



## 太陽能系統熱缺陷研究與維運之應用

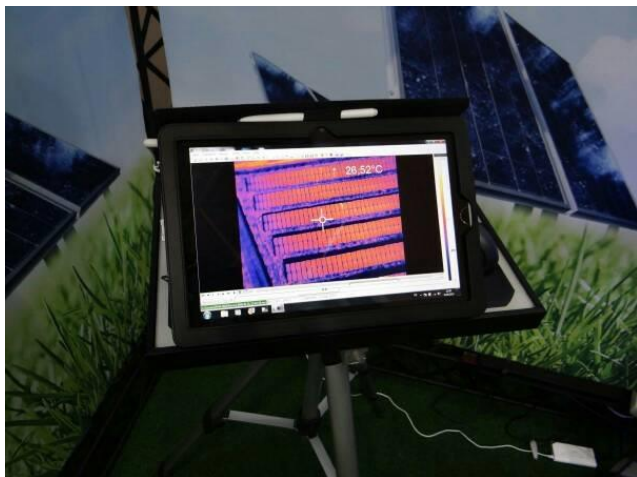
有成精密/王政烈

2020/05/28

- 背景
- 能源局業界能專項目執行
- 何謂熱缺陷
- 熱缺陷研究工具開發
- 熱缺陷資料庫收集
- 使用人工智慧演算法識別熱缺陷
- 太陽能系統熱缺陷對發電影響之評估
- 無人機檢測相關法規
- 國內外太陽能無人機維運相關應用與特點
- 總結

■ 2014年德國Intersolar太陽能展。

太陽能系統熱缺陷研究與維運之應用



## ■ 109年度能源局業界能專項目執行（2年計劃）。

能源局於108年12月23日召開「經濟部能源局業界能專計畫」第24次指導會議，審議通過創能領域1案、節能領域1案，合計2案之研發經費部份補助，核定名單詳如下表，分別為：

