

太陽光電發電系統職場危害預防研究

.....

A Study of the Workplace Hazard Prevention for Solar Photovoltaic System



太陽光電發電系統職場危害預防研究

A Study of the Workplace Hazard Prevention for Solar Photovoltaic System

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

太陽光電發電系統職場危害預防研究

A Study of the Workplace Hazard Prevention for Solar Photovoltaic System

研究主持人：張承明、賈台寶

計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

研究期間：中華民國 106 年 08 月 04 日至 107 年 08 月 31 日

本研究報告公開予各單位參考
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

中華民國 108 年 6 月

摘要

能源過度的使用即將耗盡地球蘊藏量有限的能源，加上巴黎協定的壓力與排放二氧化碳的管制，如今世界各國均努力推動節約能源、降低排放及開發新能源。太陽能為國內目前戮力推動的再生能源，規劃於 2025 年達成太陽光電累積裝置容量 20 GW 的目標。針對此新興產業，雇主應依職業安全衛生法等法規確保工作人員之作業安全。本研究擬訂屋頂型太陽光電發電系統作業安全查核表、進行現場輔導並編撰作業安全指引提供事業單位參考。

本研究蒐集相關資料並草擬作業安全查核表，舉辦 3 場次專家審查會，由專家審查適用之法規與太陽光電發電系統維護作業安全查核表適宜性。依安全查核表進行 20 場次之專家現場輔導，再依專家建議修正作業安全指引。國內太陽光電發電系統整體建置運作的利害相關者組織繁複，包括屋主、設計規劃廠商、PV 架設廠商、清洗、支架維護、電氣維修、效能監控等承攬商與投資商等，各承攬工作人員對屋頂作業環境並不熟悉，其中以墜落災害較為嚴重。

屋頂型太陽光電發電場所作業適用本部主要法規有 15 項，本研究擬定之太陽光電發電系統安全查核表分不同作業別，及細分作業前、中、後階段的人員、設備、作業方式、作業環境與緊急應變五大面向。依查核表輔導 20 場次，超過半數的場所有部分符合或不符合規定的項目有上下設備、防墜設施、安全通道等。本研究編撰之屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引，內容包括太陽光電維護作業危害評估、屋頂安全設備與作業安全管理等，提供事業單位依各場所設備特性參考應用。建議業者從「源頭管理」的觀點做好防災措施，在設計階段即納入安全措施，並落實各承攬工作人員之承攬安全管理、教育訓練與作業前、中、後階段的安全查核，以保障太陽光電維護作業的工作人員、廠區人員及鄰近人員的安全。

關鍵詞：屋頂型、太陽光電系統、維護作業、安全查核

Abstract

Excessive use of energy is about to exhaust the Earth's limited reserves. Coupled with the pressure of the Paris Agreement and limiting carbon dioxide emissions, countries around the world put a lot effort into energy conservation, emissions reduction and new energy development. Solar energy is the renewable energy currently promoted in Taiwan, with a goal of solar energy capacity 20 GW in 2025. For this emerging industry, employers should ensure the safety of workers in accordance with the Occupational Safety and Health Law. The purpose of this study is to make safety checklists for on-site counseling and compile a safety guidance as a reference for work safety for roof-type PV systems.

This study collected relevant materials and three expert review meetings were held. The applicable regulations and the safety checklists for the maintenance of the solar photovoltaic power generation system were reviewed by experts. Twenty on-site expert counseling was conducted according to the safety checklists. The relevant organizations for construction and operation of PV systems are complicated and include landlords, PV system planners, PV erectors, PV performance monitors, PV maintenance/cleaning contractors and investors, etc. The contracted workers for the roof environment are unfamiliar with the roof-type PV hazards, and the most serious type of incident among the related PV incidents was the falling injury.

There are 15 applicable occupational safety and health related regulations for the roof-type PV sites. In this study, more than half of the 20 PV sites that failed to meet the requirements of regulations included not having the roof climbing stairs, fall arrest facilities and safe passages, etc. The safety guidance for the maintenance work on roof-type PV sites compiled in this study includes hazard assessment, roof safety equipment and safety operation management, etc. For practical use, managers can utilize this safety

guidance according to the characteristics of each PV site. It is recommended that the PV industry take preventive measures from the perspective of “source management”, with safety measures being incorporated in the design stage. For the contractors working on the roof-type PV sites, it is also important that the staff's training, contractor management and the safety check before, during and after the maintenance should be well managed in order to ensure the safety of the maintenance workers, plant personnel and the near-by people.

Keywords : Roof type, Solar photovoltaic system, Maintenance, Safety checklist

目次

| | |
|-----------------------------|-----|
| 摘 要 | i |
| Abstract | ii |
| 目次 | iv |
| 圖目次 | vi |
| 表目次 | vii |
| 第一章 計畫概述 | 1 |
| 第一節 前言..... | 1 |
| 第二節 目的..... | 3 |
| 第三節 研究方法與步驟..... | 4 |
| 第二章 國內太陽光電產業概況 | 6 |
| 第一節 產業現況..... | 6 |
| 第二節 太陽光電發電場所運作模式..... | 10 |
| 第三節 太陽光電發電場所潛在危害..... | 12 |
| 第四節 太陽光電發電場所職業傷害案例..... | 15 |
| 第三章 太陽光電發電場所作業安全相關規定 | 19 |
| 第一節 國內太陽光電發電系統相關法規..... | 19 |
| 第二節 國外太陽光電系統相關法規..... | 22 |
| 第四章 太陽光電發電場所作業安全查核與輔導 | 31 |
| 第一節 太陽光電發電場所作業安全查核..... | 31 |
| 第二節 太陽光電發電場所作業安全輔導..... | 34 |
| 第三節 太陽光電發電系統職場安全指引..... | 38 |
| 第五章 結論與建議 | 44 |
| 第一節 結論 | 44 |
| 第二節 建議..... | 45 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 誌謝 | 47 |
| 參考文獻 | 48 |
| 附錄一 太陽光電作業適用法規與安全查核表、指引專家座談會 | 51 |
| 附錄二 架設/拆除作業安全查核參考表 | 53 |
| 附錄三 太陽光電發電廠所現場輔導紀錄表 | 61 |
| 附錄四 屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引 | 81 |

圖目次

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| 圖 1 | 本研究之執行流程圖..... | 5 |
| 圖 2 | 106 年全國發電總裝置容量及占比（燃料別）..... | 7 |
| 圖 3 | 106 年全國發電量及占比（燃料別）..... | 7 |
| 圖 4 | 太陽光電發電系統生命週期階段圖..... | 9 |
| 圖 5 | 太陽光電發電系統運作關係圖..... | 11 |
| 圖 6 | 各國發展再生能源發展流程示意圖..... | 30 |
| 圖 7 | 太陽光電系統生命週期各階段相關作業..... | 31 |
| 圖 8 | 不合法規規定之廠家數..... | 36 |

表目次

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 表 1 | 國內外太陽光電技術發展指標..... | 2 |
| 表 2 | 國內太陽光電發電場所災害案例..... | 16 |
| 表 3 | 國外太陽光電發電場所災害案例..... | 17 |
| 表 4 | 國內太陽光電發電系統相關法規或規範..... | 20 |
| 表 5 | 國外太陽光電發電場所相關規定..... | 27 |
| 表 6 | 太陽光電發電場所作業安全規定與資訊..... | 29 |
| 表 7 | 太陽光電發電場所作業安全輔導廠商..... | 35 |
| 表 8 | 受輔導場所較常違反法規的項目..... | 37 |
| 表 9 | 太陽光電發電系統相關指引大綱..... | 39 |

第一章 計畫概述

第一節 前言

自然界生生不息的生命 靠能源維繫運作，工業革命後，因能源的使用型態大幅改變，開啟大量機械化、自動化，高耗能的時代。然而過度使用能源的警訊已發出，蘊藏量有限的能源將耗盡，石化能源燃燒產生的二氧化碳造成酸雨、溫室效應、氣溫異常的聖嬰現象與生態環境的破壞。如今世界各國已必須積極開發新的無污染替代能源，及有效的利用能源、節約能源，才能解決未來人類的能源問題。加上京都議定書的壓力，各國排放二氧化碳之管制，更使得各國在推動節約能源、降低排放及開發新能源上不遺餘力，再生能源包括太陽能、水力發電、燃料電池、地熱、風力發電、波浪發電、潮汐能。郭成聰指出 [1]，如今臺灣面臨廢核氛圍，雖有地狹人稠的困境，但啟用太陽能已是刻不容緩的議題。

太陽光電係利用太陽電池直接將太陽光能轉換成電能方式，楊秀宜等研究指出太陽能電池之分類可概分成晶圓及薄膜 2 大類，晶圓包括矽晶及化合物，薄膜可概分成矽薄膜、化合物薄膜及有機染料。矽晶晶圓有單晶矽、多晶矽、及 HIT (Heterojunction with Intrinsic Thinlayer)，化合物晶圓主要為砷化鎵。矽薄膜有非晶矽、微晶矽、及堆疊型，化合物薄膜有鎘碲及銅銦鎵硒 2 種 [2]。目前已發展出多種類太陽電池，包括單晶矽太陽電池、多晶矽太陽電池、非晶矽太陽電池、CdTe 薄膜電池、CIGS 薄膜電池、染料敏化薄膜電池、有機材料電池等 [3]。2015 年我國太陽電池產量達 9.46GW，為全球第 2 大製造地區，全球占比達 16.7%。

能源產業技術白皮書指出國內太陽電池元件製造產業，為全球第二製造國，具有國際競爭優勢，未來規劃將以系統服務為導向。目前短期目標為開發可撓式輕量 CIGS 太陽電池 (銅銦鎵硒 (Copper Indium Gallium Diselenide, CIGS) 化合物薄膜太陽電池)，未來可應用於民生用穿戴式裝置、3C 電子產品輔助性電源、屋頂及建築一體型太陽光

電系統等。兼具輕量、美觀、環境優化等優勢，明顯分割出有別與矽晶電池之市場，成本約 0.4 瓦/美元，轉換效率可達 14%，符合下世代低成本與高效率之產業需求。矽晶太陽電池中單晶 PERC 電池量產效率已達 20.5% 以上，而異質接面薄本質層 (HIT) 及 Rear Contact Cells (包含 Interdigitated Back Contact 等結構) 也將快速發展，為中期高效率矽晶電池技術重要選項，未來效率可在 22% 以上。此外，n 型晶片導入，將成為高效率電池未來發展之關鍵。第三代太陽電池技術染料敏化太陽電池 (Dye Sensitized Solar Cell, DSSC) 能在弱光環境下發電，以行動能源與室內使用概念為主。此外在有限設置面積限制下，開發多元、多功能性之應用及與建築整合之技術，亦是歐、美、日等國家之發展趨勢。國內外太陽光電技術發展指標彙整如表 1：

表 1 國內外太陽光電技術發展指標 [3]

| 技術項目 | 國外發展指標 | 國內發展指標 |
|--------------|---|--|
| 矽晶太陽電池 | <ul style="list-style-type: none"> ● P-type 傳統單晶 (PERC)：21% ● P-type 傳統多晶 (PERC)：19.5% ● N-type 硼射極結構：21% ● N-type IBC 結構：25% ● N-type HIT 結構：24.7% | <ul style="list-style-type: none"> ● P-type 傳統單晶 (PERC)：21% ● P-type 傳統多晶 (PERC)：19.5% ● N-type 硼射極結構：21% ● N-type IBC 結構：22.5% ● N-type HIT 結構：23% |
| CIGS 薄膜太陽電池 | <ul style="list-style-type: none"> ● 共蒸鍍 CIGS 太陽電池效率：21.7% ● 真空濺鍍製程模組效率：16.0% ● 非真空 CIGS 模組效率 14.3% ● 無錫緩衝層：InS、ZnS(O,OH) ● 輕量化模組(1m×1.3m×1.5mm)重量 6kg | <ul style="list-style-type: none"> ● 真空濺鍍製程模組效率：16.5% ● 非真空 CIGS 太陽電池效率：13.98% ● 無錫緩衝層：InS、ZnS(O,OH) |
| DSSC 模組效率與壽命 | <ul style="list-style-type: none"> ● 9.9% @1 sun, 17.11cm² | <ul style="list-style-type: none"> ● 9.1% @ 1 sun, 11×11 cm², ITRI ● 12-13% @ 1,000- 10,000lux, 11×11 cm², ITRI ● 使用壽命室內>7 年 |

民國 105 年 07 月起我國實施「太陽光電 2 年推動計畫」，再生能源發電量達 127 億度，佔總發電量 4.8%，其中太陽光電佔再生能源發電量 8.9%，較民國 100 年之 0.8% 上升 8.1 個百分點，成長快速，在 105 年至 106 年連續 2 年成長率高達 45%。至 107 年 5 月太陽光電首度超越水力發電的裝置容量，成為第 1 名的再生能源。107 年 12 月已累積太陽光電設置量達 1.7 GW，超越 1.52 GW 的計畫目標。政府並致力於民國 114 年提升再生能源發電占比達 20%，其中太陽光電累積裝置容量目標為 20GW，包括屋頂型設置目標 3GW 與地面型設置目標 17GW。

根據經濟部能源局資料顯示，106 年 01 至 11 月同意備案核准之件數即超過 4,100 件，針對此新興產業，雇主應依職業安全衛生法等法規確保工作人員之作業安全。

第二節 目的

本研究探討屋頂型太陽光電系統之作業安全，太陽光電發電場所為矽晶太陽能電池產業之下游產業，包括系統建置與應用，國內相關研究較少，國外近期有相關危害報導，災害類型多樣，包括墜落、切割、火災、跌倒、感電、高溫燙傷、負重倒塌等。針對此新興產業，本研究主要目的為編製屋頂型太陽光電發電場所作業安全指引，提供業者參考，以預防災害發生。

研究之內容如下：

- 一、瞭解國內太陽光電發電產業現況、職業傷害案例、國外太陽光電發電場所作業安全相關規定。
- 二、製作太陽光電系統作業安全查核表，做為現場輔導查核參考。
- 三、依安全查核表進行太陽光電發電場所作業安全輔導並提出改善建議。
- 四、研擬屋頂型太陽光電發電場所作業安全指引，提供業者自主管理使用。

第三節 研究方法與步驟

本研究之執行方法與流程說明如下：

一、資料蒐集與彙整

- (一) 蒐集國內推動太陽光電發電實施情形、運作模式等產業現況—藉由文獻等資料了解太陽光電發電場所架設情形，及參訪太陽光電發電場所等單位，諮詢產業現況。
- (二) 太陽光電發電場所職業傷害案例—蒐集國內外相關的重大職災資料。
- (三) 國外太陽光電發電場所作業安全相關規定—蒐集國外相關規定。並重點說明各國規範內容。

二、研擬太陽光電發電場所作業安全查核表—屋頂型

- (一) 針對屋頂型太陽光電系統之架設、維護等階段，製作安全查核表—蒐集國外作業安全相關規定，諮詢太陽光電發電系統商業同業公會、太陽光電發電場所負責人及訪視相關架設維護廠商後，研擬作業安全查核表。
- (二) 邀請相關專家審核太陽光電發電場所安全查核表之內容，再依專家意見進行修正。

三、現場輔導太陽光電發電場所作業安全 20 場次

- (一) 依據前項研擬之安全查核表，針對屋頂型太陽光電發電場所之作業安全進行輔導。
- (二) 依據輔導結果提出改善建議，並檢討安全查核表之適用性，酌予修正。

四、研擬太陽光電發電系統職場安全指引—屋頂型

- (一) 依據所蒐集國內外太陽光電發電場所作業安全相關規定，以及現場輔導之經驗，做為指引之撰寫基礎；並諮詢太陽光電發電系統商業同業公會、太陽光電發電場所負責人及架設維護廠商等相關單位之建議。
- (二) 依據研擬太陽光電發電系統職場安全指引—包含墜落、切割、火災、跌倒、感電等潛在危害之預防與緊急應變等項目。
- (三) 辦理專家座談會，確認指引內容的適宜性。

五、探討屋頂型太陽光電發電場所作業之適用法規

探討屋頂型太陽光電發電場所之適用法條，並諮詢相關專家意見。

本研究流程如圖 1 所示，依序為資料蒐集、產業現況蒐集、研擬架設與維護安全查核表、召開專家會議審查，修正查核表後進行現場輔導，再依據輔導結果編撰屋頂型太陽光電發電場所作業安全指引，經專家審查修正後提供事業單位參考應用。

