

出國報告（出國類別：出席國際會議）

參加太陽光電國際標準 WG3 及 WG6
工作小組會議
(IEC TC82 WG3 及 WG6)

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：鄭如閔 專門委員

張群立 技士

派赴國家：西班牙馬德里

出國期間：106 年 11 月 25 日至 12 月 3 日

報告日期：107 年 1 月 4 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加太陽光電國際標準 WG3 及 WG6 工作小組會議

頁數 33 含附件：是 否

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鄭如閔/經濟部能源局/能源技術組/專門委員/02-27757778

張群立/經濟部能源局/能源技術組/專員/02-27757619

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(參加國際會議)

出國期間：106/11/25-106/12/3

出國地區：西班牙馬德里

報告日期：107/1/4

分類號/關鍵詞：太陽光電、IEC 國際標準

內容摘要：

本次出國主要目的係參加國際標準組織會議 IEC TC82 技術委員會(International Electrotechnical Commission Technical Committee 82 on Photovoltaics, 以下簡稱 IEC TC82)項下之 WG3(太陽能發電系統)與 WG6 (系統平衡元件)工作小組會議。IEC TC82 為目前太陽光電元件標準制定之主要國際會議，包括：模組、變流器、系統、系統組件等，參加本次會議除為了解各種太陽光電元件之性能與安全量測要求之國際發展趨勢外，亦為了解 IEC TC82 會議之進行、相關起草中之標準、規範及報告制定情形及各國關心議題及趨勢，並尋找未來可長期參與相關之機會，提昇我國制定太陽光電相關標準之能力與經驗，增加我國太陽光電系統之可靠度及安全性，產業於國際之競爭力。

目次

壹、目的.....	4
貳、行程紀要.....	6
參、會議過程.....	8
一、 IEC TC82 工作小組會議介紹：	8
二、 本次 WG3 及 WG6 工作小組會議議題	8
三、 本次 WG3 及 WG6 工作小會議成果-各標準文件草案進度	12
四、 節錄 WG3 及 WG6 工作小組會員報告事項.....	15
肆、心得.....	32
伍、檢討及建議.....	33

壹、目的

IEC TC82 為目前太陽光電標準制定之主要國際會議，包括：模組、變流器、系統、系統組件等，其項下之工作小組如下表 1。本次出國目的係參與 IEC TC82 項下之 WG3(太陽能發電系統)與 WG6 (系統平衡元件)工作小組會議，了解國際會議在太光電發電系統性能、安規、維運以及可靠度等之最新發展議題，蒐集國際標準技術發展與熟悉標準組織運作，並尋找未來可長期參與相關之機會，透過與各國專家學者交流討論，增進國際標準制訂相關能力與經驗。

彙整出國目的如下：

1. 參加 IEC TC82 WG3 與 WG6 工作小組會議，蒐集太陽光電系統與其系統平衡元件之 IEC 標準更新現況，以及正在草案階段之測試與議題。
2. 了解各種太陽光電產品之性能與安全量測要求之國際發展，及起草中之標準、規範及報告制定情形及各國關心議題及趨勢。
3. 了解 IEC TC82 會議之進行，及尋找未來可長期參與相關之機會，提昇我國制定太陽光電相關標準之能力與經驗。

表 1 IEC TC82 工作小組討論範圍整理表

代號	範圍
WG 1	Glossary
WG 2	Modules, non-concentrating
WG 3	Systems
WG 6	Balance-of-system components
WG 7	Concentrator modules
WG 8	Photovoltaic (PV) cells
PT 62994-1	Environmental Health and Safety (EH&S) Risk Assessment for the sustainability of PV module manufacturing - Part 1. General principles and definition of terms
PT 63092	Building Integrated Photovoltaics (BIPV)
JWG 1	Photovoltaic off grid systems, including decentralized rural electrification and hybrid systems
JWG 10	Distributed Energy Resources Interconnection with the Grid Managed by

	TC 8
JWG 4	Grid code compliance assessment for grid connection of wind and PV power plants Managed by SC 8A
JWG 82	TC21/TC82 - Secondary cells and batteries for Renewable Energy Storage Managed by TC 21
JWG 32	Electrical safety of PV system installations Managed by TC 64

貳、行程紀要

本次於 106/11/25~106/12/3(如表 2)出國參加 IEC TC82 工作小組會議，106/11/27~160/12/1(如表 3)於 Campus Puerta de Toledo of the Universidad Carlos III de Madrid 共進行 5 天會議，前兩天為 WG3 工作小組會議，後兩天為 WG6 工作小組會議，11/29 則是 WG3 與 WG6 工作小組分工會議與決定明年各小組組長人選，每日議程為早上進行 4 小時會議，下午進行 3 小時會議。

本次會議主要目的為蒐集 WG3 與 WG6 工作小組相關草案制方向與資料，並與各參加會員進行交流，於會議中可獲得太陽光電性能、安規、維運以及可靠度等最新發展議題，有助於了解目前國際太陽光電發電系統產業所面臨的實務問題，並蒐集國際標準技術發展與熟悉標準組織運作，尋找未來可長期參與相關之機會，增進國際標準制訂相關能力與經驗。

表 2、出國行程規劃

日期	行程內容摘述
11 月 25 日~11 月 26 日	去程：台灣桃園出發－轉機杜拜國際機場－西班牙馬德里
11 月 27 日~11 月 29 日	IEC TC82-WG3(太陽光電系統)會議
11 月 30 日~12 月 01 日	IEC TC82- WG6(系統元件)會議
12 月 02 日~12 月 03 日	回程：西班牙馬德里出發－轉機杜拜國際機場－台灣桃園

表 3、TC82 工作小組會議安排

日期	星期	會議	時間
11 月 27 日	一	WG3	09:00~17:30
11 月 28 日	二	WG3	09:00~17:30
11 月 29 日	三	WG3/WG6	09:00~17:30
11 月 30 日	四	WG6	09:00~17:30
12 月 01 日	五	WG6	09:00~17:30

表 4、會議議程

時間	議程
09:00~10:40	會議
10:40~11:00	Coffee Break
11:00~13:00	會議
13:00~14:00	中餐
14:00~15:20	Coffee Break
15:20~17:00	會議