創能領域計1案：

公司名稱	計畫名稱	推動項目
有成精密股份有限公司	高效太陽能模組熱缺陷與技術加值研究計畫	太陽能

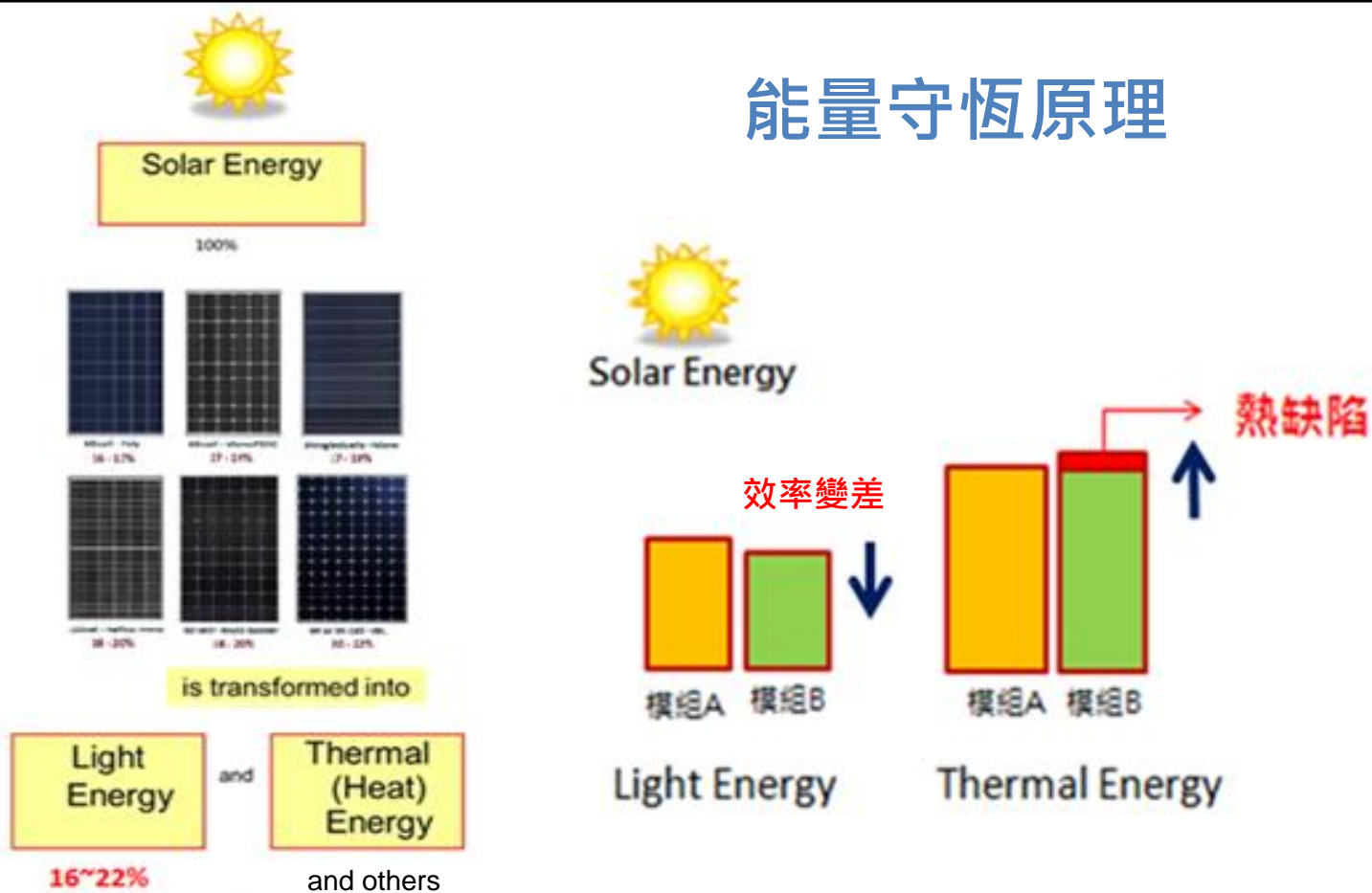
### 1、有成精密股份有限公司「高效太陽能模組熱缺陷與技術加值研究計畫」

本計畫透過導入國內開發的高規格熱影像硬體設備，搭配有成精密的太陽能模組與系統經驗，整合開發出專用於太陽能系統的檢測後分析軟體當熱缺陷研究工具，優點為可改善一般手持熱像儀易受反光影響與具快速大規模檢驗之特點，也對新型高效太陽能模組(如:TOPCon模組、HJT(HIT)模組、高密度焊接技術模組、多主柵(MBB)焊接技術模組)作精準之熱缺陷分析，再透過無人機載具展開大量檢測安裝於國內有成精密製造的太陽能模組，收集有熱缺陷之標準型太陽能模組樣品收集送回廠內分析，找出抗熱缺陷的太陽能模組設計與製造方法，用以開發高效抗熱缺陷太陽能模組，同時將大量檢測收集到的太陽能模組熱影像與可見光資料仔細分類，當做人工智慧機械學習資料，透過工研院的經驗開發出高準確度的太陽能模組缺陷判斷模型或演算法，加入分析軟體內達到智能化熱影像分析的目的地，最後整合入熱缺陷自動定位與逆變器監控電性資料(陣列之功率、電壓、電流)開發出智慧太陽能電站診斷平台，能找出具熱缺陷且陣列發電低於平均的太陽能模組位置，或無熱缺陷但發電不佳、存在漏電或高線損的陣列的位置，能顯示全面性資訊讓維護人員掌握太陽能系統健康狀況。