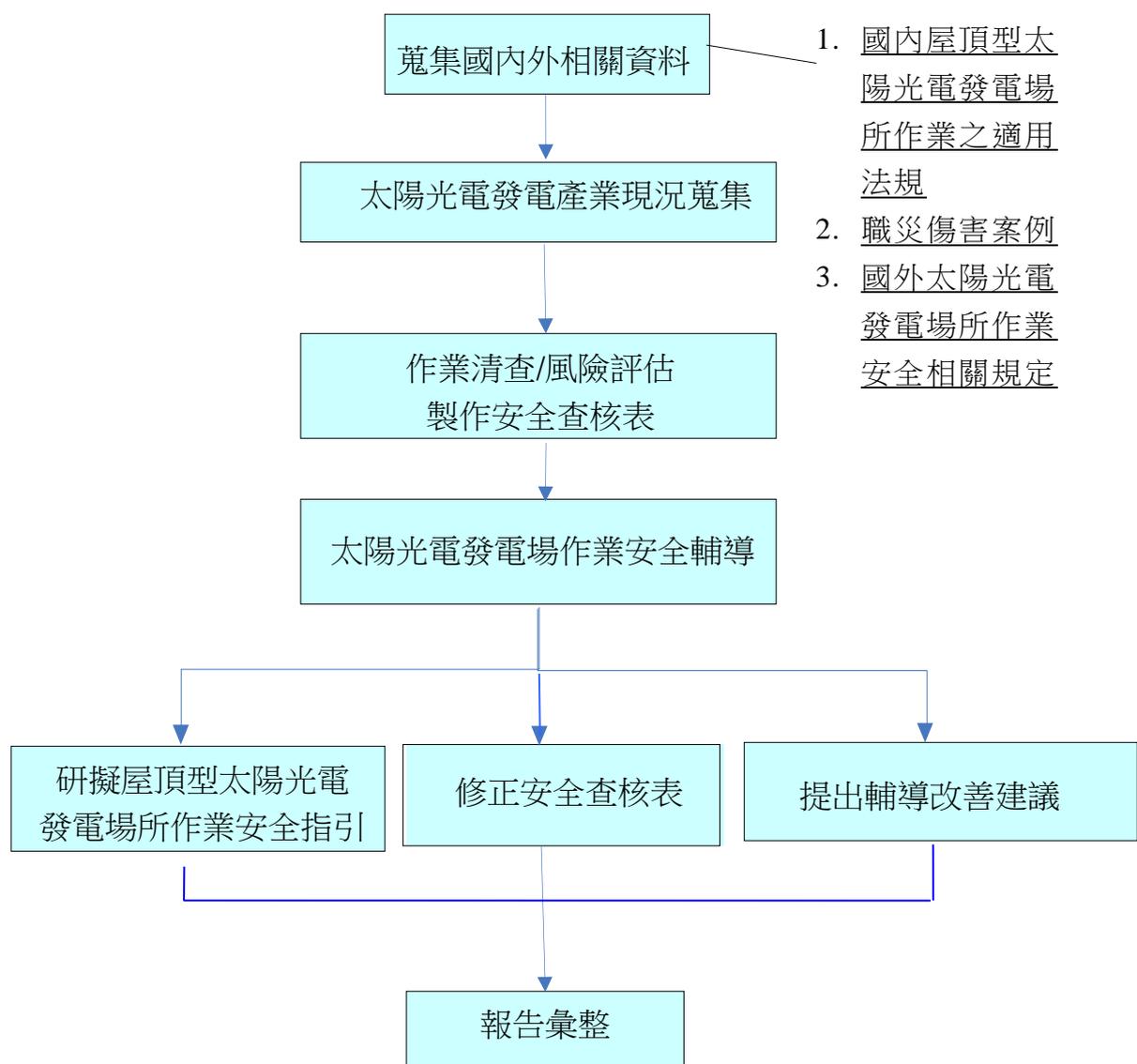


圖 1 本研究之執行流程圖

第二章 國內太陽光電產業概況

第一節 產業現況

我國於 2015 年 7 月 1 日公布施行「溫室氣體減量及管理法」，2017 年 2 月行政院核定「國家因應氣候變遷行動綱領」，並於 2018 年 1 月核定第一期溫室氣體階段管制目標，設定 2020 年溫室氣體排放量較 2005 年（基準年）減量 2%，2025 年相較基準年減量 10% 及 2030 年較基準年減量 20% 為努力方向。行政院並於 2016 年 06 月成立「能源及減碳辦公室」，完成「太陽光電 2 年推動計畫」，加速我國太陽能再生能源發電量。因應新能源時代，經濟部能源局 2017 年的新能源政策包括擴大再生能源於 2025 年佔 20% 以上，並建立國內太陽光電產業供應鏈。國內有良好之日照條件，同時兼具優良之半導體技術基礎，實具備發展太陽光電之良好立基 [3]。政府預估推動太陽光電所帶動之創造就業效益，以 107 年 2.46 GW 累計設置目標，將新增 9,120 人次就業[4]。

依據經濟部能源局 106 年全國電力資源供需報告，106 年全國發電裝置容量為 4,971 萬瓩，其中以燃煤機組(1,840 萬瓩，占 37%)與燃氣機組(1,522 萬瓩，占 31%)為主要機組；再生能源的裝置容量有 528 萬瓩，約占全國總裝置容量的 11%，包括慣常水力(209 萬瓩)、風力(69 萬瓩)、太陽光電(177 萬瓩)、廢棄物(63 萬瓩)及生質能(10 萬瓩)。各發電裝置種類之裝置容量分布如圖 2 所示[5]。

106 年全國總發電量 2,703 億度，以燃煤發電(1,259 億度，占 47%)及燃氣發電(934 億度，占 34%)為主要來源。再生能源的發電量占全國總發電量 5%，其中，慣常水力發電(54 億度，占 2%)為最多，其次為廢棄物發電（主要為垃圾發電）33 億度；風力及太陽光電再次之，發電量各約 17 億度，如圖 3 所示[5]。

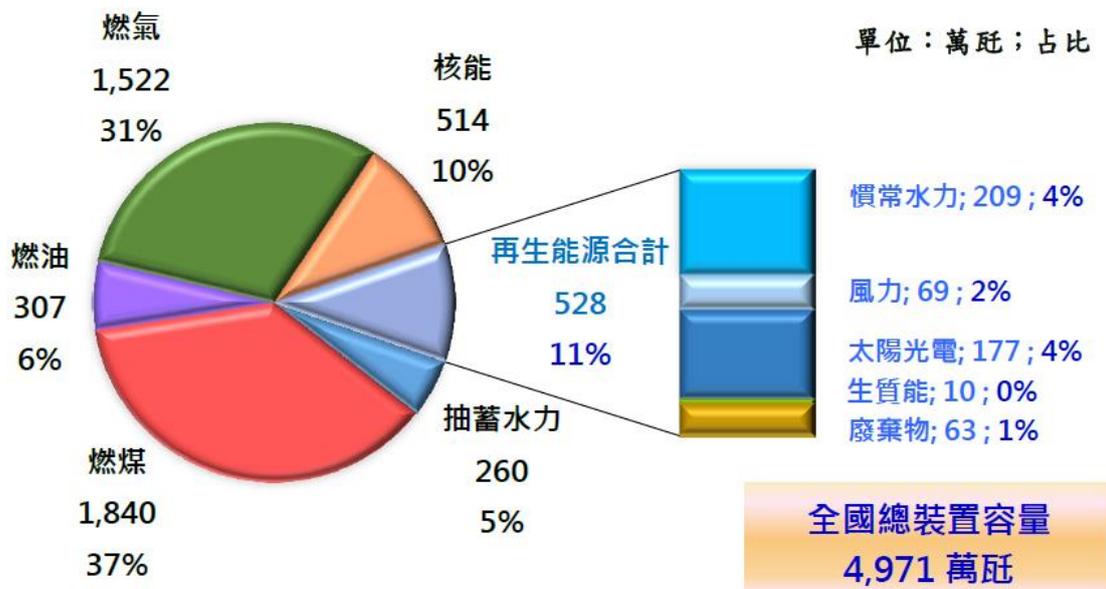


圖 2 106 年全國發電總裝置容量及占比（燃料別）[5]

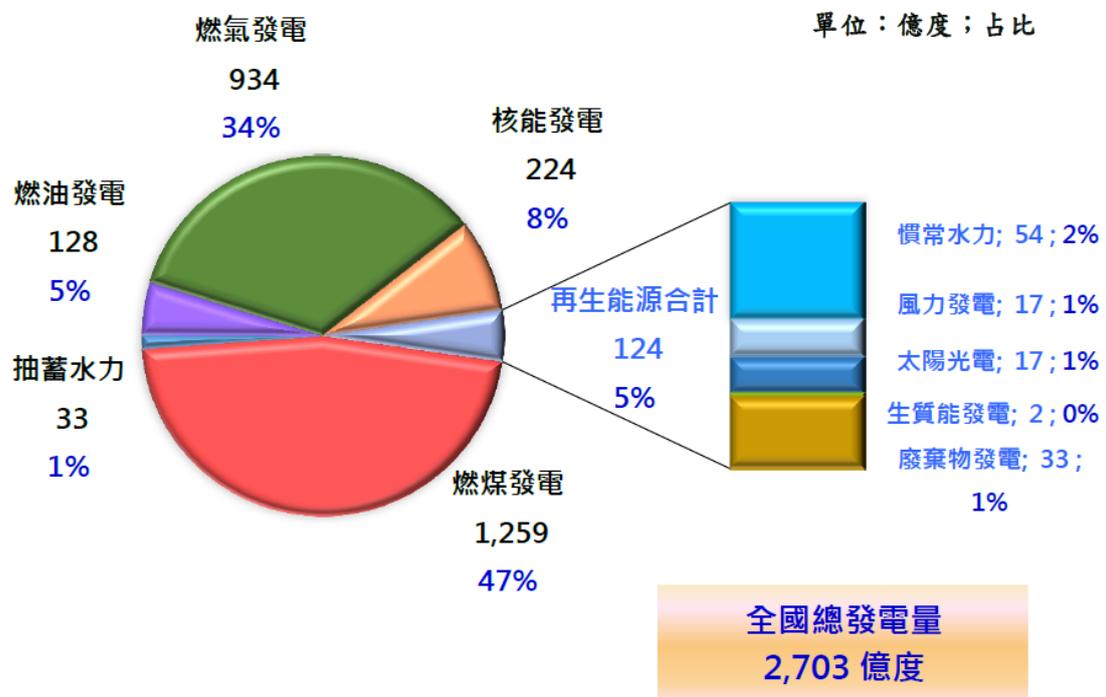


圖 3 106 年全國發電量及占比（燃料別）[5]

太陽光電發電系統依據設置地點，可分為屋頂型及地面型 2 種類型，國內屋頂型太陽光電發電系統推動設置地點包含：中央公有屋頂、工廠屋頂、農業設施與其他屋頂（如住家、商用、縣市公有屋頂等）；地面型設置地點包含：鹽業用地、地下水管制區第一級管制區、水域空間（水庫、滯洪池、埤塘、魚塭）、已封存之掩埋場及受污染土地等各類型。

其中水域型太陽能發電是利用地上各項設施、土地，包含水庫、滯洪池、埤塘、魚塭、淨水場及堤防等，採浮動或固定式太陽能發電系統。由經濟部水利署負責推動水庫及滯洪池之太陽光電發電系統設置，農委會負責埤塘及魚塭之推動。國內浮動式太陽能光電系統已在屏東大武丁滯洪池、臺南樹谷園區滯洪池、永康科技園區滯洪池等多處建置。

有關浮動式太陽能裝置容量，全球近年來成長快速，該技術在 2014 年時，全球裝置量僅 10MW；隨著技術發展越成熟，採用的國家越來越多，裝置容量也越來越大，近年來全球裝置量是成指數型成長，至 2018 年已達到 1.1GW，4 年間成長了百倍，由於浮動式太陽能不受土地面積影響，其發展前景頗受看好[6]。

浮動式太陽能主要是把模組裝置在浮筒上，浮筒以纜線錨固於水底或連接到岸邊或其他物體來固定，隨水位變化而升降，面板不是直接浮在水面上。浮動式太陽能因需要裝設浮筒、錨泊設備和彈性較高的電子元件，因此成本比地面型或屋頂型太陽光電要高，但該設備的好處在於其不佔用土地資源、水體冷卻有助於面板降溫並提高發電效率、太陽能板提供水的蔽蔭並限制風的蒸發效應使能減少水面的水分的蒸發、抑制藻類繁殖改善水質、減少設置場地的準備工作(例如在土地上需設置架構基礎)，以及浮體架台組裝簡易。但水上大面積裝設浮動式太陽能板，仍有破壞景觀與驚擾野生動物之疑慮。

基於政府保證購電 20 年、保證併聯及合理的利潤，國內已加速太陽光電（Photovoltaic，簡稱 PV）發電系統之設置，國內有意願投資者設置太陽光電系統的步驟如圖 4，為一般太陽光電發電系統生命週期階段圖：

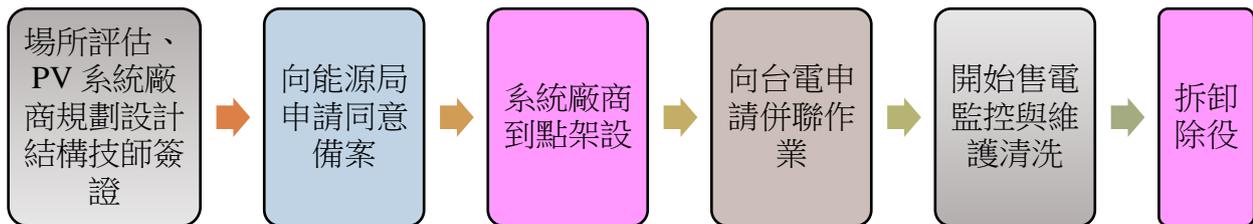


圖 4 太陽光電發電系統生命週期階段圖

本計畫主要係探討屋頂型太陽光電發電系統。在投資者選擇適當地點或屋頂後，由 PV 系統廠商開始至預定場所進行勘查及丈量後，規劃設計 PV 規模，屋頂加上 PV 設備之承重安全交由結構技師簽認，再將整體設計附上結構計算書，向能源局申請通過後，才請系統廠商架設；依圖施工架設完竣後，向台電申請併聯作業，開始監控售電、維護、清洗作業、更換模組、天災檢修與最後拆除之階段。此流程顯示源頭管理應從設計端即納入所有作業安全的風險管控，包括結構安全、上下設備、安全通道、防墜設施及必要之圍欄等，使工作人員從初期評估至拆除階段所需之作業，均能安全地完成執行。

國內相關業者如中華民國太陽光電發電系統商業同業公會之 259 家廠商，其業務內容包括太陽光電系統之工程規劃、可行性評估、設計、施工、維護、檢測、操作、相關軟硬體構建與技術服務，各種應用設備、產品、控制、零件之銷售、安裝、維修，及有關材料產品之銷售、安裝、服務等業務。

目前國內面板大廠如友達光電股份有限公司已加速太陽能系統布建，並協助集團企業及客戶發展綠色能源，包括國內各地公有屋舍、社區及工業廠房等。另有台灣太陽光電產業協會，係由太陽光電相關上游生產業者 94 家（矽材料、矽晶圓、太陽電池、模組、系統、製造生產設備、周邊元件等）與工業技術研究院發起成立的非營利性組織，整合國內資源提供產官學交流平台，研議解決各項 PV 議題。

依據能源局提供之資料顯示，僅 106 年 1 月至 11 月國內太陽光電發電場所同意備案者即有 4,100 處所。其中北（新竹以北）、中（苗栗-雲林）、南（嘉義以南）之分布量分別為 500、1,600 及 2,000 處；PV 場所規模依太陽能電池發電量區分則有 30 KW 到 1.5 MW；有地面式、平屋頂型、斜屋頂型及水面式太陽光電發電場所。與 PV 運作相關之 PV 從業人口組成複雜，包括 PV 設計規劃廠商、架設廠商、PV 維護廠商、PV 清洗廠商、PV 效能監控廠商等。依太陽光電發電系統商業同業公會估計之相關廠商應超過 259 家廠商；PV 維護廠商規模有 3 人至 30 人，清洗廠商則均為更小型之事業單位。

第二節 太陽光電發電場所運作模式

PV 系統架設之核准作業可委由系統設置廠商代為申請。國內整體太陽光電系統建置的利害相關者眾，可能包括地主、售電業者、PV 製造廠、PV 架設廠商、PV 維護/清洗廠商、PV 效能監控廠商、投資商與金融機構等；各 PV 場所之運作模式不盡相同。相關運作模式如圖 5 所示。

