

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

太陽光電案場 行動測試車檢測技術

李思賢

工研院量測技術發展中心

綠能計量測試驗證實驗室

行動太陽光電測試實驗室

通過ISO 17025認證的行動太陽光電測試實驗室

1. 模組目視及熱影像檢查 → 地面及無人機檢視模組缺陷
2. 模組最大功率測試 → 3A+級太陽光模擬器測試功率
3. 模組電致發光測試 → EL檢查模組的隱裂、破片缺陷
4. 模組絕緣阻抗測試 → 測試模組的絕緣性是否合格



於系統案場執行模組精準測試查驗

- 降低風險：降低運送破裂的風險
- 節省成本：節省包裝及運輸的費用與時間
- 提升可靠性：提供定點測試(與實驗室相同品質)
- 提升機動性：全台現場測試之機動性



太陽光電系統健檢維護

太陽光電系統健檢維護平台

系統建置期間品管檢測

系統運轉期間健檢維護

建置期間檢測

系統安裝前後元件的抽檢審查及檢測

- 安裝前各單元元件文件審查
- 安裝前行動太陽光電測試車系統現場抽檢太陽能板
- 安裝後IEC 62446-1系統檢測
- 安裝後無人機及手持熱像儀檢測

定期健檢

系統運轉期間元件的失效及缺陷檢測

- 系統太陽能板陣列汙損監測
- 定期無人機及手持熱像儀檢測
- 定期行動太陽光電測試車系統現場抽檢
- 定期IEC 62446-1系統檢測

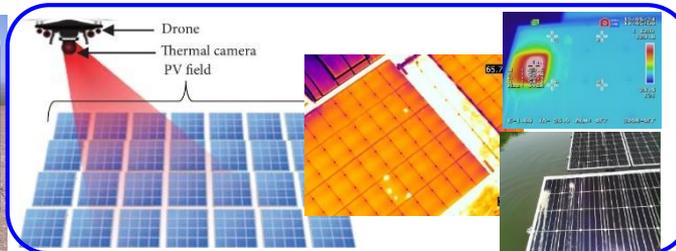
系統維護

系統運轉期間性能及可靠度維護

- 汙損監測分析進行太陽能板清洗排程
- 熱影像檢測排除樹蔭、雜草、建物投影等遮蔽失效及故障電氣元件
- IEC 62446-1系統檢測及行動太陽光電測試車篩選故障太陽能板進行追蹤或更換



太陽能板陣列汙損監測



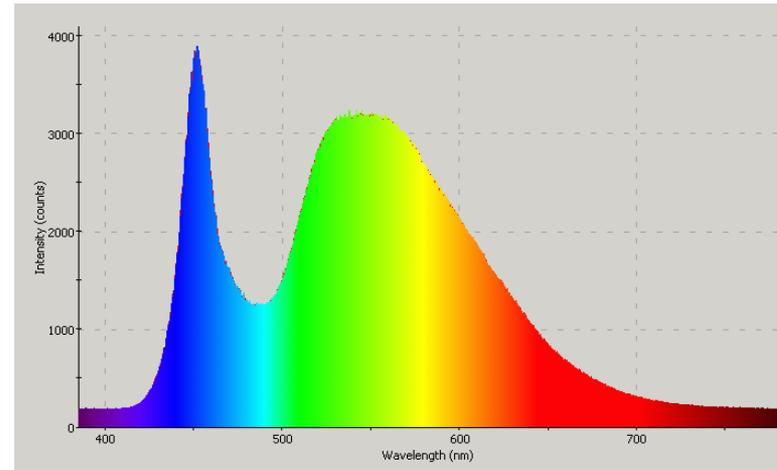
無人機及熱像儀檢測



行動太陽光電測試車現場檢測

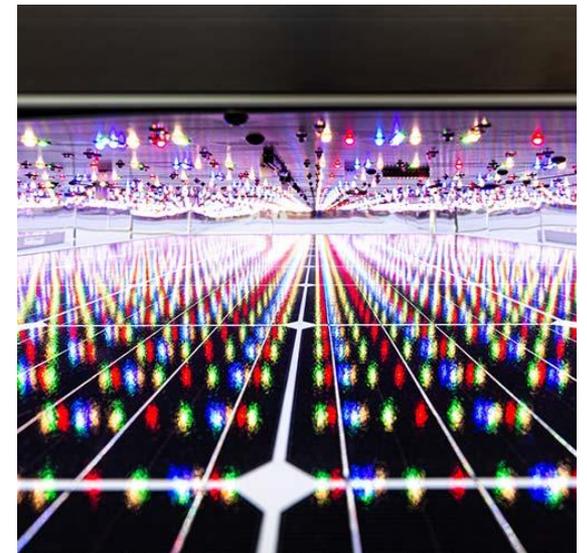
LED太陽光模擬器測試車

- MBJ Mobile Lab



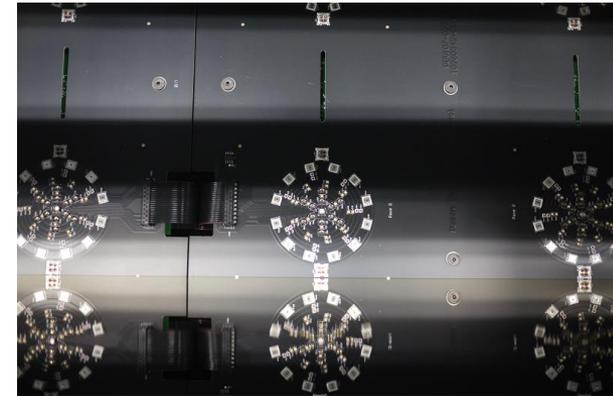
行動式LED太陽光模擬器

- TUV Travel Lab



□ 產線模組LED太陽光模擬器

- ◆ 採用**七個**波段的LED組成光源。
- ◆ 依照IEC 60904-9: 2007版本可達2 m × 1 m面積**Class AA+A+**
- ◆ 依照IEC 60904-9: 2020計算光譜覆蓋率**SPC**及光譜偏差率**SPD**則與裝有濾光片的**氙氣燈**模擬器有**明顯差距**
- ◆ 標準電池標定的狀態下量測PERC模組，**光譜失配的誤差達2 %**