參、會議過程

一、IEC TC82 工作小組會議介紹：

工作小組會議之重要工作為追蹤各項標準文件之制定情形及針對文件進入下一階段前，針對其起草內容、會員之評論進行處理，提供平台先行與各會員之專家進行討論、交流意見並提出建議，以利後續程序的進行，IEC 標準文件制定流程簡介如下：

- (一) 預備階段 (preliminary stage)：本階段多為專家於工作會議說明研究成果或國際論文報告，經討論同意後，於下一階段進行提議。
- (二) 提議 (起草) 階段 (proposal stage)：本階段將針對規劃納入工作小組未來工作之議題，經由會員投票，同意通過則為 RVN 文件，工作小組會議則進行後續起草工作。
- (三) 委員會階段 (committee stage)：本階段為製作標準文件草案，並將請會員進行評論，於技術委員會會議(如 TC82)討論。
- (四) 詢問階段 (enquiry stage)：製作 CDV 文件，本階段為標準文件之投票階段，經會員投票通過者，進入後續核准及公布階段。
- (五) 核准及公佈 (approval stage then publication stage)

二、本次 WG3 及 WG6 工作小組會議議題

工作小組會議針對各項專案議題及已公佈之國際標準之修訂進行進度追蹤，每項專案議題皆將會於工作小組會議確認召集人，及邀請會中專家組成專案小組，進行細部討論及製作相關文件。工作小組會議中，相關會員可進行報告，說明相關文件執行的問題，並提議新的或延續性的工作規劃。

本次 WG3 及 WG6 工作小會議共計 5 天，會議提供討論議題如表 5 及

表 6，會議進行一開始由主席進行介紹，如 WG3 工作小組主席 Martin Cotterell 與 Ted Spooner，簡短自我介紹後，請參加此次會議約 40 人輪流自我介紹(如圖 1)；接下來針對前次會議紀錄快速審閱，以便進入本次會議進行討論各項議題及會員簡報研究成果。

本次會議每項議題皆由該專案召集人進行說明，大部分議題皆在針對各專案小組之研究成果及其擬定標準文件草案內容，與各國會員代表討論及徵詢意見，並進行內容文字修改。

表 5、WG3 工作小組會議討論事項

A. Introduction			
Document / Comments	Leader		
Opening, welcome, introductions, update experts list.	Ted/Martin		
Adoption of the agenda / Review order of discussion	Ted/Martin		
Review and approve previous minutes from Nara	Ted/Martin		
Review of actions arising from previous meeting	Ted/Martin		
Overview of WG3 work plan and status of all WG3 documents	Martin		
B. Document status updates			
Document / Comments	Doc status	IEC NO.	Leader
Guideline for increased confidence in PV system installation	TS	63049 TS	Sarah
Power Plant Design document	DTS	62738 TS	Greg Ball
PV Land usage TR	TR Comments due 15/9/17	63149-TS	TRWang Sicheng
C. Document status updates			
Document / Comments	Doc status	IEC NO.	Leader
Earth fault protection equipment for photovoltaic (PV) arrays - Safety and safety-related functionality Covered in WG6 - anything else to discuss?	CD	IEC 63112	Jim
"PV fire safety" issues	TR	-	Adrian
Commissioning Doc - Ed2.0 AMD 1	CDV nest?	IEC 62446-1/ AMD1	Martin

		ED1	
Information model for availability of PV systems	CD2/CDV	IEC 63019 TS	George/ R Hill
Maintenance of PV systems	CC from CD	IEC 62446-2	Greg Ball
D. Other items			
Document / Comments	Doc status	IEC NO.	Leader
IEC 60364-7-712	-	-	Adrian
IEC 62548 Future changes to update it and keep it aligned with -7-712			Ted
Characteristics of the utility interface	Published	IEC 61727	Christof B Peter B
Analytical expression for daily solar profiles	Published	IEC 61725	Wang / Ted
Lightning protection (PV Systems on Buildings)	German NC to do NWIP with TC81	-	Adrian
BAPV system document	-	-	Wang
E. Final items			
Item			Leader
Any other business.			All
Revisit WG3 work plan and doc status (time permitting)			Martin
Next meeting			Martin/Ted

表 6、WG6 工作小組會議討論事項

A. Introduction	
Document/Item of Business	Presenter
Opening, welcome, introductions, update experts list	Greg/Vicente
Adoption of the agenda	Greg
Review and approve WG minutes from Nara	All
Review of action items and project list from Nara	Greg/Vicente
B. New Standard Project Reports	
Document/Item of Business	Presenter
IEC 62920 EMC requirements and test methods for grid connected power converters applying to solar photovoltaic energy systems – Report on Publication CISPR 11 updates	Mr. Yoshioka
IEC 63027 Arc fault detection and mitigation in PV systems – CD Comment Review	Nicolas
IEC 62109-3 Module-integrated electronics – CDV Update	PT

IEC 62891 Overall efficiency of grid connected photovoltaic inverters - FDIS Status	Vicente/Greg
IEC 61683 Photovoltaic system power conditioners - Procedure for measuring efficiency - Progress update	Vicente
IEC 63112 - Safety, functionality and classification of Photovoltaic Earth Fault Protection (PV EFP) equipment - CD Status	Jim
C. New Standard Project Reports	
Document/Item of Business	Presenter
TS 63157 Guidelines for effective quality assurance of power conversion equipment for photovoltaic systems - NP Report on Comments	Sarah Kurtz
TS 63106-1 Basic requirements of AC power source for testing of utility interactive PV inverter	Mr. Shinohara
TS 63106-2 Basic requirements of DC power source for testing of utility interactive PV inverter CD Draft status	Mr. Shinohara
TS 63156 - Photovoltaic systems - Power conditioners - Part X: Energy evaluation method - CD Draft Status	Mr. Sugahara
IEC 62093 BOS components for PV systems - Design qualification and natural environments - CD Comments	Hiro/Paul
62109-1 and -2 Maintenance Urgent Amendment update - Status update	Tim/Jim
IEC 62477 Alignment - Status update	
D. JWG and Liaison updates	
Document/Item of Business	Presenter
WG2 component project updates: Any updates on Cables (62930), Insulation coordination(TC109), connectors (62852), junction boxes (62790), bypass diodes, etc.	Guido
Battery Storage Related Topics - TC 21 JWG, TC 120, Others	
Other BOS related Standards SC121A IEC 60947-3 (Switches), SC121B IEC 61439-2(Combiner boxes), SC 22/IEC 62909-1 (Bi-directional converters)	Greg
E. Final item	
Document/Item of Business	Presenter
Other business, e.g. racking/tracking systems, harnesses, fuses, SPDs, other... All	All
Logistics for next meeting in USA -	Vicente/Greg
Agenda for next meeting	Vicente/Greg



