防員有感電危險。**

彰化縣芳苑工業區一家塑膠工廠日前發生火警，消防員趕抵發現屋頂有大面積太陽能板，一度搶救困難。消防人員說，政府積極推動設置太陽能板，但太陽能光電設施貿然射水有觸電危險，**國內尚無規範太陽能板配線標準與安裝方式**，成管理漏洞，建議及早訂出法規。



內容

- ◆ 火災成因
 - 模組燃燒特性
 - PV系統FMEA分析
- ◆ 救火員風險



參考資料：

Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization

Supported by:



by decision of the
German Federal Parliament





模組燃燒特性

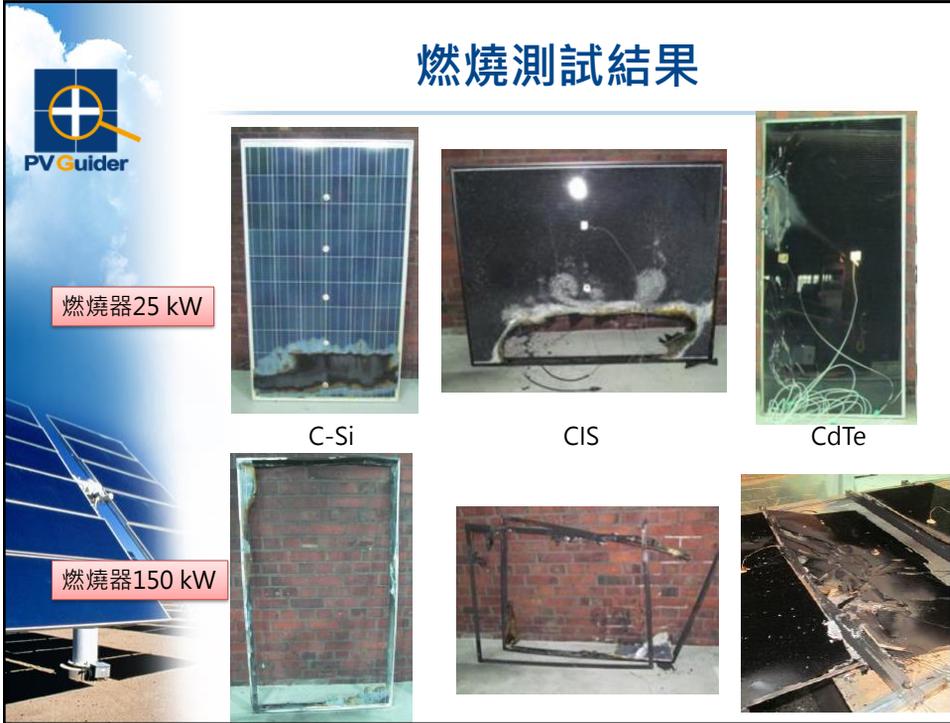


燃燒試驗



從模組下方點火測試







PVGuider

火災成因

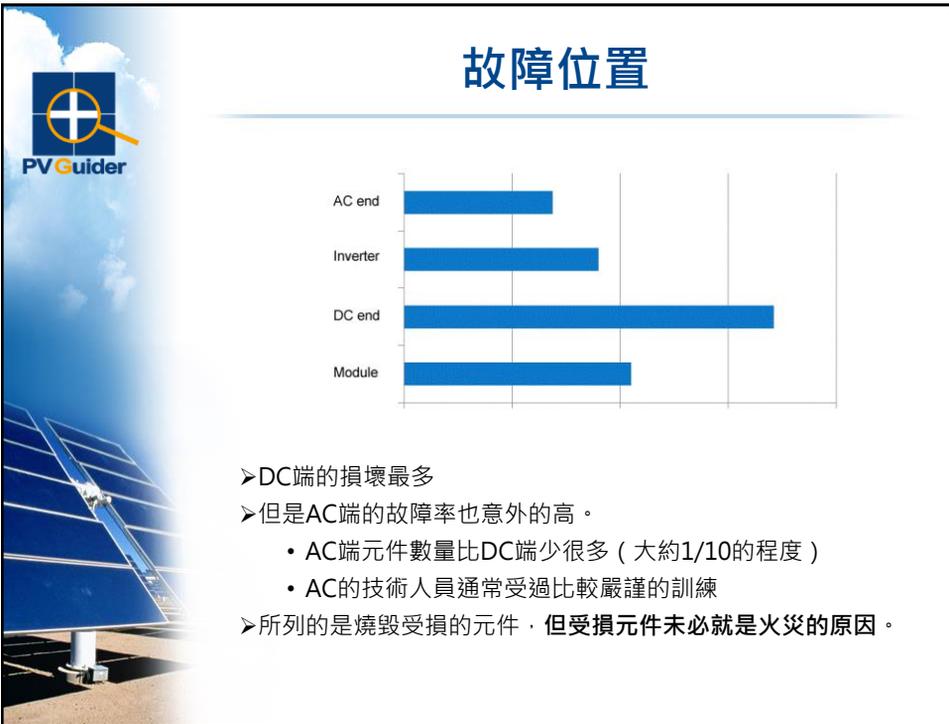
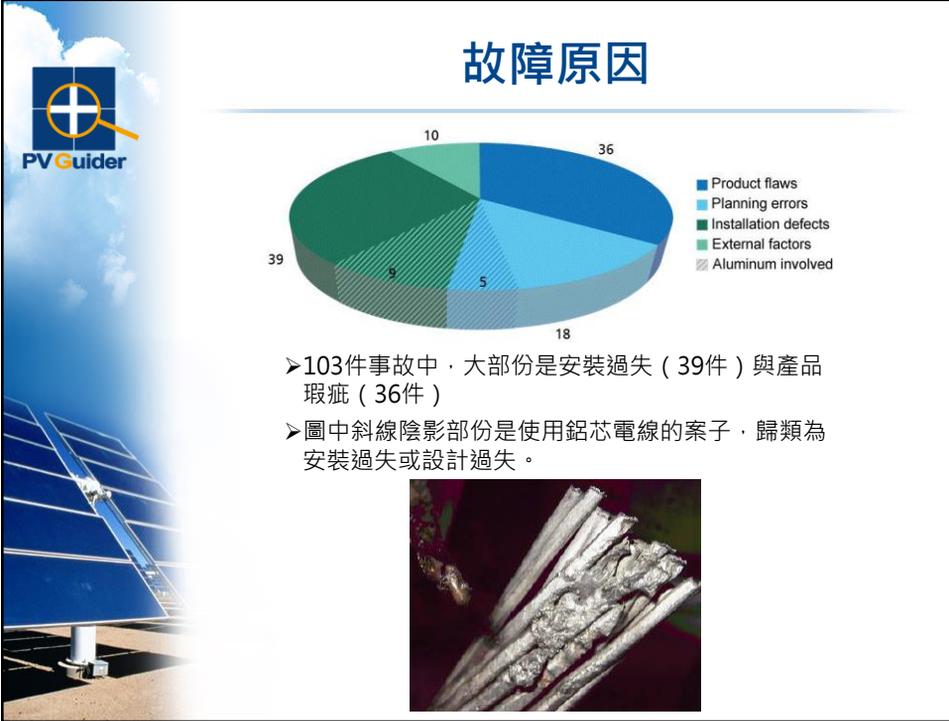