PERC MMF=0.98, 誤差2 %



案場模組精確驗證程序

模擬器標定

- 參考模組送至案場於23~27度範圍下標定LED模擬器

- 模組控溫至23~27度範圍或送至定點實驗室3A或3A+級氙燈模擬器進行精準驗證測試
- 可出報告

模組校正

- 將待測案場同款模組送至定點實驗室3A或3A+級氙燈模擬器進行參考模組校正

驗證測試

須送模組至定點實驗室進行參考
模組校正及異常模組驗證測試

LED太陽光模擬器



驗證測試

- 待測模組控溫至23~27度範圍量測
- 可出報告

3A+ 氙氣燈太陽光模擬器

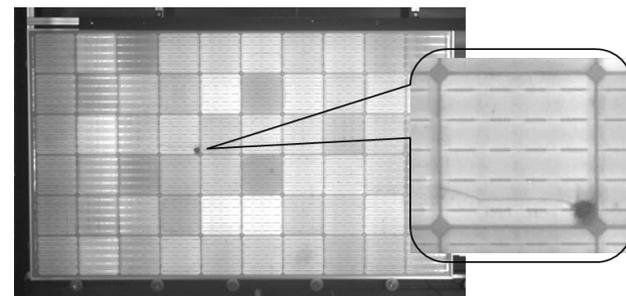
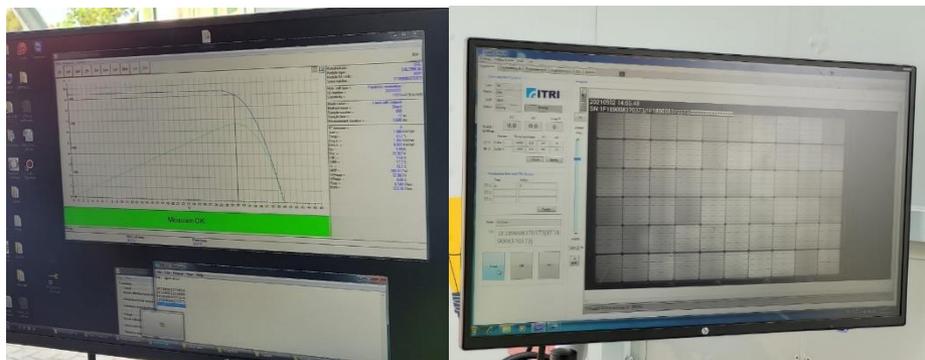


