



# 太陽光電危害及預防

單位:工業技術研究院-綠能所  
部門:太陽光電技術組-R300  
實驗室:太陽光電系統測試實驗室  
實驗室主管:宋洪義

# Outline

遮蔽保護設計

設計規範注意事項

系統健檢建議執行步驟

# Outline

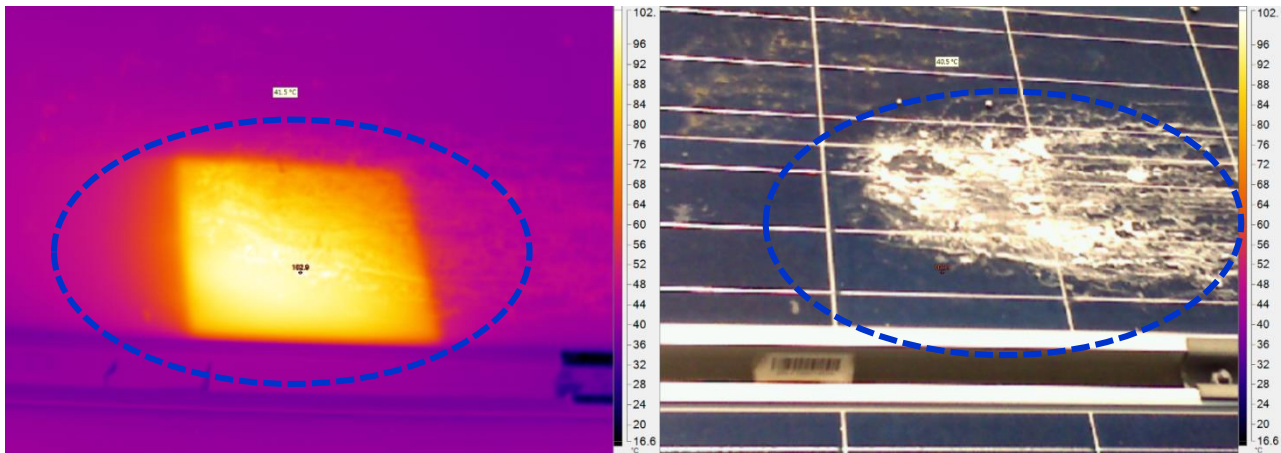
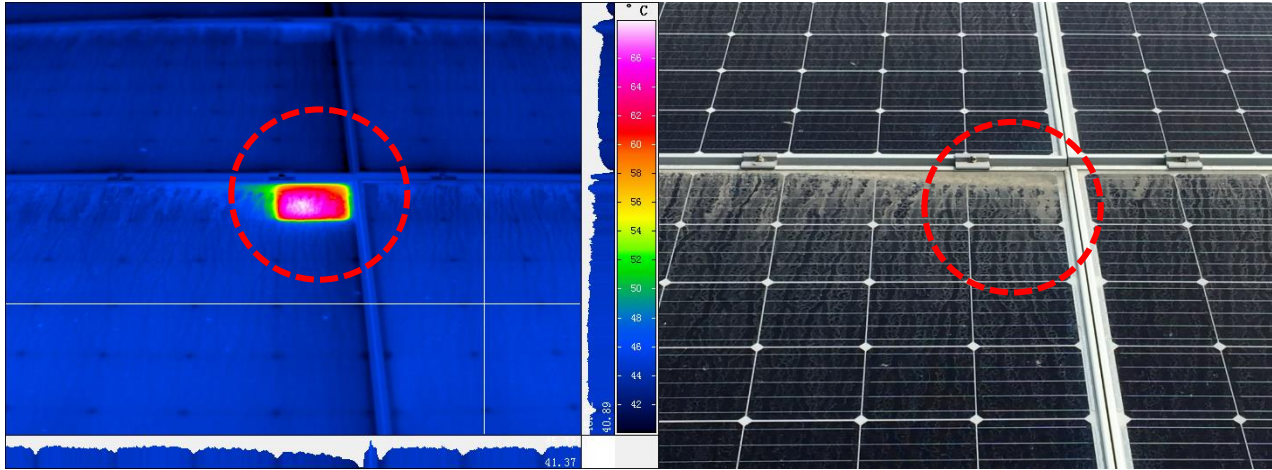
---

遮蔽保護設計

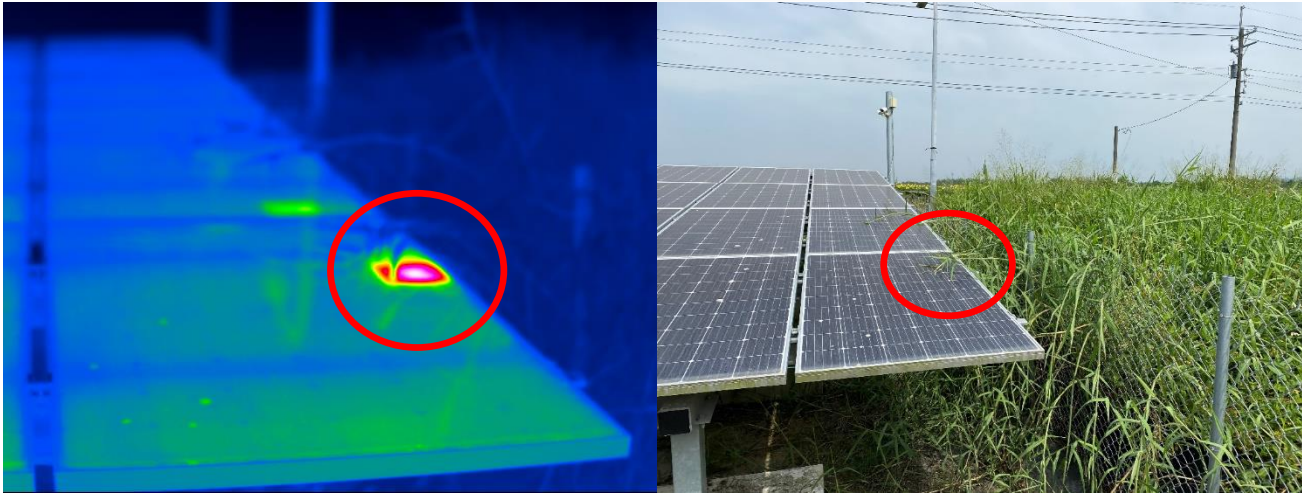
設計規範注意事項

系統健檢建議執行步驟

# 遮蔽產生影響-1

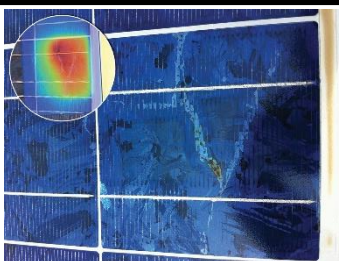


# 遮蔽產生影響-2

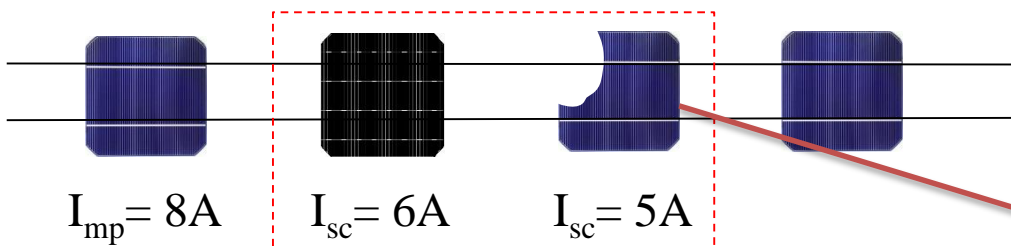


# 熱斑成因

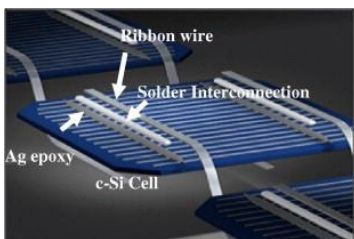
第一種



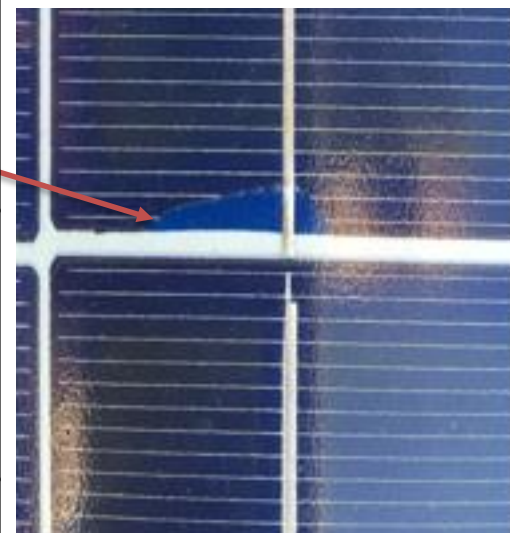
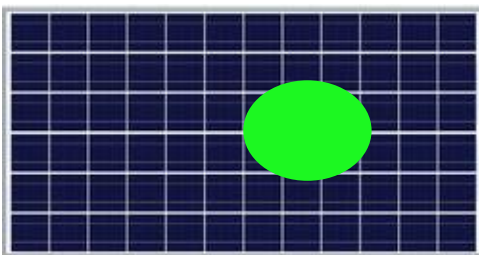
第二種



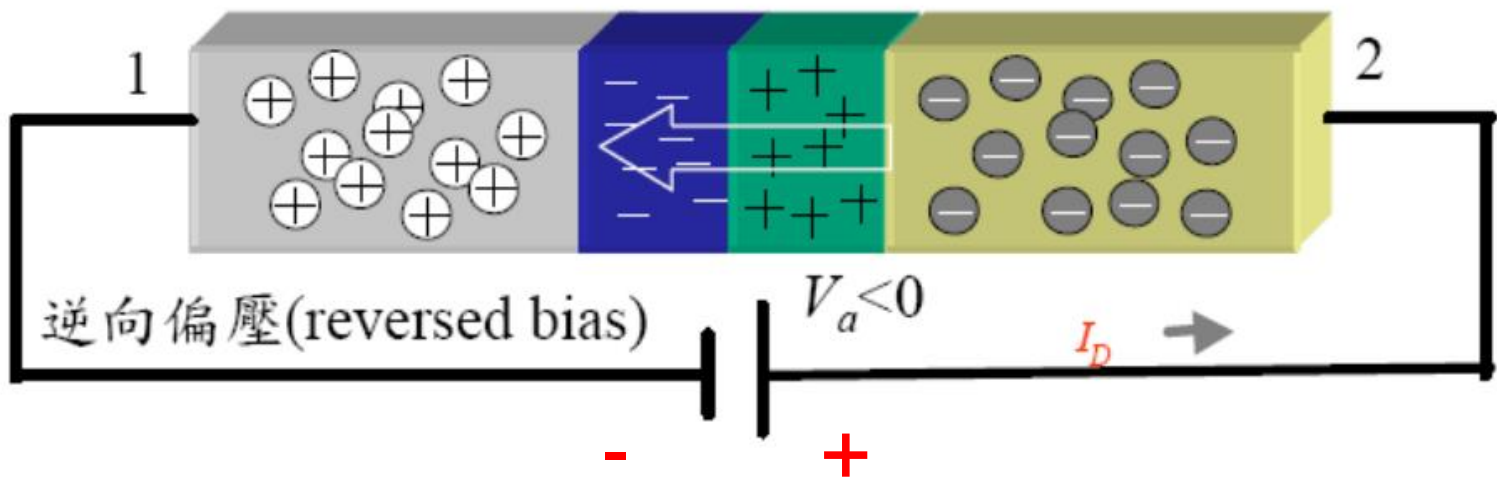
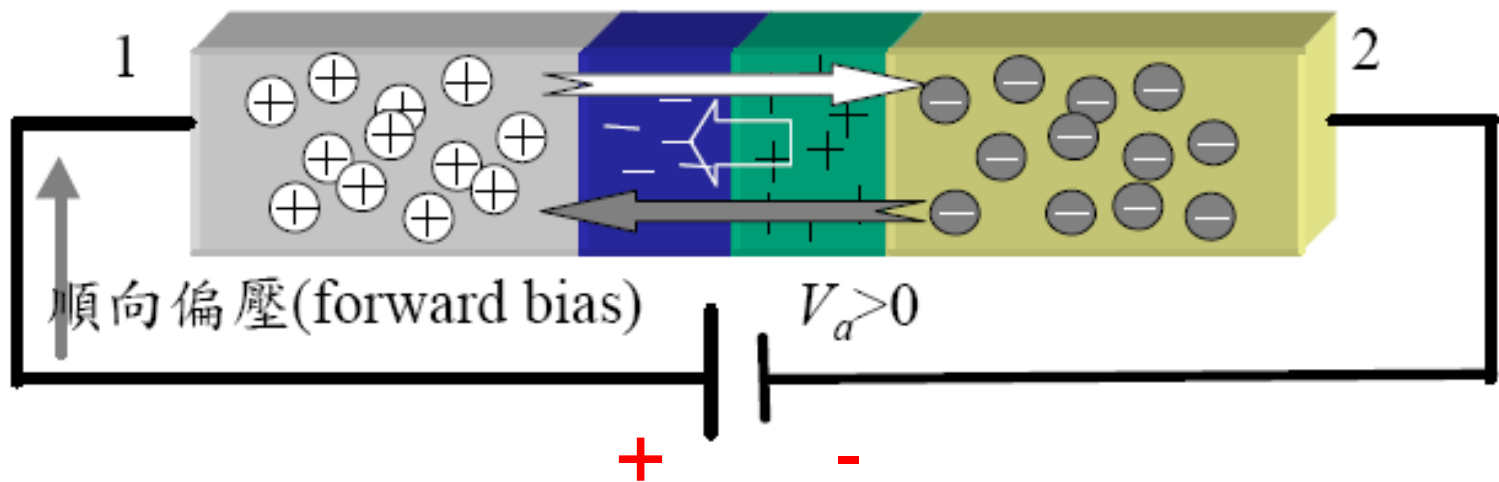
第三種



第四種

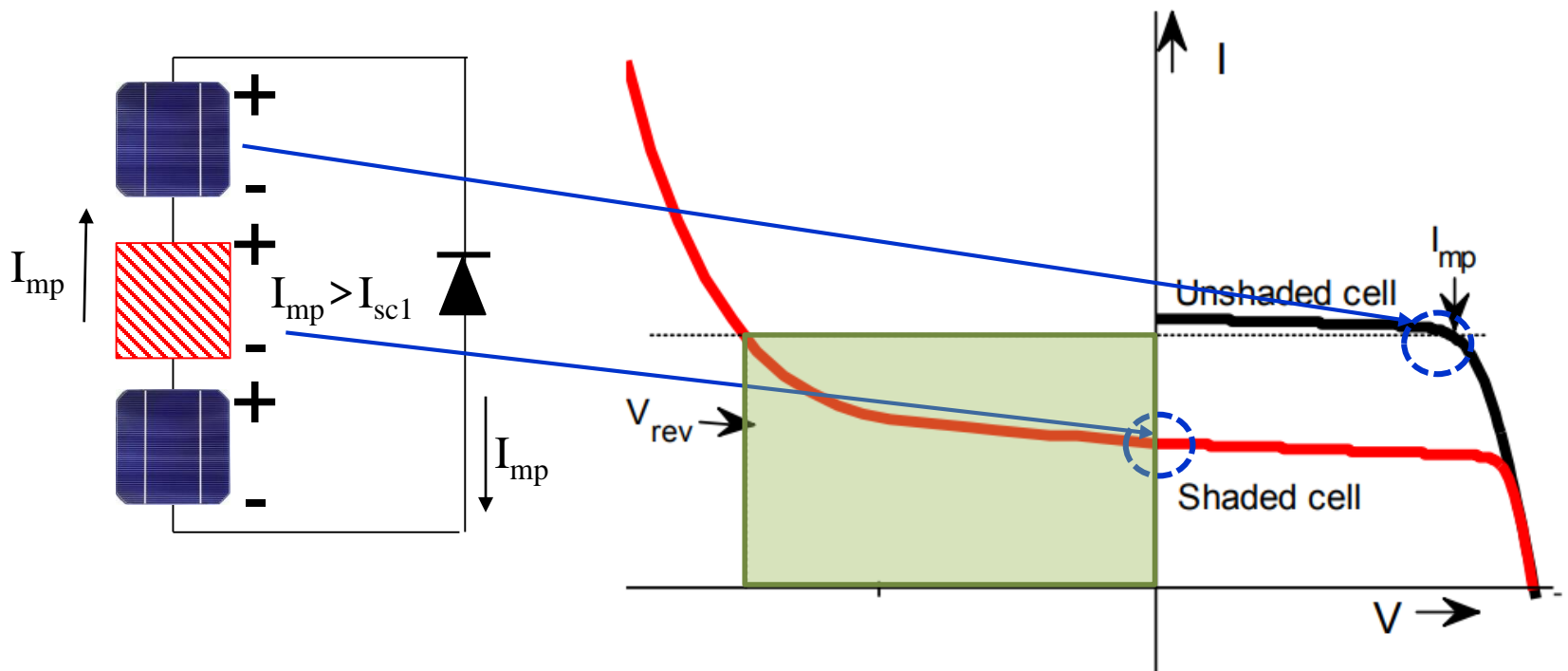


# 順偏與逆偏電壓



# 熱斑效應-1

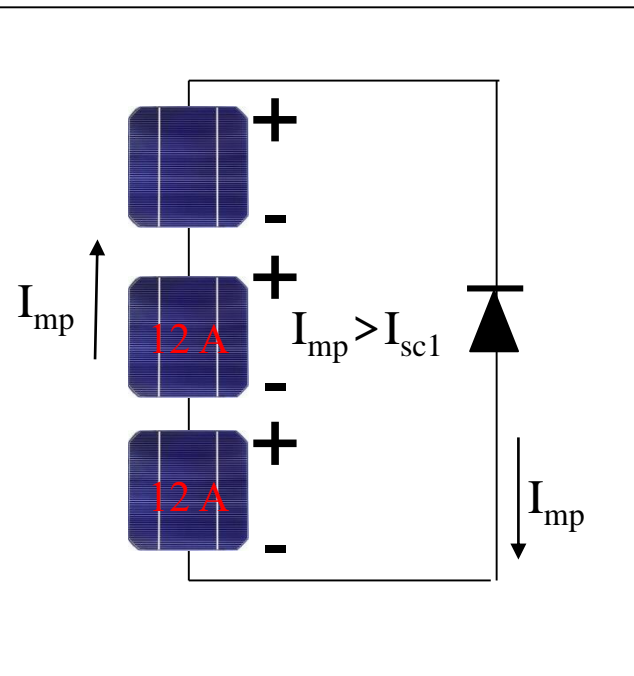
當模組中之一個電池或一組電池遮光或損壞時，工作電流超過了該電池降低之短路電流，在模組中會發生熱斑加熱。此時受影響之電池或電池組被處於**反向偏壓狀態**，必定消耗功率，因而引起過熱。



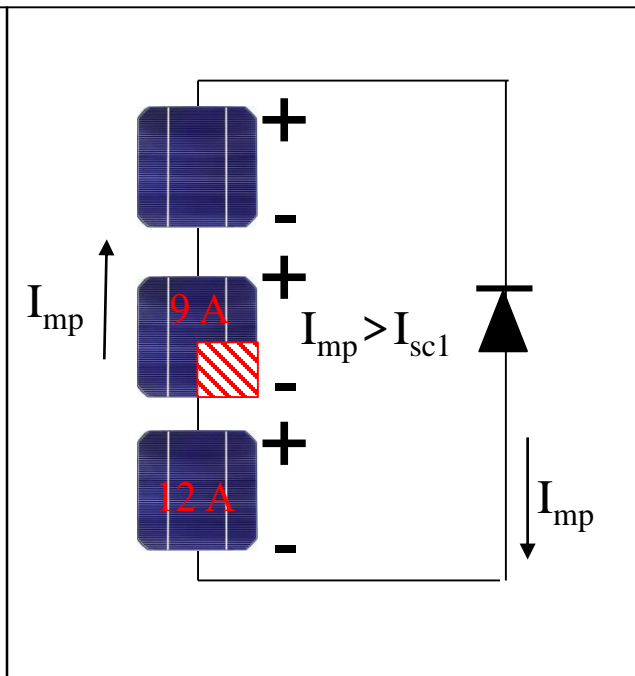


# 熱斑效應-2

沒遮蔽

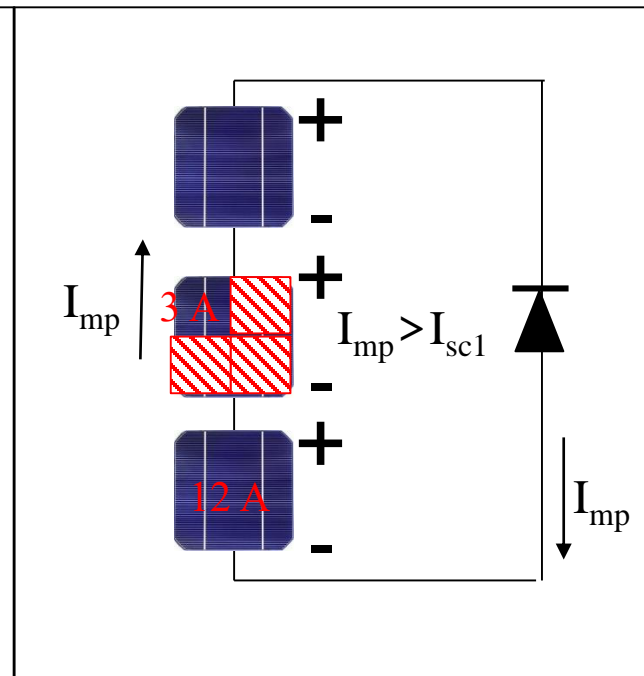


遮蔽1/4區域



$$(12-9)^2 \times R = 9R$$

遮蔽3/4區域



$$(12-3)^2 \times 3R = 243R$$

# 太陽能電池電流 VS 面積



(1) 運轉電流: 10 A

(2) 電流與面積成正比

(3) 遮蔽1/10區域，運轉電流=10A x 9/10=9 A

(4) 遮蔽2/10區域，運轉電流=10A x 8/10=8 A

.

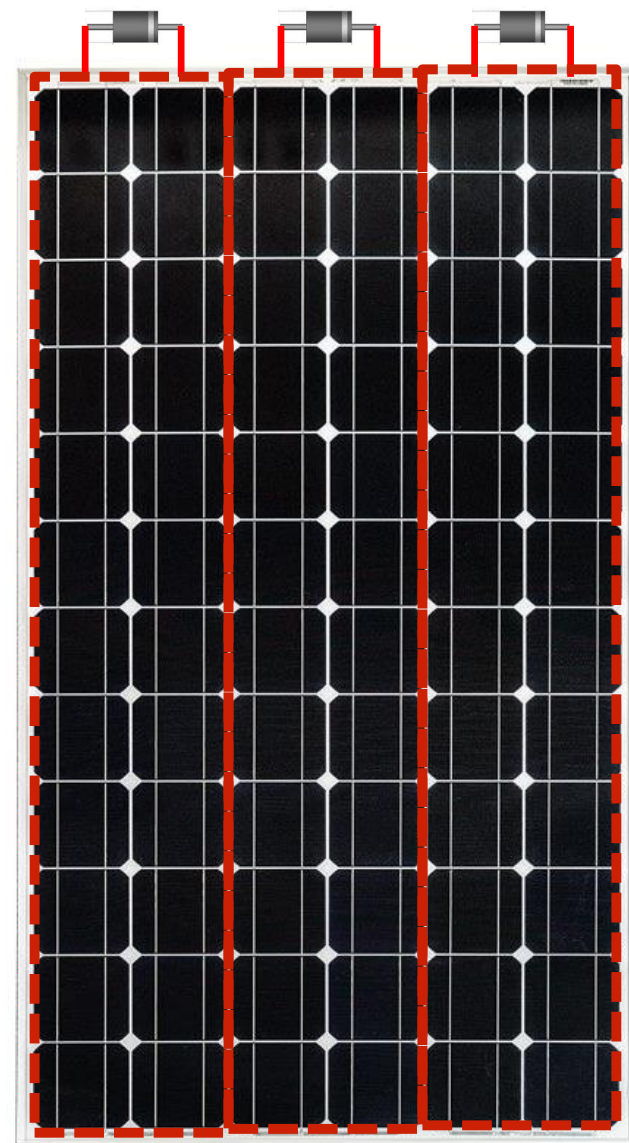
.

.

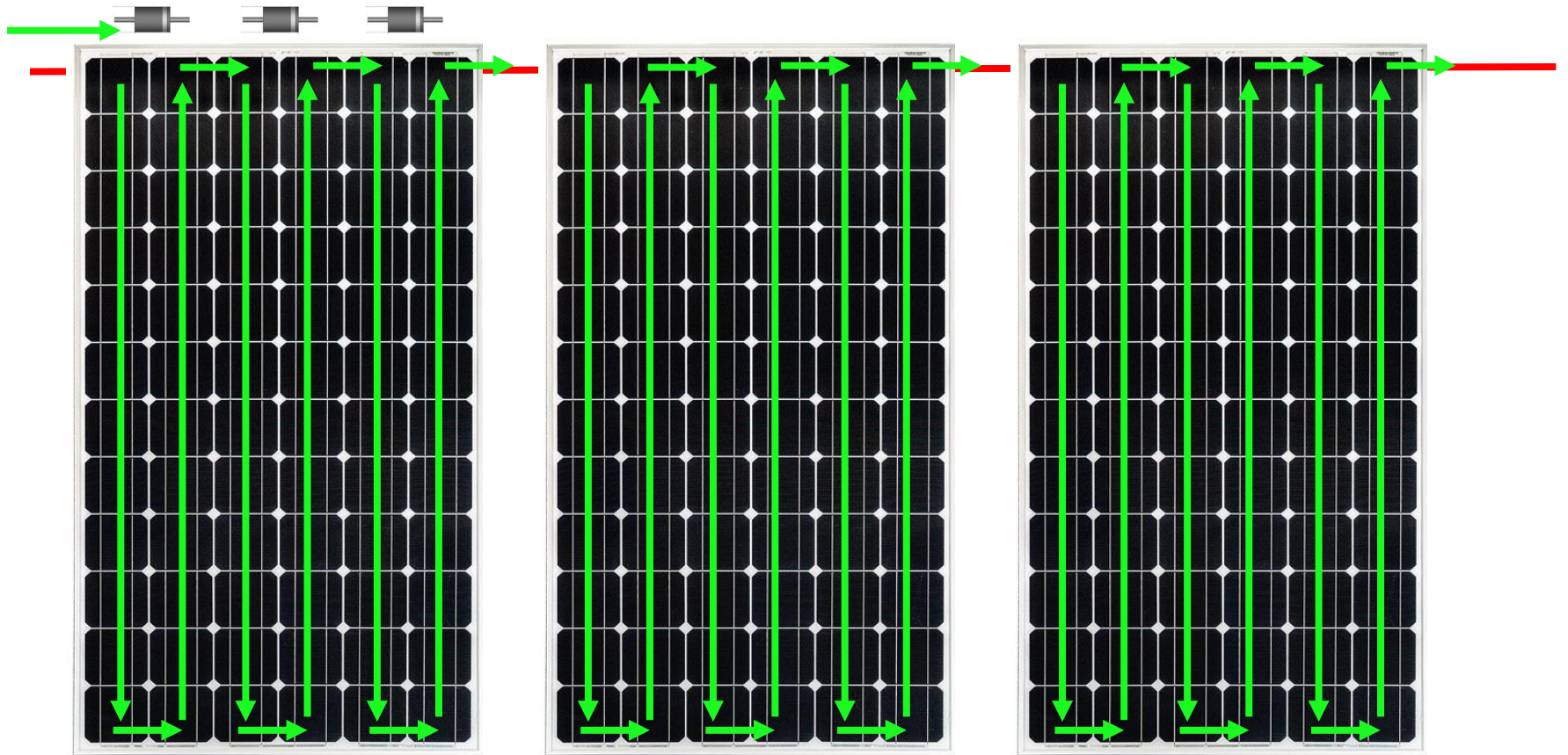
(5) 遮蔽9/10區域，運轉電流=10A x 1/10=1 A

# 太陽能旁路二極體設計

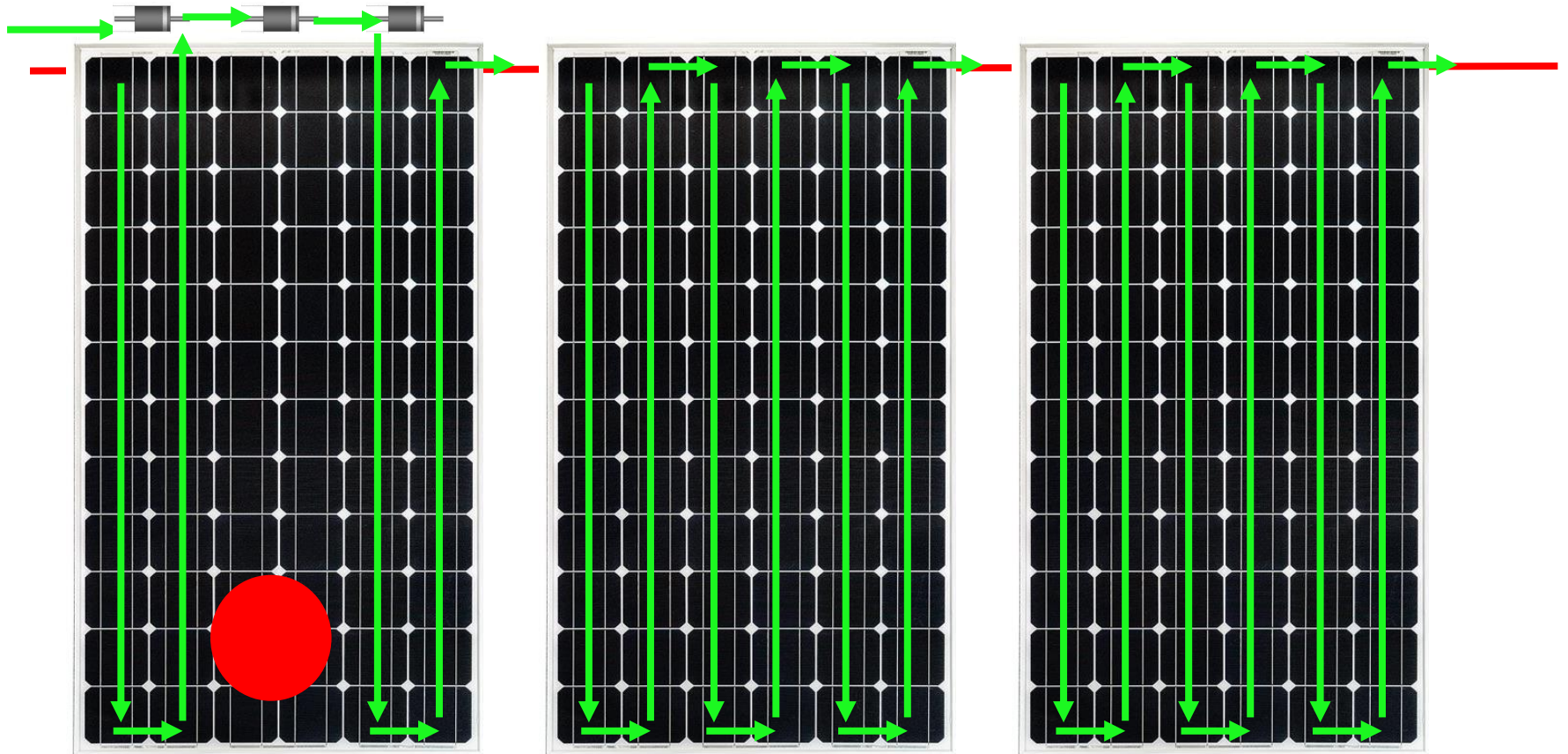
接線盒



# 太陽能串聯電路



# 熱斑與旁路二極體-狀況1



# 經常性旁路二極體啟動

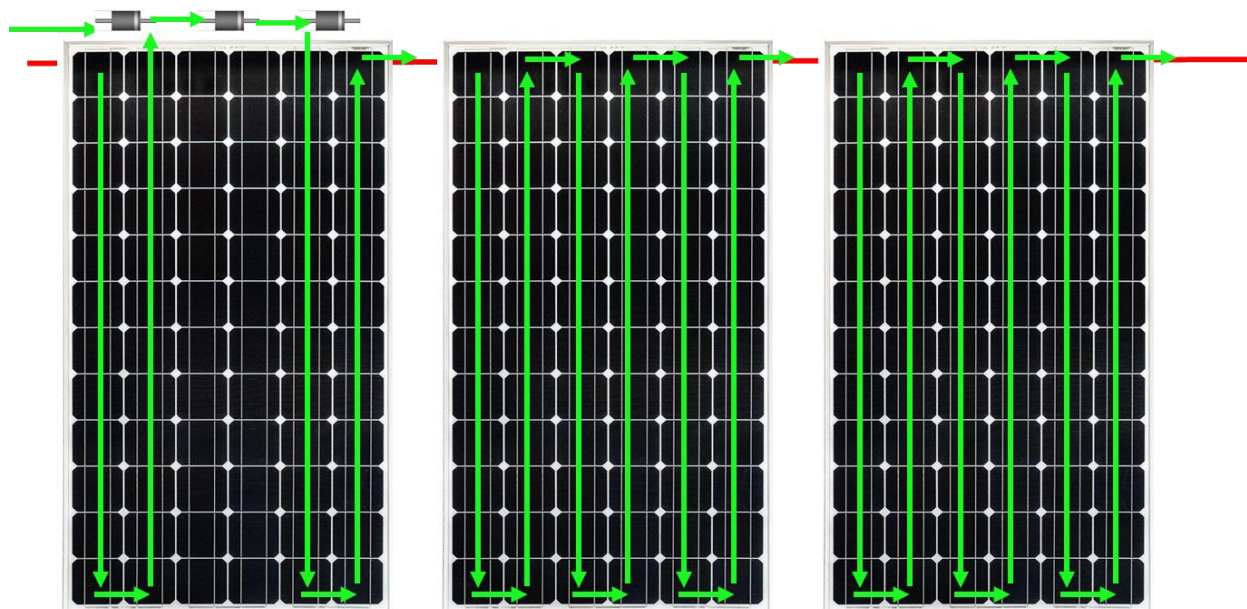
(1)旁路二極體目的:暫時保護遮蔽串列電池，避免逆向電壓導致熱異常損壞PV模組

(2)內部接線盒溫度高，無法長時間承受電壓電流，容易損壞

(3)旁路二極體損壞模式:

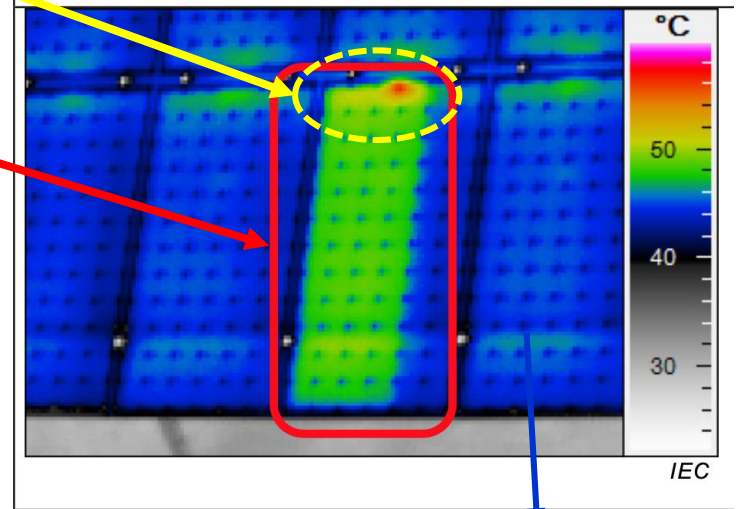
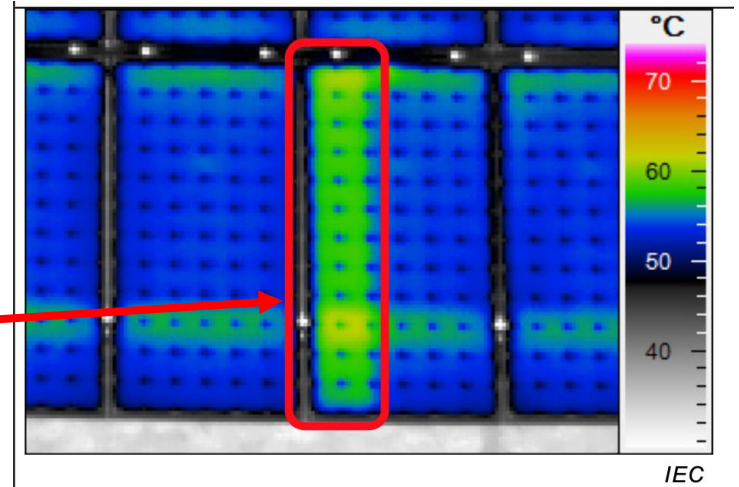
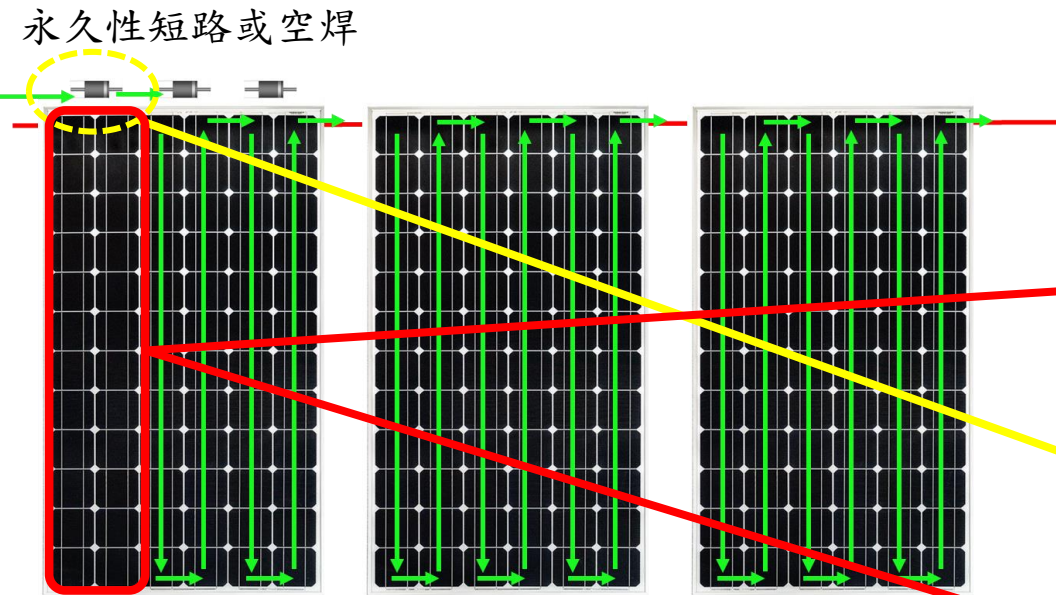
第一種:永久性短路

第二種:因高溫熔斷



永久性短路

# 旁路二極體啟動或短路檢查方式

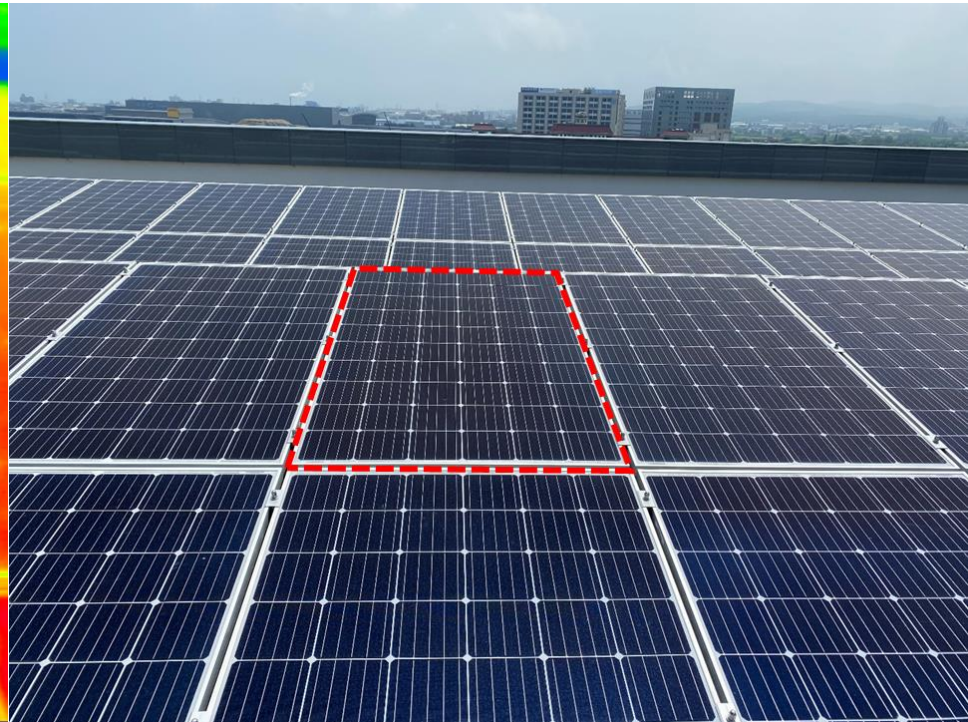
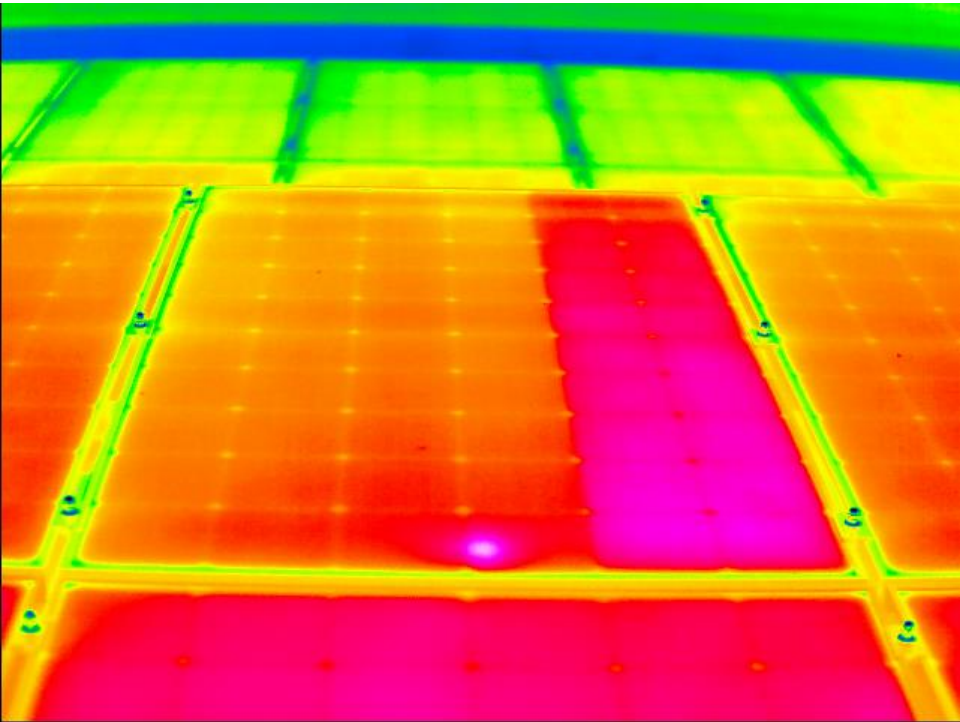


問題?