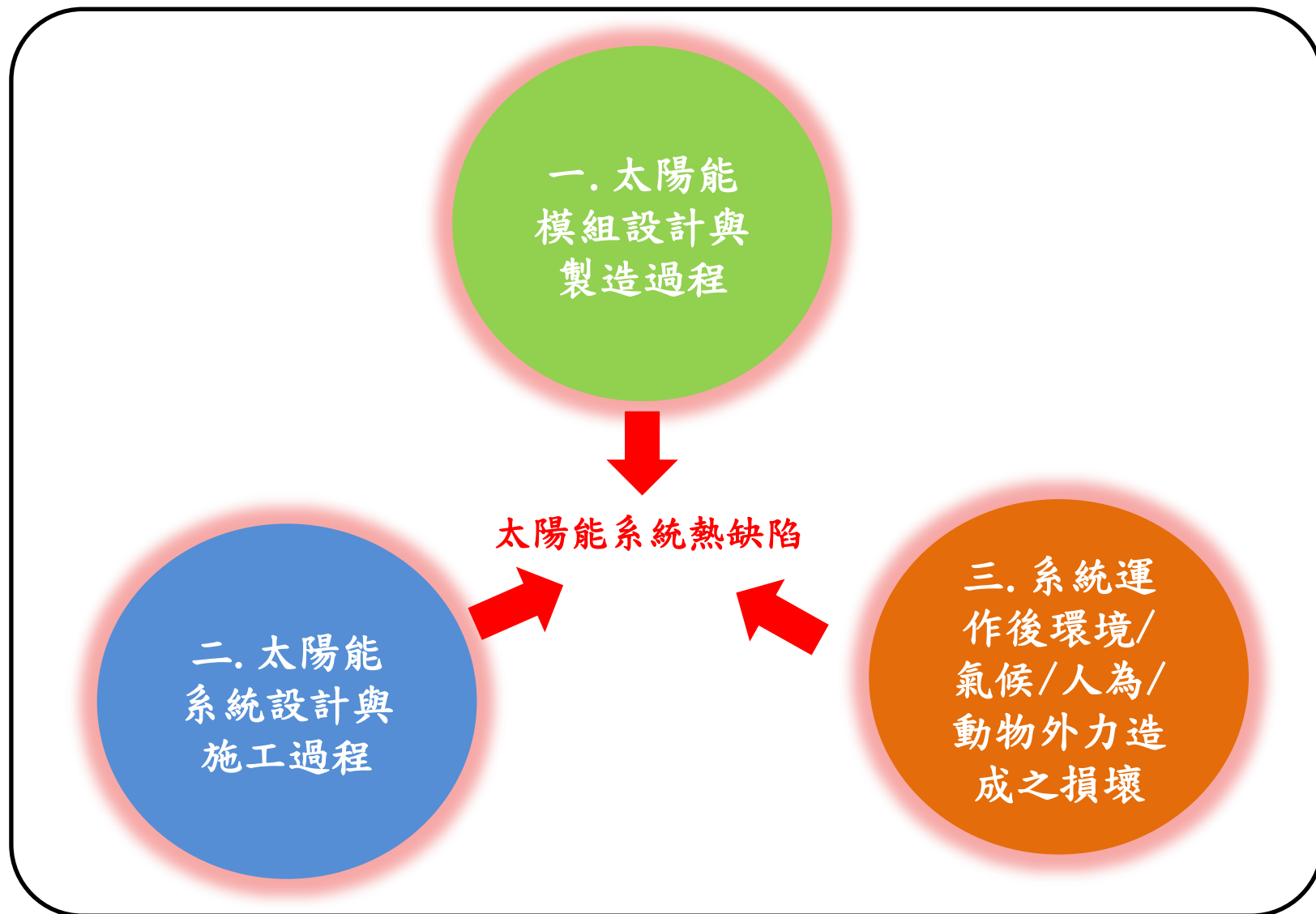
- 導入國產熱缺陷研究工具,供業界長期使用
- 建立太陽能模組熱缺陷與故障分析資料庫 (新型模組與標準型模組)
- 建立精準熱缺陷人工智慧識別演算法
- 太陽能系統熱缺陷對發電影響之評估