圖 1、會議相片

三、本次 WG3 及 WG6 工作小會議成果-各標準文件草案進度

工作小組會議最終將目前各標準文件草案進行狀況進行確認及彙集成表(如表 7)以完成本次會議，本次會議決議將 IEC 61725 轉為技術報告 (Technical Report, TR)；IEC 61724-1 與 IEC 62446-3 於此次會議討論決議正式發行；並選出八個專案(Fire safety、Lightning protection for PV systems on buildings、Grid connect systems with energy storage 等)小組召集人，進行議題分工。

表 7、草案與發行規範狀態

IEC NO.	Title	Stage	Status	Status
61725	Analytical expression for daily solar profiles	Ed 1.0	Madrid meeting agreed that we will withdraw this document Then work on a TR to replace it	To be withdrawn after Madrid (convert into TR)
61727	Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface	Ed 1.0	phase out once TC8 JWG10 work complete	Published - No action
61829	On Site Measuring of IV Characteristics of Crystalline Silicon	Ed 2.0		Published - No action
62124	Photovoltaic (PV) stand-alone systems - Design verification	Ed 1.0	Review happening (Leon & Jiang Feifei)	Published - No action
62253	Direct coupled PV pumping systems - design qualification and performance measurement	Ed 1.0		Published - No action
62548	Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements	Ed 1.0	Request for any changes will be requested for discussion at Spring 2018 meeting	Published - No action
62738 TS	Design guidelines and recommendations for photovoltaic power plants	DTS	Going to publication	New document - in progress
61724-1	Photovoltaic system performance - Part 1: Monitoring	Ed 1.0	Published March 2017	Published - No action
61724-2 TS	Photovoltaic system performance - Part 2: Capacity method	Ed 1.0	Published October 2016	Published - No action
61724-3 TS	Photovoltaic system performance - Part 3: Energy evaluation method	Ed 1.0	Published July 2016	Published - No action
62446-1	Grid connected photovoltaic systems - Part 1: Requirements for system documentation, commissioning tests and	Ed 2.0 Amd-1	Amd1 CDV comments resolved in Madrid. Comments on next phase of changes will be requested for discussion at Spring 2018 meeting.	Maintenance underway

	inspection			
62446-2	Grid connected photovoltaic (PV) systems - Part 2: Maintenance of PV systems	CD	CDV Q1 2018	New document - in progress
62446-3 TS	Grid connected photovoltaic (PV) systems - Part 3: IR testing	IR FDTS	Published	Published - No action
63019 TS	Information model for availability of photovoltaic (PV) power systems	CD	CD2 in Q1 2018	New document - in progress
63049 TS	Terrestrial photovoltaic (PV) systems - guideline for increased confidence in PV systems	DTS		Published - No action
N/A	Fire safety ... technical report	NWIP	NWIP Q1 2018	Potential new work
N/A	Lightning protection for PV systems on buildings	NWIP	George to talk to TC81	Potential new work
N/A	Grid connect systems with energy storage		Discussed, no action at present. May need to ensure storage is reflected in other WG3 documents	Potential new work
N/A	Performance of PV systems with battery systems German document being developed...keep a watching brief (Nicholas)		Watching brief only at this stage	Potential new work
N/A	Possible document on Lifetime cost of BOS components PV Systems			Potential new work
N/A	Mathematic Models and Calculation Examples for Land Usage of PV Farms	DTR	TR Q1 2018	Potential new work
N/A	BAPV system document		Abandoned for now	Potential new work
N/A	EL field testing		Peter to talk to IEAPVPS author	Potential new work

四、節錄 WG3 及 WG6 工作小組會員報告事項

(一) Photovoltaics and fire safety research project

BRE NATIONAL SOLAR CENTER 為位於英國之研究機構，並受英國政府委託進行太陽光電發電系統之火災安全研究，並於本次工作小組會議進行簡報(如圖 2)，其報告針對該研究蒐集 71 件太陽光電發電系統火災事故調查統計，發現約 70%發生的原因都在太陽光電模組端 (如圖 3)，在太陽光電模組產生的災害(如圖 4)大致分為三種類型全面性火災、局部性火災、熱效應產生的相關災害，其中以全面性火災、局部性火災占絕大部分，顯示太陽光電發電系統所可能衍生火災災害不容忽視，其發生便可能是全面性的財產損失與系統損毀。

本次報告針對在太陽光電發電系統機械結構安裝上導致火災，且大多造成電弧的主要原因大致歸類如下：

1. 水氣入侵
2. 連接器極性接反
3. 不相容或有公差的公母接頭對接
4. 公母接頭對接後沒有完全嚙合
5. 螺絲端子鬆開
6. 焊接不良
7. 使用損壞的五金零組件

針對太陽光電發電系統相關元件，事故統計以直流隔離器(DC isolators)與直流用連接器(DC connectors)占超過 60%以上(如圖 5)，顯示直流隔離器與直流用連接器，非常容易導致直流電弧產生，導致火災危害；另事故原因調查大致分為系統設計問題、不當安裝、產品瑕疵等(如圖 6)，其中又以產品瑕疵為大宗。