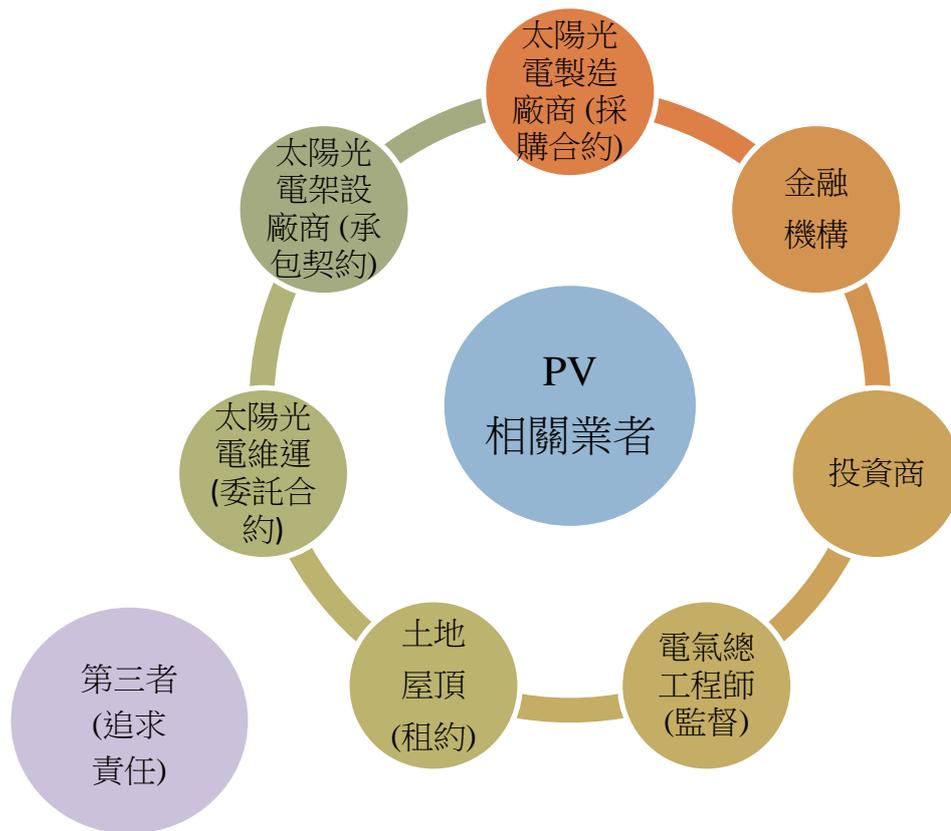


圖 5 太陽光電發電系統運作關係圖

屋頂型太陽光電系統的架設作業之執行，或是由屋頂擁有者、或是金融機構等投資者委託、或是 PV 製造商委託支架廠商架設、或是支架供應廠商承接 PV 架設工程；使用材料包括鋁製或鍍鋅支架，防鏽及穩固為重要之考量；目前 PV 大部分為單晶、多晶的太陽電池，壽命可長達 20 餘年。太陽發電能源應用方式如中國大陸國家能源局所述的方式，有「自發自用」、「餘量上網」與「電網調節」等方式 [7]，國內 PV 發電場所大致為純租屋頂、自發自用、自發餘售、委發併網等。一般運作模式大致分為下列幾種類型：

- 一、 公司僅出租屋頂收租金，合約有時含屋頂維修，由統包商進行委託架設/運維/清洗，與監控售電。

- 二、 公司自有屋頂委託架設/監控/運維/清洗，自售電。
- 三、 公司自有屋頂委託架設，自行監控/運維/清洗，自售電。
- 四、 公司自有屋頂委託架設/運維/清洗，自行監控，自售電。
- 五、 公司租屋頂委託架設/監控/運維/清洗，自售電。
- 六、 公司租屋頂委託架設，自行監控/運維/清洗，自售電。
- 七、 公司租屋頂委託架設/清洗，自行監控/共同運維，自售電。

屋頂型太陽光電發電運作模式，於售電部分則與台電為併聯方式，分別有高壓併聯及低壓併聯兩種；高壓併聯之高壓電作業多為由台電施作，工廠型太陽光電系統之維護作業者在門口警衛室登記後，進入廠區電氣室中 PV 系統之 AC 箱、DC 箱、變流器，進行關斷檢修，有時是業主的員工進行關斷動作，維修人員再爬高至屋頂進行 PV 系統與支架之檢查，如線路鬆脫、破損、表面污漬、裂紋、雜草、鳥糞、積水或飛行動物屍體等異狀。大部分維護清洗為承攬作業，極少數有共同作業情形，作業前因要進行斷電工作，維護廠商才可上去作業，需依訂定之書面斷電復電程序，雙方須共同確認斷電復電之動作，避免影響原廠之運作。

第三節 太陽光電發電場所潛在危害

太陽光電產業鏈包括太陽光發電裝置及其相關專用零組件、材料、晶圓、電池、模組、設備及其發電系統領域所涉及之製造、安裝及維運相關產業 [3]，能源局指出太陽光電系統的安全性、可靠度、耐久性及品質可透過系統完工驗收及營運中檢測、驗證、維護等相關技術投入，以延長系統整體運轉壽命。包括電氣安全、消防安全及結構安全等皆需要配合相關法規之檢討修正，以及在設計、施工方面之技術提升與施工查核、運轉檢查之執行配合等，才有可能確實落實成效，避免系統受到天然災害或火災而影響

系統安全及相關人員的安全[3]。

有關太陽光電系統品質、可靠度及安全性提升技術，國內依據 IEC62446、IEC61829 建立多項太陽光電系統檢測技術，包含現地模組瑕疵或缺陷檢查技術、系統目視檢查技術、設備接地連續性測試、串列開路電壓與極性測試、串列運轉電流測試、組列絕緣電阻測試及組列 I-V 特性量測等，並建立系統性能診斷分析與評估技術，協助業者提升系統品質、確保系統維運作業安全與可靠度[3]。

利用太陽光電系統（以下簡稱 PV）之發電場所，外在環境（風、雨、空氣中微粒等）會導致太陽能板的老化，內部則有太陽能電池在運作期間老化的問題，包括模組、包覆材料、黏合材料、接點，濕氣侵入與半導體材料老化 [8]。太陽光電系統維運作業涵蓋面甚廣，需要異業整合，包括設備供應商、電氣、清洗工作人員、支架維修人員及檢查人員等，各方須共同確認主要安全議題，建立維運作業安全之共識，使作業人員有所遵循。

一、潛在危害

本所 2013 年太陽光電發電系統之作業安全研究報告指出，安裝維護太陽光電發電系統發生危害種類包括墜落、物體飛落、被撞、切割、火災及感電等 [9]，當時蒐集的國內外政府對於太陽光電系統作業安全並未有特定之規定，僅有安裝規定，除日本 RT 公司之 PV 施工安全手冊外，其他很少提及。

國外近年已陸續出版太陽光電發電場所安全相關規範或手冊，例如美國舊金山市建立消防人員太陽光電系統安全與滅火程序，提及太陽光電發電場所潛在危害為感電、燙傷、滑倒、跌倒、墜落、屋頂荷重、危害物質吸入、及電池製造物質火災引起之氣體危害（磷、鎘、碲、砷、鎘）等，可提供維運與消防人員參考[10]。太陽光電系統裝置

維護保養相關危害如清理光滑且傾斜的屋頂表面作業，盡量利用安全母索、安全帶、防墜裝置、防墜網、防墜柵欄等。關於太陽光電系統維護作業須注意工作人員的專業能力(具相關技術知能並了解如何防災)、開關電源程序、安全須知(安全作業標準、上鎖掛籤、個人防護等)、其他安全配備(電弧光害警告標誌、防電弧等級個人防護、滅火器、急救設備、急救員)、警告標誌、不可單獨作業等[11]。

國內為邁入減碳新能源時代，發展無污染替代能源，政府近年鼓勵事業單位建立太陽光電發電系統，但太陽光電系統許多屬於高處作業或屋頂作業，事業單位需知道職場危害預防相關資訊，預防墜落、火災等災害之發生。

二、職災補償及賠償責任

由於屋頂型太陽光電發電運作模式多樣化，利害相關者眾，業者須瞭解其在危害預防方面的職責，職業安全衛生法第 25 條規定原事業單位職業災害補償及賠償負連帶責任，第 26 條有關承攬危害告知，第 27 條為共同作業必要措施。有關「原事業單位」之認定，可參考勞動部 106 年 9 月 22 日行政命令「加強職業安全衛生法第二十六條及第二十七條檢查注意事項」。相關法條列示如下[12]：

職業安全衛生法

第 25 條

事業單位以其事業招人承攬時，其承攬人就承攬部分負本法所定雇主之責任；原事業單位就職業災害補償仍應與承攬人負連帶責任。再承攬者亦同。

原事業單位違反本法或有關安全衛生規定，致承攬人所僱勞工發生職業災害時，與承攬人負連帶賠償責任。再承攬者亦同。

第 26 條

事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨本法及有關安全衛生規定應採取之措施。

承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人。

第 27 條

事業單位與承攬人、再承攬人分別僱用勞工共同作業時，為防止職業災害，原事業單位應採取下列必要措施：

- 一、設置協議組織，並指定工作場所負責人，擔任指揮、監督及協調之工作。
- 二、工作之連繫與調整。
- 三、工作場所之巡視。
- 四、相關承攬事業間之安全衛生教育之指導及協助。
- 五、其他為防止職業災害之必要事項。

事業單位分別交付二個以上承攬人共同作業而未參與共同作業時，應指定承攬人之一負前項原事業單位之責任。

第四節 太陽光電發電場所職業傷害案例

國內擴展綠電下，已有眾多工程在屋頂上設置太陽光電系統，設置後尚有 20 餘年的維護作業階段，其安全管理不可不慎。本研究蒐集 106 年 1 月至 107 年 5 月國內於太陽光電發電場所發生之重大職災案例共計 6 件，主要為高處墜落災害，如表 2 所示。另蒐集國外太陽光電發電場所相關之職災案例，如表 3 所示。太陽光電發電系統在架設階段或場地初勘時期，上下屋頂及屋頂上作業，完全無任何防墜措施，屬於高風險作業，很容易發生墜落災害。

表 2 國內太陽光電發電場所災害案例

| 日期 | 地點 | 災害簡述 | 主要類型/媒介物 |
|-----------|-----|---|---------------------|
| 106/03/23 | 台南市 | 廠房屋頂太陽能模組及鋁支架安裝工程，踏穿採光罩 (7m) | 類型：墜落、滾落 媒介物：屋頂 |
| 106/04/14 | 台中市 | 廠房現勘，屋頂上踏穿採光浪板 (7.8m) | 類型：墜落、滾落 媒介物：屋頂 |
| 106/07/24 | 嘉義縣 | 豬舍屋頂鋼浪板鋪設作業，踏穿屋頂石綿瓦墜落至豬舍內地面(約 3.75m) | 類型：墜落、滾落 媒介物：屋頂 |
| 106/11/04 | 台南市 | 廠房屋頂由塑膠採光浪板及烤漆浪板構成，清洗太陽能板，罹災者踏穿採光浪板墜落 (10.67m) | 類型：墜落 媒介物：屋頂 |
| 107/01/03 | 宜蘭市 | 廠房屋頂進料作業，查看分料作業時採踏到採光罩墜落 (8.99m) | 類型：墜落 媒介物：屋頂 |
| 107/01/19 | 臺南市 | 民眾想安裝太陽能板，現場勘驗員從天花板（輕鋼架鋪設氧化鎂板）爬上天花板與屋頂間夾層之平臺，夾層邊緣有鐵門通往頂樓查看屋頂（約 3m），從天花板墜落 | 類型：墜落、滾落 媒介物：天花板 |

表 3 國外太陽光電發電場所災害案例

| 編號 | 地點 | 災害簡述 | 災害主要原因 |
|----|---------|--|--|
| 1 | 美國加州 | 太陽能板起火燃燒。傷亡不明。 | 因未正確安裝，造成太陽能板起火燃燒。 |
| 2 | 美國加州 | 因導管的熱膨脹和收縮導致兩個部份段開連接，短路高壓直流迴路，燃燒太陽光電電池板並損壞建築物的屋頂。 | 因為導管短路，造成太陽能板起火燃燒。 |
| 3 | 美國科羅拉多州 | 太陽能板中間被燒出一個大洞。 | 因接線盒故障引起火災。 |
| 4 | 日本岐阜縣 | 某處民宅從事設置太陽光電發電系統某部分施工，原來應該由設置主要成員負責，在屋頂上安裝太陽能轉換模組與電氣配線，但是發生事故的是在屋頂下方從事電氣工程的工程員。根據分析，該高齡者以個人事業單位去承攬電氣工程，從事太陽光發電系統部分施工，因為不習慣在高處作業者，或在高處作業時姿勢不正確，站在爬梯上作業時，因為爬梯傾倒，重心不穩而墜落發生職業災害 [9]。 | 作業員墜落可能因高齡者或不習慣高空作業造成傷害。 |
| 5 | 日本和歌山縣 | 在海南省某民宅從事太陽光發光面板的一名製造商進行銘板作業時，不慎自屋頂墜落，頭部受到強烈撞擊，不治死亡 [9]。 | 該作業場所沒有裝設防護網，當時僅有一名勞工作業，不慎墜落死亡。 |
| 6 | 日本信越區 | 屋頂上 PV 發生了火災。火災發生前三天，一位居民告訴經銷商“有一太陽能光伏斷路器下降”。作業員檢查接線漏電，發現四根弦中第二根弦發生絕緣失效，並切斷第二根弦的連接。從外觀上看，沒有發現特殊的異常。火災發生時，居民在屋頂上以園藝水管滅火。燒毀的三個太陽能電池 | 火災調查結果並不明確，可能因小動物咬電線，倒下的電線點燃枝葉引起的。應定期進行維護，並檢查面板的背面，進行清潔。 |

| | | | |
|---|-------|---|--|
| | | 模組不是三天前切斷連接的線。作業員當時將該模塊拆下調查原因。當模組被拆除時，模組和屋頂之間有堆積落葉和樹枝，並發現小動物在屋頂上啃食的痕跡 [13]。 | |
| 7 | 日本北關東 | 在信越地區的屋頂上的光伏發生了火災。駕車的鄰居發現屋頂上有煙，並通知居民。居民聯繫了光伏安裝人員和消防部門的電話。燒掉的是一塊 80 厘米×60 厘米的模組。剩餘的電線堆在燒壞模組後部的縫隙中，還有鳥巢 (枯葉和樹枝)。在這部分的接線中觀察到熔化的痕跡 [13]。 | 係由佈線引燃和點燃鳥窩引起的。評估是因聚集的多餘佈線而發生火災，如果適當佈線，則可預防火災。 |
| 8 | 日本關東 | 在工廠大樓屋頂安裝光伏電站的施工期間發生火災。安裝模組到屋頂上，因為當日是慶祝節日，留下包佈線至接線盒或功率調節器。降雨後，天氣變得晴朗。 每個端子+ 和端子- 被包裹在乙烯膠帶，雨水浸泡造成絕緣不良，太陽輻射發電後，疑似由於兩端絕緣不良而引起火災 [13]。 | 這場火災是連線造成的，雖用防水乙烯膠帶，但為了避免危險，最好分開放置正負端。 |
| 9 | 日本東海 | 屋頂安裝 PV 的住宅建築起火。二樓起居室發生火災，屋頂燒毀了幾個模組，屋頂上的模組和接線被燒毀。佈線處於中間下半部分的狀態，當佈線擺動時，佈線觸及模組底座的金屬部分時發生放電 [13]。 | 火災的起因與 PV 無關，雖不是由發電系統引起的火災，但由於 PV 繼續發電，可能會發生消防員觸電二次傷害。 |

蒐集到之國內外太陽光電職災案例，國外 9 件災害中火災佔 7 件，墜落 2 件，國內 6 件均為墜落職災，蒐集之件數有限，未能作通論比較，且國內為起步發展階段，多未做好防墜措施，或未隨時勾掛安全帶，發生墜落災害多。國外 PV 架設維運已處於成熟發展期，也已出版各類 PV 維護安全指引供事業單位參考，國內相關業者的防墜安全宣導有待全面加強與落實現場安全管理措施。

第三章 太陽光電發電場所作業安全相關規定

第一節 國內太陽光電發電系統相關法規

國內與太陽光電發電場所作業安全相關的法規眾多，分散於各部會，經多次諮詢相關專家、勞動檢查員及召開專家諮詢會(如附錄一)，與會人員對 PV 發電場所適用法規的主要意見如下：

- 一、 針對適用法規，建議將「重體力勞動作業勞工保護措施標準」、「職業災害勞工保護法」、「職業災害勞工保護法施行細則」刪除，可選擇加入勞工健康保護規則、勞動檢查法、立即危險、高、低溫作業等相關規定。
- 二、 太陽光電發電場所勞動檢查重點包括上下設備、防墜設施、安全通道、開口防護、個人防護具等。
- 三、 有關易踏穿材料構築之屋頂作業應先規劃安全通道及下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施，於架設階段依營造安全衛生設施標準第 18 條辦理，於維護階段依職業安全衛生設施規則第 227 條辦理。
- 四、 建議建立太陽光電發電場所安全設施安全圖說，註明規定之通道寬度、母索材質強度等，提供事業單位參考。
- 五、 屋頂上下設備，應依規定設置上下爬梯的護籠，6 米以上設置施工架爬梯及爬梯頂端附近周圍的護欄，避免墜落災害。
- 六、 太陽光電發電場所依規定須有開口防護 (格柵、安全網、護欄、安全母索、護蓋)。
- 七、 實務上護欄不可行者 (需防撞 75 公斤)，其母索系統須能保護到整個工作場所。
- 八、 安全通道目的在使勞工行經安全之路徑，避免走到其他區域導致踏穿墜落。
- 九、 個人防護具依工作狀況穿戴，需包括背負式安全帶、防墜器、止滑感電絕緣鞋、絕緣手套等。