設備查核

- 以3A+級氙燈模擬器於案場控溫至23~27度範圍進行參考模組查核或校準

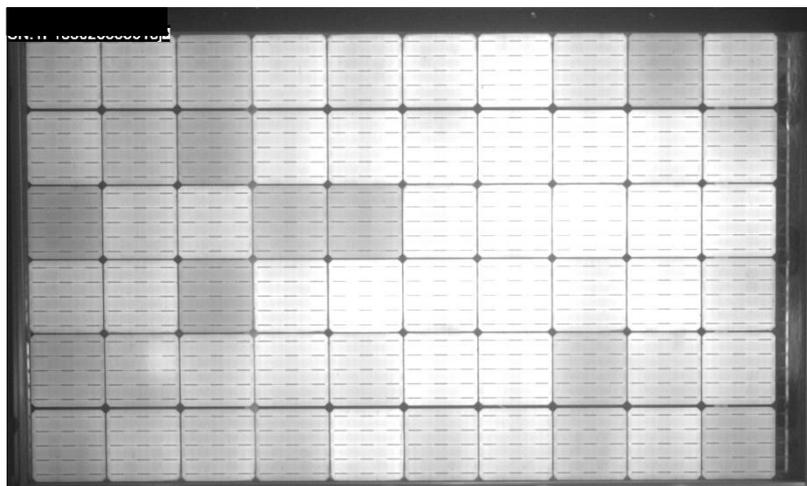
於案場可完成檢驗與驗證
測試不須再送定點實驗室

行動測試車大型臨海電廠模組檢測



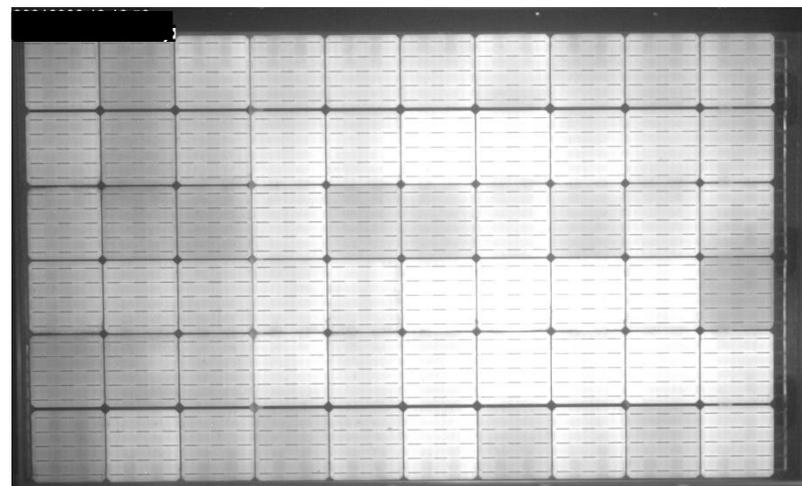
行動測試車大型臨海電廠模組檢測

□ 模組電致發光檢測



SN: 618

290.9 W



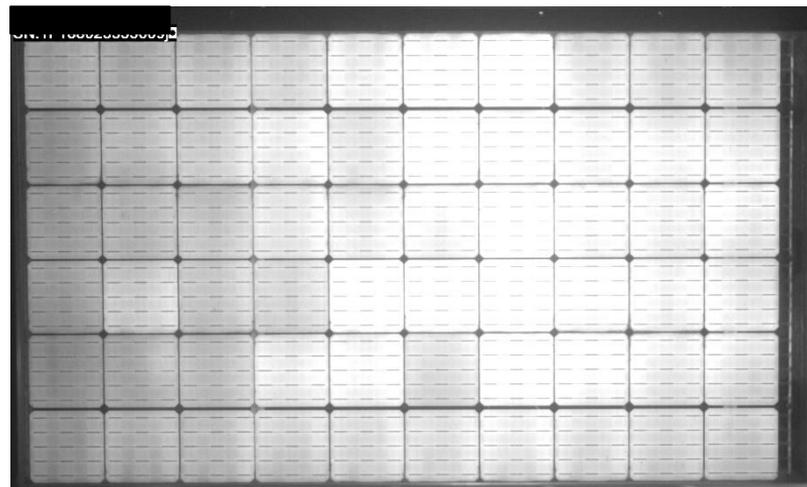
SN: 122

288.0 W



SN: 625

290.8 W



SN: 609

288.3 W

行動測試車大型臨海電廠模組檢測

□ 模組電致發光檢測



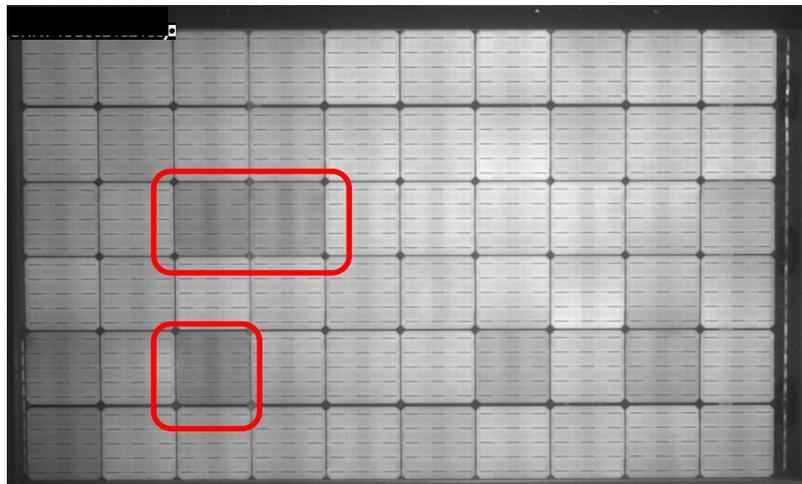
SN: 374

290.1 W



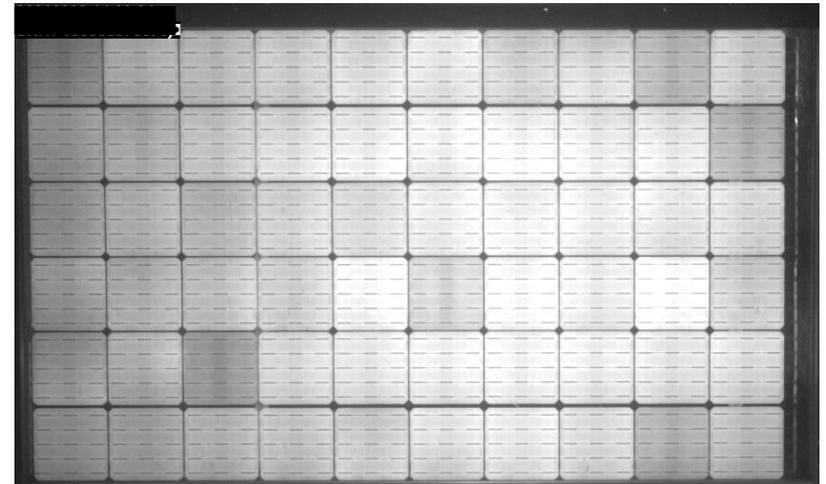
SN: 373

288.8 W



SN: 159

286.6 W



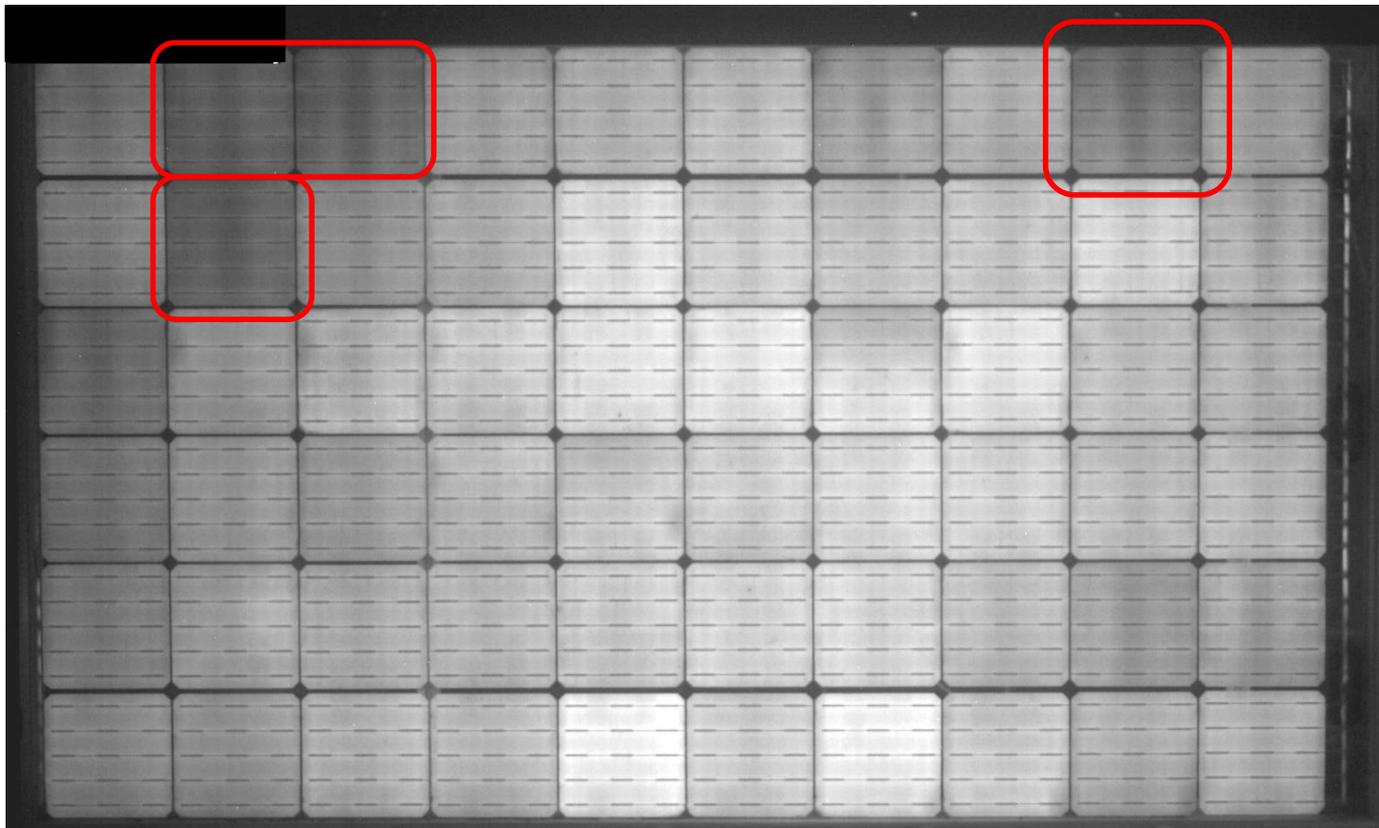
SN: 376

289.8 W

行動測試車大型臨海電廠模組檢測