依據事故調查經驗，一般發生於連接器之事故，有直流隔離器因極性接錯導致元件燒毀之情形(如圖 7)，因此於太陽光電系統建置完成時，還是需要確認

每串列的極性；因太陽光電系統直流用連接器長時間暴露於戶外，受環境因素如溫度、濕度、紫外線等影響而老化，使得連接器有偶合鬆脫或分離疑慮，導致系統產生電弧而發生火災或連接器損毀(如圖 8)，於案場現場抽樣方式，定期查驗連接器偶合有效性有其必要性；另於太陽光電系統設計規劃前期，因其他因素導致陰影遮蔽，例如：草木生長或附近興建其他建築物，導致太陽光電系統部份長期遮陰，讓旁路二極體經常性運作，導致接線盒內部處於高溫狀態下，容易讓旁路二極體損毀或熔斷，進而導致接線盒內部產生電弧，讓接線盒燒毀(如圖 9)。

因此 BRE NATIONAL SOLAR CENTER 提出太陽光電發電系統潛在火災因素(如圖 10)，並針對幾個潛在因素提出對應策略及建議防範事項(如圖 11)，另建議針對太陽光電發電系統設計與安裝指引要求加入要求(如圖 12)，以提高太陽光電系統安全與可靠度。

太陽光電系統火災專案提案的進度，規劃於 2018 年 1 月 9 日於 UK PV industry workshop 中，邀請監管機構(MCS、IET、BSi)、商業協會(STA、REA)、認證機構(NICEIC、ELECSEA、NAPIT、STROMA)、相關製造商等單位一起於工作小組會議討論。於 2018 年 2 月 6 日舉辦太陽光電設計與安裝教育訓練課程，並邀請監管機構進行評審。

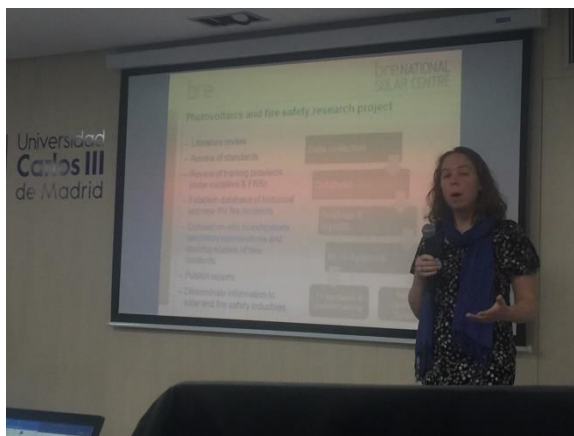
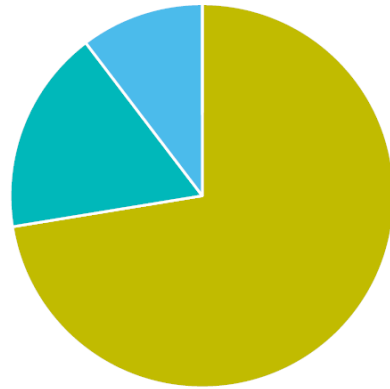
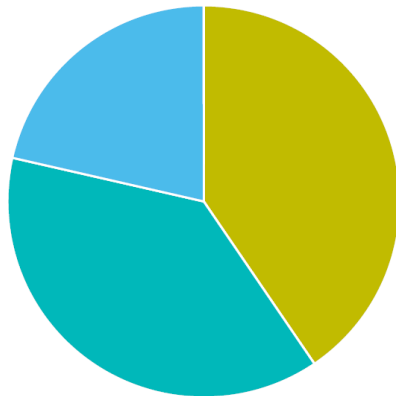


圖 2、BRE 進行簡報



- Caused by PV
- Involving PV but not caused
- Cause unknown

圖 3、PV involvement in incident



- Serious fire
- Localised fire
- Thermal event

圖 4、Incidents caused by PV

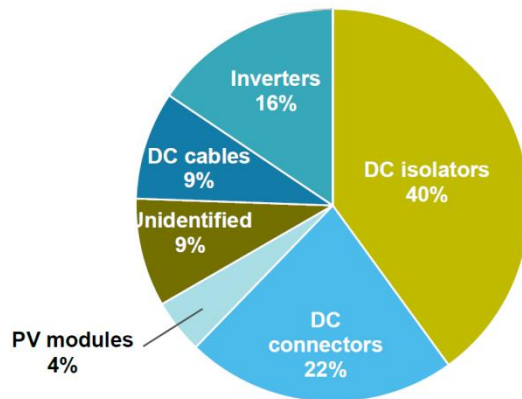


圖 5、PV system components implicated

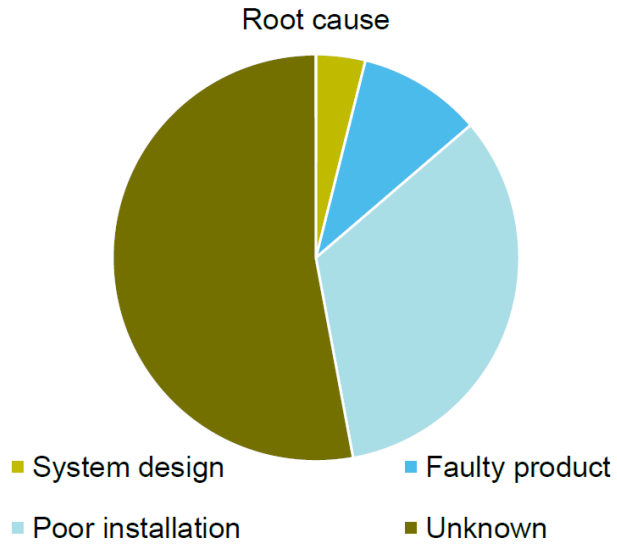


圖 6、Incident investigations



圖 7、DC isolators in different states of fire damage



圖 8、DC connector showing a thermal event



圖 9、PV module junction box showing scorching from internal arcing

bre

bre NATIONAL
SOLAR CENTRE

Dealing with PV fires

Issues noted by FRS:

- Potential for electrocution
- Fear of [roof] collapse
- Unable to isolate live PV cables.
- Problems accessing isolation devices [located in loft]
- Access issues to tackle fire
- Uncertainties on how to isolate systems
- Made safe systems of work for fire service unpredictable