十、本計畫受輔導的太陽光電發電場所較常違反的法規為職業安全衛生設施規則第 37、227、228、281 條與營造安全衛生設施標準第 18 條、19、21、22、23 條。

依專家意見將國內相關法規名稱彙整如表 4，包括內政部、經濟部、勞動部及公共工程委員會等機關制訂的相關法規。

表 4 國內太陽光電發電系統相關法規或規範

| 部會 | 法規名稱 |
|---------|---|
| 內政部 | 建築技術規則建築設計施工編 |
| 經濟部 | 1. 用電場所及專任電氣技術人員管理規則 2. 用戶用電設備裝置規則 3. 台灣高效能太陽光電模組技術規範 4. 太陽光電模組產品登錄作業要點 (性能/安全驗證證書) 5. CNS 15118-2 或 IEC 61730-2：2004 安全驗證標準 |
| 勞動部 | 1. 勞動檢查法 2. 職業安全衛生法 3. 職業安全衛生管理辦法 4. 職業安全衛生法施行細則 5. 職業安全衛生設施規則 6. 職業安全衛生標示設置準則 7. 職業安全衛生教育訓練規則 8. 起重升降機具安全規則 9. 營造安全衛生設施標準 10. 升降機安全檢查構造標準 11. 移動式起重機安全檢查構造標準 12. 吊籠安全檢查構造標準 13. 高架作業勞工保護措施標準 14. 高溫作業勞工作息時間標準 15. 勞工健康保護規則 |
| 公共工程委員會 | 公共工程或公有建築物設置太陽能發電系統參考資料彙編 |

太陽光電系統係指可將太陽光能轉換成電能之全部組件與子系統之組合，適合連接至用電負載；模組則指指太陽光電系統中，由太陽能電池、光學組件及除追日裝置外之其他組件組成，暴露於日照下能產生直流電力之完整且耐候之裝置。太陽光電系統、設備或配線裝設於特殊場所，應符合「用戶用電設備裝置規則」第六章特殊設備及設施第六節太陽光電發電系統之規定。

PV 作業內容包括場所評估、設計、架設、安裝、試運轉、運作維護與拆除廢棄處理等，因此相關法規涉及人員訓練、高架作業、吊掛作業及屋頂作業等，目前相關安全規定分布於營造安全衛生設施標準、高架作業勞工保護措施標準、起重升降機具安全規則、職業安全衛生法、職業安全衛生設施規則、職業安全衛生教育訓練規則、職業安全衛生標示設置準則及勞動檢查法等。如依勞動檢查法第 28 條規定，勞動檢查機構指派勞動檢查員對各事業單位工作場所實施安全衛生檢查時，發現勞工有立即發生危險之虞，得就該場所以書面通知事業單位逕予先行停工。職業安全衛生法施行細則第 25 條規定，有立即發生危險之虞之情形包括於高度二公尺以上作業，未設置防墜設施及未使勞工使用適當之個人防護具，致有發生墜落危險之虞時，勞工需採取緊急應變或立即避難。職業安全衛生法第 18 條規定，工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。勞工執行職務發現有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。雇主不得對前項勞工予以解僱、調職、不給付停止作業期間工資或其他不利之處分。

PV 架設階段依營造安全衛生設施標準第 18 條與職業安全衛生教育訓練規則第 10 條規定，從事屋頂作業之勞工應於事前使其接受營造作業主管之安全衛生教育訓練，於易踏穿材料構築屋頂作業時，雇主應指派屋頂作業主管於現

場辦理以下事項：

- 一、決定作業方法，指揮勞工作業。
- 二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換不良品。
- 三、監督勞工確實使用個人防護具。
- 四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。
- 五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之設備及措施。

PV 維護階段作業除斷電後檢查、維修、清洗外，較少時段為活線作業，且 PV 多為快速安全絕緣接頭，無觸電之虞，但有時修理接線時，PV 是持續發電的（多數維護廠商無覆蓋遮布），或有部分 PV 發電場所鄰近有高壓電桿，感電預防措施仍須做好，要由專業受過訓練之合格人員執行，及穿戴絕緣之個人防護與使用適當之維修工具。另近年戶外氣溫較高，針對戶外有日曬情形者，雇主仍須依高溫作業勞工作息時間標準計算綜合溫度熱指數，以分配作業及休息時間。對於首次從事高溫作業之勞工，應規劃適當之熱適應期間，並採取必要措施，以增加其生理機能調適能力。並應充分供應飲用水及食鹽，採取指導勞工避免高溫作業危害之必要措施。

第二節 國外太陽光電系統相關法規

REN21(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century)於 2018 年 6 月發表全球再生能源概況報告，回顧 2017 年再生能源發展概況；2017 年全球太陽光電容量增加至少 98GW，使全球累計總量約達 402 GW [14]。由於安全意識的提高，太陽光電發電市場不斷的變化擴展，使得全球消防部門、保險公司和公用事業公司呼籲制定更嚴格的安全規定，由 PV、電氣安全、消防安全和保險領域的專家共同訂定太陽光電發電的安全規範。期望能從設計規劃階段即降低火災

之風險，例如在 SolarEdge 系統中，接地故障將產生絕緣故障反應，可設計成系統自動關閉。不僅變流器斷開，功率優化器也被設計為關斷，並進入安全模式，將串電流降至 0 安培。如果發生第二次故障，SolarEdge 系統可以最大限度地減少反向電流流動的機會，從而降低火災風險。

茲彙整國外太陽光電發電場所相關規定如表 5 所示，美國國家能源策略自 1978 年起聯邦政府即推動太陽能的利用，以減稅及補助的方式，加速推動太陽能的利用。美國相關 PV 規範也散見於居家建築物規範、營建安全、消防安全與職業安全衛生法規，針對 PV 作業安全相關規定如 National Electric Code (NEC) 規範了太陽能與電力輸送系統[15]，勞動部職業安全衛生署 OSHA 29 CFR Part 1910 職業安全衛生標準、29 CFR Part 1926 營造業安全衛生標準，避免墜落等物理性、化學性危害。International Residential Code (IRC)及 Energy Conservation Code (IECC)規範安裝居家或商業用的 PV 發電系統。International Fire Code (IFC) 規範消防安全。美國 PV 安全標準主要來自 Underwriters Laboratory (UL) 與 Institute of Electrical Engineering and Electronics (IEEE)，PV 模組與轉換裝置有安全認可標示(UL, Intertek, TUV)，其他有關 PV 的標準來源為國際 ASTM、IEC 及 ASTM，均公布相當多的 PV 標準，多數是雷同重複的。較新的 PV 規範 International Solar Energy Provisions (ISEP) 內容有 2018 International Code, NFPA, NEC 及其他相關規則，涵蓋設計、安裝與管理階段，全部為與安全相關之資訊，為美國太陽能相關規定較完整的資料彙集 [16]。

德國是世界上發展太陽光電的領先國家之一，也是歐洲最大的市場[17]，德國聯邦政府發展 PV 發電是歐盟自 2007 起唯一年擴增量超過 1 GW 的國家 [18]，其快速發展是建基於國家策略，以立法的鼓勵方式促進 PV 的發展 [19]，如再生能源法(Germany's Renewable Energy Sources Act)要求事業單位所需的能

源，須部分利用再生能源。德國將於 2022 年將最後一座核能發電廠拆除，並持續提供補助 PV 的研發與再生能源利用之經費，德國透過再生能源法於 2014 年支付了 240 億歐元，顯示大眾對綠能的擁護與支持[20]。近年發布的 VDE AR-E 2100-712 技術規則適用於建築物上 PV 系統的規劃和安裝，針對 DC 裝置提出建議，應用於滅火或技術援助時的電氣安全，防止在「雙重或加強絕緣」保護措施失效時，可避免接觸電壓的危險。德國自 2006 年起已透過立法，要求在變流器和發電機接線盒中切換隔離開關，避免感電危害；及滅火時至少距離低壓系統 1 公尺，全噴射 (Full Jet) 需距離 5 公尺 [21]。德國的 PV 污染物包括樹葉，蟲子，花粉和種子的粘性有機分泌物，來自加熱器和發動機的煙塵，來自農業的動物飼料粉塵、地衣、藻類、苔蘚和鳥糞。若需清潔屋頂 PV 系統，亦須依安全規定在適當的安全預防措施下執行。德國 PV 法規架構不斷依現況進行修正，以反映 PV 產業的近況，目前與 PV 相關規範包括模組規劃與設計規範、安裝 PV 系統規定、模組測試維修要求、模組安全稽核要求與系統消防電氣危害認知等。

英國政府調查顯示民眾對 PV 的再生能源接受度 (85%) 高於其他再生能源 [22]，同時也希望遵從京都議定書，藉 PV 的安裝降低溫室氣體排放，於 2014 年起英國政府國家策略為每年投入 76 億英鎊發展再生能源技術，以提高其世界競爭力，英國近年加速建置 PV 系統下，具太陽光電發電裝置之戶數已達歐盟國家中之最高數量 [23]。英國架設太陽光電系統亦須符合相關法規，如建築物法規 (Building Regulations)，建議由合格廠商架設太陽光電系統。除建築物法規、建築物 PV 安全規定外，其他相關防災規範亦散佈於不同法規中。除法規外，英國建立之相關指引包括屋頂作業安全衛生、安全斷電指引、安裝 PV 發電系統實務方針等。

澳洲之國家策略與職業安全衛生規定亦如歐美國家，已訂定相關規定。澳洲有超過一百萬個場所(住家和學校)架設 PV 系統，屋頂型 PV 系統併網亦已超過 15 年 [24]。針對 PV 作業之安全規範亦已具備，包括 PV 系統設置標準，設計與架設必須遵循清潔能源委員會的安裝指引，並填寫安裝符合標準之 PV 系統的檢點表，若不符合規定，將被暫停或取消安裝合格廠商的認證。針對 PV 之維修作業所需符合的標準包括電氣、防雷、防風及輸電系統等，且已訂定相關指引(架設安全與設計指引、PV 用戶維修指引)供事業單位參考。

日本於 1974 年制定新能源開發計畫——日光計畫(Sunshine Project)日光計畫 [25]，太陽能光電產業就包括在日光計畫之中。1980 年通產省成立新能源與產業技術總合開發機構，負責接受通產省對於新能源政策的指令，開發新能源的技術。近期則有促進郊區再生能源利用法，PV 相關法規如表 5，包括勞動安全衛生規則、建築基準法、電氣工事士法及起重機等安全規則等。後續指引編訂如日本 RT 公司之太陽光電發電系統施工安全手冊 [9] 說明 PV 作業之合格電氣人員、屋頂作業安全對策(防墜止滑)、作業檢點、服裝、個人防護、禁止強風、夜間時作業，並施行接線箱末端以絕緣電氣膠帶包覆芯線，必須採取即使觸摸也不會感電之措施等。日本 NPO 太陽光發電安全作業研究會所研發了斜屋頂作業用防墜網、施工用扶手、爬梯固定器、PV 板提升用捲揚機等供業者應用。各區依 PV 規模有更嚴的要求，例如更多的檢測與安全符合報告等 [26]。

中國在可再生能源法之政策支持下，PV 製造產業及市場應用快速發展 [7]，目前已是世界發展最快速的國家，近期亦已發展大型 PV 系統[27]。「關於可再生能源發展“十三五”規劃實施的指導意見」包括加強可再生能源目標引導和監測考核、加強可再生能源發展規劃的引領作用、加強電網接入和市場消納條件落實、創新發展方式促進技術進步和成本降低、健全風電、太陽光電發電建設規模管理

機制、多措並舉擴大補貼資金來源等。百度資料顯示投資方的收益：通過獲得國家補貼，建設太陽光電電站的投資回收期由之前的 15 至 20 年縮短為現階段的 7 至 12 年，投資方給予企業 6–10% 的電價返還，實現節能效益共享的初衷。中國工程建設標準化協會制訂太陽光電電源系統安裝工程施工及驗收技術規範 [7]。太陽光電電站項目管理暫行辦法規定太陽光電電站項目建設前應做好規劃選址、資源測評、建設條件論證、市場需求分析等，且規定太陽光電電站建設、調適、與運行過程中，如發生人員傷亡、重大設備損壞及事故，項目單位應按規定即時向所在地能源監管部門和安全生產監督管理部門報告。常見的屋頂結構分為混凝土屋頂和彩鋼屋頂，項目開發前均由業主方提供或協助提供房屋建築設計院的設計參數，在可控的承重範圍內設計電站，並得到原有建築設計院的認可。公司對項目場址進行嚴格篩選，杜絕電站建成後房屋結構受損或者防水層受損，同時公司投資開發新型安裝工藝，增強項目的安全性、可靠性。

中國太陽光電相關規定亦是散見於各規範中，建設工程安全生產管理條例規定設計單位應當考慮施工安全操作和防護的需要，對涉及施工安全的重點部位和環節在設計文件中註明，並對防範生產安全事故提出指導意見，其他相關法規如勞動法、職業安全健康法、職業安全健康標準及防暑降溫措施管理辦法等。針對高溫天氣，日最高氣溫達到 40°C 以上，規定應當停止當日室外露天作業；日最高氣溫達到 37°C 以上、40°C 以下時，用人單位全天安排勞動者室外露天作業時間累計不得超過 6 小時，用人單位應當建立、健全防暑降溫工作制度，採取有效措施，加強高溫作業、高溫天氣作業勞動保護工作，確保勞動者身體健康和生命安全，採取合理安排工作時間、輪換作業、適當增加高溫工作環境下勞動者的休息時間和減輕勞動強度、減少高溫時段室外作業等措施，對患有心、肺、腦血管性疾病、肺結核、中樞神經系統疾病及其他身體狀況不適合高溫作業環境

的勞動者，應當調整作業崗位。

表 5 國外太陽光電發電場所相關規定

| 國家 | 相關法規/指引 |
|----|--|
| 美國 | <ol style="list-style-type: none"> 1. National Electric Code (NEC) 太陽能與電力輸送系統 2. UL (Underwriters Laboratory) PV 安全標準 3. Institute of Electrical Engineering and Electronics (IEEE) PV 安全標準 4. UL, Intertek, TUV PV 模組與轉換裝置安全認可標示 5. OSHA Part1910 職業安全衛生標準 6. OSHA Part1926 營建安全衛生法規 7. International Residential Code (IRC) 居家建築物規則 8. Energy Conservation Code (IECC) 居家建物節能規則 9. International Fire Code (IFC) 消防安全規則 |
| 德國 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Renewable Energy Sources Act 再生能源法 2. DIN EN 61215 VDE 0126-31 PV 模組規劃與設計規範 3. DIN EN 61730-2 VDE 0126-30-2 PV 模組安全稽核要求 4. DIN EN 62446-1 VDE 0126-23-1 PV 模組測試維修要求 5. Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 安裝 PV 系統規定 6. DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 雷擊危害防護 7. VDE-AR-N 4105 : 2011-08 低壓電網發電系統併網最低技術要求 8. VDE 2100-712 PV provisions and recommendations maintenance safety guide2013 絕緣失效感電預防規則與建議 9. BGI /GUV-I 8677 PV 系統消防電氣危害認知 2011 |
| 英國 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Building Regulations 2000 建築法規 2. Photovoltaics in Buildings–Guide to the installation of PV Systems 2nd Edition (DTI) 安裝 PV 發電系統指引 3. Good Practice Guide–Managing the Installation of PV Systems (BERR) 安裝 PV 發電系統實務方針 4. Photovoltaics in Buildings–Safety & the CDM Regulations (DTI) 建築物 PV 安全規定 5. Health & Safety in Roof Work (HSE) 屋頂作業安全衛生 |

| | |
|----|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> 6. Five Steps to Risk Assessment (HSE) 風險評估步驟 7. Guidance on Safe Isolation Procedures (HSE) 安全斷電指引 8. Getting to Grips with Manual Handling (HSE) 物料搬運 9. Health and Safety in Construction 2006 HSG150 (HSE) 營建安全衛生 10. Working on Roofs (HSE) 屋頂作業 11. Work at Heights - The Basics (HSE) 高處作業基本要項 12. Using Electric Storage Batteries Safely (HSE) 蓄電電池使用安全 13. Electricity at Work-safeworking practices HSG85 2012 (HSE) 電氣安全 14. Electrical Installations and their Effect on the Fire Performance of Buildings (ESC) 建築電氣安裝與防火要求 |
| 澳洲 | <ul style="list-style-type: none"> 1. AS 4509 Stand-alone power systems PV 架設安全與設計指引 2. AS/NZS 5033 Installation of photovoltaic (PV) arrays PV 系統設置標準 3. AS/NZS 3000 Electrical Wiring Rules 電氣配線規則 4. AS 1768 Lightning Protection 防雷保護 5. AS/NZS 1170.2 Wind Loads 防風規範 6. Solar PV systems Users' maintenance guide BSCS 7. Fire Safety of Solar Photovoltaic Systems in Australia 2016 PV 火災安全 8. Work Health and Safety Act 2011 (ACT) |
| 日本 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 促進郊區再生能源利用法 2. 電氣工事士法 3. 勞動安全衛生規則 4. 勞動安全衛生施行令 5. 安全衛生特別教育規程 6. 起重機等安全規則 7. 簡易升降機構造規則與建設用升降機構造規格 8. 移動式起重機構造規格 9. 吊籠構造規格 10. 建築基準法施行令 11. 電氣事業法 12. 勞動災害防止團體法 |

| | |
|----|--|
| | 13. 勞動災害防止團體施行規則 |
| 中國 | 1. 分布式光伏發電項目管理暫行辦法 2. 光伏電站項目管理暫行辦法 3. 中華人民共和國可再生能源法 4. 國務院關於促進光伏產業健康發展的若干意見 5. 勞動法 6. 職業安全健康法 7. 職業健康監護技術規範 8. 職業安全健康標準 9. 防暑降溫措施管理辦法 10. 安全生產法 11. 建設工程安全生產管理條例 12. 特種設備安全監察條例 |