IEC TS 62446-3 中經驗值  
開路串列溫度約比運轉溫度  
高2~7°C

# 是否要更換

## 竣工驗收的案場



處理步驟:

- (1) 提供熱影像太陽能模組廠
- (2) 更換新的太陽能板
- (3) 如不更換，加強定期巡檢，發生異常立即更換

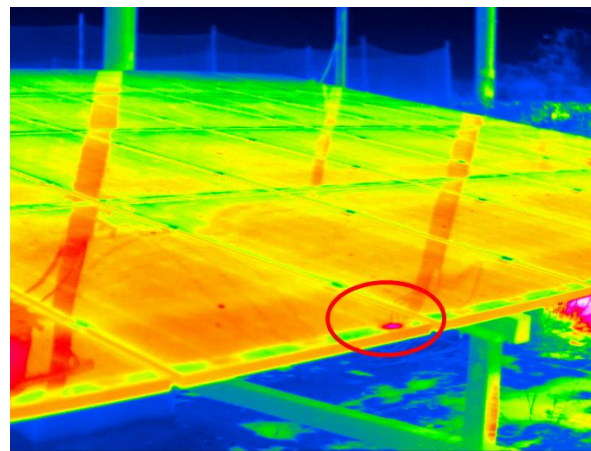


# 旁路二極體異常產生的問題

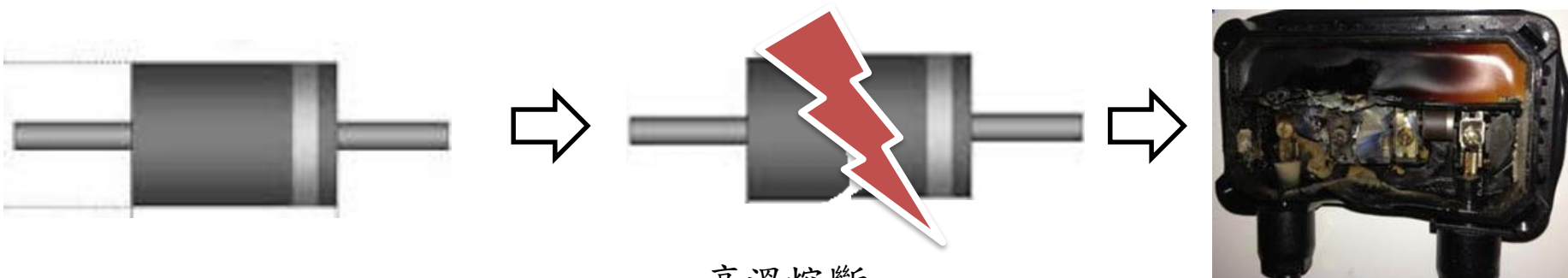
## 旁路二極體損壞模式:

第一步:永久性短路

第二步:因高溫熔斷

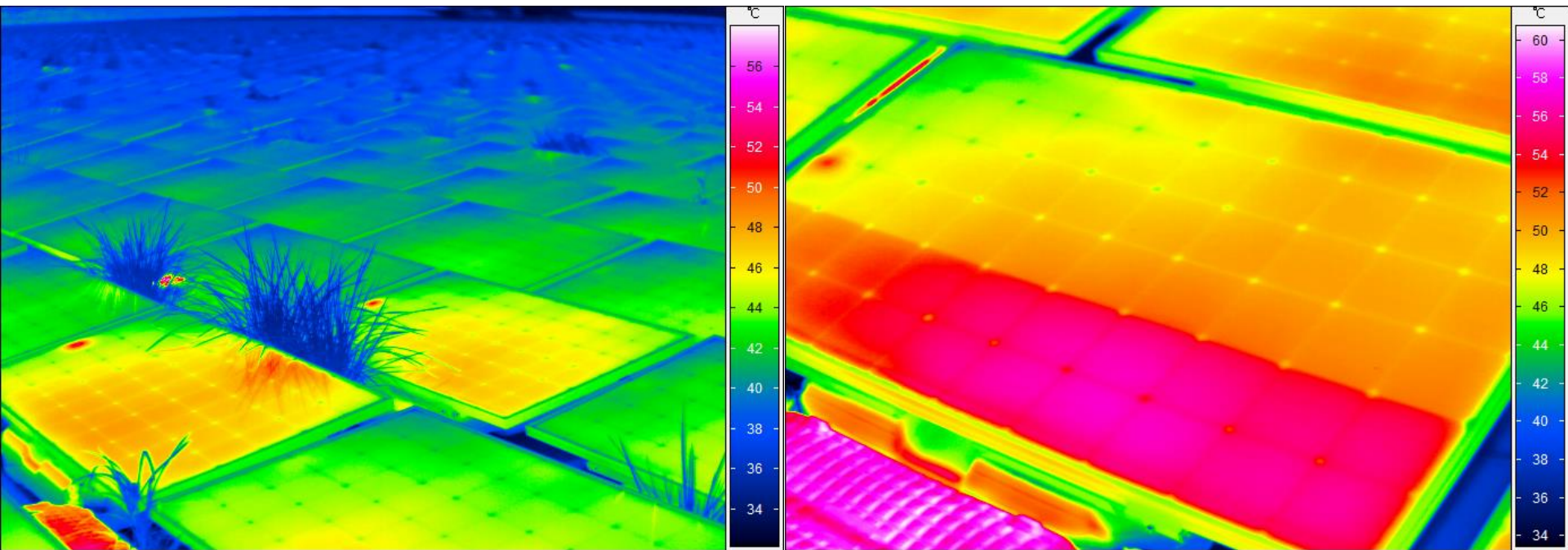


旁路二極體短路



高溫熔斷

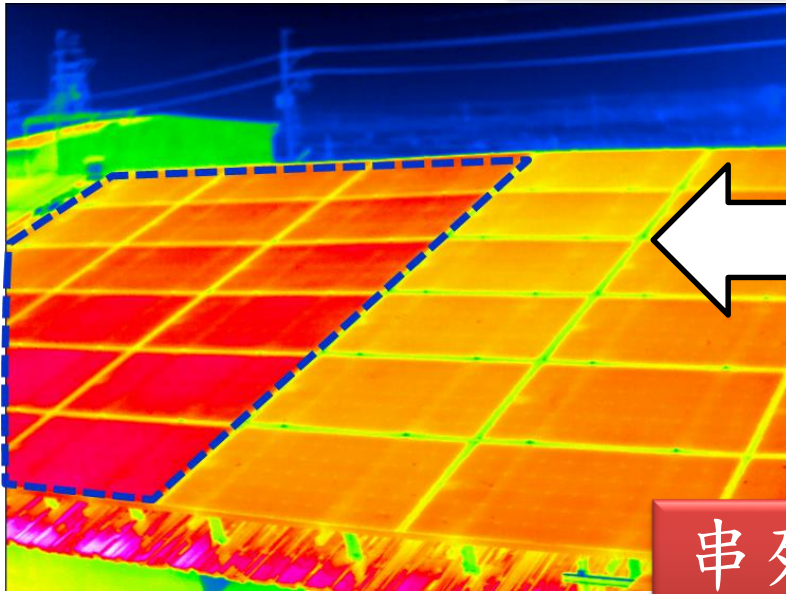
# 旁路二極體異常原因



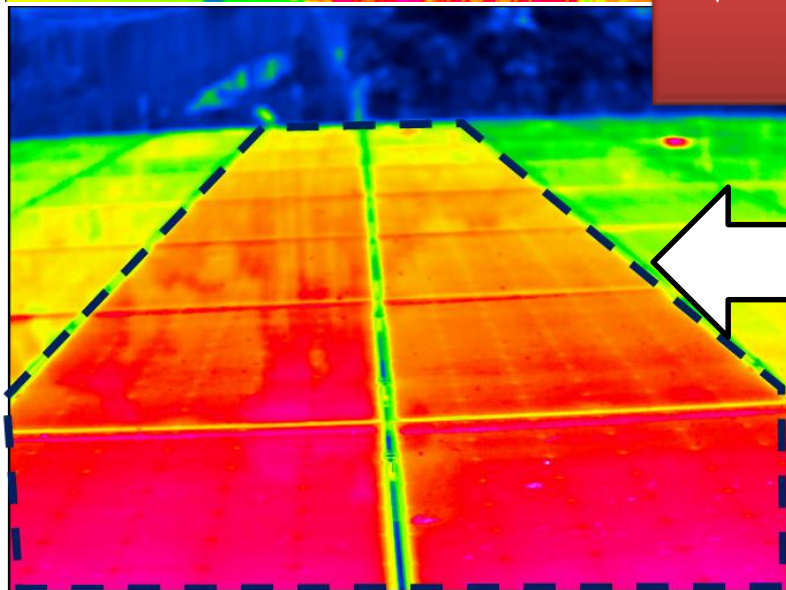
異常原因:

- (1) 旁路二極體永久損壞
- (2) 經常性大型鳥類盤旋，導致鳥糞遮蔽

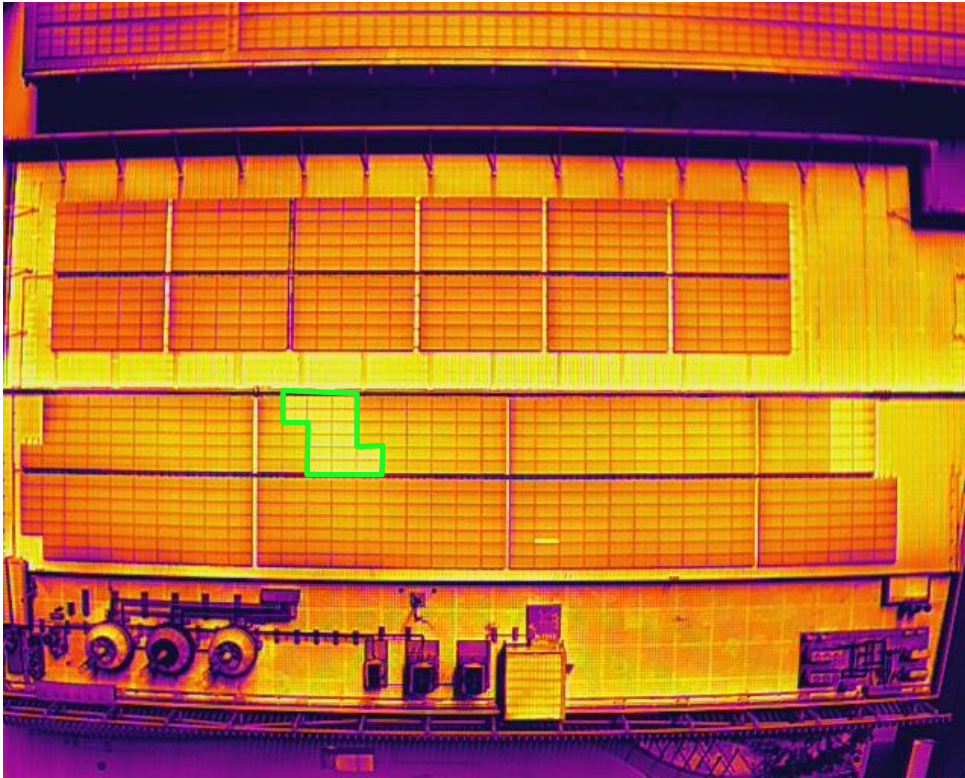
# 大面積串列開路



串列表險絲  
熔斷

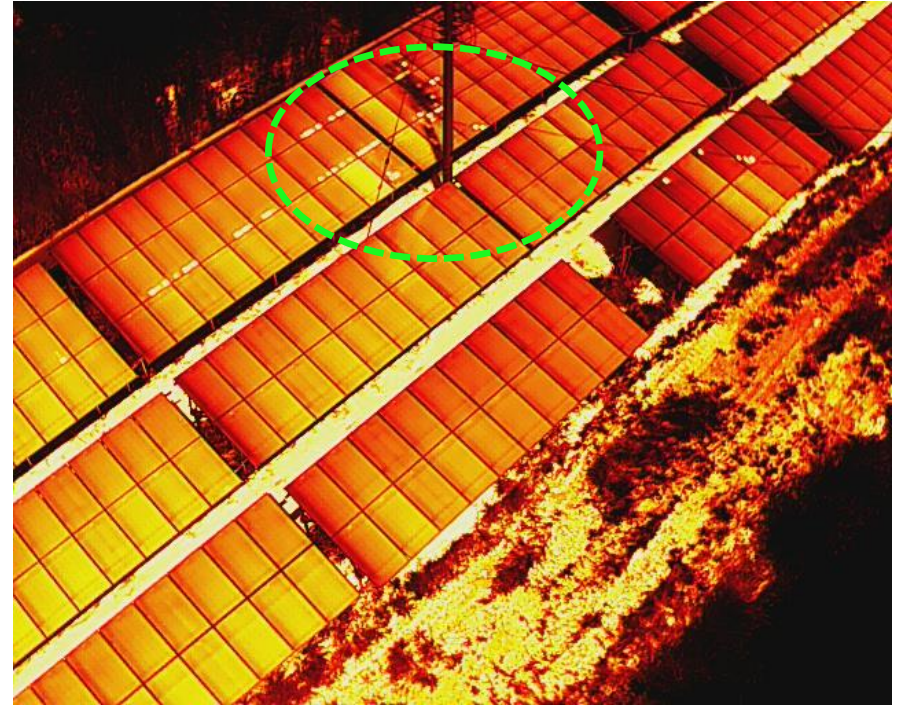


# 串列開路原因



- (1) 太陽能模組之間連接器斷開
- (2) 保險絲熔斷導致串列開路
- (3) 變流器MPPT損壞

# 遮陰導致熱異常

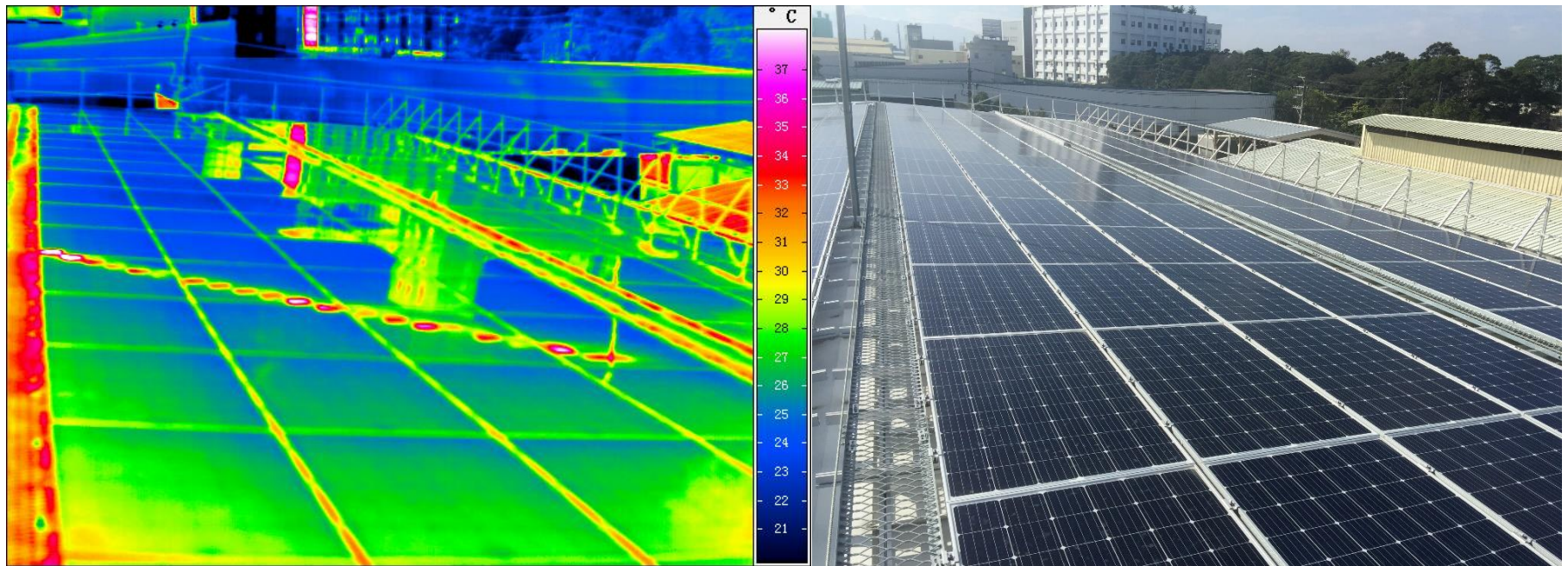


檢查方式:

- (1) 採用熱影像定期檢查，確認熱異常是否擴大
- (2) 背面以目視檢查方式，確認背板狀態

# 熱異常現象

2019/01拍攝



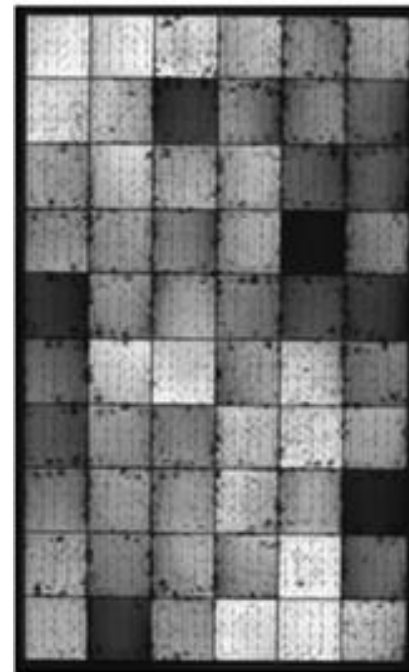
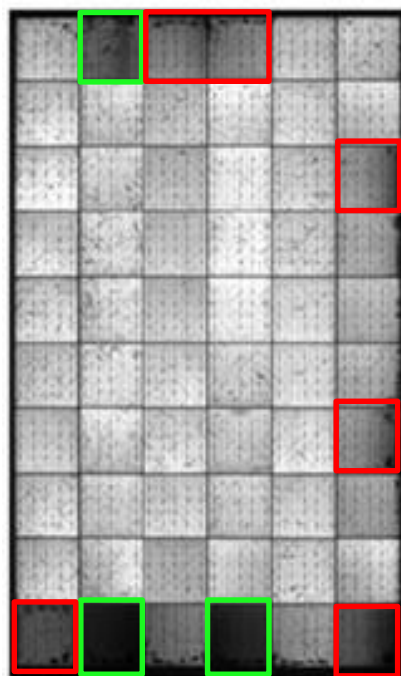
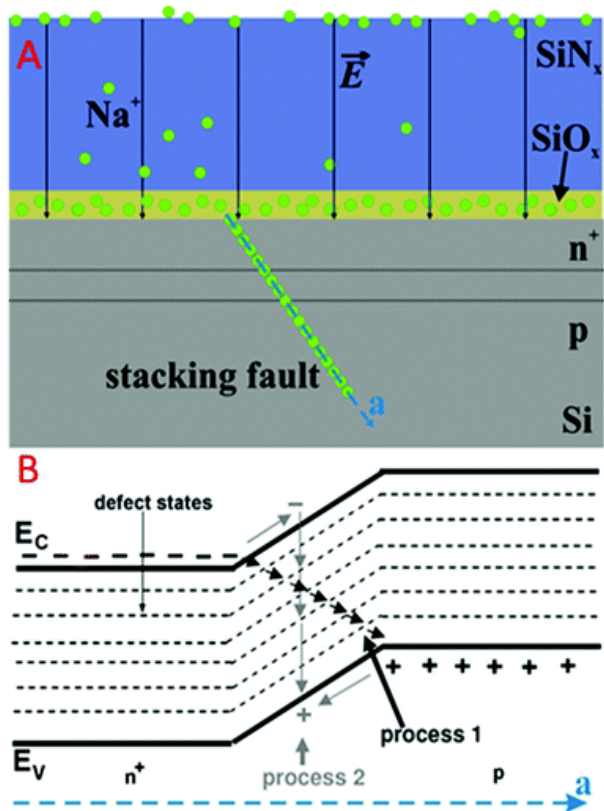
- (1) 避雷針遮陰
- (2) 2019/01運轉至今三年，電壓下降約一半
- (3) 安排協助健檢，因為疫情所以暫緩
- (4) 建議檢查項目：
  - a) 熱影像檢查:旁路二極體短路，看到單片太陽能模組1/3串列開路現象
  - b) 開路電壓:確認電壓檢查結果與熱影像現象一致
  - c) 確認太陽能模組背板是否有缺陷產生

# 多數旁路二極體異常



- (1)熱影像檢查結果，發現19片太陽能模組旁路二極體空焊，應進行更換，避免旁路二極體因高溫損壞，導致接線盒熔毀或產生直流電弧，共20個旁路二極體異常，估算共有 $20/3 \times 325 = 2166.7$  W未發電，未發電量占電廠設置容量1.4%
- (2)南面建築物遮陰，導致綠色區域下午有遮陰，推估此案場發電量較低

# 電致衰減 (PID) 簡介



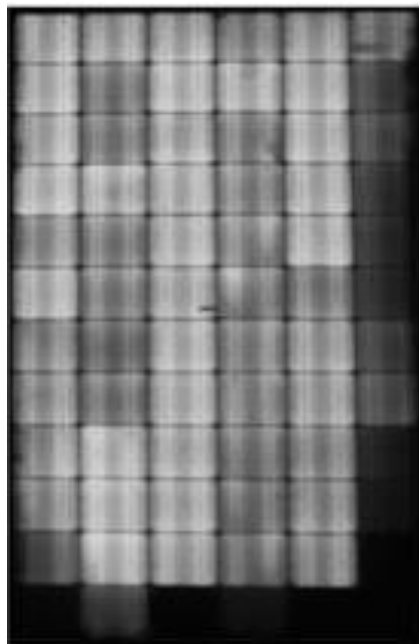
(1) 約少  $5.6 \times 3 + 3 \times 6 \doteq 35$  W

(2) 340 W 約少了 10 % 功率

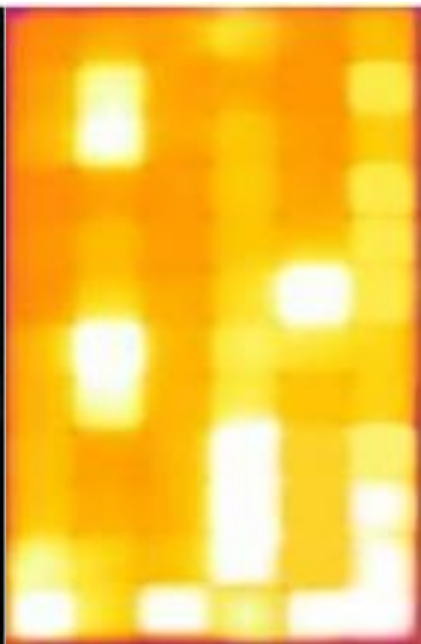
- (1) 太陽能模組漏電
- (2) 鈉離子依漏電路徑進入太陽能電池
- (3) 化學反應候堆積，電池不發電變成電阻，稱為電致衰減
- (4) Potential-induced degradation : PID
- (5) 現象就是電致發光(Electroluminescence : EL)檢查每暗一片功率約減少4 W，電壓約減少0.6 V
- (6) 用熱影像看有PID電池本身就是電阻，會因為消耗電流而生熱異常



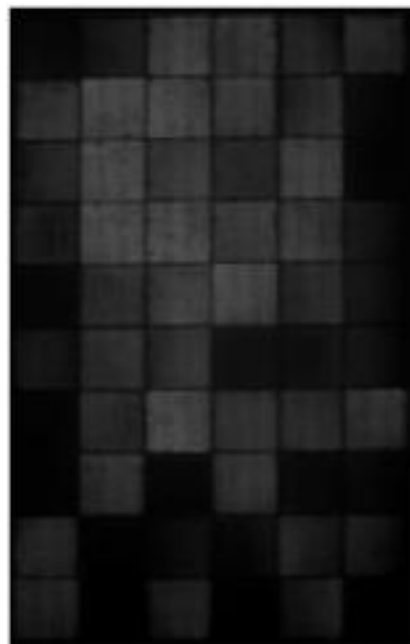
# 電致衰減-EL VS IR



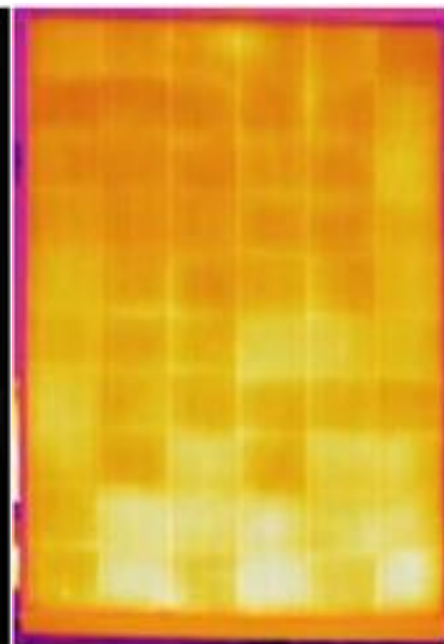
EL



IR



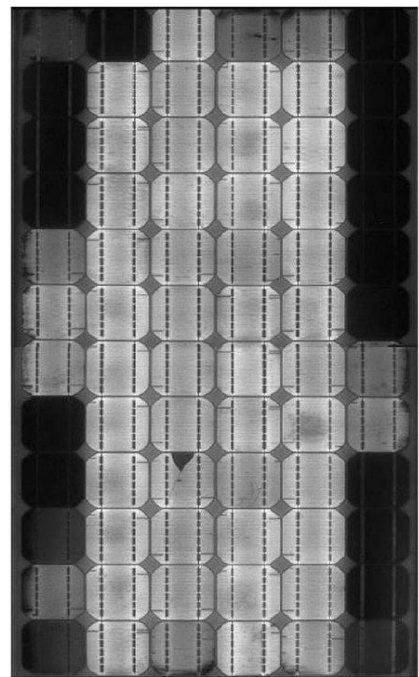
EL



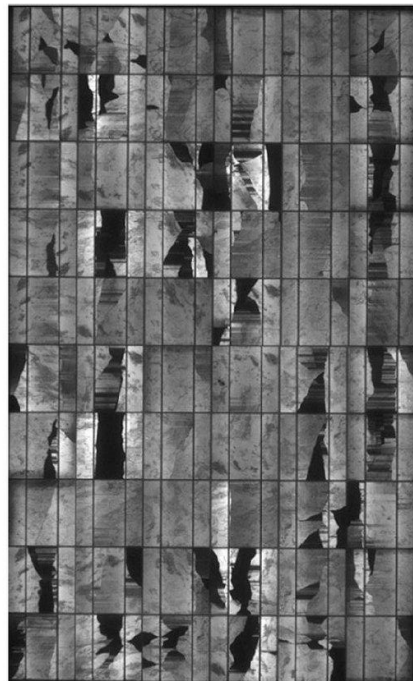
IR

- (1) 現場拍攝熱影像，看到花花現象，只能推論可能狀況有:PID、隱裂
- (2) 分析方式:現場拍攝EL、拆下送實驗室拍攝EL
- (3) EL現場拍攝不容易，委託第三方單位執行費用昂貴
- (4) PID可以量測開路電壓以及串列功率，確認對應熱異常數量，估算可能下降電壓、功率，再與量測值比較

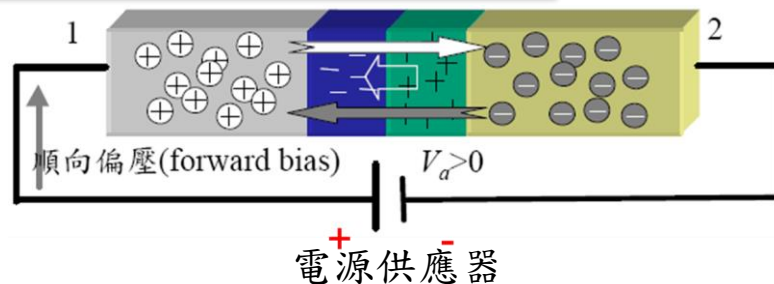
# 電致發光(EL)簡介



EL拍攝PID



EL拍攝隱裂



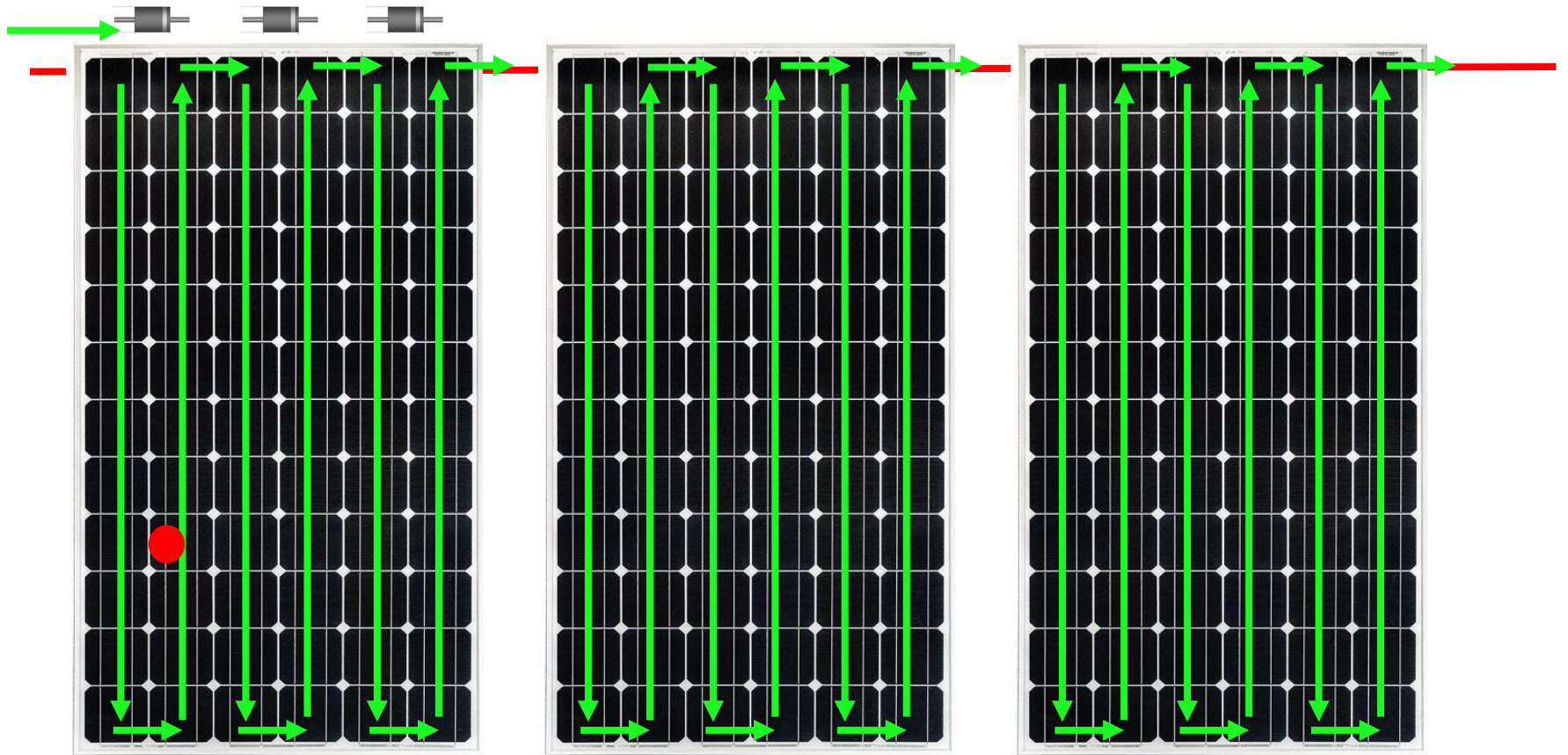
- (1) EL拍攝條件:提供順向電壓電流，控制電流(0.1~1)倍短路電流(模組標籤值)
- (2) 實驗室拍攝條件:暗室、太陽能模組提供順向電壓電流
- (3) 戶外EL現場拍攝不容易，需配置電源供應器，電源供應功率較大，需要220V交流電源
- (4) 需現場架設腳架拍攝，太高不好拍，地面型怕有蛇或其它動物、夜間作業受傷風險較高
- (5) 電源供應器的替代方案，可以採用雙向變流器

# 不規則熱異常圖形

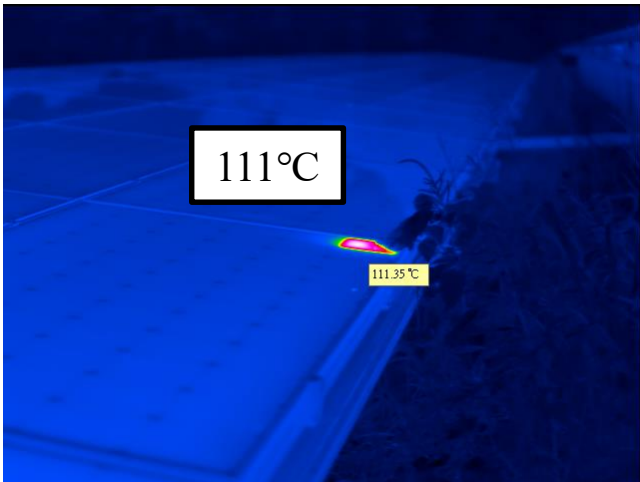
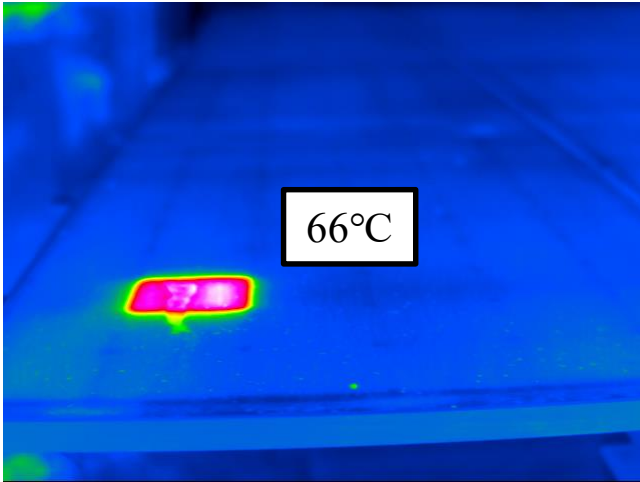


- (1) EVA棕化:長期高溫導致EVA加速老化
- (2) 不規則熱影像圖形，一般為破裂水氣入侵，導致局部短路現象
- (3) 是否要更換?需要更換原因為:漏電導致變流器跳脫、起電弧燒穿、漏電導致公安意外

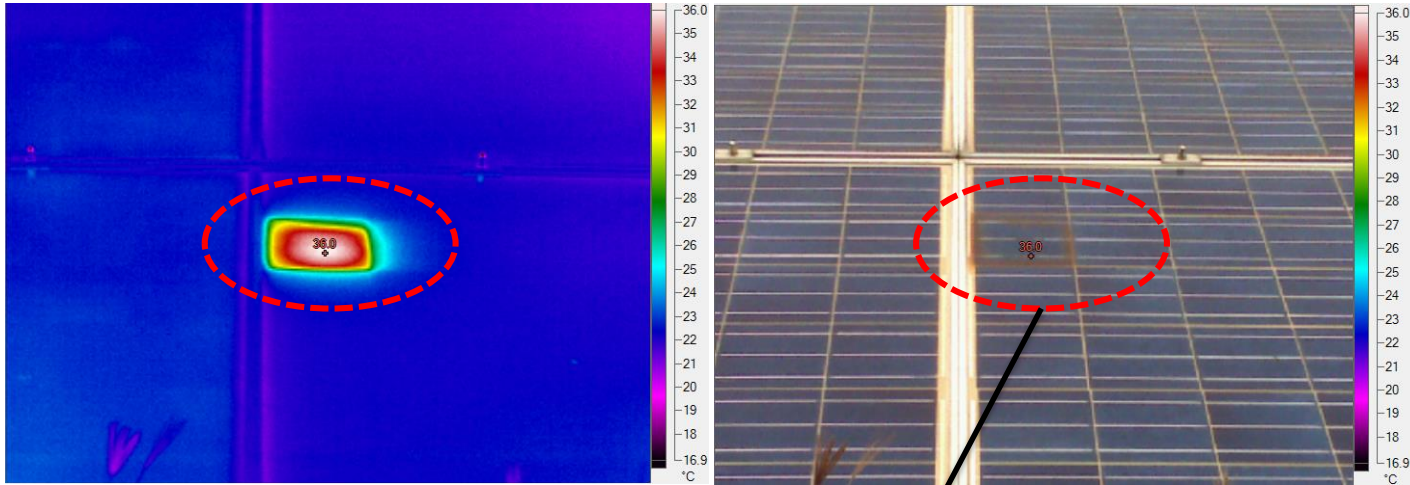
# 熱斑與旁路二極體-狀況 2



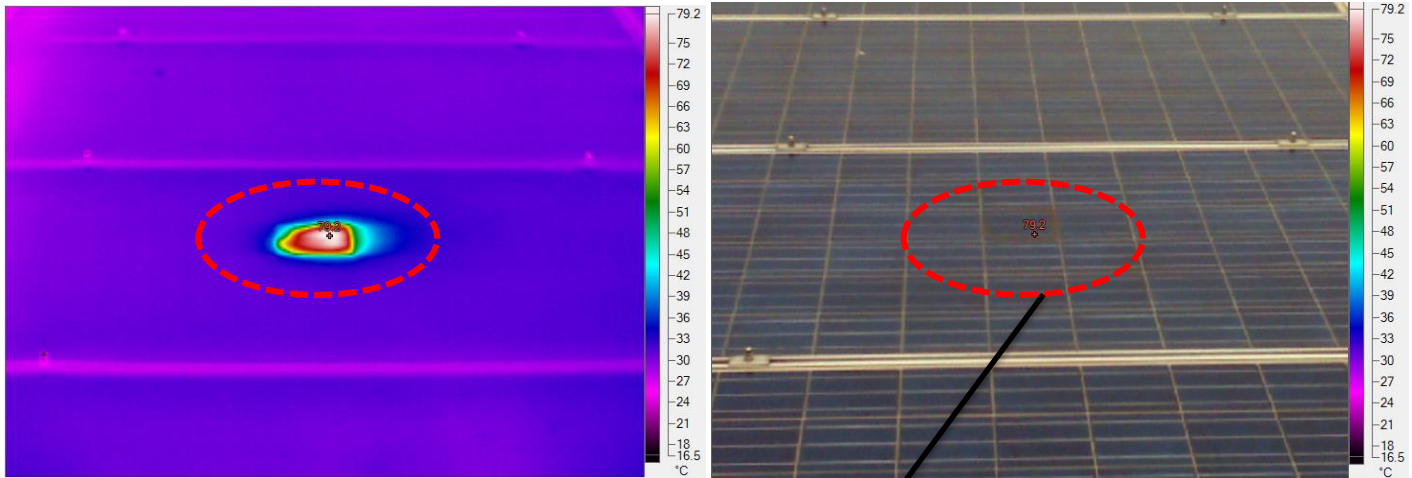
# 狀況 2 產生的影響



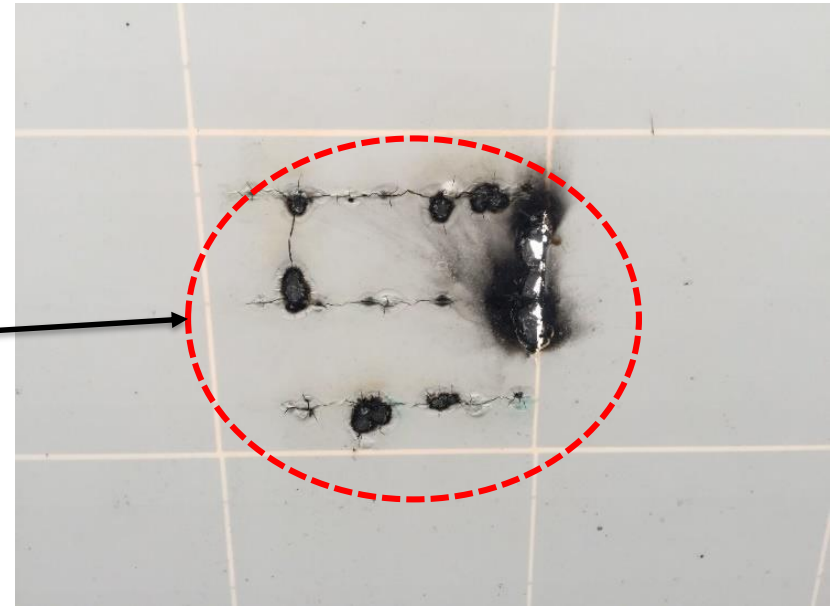
# 熱異常-步驟1



# 熱異常-步驟2

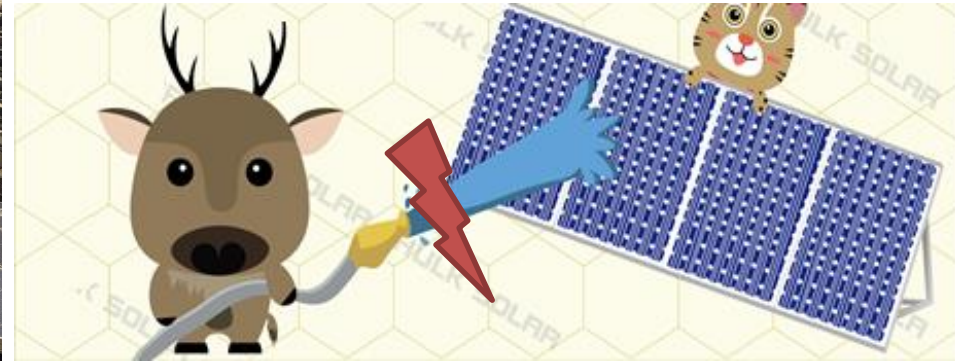


# 熱異常-步驟3





# 熱異常-步驟4



# 熱異常總結

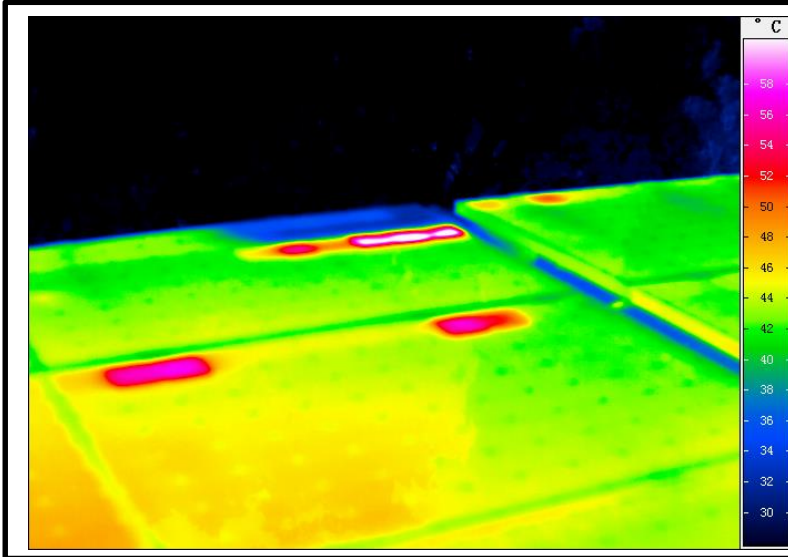
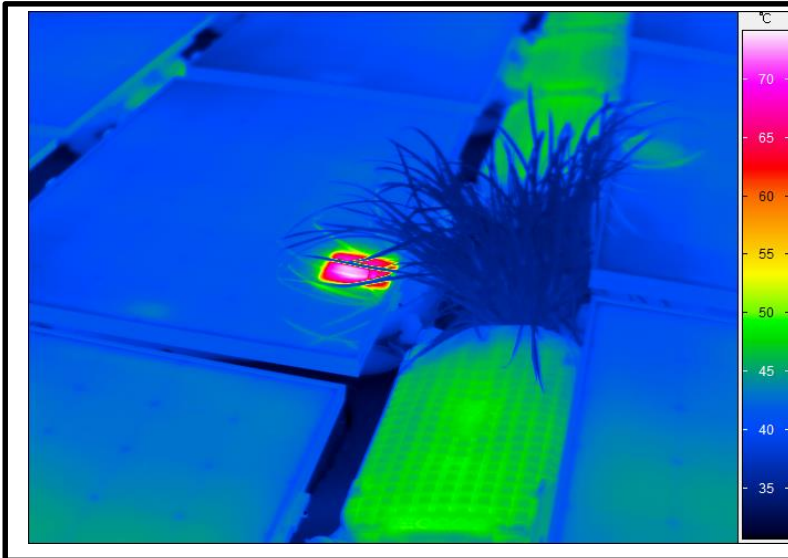


## 系統維運注意事項:

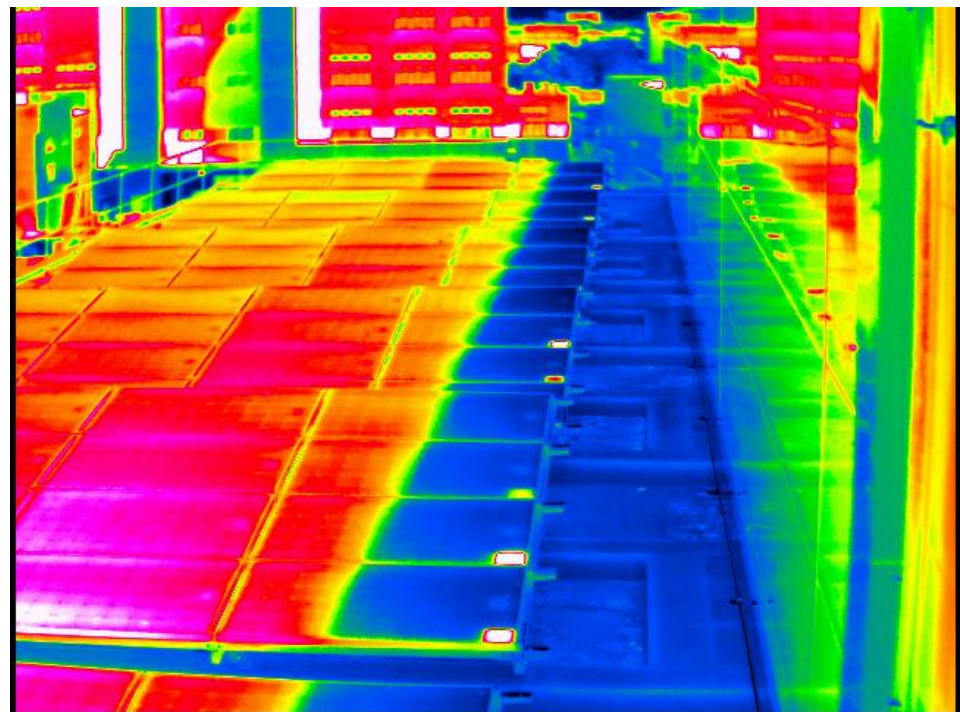
- (1) 移除遮蔽物
- (2) 不能移除遮蔽物，標示為重要關注巡檢對象
- (3) 鳥糞-採用重點是清洗
- (4) 灰塵、沙塵、土塵:於盡職調查估算維運成本，列入建置成本



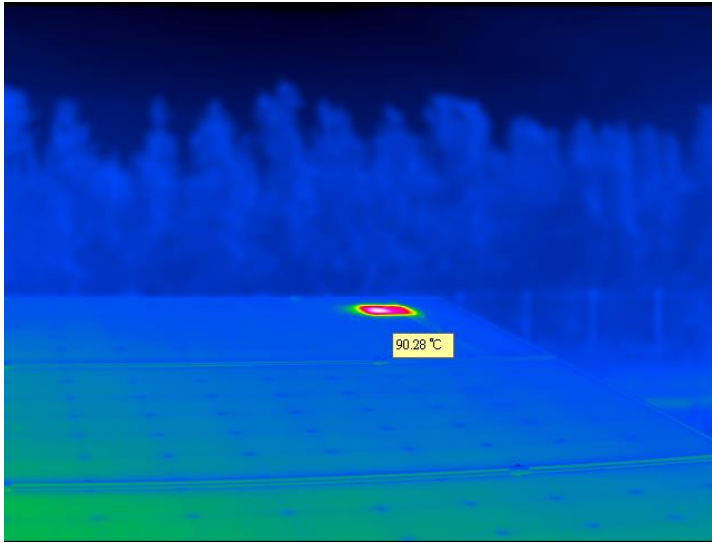
# 可移除遮蔽物



# 不可移除遮蔽物

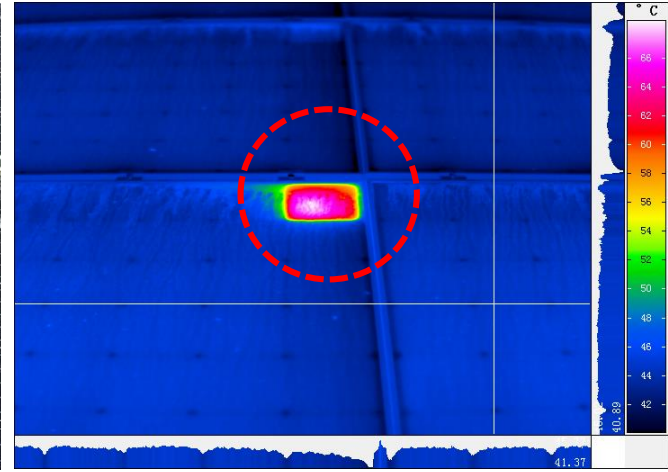
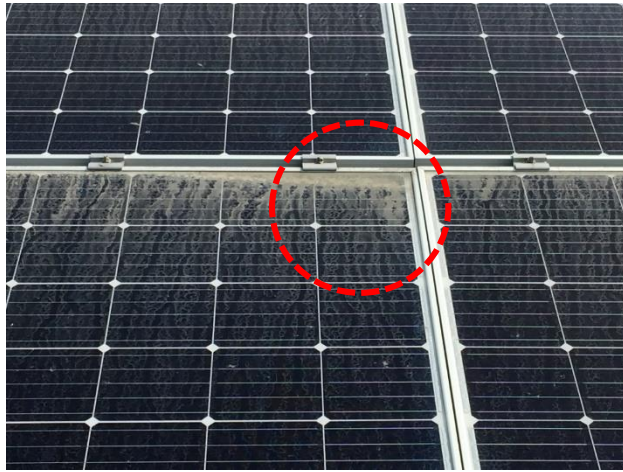