- 熱缺陷可能會造成太陽能系統發電效能下降或產生工安危險，有成透過熱缺陷研究優化太陽能模組設計與製程。

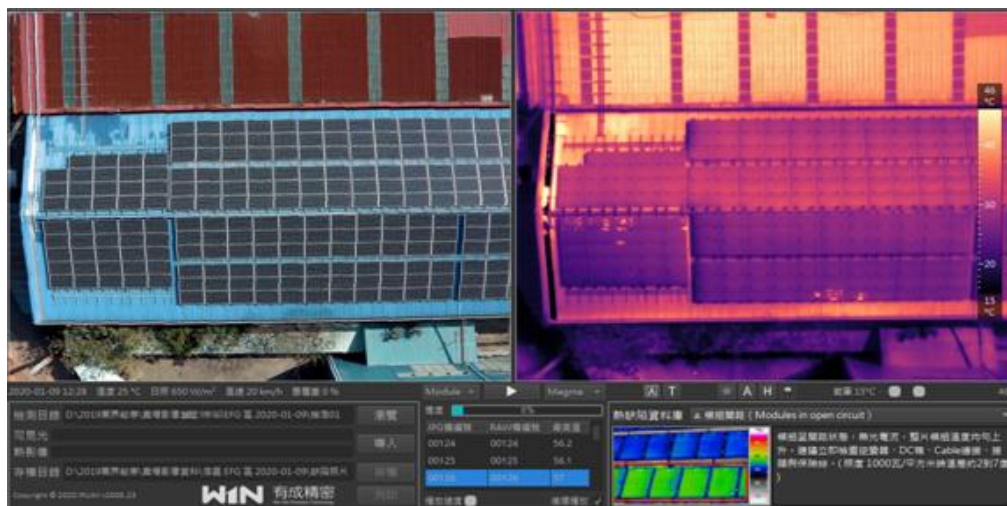
## 能量守恆原理



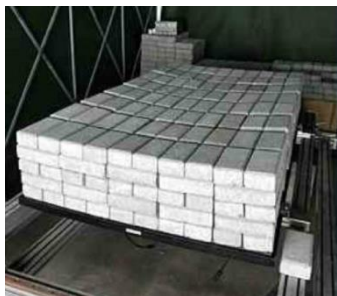
- 太陽能系統熱缺陷產生主要來自三部分：



- 研究工具需具備熱缺陷資料庫收集、戶外系統檢測與快速準確熱缺陷分類與定位(軟體設計)、易維修、能長期使用的特點。



■ 計劃設置太陽能模組熱缺陷研究案場，安裝新型與標準型老化故障太陽能模組，使用導入之熱缺陷研究工具收集熱影像資料庫。

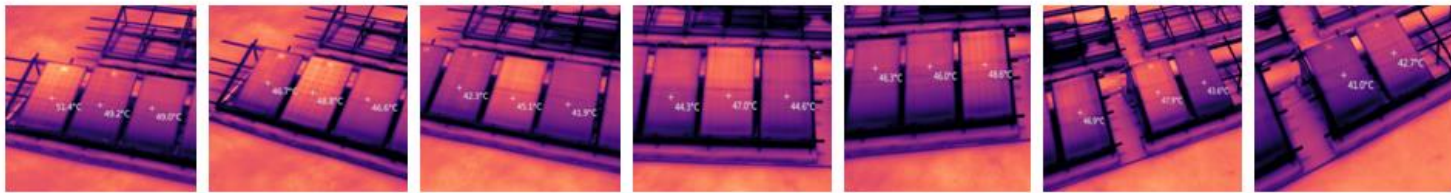




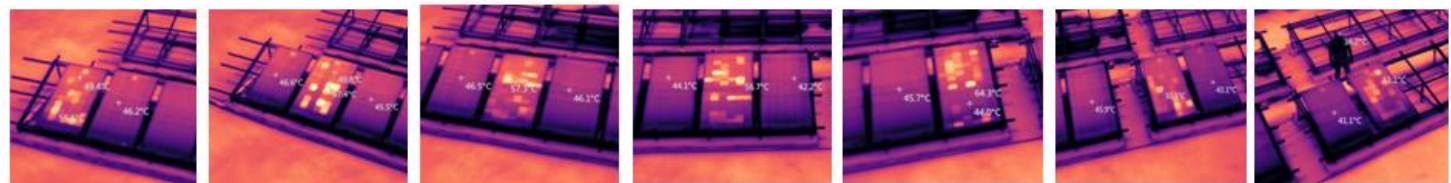
- 準備新型與標準型太陽能模組開路/短路、二極體短路、遮陰、背板破損、ML/DML、PID測試後樣品，使用導入之熱缺陷研究工具熱影像資料庫。