各國太陽光電發電場所比較其作業安全規定與資訊種類如表 6。相關規定已列於既有之法規，特別針對 PV 維護建立安全規定不多，先進國家以編撰指引的方式說明 PV 作業的安全事宜。

表 6 太陽光電發電場所作業安全規定與資訊

| | 太陽能 電力 輸送 | PV 安全 標準 | PV 發電 系統 安裝 規範 | PV 模組 維修 安全 | PV 消防 安全 | 職業 安全 衛生 法規 | 營建 安全 法規 | 消防 安全 法規 |
|----|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| 美國 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 德國 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 英國 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 澳洲 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 日本 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 中國 | ● | ● | ● | | | ● | ● | ● |
| 台灣 | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● |

綜論以上，各國發展再生能源發展流程如圖 6 所示，大多是從國家策略開始，以補助獎勵方式促進綠能的發展，設定發展階段、目標與各部會、機構、協會組織之角色責任之確立，再透過法令之制訂來規範太陽光電發電產業，如建築物、設備、元件、作業安全衛生等，專章訂定 PV 作業規範的法規不多，例如澳門制訂「太陽能光伏並網安全和安裝規章」 [28]，或藉著指引（英國、美國）或專書（美國）彙整相關法規，使業者有所依循，政府再藉由監督機制檢視整體太陽光電發電產業發展近況與修正未來推動方向。



圖 6 各國發展再生能源發展流程示意圖

第四章 太陽光電發電場所作業安全查核與輔導

第一節 太陽光電發電場所作業安全查核

太陽光電發電場所運作期間，從設計、架設、安裝、試運轉、維護到拆除等階段，生命週期可超過 20 年，生命週期的各階段如圖 7 所示，圖中列示各階段相關細部作業之內容，各作業相關之安全衛生措施，須依法規規定一一進行查核，預先做好危害預防措施。

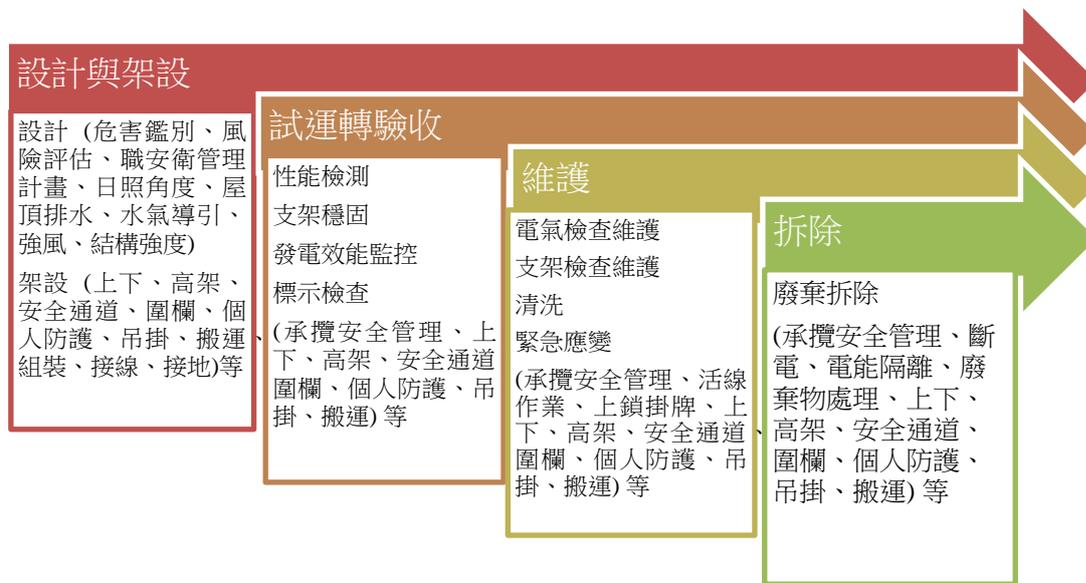


圖 7 太陽光電系統生命週期各階段相關作業

一、太陽光電系統架設作業

架設太陽光電系統作業內容 [9] 包括安全爬梯施作、安全護欄施作、吊掛支架夾具、支架夾具固定、進料鋁擠支架、吊掛鋁擠支架、固定鋁擠支架、進場太陽光電板、吊掛太陽光電板、組裝太陽光電板、配置鋁線槽、串接太陽光電板接

地線、變流器基礎綁鋼筋、變流器基礎灌漿、變流器固定、固定太陽開關箱、接線太陽光電板、接地太陽光電板開關箱、交流電氣箱、直流電氣箱、接地太陽光電板、接地太陽光電板開關箱、交流電氣箱、直流電氣箱、施作避雷/接地設施。拆除時亦須規劃好拆除作業順序，及安全的吊掛、搬運方式，作好防災措施。

經參考國內外相關指引，研擬太陽光電發電系統架設/拆除作業安全查核表，分作業前、中、後三階段之人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變不同階段之檢查項目、檢查方法、法規依據/安全要求、檢查結果與改善措施，經專家審查後，修正後之查核表如附錄二。

發電設備竣工之驗收檢測，可參考工業研究院訂定之「太陽光電發電設備竣工後安裝廠商自我檢查表」，以利確認系統運轉性能[29]。

二、太陽光電系統維護作業

太陽光電發電場所在試運轉/維護作業時需檢視許多項目之正確性：包括標示、模組/電池性能、活線作業、螺絲穩固、變流器、接地、接線、上下設備/通道/圍欄等。PV 發電運作期間有模組、包覆材料、半導體材料、黏合材料、接點老化及濕氣侵入等問題，需要進行維護檢修，為維持良好的發電效率，優質的維護規劃是必要的，PV 系統之年度檢查主要項目如下[30]：

- (一) 確認屋頂無漏水情形
- (二) 確認屋頂排水良好
- (三) 確認模組附近積水情形
- (四) 確認支撐架底座鏽蝕情形

- (五) 電氣箱/支架鏽蝕情形
- (六) 檢查模組接線是否鬆脫懸吊
- (七) 檢查植物或新裝置遮蔽太陽電池
- (八) 系統裝置配備名稱標示
- (九) 電氣箱上鎖，標示非專業人員勿操作標示
- (十) 變流器附近無雜物堆放
- (十一) 檢查模組下有無動物危害（鼠、蛇、蜂巢）

實施太陽光電發電系統裝置之維護保養作業時，相關員工需有良好訓練，避免損壞相關裝置，如接線、控制面板與連接器，因損壞可能會立即導致感電傷害。太陽能電池表面玻璃破損時將導致高電壓問題，亦須建立正確處置方法，另更換太陽能電池時需進行斷電時，應建立相關安全檢查與上鎖掛牌等程序。在執行電氣維護作業中，除了絕緣電阻測試外[29]，其他測試包括 DC 電壓/電流測試、保險絲測試、接地系統整體測試及紅外線檢測等。工作人員須依現場需求穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋、防電弧衣物，與注意行走安全，避免絆倒、滑倒與高溫危害預防及曬傷。

參考國內外相關指引，研擬太陽光電發電系統維護作業安全查核表，分作業前、中、後三階段之人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變不同階段之檢查項目、檢查方法、法規依據/安全要求、檢查結果與改善措施，並針對不同的作業人員(電氣、清洗與支架維修)設計不同查核表；工作內容不同，但有共同項目，包括墜落、感電危害預防、緊急應變個人防護等及了解職業安全衛生管理

計畫內容，修正後查核表如指引(詳見附錄四)的附件一至附件三。查核表內容已依據國內現況修正，例如安全母索支柱之判定基準從 2 千 3 百公斤改成具有足夠強度，因大部分屋頂申請加裝太陽光電系統，後設之母索支柱未能達標準，但現場有支架可掛安全帶，且有加強安全通道之設置確保作業人員之安全；職業安全衛生管理計畫改為墜落災害防止計畫。應用查核表時須注意 PV 設備與場所特性，重新修正參考例，再加以應用。

第二節 太陽光電發電場所作業安全輔導

查核表中檢查方法分為目視、訪談現況及動作測試，實際上安排現場輔導行程時，很難一次約到維護、清洗及電力監控人員，而且還要獲得屋主、設備擁有者的同意，雞舍等養殖場因要顧慮訪客可能帶來的生物性危害，增加安排輔導的困難度。應用查核表的檢查方法以訪談現況居多，現場電氣維護者有時不清楚是否有訂定職業安全衛生管理計畫，或不清楚模組清洗人員、支架維修人員的個人防護裝備，故均需事先安排、充分溝通或當下打電話確認。

作業中各項電壓、電阻、接地測試，因各場所設備、規模不同，應穿戴之防護具略有不同，因此僅要求工作人員依現場需求穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋等，目的是使受訪者了解執行維護工作前應先做好之安全措施。

本研究於觀音工業區等地區進行現場訪視，依架設與維護作業查核表完成輔導的家數計 20 家，受訪視場所之規模與地點如表 7 所示，各場所之輔導意見如附錄三。

表 7 太陽光電發電場所作業安全輔導廠商

| 廠家代號 | 地區 | 規模 |
|------|-------------|------------|
| 1 | 桃園觀音工業區 A 廠 | 295.8 KW |
| 2 | 桃園觀音工業區 B 廠 | 753.6 KW |
| 3 | 桃園觀音工業區 C 廠 | 499.14 KW |
| 4 | 桃園觀音工業區 D 廠 | 499.96 KW |
| 5 | 桃園觀音工業區 E 廠 | 499.06 KW |
| 6 | 桃園觀音工業區 F 廠 | 499.04 KW |
| 7 | 桃園觀音工業區 G 廠 | 1860.48 KW |
| 8 | 桃園觀音工業區 Q 廠 | 499.73 KW |
| 9 | 桃園觀音工業區 R 廠 | 499.8KW |
| 10 | 苗栗 | 480 KW |
| 11 | 台中 | 300 KW |
| 12 | 龍井 | 1.5 MW |
| 13 | 大甲 | 499 KW |
| 14 | 雲林 | 29.75 KW |
| 15 | 雲林 | 29.75 KW |
| 16 | 雲林 | 99.7 KW |
| 17 | 雲林 | 202.82 KW |
| 18 | 雲林 | 500 KW |
| 19 | 台南 | 700 KW |
| 20 | 高雄 | 800 KW |

有關上下設備及屋頂上之作業安全部分，經統計查核結果，符合法規規定之家數如圖 8，20 家受訪廠商中有 14 家斜屋頂式適用上下設備、防墜母索、安全通道相關規定，5 家為平屋頂式、1 家架設中。評估 14 家斜屋頂式發電場所中，不合法規規定及部分符合的項目：上下設備不合格家數 2 家、防墜母索

不合格家數 7 家、部分合格 3 家；安全通道為不合格家數 5 家、部分合格 4 家，有些場所同時違反多項規定。20 家中，有關屋頂作業主管訓練證書不合格家數 1 家；大部分受訪視業者已派員受訓屋頂作業主管。進行 PV 系統維護作業時應依職業安全衛生設施規則第 227 條規定，雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時應指定專人指揮或監督該作業，確保工作人員上下及屋頂上的作業安全。

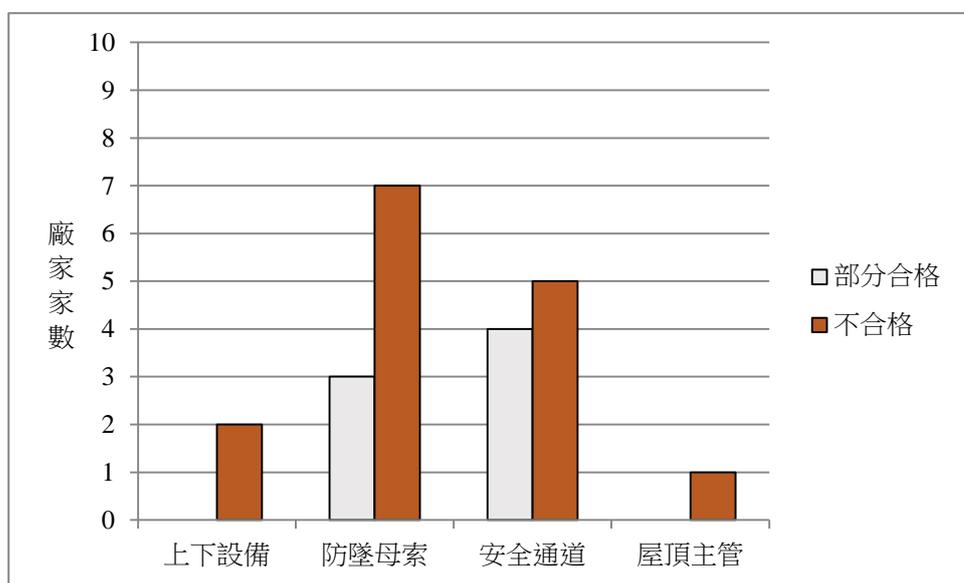


圖 8 不合法規規定之廠家數

依查核表訪視 20 家 PV 場所維護人員，適用斜屋頂場所中，超過半數部分符合或不符合的項目，彙整如表 8 所示。承攬太陽光電系統維護作業之事業單位應先擬定職業安全衛生管理計畫，項目包括安全衛生組織人員、協議計畫、教育訓練計畫、自動檢查計畫、緊急應變計畫及稽核管理計畫。尤其是太陽光電系統相關業者甚多，含供應商、監控人員、電氣、支架維修與清洗人員等，彼此有共同作業之時機，溝通協調事項包括正式施工前具體告知承攬人有關其工作

環境、危害因素、安全衛生法規及相關安全衛生規定應採取之措施；共同作業時，應設置協議組織及採取必要措施；每日開工前及施工期間之溝通及協調工作監督承攬人及其勞工不安全行為，應及時勸阻，溝通安全衛生方法，且適時向直屬主管 或承辦單位反映。須做好承攬管理的各項要求，避免發生職業災害。

表 8 受輔導場所較常違反法規的項目

| 編號 | 項目名稱 | 相關法規 |
|----|------|--|
| 1 | 上下設備 | 雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。(設-228) |
| 2 | 防墜設施 | 雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) |
| 3 | 安全通道 | 雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板；於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。(設-227) |

| | | |
|---|--------------|--|
| 4 | 屋頂邊緣 | 雇主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。(設-224) |
| 5 | 職業安全衛生管理計畫 | 雇主應依其事業單位之規模、性質訂定職業安全衛生管理計畫，包括下列事項： 工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、機械、設備或器具之管理、承攬管理及變更管理、安全衛生作業標準、作業檢點及現場巡視、安全衛生教育訓練、個人防護具之管理、緊急應變措施、職業災害、虛驚事故之調查處理及統計分析。(職業安全衛生法施行細則-31) |
| 6 | 安全標示 | 禁止標示：嚴格管制有發生危險之虞之行為，包括禁止煙火、禁止攀越、禁止通行等。警告標示：高壓電、墜落、感電、高熱等危險警告。(標-3) 張貼非專業操作工作人員禁止操作標示。 |
| 7 | 滅火器、急救箱、急救人員 | 事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。(勞工健康保護規則-9) |