□ 模組電致發光檢測

LID or LeTID

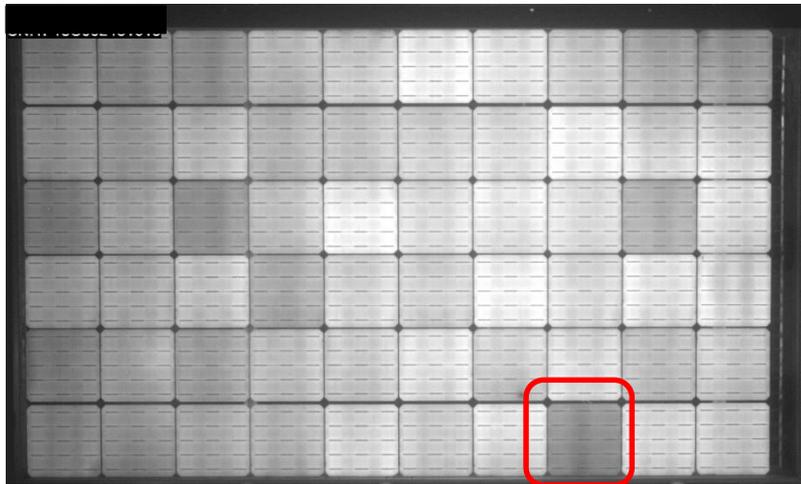


SN: 157

283.4 W

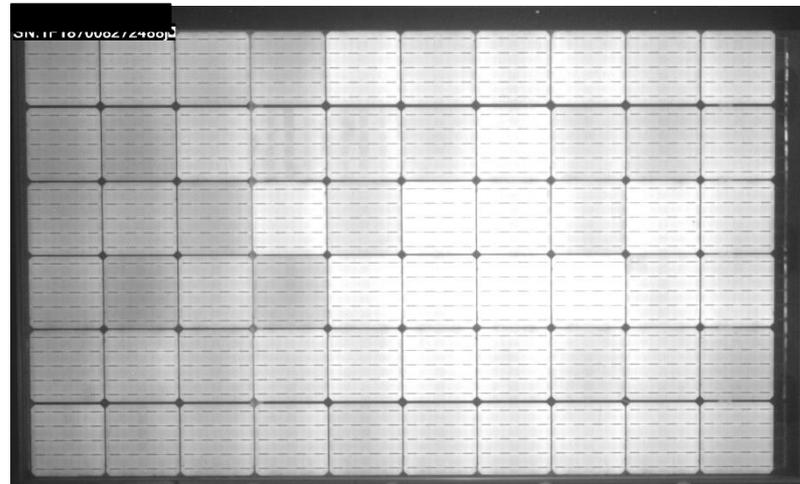
行動測試車大型臨海電廠模組檢測

□ 模組電致發光檢測



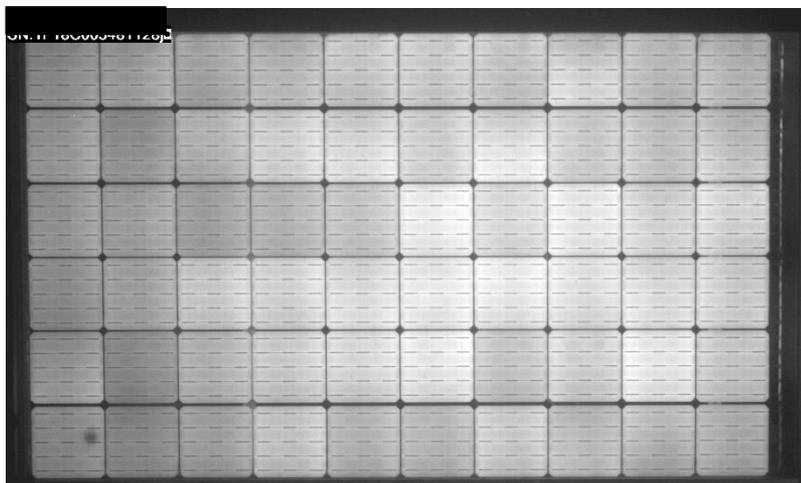
SN: 615

286.2 W



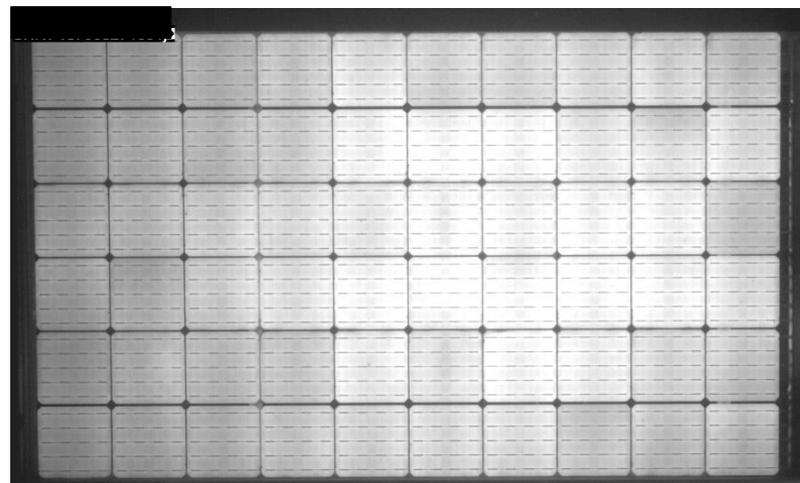
SN: 488

289.2 W



SN: 128

288.5 W

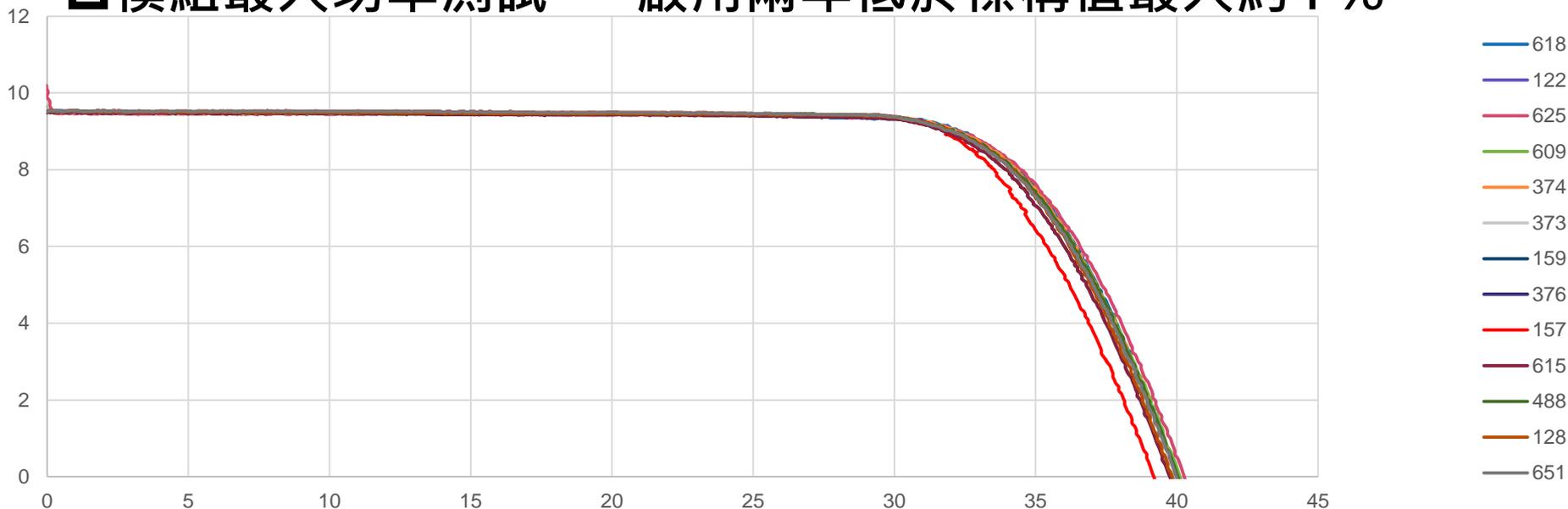


SN: 651

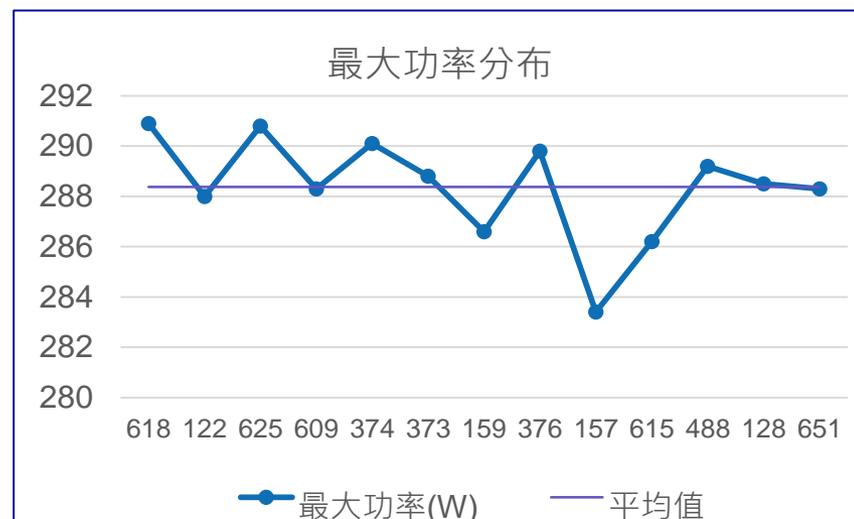
288.3 W

行動測試車大型臨海電廠模組檢測

□ 模組最大功率測試 — 啟用兩年低於標稱值最大約4%

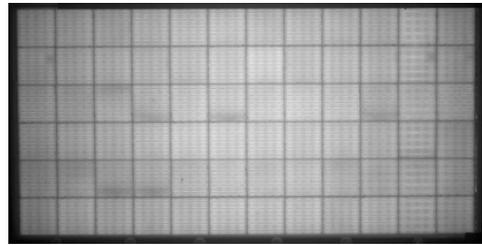


SN	Pmpp(W)	Different		Vmpp	Impp	Voc	Isc
618	290.9	4.1	-1.39%	32.29	9.01	40.07	9.53