圖 10、BRE 報告太陽光電發電系統潛在火災因素

FRS approaches

FRS approach taken:

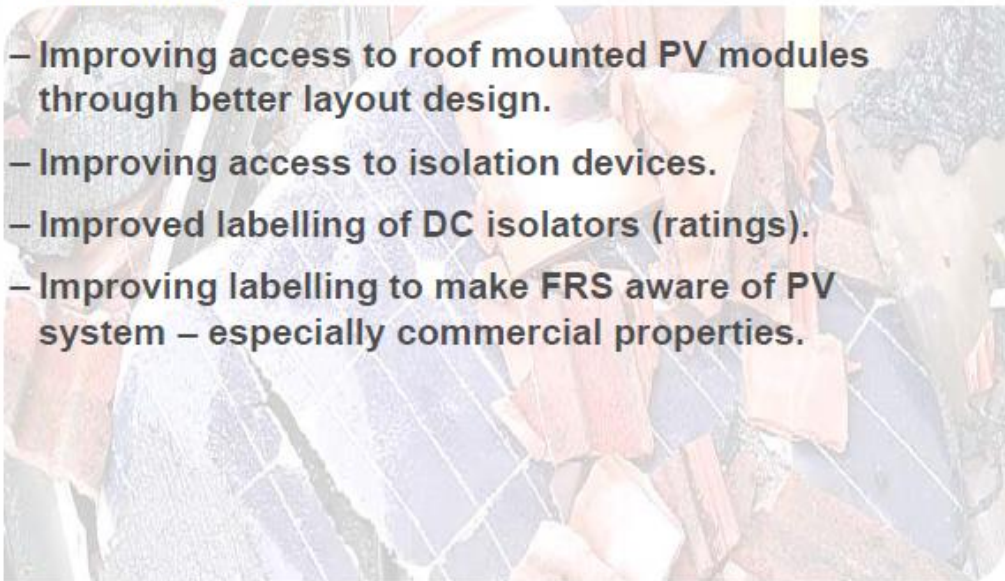
- Requested third party to isolate
- Covered PV modules with tarpaulin or similar
- FRS isolated DC or AC side
- Solar cable cut
- Unable to isolate due to location of isolators
- Standard Operating Procedures followed
- Avoided water on panels



圖 11、BRE 針對潛在火災因素提出對應策略

Recommendations for improving design & installation guidance

- Improving access to roof mounted PV modules through better layout design.
- Improving access to isolation devices.
- Improved labelling of DC isolators (ratings).
- Improving labelling to make FRS aware of PV system – especially commercial properties.



Recommendations for improving design & installation guidance

- Reducing spread of fire risk through installing inverters on fire retardant surfaces.
- Improvement in quality control of site made DC connectors.
- Reducing spread of fire risk through selective location of equipment.
- Protecting IP rating of components through good installation practices.

Recommendations for improving design & installation guidance

- Providing mechanical protection to DC cables at risk of rodent damage.
- Improvement in fault protection of DC circuits - parallel, series and ground.
- Consideration of DC arc fault detection devices for systems that are difficult to access or there is no intention to have a regular maintenance regime.

圖 12、BRE 建議太陽光電發電系統設計與安裝指引要求

(二) NEC 690.12-Rapid Shutdown 針對 2014 年與 2017 年版次差異說明

會議中針對 2014 年與 2017 年 NEC 690.12 說明 Rapid Shutdown 的差異性(圖 13)，在 2014 年 National Electrical Code1 (NEC)在 690.12 章節首先引入 Rapid Shutdown 列為強制性要求，主要是協助消防員於太陽電案場進行救火時，如何降低觸電危害風險，本項報告為一頁簡報說明，主要是給個大會中成員了解，在制定相關草案時，在引用 NEC 標準上除了版本已經更新到 2017 年度外，相關要求與條件也都修正，提供給各小組成員悉知。



2014 NEC		2017	
<ul style="list-style-type: none">• Rapid shutdown controls conductors <u>outside the array</u> boundary• Controlled conductors are:<ul style="list-style-type: none">- 10' from array- 5' inside building from entry• Limited to 30V within 10 seconds of initiation (and 240VA)• Equipment listed		<ul style="list-style-type: none">1. Control Outside Array<ul style="list-style-type: none">- 1' from array boundary in all directions- 3' from building entry- 30V, 30 seconds (LVRT)2. Inside Array Options:<ul style="list-style-type: none">1) Array listed for reduced shock hazard,2) 80V, 30 Seconds, or3) No exposed wiring or conductive parts, array >8' from exposed grounded parts• Three initiation methods defined• Equipment listed for rapid shutdown	

圖 13、NEC 690.12 “Rapid Shutdown” Requirements and Evolution

(三) IEC CDV 62446-1

此標準文件已於 2016 年發行，大會仍針對內容進行提案修改，修改內容居多用字與語句調整，針對技術項相關議題整理如下：

1. 6.5.2.1 小組提議於 PV 串列當下照度量測電流數值，在修正至照度 1000 W/m² 時，是否可以加入 IEC 60891：2009 標準引用參考，主席回覆可以加入於規範說明中。
2. 單串列量測外，也新增加入多串列的串並聯 HAS(Harness Sub Array)量測

方式，相關條件限制有不能超過 10 串列，且串並聯後的電流要小於 30A。

3. 刪除了串列功率量測照度最低 400 W/m² 的條件限制。
4. 加入了照度與串列溫度於量測期間最大與最小不得超過 10% 以上變化要求。

(四) Analysis of snail track modules and mechanical stability of PV system

韓國太陽光電測試實驗室報告太陽發電模組產生蝸牛痕可能原因，認為蝸牛痕會產生之前提為電池隱裂或有裂痕(如圖 14)，並因戶外環境溫度與濕度導致裂痕上方會有黑色物產生，看起來如蝸牛爬過痕跡(如圖 15)，經一案場採樣統計，發現太陽能模組總共 9,666 片，發現 7,828 片有產生蝸牛痕，產生的比例有 81%，該實驗室認為該環境的風產生之振動，可能導致太陽能電池隱裂，因此採用風洞模擬程式模擬(如圖 16)，並且模擬產生力量施加在太陽光電發電系統上的分佈(如圖 17)，發現因風力施力不均勻，會導致整個太陽光電系統有振動與扭曲產生(如圖 18)，如此容易導致部分太陽能電池隱裂，及導致產生蝸牛痕產生，因此該實驗室基於實驗研究之發現，建議太陽光電發電系統應於系統監測上，增加系統振動的監測。此建議於會議中進行討論，考量仍有研究結果及實務執行相關問題，而沒有得到會議的認同，該實驗室後續將持續進行相關的研究調查。