第三節 太陽光電發電系統職場安全指引

經查詢國外太陽光電發電系統相關指引之重點如表 9 所示，大部分依主題進行分章規劃，共同重點為法規、擬訂計畫、技術說明、教育訓練與個人風險管控。

表 9 太陽光電發電系統相關指引大綱

| 國家 | 指引名稱 | 大綱 |
|----|---|--|
| 英國 | Health and safety in roof work 2016 | 一、簡介 二、安全計畫 三、作業類別 四、屋頂種類 五、公眾安全 六、健康風險 七、屋頂作業教育訓練 八、營建法規 九、附錄 (屋頂作業方法、安全網、防墜器、屋頂脆弱性測試、石棉屋頂拆除、開口邊緣保護) |
| 英國 | Risk Management Program for Photovoltaic Roof Mounted Systems 2012 | 一、相關法規 二、安裝要求 三、電氣裝置 四、整理整頓 五、維修 六、火災風險管理 |
| 美國 | Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance 2016 | 一、簡介 二、維修與補助 三、成功的維修計畫 四、定義 五、PV 系統裝置、環境與檢點 六、系統功效與維修計畫 七、維修人員資格與責任 八、系統監控 九、維修支援系統與策略 十、維修估價 十一、附錄(維修服務說明、操作說明) |

| | | |
|------|--|---|
| 美國 | PV System Operations and Maintenance Fundamentals 2013 | <ul style="list-style-type: none"> 一、簡介 二、安全要求 三、一般絕緣步驟 四、失效應變 五、變流器維修 六、低效率測試 七、總結 |
| 澳洲 | Solar PV systems Users' maintenance guide (Australian Business Council for Sustainable Energy) | <ul style="list-style-type: none"> 一、簡介 二、注意事項與警告 三、維修期程 四、電力監控 五、監控系統解讀 六、附錄 |
| 中華民國 | 屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引 | <ul style="list-style-type: none"> 一、前言 二、太陽光電發電產業 <ul style="list-style-type: none"> 太陽光電發展背景 太陽光電作業相關法規 三、太陽光電維護作業危害評估 <ul style="list-style-type: none"> 太陽光電維護作業危害 太陽光電作業風險評估 四、屋頂安全設備 <ul style="list-style-type: none"> 初期架設安全設備 屋頂型太陽光電系統安全設備 五、維護作業安全 <ul style="list-style-type: none"> 維護計畫 承攬安全 電氣維護安全 清洗作業安全 火災緊急應變 六、結語 |

本研究編製之指引，依勞動檢查人員建議，屋頂型太陽光電發電場所架設維護須具有安全圖說，使維護業者進行相關工作之安全要求有所依循；安全管理內容包括初期評估安全、屋頂型 PV 安全圖說及維護作業安全管理，維護作業安全管理則細分為維修計畫、電氣維修安全、清洗作業安全、火災緊急應變及承攬安全管理。本研究研擬之指引的專家審查主要意見如下：

- 一、因 PV 系統維護多為承攬工作，應增加承攬安全之章節。
- 二、目前已有大於一千伏特電壓的大型 PV 電廠，作業時可能有電弧危害，建議註明防護措施。
- 三、風險評估參考例之作業周期、嚴重性與可能性的等級須修正以符合實際狀況。
- 四、原維運作業全改為維護作業，指引係以維修保養作業為主。
- 五、指引中職災案例需增補說明，以利與該節之連結。
- 六、設置 PV 系統考量點表 6 應與安全連結。
- 七、安全圖說之初設階段刪除高空工作車，實務應以施工架執行工作。
- 八、建築物之太陽光電系統圖 8 需補充說明現況大多未有相關安全設備。
- 九、電氣維修安全章節，電氣維修注意事項應增加職業安全衛生設施規則第 256 及 257 條。

風險評估目的係期望能夠事先了解，擬定適當的危害控制措施，防止災害發生。指引中 PV 作業風險評估除依法規規定外，參考國內風險評估技術指引，製作太陽光電發電場所作業風險評估表參考例；依 PV 系統維護作業內容，評估該作業之風險提供業者參考；其中需考慮現有防護設備，與新的降低風險所採取之控制措施，並評估改善後之風險是否至可容忍的程度。PV 作業風險包括墜落、感電、高溫、滑倒、人因及生物性危害等。維護作業主管、安全管理人員需

與員工一同確認作業風險及依危害控制措施的原則研議妥善的防護措施。

PV 各階段作業中，具較高風險的作業為初期場所規劃丈量時段，決定場址後初次至屋頂評估丈量時，通常沒有任何安全措施，此時若能搭設施工架是較安全的選擇，接著從安全上下設備開始施作、安全母索系統架設、及鋪設安全通道，依安全施工方式，逐步完成。因 PV 架設後即需定期進行維護作業，即便變更 PV 設置計畫，這些安全設施在日後維修屋頂時亦可使用。指引中針對上下設備、安全母索系統、及安全通道，特別繪製安全圖說及補充對應的主要法規，提供業者參考應用。

PV 維護作業需辦理的安全管理包括維修計畫、電氣維修安全、清洗作業安全、火災緊急應變與承攬安全管理。維護計畫概略討論維護 PV 系統的作業種類、維護考量點、作業人員資格要求等，並提供相關檢點表供參。維護作業衍生的文件多，包括建立所有設備之製造者、型號、編號及於系統之裝設位置文件、維護更新測試，再測試與檢查報告、所有相關維護、供應商之合約、姓名、起訖日期、工作內容、合約經費、績效、指標與保固及合約條款、所有天候、溫度、風速紀錄等文件，為維持預期的發電效率，文件管理也相當重要。

指引中電氣維護章節，說明電氣維護作業內容與注意事項，及必要之教育訓練內容。由於檢修測試作業需關斷電源，指引亦提供一般開關程序與更換 10kW 變流器作業安全作業標準供參；清洗作業說明清洗之目的、狀況，與影響清洗頻次的考量點與注意事項。火災緊急應變章節，說明火災引起之相關危害，如高溫、煙害等，尤其是火光將使 PV 持續發電，滅火人員及善後處理者須做好預防墜落、感電之措施及呼吸危害、止滑、防切割等個人防護，內政部消防署亦已公布「消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則」。承攬安全管理章節，說明 PV

維護作業相關者包括監控、支架、電氣維修及清洗人員，分屬不同公司，又可能是非固定人員，大多不熟悉屋頂作業，危害警覺意識低，極易發生災害。依職業安全衛生法規定，事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨職業安全衛生法及有關安全衛生規定應採取之措施。承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人，勞動部承攬管理技術指引亦提出發包及簽約注意事項 [31]。國外指引則特別說明要準備方便承攬者聚集研商工作方法之適當場所，在作業前召開安全會議，說明作業與環境之危害辨識、危害告知、工作要求與安全執行方法、通報異常狀況等，以多方確認工作的安全性。

第五章 結論與建議

國內太陽電池元件製造產業，已成為全球第二製造國，順應發電效率提升之趨勢，近年鑑於有限能源及減少溫室氣體排放，行政院於 2016 年完成「太陽光電 2 年推動計畫」，規劃於 2025 年提升再生能源的發電占比達 20%，其中太陽光電累積裝置容量目標為 20 GW，即普遍設置屋頂太陽光電設備。太陽光電發電場所作業之潛在危害包括墜落、感電、滑倒、跌倒、屋頂荷重、危害物質吸入及太陽電池火災引起之氣體危害等，國內外均有職災案例，國外並已出版太陽光電作業危害預防與緊急應變相關指引。針對此新興產業，國內須建立太陽光電發電場所維護作業安全指引提供相關事業單位參考，雇主亦應依職業安全衛生法等法規確保工作人員之作業安全，以預防災害發生。

第一節 結論

- 一、本研究蒐集太陽光電發電系統維運安全相關資料、法規，並諮詢專家有關適用之法規；研擬太陽光電發電系統架設與維護作業安全查核表，進行 20 場次作業安全現場輔導，並依輔導結果修正作業安全查核表及撰寫作業安全指引；研究期間針對安全查核表及指引，共辦理 3 場專家審查會。
- 二、太陽光電發電系統整體建置運作的利害相關者眾，包括 PV 製造廠、系統規劃廠商、地主、售電業者、架設廠商、維護/清洗廠商、效能監控廠商、投資商與金融機構等，組織繁複，部份承攬商對屋頂作業環境並不熟悉，工作時間短暫，又可能是非固定人員，較易發生災害事故。
- 三、屋頂型太陽光電發電場所作業適用職業安全衛生相關法規約 15 項；重大職災案例傷害原因主要為採光罩未設置隔柵、未於屋頂上設置通道、2 公尺以

上之工作台開口部分未設置護欄、護蓋或安全網等防護設備，或未使勞工使用安全帶等。

- 四、編撰屋頂型太陽光電發電場所作業安全指引，內容包括簡介、相關法規、維護作業危害評估、屋頂安全設備及維護作業安全等，提供事業單位依各場所設備特性參考應用；其中維護作業安全查核表，依照支架/屋頂維修人員、電氣人員、及清洗人員分別製作，查核表內容針對人員、設備、作業方式、作業環境與緊急應變五大面向列出查核項目。
- 五、依安全查核表輔導 20 個發電場所，發現最多的缺失有：上下設備、防墜設施、安全通道、屋頂邊緣防護措施、職業安全衛生管理計畫、張貼安全標示、置備滅火器、急救箱與急救人員。

第二節 建議

一、職業安全衛生署：

- (一) 加強對太陽光電相關公會宣導，針對現場輔導發現的常見缺失：安全上下設備、防墜設施、安全通道、屋頂邊緣、職業安全衛生管理計畫等。
- (二) 有關太陽光電系統的火災應變，加強宣導事業單位與當地消防單位的聯繫，確保火災事故發生時能正確處理，保障救災人員的安全。

二、經濟部能源局：

- (一) 辦理「優良太陽光電系統光鐸獎」之評選，將職業安全衛生防護設施納入評比項目中，督促太陽能業者提升職業安全衛生自主管理。
- (二) 要求業者於施工規劃階段實施風險評估及採取防災對策（如設計規劃屋頂永久性安全通道、設置安全母索及採光罩裝設堅固格柵等），及編列細項安衛經費，

於源頭即要求做好安全措施；或於核可案件註明前述安全注意事項及副知職業安全衛生署。

三、事業單位：

- (一) 太陽光電發電系統維護作業之潛在危害具多樣化，包括墜落、感電、人因、熱危害及生物性危害，需落實風險評估與危害控制措施之執行。
- (二) 太陽光電發電系統維護業者多，應於承攬契約書中明列承攬之項目、內容、資格要件、權責、再承攬之資格或限制。亦應將承攬人應遵守之安全衛生規定明確規範於契約書中或於開工前以書面方式告知。
- (三) 屋頂型太陽光電發電場所常因遮蔭效應等，未設置圍欄以防止人員跌落，應於屋頂作業施工前依規定具體告知承攬人屋頂作業危害因素、安全衛生法規及相關安全衛生規定應採取之措施。
- (四) 針對颱風後之災情檢視及復原，各承攬者有共同作業情形時，應設置協議組織，並指定工作場所負責人，擔任指揮、監督及協調之工作，進行工作之連繫與調整、工作場所之巡視及相關承攬事業間之安全衛生教育之指導及協助。
- (五) 近年溫度異常，雇主應依「高氣溫戶外作業勞工熱危害預防指引」，針對高血壓、肥胖、高年齡、曾經患熱疾病的工作者等，注意勞工身體健康狀況，避免使其長時間從事高氣溫戶外作業，並提供適當之陰涼休息處所、工作服裝、飲料等，以及熟悉發生熱疾病之正確急救處理方式。
- (六) 屋頂作業具高風險，即使不裝設太陽光電設備於屋頂上，日久也須修繕屋頂，因此建議在開始蓋屋頂時即裝設母索系統，便利屋頂工作人員使用安全帶勾掛於母索系統安全工作。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所張副研究員承明、研發替代役黃助理研究員傑郁外，另包括弘光科技大學賈台寶副教授研究團隊，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] 郭成聰：臺灣太陽能發展的現況、問題、解決方案或建議。核能研究所能源資訊平台；2014。
<http://eip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=YW5hbHlzaXM=&id=NTU=> (讀取日期 2018 年 11 月 10 日)
- [2] 楊秀宜、林子賢：太陽能產業安全衛生調查研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究報告，IOSH102-A318；2013。
- [3] 經濟部能源局。能源產業技術白皮書；2016。
- [4] 行政院。太陽光電 2 年推動計畫說明。
<https://www.ey.gov.tw/Goals/E8BA2FC96898A19> (讀取日期 2018 年 12 月 30 日)。
- [5] 經濟部。106 年全國電力資源供需報告。經濟部能源局；2018。
- [6] World Bank Group, ESMAP, and SERIS. Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report - Executive Summary. Washington, DC: World Bank; 2018.
- [7] 中國國家能源局。關於可再生能源發展“十三五”規劃實施的指導意見；2017。
- [8] Ketola B, Norris A. Degradation Mechanism Investigation of Extended Damp Heat Aged PV Modules. 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. 10.4229/26thEUPVSEC2011-4AV; 2011; 3523-3528.
- [9] 蘇文源、張銘坤：太陽光電發電系統之作業安全研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究報告，IOSH101-S303；2012。
- [10] San Francisco Fire Department(US). Solar Photovoltaic (PV) System Safety and Fire Ground Procedures. San Francisco: Division of Training, San Francisco Fire Department; 2012.

- [11] Hatti M. Operation and Maintenance Methods in Solar Power Plants. In: Sanz-Bobi MA, editor. Use, Operation and Maintenance of Renewable Energy Systems. Green Energy and Technology. Switzerland : Springer, Cham; 2014.
- [12] 労働部。職業安全衛生法。臺北：労働部；2014。
- [13] 日本電機工業會、太陽光発電協會。太陽光発電システム保守点検ガイドライン；2016。
- [14] REN21. Global Status Report 2017, Paris : REN21; 2017.
<http://www.ren21.net/gsr-2018/>.
- [15] Dougherty B. Photovoltaics : Safety & Efficiency Codes, Standards and Labelling, (Non) Regulation, and Certification Efforts. Training Workshop on Building Energy Efficiency Systems and Labelling. National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, 2015 Oct 26-28.
- [16] International Code Council. International Solar Energy Provisions ISEP. Illinois(USA): International Code Council; 2018.
- [17] Anaya KL, Pollitt MG. Integrating Distributed Generation: Regulation and Trends in Three Leading Countries. Energy policy 2015; 85:475-486.
- [18] German solar association. Overview of the PV Investment Environment in Germany. Solar power Europe; 2015.
- [19] Harris S. German Legislation Generates Photovoltaic Leadership, SPIE(the international society for optics and photonics) newsroom; 2007.
http://spie.org/news/harris_1007_solar.
- [20] Dinklon P. EEG 2.0-A New Legal Framework for the German Energy Transition. Clean Energy Wire; 2014. <https://www.cleanenergywire.org/dossiers/eeg-20-new-legal-framework-german-energy-transition-0>.

- [21] Pester S, Woodman S. Fire and Solar PV Systems – Literature Review. BRE National Solar Center Report No.: P100874-1000 Issue 3.4. UK: Building Research Establishment Ltd.(BRE); 2017.
- [22] Jones L, Irvine S, Rowlands-Jones R. UK Solar Photovoltaic Roadmap - A Strategy for 2020. Centre for Solar Energy Research, UK: ESP KTN; 2013.
- [23] Bennett P. Fire Safety and Solar PV. Solar Power Portal, 2015.
https://www.solarpowerportal.co.uk/blogs/fire_safety_and_solar_pv
- [24] Clean Energy Council. A Guide to Purchasing Solar Power for your School. Solar PV Fact Sheet. Australia: Clean Energy Council ; 2013.
- [25] 胡榮裕：市場與技術特性對太陽能光電產業發展之影響 — 以日本太陽能光電產業為例。高雄市：國立中山大學中國與亞太區域研究所碩士論文；2012。
- [26] Hahn, E., The Japanese Solar PV Market and Industry, EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, 2014, Available online: <https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/pvinjapan.pdf> (accessed on 23 Oct 2018)
- [27] Ding M, Xu Z, Wang W, Wang X, Song Y, Chen D. A Review on China's Large-scale PV Integration: Progress, Challenges and Recommendations. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2016; 53:639-652.
- [28] 澳門特別行政區第 20/2014 號行政法規。太陽能光伏並網安全和安裝規章。澳門；2014。
- [29] 工業研究院。太陽光電發電系統竣工後安裝廠商自我檢查表。99 年度振興經濟擴大公共建設投資計畫「公共建築太陽光電系統示範計畫」；2001。
- [30] Haney J, Burstein A. PV System Operations and Maintenance Fundamentals. Solar America Board for Codes and Standards; 2013.
- [31] 勞動部職業安全衛生署。承攬管理技術指引。臺北：勞動部職業安全衛生署；2015。