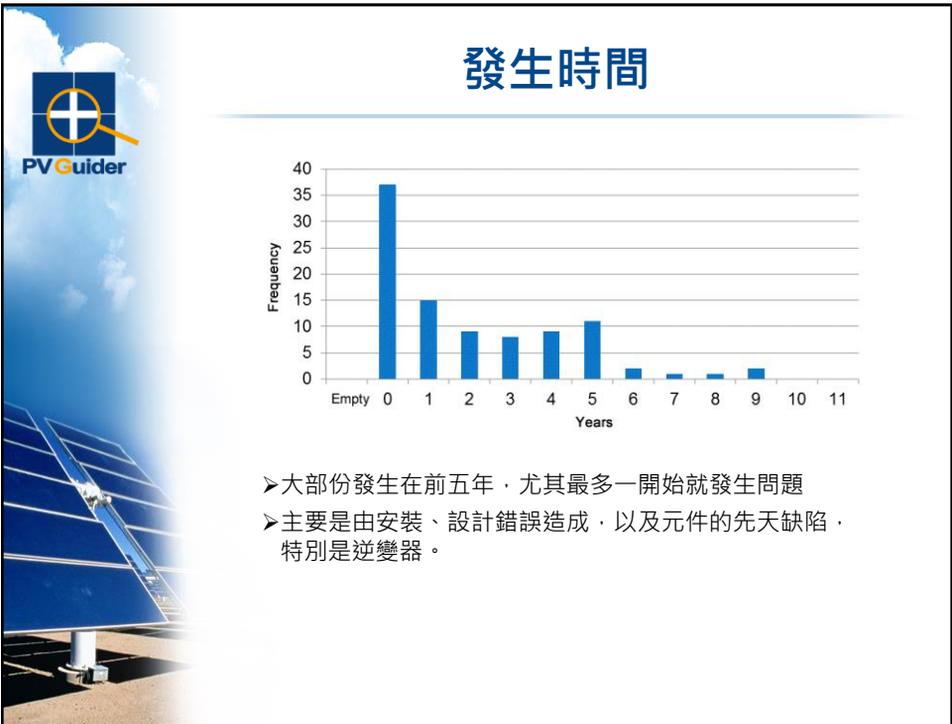
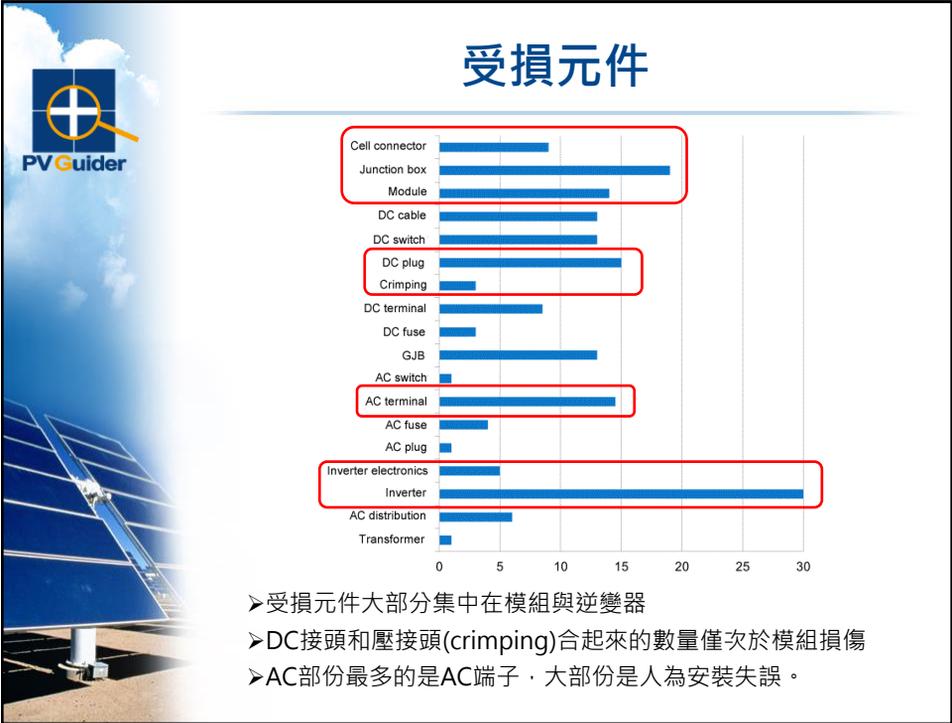
PVGuider

短路與電弧為主要原因



[播放影片](#)







接頭問題



火災後的接頭殘餘

- 壓接不良
- 對插不到位 (沒有完全插入)
- 接頭組裝不良
- 不同廠家接頭互接
- 接頭髒污



DC switch



環境過熱的案例：

- 逆變器排列太緊密，DC主開關又緊貼逆變器，
- 機房屋頂沒有隔熱，夏天室內氣溫超過40℃，
- 再加上逆變器發熱，最後導致開關過熱燒毀。

同一個案例中沒有燒壞的開關，拆解後發現裡面已經有過熱的痕跡，即使還沒燒毀也相距不遠了。定期保養也很重要，因為開關不常使用，久了導體表面可能有氧化，導致電阻過高而發熱。