122	288.0	7	-2.37%	32.08	8.98	40.05	9.50
625	290.8	4.2	-1.42%	32.36	8.99	40.29	9.47
609	288.3	6.7	-2.27%	32.09	8.99	40.14	9.51
374	290.1	4.9	-1.66%	32.20	9.01	40.04	9.50
373	288.8	6.2	-2.10%	32.06	9.01	39.99	9.49
159	286.6	8.4	-2.85%	31.81	9.01	39.82	9.50
376	289.8	5.2	-1.76%	32.03	9.05	39.98	9.55
157	283.4	11.6	-3.93%	31.73	8.93	39.61	9.52
615	286.2	8.8	-2.98%	31.83	8.99	39.78	9.49
488	289.2	5.8	-1.97%	32.05	9.02	40.07	9.52
128	288.5	6.5	-2.20%	31.98	9.02	39.85	9.52
651	288.3	6.7	-2.27%	31.93	9.03	40.02	9.53

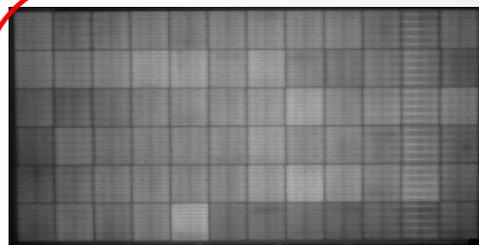


行動測試車地面系統模組檢測