附錄一 太陽光電作業適用法規與安全查核表、指引專家座談會

| 時間 | 會議主題 | 會議內容 |
|-----------|----------------|--|
| 107.1.12 | 太陽光電發電場所適用法規 | <p>邀請勞動檢查人員及 PV 產業相關人員一同參與太陽光電適用法規的適用條文討論，讓 PV 產業相關人員更了解太陽光電相關法規。主要建議為：</p> <p>一、針對適用法規，建議將「重體力勞動作業勞工保護措施標準」、「職業災害勞工保護法」、「職業災害勞工保護法施行細則」刪除，可選擇加入勞工健康保護規則、立即危害、高、低溫作業、勞動檢查法等相關法令。</p> <p>二、太陽光電發電場所勞動檢查重點包括上下設備、防墜設施、安全通道、開口防護、個人防護具等。</p> <p>三、有關易踏穿材料構築之屋頂作業應先規劃安全通道及下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施，於架設階段依營造安全衛生設施標準第 18 條辦理，於維護階段依職業安全衛生設施規則第 227 條辦理。</p> <p>四、建議建立太陽光電發電場所安全設施安全圖說註明規定之通道寬度、母索材質強度等，提供事業單位參考。</p> |
| 107. 1.15 | 太陽光電發電場所適用法規 | <p>諮詢本部職業安全衛生署有關太陽光電法規的適用條文，PV 相關人員應了解的太陽光電相關法規重點。</p> |
| 107.01.24 | 太陽光電發電場所安全查核表 | <p>諮詢相關太陽光電專家，逐條討論輔導廠家所需之三種安全查核表是否適用以及是否需刪除或補充的查核項目。分作業前、中、後之人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變不同階段之檢查項目、檢查方法、法規依據/安全要求、檢查結果。</p> |
| 107.2.6 | 太陽光電發電場所安全查核表 | <p>邀請勞動檢查人員、太陽光電業者及相關專家，共同討論安全查核表是否適用於廠家輔導，並整理與會者之意見，再次修改安全查核表，讓此份查核表能更適用於廠商。</p> |
| 107.2.12 | 太陽光電發電場所安全圖說研商 | <p>檢查人員建議增加 PV 安全設備之圖說，讓業者能夠更容易了解相關安全設置，邀請營造安全專家繪製相關太陽光電場所之安全圖說。包括：</p> <p>太陽光電場所安全配備 3D 圖</p> |

| 時間 | 會議主題 | 會議內容 |
|----------|--------------------|--|
| | | 屋頂型太陽光電場所初設階段安全示意圖 屋頂型太陽光電場所維護階段安全示意平面圖 屋頂型太陽光電場所維護階段安全示意 X 向立面圖 屋頂型太陽光電場所維護階段安全示意 Y 向立面圖 護籠細部標準圖 母索細部標準圖 |
| 107.3.20 | 太陽光電發電場所安全圖說 | 初版安全圖說完成，詢問檢查人員是否需要再修改與不恰當處，後續再請廠商進行第二次安全圖說修改。 |
| 107.8.20 | 太陽光電發電系統職場安全指引審查會議 | 針對太陽光電發電系統職場安全指引，進行指引專家審查會議，會同相關建議進行指引之修正。會議中建議之安全圖說修正另請廠商進行第三次修正。 |

附錄二 架設/拆除作業安全查核參考表

屋頂型太陽光電發電場所架設/拆除作業安全查核參考表

填寫人：_____ 單位/場所：_____ 日期：_____

| 檢查項目 | 檢查方法 | 法規依據/ 安全要求 | 檢查結果 (不適用請填NA) | | | 改善措施 |
|-------------|-----------------|---------------|---|------|-----|------|
| | | | 合格 | 部分合格 | 不合格 | |
| 作業前 | | | | | | |
| 工作人員 | 1.作業主管 | 檢查結業證書 | 從事易踏穿材料構築屋頂作業時，雇主應指派屋頂作業主管。(營-18)雇主對擔任屋頂作業主管之勞工，應於事前使其接受營造作業主管之安全衛生教育訓練。(教育訓練-10) | | | |
| | 2.業務主管 | 檢查結業證書 | 事業單位勞工人數未滿三十人者，其應置丙種職業安全衛生業務主管，得由事業經營負責人或其代理人擔任。(管理辦法-3 附表二) | | | |
| | 3.起重機操作手、吊掛手 | 檢查一機三證結業證書 | 經中央主管機關指定具有危險性機械或設備之操作人員，雇主應僱用經中央主管機關認可之訓練或經技能檢定之合格人員充任之。(職安法-24) 除操作人員訓練合格外，雇主應於事前使其接受具有危險性之機械操作人員、特殊作業之安全衛生教育訓練。(教育訓練-12、14) | | | |
| | 4.體格檢查/ 健康檢查 | 訪談 | 勞工罹患癲癇、精神或神經系統疾病、高血壓、心血管疾病、貧血、平衡機能失常、呼吸系統疾病、色盲、視力不良、聽力障礙、肢體殘障等疾病之勞工(不適合高架作業)，參採醫師依附表十一規定之建議，告知勞 | | | |

| | | | | | | | |
|----|-------------------|---------------------|--|--|--|--|--|
| | | | 工，並適當配置勞工於工作場所作業。(勞工健康保護規則-21) | | | | |
| | 5.電氣工作人員 | 訪談 | 電氣技術人員合格證。(經濟部用電場所及專任電氣技術人員管理規則-6) | | | | |
| | 6.設備/裝置/操作危害預防訓練 | 檢查 訓練紀錄 | 雇主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之一般安全衛生教育訓練。(教育訓練-16) | | | | |
| | 7.個人防護具訓練 | 檢查 訓練紀錄、 動作測試 | 1. 雇主應採取使勞工使用安全帶等防止墜落致勞工遭受危險之措施；使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(營-19)(設-225) 2. 選擇正確個人防護具。 3. 個人防護具正確穿戴方法及保養維護。 | | | | |
| 設備 | 8. 移動式起重機 | 檢查 合格證 | 雇主對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備，非經勞動檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用；其使用超過規定期間者，非經再檢查合格，不得繼續使用。(職安法-16) | | | | |
| | 9. 移動式起重機具過負荷預防裝置 | 目視 | 雇主應注意不得超過該起重機設計時之負荷條件，並應防止起重機構造部分之鋼材、接合處或銲接處等，有發生變形、折損或破斷等情形。(起-26) | | | | |
| | 10. 移動式起重機具過捲預防 | 動作測試 | 雇主對於移動式起重機之過捲預防裝置及過捲警報裝置，其吊鉤、抓斗等吊具或該吊具之捲揚用槽輪之上方與伸臂前端槽輪及其他有碰撞之虞之物體（傾斜之伸臂除外）之下方間，應調整其間距，使其符合法定值。(起-27) | | | | |
| | 11. 堆高機 | 目視 | 雇主對於堆高機之操作，不得超過該機械所能承受之最大荷重，且其載運之貨物應保持穩固狀態，防止翻倒。(設-127) | | | | |
| | 12. 固定材料與固定金屬配件 | 目視 | 1. 固定材料與固定金屬配件應無損傷及腐蝕狀況。 2. 準備工具袋。 | | | | |
| | 13. 鋼索 | 目視 | 雇主應確認吊索等，無變形、損傷及扭結情 | | | | |

| | | | | | | | |
|----|-------------|-----------------|---|--|--|--|--|
| 設備 | 或吊索 (吊帶) | | 形。(起-38-三) | | | | |
| | 14. 護欄 | 目視、 觸感檢 查 | <p>1. 雇主對於高度二公尺以上之工作場所應設置護欄、護蓋；應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。(設-224)</p> <p>2. 高度九十公分以上之上欄杆、高度在三十五公分以上，五十五公分以下之中間欄杆或等效設備(以下簡稱中欄杆)、腳趾板及杆柱等構材。(營-20-第一款)</p> <p>3. 以鋼管構成者，其上欄杆、中間欄杆及杆柱之直徑均不得小於三點八公分，杆柱相鄰間距不得超過二點五公尺。(營-20-第三款)</p> | | | | |
| | 15. 上下設備 | 目視、 觸感檢 查 | 雇主對於高度二公尺以上之工作場所，勞工作業有墜落之虞者，應訂定墜落災害防止計畫，優先施作永久構造物之上下設備或防墜設施。(營-17) | | | | |
| | 16. 防墜設施 | 目視 | <p>雇主對於高度二公尺以上之屋頂、鋼樑、開口部分、階梯、樓梯、坡道、工作台、擋土牆、擋土支撐、施工構台、橋樑墩柱及橋樑上部結構、橋台等場所作業，勞工有遭受墜落危險之虞者，應於該處設置護欄、護蓋或安全網等防護設備。雇主設置前項設備有困難，或因作業之需要臨時將護欄、護蓋或安全網等防護設備拆除者，應採取使勞工使用安全帶等防止墜落致勞工遭受危險之措施。(營-19)</p> <p>安全帶或安全母索繫固之錨錠應具有足夠強度。(營-23)</p> | | | | |
| | 17. 安全通道 | 目視 | 於易踏穿材料構築之屋頂作業時，應先規劃安全通道，於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之踏板，並於下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。(營-18) | | | | |
| | 18. 物料搬運 | 目視 | 雇主使勞工以捲揚機等吊運物料時捲揚吊索通路有與人員碰觸之虞之場所，應加防 | | | | |

| | | | | | | | |
|----|---------------|---------|--|--|--|--|--|
| 設備 | | | 護或有其他安全設施。(設-155-1) | | | | |
| | 19.作業平台 | 目視、觸感檢查 | 雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。(設-225) | | | | |
| | 20.上下屋頂移動梯、合梯 | 目視 | 雇主對於使用之移動梯，應採取防止滑溜等必要措施。(設-229) 具堅固構造之合梯，梯腳與地面之角度應在七十五度以內，且兩梯腳間有金屬等硬質繫材扣牢，腳部有防滑絕緣腳座套，有安全之防滑梯面。(設-230) | | | | |
| | 21.電動機具之絕緣電阻 | 測量 | 雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器具。(設-256) 絕緣電阻必須大 $0.1M\Omega$ 。 | | | | |
| | 22.電動機具之分路 | 目視 | 依規定設置適合其規格，具有高敏感度、高速型防止感電用漏電斷路器及機具外殼接地，但採雙重絕緣機具除外。(設-243、244) | | | | |
| | 23.交流電弧電焊機 | 目視 | 雇主對勞工於良導體機器設備內之狹小空間，或於鋼架等致有觸及高導電性接地物之虞之場所，作業時所使用之交流電焊機，應有自動電擊防止裝置。(設-250) | | | | |
| | 24.活線作業絕緣工具 | 目視 | 雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器具。。(設-256) | | | | |
| | 25.機械設備 | 目視 | 雇主對於機械之原動機、轉軸、齒輪、帶輪、飛輪、傳動輪、傳動帶等有危害勞工之虞之部分，應有護罩、護圍、套洞、跨橋等設備。(設-43) | | | | |
| | 26.電氣開關 | 目視 | 為調整電動機械而停電，其開關切斷後，須立即上鎖或掛牌標示並簽章。復電時，應由原掛簽人取下鎖或掛牌後，始可復電，以確保安全。(設276) | | | | |
| | 27.分電盤 | 目視 | 為調整電動機械而停電，其開關切斷後，須立即上鎖或掛牌標示並簽章。復電時，應由 | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------|---------------|---|--|--|--|--|--|
| 設備 | | | 原掛簽人取下鎖或掛牌後，始可復電，以確保安全。(設276) 分電盤應常保關閉，並設立警示標語。 | | | | |
| | 28.太陽光電防雷裝置 | 目視 | 太陽光電系統防雷措施的適宜性。 | | | | |
| | 29.個人防護具 | 目視 | 雇主對於從事電氣工作之勞工，應使其使用電工安全帽、絕緣防護具及其他必要之防護器具。(設-290) | | | | |
| 作業方式 | 30.職業安全衛生管理計畫 | 訪談現況 | 雇主使勞工於營造工程工作場所作業前，應指派所僱之職業安全衛生人員或專任工程人員等專業人員，實施危害調查、評估，並採適當防護設施，以防止職業災害之發生。(營-6) | | | | |
| | 31.吊掛作業 | 目視 | 雇主應採取防止人員進入吊舉物下方及吊舉物通過人員上方之設備或措施。(起-39) | | | | |
| | 32.天候因素 | 目視、訪談 | 雇主對於高度在二公尺以上之作業場所，有遇強風、大雨等惡劣氣候致勞工有墜落危險時，應使勞工停止作業。 (設-226) | | | | |
| | | | 對於高度在二公尺以上之作業場所應禁止於夜間作業。或需申請夜間施工許可。 | | | | |
| 33.車輛行進路線 | 檢視行車動線 | 人員出入口與車輛機械出入口應分隔設置；維持車輛機械進出有充分視線淨空。 (營-11) | | | | | |
| 作業環境 | 34.安全標示 | 目視 | 禁止標示：嚴格管制有發生危險之虞之行為，包括禁止攀越、禁止通行等。警告標示：高壓電、墜落、感電、高熱等危險警告。(標-3) | | | | |
| | 35.鄰近高壓架空線 | 目視 | 雇主使勞工於接近高壓電路或高壓電路支持物從事敷設、檢查、修理、油漆等作業時，為防止勞工接觸高壓電路引起感電之危險，在距離頭上、身側及腳下六十公分以內之高壓電路者，應在該電路設置絕緣用防護裝備。但已使該作業勞工戴用絕緣用防護具而無感電之虞者，不在此限。(設-259) 作業使用之機械、車輛或勞工於作業中或 | | | | |

| | | | | | | | |
|------|------------------|-------|---|--|--|--|--|
| | | | 通行之際，有因接觸或接近該電路引起感電之虞者，雇主除應使勞工與帶電體保持規定之接近界限距離外，並應設置護圍、或於該電路四周裝置絕緣用防護裝備等設備或採取移開該電路之措施。但採取前述設施顯有困難者，應置監視人員監視之。(設-263) | | | | |
| | 36.屋頂、採光罩 | 目視 | 雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。(設-227) 如屋頂採光罩具格柵。 | | | | |
| | 37.太陽光電場所出入管制或標示 | 目視 | 出入口上鎖或張貼警告標示管制出入。 | | | | |
| 緊急應變 | 38.緊急斷電復電程序 | 目視 | 具備緊急斷電程序文件。 | | | | |
| | 39.滅火器 | 目視 | 須具備 CO ₂ 或乾粉滅火器等必要之滅火器。 | | | | |
| | 40.急救箱 | 目視 | 應具備急救箱，並告知放置位置。 | | | | |
| | 41.急救措施 | 目視、訪談 | 雇主對於工作場所之急救設施，除依一般工作場所之急救設施規定外，並應依下列規定辦理： 一、於有毒樹木、危險蟲類等出現場所作業之勞工，應教以有關預防急救方法及疾病症候等。 二、於毒蛇經常出入之地區，應備置血清及其他防治急救藥品。 三、應防止昆蟲、老鼠等孳生並予以撲滅。 四、其他必要之急救設備或措施。(營173) 事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。(健-9) | | | | |

| 作業中 | | | | | | | |
|------|------------------|----|---|--|--|--|--|
| 設備 | 42.安全標示 | 目視 | 模組應標示端子或引線之極性、保護模組之最大過電流保護裝置額定等。於太陽光電隔離設備處應永久標示下列直流太陽光電電源項目： 一、額定最大功率點電流。 二、額定最大功率點電壓。 三、最大系統電壓。 四、短路電流。 五、若有裝設充電控制器，其額定最大輸出電流。(屋-396-49、396-51) | | | | |
| 作業方式 | 43.確認兩人作業 | 目視 | 測試操作太陽光電系統時須有兩人在現場，原則上以一人操作為主。 | | | | |
| | 44.屋頂物料 | 目視 | 雇主對於堆置物料，為防止倒塌、崩塌或掉落，應採取繩索捆綁、護網、擋樁。(設-153) | | | | |
| | 45.安裝太陽光電模組 | 目視 | 不可以潮濕的手進行活線作業。需穿戴絕緣手套、絕緣鞋。 | | | | |
| | 46.太陽光電模組固定 | 目視 | 太陽光電模組有固定鎖緊在支架上。 | | | | |
| | 47.太陽光電設備、連接器、接線 | 目視 | 太陽光電系統的設備、連接器、接線，應使用適當與適合的支撐框架。 | | | | |
| | 48.配線 | 目視 | 配線不可裸露。 | | | | |
| 作業環境 | 49.工作台、走道、階梯 | 目視 | 雇主對於勞工工作場所之通道、地板、階梯，應保持不致使勞工跌倒、滑倒、踩傷等之安全狀態，或採取必要之預防措施。(設-21) | | | | |
| | 50.屋頂 | 目視 | 雇主對於放置各類物料之構造物或平臺，應具安全之負荷強度。(營-30) | | | | |
| 作業後 | | | | | | | |
| 設備 | 51.個人防護具 | 目視 | 作業完畢後，需將使用後之個人防護具歸還至固定位置。 | | | | |
| 作業 | 52.電箱工具 | 目視 | 確認電箱中是否有留餘所使用之工具、器具。 | | | | |

| | | | | | | | |
|----|---------------|---------------|---|--|--|--|--|
| 方式 | 53.完成作業 確認 | 訪談現況、 檢點清單 | 1. 完成工作時，應交代清楚必要事項，並且實施作業後檢點。 2. 作業完成須實施工作人員清點、確認工作人員已經安全到達地面。 3. 清點攜入作業工具、設備。 4. 確認作業之進行狀況，並協商下次作業。 | | | | |
|----|---------------|---------------|---|--|--|--|--|

註：1.()內的簡稱所代表的法規名稱如下，阿拉伯數字是法規條文編號

職安法—職業安全衛生法

營—營造安全衛生設施標準

教育訓練—職業安全衛生教育訓練規則

管理辦法—職業安全衛生管理辦法

設—職業安全衛生設施規則

起—起重升降機具安全規則

標—職業安全衛生標示設置準則

健—勞工健康保護規則

屋—屋內線路裝置規則

2. 個人防護具建議參考:

| | |
|--------|--------------------------------------|
| 個人防護具 | 中華民國國家標準 |
| 電工安全帽 | CNS 1336 |
| 安全眼鏡 | CNS 7174、CNS 7175、CNS 7177、CNS 15809 |
| 橡膠手套 | CNS 12546 z 2076 |
| 防護手套 | CNS 12546 z 2076 |
| 絕緣鞋 | CNS 88789 |
| 背負式安全帶 | CNS 14253 Z2116 |
| 安全母索 | CNS 7535 Z3020 |