# 鳥糞

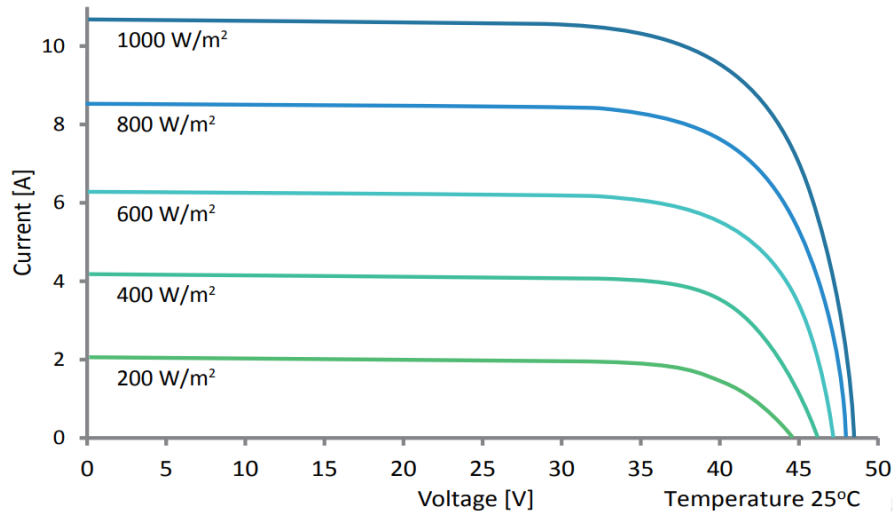


# 塵土遮蔽影響

不均勻遮蔽



均勻遮蔽



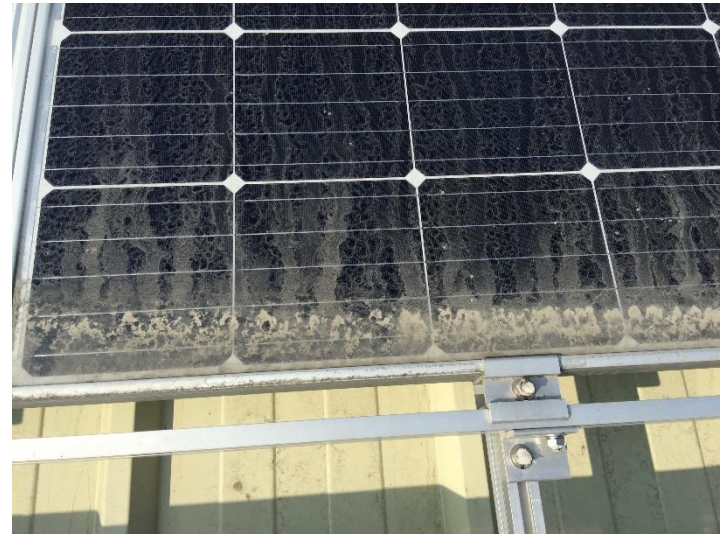
照度(W/m <sup>2</sup> )	Voc[V]	Vmp[V]	Isc[A]	Imp[A]	Pmp[W]
1000	45.047	35.849	8.638	8.121	291.116
200	41.902	35.468	1.790	1.689	59.888

# 沙塵類型

海邊旁



農地旁



# Outline

---

遮蔽保護設計

設計規範注意事項

系統健檢建議執行步驟



## 設計規範注意事項



連接器

直流電源線

極性要求

半切太陽能模組

鋤刀開關

接地系統

連接器

直流電源線

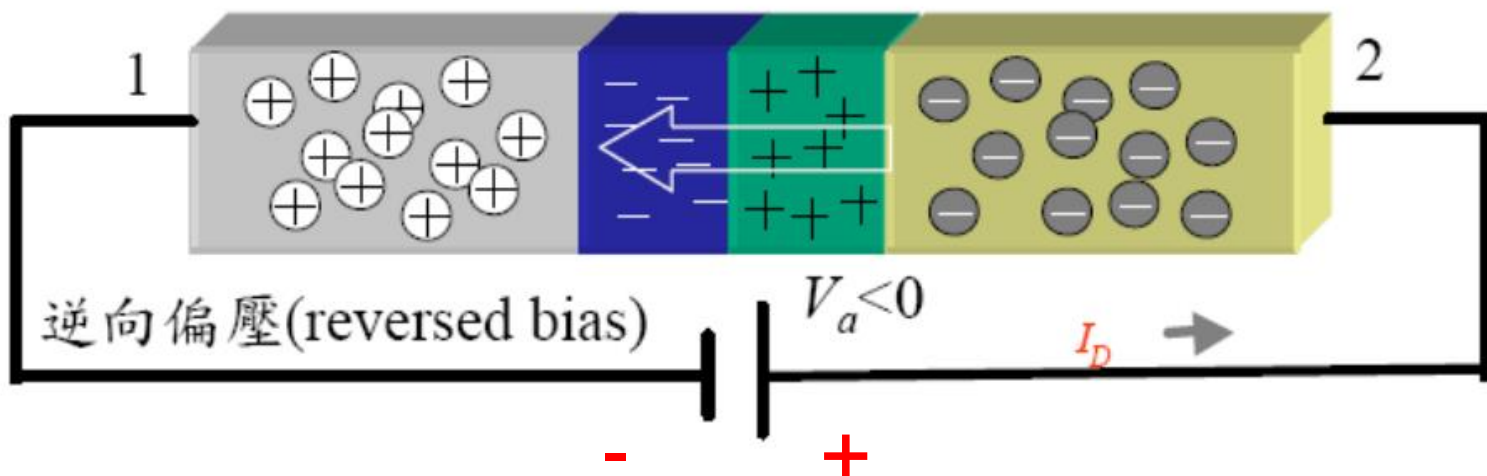
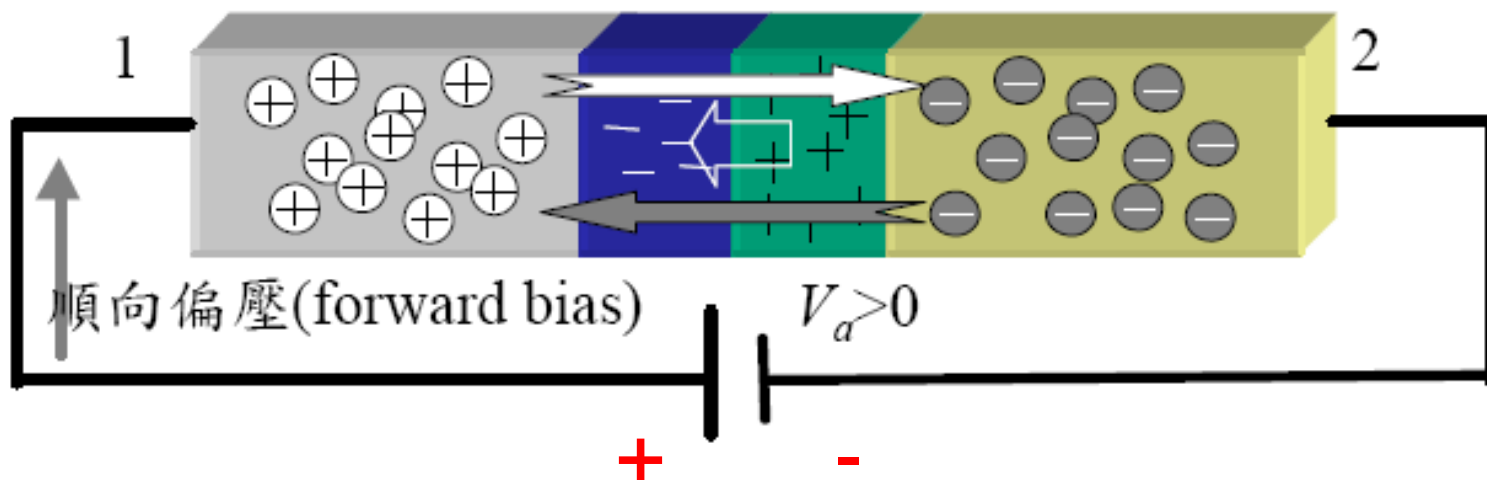
極性要求

半切太陽能模組

鋤刀開關

接地系統

# 順偏與逆偏電壓-複習



# 設計要求-連接器

(1)現場施作不實：水氣入侵導致連接器腐蝕

(2)串列不匹配：

a)低照度：逆電流高溫導致熔化變形

b)高照度：保險絲燒斷



串列串併方式使用錯誤



連接器施作不實

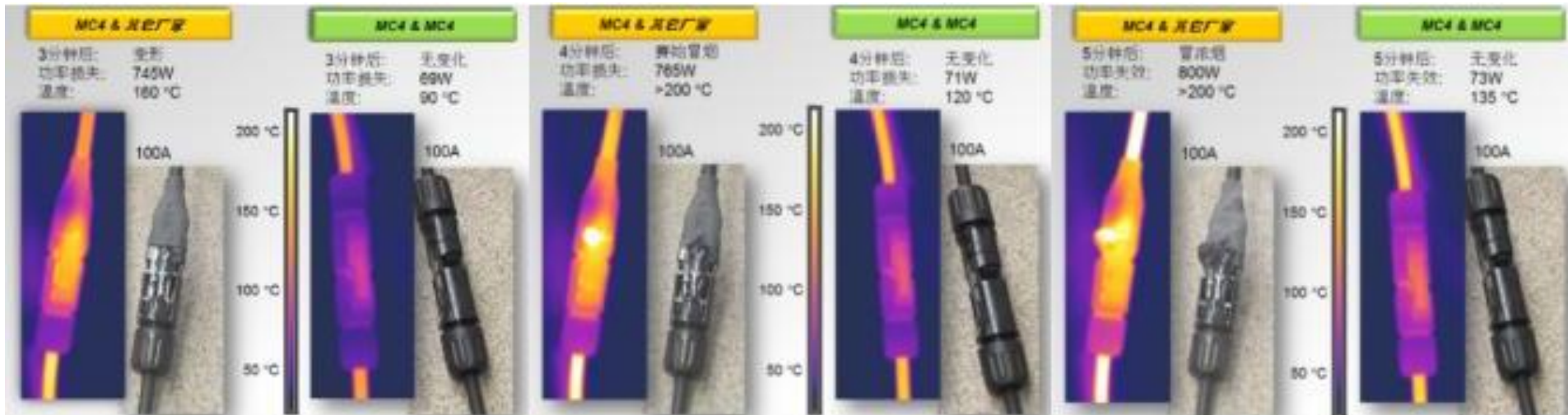
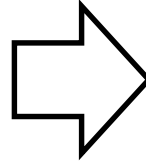


不同廠牌連接器對接

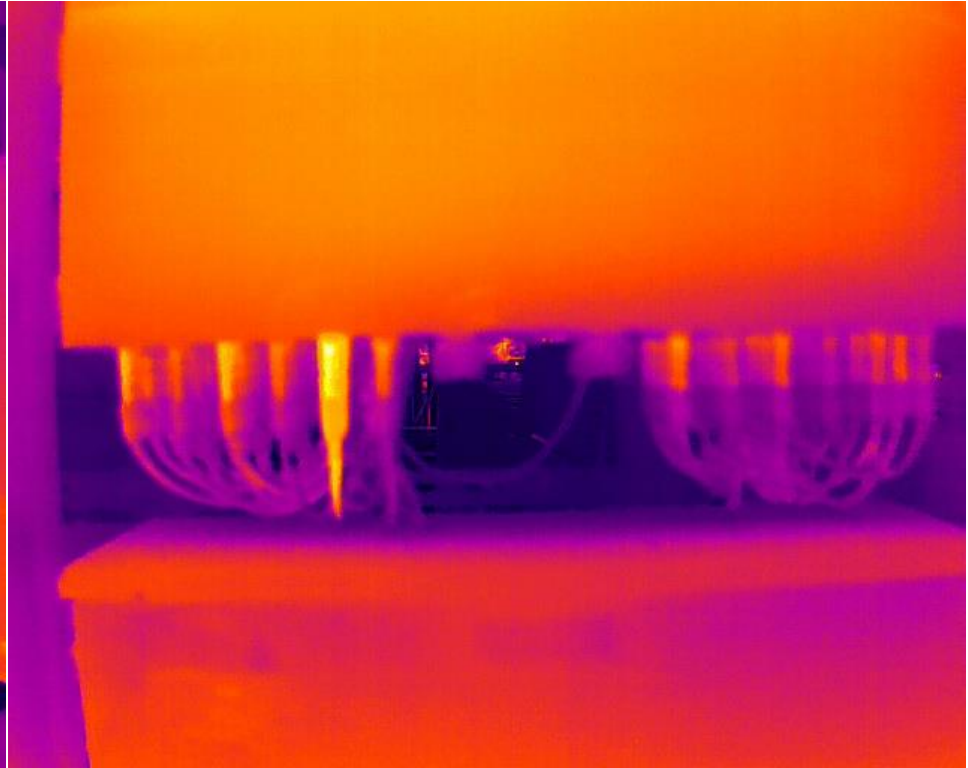


連接器施作不實

# 連接器廠商實驗



# 實際連接器失效案例-1



# 實際連接器失效案例-2



# 連接器發包規範-防觸電要求

## IEC 62548-7.3.9:2016

- (1) 直流連接器: 選用相同廠牌型號、相同製造商
- (2) 選用目的: 降低對接公母金屬接觸的公差
- (3) 發包規範要求:
  - a) 選用與太陽能模組相同廠牌型號、相同製造商
  - b) 現場施作依據連接器說明書安裝



連接器施作不實



連接器施作不實

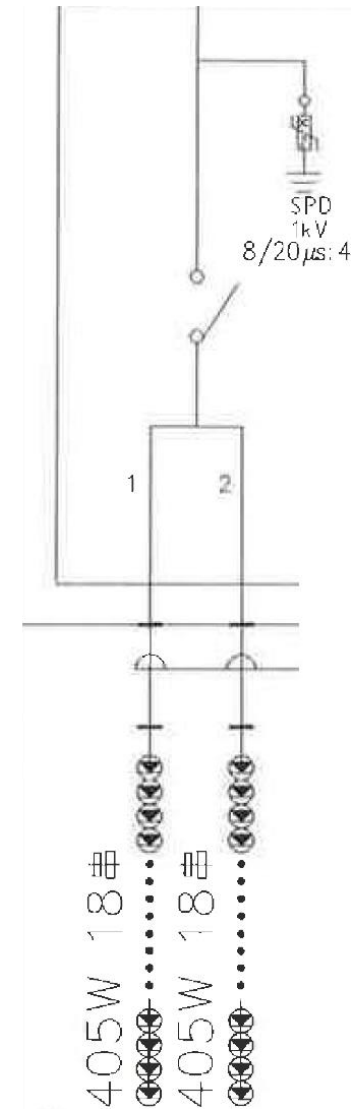
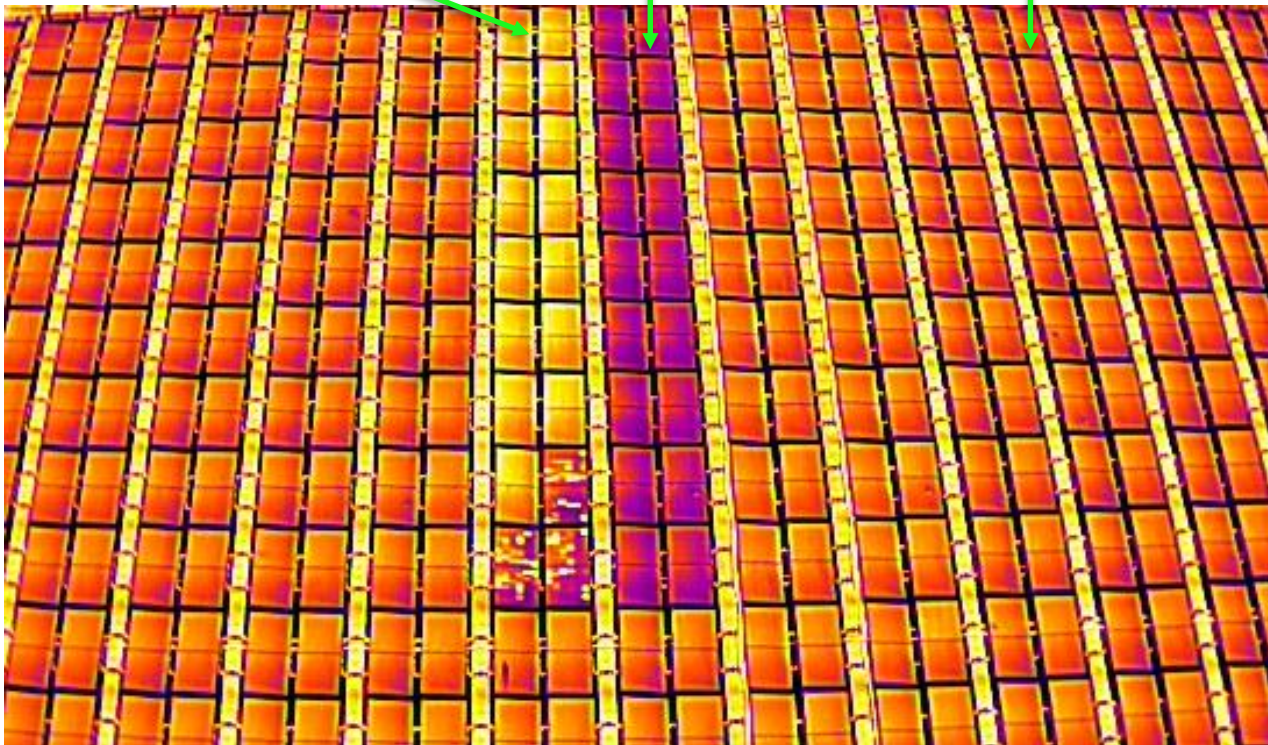


# 單片太陽能模組短路熱異常現象-3

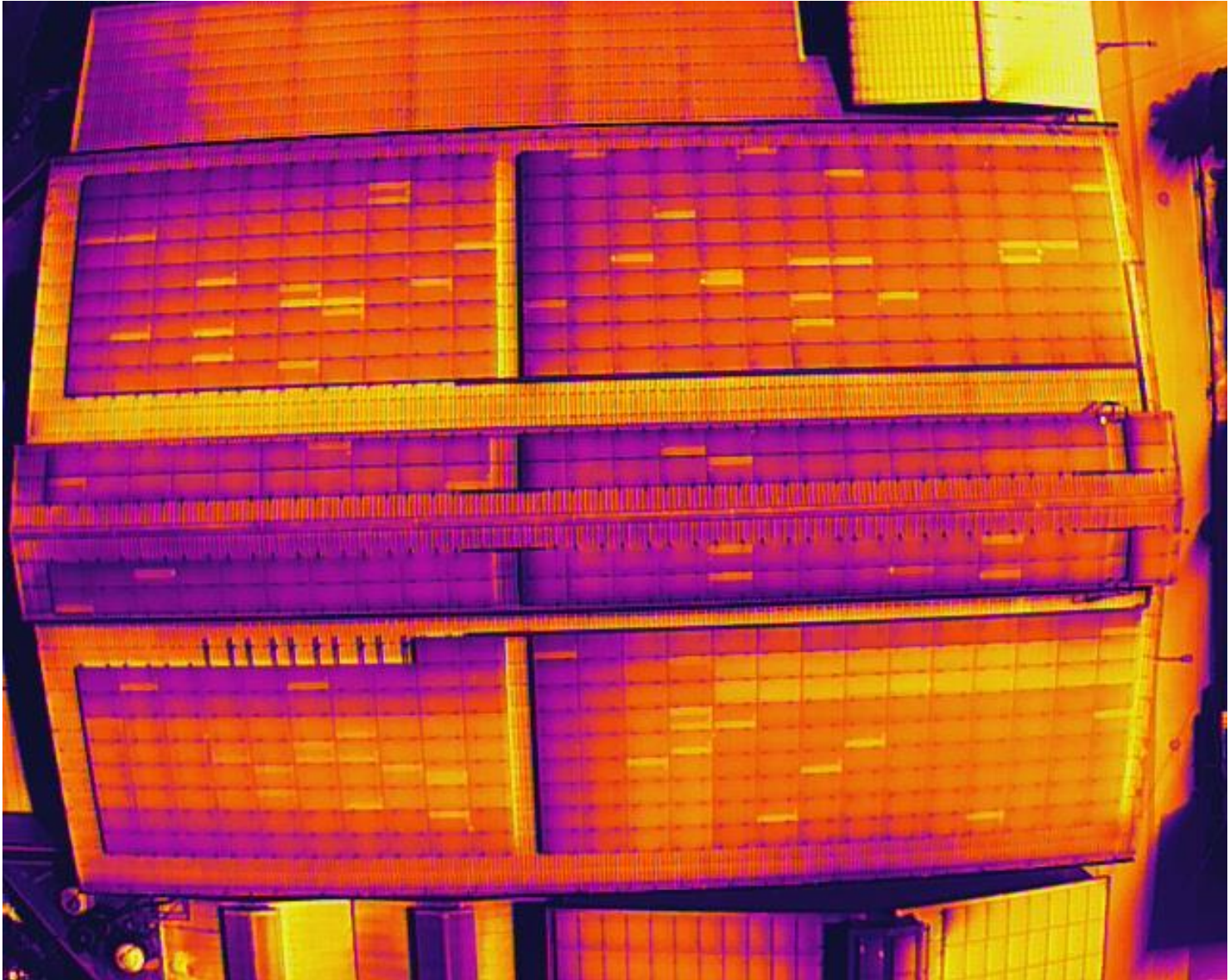
平均溫度:65°C

平均溫度:54°C

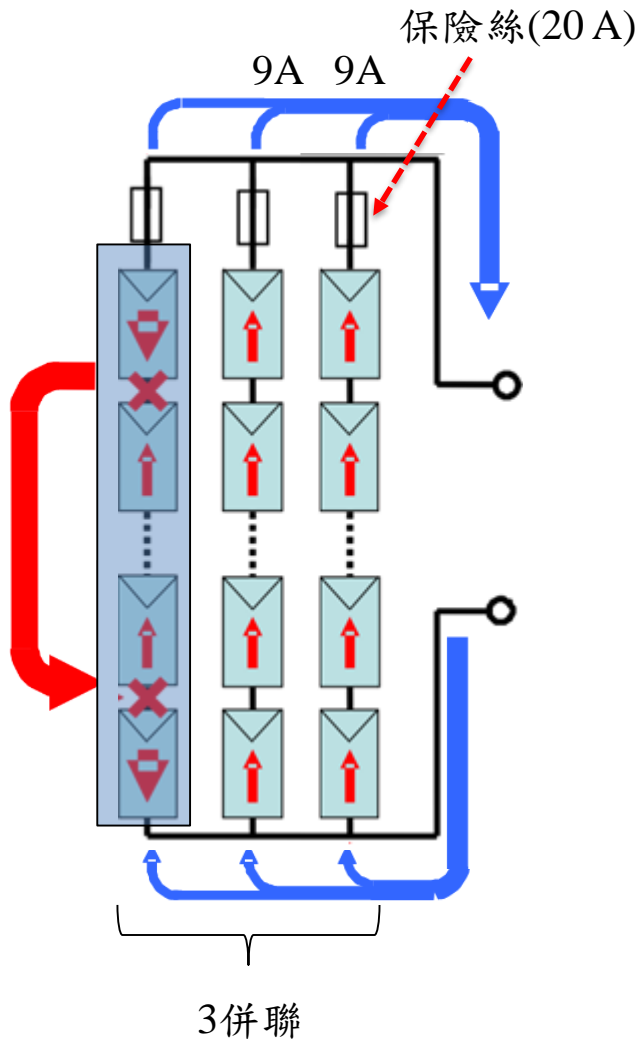
平均溫度:59°C



# 旁路二極體異常

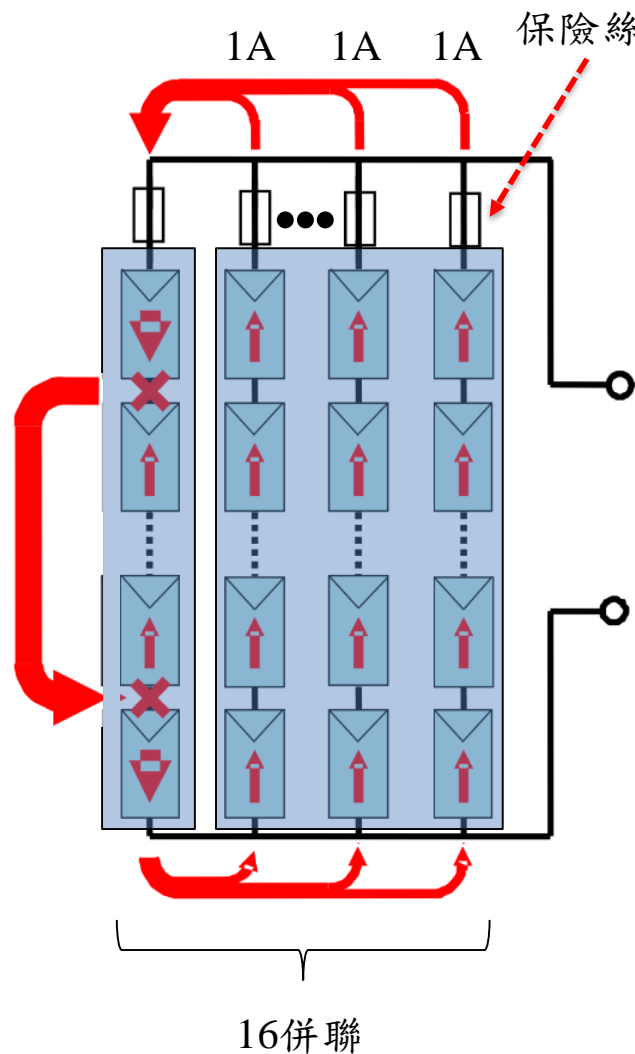


# 低併聯設計上考量



- (1)照度狀態： $900 \text{ W/m}^2$
- (2)設計值:運轉電流 $10 \text{ A}$ ( $1000 \text{ W/m}^2$ )
- (3)每串產生 $9 \text{ A}$ 逆電流
- (4)逆電流不容易逆流至低電位串列，電流往電阻小方向走
- (5)低照度狀態：電流小不容易產生超高溫
- (6)高照度狀態：逆電流不容易往低電位、漏電串列

# 高併聯設計上考量



(1)低照度狀態：100 W/m<sup>2</sup>

(2)設計值:運轉電流10 A(1000 W/m<sup>2</sup>)

(3)每串產生1A逆電流，共15 A進入電位較低串列

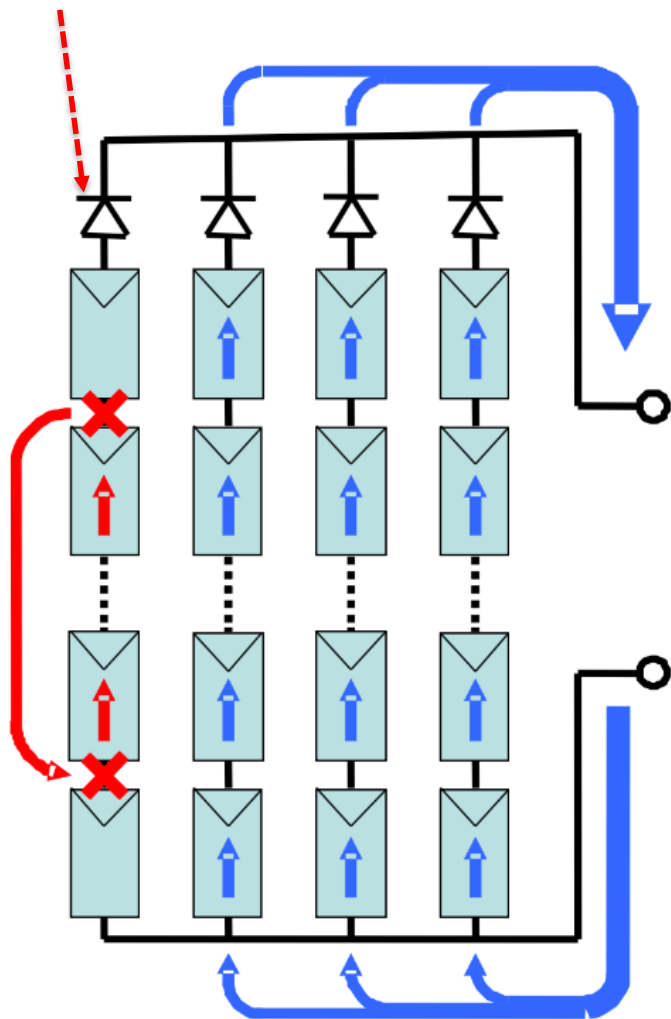
(4)保險絲20 A但逆電流為15 A，連接器若電阻大，則會處於高溫

(5)低照度狀態：漏電較嚴重下，保險絲容易燒斷



# 高併聯設計-採用阻絕二極體

阻絕二極體  
Blocking diode



阻絕二極體：

(1)目的：防止逆電流，含儲能系統時，防止夜間反向電流

(2)元件會熱需有散熱機制

(4)容易損壞，增加維運成本以及檢查困難

(5)規格要求：

a)耐電壓等級：兩倍串列最大系統電壓

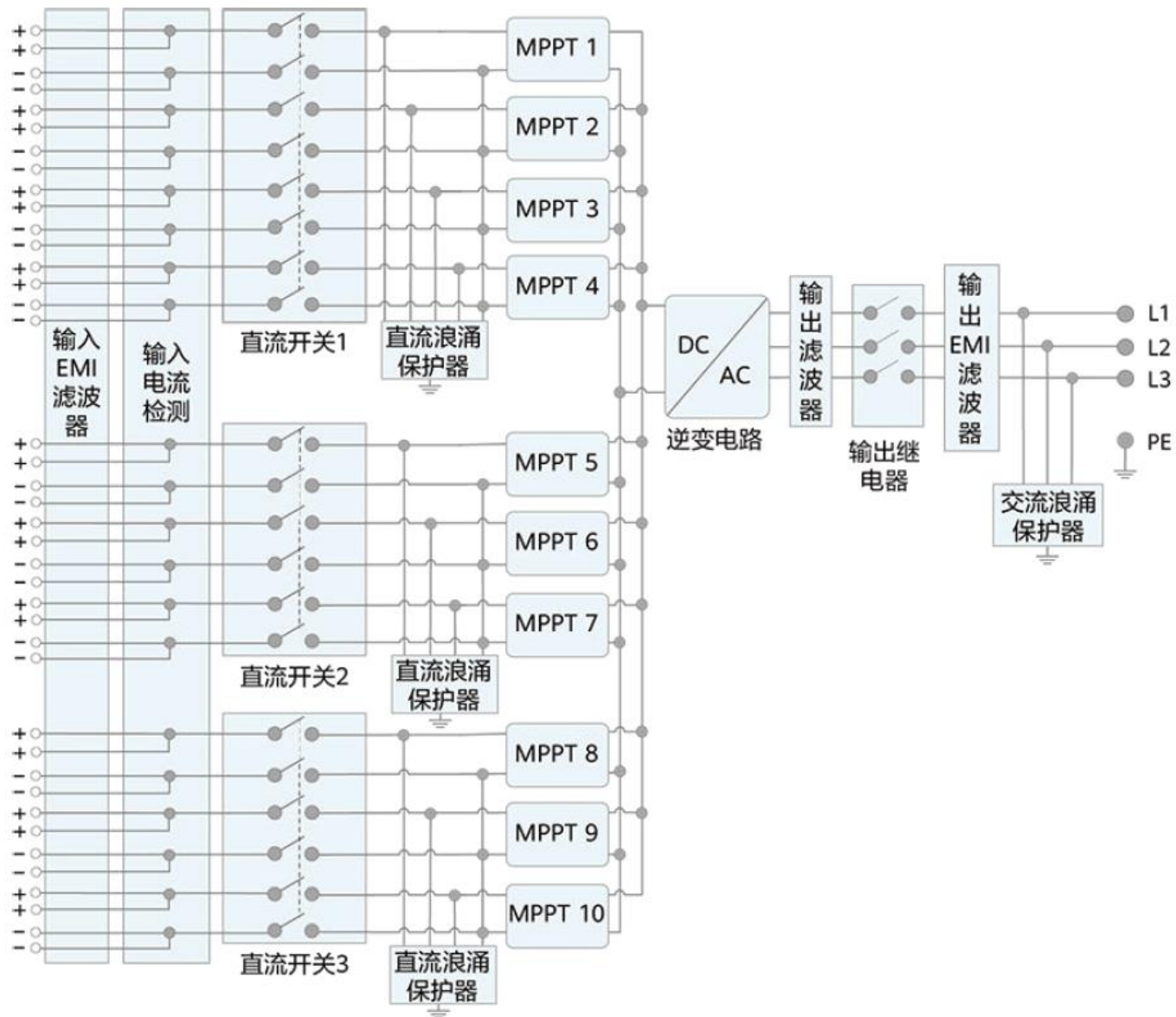
b)耐電流等級：

- $1.4 \times I_{SC\ MOD}$  for PV strings
- $1.4 \times I_{SC\ S-ARRAY}$  for PV sub-arrays
- $1.4 \times I_{SC\ ARRAY}$  for PV arrays

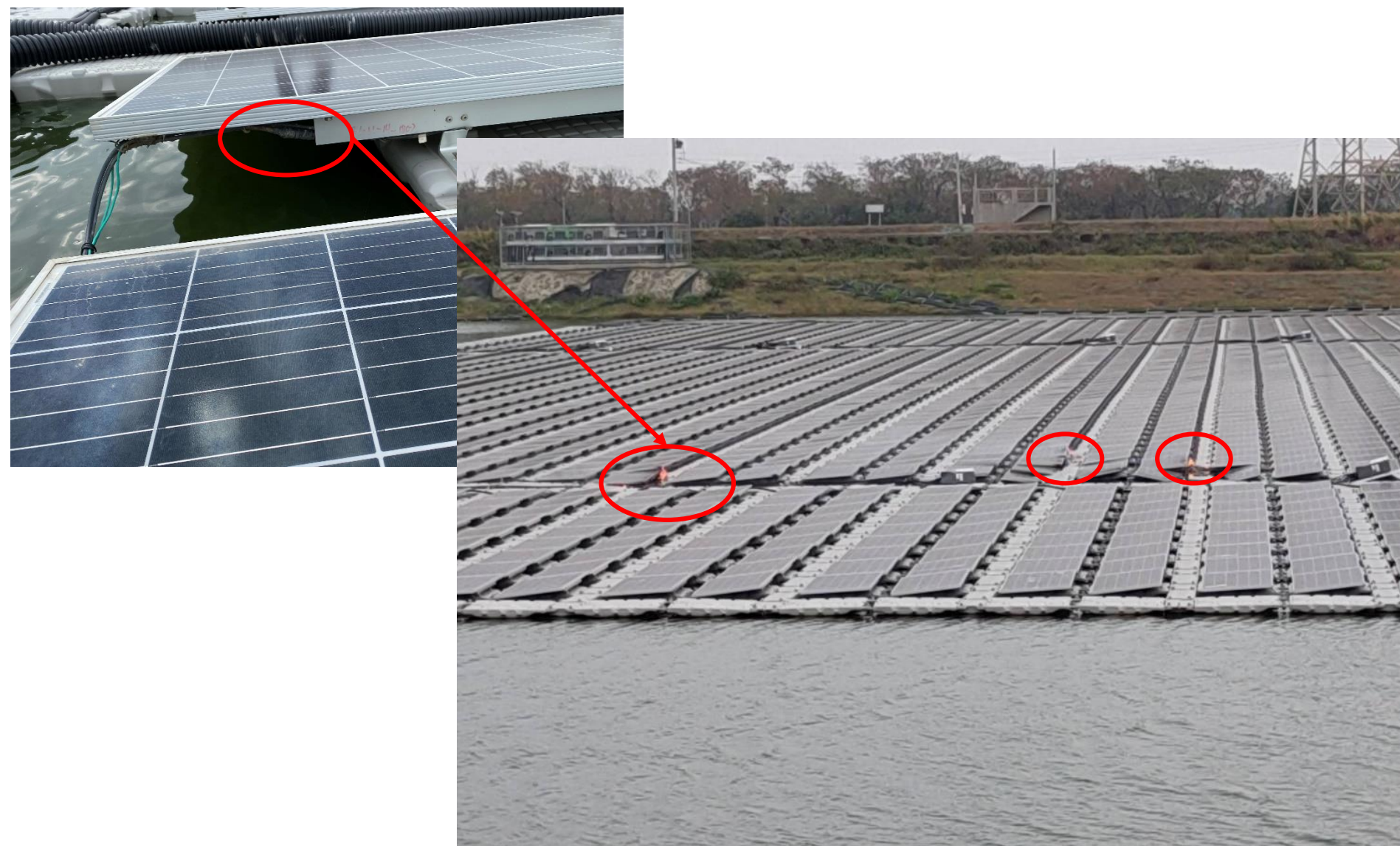
# 阻絕二極體缺點

- (1) 隨時有順向電壓電流通過，元件處於高溫，容易損壞增加維運成本與檢修困難
- (2) 規範說明使用阻絕二極體要求:
  - a) 導體不能外露，避免空氣水氣導致老化而損壞
  - b) 直流匯線箱有IP 65等級，處於不通風散熱機制差，阻絕二極體需有散熱裝置
  - c) 損壞率高，未即時更換修復，導致電能損失
  - d) 因散熱不良容易讓元件高溫起火

# 變流器串併



# 彰化滯洪池失效分析-1

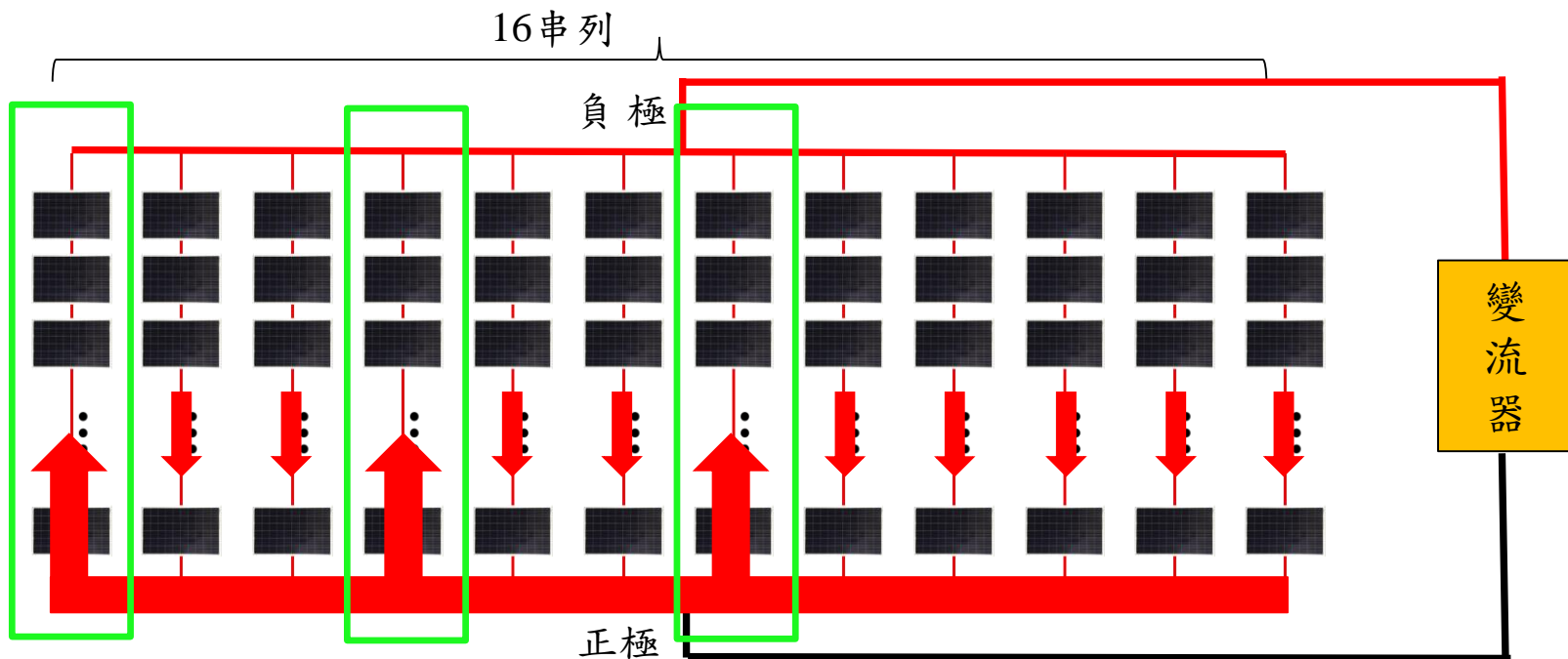




# 彰化滯洪池失效分析-2



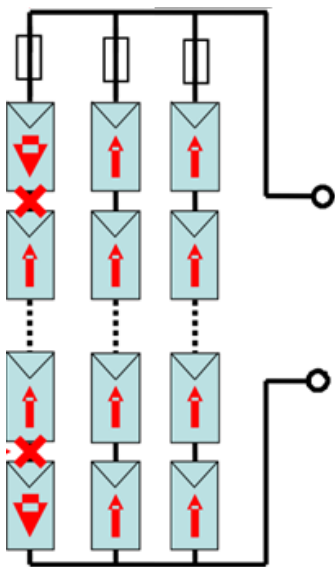
- (1)平均氣象局監測站12:00~14:00之間照度為293 W/m<sup>2</sup>
- (2)現場發現同一區陣列有三串起火
- (3)以平均照度計算每串電流約 =  $9.94 \times 293 / 1000 = 2.9 \text{ A}$
- (4)16並聯中有其中13串提供逆電流共 =  $2.9 \times 13 = 37.7 \text{ A}$
- (5)計算後三串平均分到逆電流 =  $37.7 / 3 = 12.6 \text{ A}$



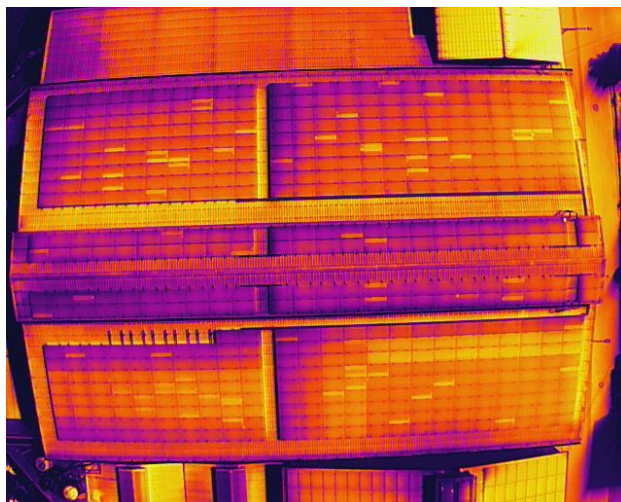
- (1)通報火災發生時間點14:07
- (2)往前推算可能產生逆電流時間約一至兩小時

# 高併聯配置系統維運

- (1) 接地系統落實安裝，降低漏電導致電位較低
- (2) 確保並聯的各串列電壓一制，必免並聯後電壓下降，損失發電量
- (3) 採用空拍機巡檢遮蔽物(例如:鳥糞)，進行重點清洗，降低旁路二極體損壞
- (4) 避免大面積遮陰串列與未遮陰串列並聯