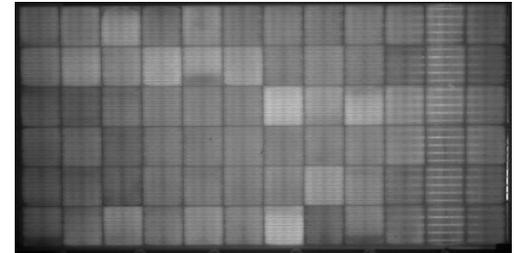
- ◆ 安裝半年系統，抽測5片，部分有明顯LeTID已低於標稱值3 %



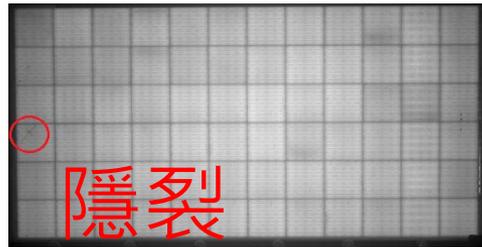
3210



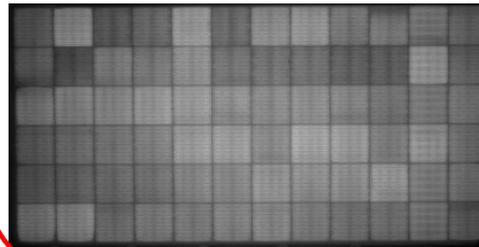
0136



0228

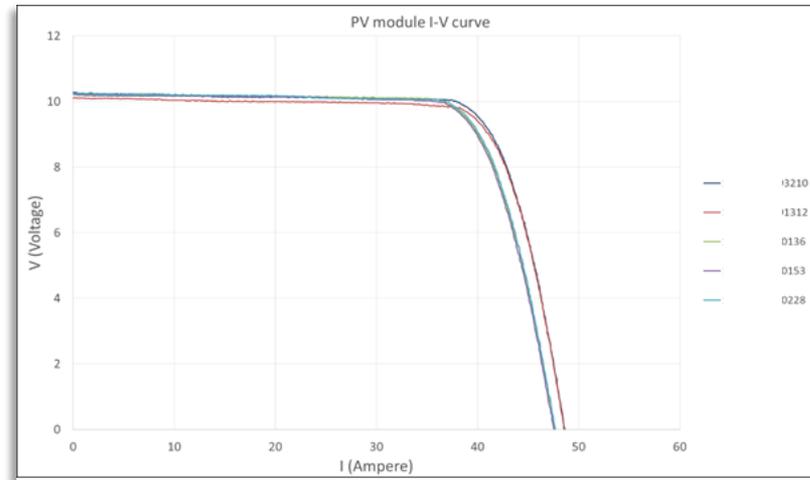


1312



0153

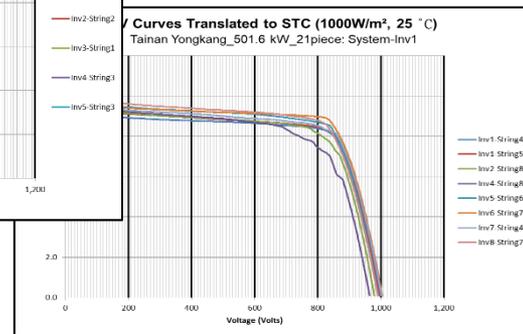
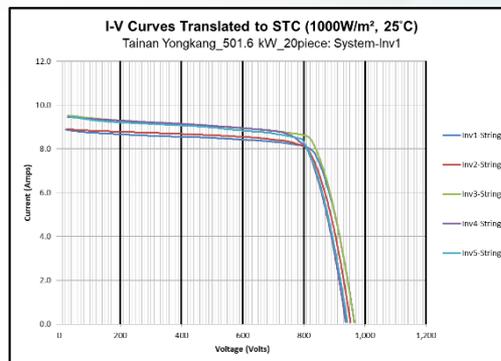
LeTID衰減



SN	功率	差異
3210	383.134	0.82%
1312	377.027	-0.78%
0136	370.405	-2.53%
0153	368.574	-3.01%
0228	372.322	-2.02%

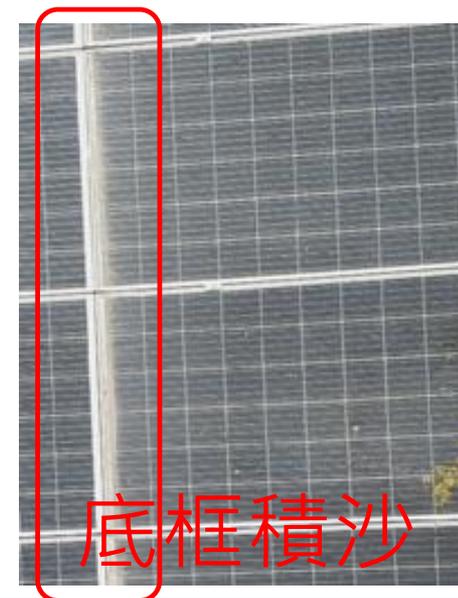
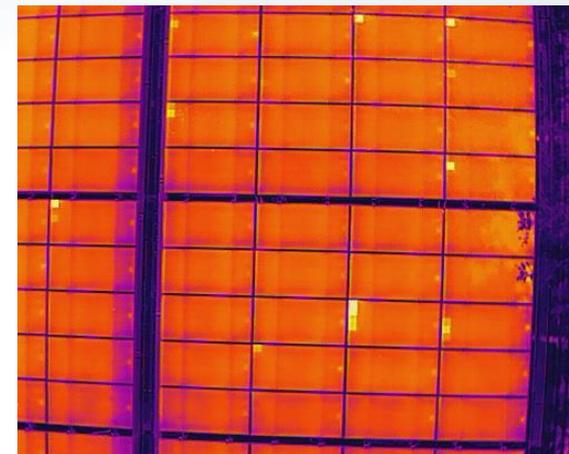
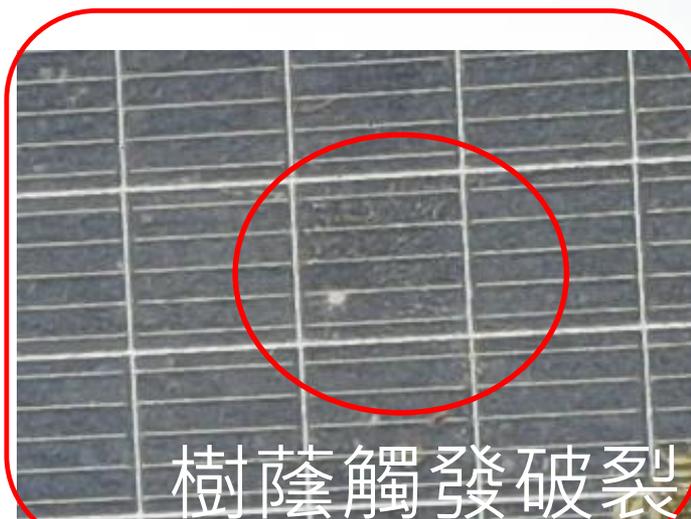
行動測試車地面系統模組檢測