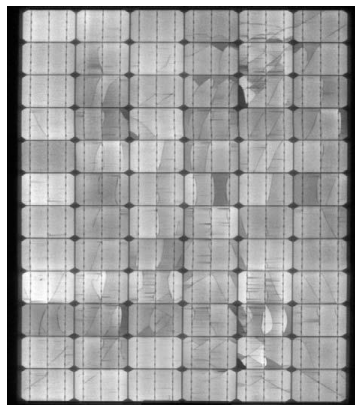


圖 14、EL 拍攝太陽能模組隱裂相片



圖 15、太陽能模組產生蝸牛痕

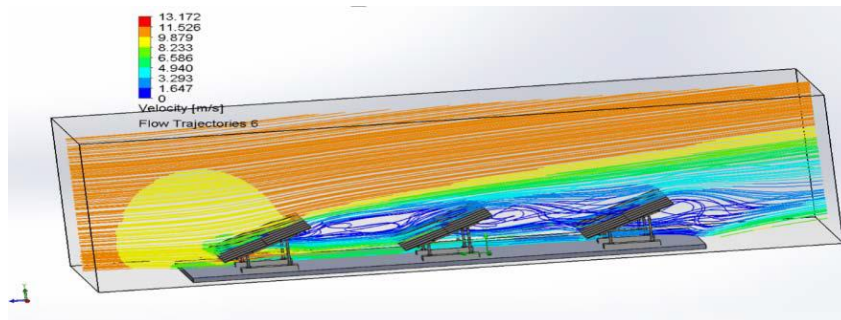


圖 16、太陽光電系風場模擬架構

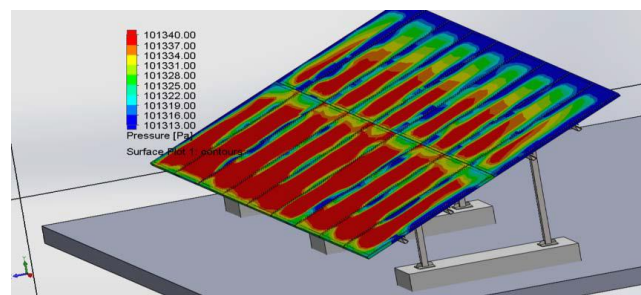


圖 17、太陽光電系統受風壓的力量分布圖

安排規劃時，必須考慮四周建築物或者植物生長等遮陰影響；也因為微型逆變器讓每片太陽能模組皆可為獨立產生交流電源，可依屋內線路裝置規則之設計來安裝，因此微型逆變器在 BIPV 應用上備受關注(如圖 19)。



圖 19、微型逆變器之太陽能模組

由於 AC PV Module 需使用微型電源轉換器(Micro-inverter)，因此本標準草案試針對其微型電源轉換器進行性能與安規標準制定。而市場上會出現兩種情況如下：

1. 太陽光電發電系統商選購太陽能模組與微型逆變器

微型逆變器之製造商必須將其產品送認證，除了取得 IEC 62109-3 認證測試之外，必須增加安規相關濕度試驗，因為所有安規試驗中，濕度試驗是必要檢測以及評估的項目，因為水氣入侵會造成線路失效導致漏電產生，進而造成人員有觸電的危害導致生損失。

2. 太陽光電模組商選購微型逆變器將整合為 AC PV module

AC PV Module 除了必須取得 IEC 61730-2:2004 安規認證測試外，同時還必須取得 IEC 62109-1:2010 IEC 62109-2:2011 與之逆變器安規認證測試。如此才能確保逆變器的可靠度與品質，並保障使用者的安全，

更能提升微型逆變器製造商的信賴度，減少因微型逆變器的失效導致火災發生。

(七) IEC 62446-3 TS

此標準文件為針對現在市面上太陽光電系統維運的技術更提升一步，主要目的是在維運時採用熱影像儀，拍攝太陽光電系統所有元件的操作規範，不僅可找出熱斑處有效預防火災危害，還能太陽光電模組的品質；雖然 IEC 60904-12-1 標準文件有提到熱影像儀的操作相關規定，但是卻無針對戶外運轉的太陽光電系統操作規定。

熱影像儀的規格最低要求(如表 8)，熱影像儀照片輸出規格要求要最少要大於 320 X 240 像素，操作儀器與熱像儀要能分開且能遠端操作，市面上許多熱影像儀因都整合在一起，所以解析度部分很難達到要求，因此再選購熱影像儀需特別注意解析度的要求。

在操作熱影像儀拍攝相片同時，需要對環境條件進行監測與紀錄，因此於標準文件中定義要紀錄環境條件的最低要求(如表 9)，這是為了確保當下量測的環境條件，可列入於異常缺陷判定的相關依據。

對於熱影像拍攝的操作首先需於太陽光電系統於試運轉期間，將每片太陽能模組都拍攝一張熱影像，以符合規範要求確保初始太陽光電系統安全，且維運年限需長達四年，這四年期間的查驗頻率需取得業主同意，且業主需提供太陽光電發電系統所有相關的設置資訊，這是為了確保這四年期間，不同人員進行熱影像拍攝對此系統的了解程度。

在戶外進行熱影像拍攝時，需在照度大於 600 W/m^2 、風速小於 4 Btf 、天空雲覆蓋率小於 2 okta ，如果遇到照度與每分鐘中變化大於 10% 以上，則需等待 15 分鐘後才能繼續進行熱影像拍攝；雲的覆蓋率則不包含積雲(如圖 20)，因為會散射量增加。於拍攝視角與太陽能模組夾角應大於 30 度 (如圖 21) 以上，且應盡量避免反射造成量測誤差。如在拍攝出異常處(classes of abnormalities, CoA)，