漏電或短路



旁路二極體異常到致電位不一致



大面積遮陰

連接器

直流電源線

極性要求

半切太陽能模組

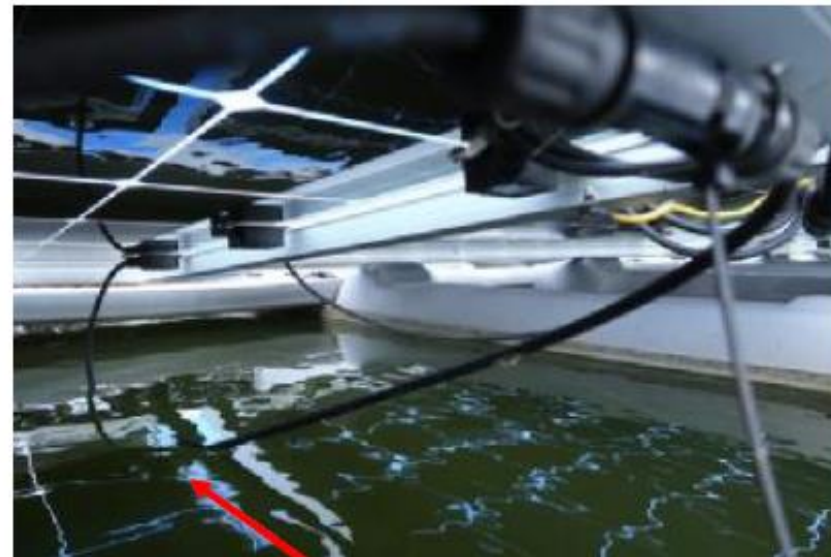
鋤刀開關

接地系統

# 水面型太陽光電系統-淡水

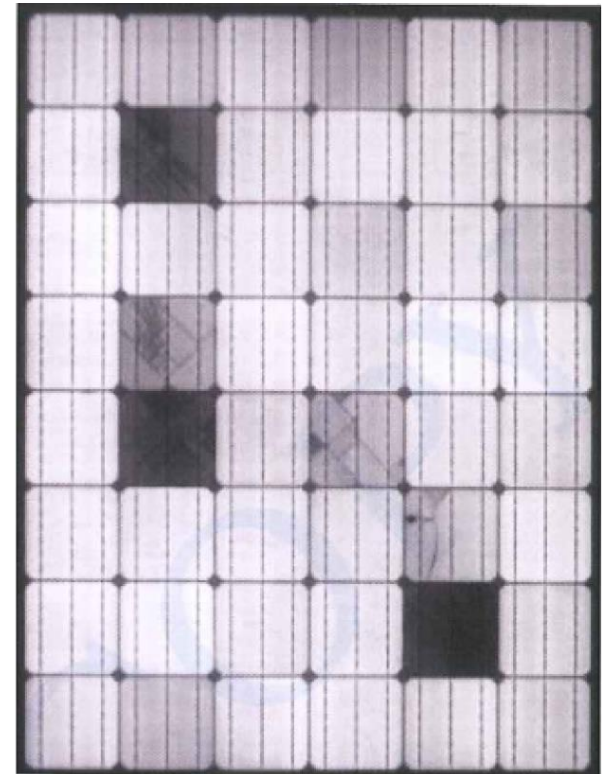
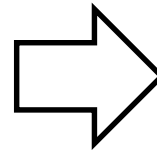
(1) 連接器接觸到水，電器安全考量

(2) 佈線固定應考慮避免連接器落入水中、平貼屋頂



# 佈線未固定

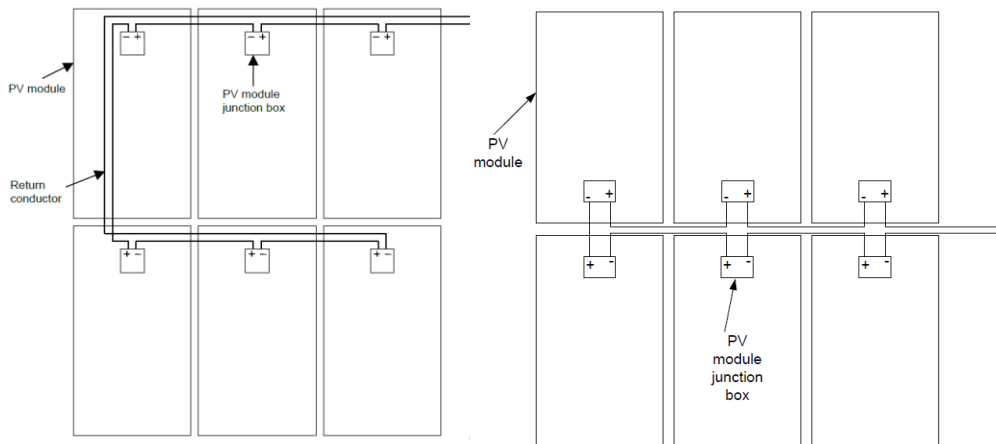
- (1) 設計要求上應佈線於線槽中
- (2) 模組後方直流電源線須固定，避免風吹拍打背面，長期導致電池隱裂
- (3) 隱裂的太陽能電池，因電阻較高容易處於熱異常，加速老化該區域的元件



# IEC 62548佈線方法

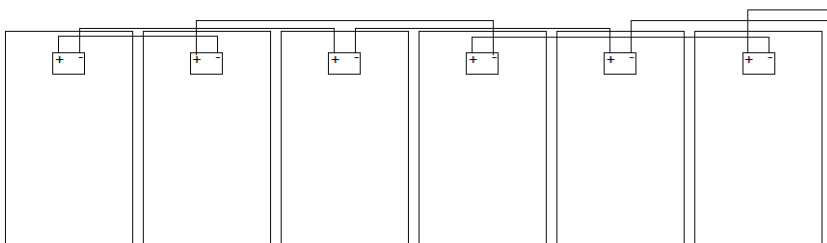
- (1) 避免連接器碰觸地面或水中
- (2) 預留有效直流電源線長以及固定方式

## IEC 62548 : Method of area of wiring loops

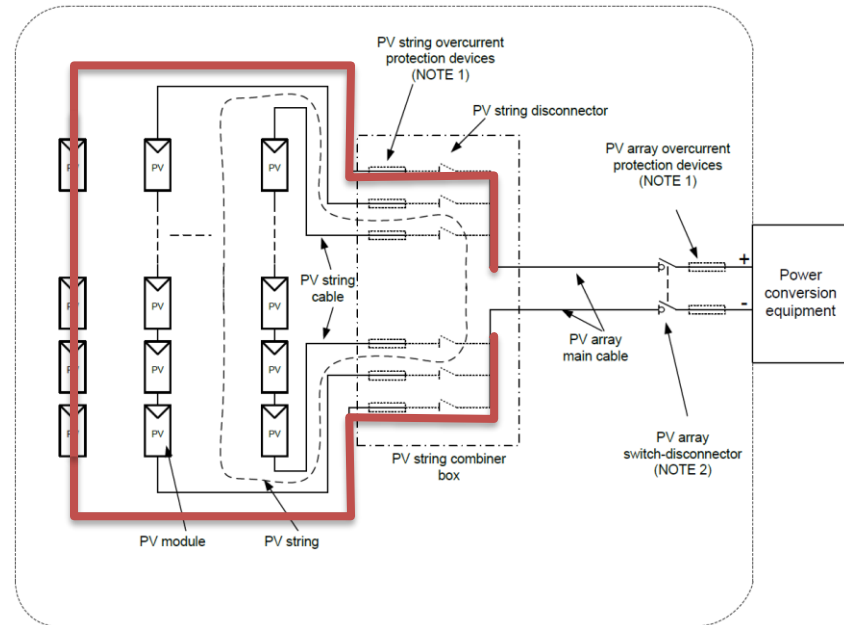


方法 1

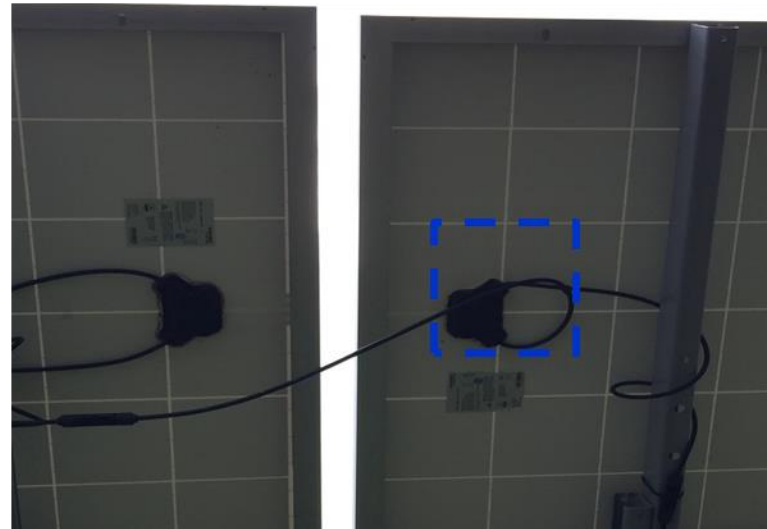
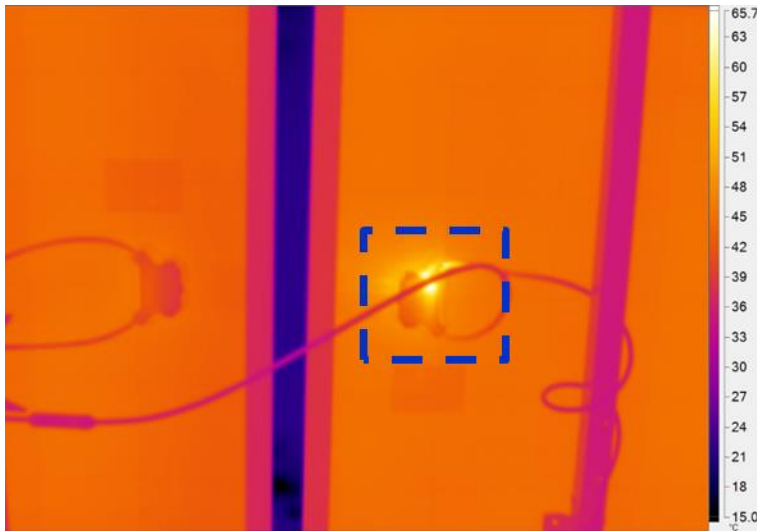
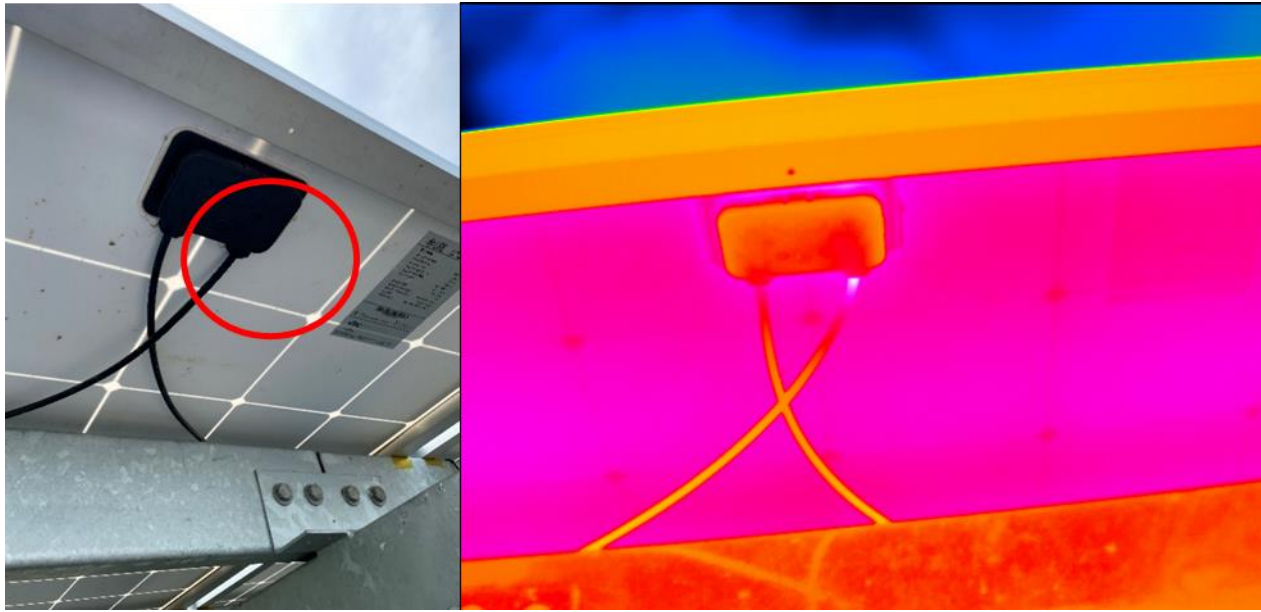
方法 2



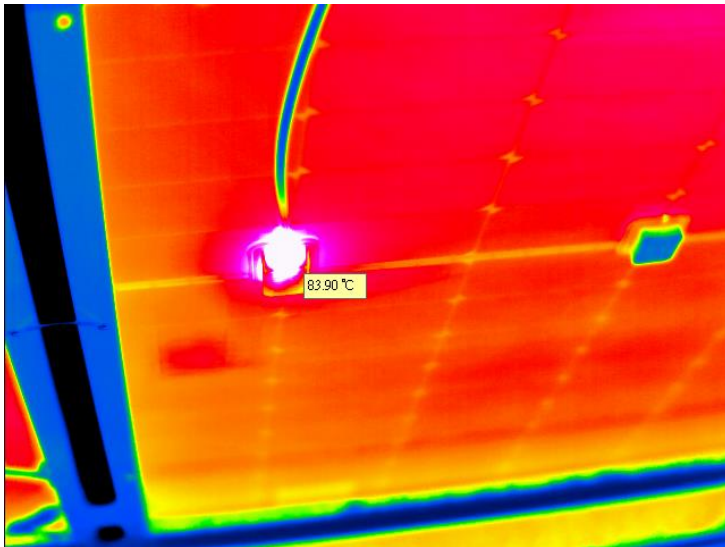
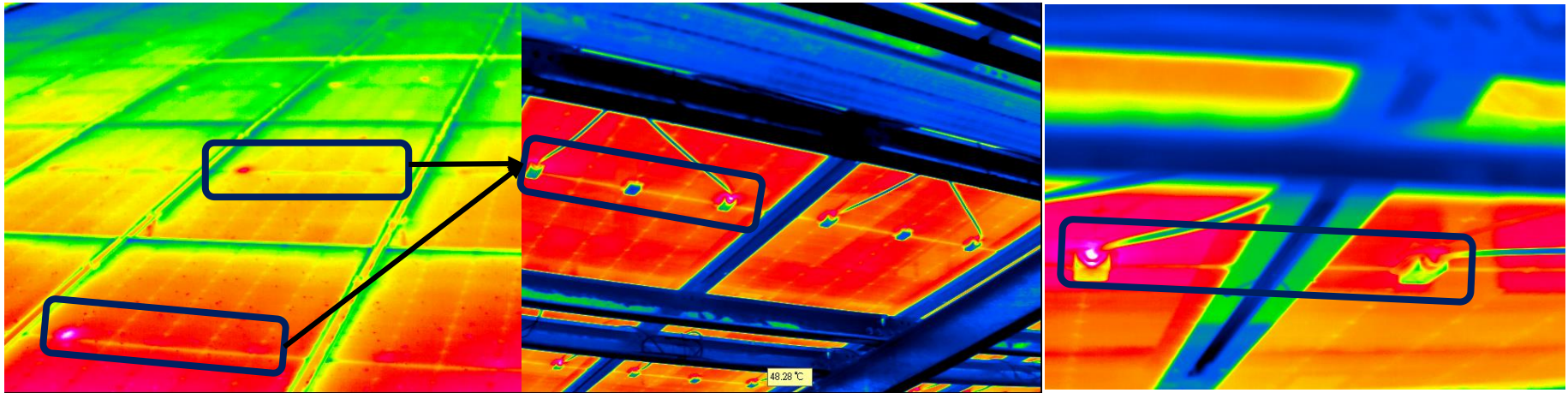
方法 3



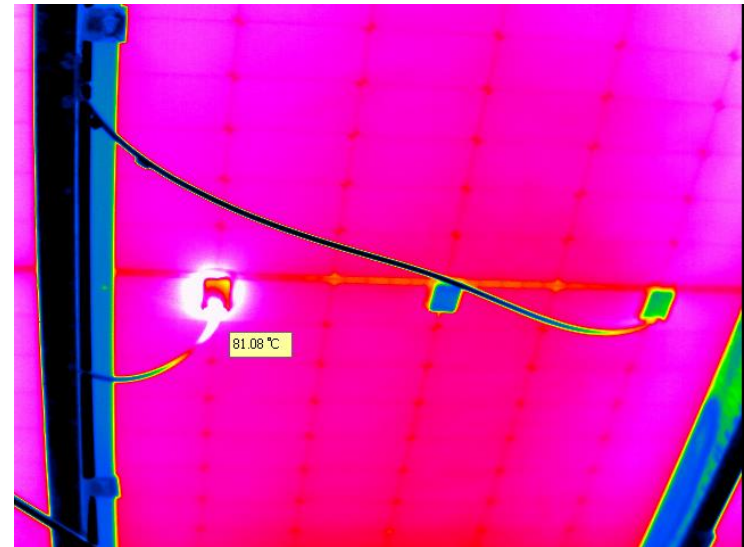
# 佈線施作失效案例



# 半切模組引線端異常



案場A



案場B



# 畜禽舍-老鼠咬線

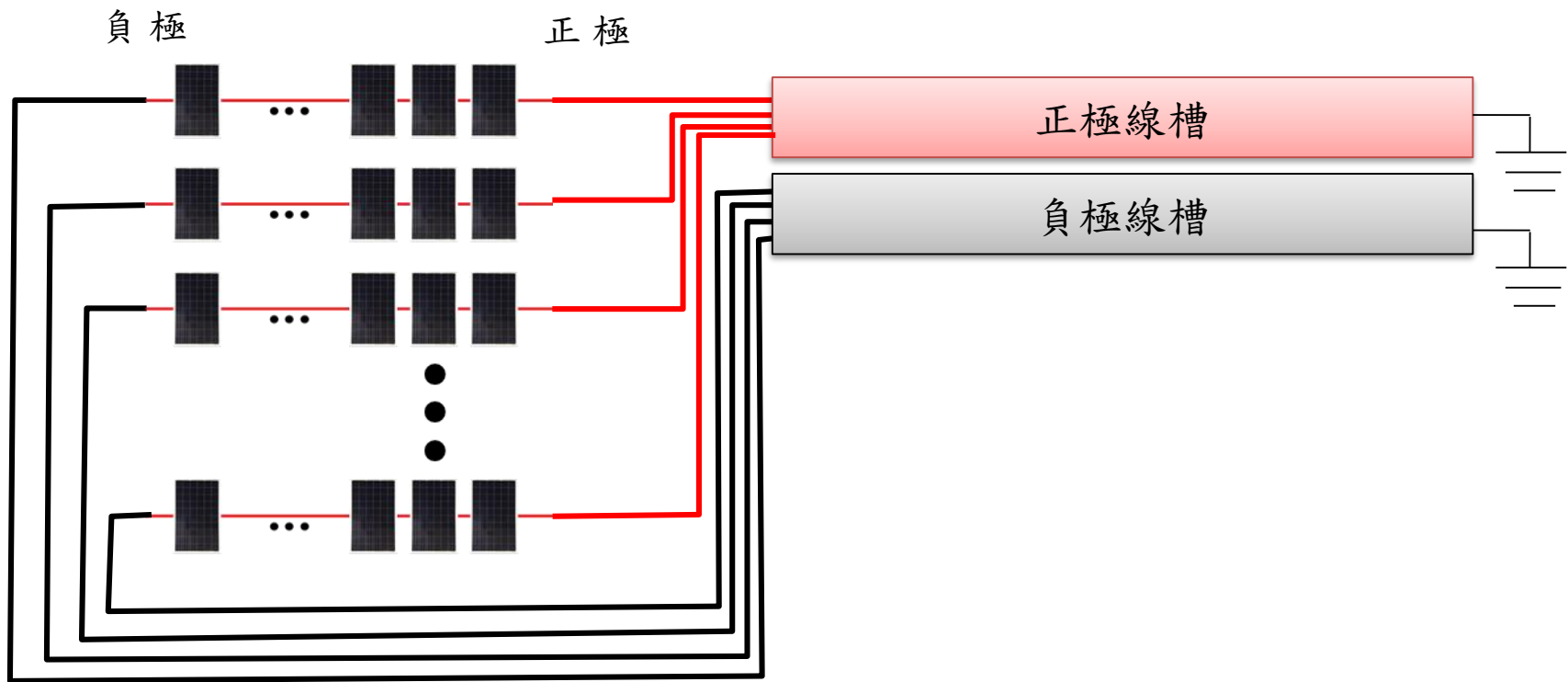


●● REDMI NOTE 8 PRO  
AI QUAD CAMERA

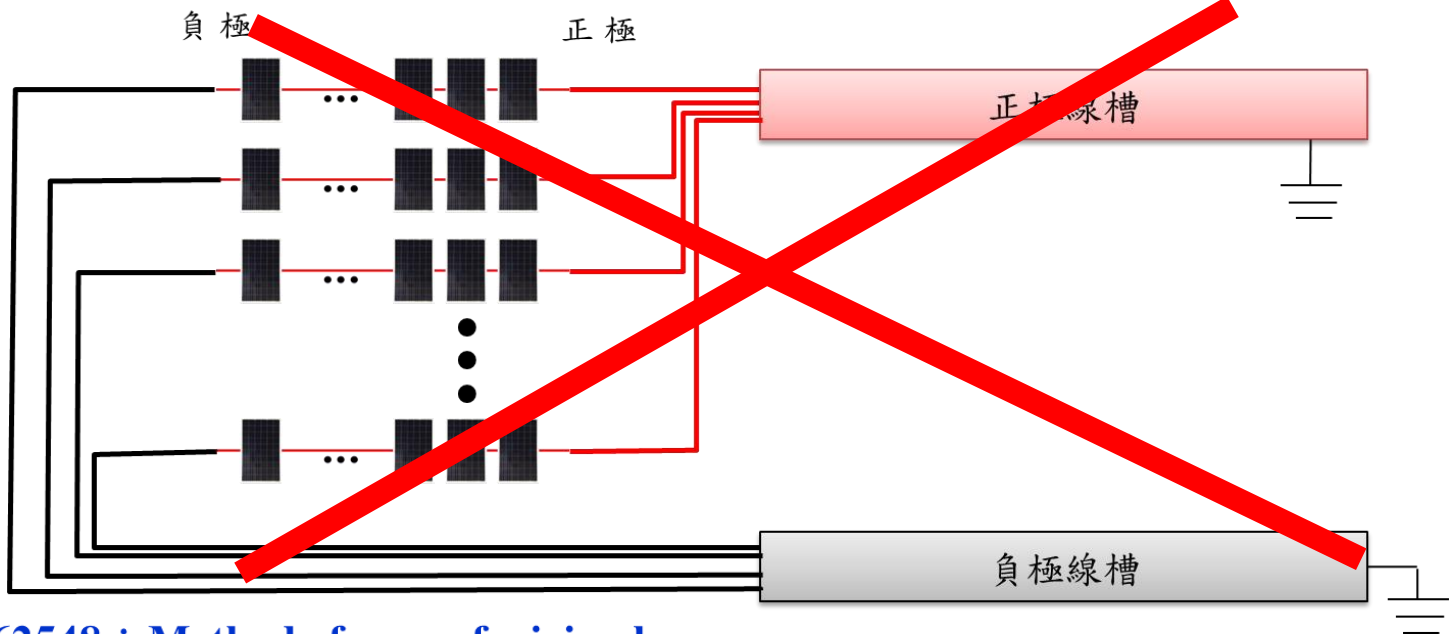
●● REDMI NOTE 8 PRO  
AI QUAD CAMERA

# 直流電源線佈線方式一

- (1) 可避免正負極短路而火災
- (2) 電源線破皮，漏電導致變流器跳脫
- (3) 金屬線槽應接地，且不共地

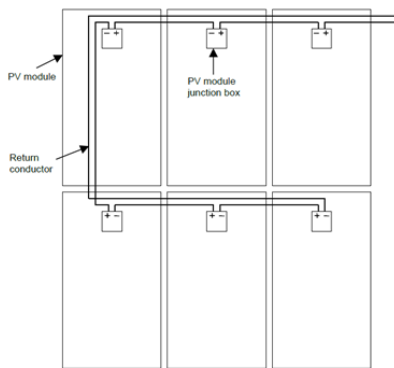


# 直流電源線佈線方式二

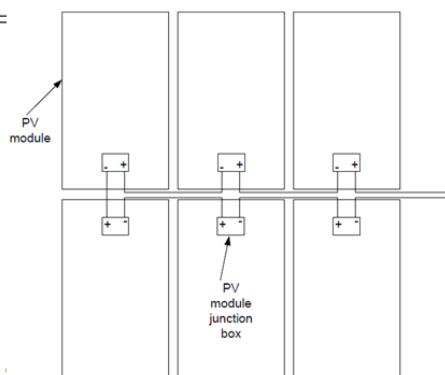


## IEC 62548 : Method of area of wiring loops

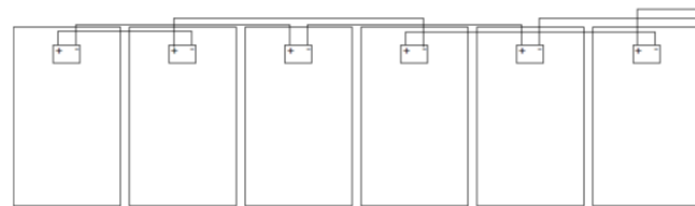
Method 1



Method 2



Method 3



# 5.2.7 Protection against the effects of lightning & overvoltage

b) measures are in place to **protect long cables** (e.g. screening or the use of surge protective devices, SPDs);

## IEC 62548 : Protection against overvoltage

Long cables (e.g. **PV main DC cables over about 50 m**) should be either

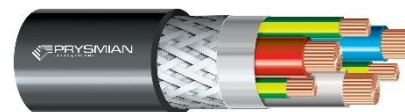
- installed in earthed metallic conduit or trunking, where the conduit or trunking is connected to the equipotential bonding,
- be buried in the ground (using appropriate mechanical protection),
- be cables incorporating mechanical protection which will provide a screen, where the screen is connected to the equipotential bonding, or
- be protected by a surge protective device (SPD).



金屬線槽



埋地管

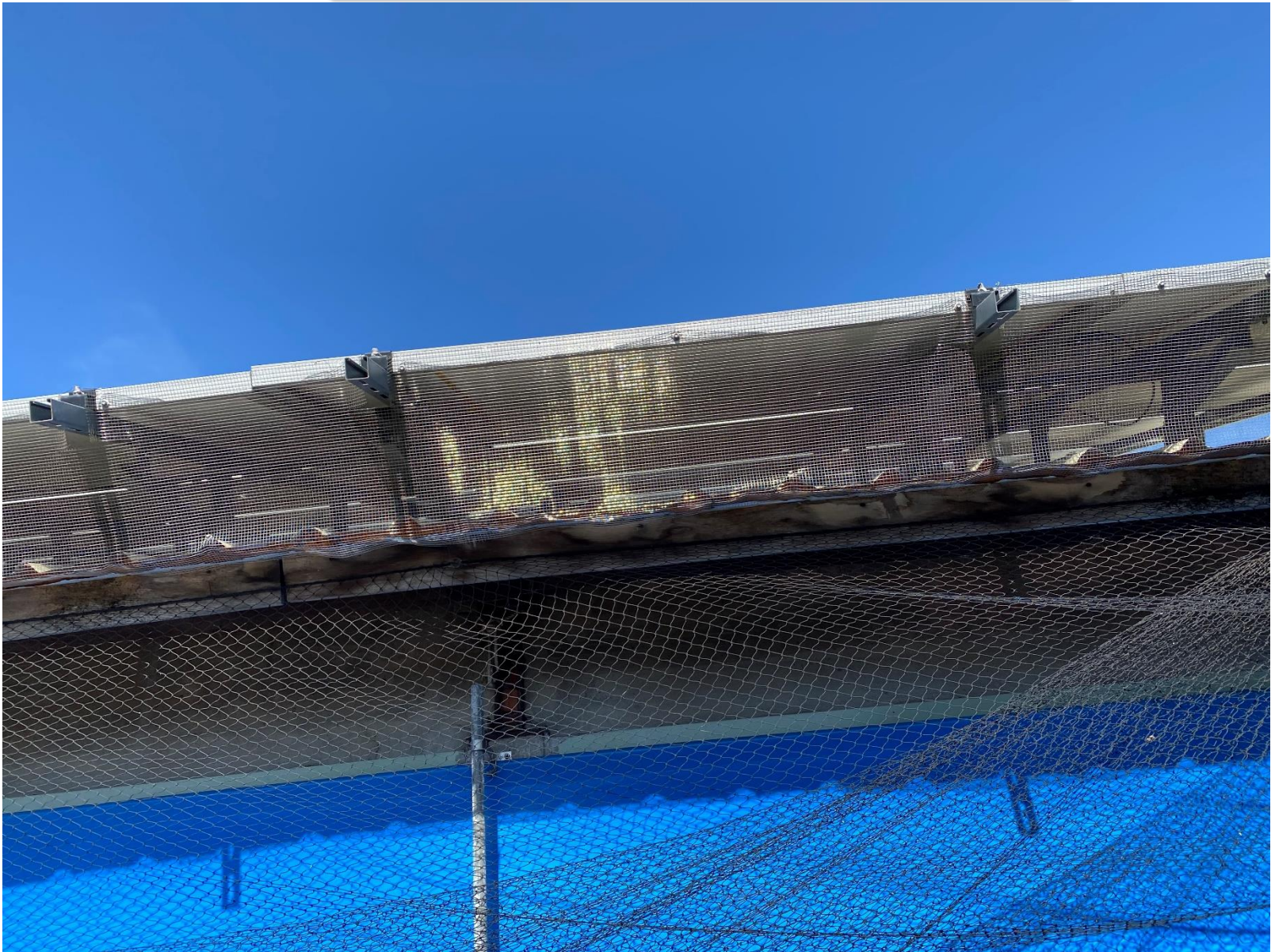


有金屬外皮



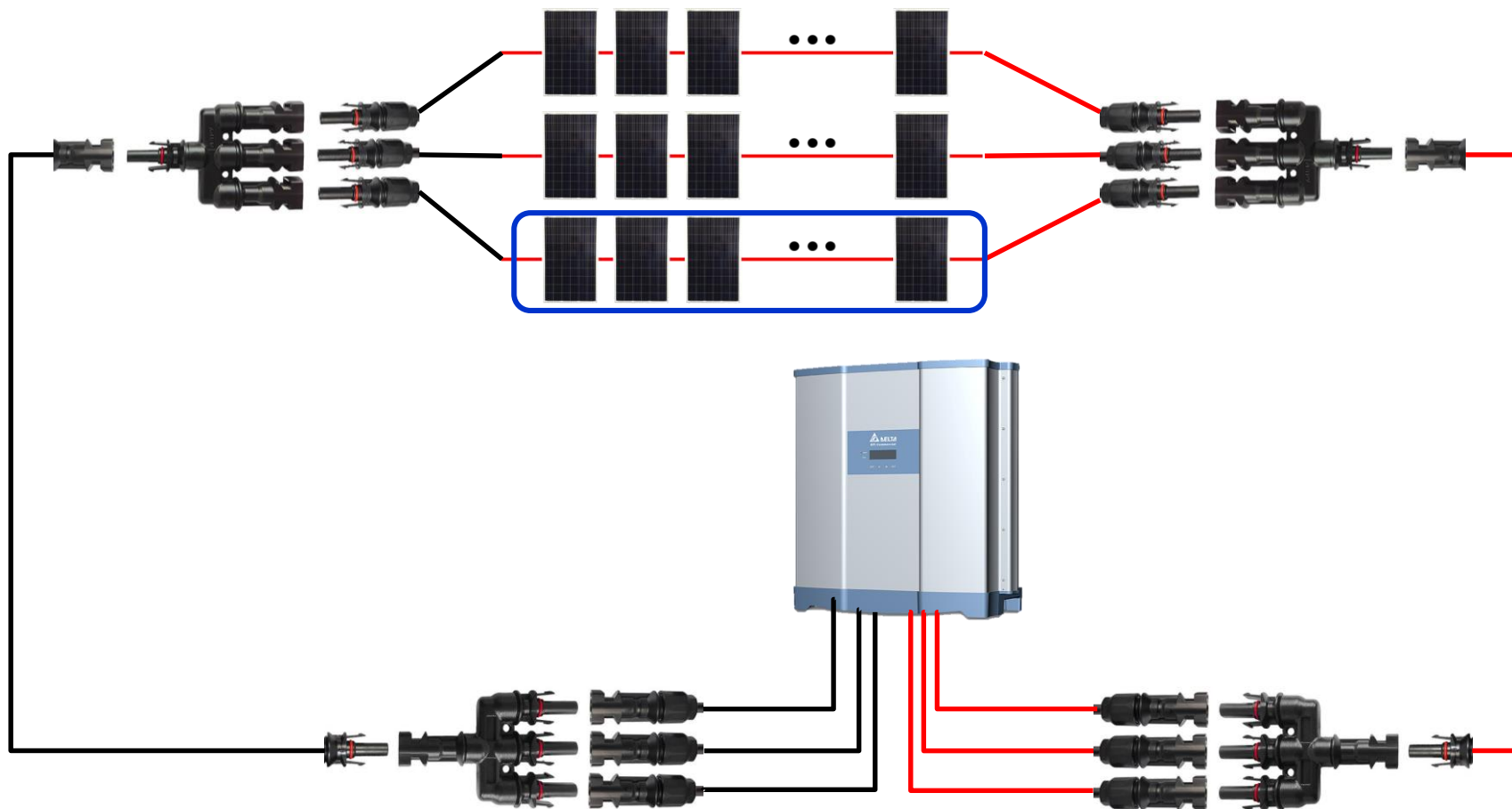
突波吸收器

# 隔離網



# 直流電源線配置方式

- (1) 無法量測單串列對應開路電壓，不利維運檢查
- (2) 連接點太多施作，變成多數連接器容易失效
- (3) 變流器容易損壞或火災
- (4) 低電位串列處於順向偏壓



# 實際案例



連接器

直流電源線

極性要求

半切太陽能模組

鋤刀開關

接地系統



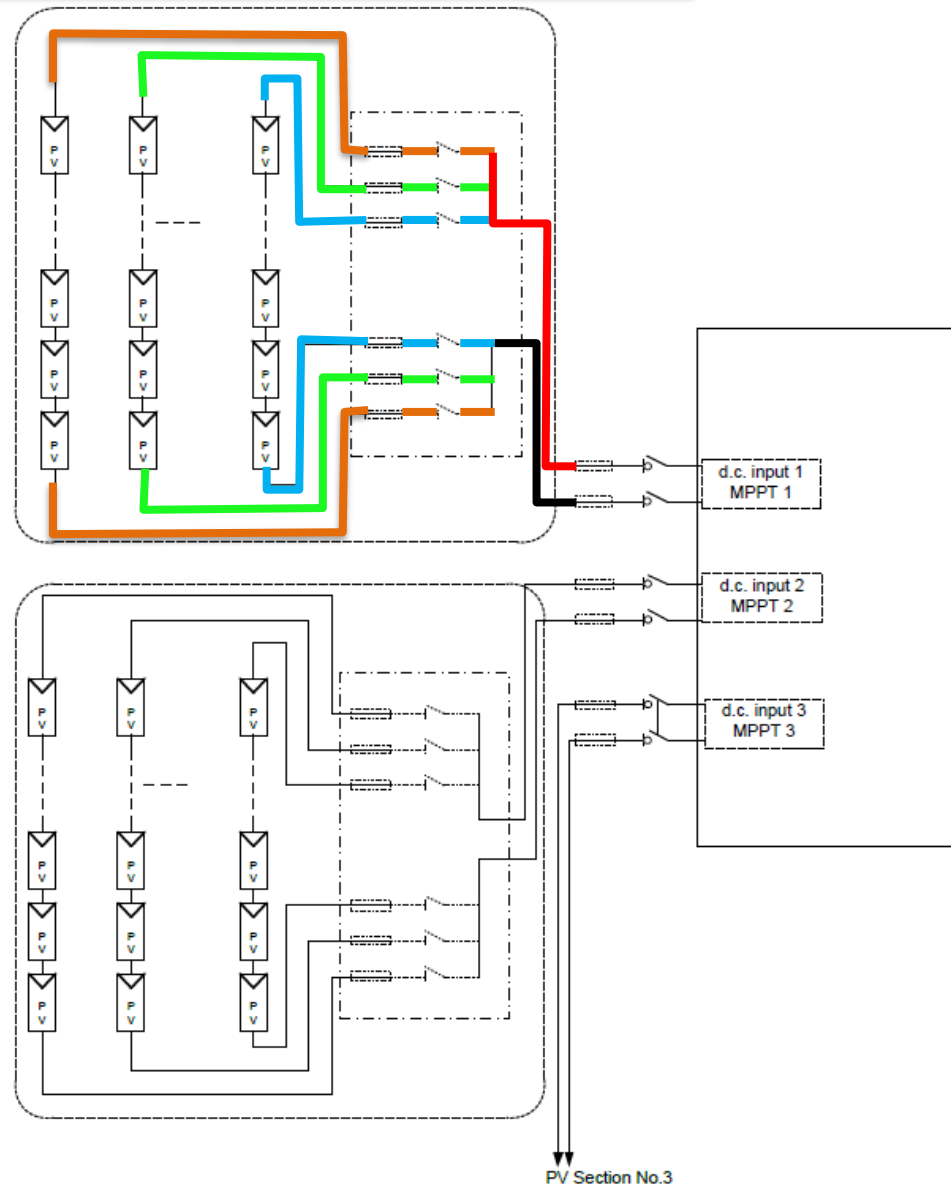
# 接線過程要求

## (1)極性確認：

- a)第一次：串列延長至直流匯線箱
- b)第二次：保險絲至直流開關
- c)第三次：端子台並聯串列
- d)第四次：主電源線至變流器

## (2)極性接錯：

- a)至多產生兩倍設計串列串聯電壓
- b)超過變流器電壓上限



# 異常現象-1



# 異常現象-2



連接器

直流電源線

極性要求

半切太陽能模組

鋤刀開關

接地系統

# 工廠/生產檢查

採購階段



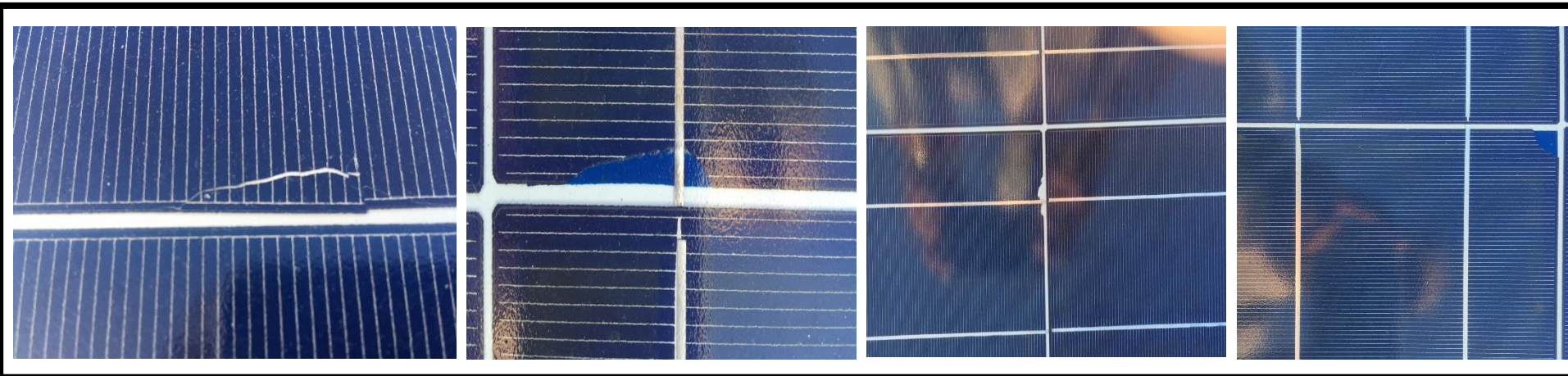
1. 工廠檢查
2. 生產檢查

## 提供工廠檢查:

- △ 審查品質系統相關文件
- △ 定期追蹤設備校正實施狀態
- △ 系統與設備保養計畫與紀錄
- △ 原物料採購與允收標準
- △ 週期性查核紀錄(太陽光模擬器、絕緣測試)

## 提供生產檢查:

- △ 製程監視(參數監控與維護)
- △ 生產系統監控(每日太陽光模擬器查驗)
- △ 產品良率確認(IV/EL抽查)
- △ 生產流程與庫存管理(序號/批號管理)
- △ 批次抽樣測試(依據ISO 2859)



封裝不良、無掌控出貨品質

# 台北自來水廠 案例說明

# 缺失1



- (1) 不符合項目：依規定線材暴露在太陽可直射的位置
- (2) 可能發生危害：線材易吸收紫外線與高溫而容易老化損壞，容易導致短路或產生電弧，發生火災
- (3) 改善措施：應有軟性線槽管或其他遮蔽不被陽光直射方式

## 缺失2



- (1) 不符合項目：側邊背面backsheet有老化破損，有水氣入侵
- (2) 可能發生危害：有漏電與電弧產生，導致人員觸電或火災發生
- (3) 改善措施：更換此片模



# 缺失3



- (1) 不符合項目：太陽能電池封裝時產生的破裂
- (2) 可能發生危害：容易產生電弧或形成熱斑，導致模組局部高溫以及火災發生
- (3) 改善措施：更換此片模組

# 缺失4

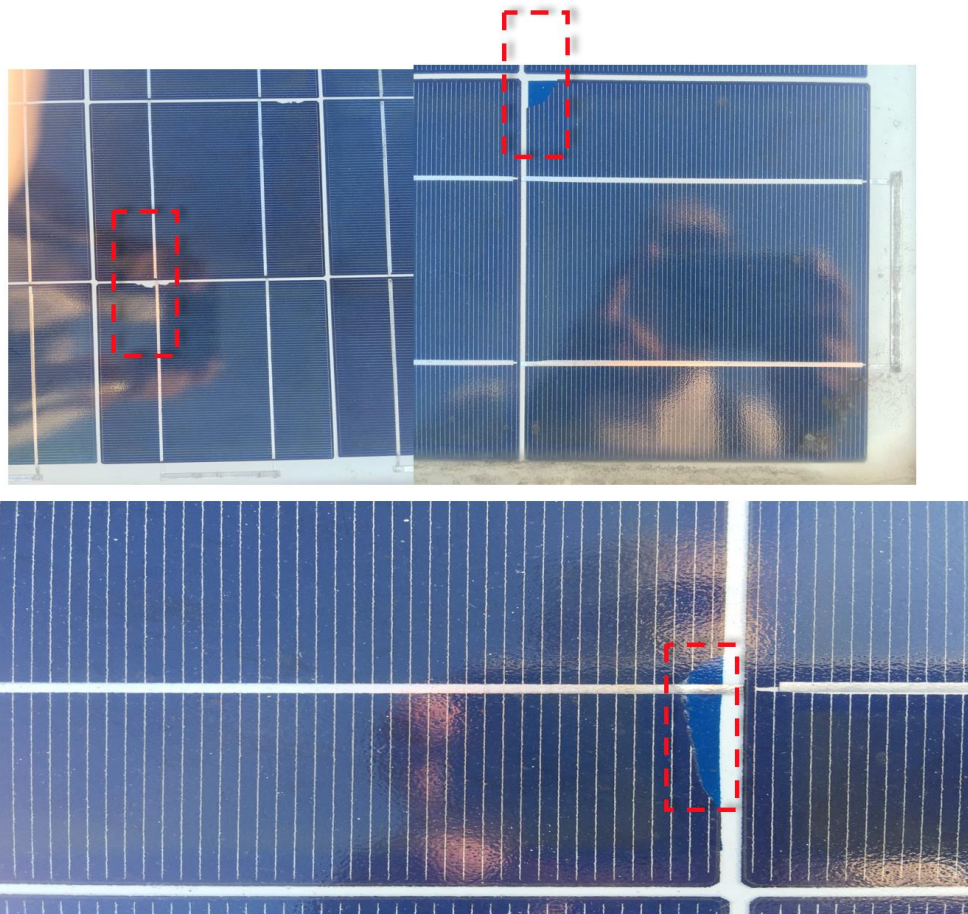


(1)不符合項目：高低落差產生遮陰

(2)可能發生危害：容易產生熱斑以及該片模組不發電，導致模組局部高溫以及火災發生

(3)改善措施：更改置放方式

# 缺失5

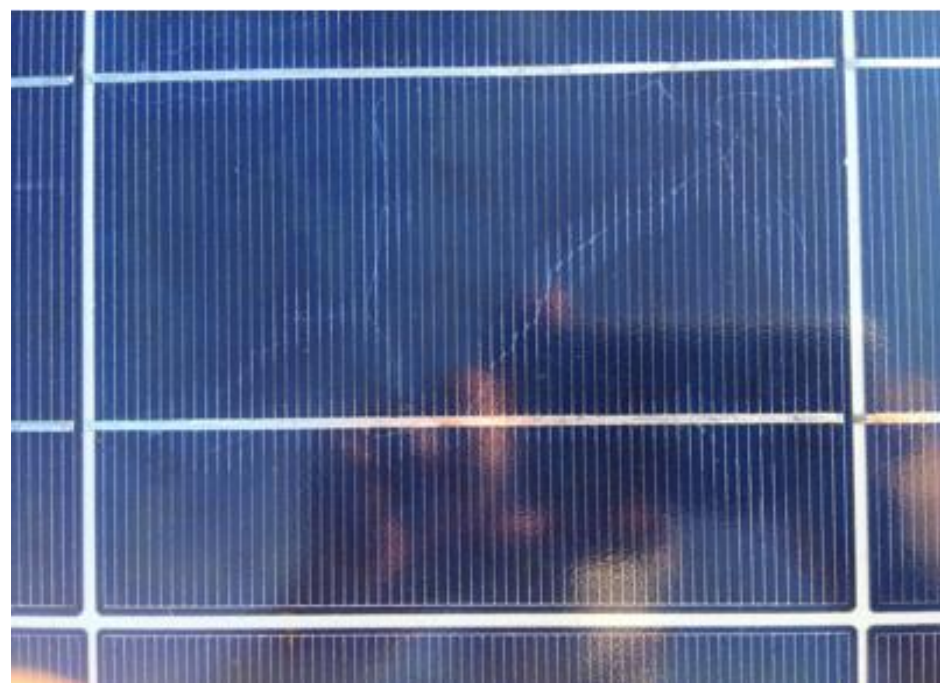


(1) 不符合項目：cell封裝時即缺一角

(2) 可能發生危害：容易產生電弧或形成熱斑，導致模組局部高溫以及火災發生

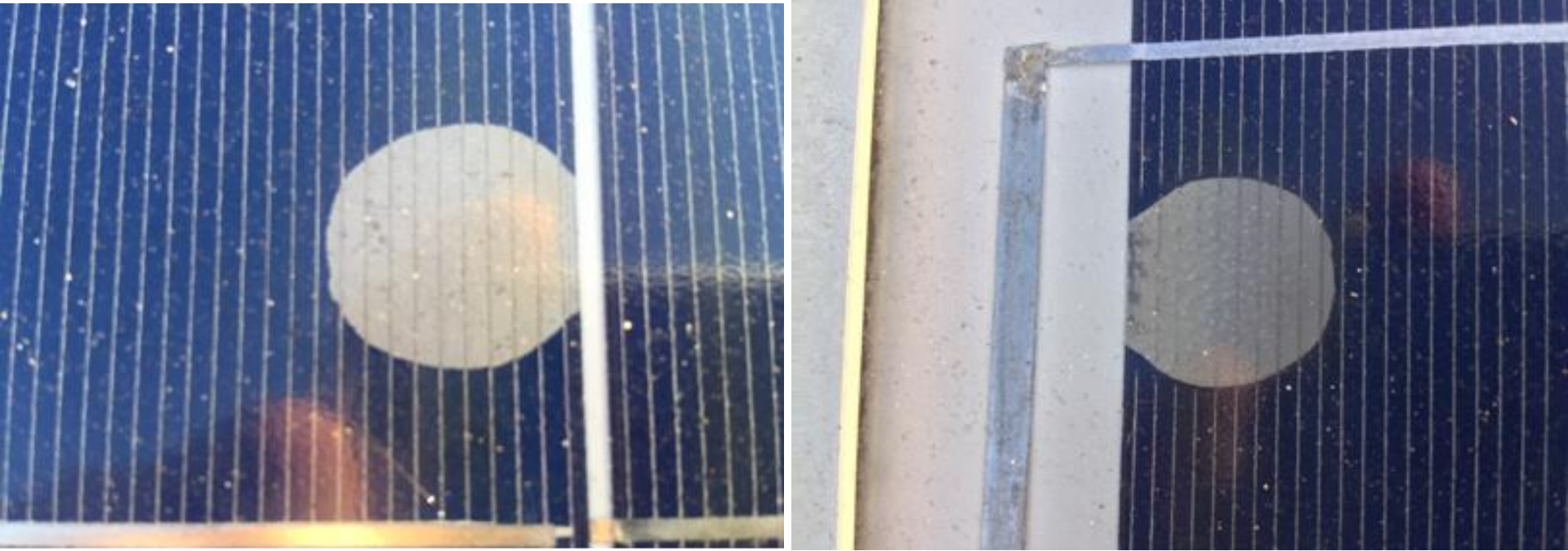
(3) 改善措施：更換此片模組

# 缺失6



- (1) 不符合項目：系統安裝時造成模組隱裂，外觀產生蝸牛痕且看得出模組隱裂
- (2) 可能發生危害：容易產生熱斑，導致模組局部高溫以及火災發生
- (3) 改善措施：更換此片模組