模組開路



模組短路



■ 使用人工智慧演算法來進行缺陷識別技術已日益成熟，可助於缺陷多或大型太陽能系統檢測使用，重點為學習資料的準備與定義（需具備豐富太陽能系統熱缺陷分析經驗），計劃內與工研院合作此領域。

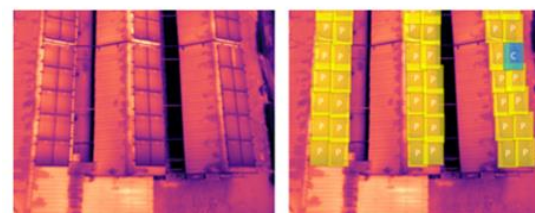
## 學習資料: 模組/非模組類別定義



原始影像

完成模組/非模組定義

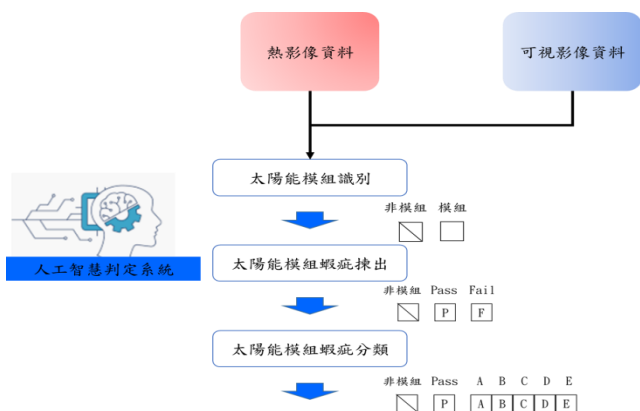
## 學習資料: 熱缺陷類別定義



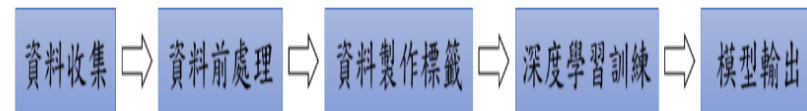
原始熱影像

完成熱影像缺陷類別定義

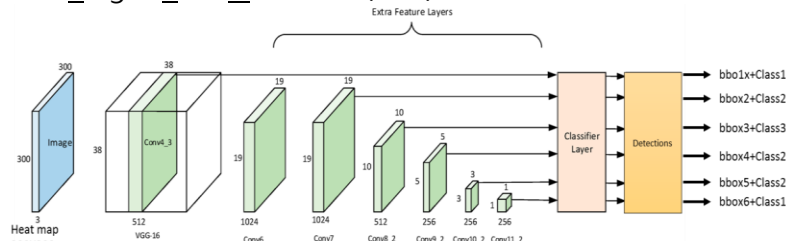
## 人工智慧缺陷判斷技術流程圖



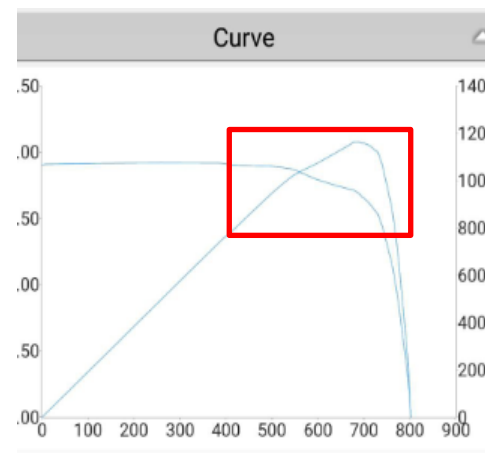
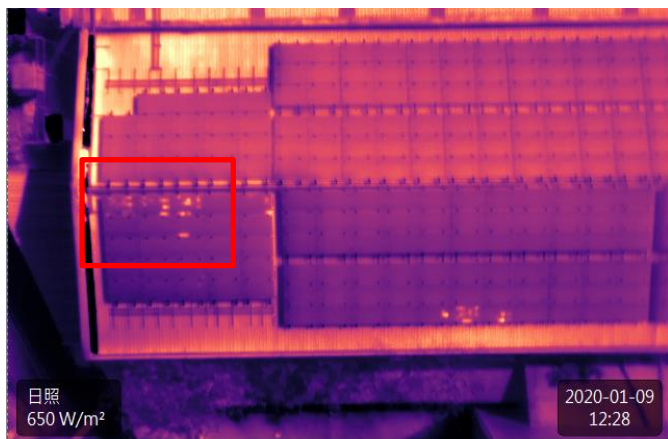
## 人工智慧缺陷演算法(模型) 訓練流程與架構