- 元件不良
- 超載
- 環境溫度過高
- 未定期保養清潔



模組處理不當



安裝者在搬運時拖拉電纜線（方便搬運），結果第二年發電明顯下降，並且在多個模組中發現電纜線松脫，導致電阻過大而發熱燒毀

- 搬運時拖拉電纜線
- 搬運損傷
- 來料不良



連接鬆脫



- 電纜壓接鬆脫
- 螺絲鬆脫



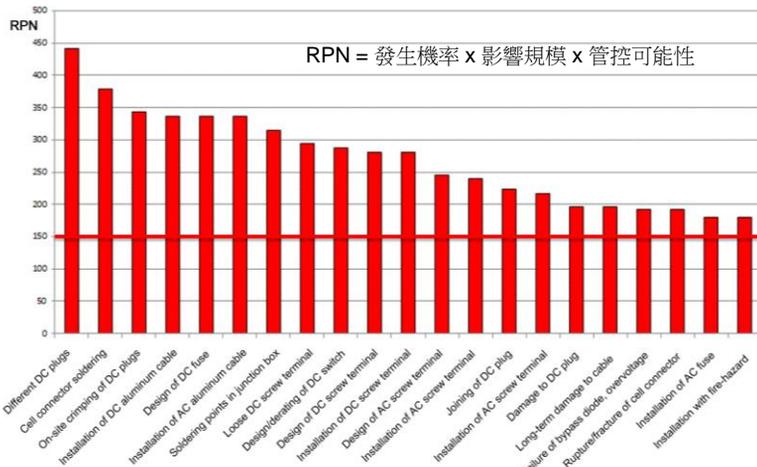
纜線緊束



電流通過纜線時會發熱，如果多條纜線束在一起會導致內部的纜線無法散熱，纜線外皮材料高溫導致絕緣能力喪失或破皮，最後導致短路燒毀。



FMEA



- 第一名 DC 接頭混插
- 第二名 電池焊接
- 第三名 DC 接頭壓接
- 第四名 DC 鋁芯電纜線
- 第五名 DC 保險絲設計

- 第六名 AC 鋁芯電纜線
- 第七名 模組接線盒內焊接點
- 第八名 DC 螺絲沒鎖緊
- 第九名 DC 開關設計/老化
- 第十名 螺絲鎖固 DC 端子設計

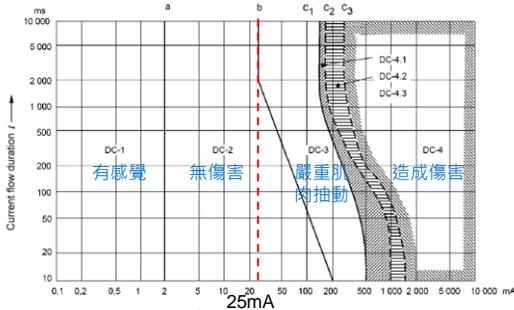


救火風險

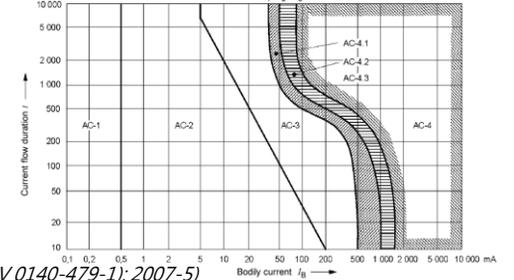



人員觸電耐受能力

DC



AC



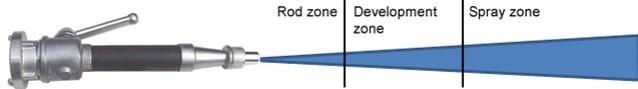
Source: DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1): 2007-5



低電壓救火最小距離

Nozzle DIN 14365-CM	Low voltage (L) ≤ AC 1 kV oder ≤ DC 1,5 kV	High voltage (H) > AC 1 kV oder > DC 1,5 kV
Spray jet	1 m	5 m
Full jet	5 m	10 m
Code	N-1-5	H-5-10