# 缺失7



(1) 不符合項目：脫層

(2) 可能發生危害：水氣入侵導致爬電距離縮短，容易短路或起電弧

(3) 改善措施：更換此片模組

# 缺失8



(1)不符合項目：白色區域cell脫層

(2)可能發生危害：水氣入侵導致爬電距離縮短，容易短路或起電弧

(3)改善措施：更換此片模組

# 缺失9



- (1) 不符合項目：有四排cell被另一高層FRP覆蓋
- (2) 可能發生危害：此區域模組皆不發電且容易使旁路二極體損壞，導致形成高溫區
- (3) 改善措施：更模組換置放方式

# 太陽能電池隱裂

## (1) 模組封裝：

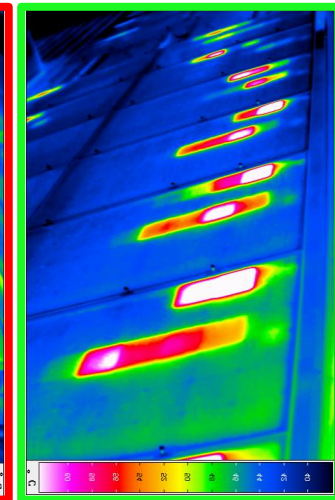
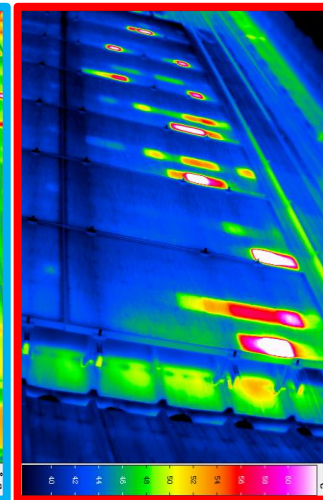
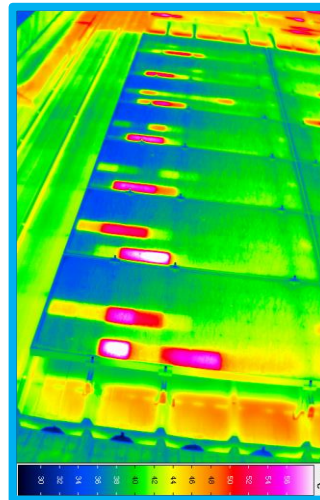
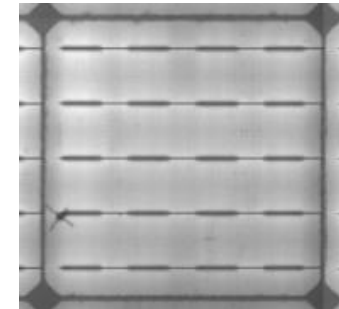
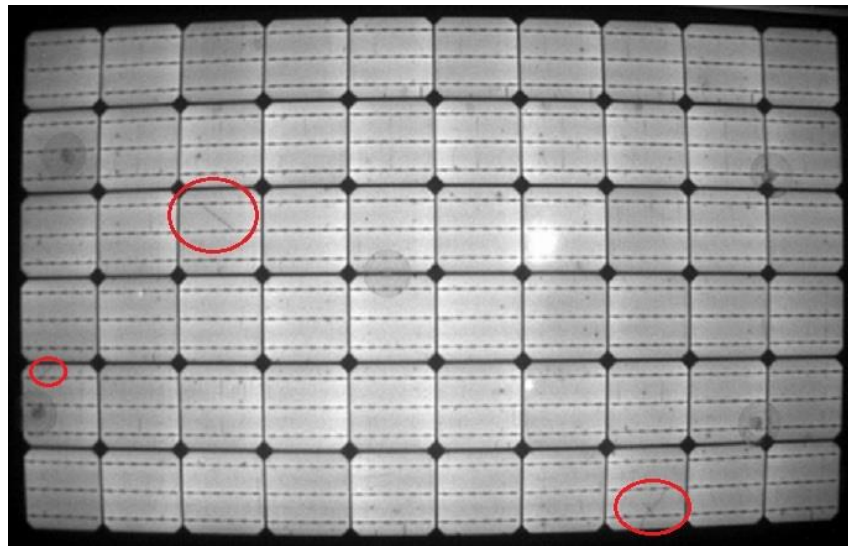
- a) 很難注意或發現
- b) 依靠工廠檢查與生產檢查
- c) 駐點檢查

## (2) 運送過程：

- a) 包裝要求
- b) 送至案場檢查方式

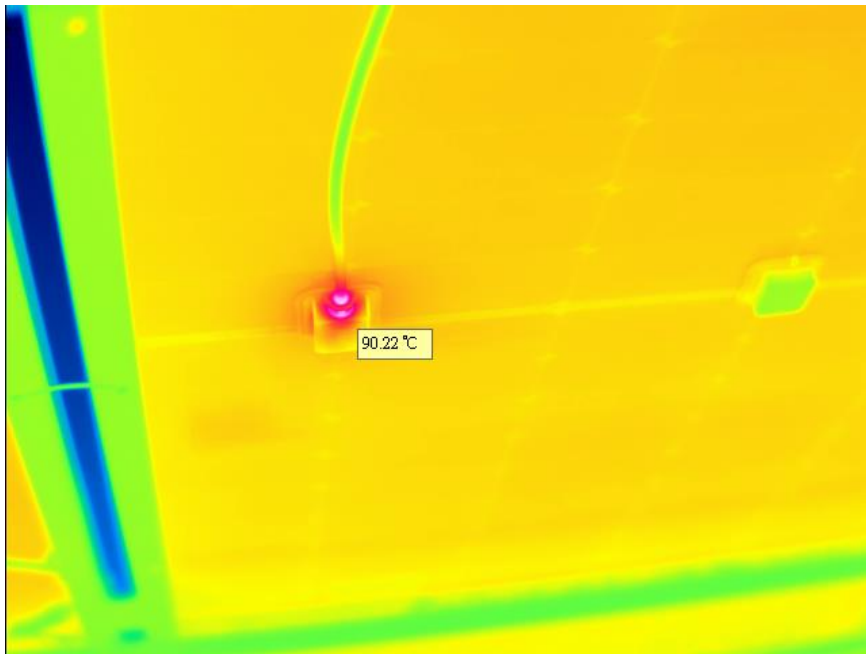
## (3) 施工期間：

- a) 模組碰撞
- b) 施工踩踏



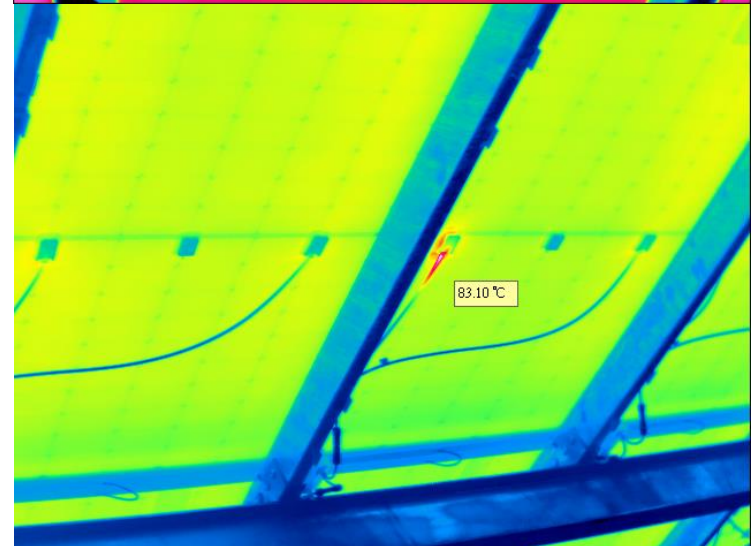
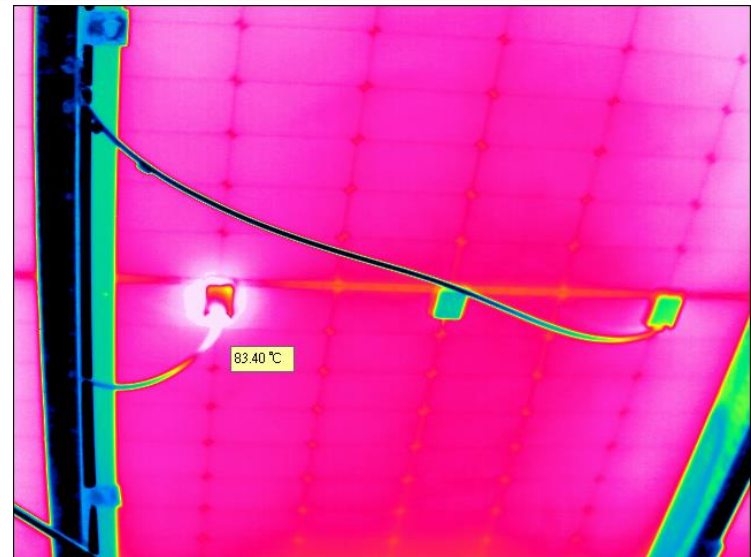


# 半切太陽能模組問題



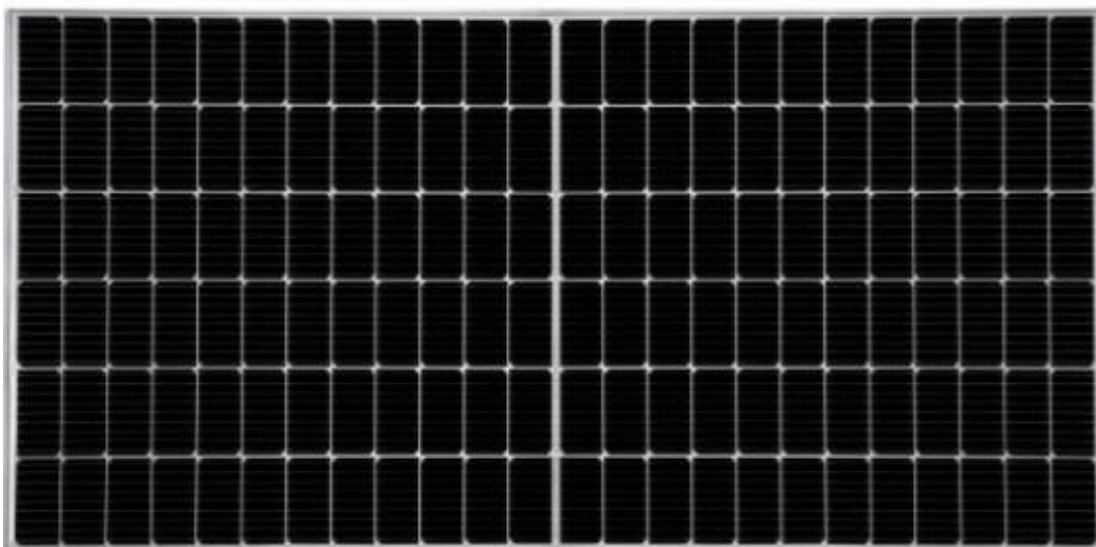
案場A

- (1) 接線盒接觸面積小，導致拉扯容易讓接線盒位移
- (2) 接線盒引線端設計不良



案場B

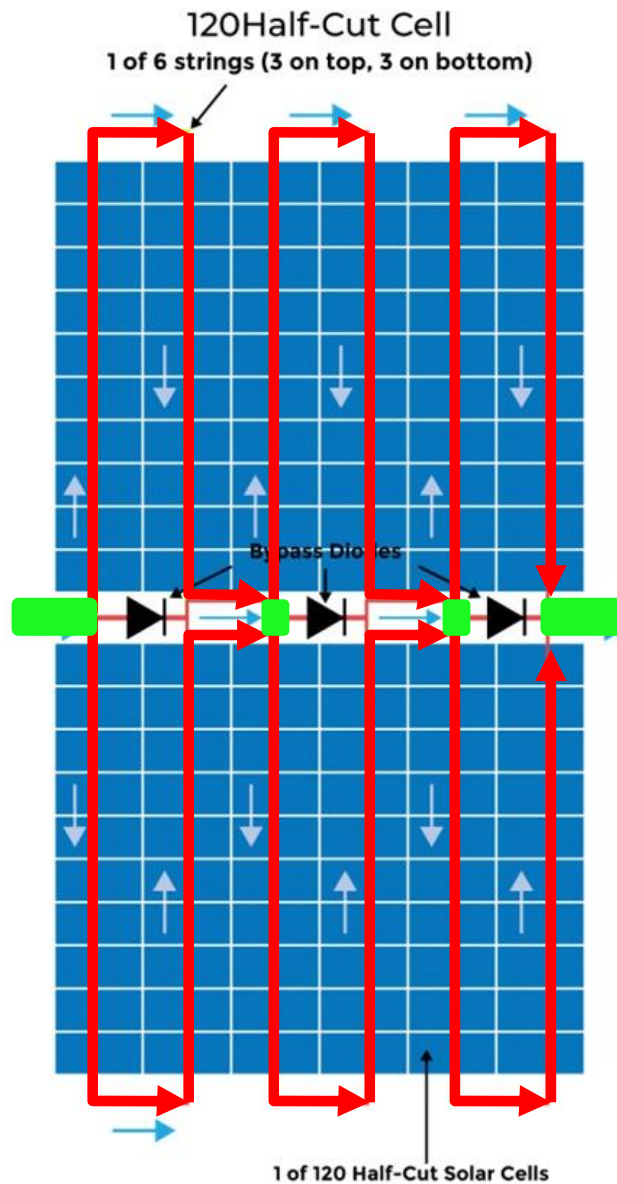
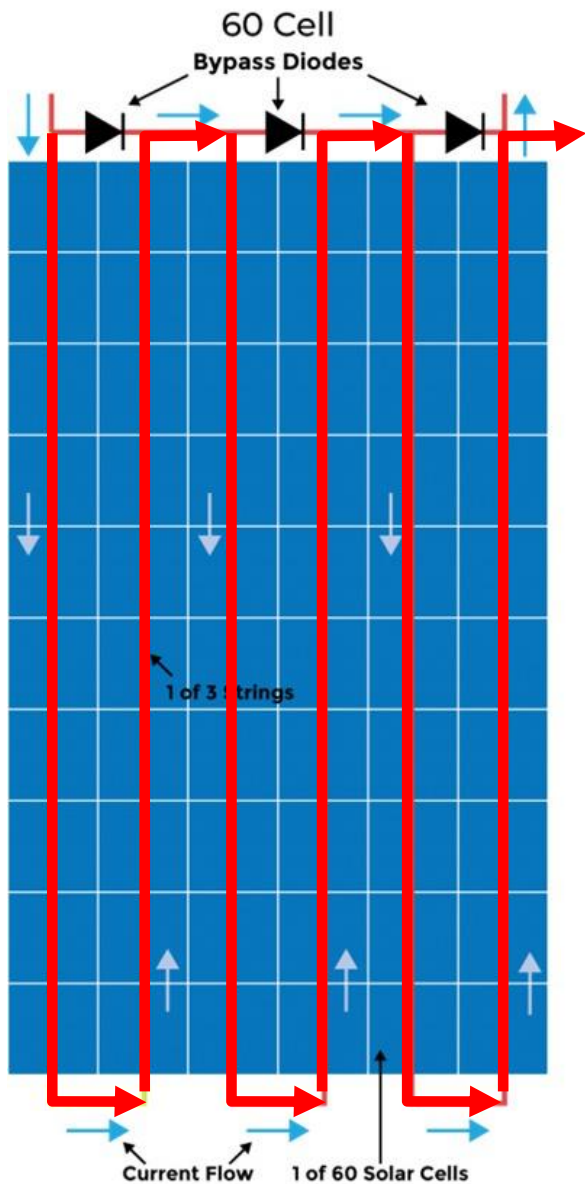
# 半切太陽能模組成品



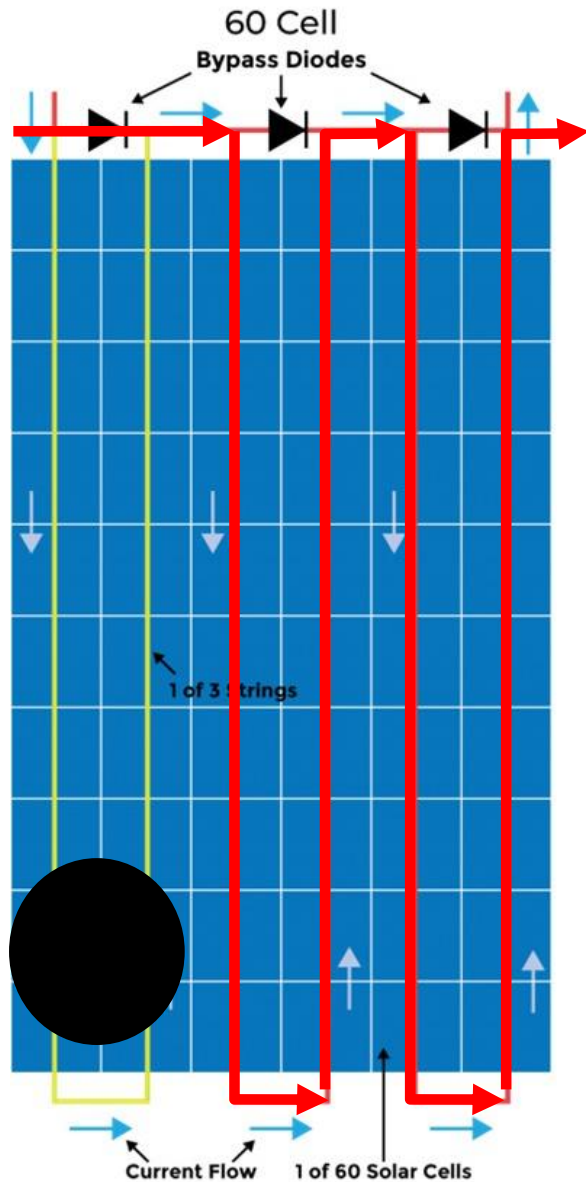
## ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S20 -365/MR	JAM60S20 -370/MR	JAM60S20 -375/MR	JAM60S20 -380/MR	JAM60S20 -385/MR	JAM60S20 -390/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	365	370	375	380	385	390
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.13	41.30	41.45	41.62	41.78	41.94
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	33.96	34.23	34.50	34.77	35.04	35.33
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.30	11.35	11.41	11.47	11.53	11.58
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.75	10.81	10.87	10.93	10.99	11.04
Module Efficiency [%]	19.5	19.8	20.1	20.3	20.6	20.9
Power Tolerance				0~+5W		
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )				+0.044%/°C		
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )				-0.272%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )				-0.350%/°C		
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

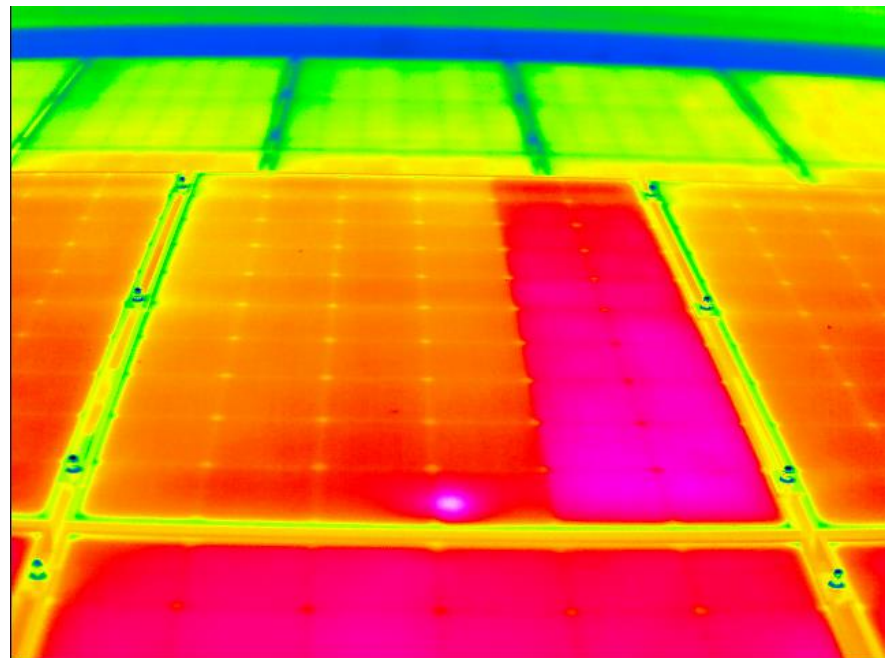
# 太陽能模組串併線路-電流路徑



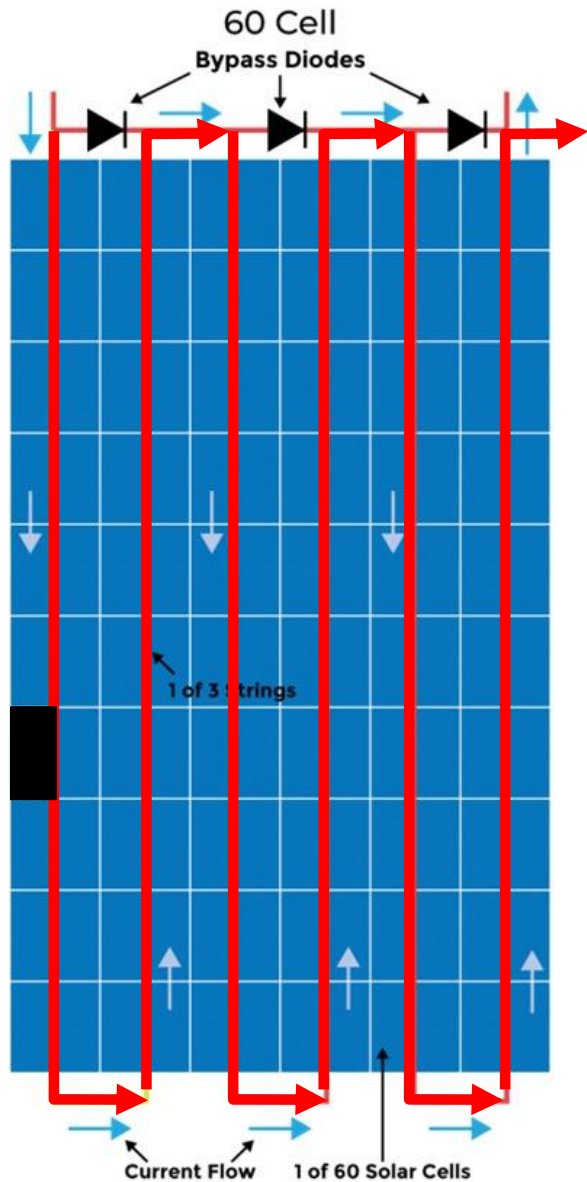
# 太陽能模組大面積遮陰



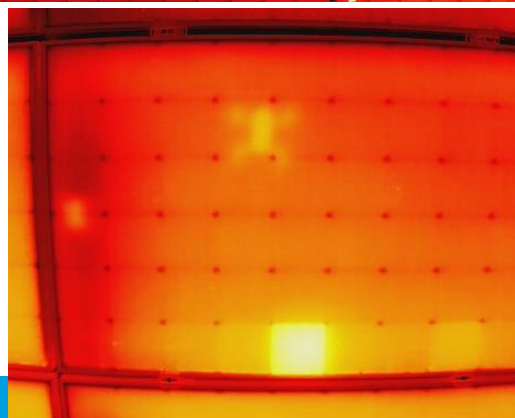
- (1) 大面積遮陰，電阻大，旁路二極體導通
- (2) 旁路二極體高溫，且對應1/3串列開路
- (3) 熱影像觀察:
  - a) 接線盒熱異常
  - b) 1/3開路串列比運轉串列溫度高(2~7) °C
- (3) 電性檢查: 少了單片太陽能模組1/3電壓



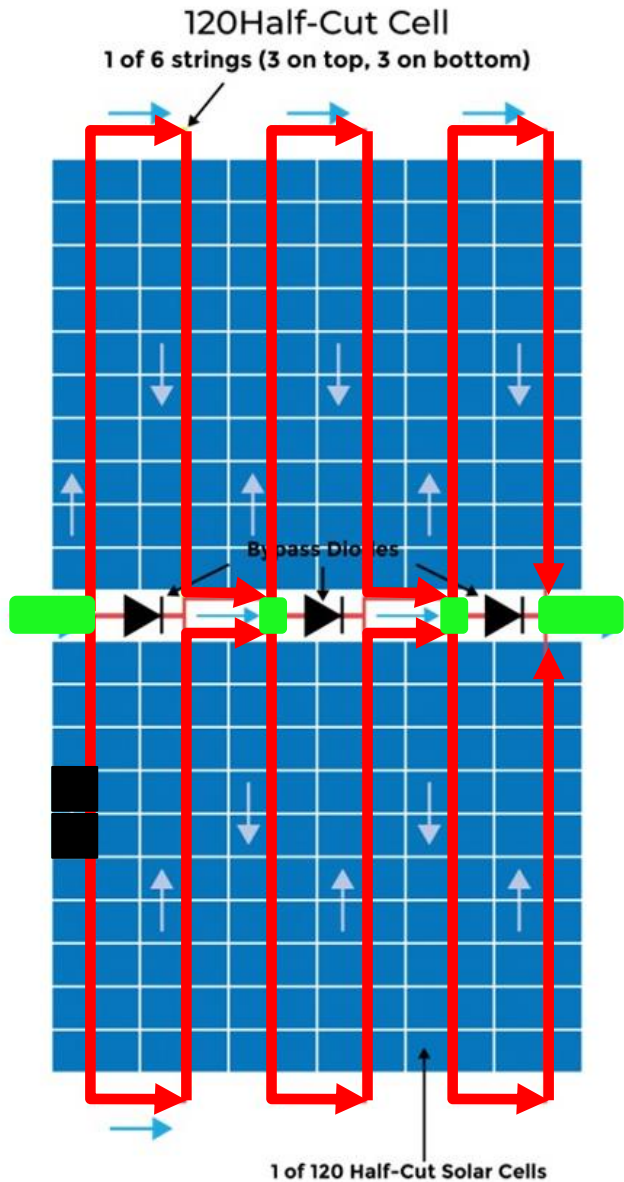
# 太陽能模組小面積遮陰



- (1) 小面積遮陰，電阻小，旁路二極體不會導通
- (2) 遮陰處運轉電流小，其它正常電流(10 A)通過形成逆偏壓，多餘電流以熱形式散發( $5 \times 5 \times 2R$ )=50R
- (3) 長期處於熱異常，加速老化EVA以及背板，進而裂開或燒穿

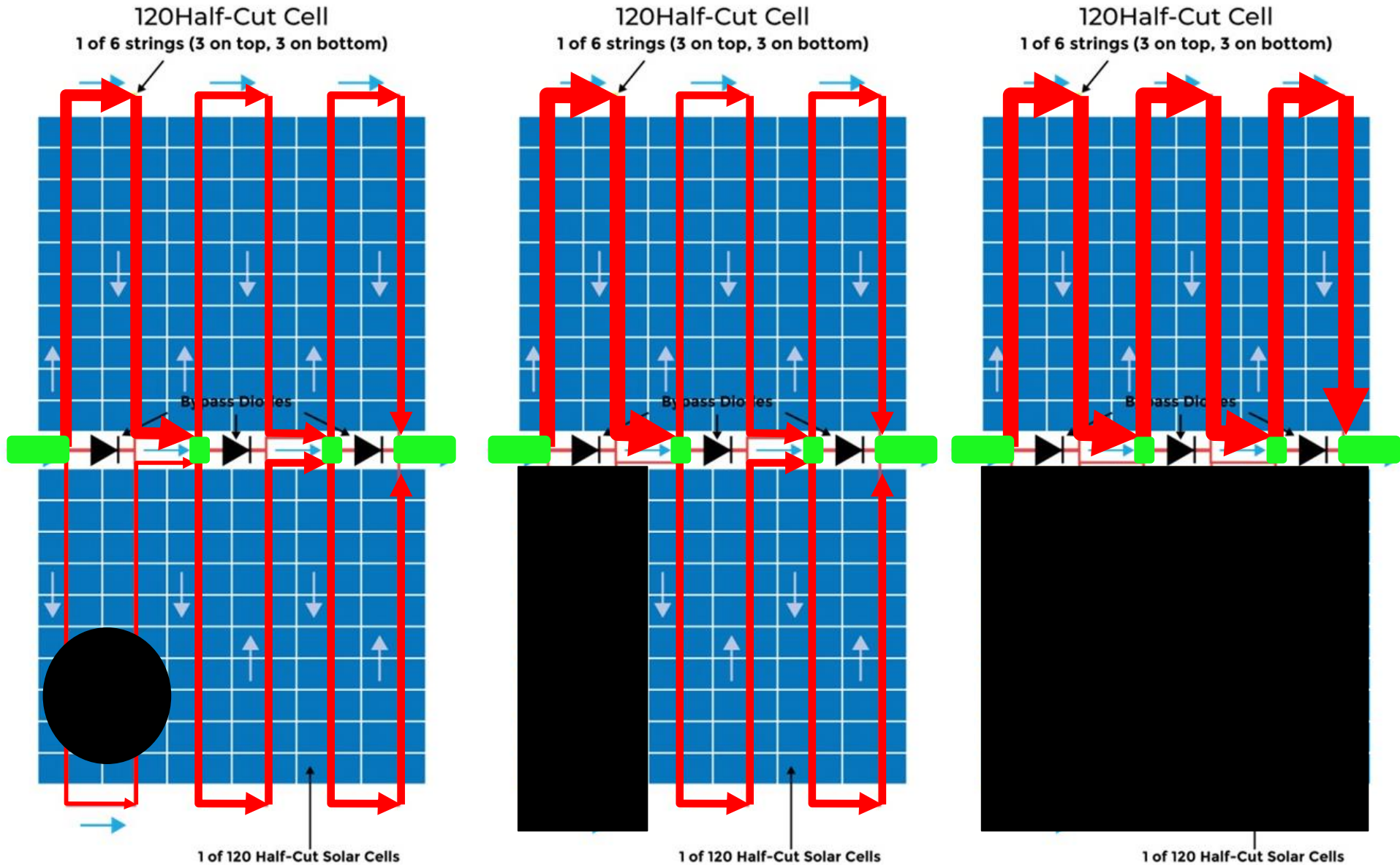


# 半切太陽能模組小面積遮陰

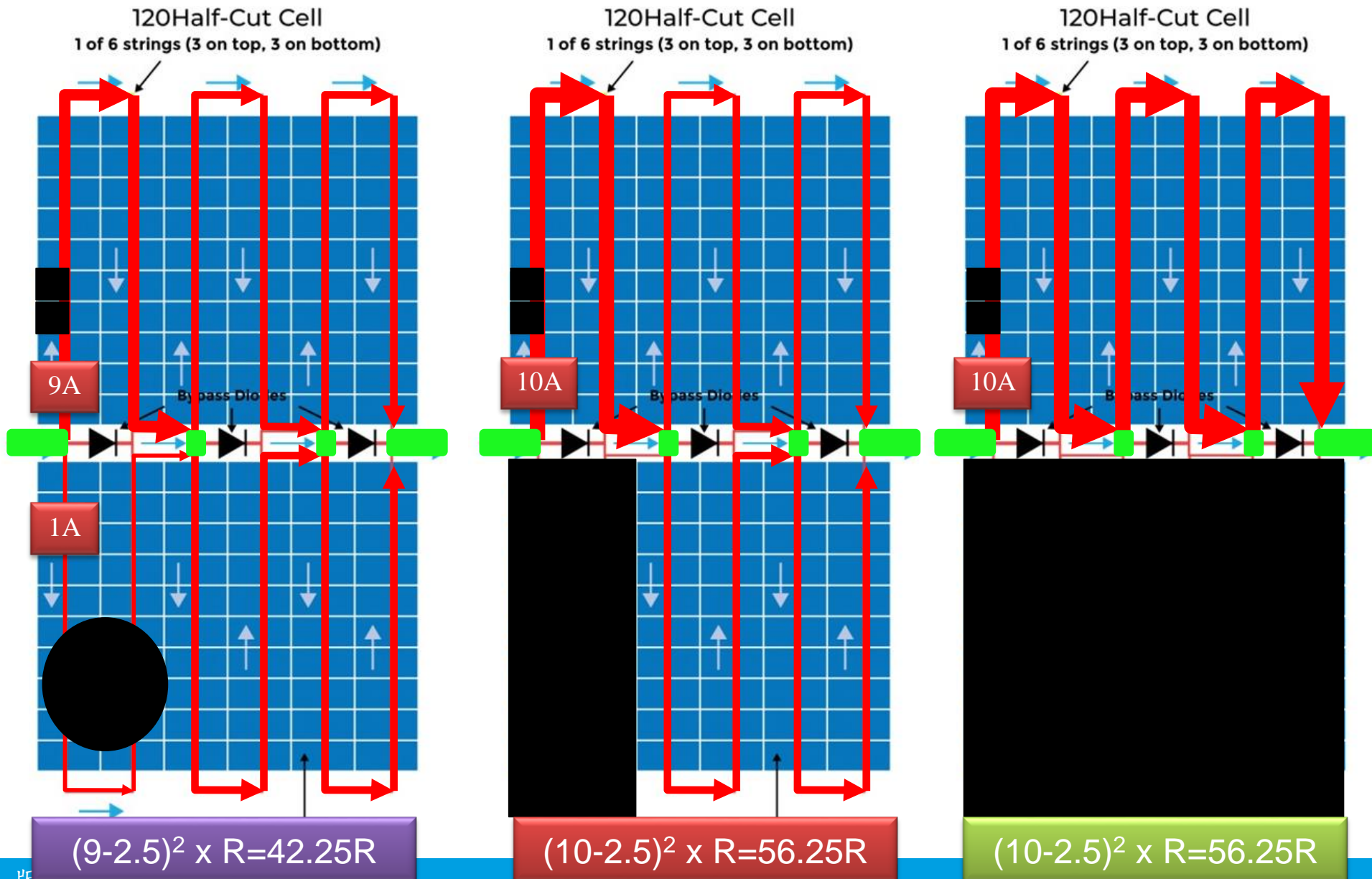


- (1) 小面積遮陰，電阻小，旁路二極體不會導通
- (2) **優點:**遮陰處運轉電流小，其它正常電流(5 A)通過形成逆偏壓，多餘電流以熱形式散發 $(2.5 \times 2.5 \times R) = 6.25R$ ，減少熱異常溫度
- (3) 半切太陽能模組號稱防遮陰

# 正常半切太陽能模組大面積遮陰

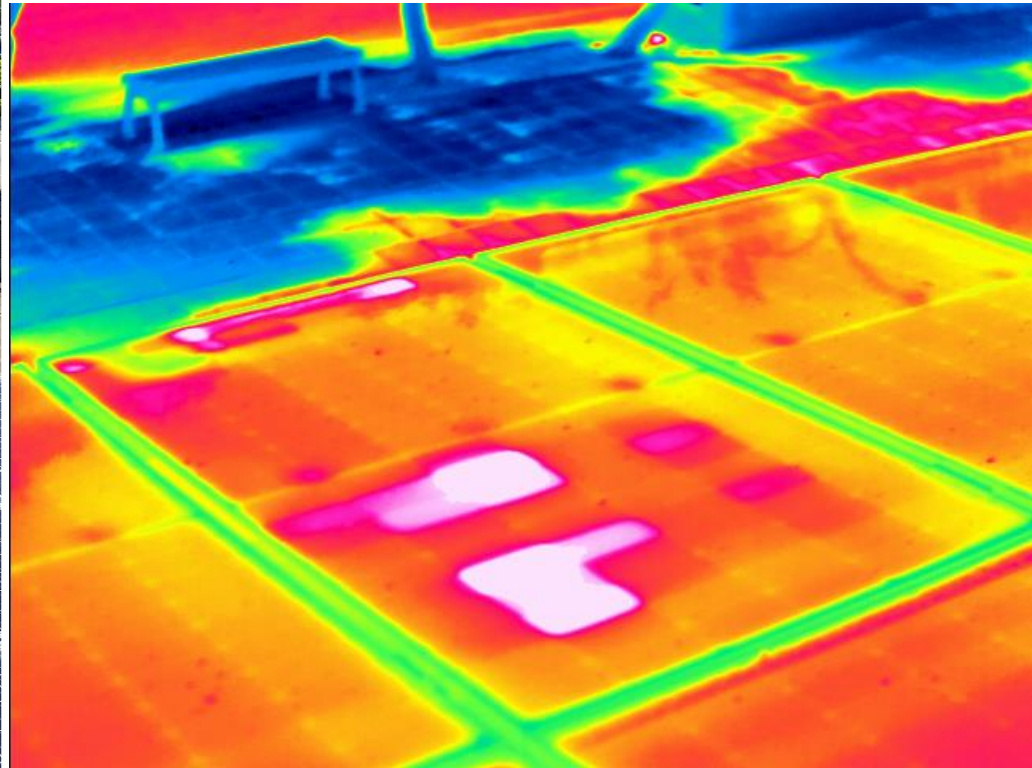


# 不正常半切太陽能模組大面積遮陰

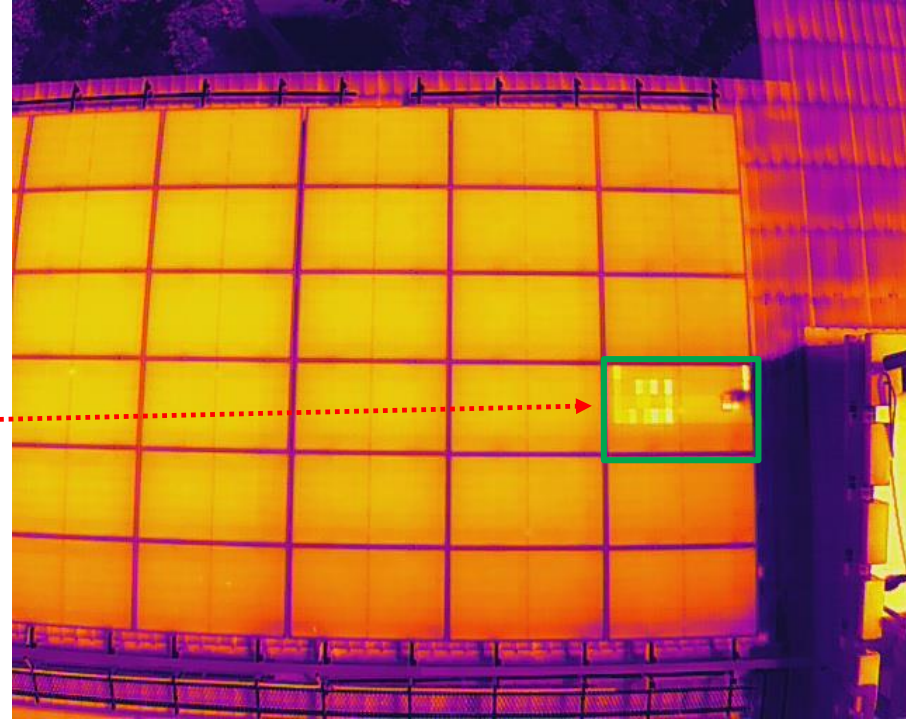
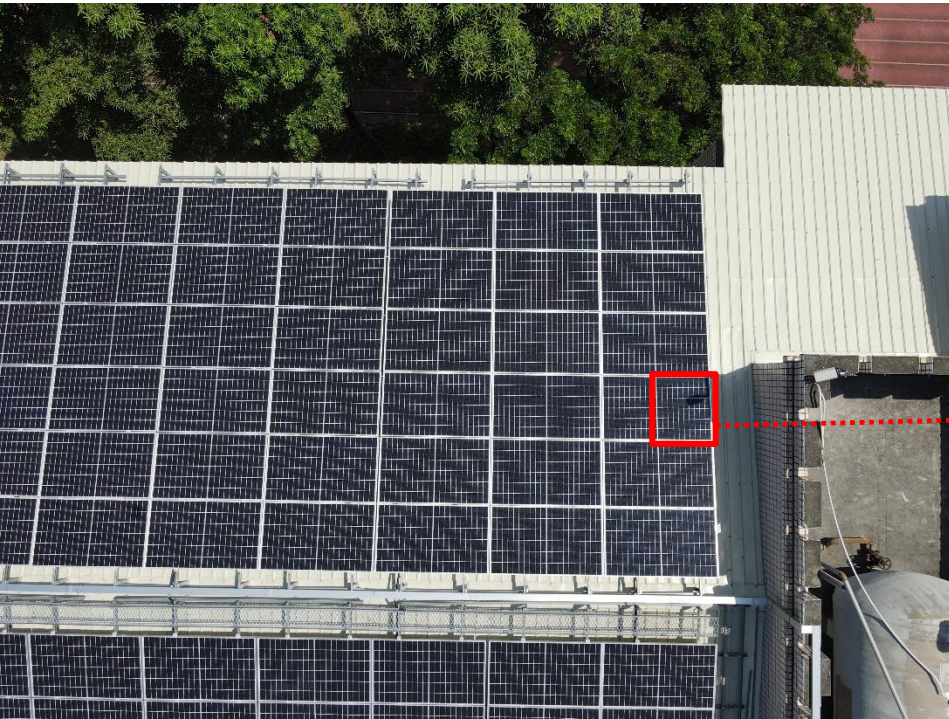