則需先比對表 10 與表 11 的範例熱影像來比對。在熱影像拍攝完成後，需依據 IEC 62446-3 TS 出具維運的第三方或認證測試報告，提供給業主或需求者

表 8、熱影像儀規格最低要求表

Item	Features	Minimum requirements
1	Spectral response	(2~5) μ m or (8~14) μ m
2	Temperature-range	(-20 ~ 120) $^{\circ}$ C
3	Operating temperature range	(-10 ~ 40) $^{\circ}$ C
4	Thermal sensitivity	NETD \leq 0,1 K @ 30 $^{\circ}$ C
5	Geometric resolution	1. PV module: max. 3 cm length of the edge per pixel 2. Electrical connections: The geometrical resolution has to match the smallest object area to be verified.
6	Absolute error of measurement	< \pm 2 K
7	Adjustable parameters	Emissivity, ambient temperature
8	Adjustable functions	Focus, temperature level and span
9	Measurement functions	Measuring spot, measuring area with average and max. temperature
10	Calibration	The measuring system (Camera, lens, aperture and filter): The camera has to be traceable calibrated at least every two years. The calibration has to be documented. Is the camera not compliant, it has to be readjusted by the manufacturer
11	Documentation	Storing of the infrared picture with the radiometric data

表 9、紀錄環境條件的最低要求

項次	Parameter	Tool to acquire the parameters	Accuracy
1	Irradiance	Irradiance sensor	Calibration: \pm 5%
2	Environmental temp.	Sensor	Calibration: \pm 2 K
3	Wind speed	Bft scale	Estimation

4	Cloud coverage	Photo camera	Estimation
5	Soiling	Photo camera	Estimation
6	Module or string current	DC ampere meter	Calibration: $\pm 2\%$



圖 20、積雲(cumulus clouds)

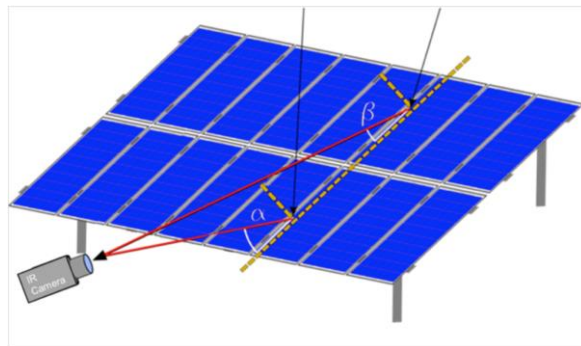


圖 21、熱影像儀與太陽能模組夾角示意圖

表 10、Matrix for thermal abnormalities-1

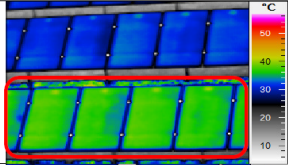
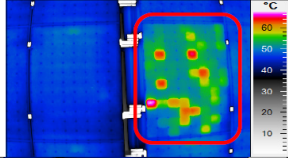
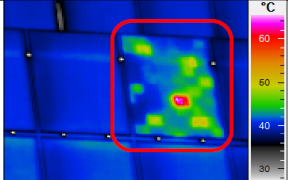
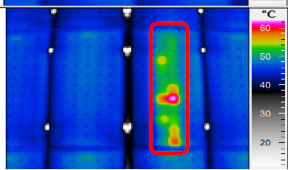
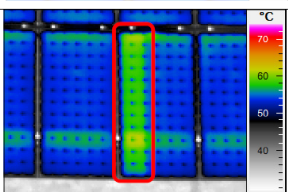
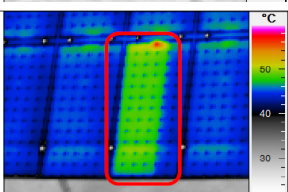
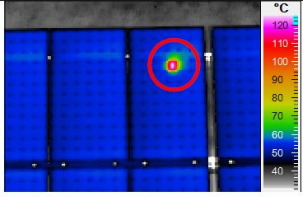
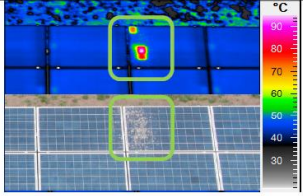
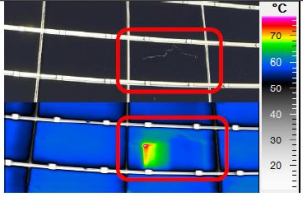
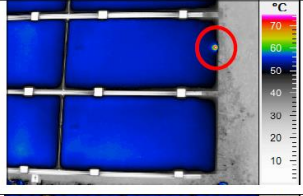
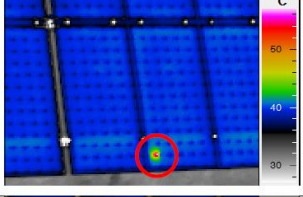
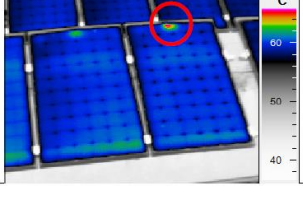
Strings and Modules	Category	CoA	Temperature difference @ 1000 W/m ² to intact device	Definition and additional Information
	Modules in open circuit,	2	2 K – 7 K (@ 15 % module-efficiency mostly 4 K – 6 K)	The module surface is homogeneous heated. ΔT of the junction box is similar to operational state. Check of module, state of operation of inverter and cabling recommended.
	Module in short circuit	2	Averaged 2 K – 7 K over module surface (@ 15 % module-efficiency mostly 4 K – 6 K)	Similar pattern as with broken front glass (check for isolation resistance), PID, cell defects and mismatch. Recommended: check module and cabling.
	Crystalline module with broken front glass	3	Averaged 0 K – 7 K over module surface (@ 15 % module-efficiency mostly 0 K – 6 K)	Beware of high voltage as isolation resistance is lost. Similar pattern as modules in short circuit, with PID, cell defects and mismatch. Sometimes just single broken cells are heated. In the first weeks after the break a module with broken glass can show normal thermal behaviour.
	Substring in short circuit	2	Averaged 2 K – 7 K higher than substring (@ 15 % module-efficiency mostly 4 K – 6 K)	At one or more substrings, easily to be mistaken for cell breakage or cell defects, Potential induced degradation (PID) or mismatch. Recommended: check module and bypass diodes for proper function under reverse biasing.
	1x Substring in open circuit, loss of connection within module junction box or cell connector	2	2 K – 7 K (@ 15 % module-efficiency mostly 4 K – 6 K)	Part of the module surface is homogeneous heated up and heat dissipation by the bypass diode, which is operating, is visible. Temperature difference of the glass on top of the junction box differs with construction. Loss of contact at a cell connection might lead to a serial arc on the module backside surface=> CoA: 3.
	2x Substrings in open circuit, loss of connections within module junction box	2	2 K – 7 K (@ 15 % module-efficiency mostly 4 K – 6 K)	Part of the module surface is homogeneous heated up and heat dissipation by the bypass diodes, that are operating, is visible. Temperature difference of the glass on top of the junction box differs with construction. Loss of contact at a cell connection might lead to a serial arc on the module backside surface=> CoA: 3.