DIN VDE 0132 (VDE 0132):2008-08



Full jet分為三段



噴水漏電流測試



CM multipurpose nozzle



C hollow jet nozzle

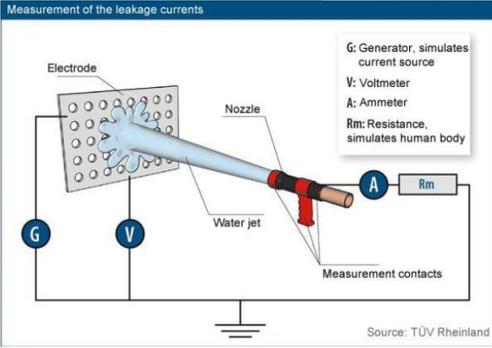




實驗裝置



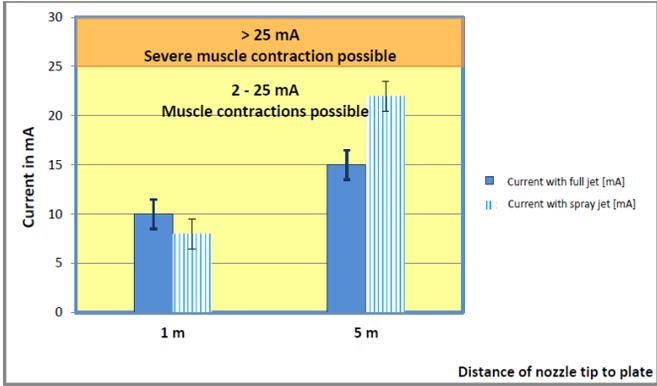
Measurement of the leakage currents



Source: TÜV Rheinland



測試結果-CM multipurpose nozzle

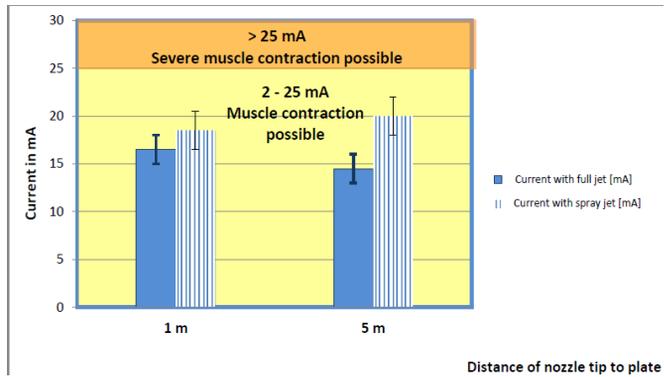


Distance of nozzle tip to plate	Current with full jet [mA]	Current with spray jet [mA]
1 m	~10	~8
5 m	~15	~22

- 漏電流都在安全範圍內
- Spray jet比full jet電流低
- 比較奇怪的是5m的電流大於1m



測試結果-C hollow jet nozzle



- 漏電流都在安全範圍內
- 奇怪的是Spray jet比full jet電流高

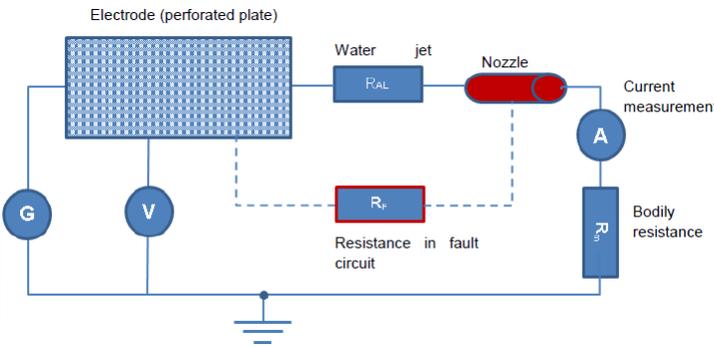


超乎預期的可能原因

1. 水噴散在地面（瀝青）形成了導電路徑。
2. 越來越多的降水也浸透了整個測試裝置，不能確保電極和噴嘴絕緣。
3. 噴電極板（多孔板）會導致板上的水沿著地面部分流失，因此在某些情況下可能會形成低阻抗連接。
4. 噴霧角度越大，即扇形穿孔電極上散佈的水流越寬，形成的導電水跡越多。







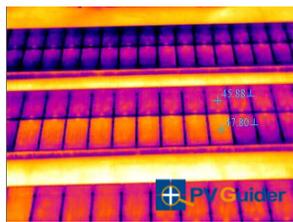
➢ 當前已知的測量均低於25 mA，未達臨界的漏電流。

➢ 根據DIN VDE 0132，建議的full jet滅火距離為5 m，spray jet的滅火距離為1 m，因此當使用水作為滅火劑時，不會發生對救援人員有害的漏電流。




總結

- 依照消防要求、高品質模組的使用和正確安裝的計劃，太陽光電系統中的火災風險非常低。
- 不能排除在運行時間內因材料老化而引起的過熱，但通常只會在較長的時間後發生。
- 在最壞的情況下，可能會產生電弧。直流電弧不會自熄，因此有火災蔓延的危險。
- 定期檢查和維護可以防止更嚴重的損壞，例如在風暴或地震等特殊事件之後的檢查。
- 帶有關閉裝置的電弧探測器可以提供額外的安全性。這些設備在可靠性和壽命方面仍需要進一步開發。
- 如果保持安全距離，太陽光電系統不會對消防員造成特殊危險，就像其他帶電系統一樣。





感謝您的參與

Dr. Jay Lin
Mobile : +886 989-832-421
Email : Jay@pvguider.com

網站 : www.PVGuider.com
Website: English.PVGuider.com

Keep Green **Gold** Shining!