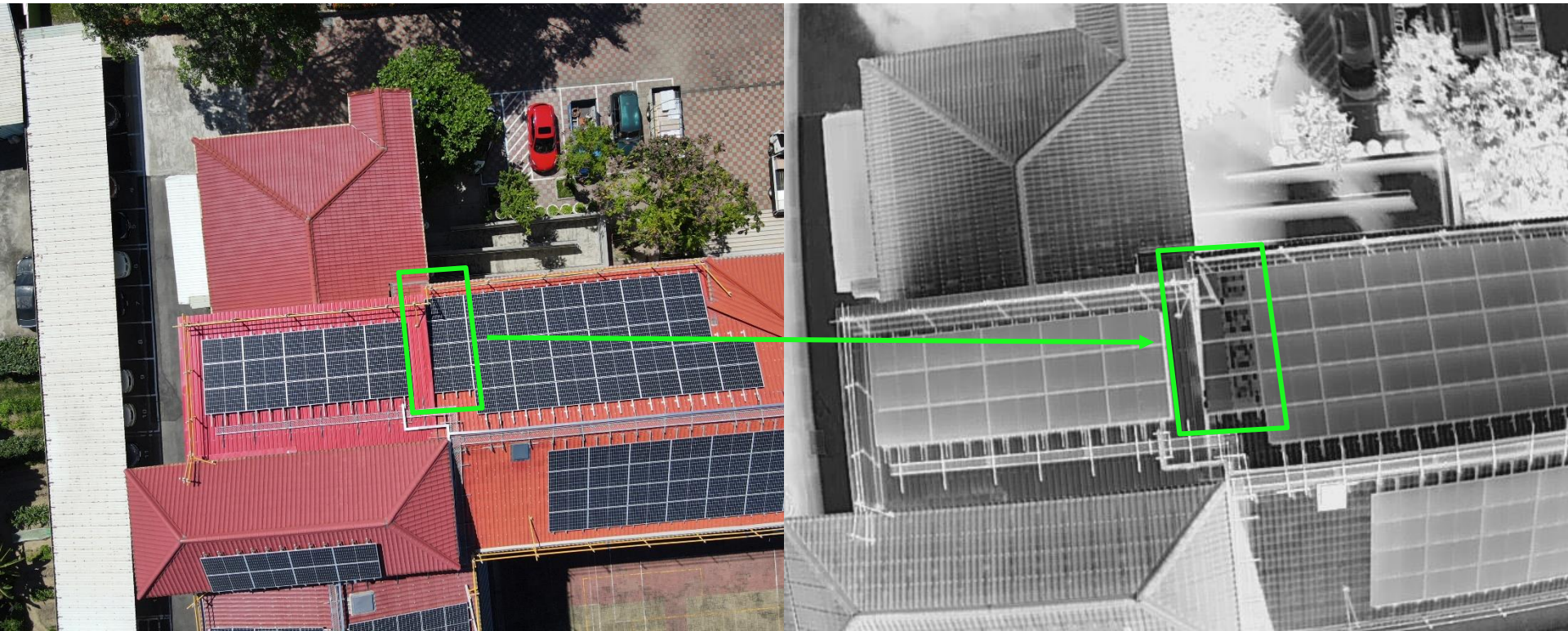
# 半切太陽能模組熱影像-1



# 半切太陽能模組熱影像-2

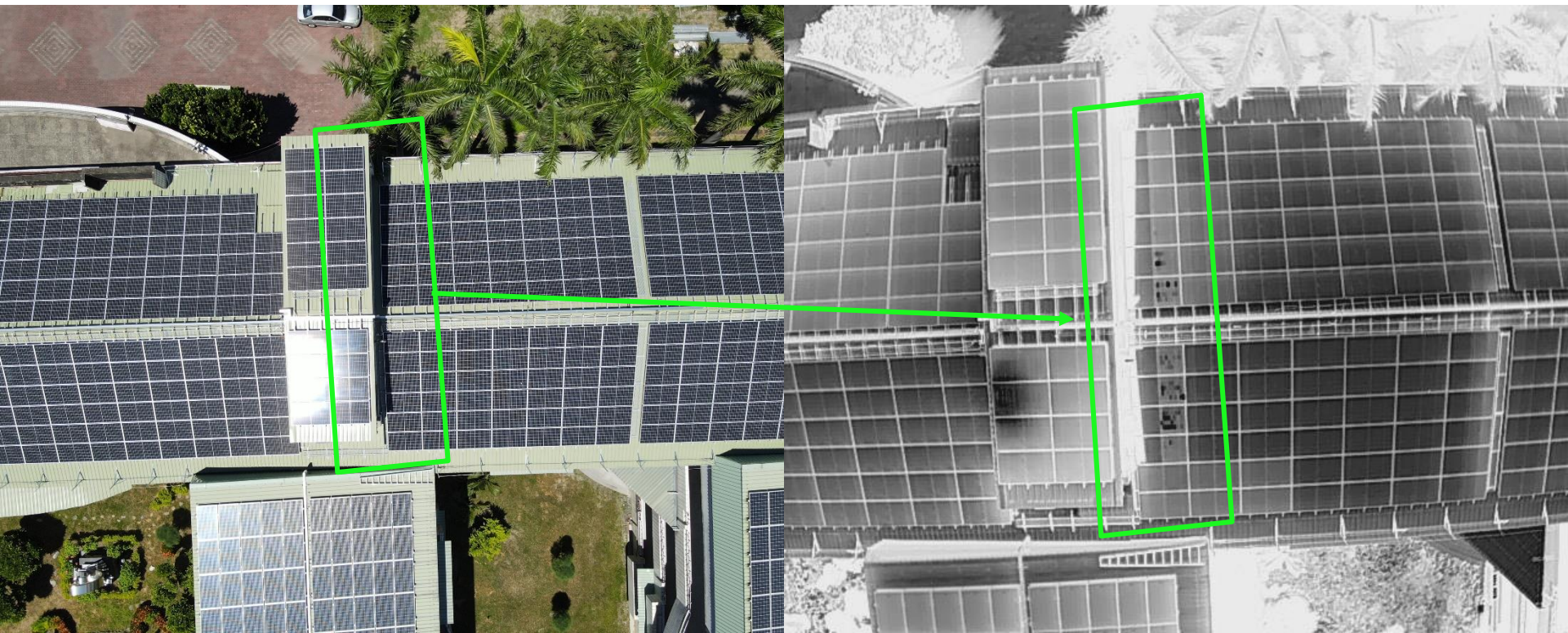


# 半切太陽能模組熱影像-3



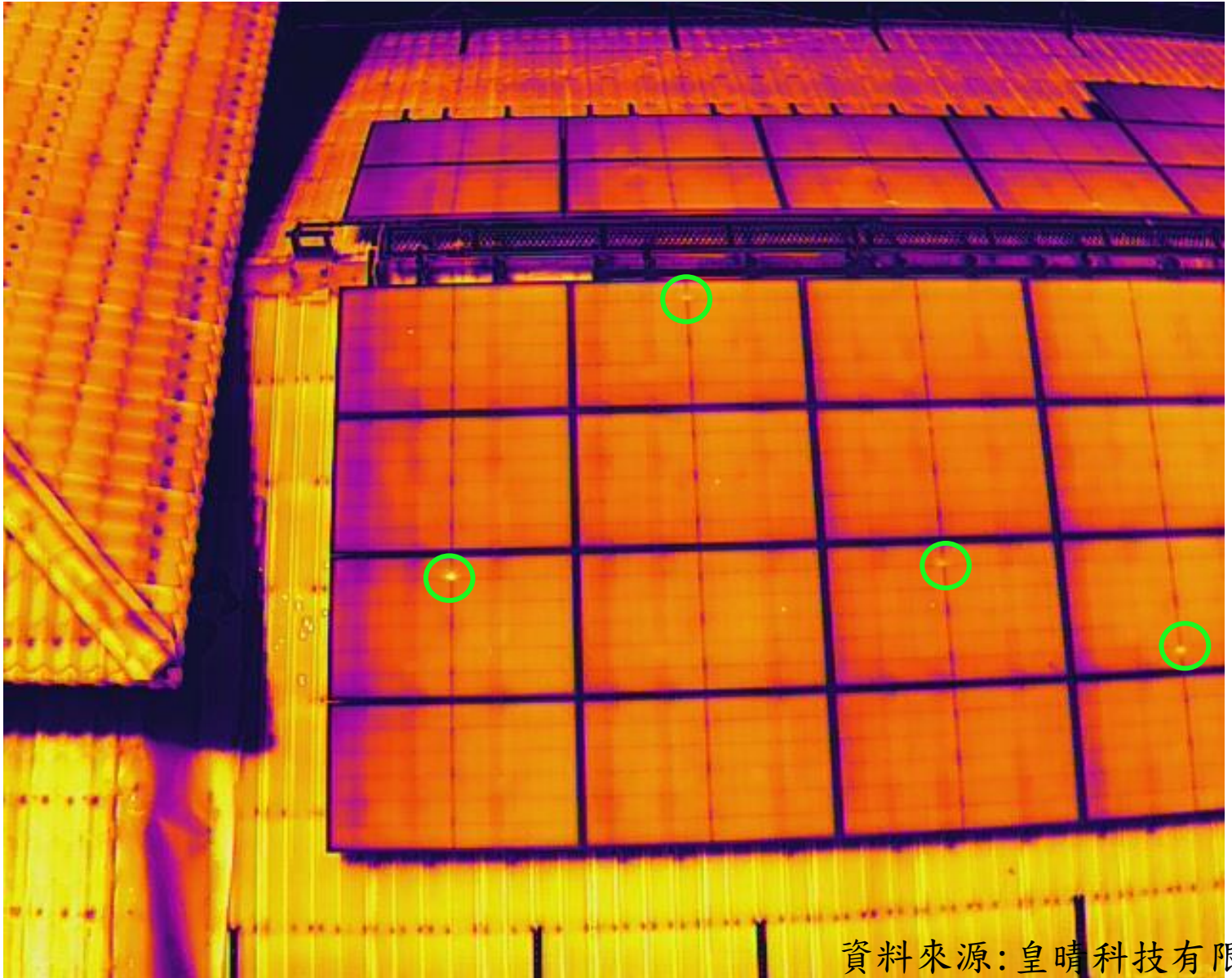
資料來源: 皇晴科技有限公司

# 半切太陽能模組熱影像-4



資料來源: 皇晴科技有限公司

# 半切太陽能模組熱影像-5



資料來源: 皇晴科技有限公司

連接器

直流電源線

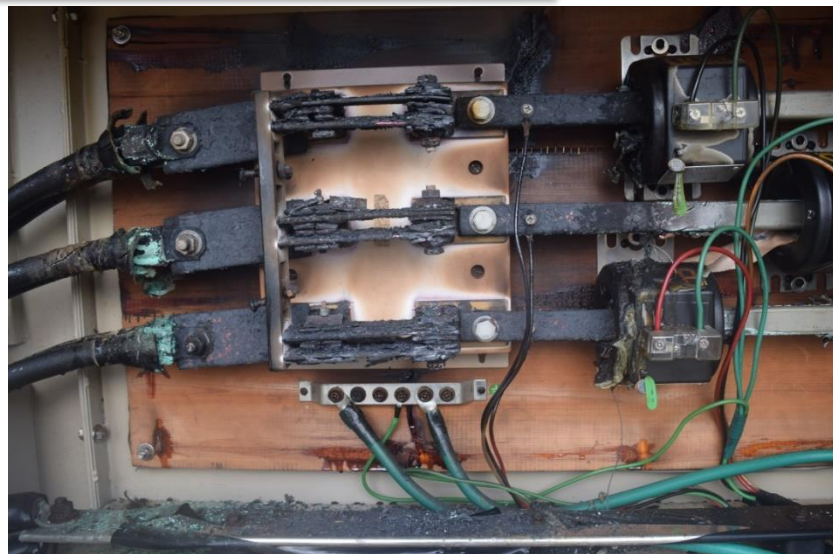
極性要求

半切太陽能模組

鋤刀開關

接地系統

# 彰化縣芳苑鄉表前開關箱火災



- (1) 事件說明：2019/06/04彰化縣芳苑鄉太陽光電系統火災。
- (2) 事故原因：鋤刀開關起電弧。
- (3) 因應做法：設計階段計算耐電流等級，維運期間向台電申請開表箱，採用熱影像檢查。

# 苗栗-表前開關箱火災-1

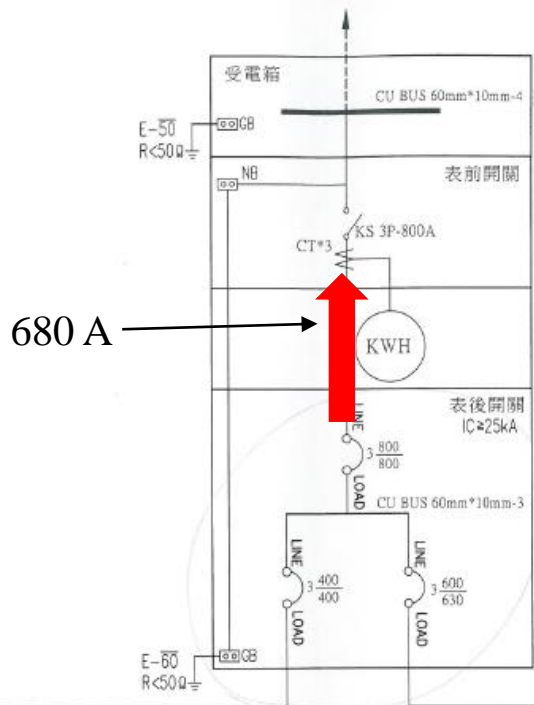


- (1) 事件說明：2022/09/01 苗栗縣太陽光電系統火災。
- (2) 事故原因：鋤刀開關耐電流規格偏低，應選用至少1000 A等級鋤刀開關。
- (3) 因應做法：設計階段計算耐電流等級，維運期間向台電申請開表箱，採用熱影像檢查。



# 苗栗-表前開關箱火災-2

TO: 台電 304W-220380V

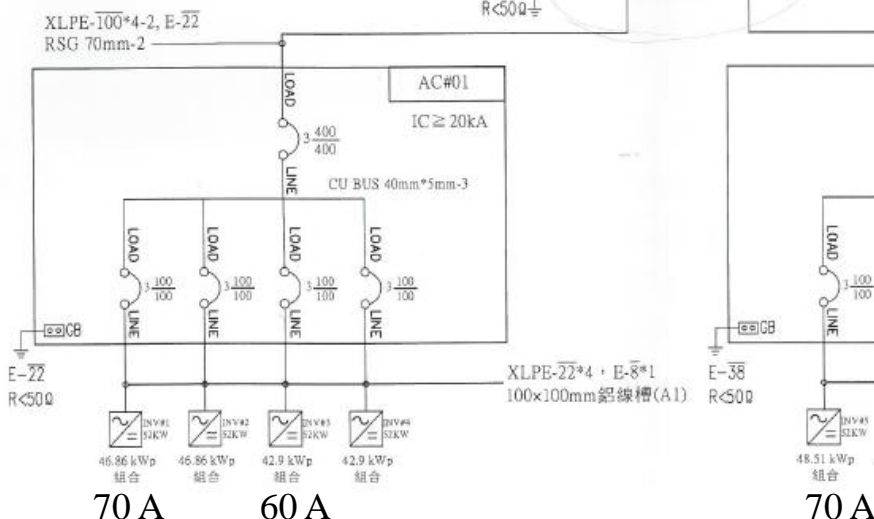


## 設計與選用:

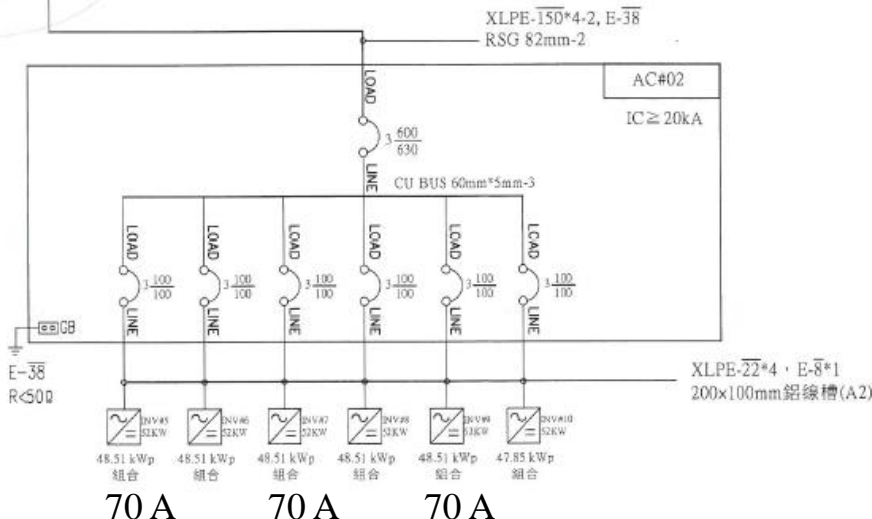
- (1) 總輸出最大電流 = 680 A
- (2) 選用閘刀開關規格 800 A

## 建議設計值與選用規格:

- (1) 總輸出最大電流 =  $680 \times 1.25 = 850A$
- (2) 規格選用: 應為 850 A 或更高一級規格

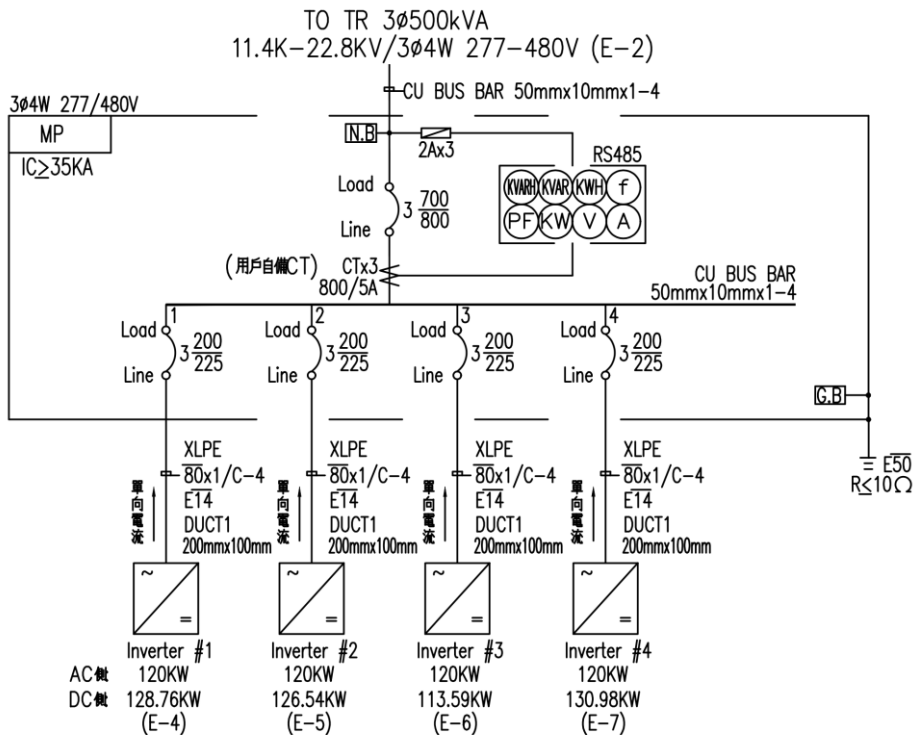


70 A 70 A 60 A 60 A



70 A 70 A 70 A 70 A 70 A 70 A

# 宜蘭-MP盤無熔絲開關火災-1



## Inverter規格

序號	圖例	名稱	規格
1		Inverter	廠牌:solaredge 型號:SE120K (1) 直流最大輸入電壓:1000Vdc (2) 直流標稱輸入電壓: 750Vdc (3) 最大輸入電流/每個MPPT: 48.25A/3組 (4) 交流最大輸出功率:120KW (5) 交流額定輸出電壓:249-305/432-529Vac 本次選用輸出電壓:277/480Vac (6) 交流最大輸出電流: 145A(各相) (7) 工作頻率範圍: 50/60Hz ±5Hz (8) 最高效率:98.1%

變流器 廠牌:solaredge 型號:SE120K

依據用戶用電設備裝置規則第396-27條

一、變流器輸出電路之最大電流應為變流器連續輸出額定電流。

依選用變流器120kW之連續輸出額定電流為 $120kW/480V/\sqrt{3}=144$ ，故變流器輸出電路之最大電流為144A。

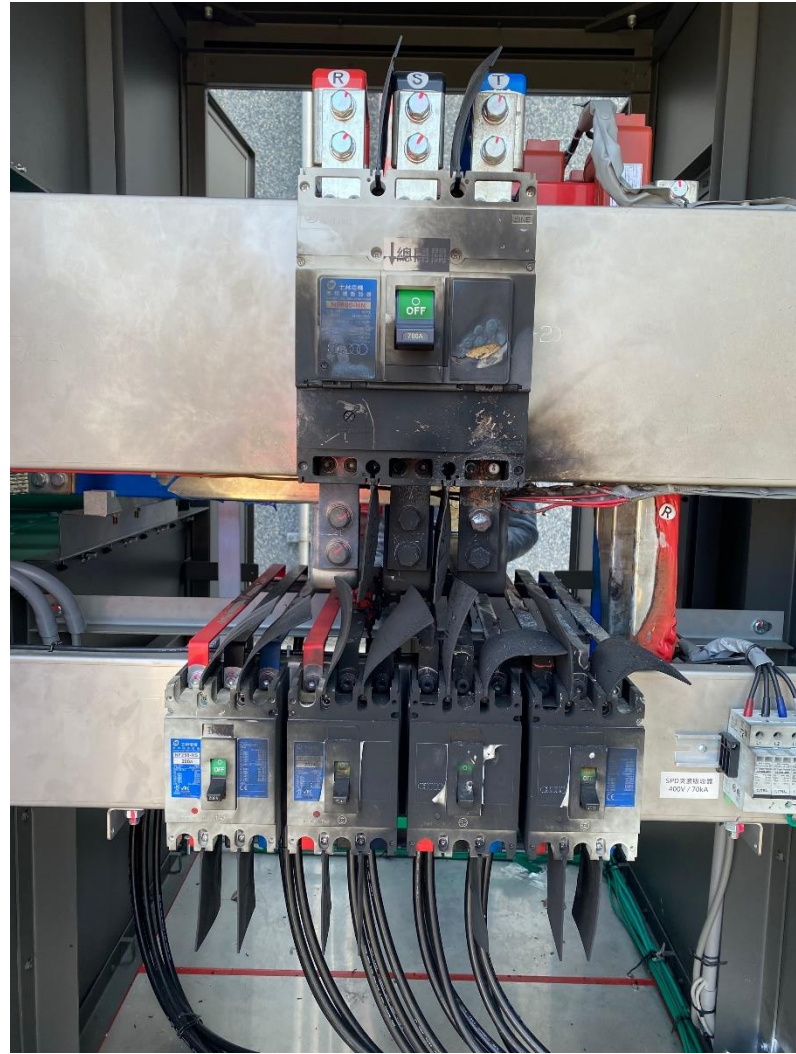
二、過電流保護裝置：載流量不得小於依前款計算所得最大電流之1.25倍。但電路為含過電流保護裝置之組合，且經設計者確認用於百分之一百額定連續運轉者得採用其百分之一百額定值。

分路開關載流量不得小於 $144A \times 1.25 = 180A$ ，採200A。

主開關max以PV最大容量計算

MP:  $(144 \times 3 + 144 \times 1.25) = 612A$ ，採700A

# 宜蘭-MP盤無熔絲開關火災-2



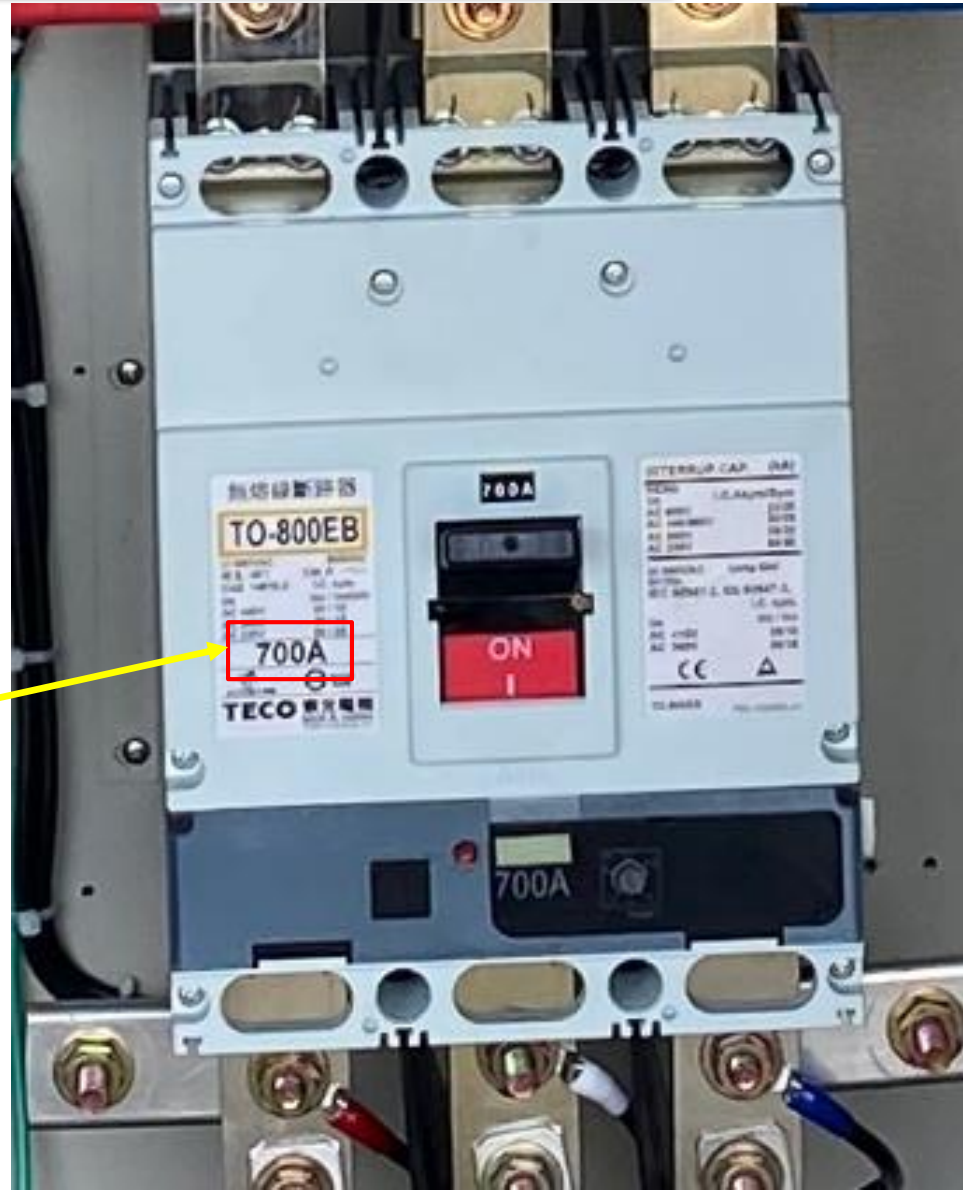
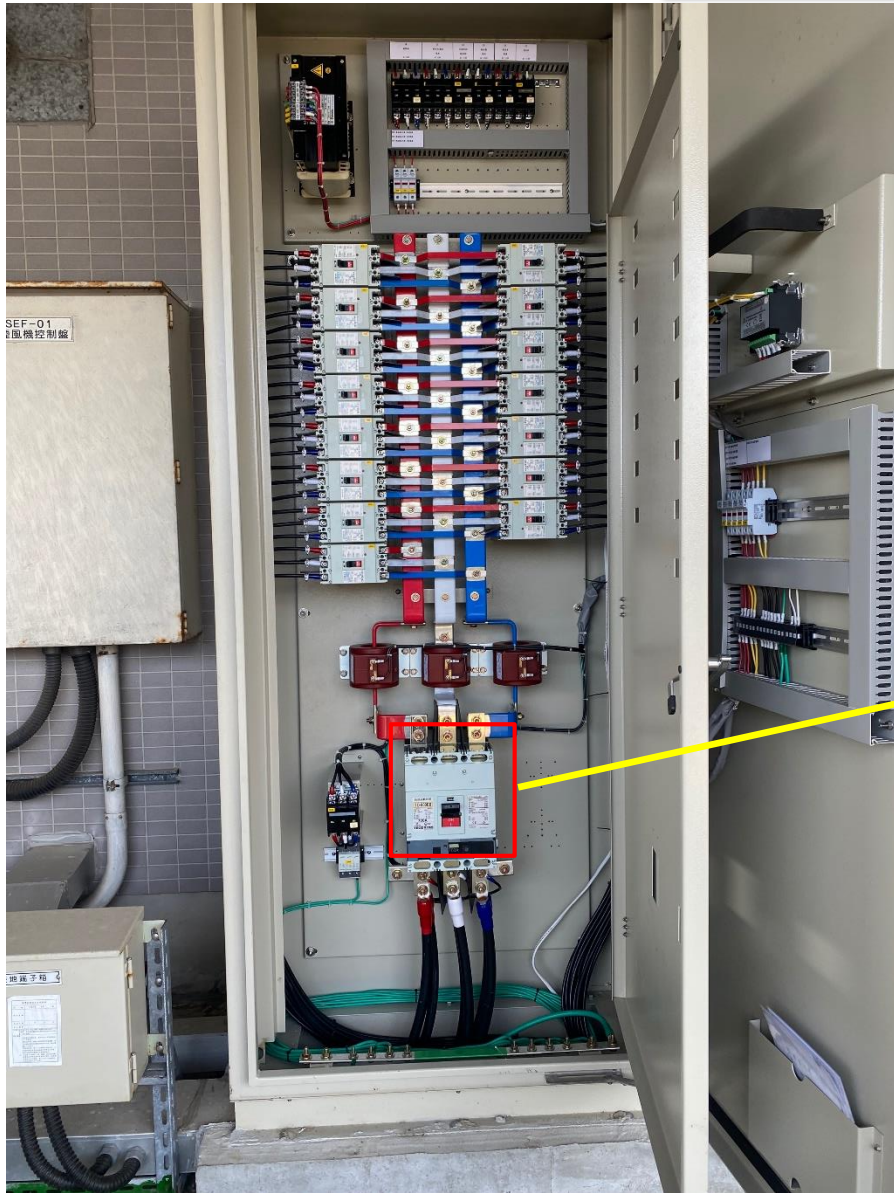
# 竹南-開刀開關規格下選-1

Model / 型號	<b>M30A_230</b>
Solar Inverter / 太陽能變流器	
P/N: RPI303M230100	
	
<hr/>	
DC Input / 直流輸入	
Max. Input Voltage / 最大輸入電壓	1000 Vd.c.
MPP Voltage Range / MPP電壓範圍	480 ~ 900 Vd.c.
Max. Input Current / 最大輸入電流	72 Ad.c.
Max. Short Circuit Current / 最大短路電流	50 Ad.c. per MPPT
<hr/>	
AC Output / 交流輸出	
Nominal Output Voltage / 額定工作電壓	400 / 380 Va.c.
Nominal Output Frequency / 額定工作頻率	50 / 60 Hz
Connection Type / 連接形式	3Ø3W / 3Ø4W, PE
Max. Continuous Output Current / 最大輸出電流	50 Aa.c.
Rated Continuous Output Power / 額定輸出功率	30000 W
Max. Apparent Output Power / 最大視在功率	33000 VA
Power Factor / 功率因數	0.8 lead ~ 0.8 lag
<hr/>	
Protection Class / 保護等級	I
Over Voltage Category / 過電壓類別	III (AC), II (DC)
Ingress Protection / 防護等級	IP66
Operating Temperature Range / 操作溫度範圍	-25 ~ +60°C
Non-isolated inverter	非隔離型變流器
<hr/>	
Made in China	



無熔絲開關、開刀開關規格=50 A x 15 x 1.25=937 A

# 竹南-無熔絲開關規格下選-2

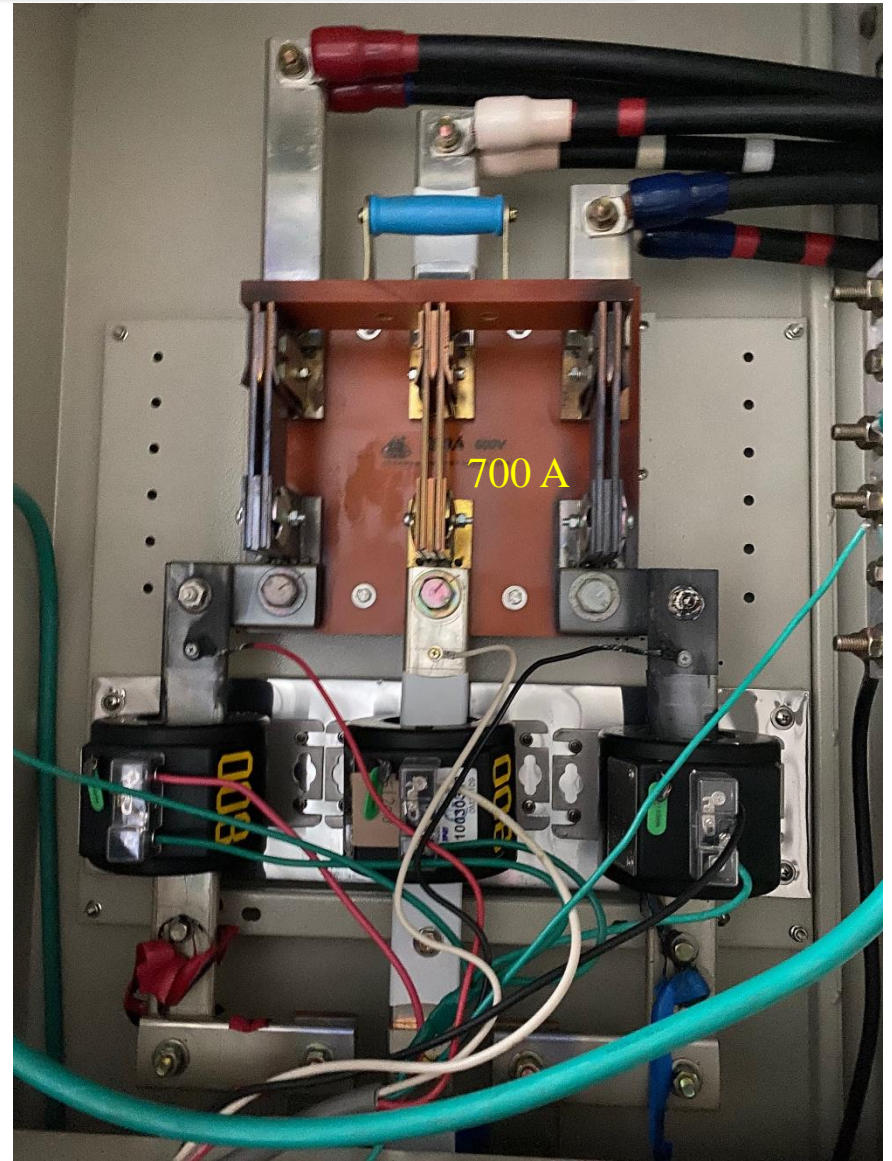
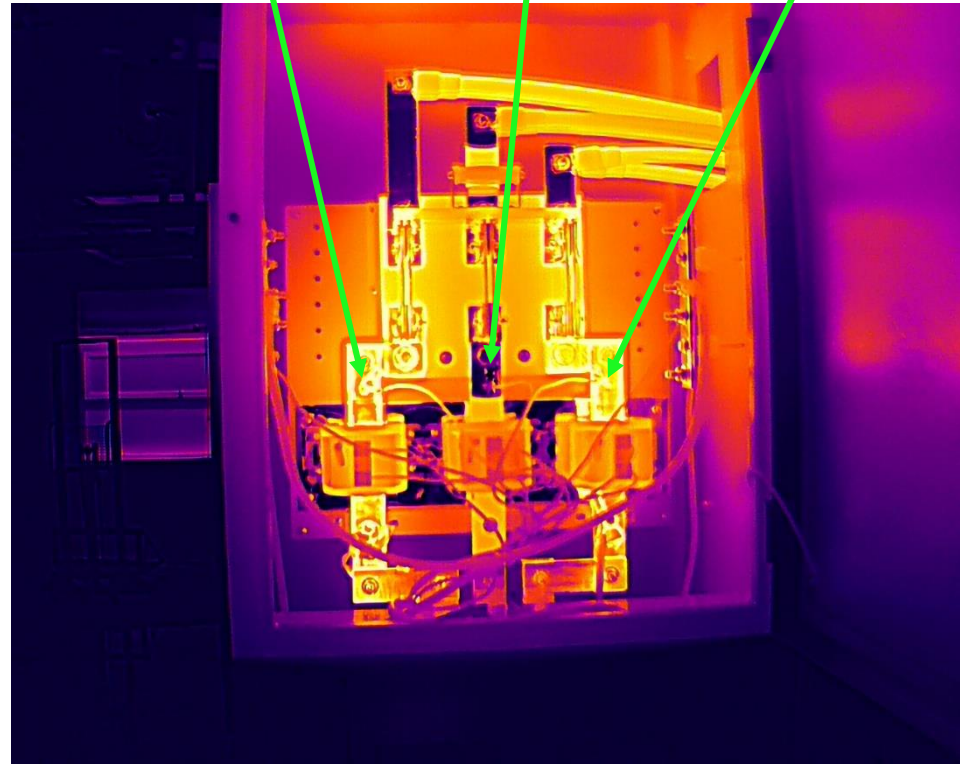


# 竹南-開刀開關規格下選-3

avg:194 °C

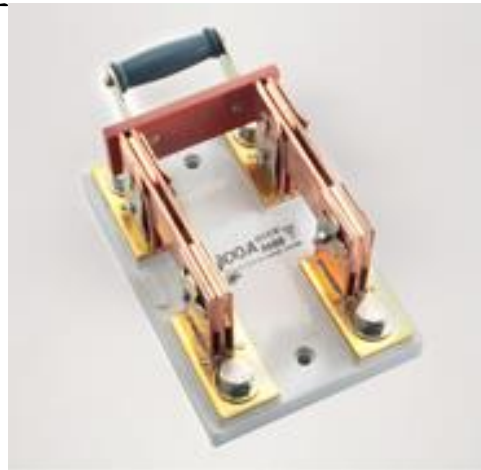
avg:44 °C

avg:140 °C



# 改善建議

- (1) 表前開關處，選用開關一般選用鋤刀開關為主，主要功能為人工斷開電源。
- (2) 鋤刀開關缺點：
  - a) 無法因過電流而保護跳脫保護
  - b) 經常處於高溫，如開關無定期保養(例如:塗導電膏、機械油)，容易氧化變質。
  - c) 表前開關於台電併聯驗收後，會封籤上鎖無法於維運期間打開。
- (3) 建議方案：
  - a) 方案1:鋤刀開關元件更換為無熔絲開關，對於過電流會因溫度而跳脫保護。
  - b) 方案二:鋤刀開關規格為設計值1.25 倍以上。
  - c) 定期向台電申請打開表前開關進行維運檢查。



開刀開關



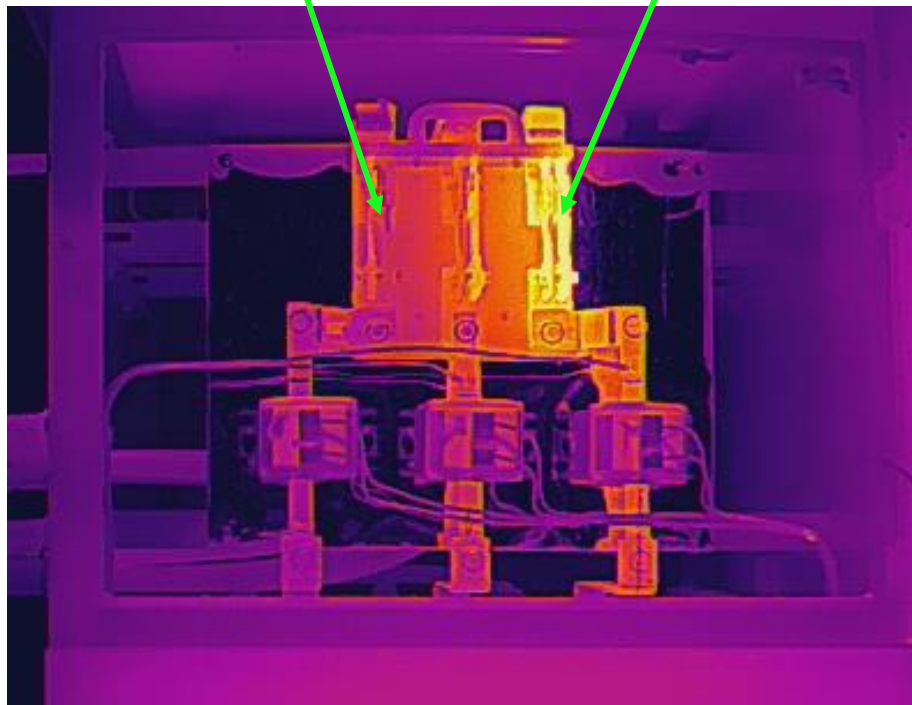
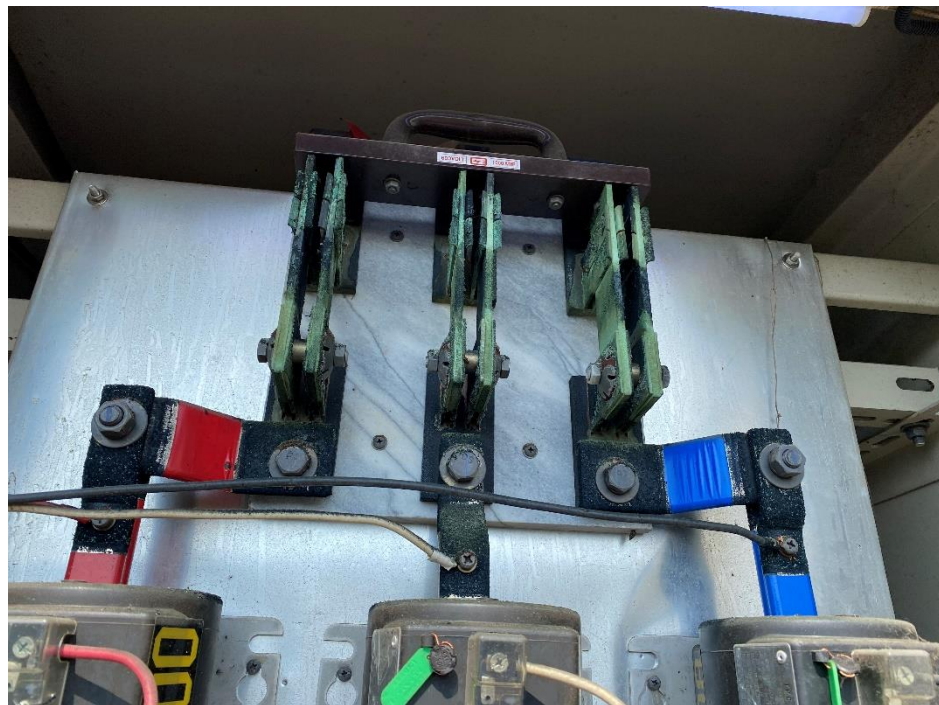
無熔絲開關