### Single-Shot Detection (SSD) 分類技術配合 VGG16

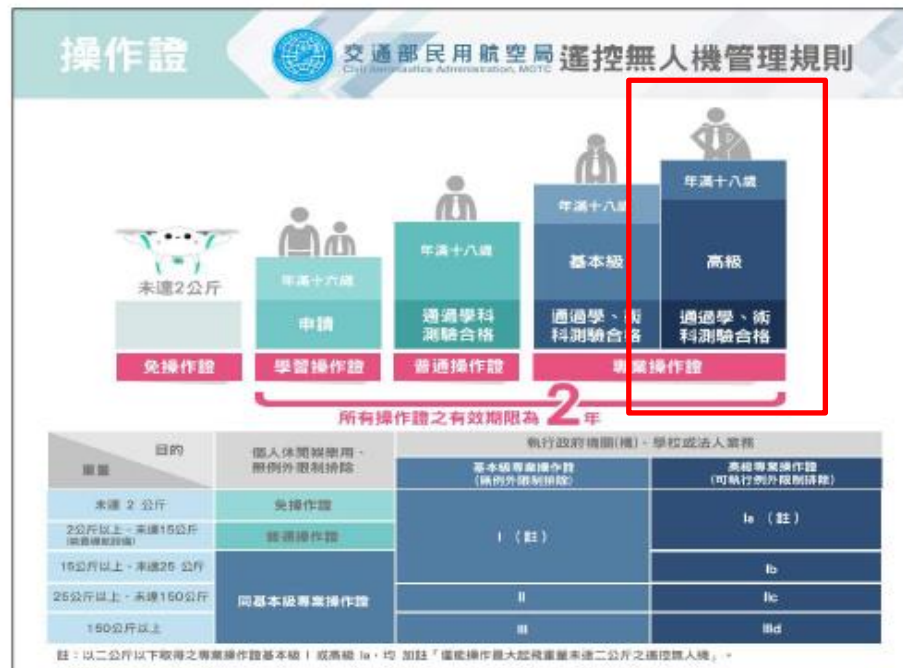
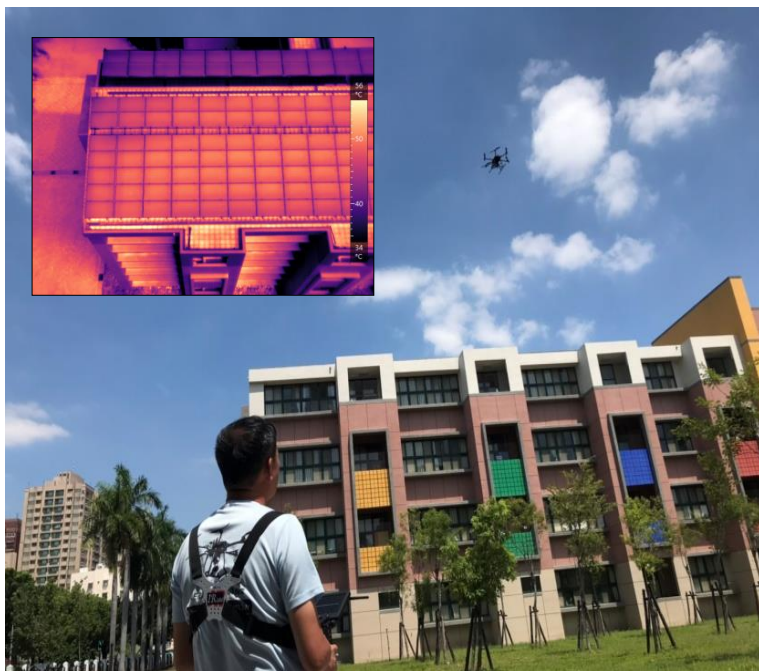