- ◆ 安裝半年系統，抽測13串，部分有受沙塵遮蔽低於標稱值20 %



串列編號	INV1-String2	INV2-String2	INV3-String1	INV4-String3
串列片數	20	20	20	20
額定最大功率(W)	7,600	7,600	7,600	7,600
量測最大功率(W)	6,853	6,780	7,242	6,854
*串列效率 (%)	91	90	97	91
串列編號	INV5-String3	INV1-String4	INV1-String5	INV2-String8
串列片數	20	21	21	21
額定最大功率(W)	7,600	7,980	7,980	7,980
量測最大功率(W)	6,896	7,129	7,203	6,823
*串列效率 (%)	92	90	91	87
串列編號	INV4-String8	INV5-String6	INV6-String7	INV7-String4
串列片數	21	21	21	21
額定最大功率(W)	7,980	7,980	7,980	7,980
量測最大功率(W)	6,274	7,375	7,637	7,281
*串列效率 (%)	80	94	97	92

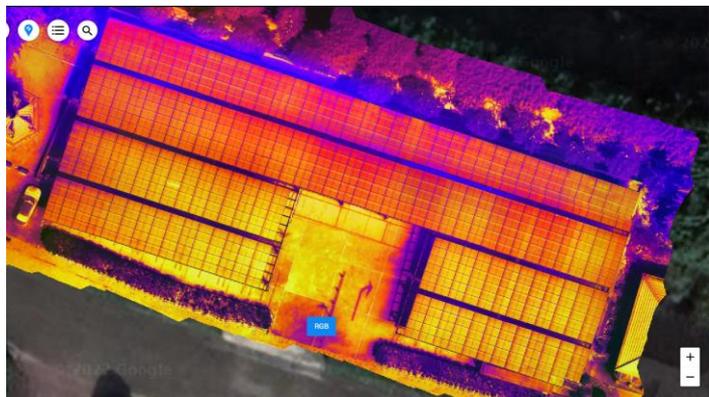
◆ 南部地區運轉半年系統模組抽檢



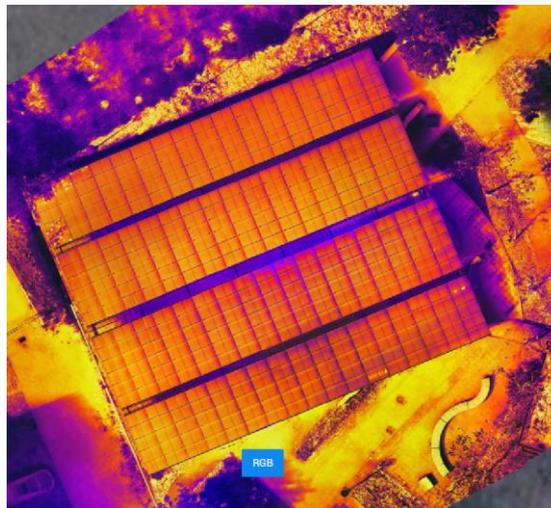
行動測試車地面系統模組檢測



◆ 高解析紅外熱影像及可見光2D空拍建模



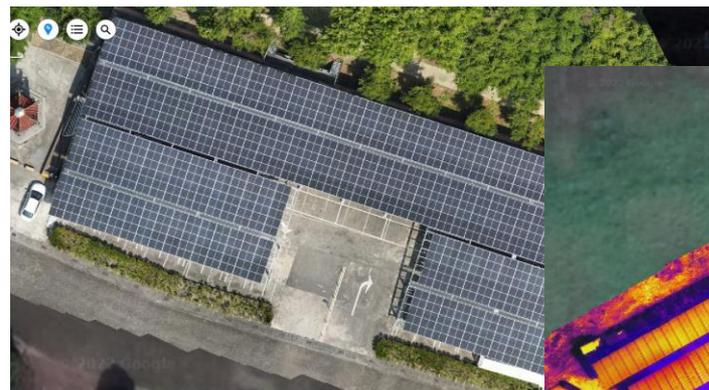
913萬畫素



841萬畫素



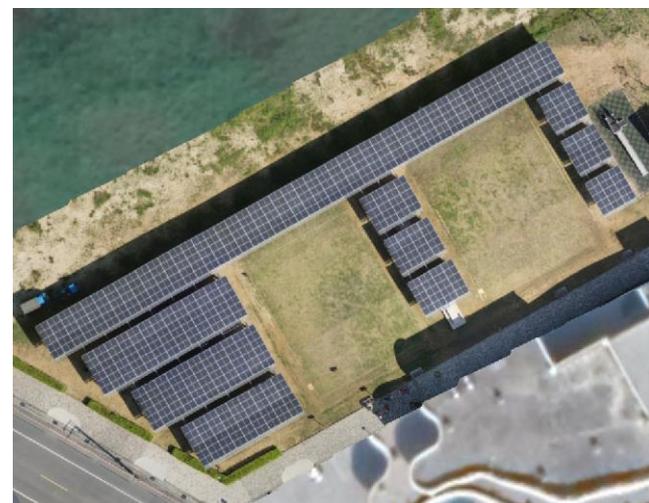
1億4400萬畫素



1億8000萬畫素

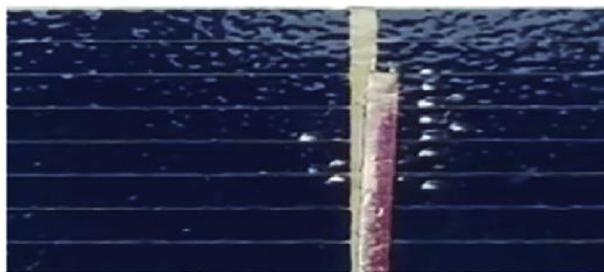
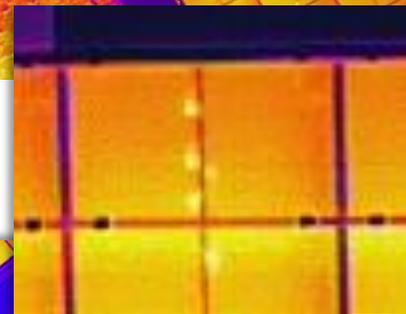
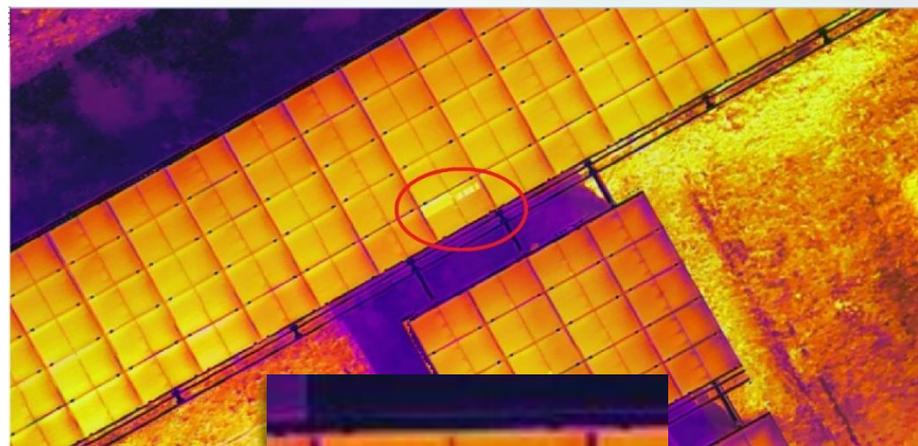
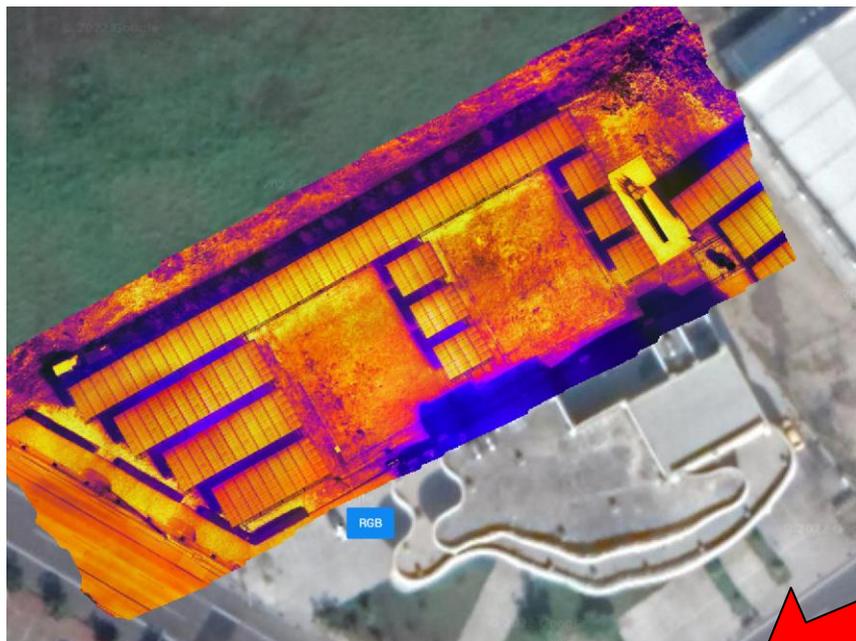


1470萬畫素



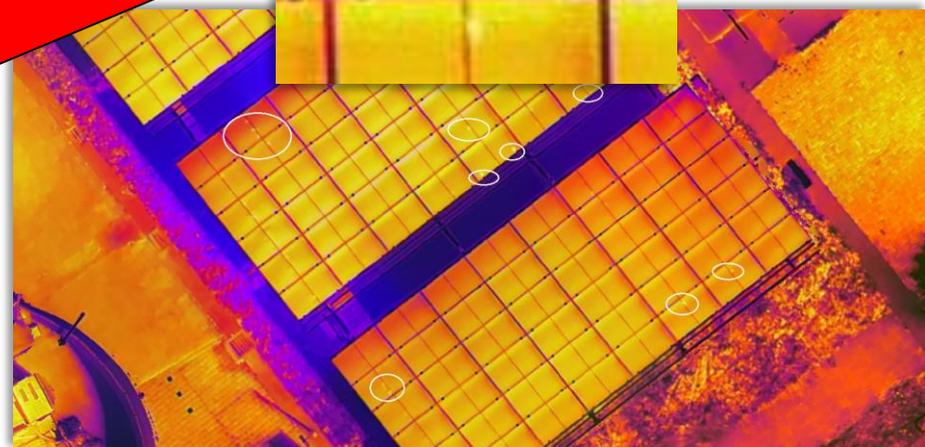
2億5000萬畫素

◆ 南部地區運轉1年系統無人機檢測



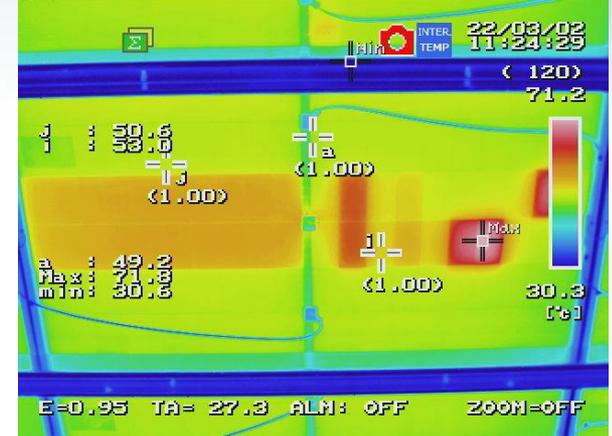
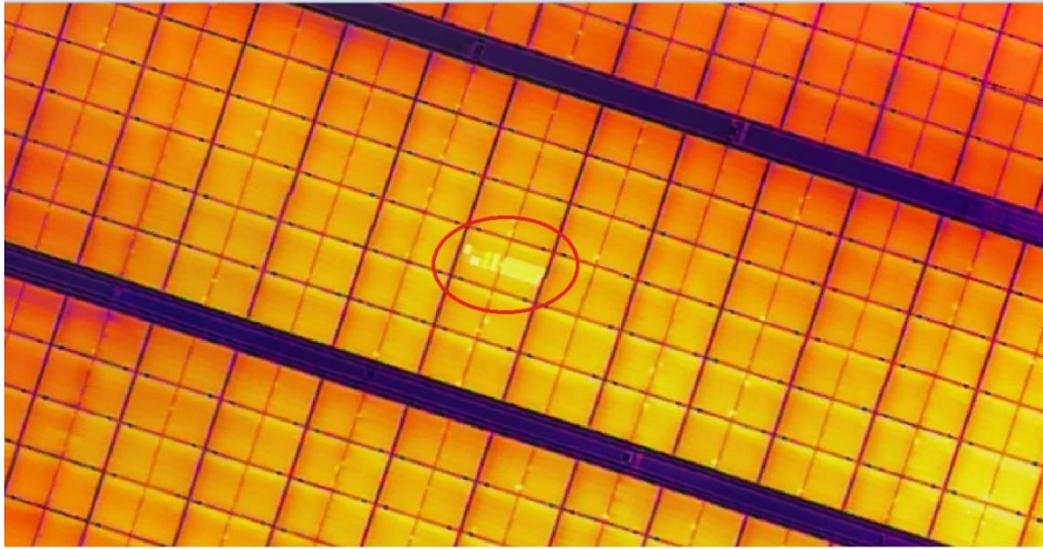
Corrosive misaligned bus bar of SPV module