# 箱體選用以及維運注意事項

- (1) 選擇室外型箱體，安裝後進線孔密封，或者遠離畜禽舍安裝
- (2) 定期確認周邊膠條老化程度，如有老化應更換新的膠條
- (3) 鋸刀應定期清潔與塗油保護，並採用熱像儀檢查

avg:65.1 °C

max:174.9 °C





連接器

直流電源線

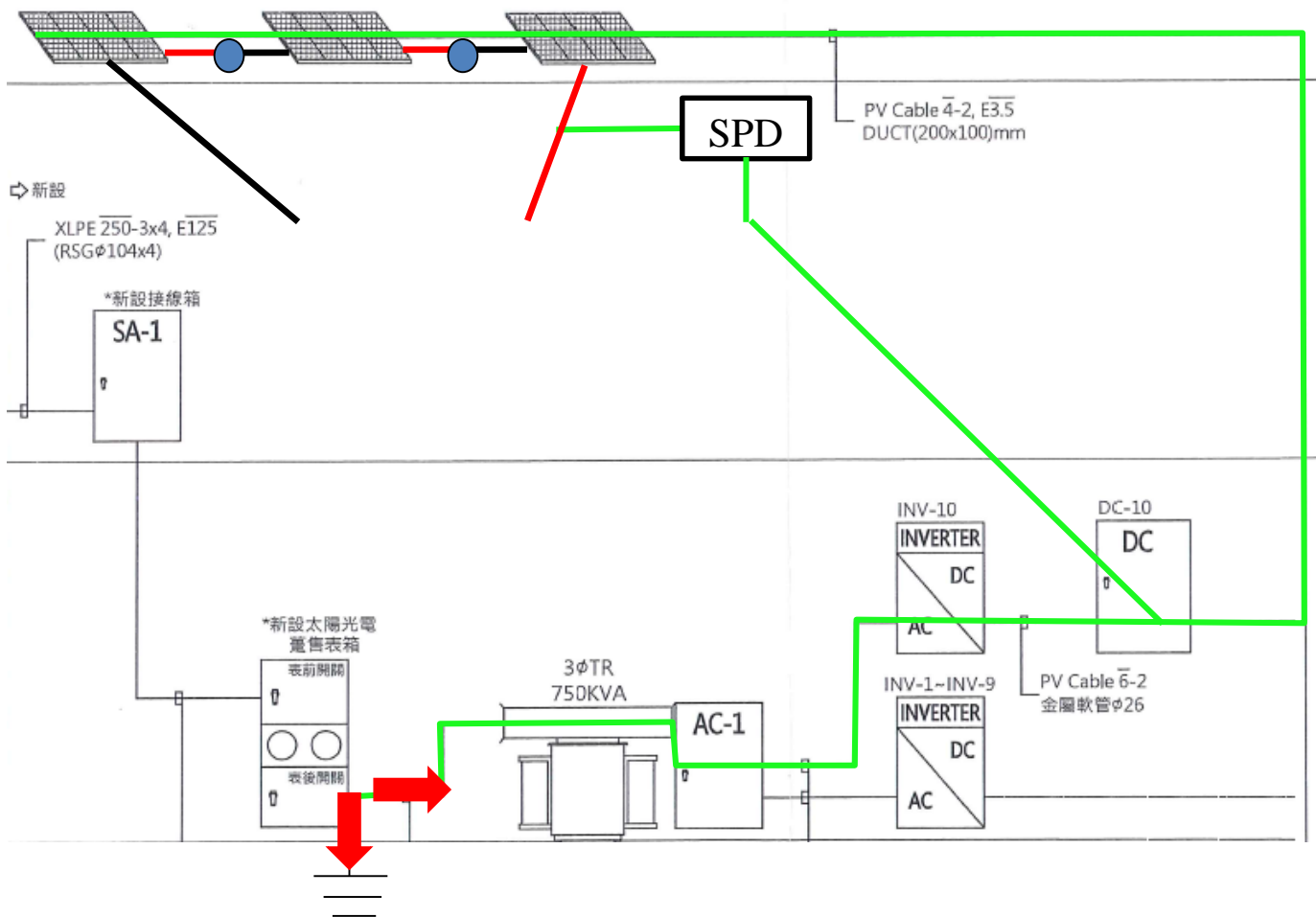
極性要求

半切太陽能模組

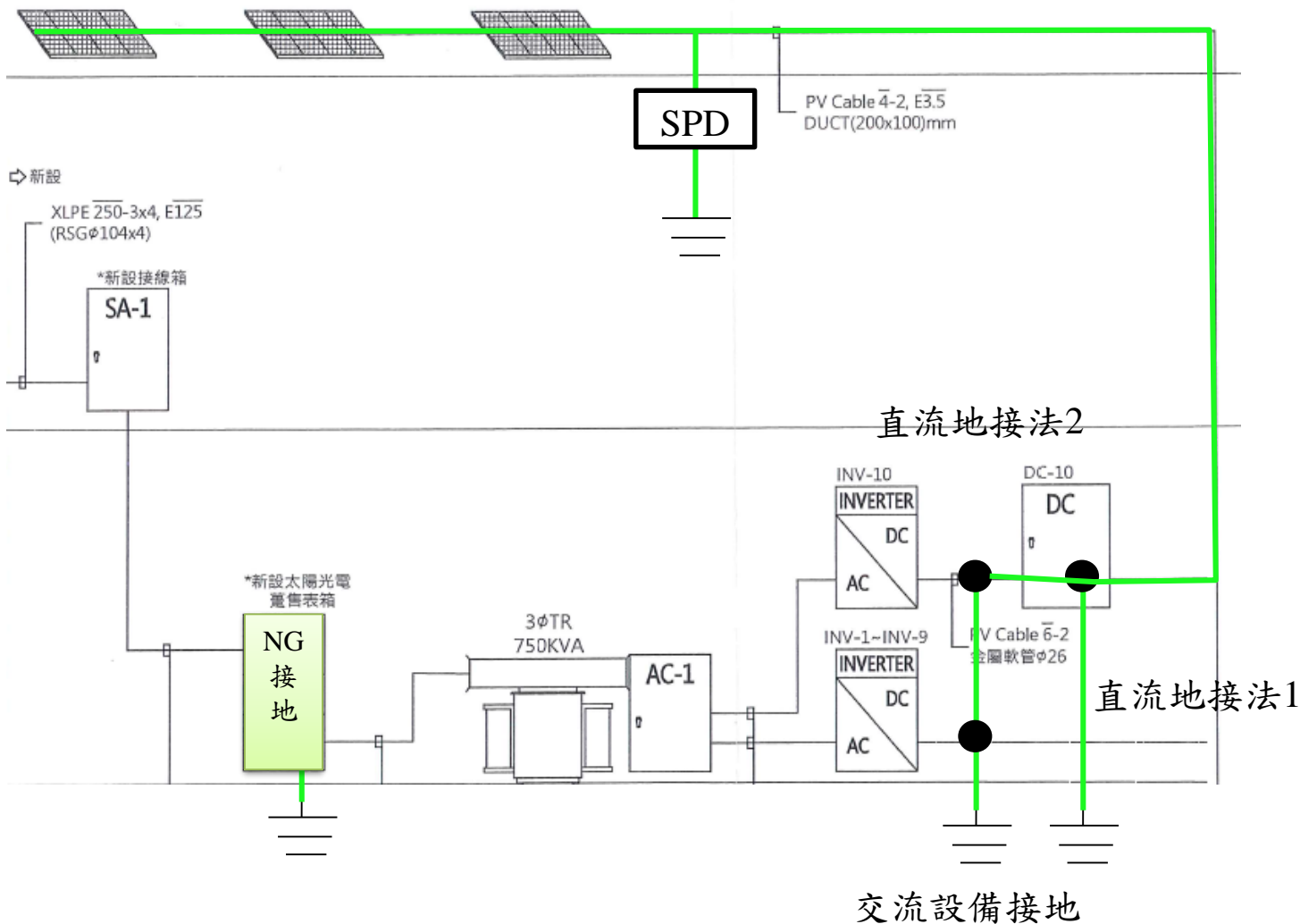
鋸刀開關

接地系統

# 多重接地系統

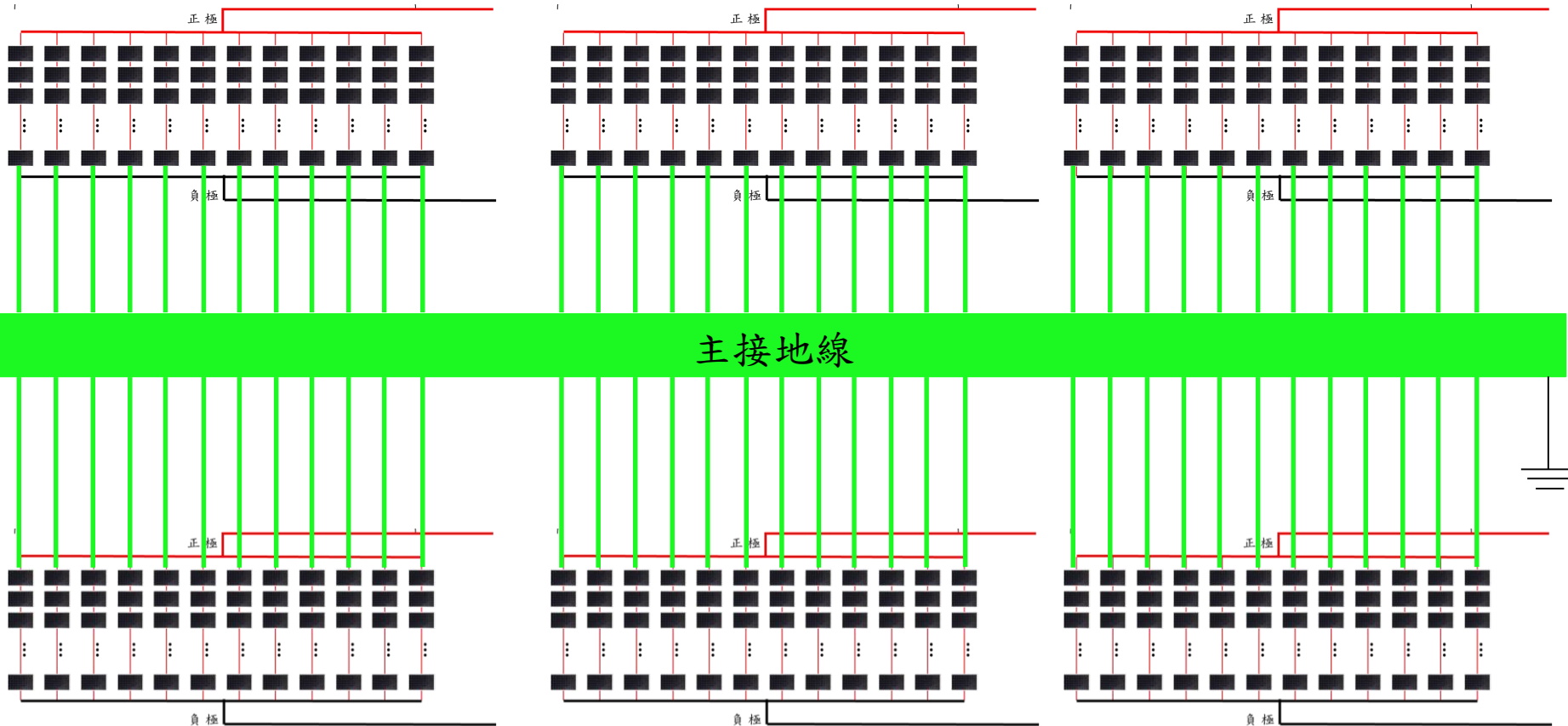


# 三相四接地系統建議



# 高併聯接地線配置方式

12串並聯



# 接地線徑選擇

- (1) 想一想可能問題 =  $(10 \times 1000 \times 1000) / (340 \times 20) = 1470$  串  
 (2) 每串漏電 0.1 A 並聯後，主接地線至主接地點共  $1470 \times 0.1 = 147$  A

表 26-1 內線系統單獨接地或設備共同接地之接地引接線線徑

接戶線中之最大截面積 (mm <sup>2</sup> )	同接地導線大小 (mm <sup>2</sup> )
30 以下	8
38~50	14
60~80	22
超過 80~200	30
超過 200~325	50
超過 325~500	60
超過 500	80

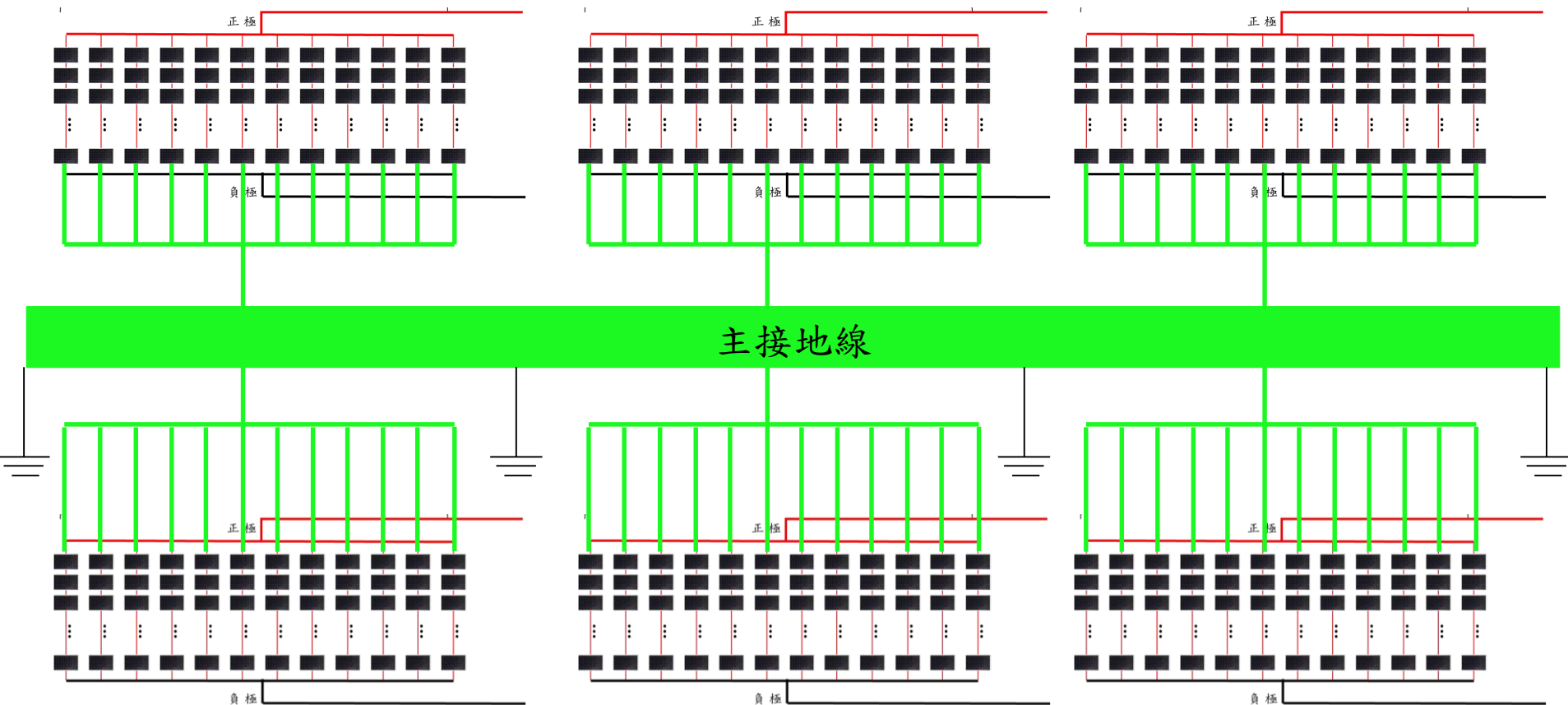
表 26-2 用電設備單獨接地之接地線或用電設備與內線系統共同接地之連接線線徑

過電流保護器之額定或標置	銅接地導線之大小
20A 以下	1.6mm(2.0mm <sup>2</sup> )
30A 以下	2.0mm(3.5mm <sup>2</sup> )
60A 以下	5.5mm <sup>2</sup>
100A 以下	8mm <sup>2</sup>
200A 以下	14mm <sup>2</sup>
400A 以下	22mm <sup>2</sup>
600A 以下	38mm <sup>2</sup>
800A 以下	50mm <sup>2</sup>
1000A 以下	60mm <sup>2</sup>
1200A 以下	80mm <sup>2</sup>
1600A 以下	100mm <sup>2</sup>
2000A 以下	125mm <sup>2</sup>
2500A 以下	175mm <sup>2</sup>
3000A 以下	200mm <sup>2</sup>
4000A 以下	250mm <sup>2</sup>
5000A 以下	350mm <sup>2</sup>
6000A 以下	400mm <sup>2</sup>

附註：移動性電具，其接地線與電源線共同置於軟管或電纜內時，得與電源線同等線徑。

# 高併聯接地線配置方式

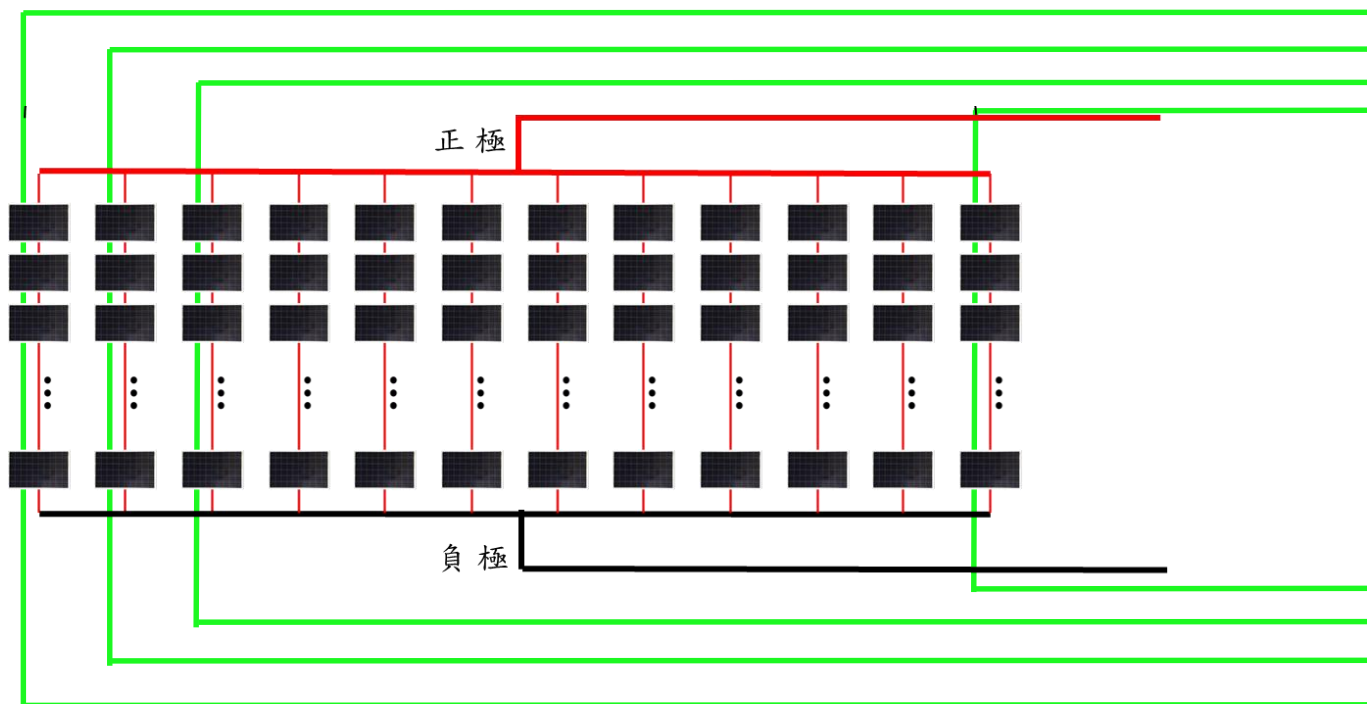
12串並聯



(1)主接地線於主接地處，盡量多個平均分散，或者於中間處接地

(2)測試絕緣電阻=30 MΩ，則漏電流=1000 V / (30\*1000000) Ω = 0.00003 A = 0.003 mA

# 接地線維運較佳配置方式



# Outline

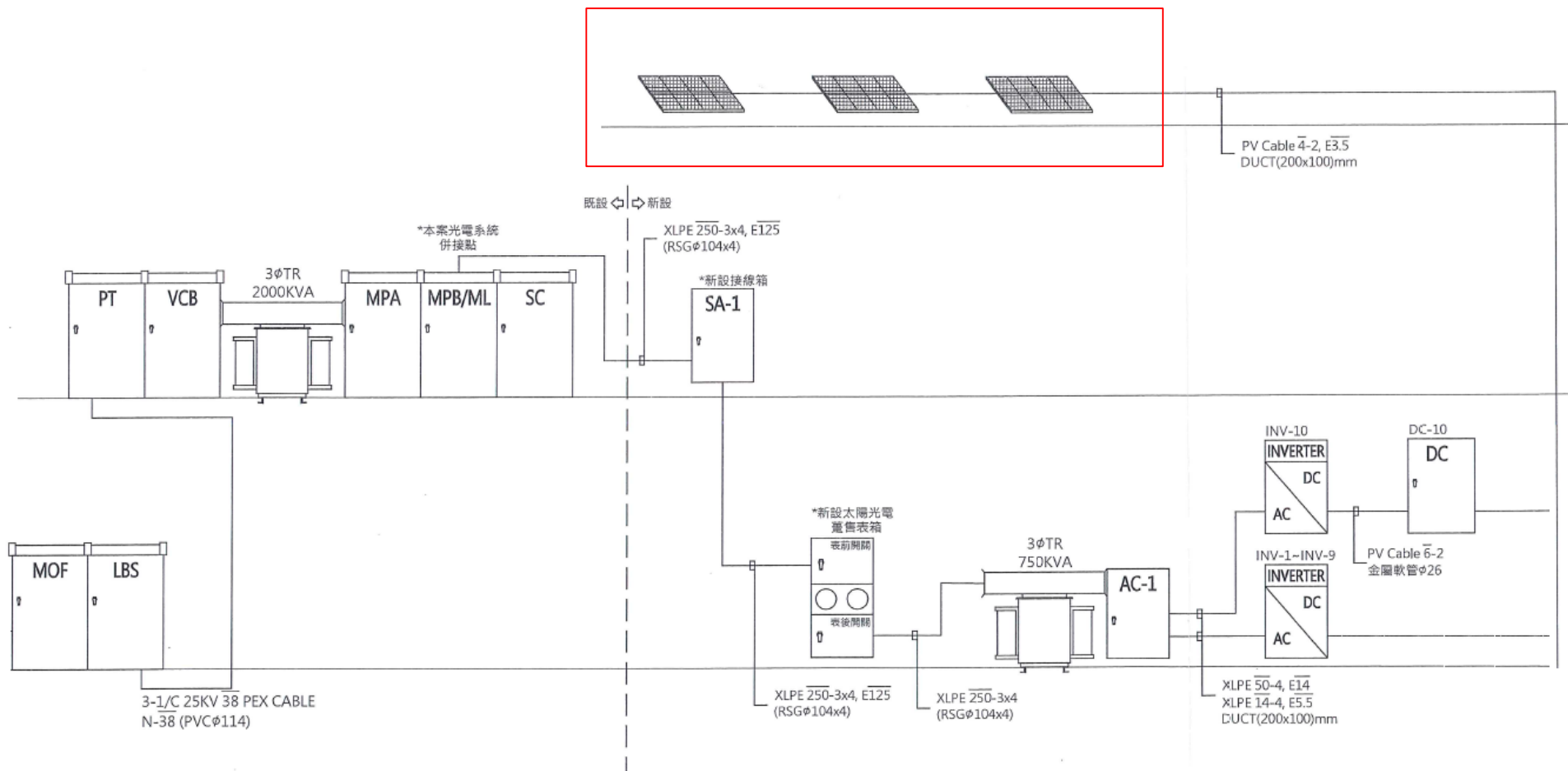
遮蔽保護設計

設計規範注意事項

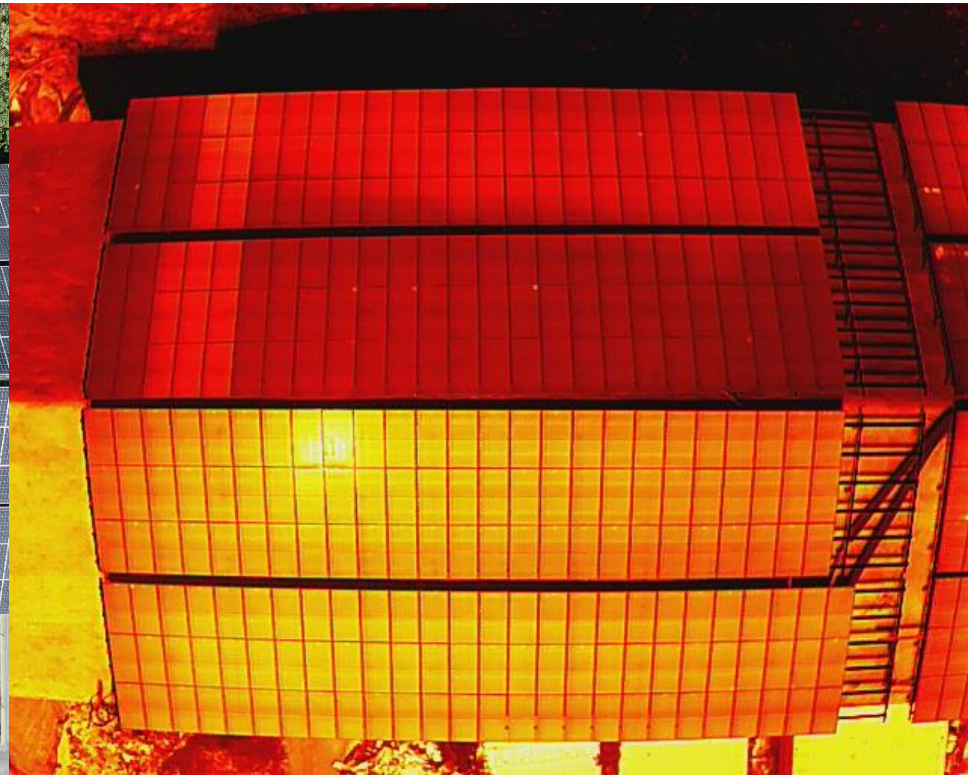
系統健檢建議執行步驟



# 熱影像檢查項目

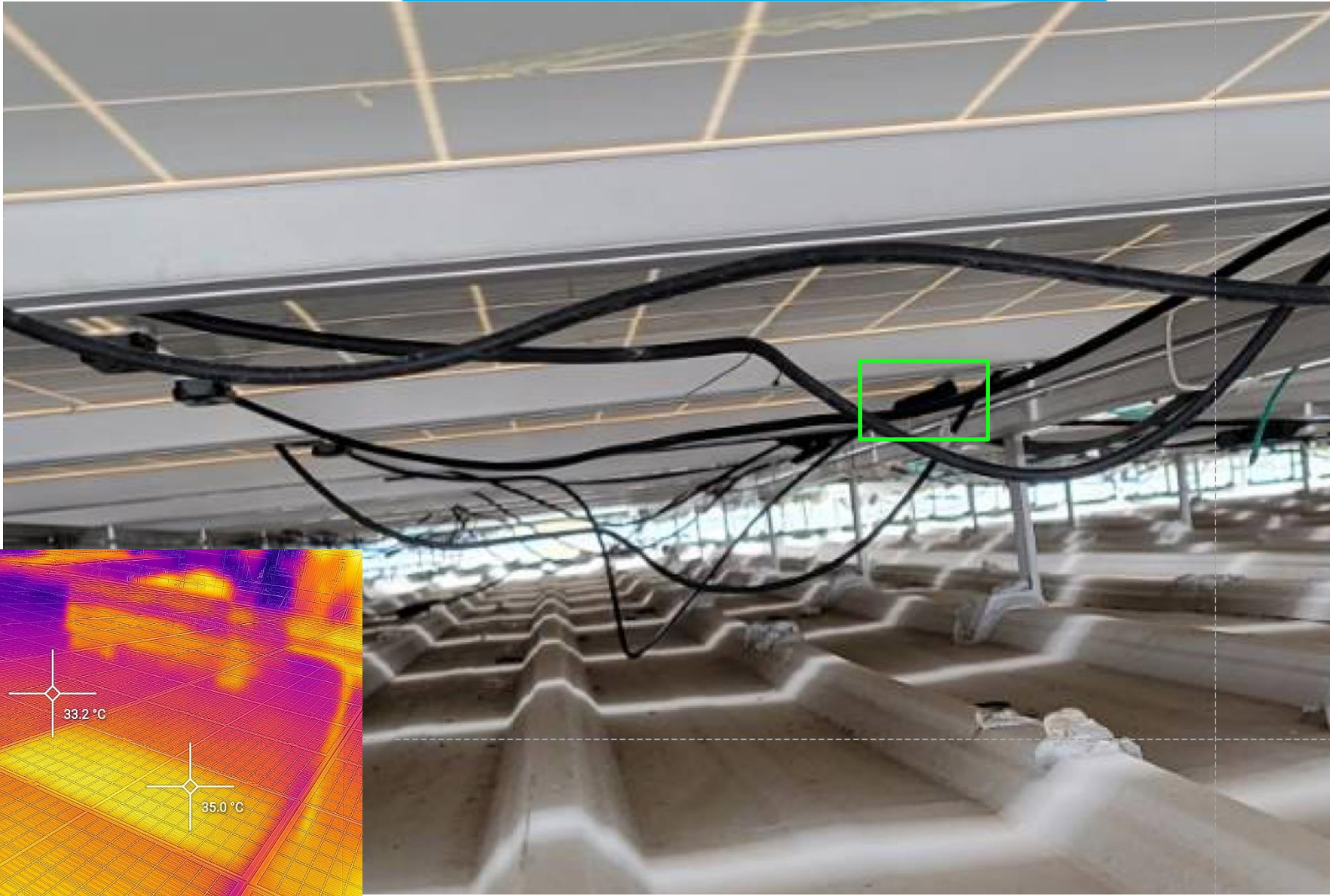


# 串列開路與反光問題

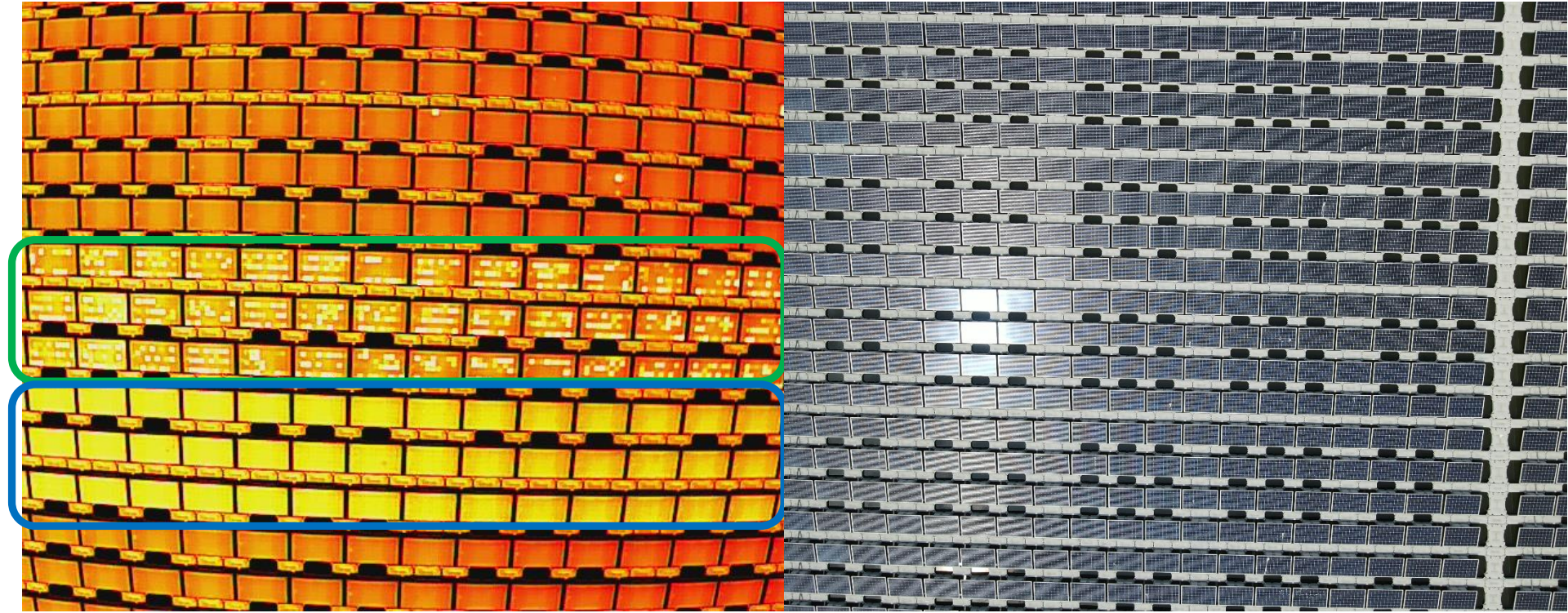




# 單片開路-2

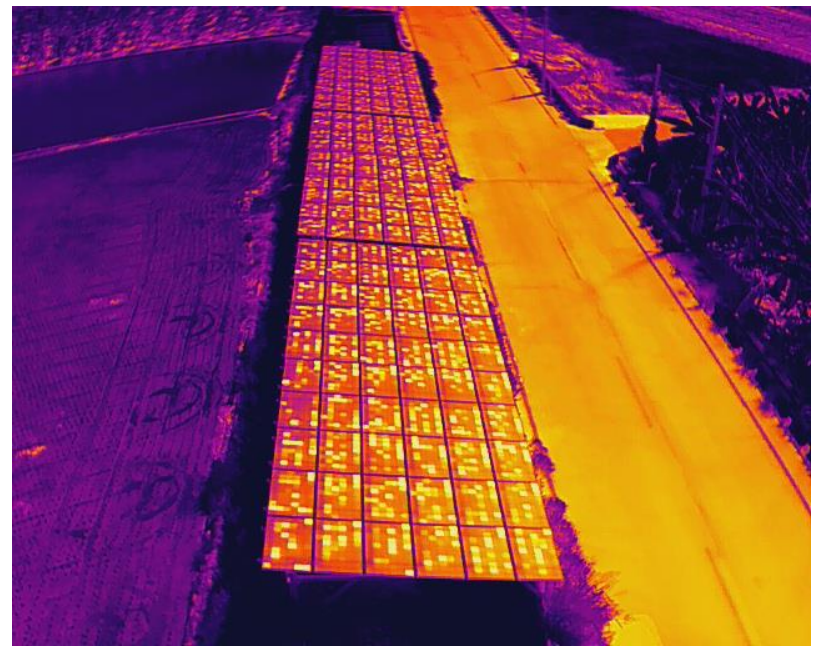
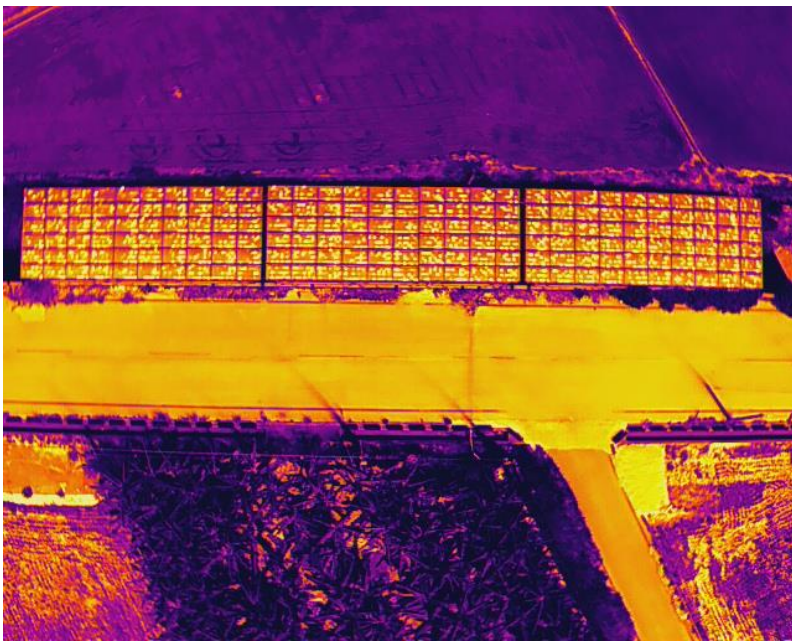


# 串列短路熱異常現象-1



- (1) 綠色區域是短路導致
- (2) 藍色區域為串列開路

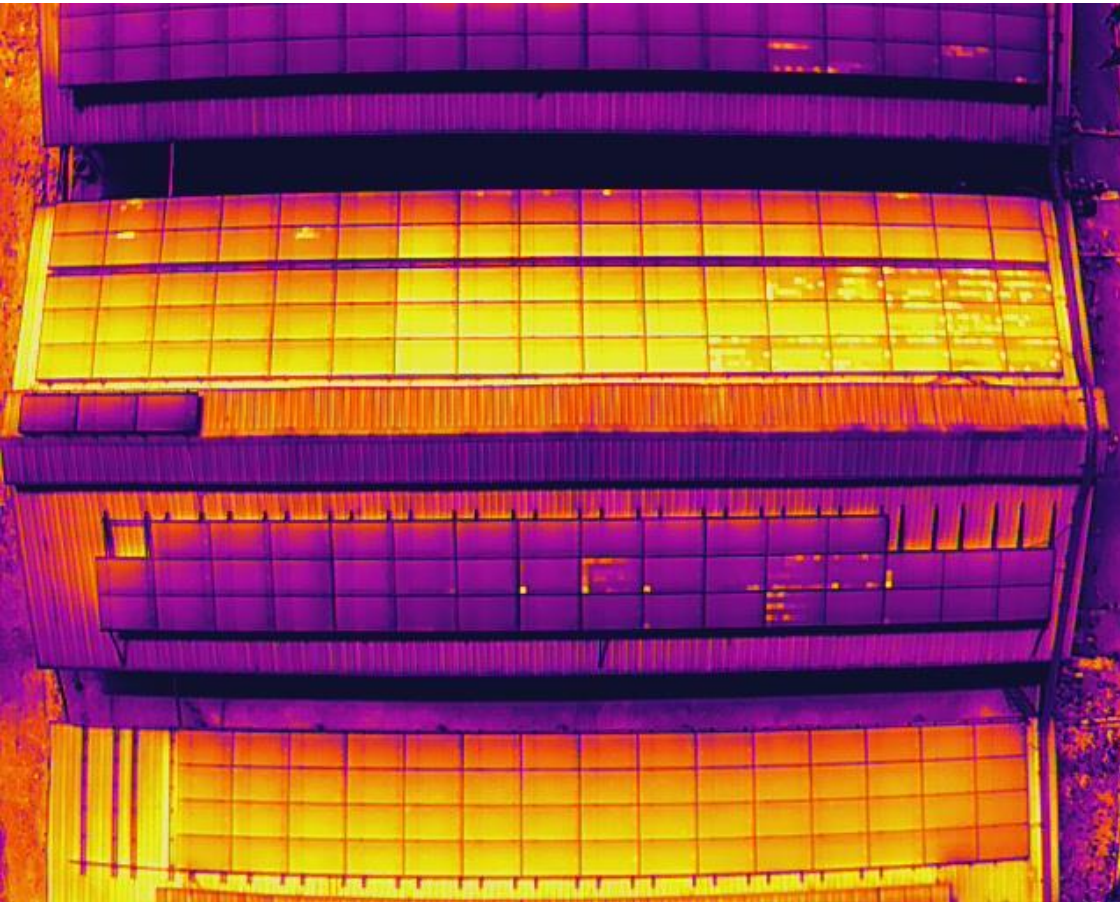
## 串列短路熱異常現象-2



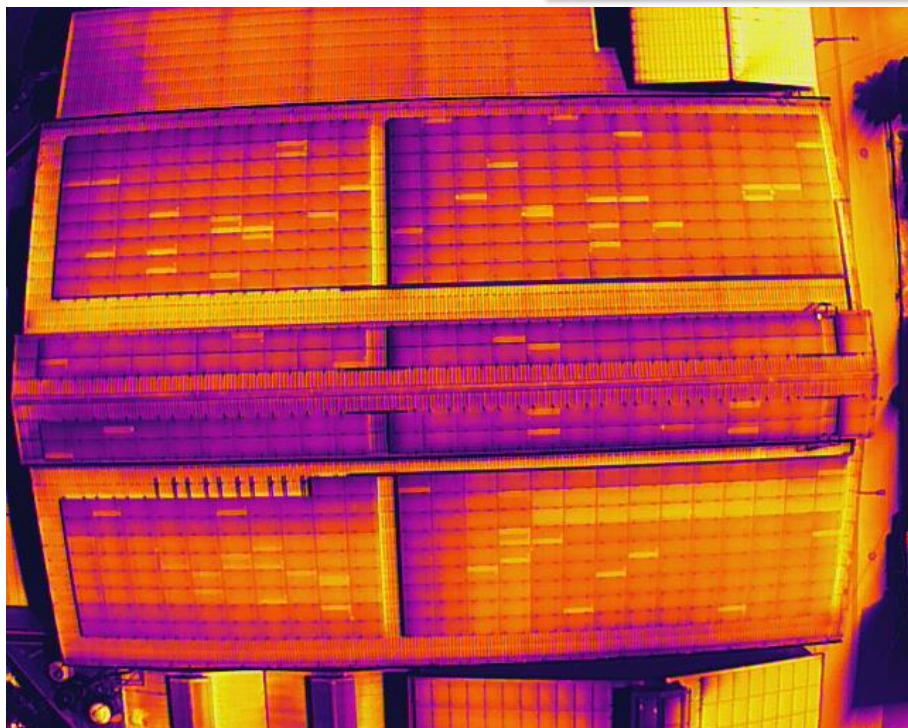
- (1) 無法量測開路電壓
- (2) 運轉電流偏低或者為零

資料來源: 聚馨股份有限公司

# 太陽能模組短路



# 旁路二極體異常



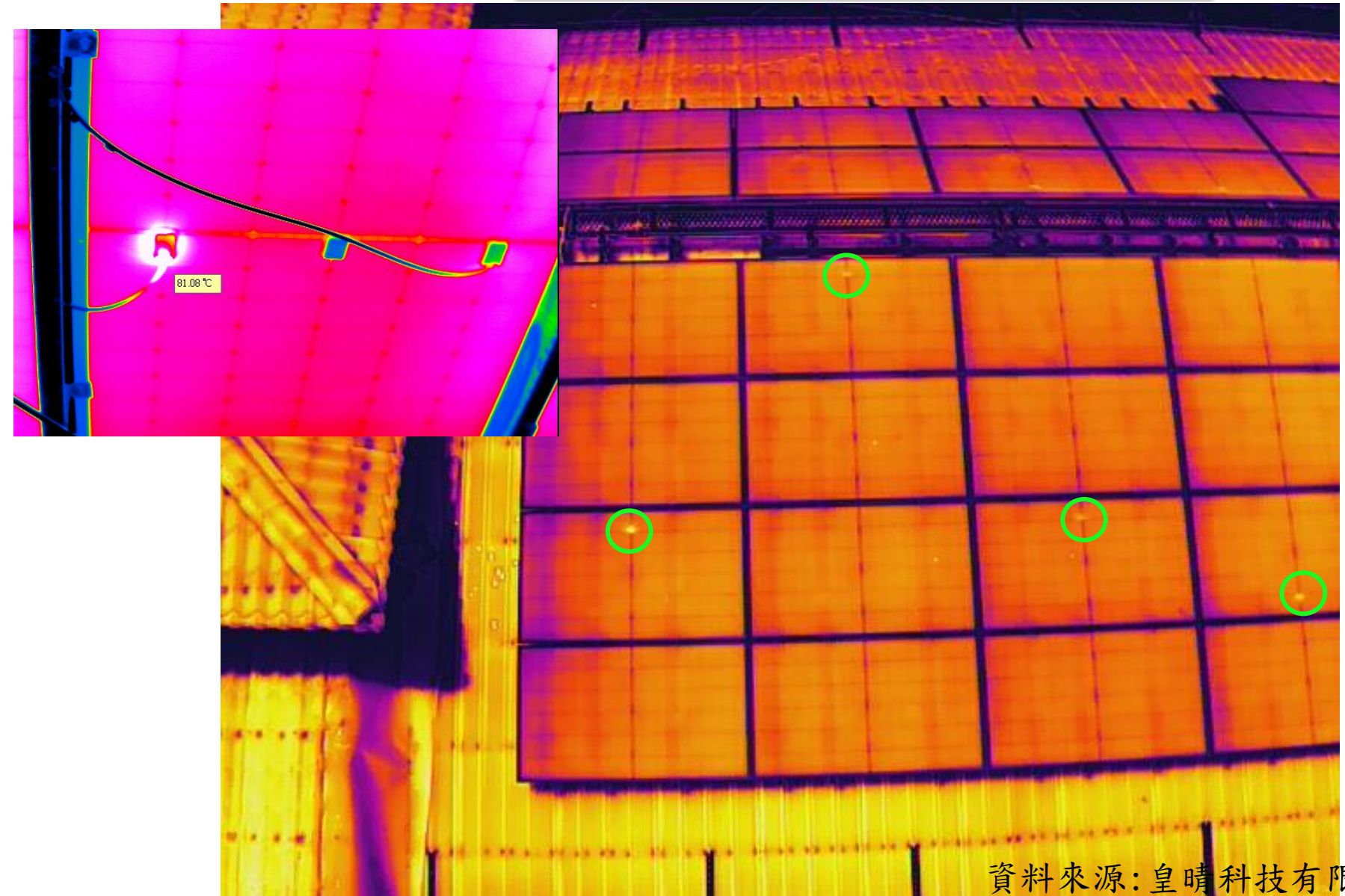
- (1) 熱異常區域包含旁二極體異常有70個(損失4.5%發電量)；有串列線路異常，導致有類似開路現象。
- (2) 誤差電壓相加共907.6V，模組開路電壓40.1 V 則  $907.6/(40.1/3)=68$ 個旁路二極體。

DC1 PANEL		DC2 PANEL		DC3 PANEL	
串列編號	量測電流	串列編號	量測電流	串列編號	量測電流
1I	6.483	1I	5.926	1I	5.846
2I	8.839	2I	6.382	2I	4.705
3I	7.469	3I	6.218	3I	2.098
4I	7.890	4I	5.403	4I	6.287
5I	7.691	5I	5.631	5I	5.292
6I	7.865	6I	4.931	6I	5.073
7I	8.288	7I	0.426	7I	4.634
8I	7.835	8I	3.611	8I	4.269
		9I	5.802	9I	3.788

DC1 PANEL					DC2 PANEL					DC3 PANEL				
串列編號	量測電壓	修正電壓	設計電壓	電壓誤差	串列編號	量測電壓	修正電壓	設計電壓	電壓誤差	串列編號	量測電壓	修正電壓	設計電壓	電壓誤差
		(V)	(V)	(V)			(V)	(V)	(V)			(V)	(V)	(V)
1I	689.8	768.7	802.0	33.3	1I	709.4	788.3	802.0	13.7	1I	686.7	765.6	802.0	36.4
2I	706.1	785.0	802.0	17.0	2I	714.8	793.7	802.0	8.3	2I	689.4	768.3	802.0	33.7
3I	661.9	740.8	802.0	61.2	3I	702.5	781.4	802.0	20.6	3I	696.1	775.0	802.0	27.0
4I	706.8	785.7	802.0	16.3	4I	695.6	774.5	802.0	27.5	4I	688.7	767.6	802.0	34.4
5I	697.3	776.2	802.0	25.8	5I	699.9	778.8	802.0	23.2	5I	669.5	748.4	802.0	53.6
6I	661.1	740.0	802.0	62.0	6I	691.9	770.8	802.0	31.2	6I	695.2	774.1	802.0	27.9
7I	659.2	738.1	802.0	63.9	7I	655.5	734.4	802.0	67.6	7I	696.3	775.2	802.0	26.8
8I	688.8	767.7	802.0	34.3	8I	692.2	771.1	802.0	30.9	8I	672.6	751.5	802.0	50.5
					9I	681.6	760.5	802.0	41.5	9I	684.1	763.0	802.0	39.0