表 11、Matrix for thermal abnormalities-2

Strings and Modules	Category	CoA	Temperature difference @ 1000 W/m ² to intact device	Definition and additional Information
	Single cell with difference in temperature	a) 2 b) 3	a) 10 K – 40 K average value over the cell area b) > 40 K average value over the cell area	Difference in temperature increases with load, cell efficiency and number of cells in a substring. High temperatures mostly caused by broken cells. Might lead to irreversible damage of cell, encapsulation and bypass diodes. Check that there is no shading or soiling.
	Module with cells shaded by dirt	1		Normal dirt as dust or bird droppings on modules will be washed by rain. No further actions recommended.
	Thin film module with broken front glass	3	Averaged 0 K – 7 K over module surface (@ 10 % module-efficiency mostly 0 K – 4 K)	Beware of high voltage as isolation resistance is lost. Similar pattern as modules in short circuit, with PID, cell defects and mismatch. Sometimes just single broken cells are heated. In the first weeks after the break a module with broken glass can show normal thermal behaviour.
	Transfer resistance at cross-connections of a thin film module	2-3	>10K	Difference in temperature increases with load, personal review by a thermograph level 2 or corresponding is recommended.
	Transfer resistance at cell connections of a crystalline module	2-3	>10K	Difference in temperature increases with load, personal review by a thermograph level 2 or corresponding is recommended.
	Heated module junction box	2-3	≥ 3 K Over temperature compared to nearby junction box	Difference in temperature increases with load, personal review by a thermograph level 2 or corresponding is recommended.

肆、心得

太陽光電雖屬間歇性能源，但其技術已相較成熟，以分散式設置，電力可隨發隨用，且其發電時段為用電尖峰時段，可作為尖峰用電之供電來源，減緩尖峰供電壓力。另為達成非核家園願景，政府積極擴大再生能源發展，太陽光電為推動重點，規劃 2025 年達 20GW，並已推動「綠能屋頂 全民參與」政策，鼓勵全民釋出屋頂設置太陽光電發電系統，增加再生能源發電，因此可預期太陽光電未來將日漸普及，成為民生用電供給之重要一環。

隨太陽光電發電系統發展普及，除發電之可靠度及效率為重要關注議題外，對於發電系統長期營運之穩定度及安全性亦將越來越受到重視。針對太陽光電發電系統之規劃、建置、土地管理、消防安全及產品驗證等，我國分別由「電業法」、「再生能源發展條例」、「區域計畫法」、「消防法」及「商品檢驗法」等法令專責管理，爰考量 IEC TC82 為目前太陽光電相關元件標準制定的主要國際會議，其中 WG3 工作小組會議針對太陽光電發電系統之設計、安全及監督規範進行訂定及檢討等相關資訊更為重要，如本次會議會員分享太陽光電災損統計及火災安全等議題，相關資訊值得我國其持續交流，應用於推動國內相關政策之參考，及作為相關法令檢討之借鏡。

本次出國參與 IEC TC82 工作小組會最具收穫之處，為了解其會議之進行之分工方式，其制定標準文件之程序相當嚴謹，充分利用專家及會員參與，並開放觀察員參與專案小組討論，來聚焦具體建議。考量太陽光電之發展及環境變遷快速，且設置過程涉及相關部會法令，如何適度綜整、放寬及簡化，同時亦要確保其符合可靠度、安全性等要求，為現行重要面臨課題，因此前述會議進行，值得我國借鏡經驗，透過綜整相關議題及第 3 方委員會議討論，促進我國專家參與，協助制訂我國相關太陽光電設置規範及給予客觀意見。

伍、檢討及建議

本次出國參與 IEC TC82 項下 WG3 及 WG6 工作小組會議，考量 IEC TC82 為目前太陽光電產品國際標準制定的主要會議，針對太陽光電發電系統之設計、安全及監督規範進行訂定及檢討等相關資訊，對我國太陽光電之政策或技術發展至為重要，爰做以下建議：

- 一、工作小組會議主要為專家意見交流及工作項目分工，參與會議有助於了解 IEC TC82 未來相關標準、技術規範等訂定方向，考量其討論內容多為技術性議題，建議可推薦國內專家參與，長期追蹤了解國際標準訂定趨勢。
- 二、我國可整合國內相關技術及實驗室資源，短期可於 WG 分享我國太陽光電發電系統發展經驗以建立知名度，中期可參與專案小組研究，以於長期爭取擔任專案小組召集人，增加我國制定國際標準之角色，以利尋找成為 IEC 會員之機會。
- 三、我國應持續發展太陽光電發電相關系統之設計、驗證、測量等規範，除與國際接軌外，因台灣位於颱風及地震帶，可公佈相關測試驗證報告，於國際分享台灣的設置經驗。
- 四、我國太陽光電發電系統相關設置標準、規範應持續更新及追蹤國際趨勢，短期可制定自願性加嚴驗證，並視機會建議會議制定對我國相較有利之標準，以利我國相關產業於國際發展。