tarana@iul.ac.in



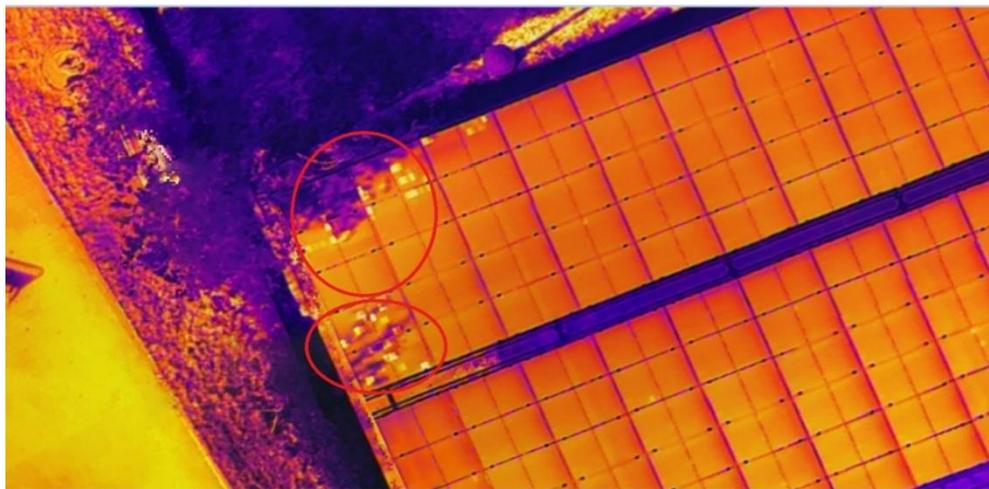
行動測試車地面系統模組檢測

◆ 南部地區運轉1年系統無人機檢測



行動測試車地面系統模組檢測

◆ 南部地區運轉1年系統無人機檢測



觀音500 kW屋頂系統安裝前抽檢

測試模組共60片



大雅及梧棲海外模組安裝前抽檢

測試模組共54片



台中清水屋頂系統海外模組安裝前抽檢

測試模組共32片



國內模組與海外模組STC功率量測比較

國內模組A廠

Item	額定值	實測值	差異(W)	差異(%)
1	340	341.95	1.95	0.56%
2	340	340.702	0.702	0.20%
3	340	342.287	2.287	0.66%
4	340	341.525	1.525	0.44%
5	340	341.847	1.847	0.53%
6	340	341.55	1.55	0.45%
7	340	342.155	2.155	0.62%
8	340	341.736	1.736	0.50%
9	340	343.171	3.171	0.91%
10	340	342.102	2.102	0.60%
11	340	342.18	2.18	0.63%
12	340	340.451	0.451	0.13%
13	340	342.01	2.01	0.58%
平均	340	341.82	1.82	0.54%

國內模組B廠

Item	額定值	實測值	差異(W)	差異(%)
1	340	341.69	1.693	0.49%
2	340	339.58	-0.417	-0.12%
3	340	340.79	0.788	0.23%
4	340	340.73	0.731	0.21%
5	340	340.46	0.456	0.13%
6	340	339.49	-0.506	-0.15%
7	340	340.11	0.107	0.03%
8	340	340.30	0.298	0.09%
9	340	340.10	0.097	0.03%
10	340	340.37	0.373	0.11%
11	340	341.24	1.239	0.36%
12	340	340.47	0.469	0.13%
13	340	340.69	0.694	0.20%
平均	340	340.46	0.46	0.14%

越南模組C廠

Item	額定值	實測值	差異(W)	差異(%)
1	370	378.28	8.28	2.24%
2	370	374.74	4.74	1.28%
3	370	376.65	6.65	1.80%
4	370	374.15	4.15	1.12%
5	370	377.3	7.3	1.97%
6	370	374.27	4.27	1.15%
7	370	374.47	4.47	1.21%
8	370	373.6	3.6	0.97%
9	370	373.53	3.53	0.95%
10	370	374.28	4.28	1.16%
11	370	373.47	3.47	0.94%
12	370	374.56	4.56	1.23%
13	370	373.56	3.56	0.96%
14	370	373.41	3.41	0.92%
15	370	374.11	4.11	1.11%
16	370	373.88	3.88	1.05%
17	370	374.07	4.07	1.10%
18	370	374.2	4.2	1.14%
平均	370	374.59	4.59	1.24%

系統抽檢樣本數

- ◆ 符合標準的抽檢方式可兼顧有效性與檢測成本
 - 依據ISO 2859-1標準於系統案場隨機抽檢模組或模組串列具有整體檢測的代表性
- ◆ 依據可執行性來決定採用一般水準樣本數或特殊水準樣本數
 - 例如模組安裝前檢測可採取一般水準樣本數抽檢，已安裝之模組若要拆下來檢測則可採取特殊水準樣本數抽檢
- ◆ 允收標準由買賣雙方共同約定
 - 依據實施的抽檢樣本數來決定允收品質水準藉以判定抽檢後的模組批次是否符合允收條件

AQL抽樣表

表 A:

Lot Size		SAMPLE SIZE CODE LETTERS						
		General Inspection Levels			Special Inspection Levels			
		I	II	III	S-1	S-2	S-3	S-4
2	to 8	A	A	B	A	A	A	A
9	to 15	A	B	C	A	A	A	A
16	to 25	B	C	D	A	A	B	B
26	to 50	C	D	E	A	B	B	C
51	to 90	C	E	F	B	B	C	C
91	to 150	D	F	G	B	B	C	D
151	to 280	E	G	H	B	C	D	E
281	to 500	F	H	J	B	C	D	E
501	to 1200	G	J	K	C	C	E	F
1201	to 3200	H	K	L	C	D	E	G
3201	to 10000	J	L	M	C	D	F	G
10001	to 35000	K	M	N	C	D	F	H
35001	to 150000	L	N	P	D	E	G	J
150001	to 500000	M	P	Q	D	E	G	J
500001	and over	N	Q	R	D	E	H	K

表 B:

Sample size code letter		Sample size	SINGLE SAMPLING PLANS FOR NORMAL INSPECTION																				
			Acceptable quality levels(normal inspection)																				
		0.065		0.1		0.15		0.25		0.4		0.65		1.0		1.5		2.5		4		6.5	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2																						
B	3																						
C	5																						
D	8																						
E	13																						
F	20																						
G	32																						
H	50																						
J	80																						
K	125																						
L	200																						
M	315																						
N	500																						
P	800																						
Q	1250																						
R	2000																						

↓ Use first sampling plan below the arrow, if sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100% inspection.

↑ Use first sampling plan above the arrow.

Ac: Acceptance number Re: Rejection number

結論

- ◆ 太陽光電模組功率及可靠性具有非一致性，安裝前應有檢測、驗證的機制才能確保系統長期的發電效率與壽命。
- ◆ 無人機熱影像檢測屬於快篩檢測，發現有熱異常的模組後須以實驗室的太陽光模擬器、EL等設備才能精確的確定模組的缺陷與失效衰退。
- ◆ 太陽光電行動測試車可將太陽光電模組的實驗室檢測能量帶至系統案場執行，大幅的縮減模組運送往返案場及實驗室間的時間與長途運送而震動破裂的風險。
- ◆ 依據ISO 2859-1標準(或CNS 2779)於系統案場隨機抽檢模組或模組串列，具有整體檢測的代表性，是兼顧檢測有效性及成本的方法。

感謝聆聽



李思賢

Tel: 03-5913893

Email: sven@itri.org.tw