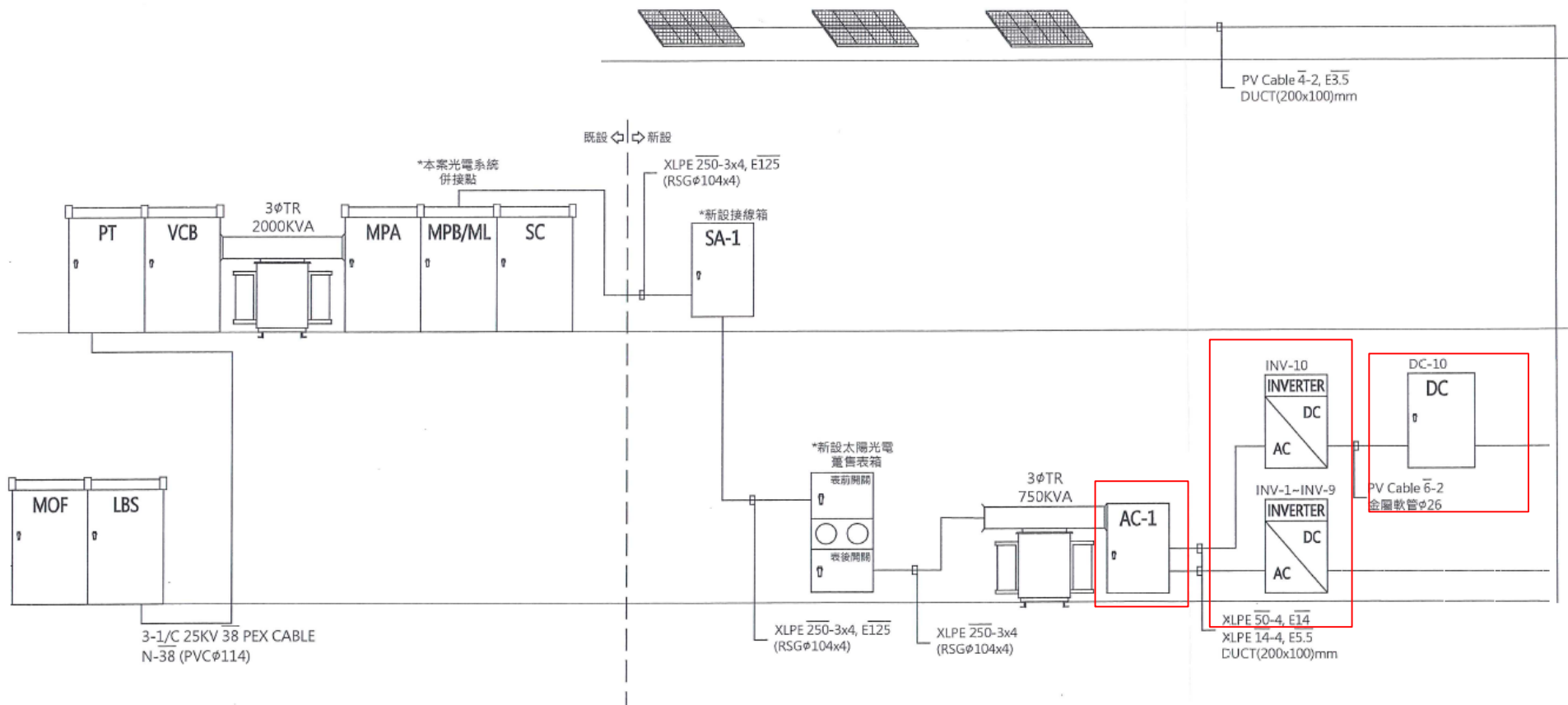


# 接線盒熱異常

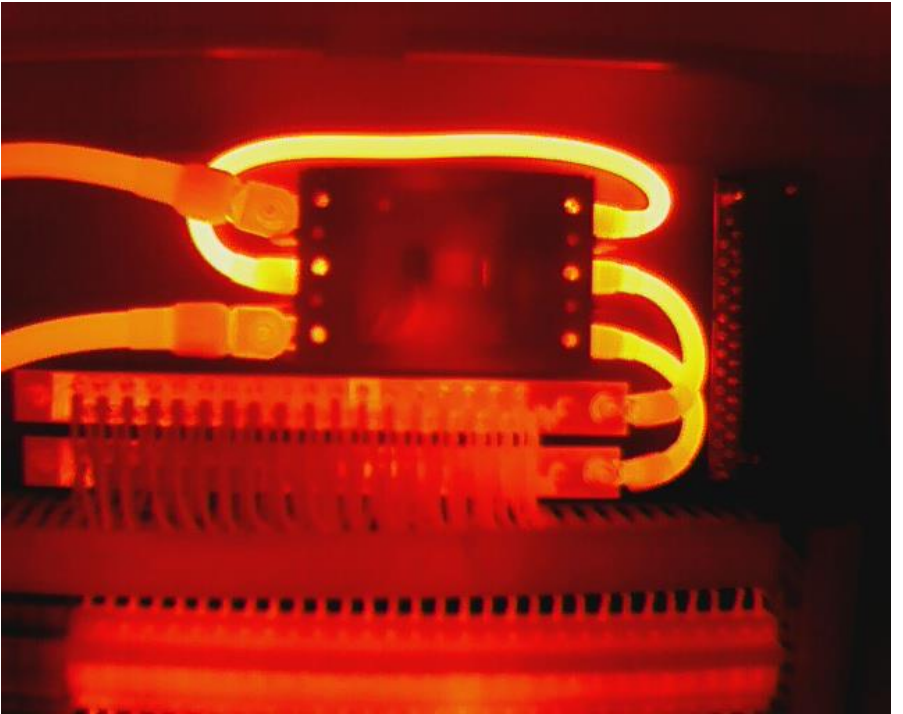


資料來源: 皇晴科技有限公司

# 熱影像檢查項目

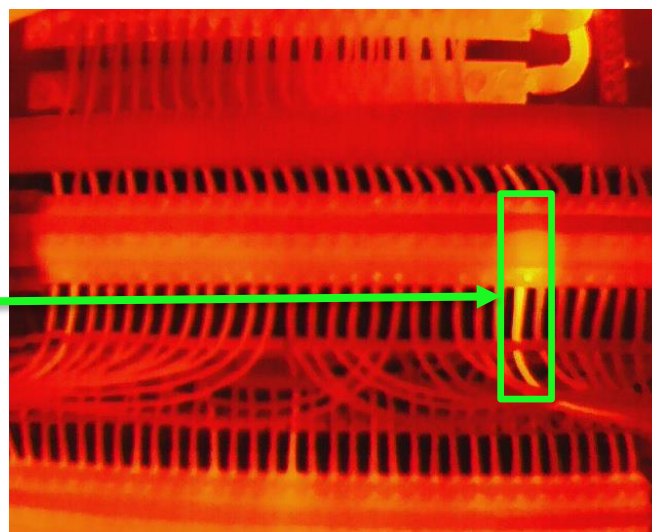
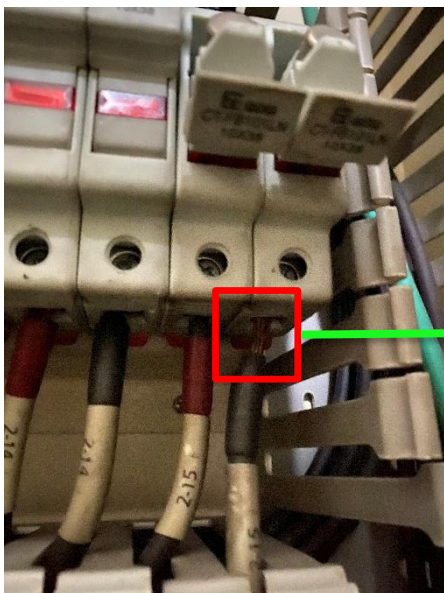
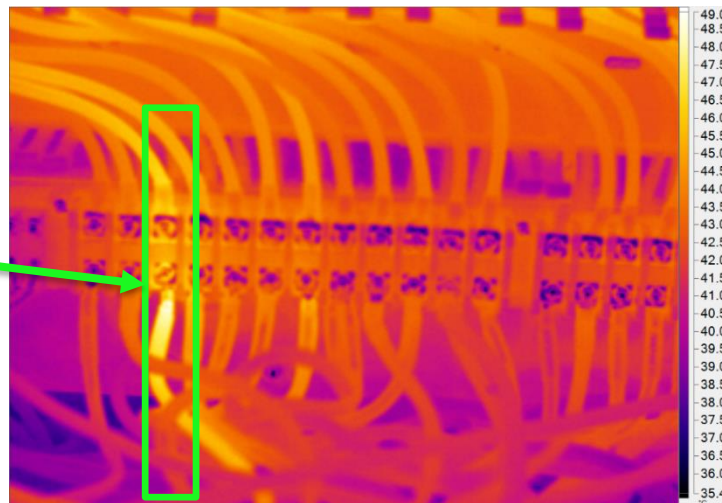
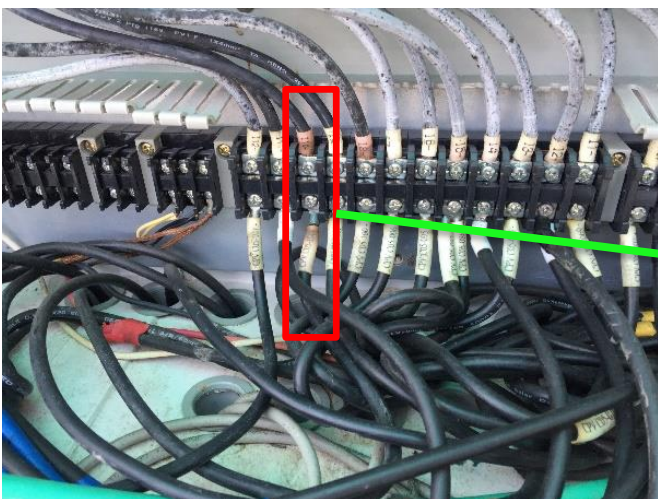


# 熱影像-2



# 熱影像-3

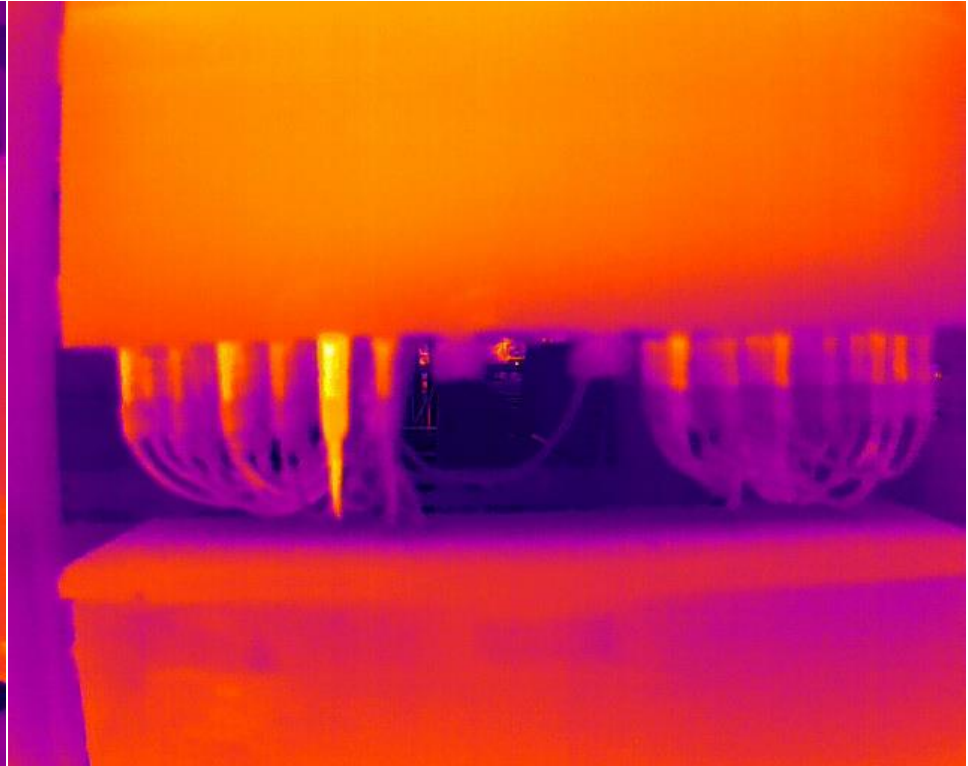
配電盤火災：配電盤中，因其他因素導致過載或短路而產生火災。



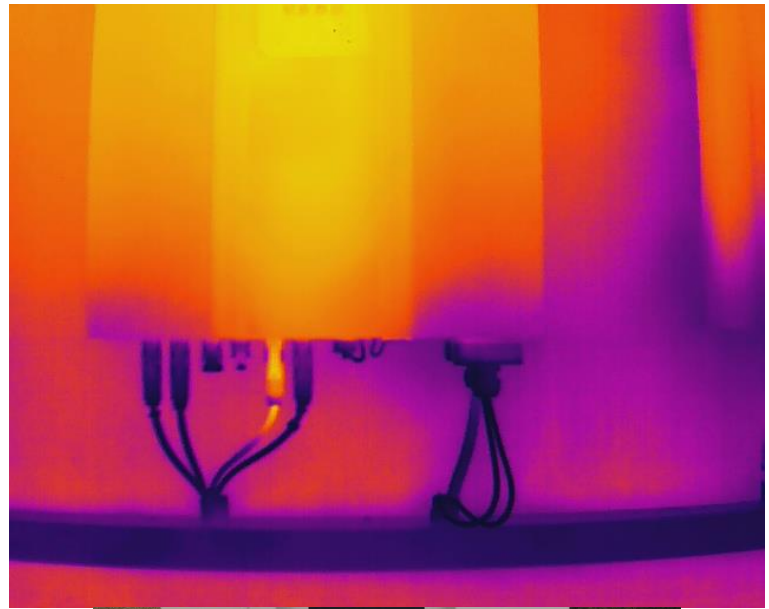
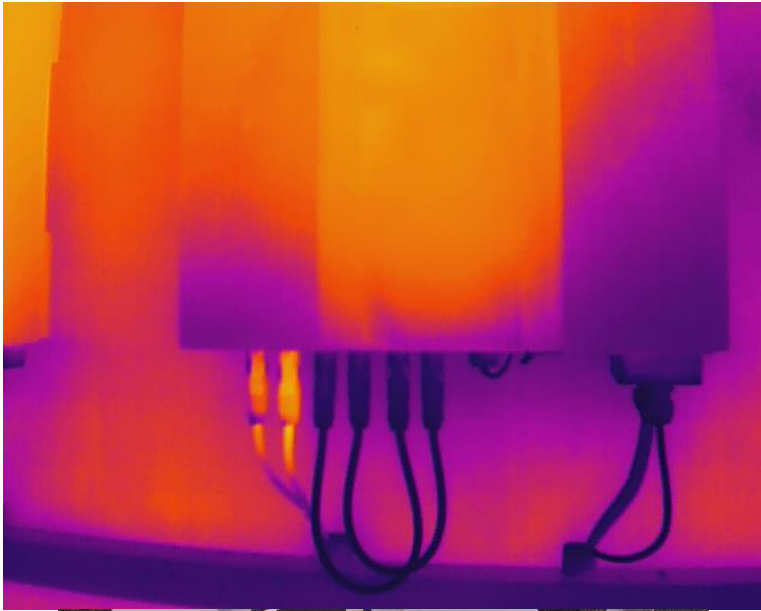
# 熱影像-3



# 熱影像-4



# 熱影像-5

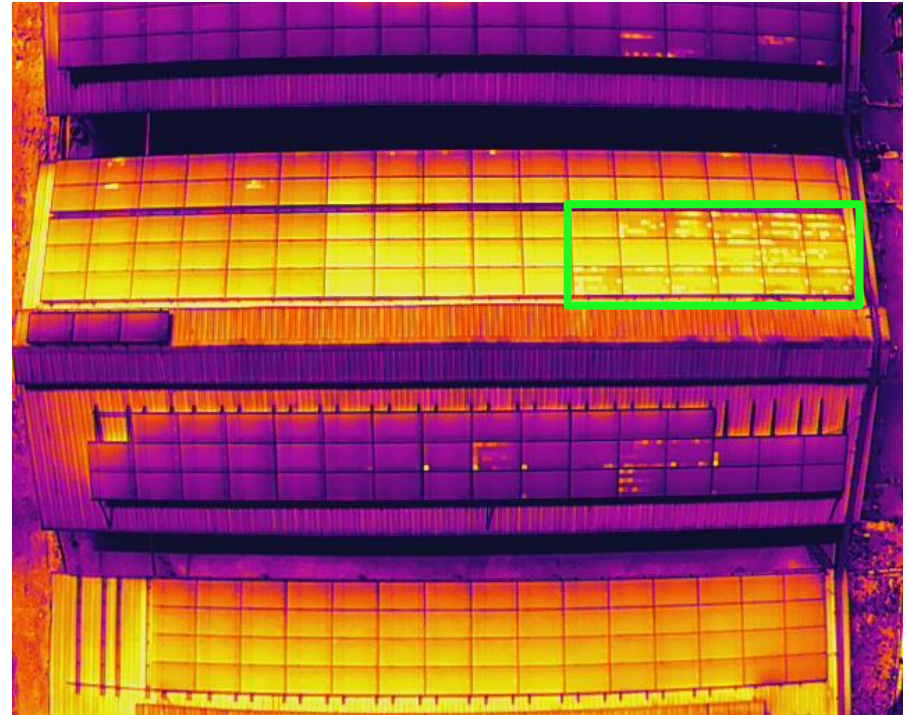


# 連接器外殼損壞

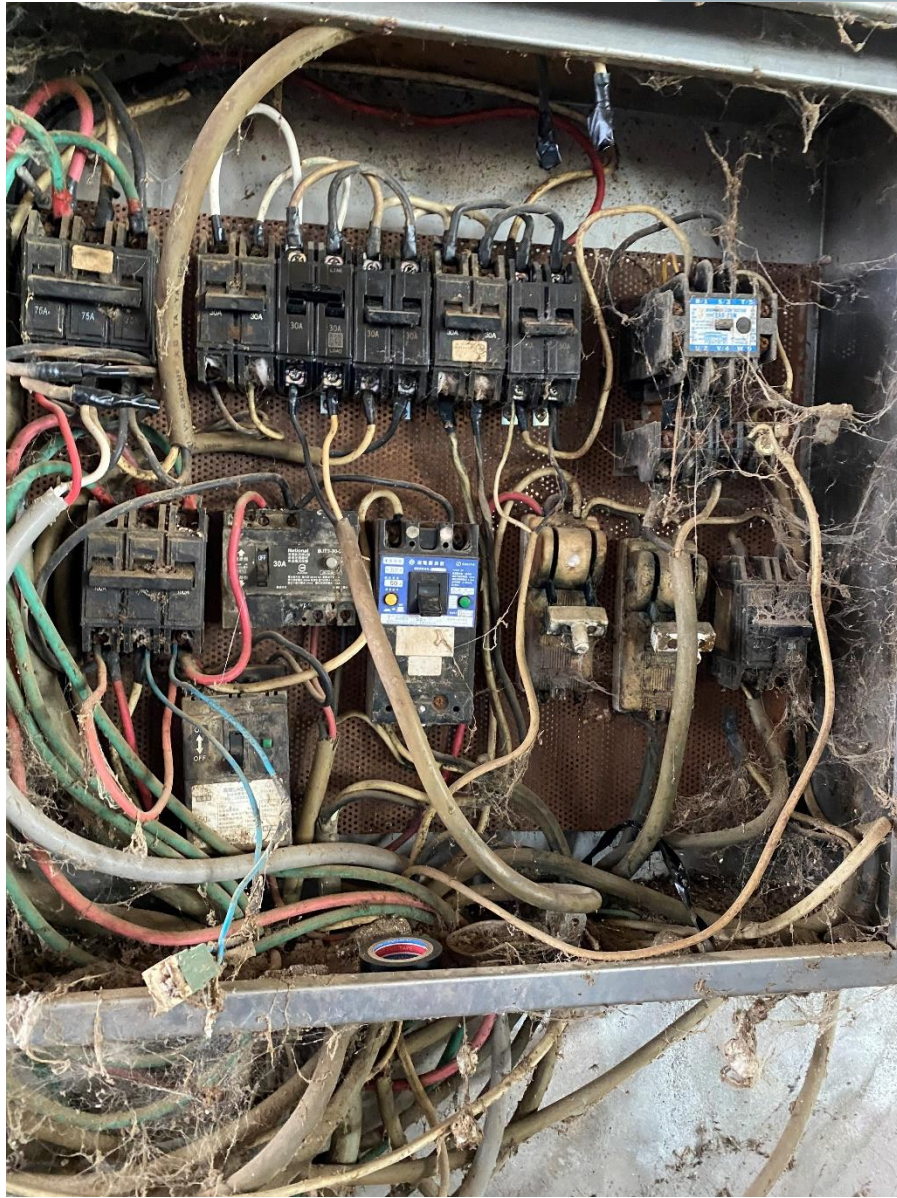




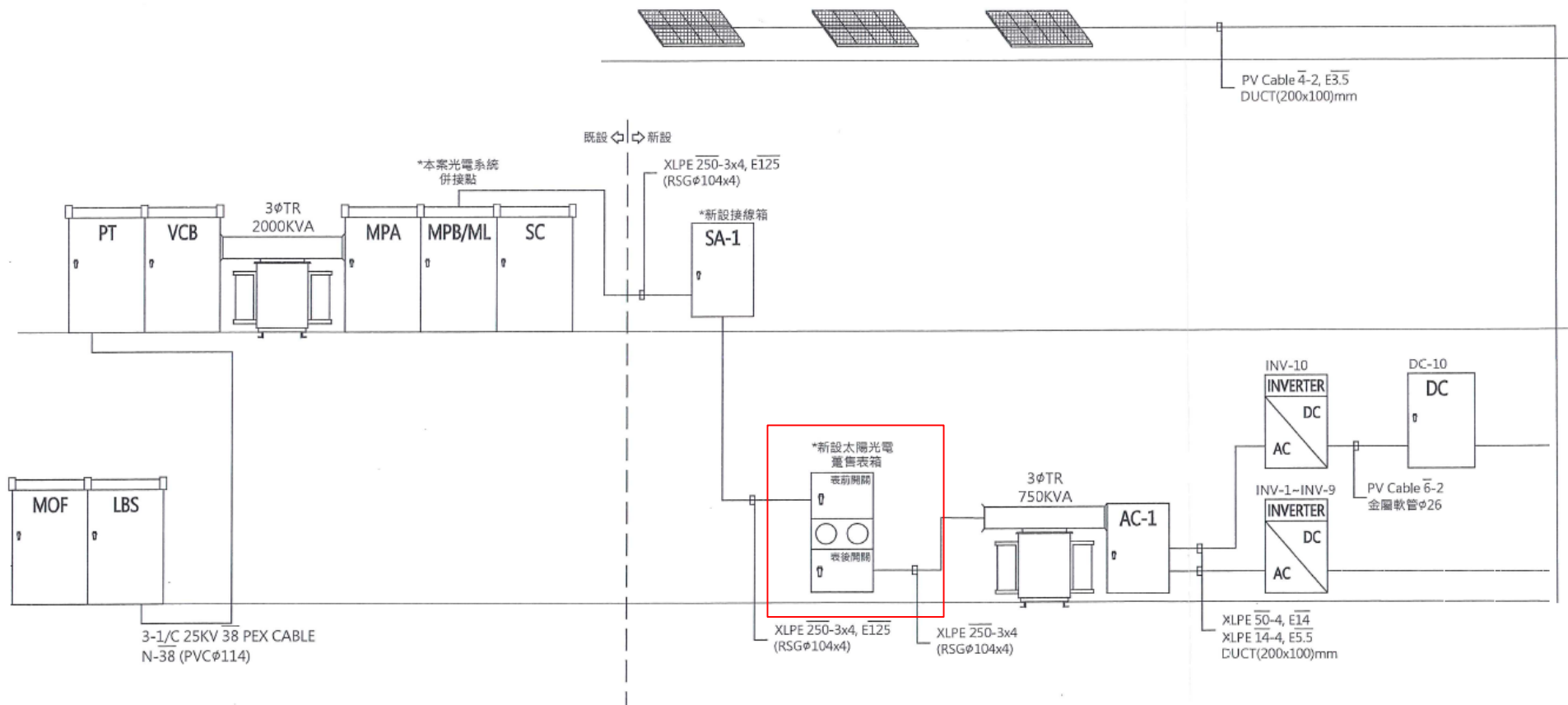
# 直流盤檢查



# 用戶建物交流箱體

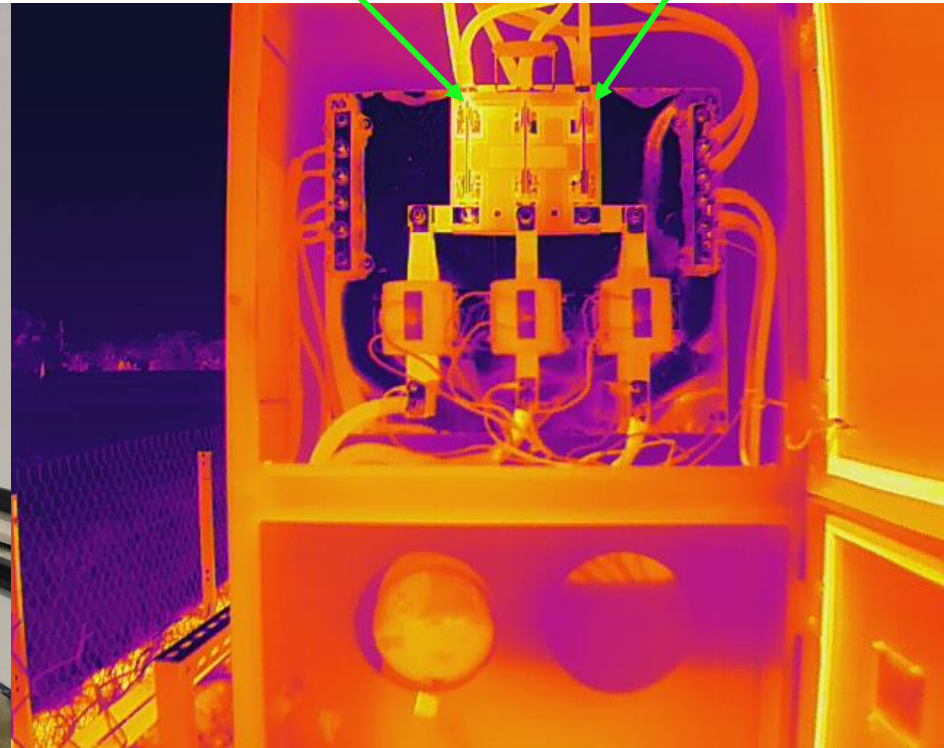


# 熱影像檢查項目



# 太陽能表前開關-1

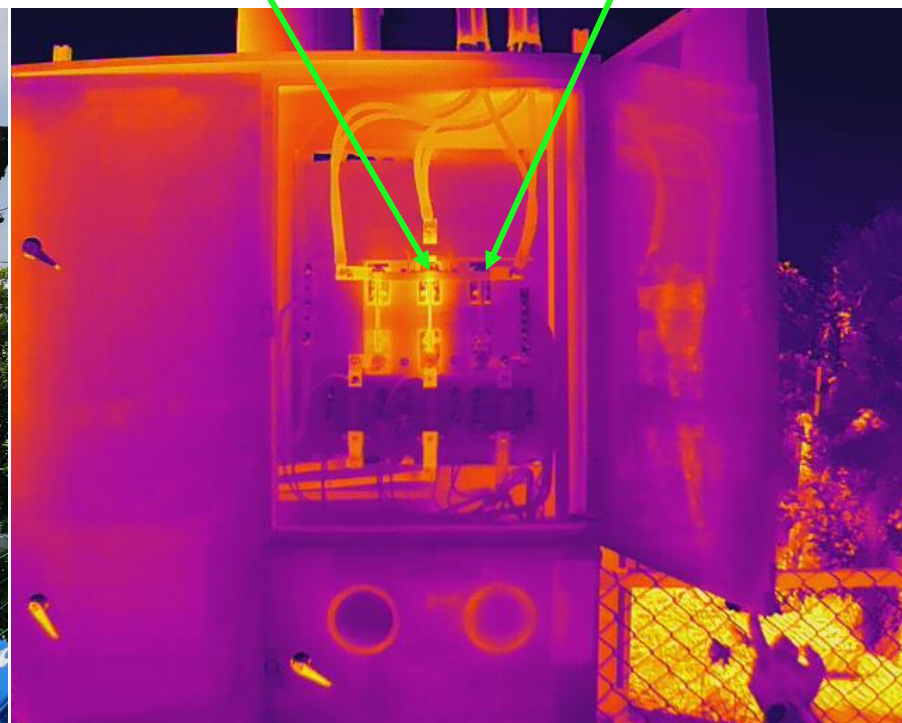
最高溫度:62.8 °C    平均溫度:51.7 °C



# 太陽能表前開關-2

最高溫度:49.2 °C

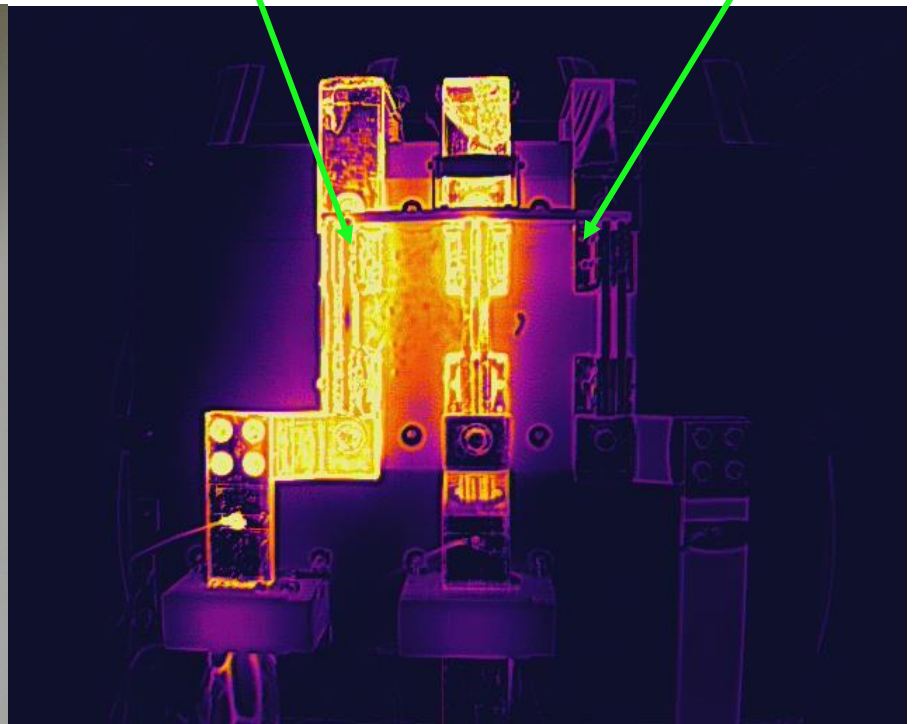
平均溫度:40.3 °C



# 太陽能表前開關-3

最高溫度:176.9 °C

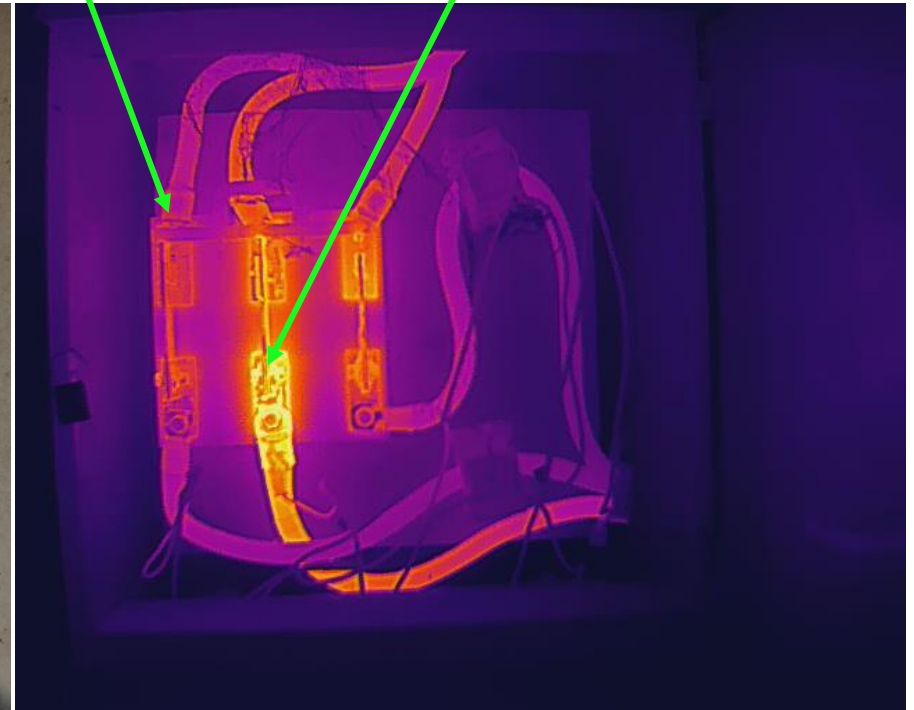
平均溫度:61.5 °C



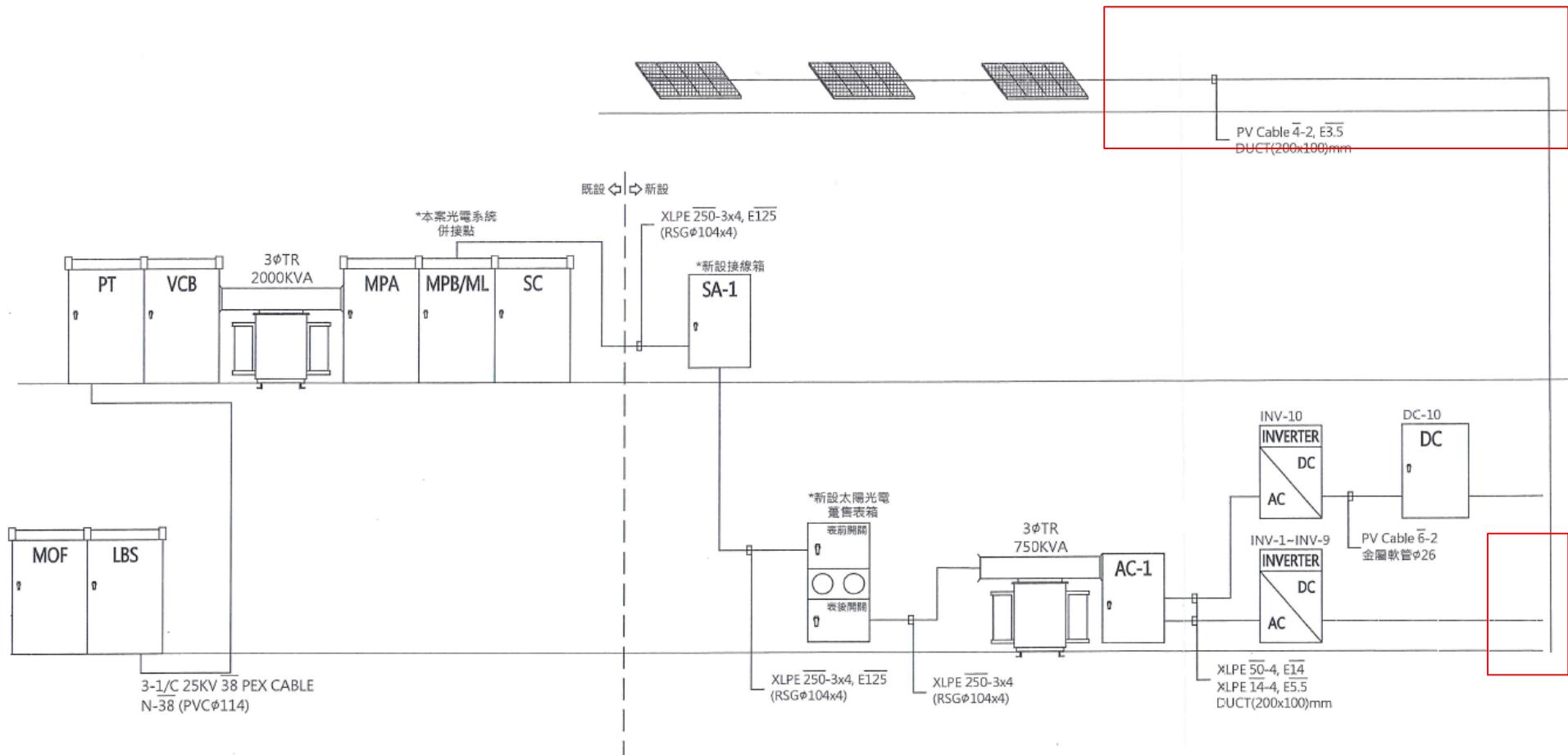
# 用戶建物表前開關

平均溫度:58.3 °C

最高溫度:104.6 °C



# 熱影像檢查項目





# 火災案例



# 失效統計

失效原因	旁路二極體	直流電源線鎖固處	直流連接器	表前開關	直流電源線	變流器
案例	1	3	2	4	5	2

年份	2018	2019	2020	2021	2022
案件數	3	4	4	8	4
案場數量	7,790	14,596	22,530	32,775	38,165
事故比例	0.04 %	0.03 %	0.02 %	0.02%	0.01 %

## 未來前三大失效

表前開關

直流電源線

儲能電池

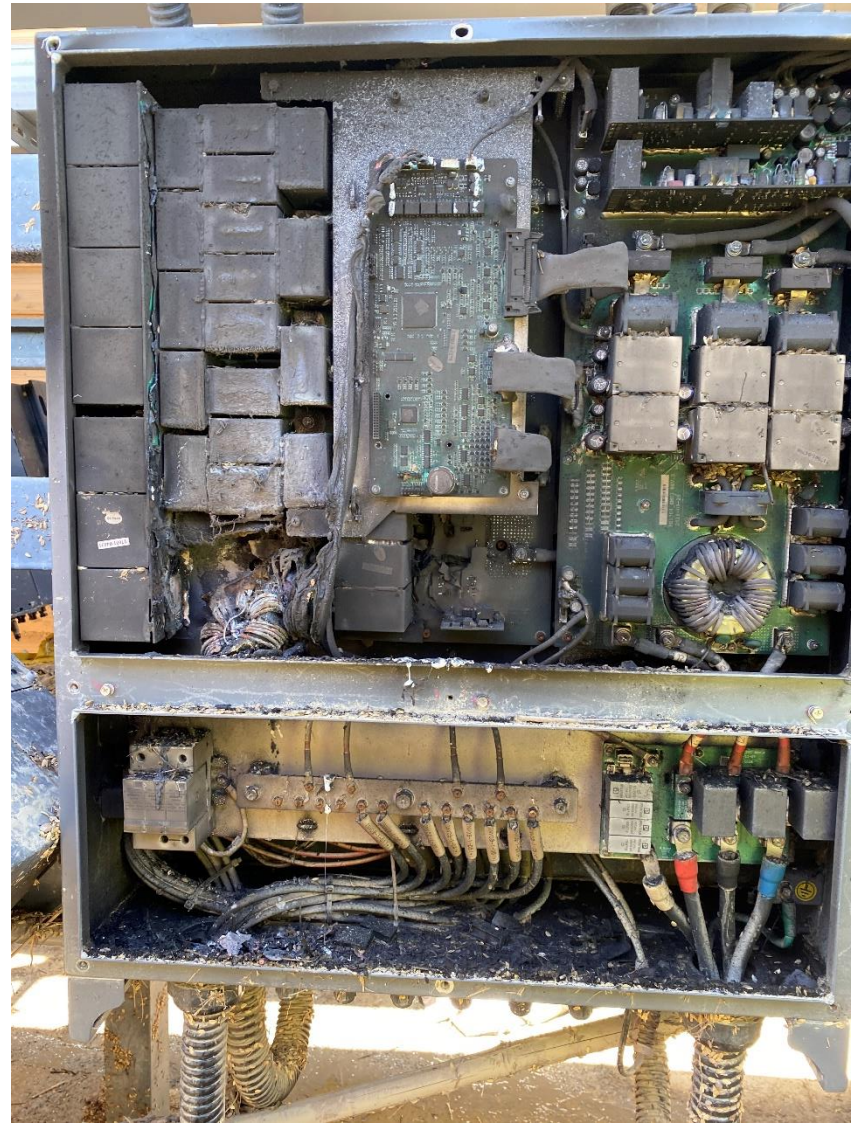
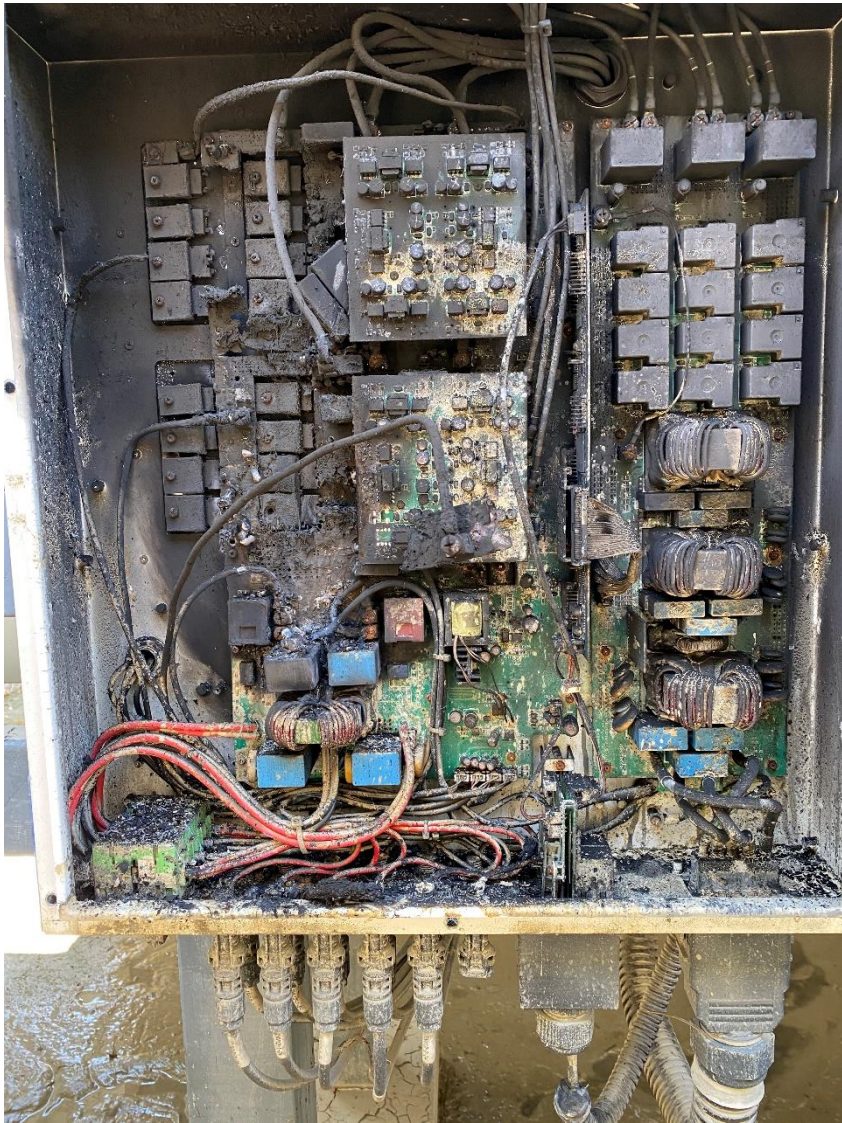
# 結論

- (1) 定期維運重要性，可採用熱像儀檢查方式。
- (2) 熱影像主要檢查項目：
  - a) 太陽能模組(為主)
  - b) 直、交、開關箱體
  - c) 變流器
- (3) 檢查太陽能模組主要排除以下熱異常：
  - a) 串列開路
  - b) 串列短路
  - c) 旁路二極體異常(必免反向電流)

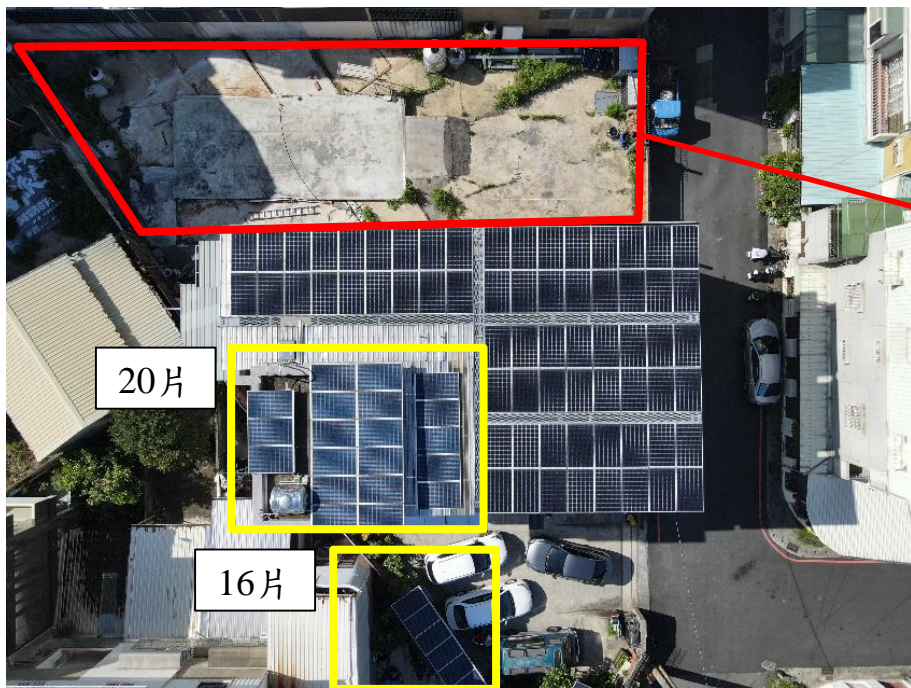
# 2024/7/28案場查訪-台南鹽水-1



# 2024/7/28案場查訪-台南鹽水-2



# 2024/8/1 案場查訪



紅色區域私設太陽光電火災處  
黃色區域現場檢查發現私設

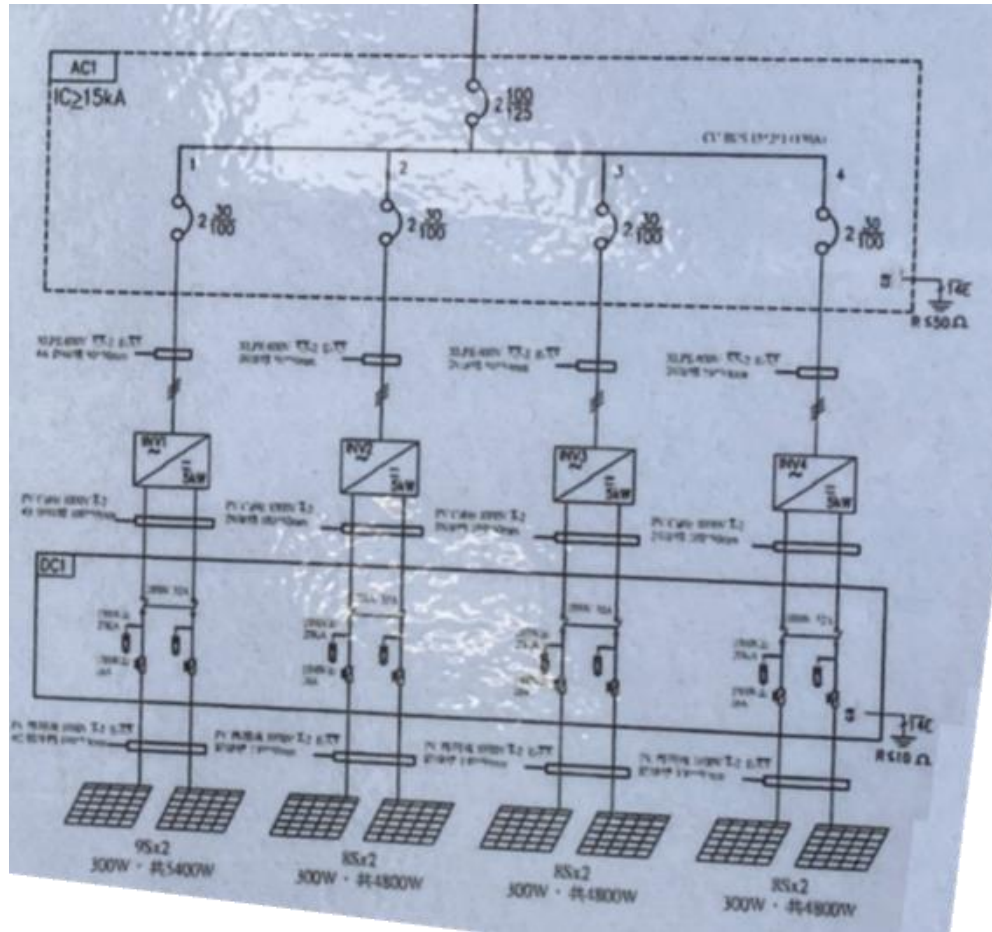


2024/04/18 火災相片

設備認定資料：

- (1) 地址:嘉義市東區吳鳳南路
- (2) 裝置容量:19.8 kW
- (3) 設置型式:屋頂型

# 2024/8/1 案場查訪



現場配線與單線圖不一致  
紅色區域為私設併接處，有三串列未接線  
第一串:4/18火災  
第二串:私設停車場處(綠色區域)  
第三串:私設屋頂處(黃色區域)

# 2024/8/16 案場查訪-高雄大樹和山區







**Thank you for your attention!**