- 系統內有熱缺陷時，可使用I-V測試儀對異常與正常串列進行I-V曲線比較，可初步評估發電影響，做下步處置之參考。能專計劃會研究整合熱缺陷檢測結果與監控系統發電資料。

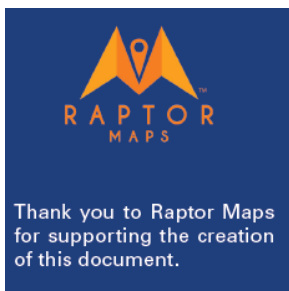


■ 根據交通部民航局109年3月31日實行之遙控無人機管理規則，太陽能熱影像檢測非自然人休閒娛樂用，應由法人執行。法人須對無人機進行註冊，通過民航局能力(作業手冊)審查，操作人需具備高級專業操作證。經過活動申請通過後，也可對禁航區內太陽能系統進行檢測(申請限制排除時須有保險)。

太陽能系統熱缺陷研究與維運之應用



■ 美國 RAPTOR MAPS :深入無人機熱影像檢測應用研究，發表很多相關文章;FLIR:熱像儀領導廠商，其相機或機芯在太陽能檢測領域被廣泛應用。



INSPECTION TYPE	OVERVIEW	STANDARD	COMPREHENSIVE
Description	Ideal for rapid drone flights and string-level outages	Ideal for annual preventative maintenance	Meets IEC TS 62446-3 thermography standards
Smallest visible features	Module	Diode, Hot Spot, and Cell	Absolute Temperature Accuracy
Thermal ground sample distance (GSD)	5.9 ± 2.0 in/pixel (15.0 ± 5.0 cm/pixel)	2.2 ± 0.2 in/pixel (5.5 ± 0.5 cm/pixel)	1.2 ± 0.2 in/pixel (3.0 ± 0.5 cm/pixel)
Altitude required with 640x512 thermal camera (13 mm lens)	380 ± 126 ft (116 ± 38.5 m)	140 ± 12 ft (42.5 ± 3.5 m)	76 ± 12 ft (23 ± 3.5 m)

FIGURE 8: Thermal-camera resolution is a key consideration when determining solar array inspections flight planning. Note that the smallest distinguishable feature will be larger than the GSD.





■ 翔隆航太有限公司:專業無人機行業應用公司，使用DJI與FLIR設備，開發無人機檢測太陽能模組系統平台，搭配使用者有經驗之熱缺陷判斷，可產生適用於大型電站之檢測報告。

太陽能系統熱缺陷研究與維運之應用

### 無人機檢測太陽能模組系統平台介紹

提供企業用戶透過無人機熱影像檢測太陽能模組，進行影像數據分析編輯與產製報告服務平台系統。

- ✓ 檢測影像圖片整理瀏覽功能
- ✓ 檢測影像圖片對應太陽能板實際位置資訊
- ✓ 檢測影像熱點標識功能
- ✓ 檢測影像溫度量測紀錄功能(熱影像)
- ✓ 分析編輯結果報告自動產製功能



DRAGONFLY UAS PV INSPECTION REPORT				
太陽能模組無人機檢測報告				
100	101	102	103	104
0	0	0	0	0
105	106	107	108	109
0	0	0	0	0
問題點統計 (問題點統計)				
問題	數量	正常		
0	0	0		

- 太陽能模組設計與製造過程、太陽能系統設計與施工過程、系統運作後環境/氣候/人為/動物外力造成之損壞可能產生造成太陽能系統發電效能下降或產生工安危險的熱缺陷。
- 無人機與小型熱像儀技術已成熟，可用於高效率與全面性太陽能系統熱缺陷檢測（漏電無法直接檢測出來）。
- 熱缺陷檢測結果主要能協助維運人員快速找出問題與可能原因，最終因素須經現場分析才能確認。
- 模組製造商可透過此技術導入來提升模組品質。
- 熱缺陷檢測工具開發或標準化與熱缺陷資料庫收集是業界未來可共同努力之目標。



# 感謝聆聽!

感謝能源局支持本研究計劃  
相關問題，歡迎來信：  
[w.cl@winaico.com](mailto:w.cl@winaico.com)