附錄三 太陽光電發電廠所現場輔導紀錄表

輔導日期：107 年 03 月 13 日

| | |
|---|--------------|
| 輔導廠家 | A 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 營業項目包括架設與維護清洗，員工數為 40 人，全國已架設 20M，各場所約 20KW-1.5M。 2. 使用空拍機進行紅外檢測。 3. 使用一般水柱、長刷清洗 PV，順便檢查回報問題。(一條龍作業優勢) <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 大部分符合規定，但防墜系統應盡速完成，未使用防墜器，使用一般護欄強度不足。 2. 尚未建立相關程序如斷電、測試等。 | |

| | |
|---|-------|
| 輔導廠家 | B 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 499KW 屋頂材質為較昂貴的來實板 (GT)，全面無螺絲，委由 CY (<30 人) 架設與維護 (106/2 完工)，於 CY 科技 (支架商) 樓上設 PV，給予 6% 電獲益兼維修屋頂、清洗再外包。GT 之風險管理獲勞動檢查單位認可，為示範廠，將作業以風險高低分顏色管理 (紅黃綠)。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 需確認工作人員完成 3 小時安衛教育訓練，並使之熟悉 PV 危害。 需確認工作人員完成個人防護具教育訓練。 屋頂未設安全通道，建議增設。 未訂定職業安全衛生管理計畫。 尚未有電氣裝置上鎖掛籤措施。 進出 PV 廠之出入口需張貼警告標語。 目前屋頂邊緣由母索及防墜器替代，建議需確認母索具足夠強度。 承攬工作人員須受急救人員訓練。 保險絲測試程序需確認員工穿戴個人防護具。 未來購置之紅外檢測裝置並進行檢測實，須注意絕緣與感電之預防。 使用加壓馬達加強水壓清洗 PV，須注意用電安全。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議須派員受三種業務主管訓練。 建議與承攬商共同建立緊急斷電復電書面程序。 建議委外清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|---|-------|
| 輔導廠家 | C 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 499KW，業主 GS 委由中華電信統包再委由 SL (24 人) 負責架設、維護與清洗 PV 廠，SL 與科技廠有多次合作經驗，中華電信則進行監控。提供本計畫其書面之斷電程序。GS 自己進行紅外熱影像檢測。警衛室管制所有承攬出入。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 為雙重屋頂目前未設通道，但仍需確認時間造成屋頂劣化問題。 2. 大部分 PV 廠有雙層圍欄，部分 PV 測試區須加設通道，因為沒有圍欄。 3. 未訂定職業安全衛生管理計畫。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議於維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 2. 建議委外清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|--|-------|
| 輔導廠家 | D 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 499KW，屬平面式 PV 廠，1、2、3 廠皆有設，檢修較安全。使用自廠生產產品，使用發電效能低之 PV，僅約 6%，故不清洗 PV 版，計算水費，及清潔後之發電效率，不符效益。自設自用電多於才售電。自行維修，每月 2-3 人維修，逆變器 (YL) 及支架才委外維修。逆變器維修時可借用原事業單位 (GE) 之上鎖掛籤裝置。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 曾有虎頭蜂之生物危害，未建立書面控管文件。 2. 委外維修廠之人員須受急救人員訓練。 3. 屋頂出入口附近增設滅火器。 4. 需與承攬商共同建立緊急斷電書面程序。 5. 確認承攬亞力有訂定職業安全衛生管理計畫。 <p>建議：</p> <p>建議委外維修時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。</p> | |

| | |
|--|-------|
| 輔導廠家 | E 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1860KW，委架設委維護清洗，自監控自售電，當日用空拍機看 PV 設施，有確認屋頂強度。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 需確認工作人員完成個人防護具教育訓練，不太清楚安全帽種類。 無防墜設施及安全通道，建議盡速改善。 MR 有斷電復電程序、急救箱，但 HT 無斷電復電書面程序，無急救箱。 廠房內上下設備（超過 5m）之護籠空隙太大且會搖晃，建議改善。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議依勞工健康狀況篩選適合的勞工，如心血管疾病、平衡機能失常及視力不良等不宜進行高架作業。 建議加強承攬管理。 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下。 建議委外清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|---|-------|
| 輔導廠家 | F 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 499KW，於 106/05 架設，設備擁有者是 FX (<5 人)，負責監控，委外維護 (CY 買 PV) 委外架設 (WC) 委外機電、清洗，在 5 年保固期內，仍依營標規定辦理，CY 應提安全設施費用成本給 FX。 未進行紅外檢測，僅以監控設備、電盤瞭接 PV 現況。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> CY 無具屋頂作業主管資格人員，建議接受屋頂作業主管訓練。下包有丙業主管證照。 有開工具箱會議，但須置備 3+3 安衛教育訓練紀錄，並使之熟悉 PV 危害。 部分無安全上下設備 (無護籠) 及防墜設施 (沿步道設置母索)，無安全通道，建議盡速改善。 未訂定職業安全衛生管理計畫。 屋頂邊緣有母索支架鬆脫情形，應盡速改善。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議依勞工健康狀況篩選適合的勞工，如心血管疾病、平衡機能失常及視力不良等不宜進行高架作業。 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。 建議與承攬商共同建立斷電復電書面程序。 建議於維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 建議委外清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

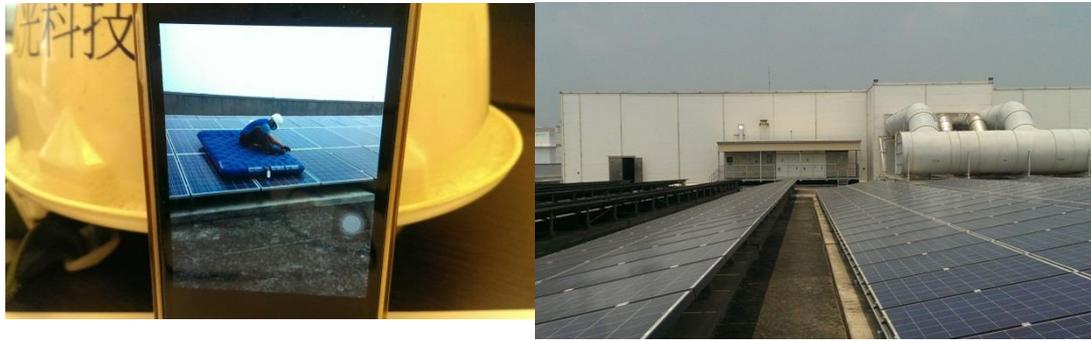
| | |
|--|-------|
| 輔導廠家 | G 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 499KW，於 107/01 開始售電，SG 鋼鐵純租屋頂給 SY (80 人)，SY 負責監控、維護、清洗。委外維修 PV。ACDC 設備設置於 SG 廠獨立區域，有上鎖。SY 雇主重視安全，堪為示範單位，預算有納入公司成本。 2. 有甲級電匠 3-4 人。 3. 每個月都有教育訓練 3 小時。 4. 由機電顧問處理高壓電問題。 5. 電盤上有貼警告標示。 6. 有建立 3 階 4 階文件。 7. 每次工作有指定小組長確認工作始末注意事項。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有女兒牆故無防墜設施。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議盡速擬定職業安全衛生管理計畫。 2. 建議維修部於維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 3. 建議委外清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | H 廠 |
| 廠家地點 | 雲林 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 純租屋頂（農會 10），29.75KW 保固期間仍屬 newLF (20) 負責維護，設備擁有者清洗者為 SS 售電監控 (5)。 2. 目前無活線作業。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 無安全上下設備。無安全通道。屋頂邊緣無圍欄。無防墜設施。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議留存職業安全衛生管理計畫相關執行紀錄。 2. 建議針對 PV 及屋頂作業危害預防、個人防護等進行員工教育訓練。 3. 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。 4. 建議建立斷電復電書面程序。 5. 建議確認附近有滅火器。 6. 建議維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 7. 建議施作時穿戴絕緣防滑手套。 8. 建議清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|---|-----|
| 輔導廠家 | I 廠 |
| 廠家地點 | 雲林 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 純租屋頂 (SH 玉米加工廠 30)，29.75KW 保固期間仍屬 newLF (20) 負責維護，設備擁有者清洗者為 SS 售電監控 (5)。 2. 目前無活線作業。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 無安全上下設備。無安全通道。屋頂邊緣無圍欄。 2. 無勾掛安全帶母鎖，廠商說未來將掛在 C 鋼上。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議留存職業安全衛生管理計畫相關執行紀錄。 2. 建議針對 PV 及屋頂作業危害預防、個人防護等進行員工教育訓練。 3. 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。 4. 建議建立斷電復電書面程序。 5. 建議確認附近有滅火器。 6. 建議維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 7. 建議施作時穿戴絕緣防滑手套。 8. 建議清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | J 廠 |
| 廠家地點 | 雲林 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 純租屋頂 (GW20)，99.7KW 保固期間仍屬 MC (40) 負責維護，設備擁有者清洗者為 SS 售電監控 (5)。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 係純租屋頂，發生火災時的處理方式應與屋主確認。 2. 無安全上下設備，目前使用直梯。 3. 無勾掛安全帶母鎖，廠商說未來將掛在 C 鋼上。 4. 無安全通道。 5. 屋頂邊緣無圍欄。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議留存職業安全衛生管理計畫相關執行紀錄。 2. 建議針對 PV 及屋頂作業危害預防、個人防護等進行員工教育訓練。 3. 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。 4. 建議建立斷電復電書面程序。 5. 建議維修車上放置急救箱，並確認工作人員須有受急救人員訓練。 6. 建議施作時穿戴絕緣防滑手套。 7. 建議清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | K 廠 |
| 廠家地點 | 雲林 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 純租屋頂 (雞舍 3), 202.82 KW, 設備擁有者售電維護監控清洗者為 SS (5)。 2. 目前無活線作業。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 需受訓丙業主管及屋頂作業主管。 2. 有安全上下設備。部分無安全通道。屋頂邊緣無圍欄。無捲揚防墜配備。建議改善。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議留存職業安全衛生管理計畫相關執行紀錄。 2. 建議針對屋頂作業危害預防等進行教育訓練。 3. 建議張貼進出口警告標示, 管制人員上下, 及感電危險標示。 4. 建議建立斷電復電書面程序。 5. 建議確認附近有滅火器。 6. 建議維修車上放置急救箱, 並確認工作人員須有受急救人員訓練。 7. 建議施作時穿戴絕緣防滑手套。 8. 建議清洗時應確認是否已接受安衛教育訓練、個人防護訓練、熟知 PV 危害及巡視監督工作人員之個人防護。 | |

| | |
|---|-----|
| 輔導廠家 | L 廠 |
| 廠家地點 | 台中 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設於 AU 廠區上平屋頂式 PV 場所，設備維運 SC。 2. AU 係大廠設置依相關法規及場內規定進行電氣維護保養，人員具相關証證，唯承接他案時未必皆符合法規，訪視時表示已設 PV 之屋主不願再加付圍欄、通道等安全成本。 3. 斷電維修時會與廠務溝通，由廠務執行，須注意雙方之斷復電確認。 4. 一般有主動式的保護，系統若漏電則不能進行維修動作。 5. 緊急應變配合廠內 ERC 演練。 6. 急救箱由維力中心提供。 7. 清洗時有著長統雨鞋。 8. 實際委外清洗時，不太可能避開高溫氣候，減短工時，因為工資是以天計。 <p>建議：</p> <p>建議表格之絕緣鞋係操作高壓時才需要穿。</p> | |

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | M 廠 |
| 廠家地點 | 雲林 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設置於豬舍上，該公司為一條龍式的 PV 架設維修廠。自行製作支架，加工與裝設。 2. 有電氣人員證照 3 甲級 3 乙級。 3. 有安排空拍機監視 PV 系統及維修人員工作情形。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 目前部分無安全母索，清洗時有墜落之虞。 2. 目前部分無安全通道。 3. 目前屋頂有邊緣有墜落之虞。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議建立員工健康檢查篩選適合之屋頂作業員工紀錄。 2. 建議建立斷電復電書面程序。但目前有 LINE 群組建立的記事本紀錄如何進行維修之 SOP 3. 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。 4. 建議從事維修工作時個人防護的正確性，避免災害發生。 | |

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | N 廠 |
| 廠家地點 | 高雄 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 於廠區上平屋頂式 PV 場所，設備擁有 CO，維運者 CY，屋主是 CS 公司，委外清洗。 2. 電氣人員具乙級證照，但只有 2 位。 3. 該廠有將高風險作業列為需許可之作業。 4. CY 斷電維修時會與 CS 溝通，由廠務執行，須注意雙方之斷復電確認。 <p>缺失：</p> <p>目前浪板未設隔柵，已列入改善項目。</p> <p>建議：</p> <p>建議表格上個人鞋改為止滑鞋。</p> | |

| | |
|---|-----|
| 輔導廠家 | O 廠 |
| 廠家地點 | 台南 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設置於 HD 上，MC 為一條龍式的 PV 架設維修廠。自行製作支架，加工與裝設。 2. 有門房管制人員上下。 3. 有電氣人員證照 3 甲級 3 乙級。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有女兒牆無邊緣墜落之虞，無安全母索，建議掛安全帶於穩固處。 2. 目前部分無安全通道，長久有腐蝕之虞時，清洗檢修有踏穿之虞，建議掛安全帶於穩固。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議建立員工健康檢查篩選適合之屋頂作業員工紀錄。 2. 建議建立斷電復電書面程序。但目前有 LINE 群組建立的記事本紀錄如何進行維修之 SOP。 3. 建議無通道處張貼防墜警語，建議裝設上下鐵皮屋之設備。 4. 建議從事維修工作時個人防護的正確性，避免災害發生。 | |

| | |
|---|-----|
| 輔導廠家 | P 廠 |
| 廠家地點 | 台中 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 於貯水廠上方，設備擁有與維運均為 TP，為 PV 示範場所。 2. 人員具屋頂作業主管證書。 3. 人員有操作 PV 相關訓練。(林口訓練中心) 4. TP 有上鎖掛牌管制程序可提供其他單位參考。 5. 已有大型樓梯上下設備。建議外圍的舊上下設備宜上鎖管制上下。 6. 有 4 位急救人員。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 維修時人力搬運光電池上下樓梯，建議評估人因危害及使用機械設備可行性。避免肌肉骨骼傷害。 2. 維修時人力搬運光電池上下樓梯，建議評估人因危害及使用機械設備可行性。避免肌肉骨骼傷害。 3. TP 建議表格中個人防護著平底防滑絕緣鞋。電工安全帽。平地 PV 維修防蛇時著長統鞋。 4. TP 建議刪絕緣電阻設定值。因電壓等級不同。 | |

| | |
|--|-------|
| 輔導廠家 | Q 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none">1. YS (維運清洗 10-20 員工)，ZJ (售電設備擁有) 租屋頂 (JO)，499.73KW。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 檢視員工是否穿著防滑平底鞋。2. 建議建立職業安全衛生管理相關紀錄備查。3. 建議建立斷電復電書面程序。4. 應派員接受急救人員訓練。 | |

| | |
|---|-------|
| 輔導廠家 | R 廠 |
| 廠家地點 | 觀音工業區 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CZ (維運售電清洗設備擁有 40 員工)，租屋頂 (RB)，499.8 KW。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議依健康檢查紀錄篩選或確認員工可從事屋頂作業。 2. 建議建立斷電復電書面程序。 3. 督導員工工作時穿戴必要之防護手套。 4. 應置備滅火器、急救箱及接受急救人員訓練。 5. 建議監督清洗人員之安全措施。 | |

輔導日期：107 年 08 月 15 日

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | S 廠 |
| 廠家地點 | 苑裡 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <ol style="list-style-type: none">1. LM (維運清洗售電)，JY (設備擁有)，租屋頂 (HH)，490 KW。 <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 無母索系統但可勾掛在安全通道上。2. 具有圍欄但無腳趾板。安全通道多，可更換兩片，操作容易。3. 應派員接受三種安全衛生業務主管訓。4. 表示員工若到養殖場 PV 場所才會戴口罩，因會呼吸困難。南部有候鳥較嚴重。5. 應派員接受急救人員訓練。 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 建議建立職業安全衛生管理相關紀錄備查。2. 建議張貼進出口警告標示，管制人員上下，及感電危險標示。3. 員工有服藥控制高血壓，建議施工前注意員工狀況。 | |

輔導日期：107 年 08 月 31 日

| | |
|--|-----|
| 輔導廠家 | T 廠 |
| 廠家地點 | 大甲 |
| 輔導照片 | |
|  | |
| 建議內容 | |
| <p>現況：</p> <p>設備擁有 YW，維運 LM，480 KW。</p> <p>缺失：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 無丙業。2. 無母索系統。無滅火器。3. 應派員接受急救人員訓練。4. 有維運手冊，無職業安全衛生管理計畫 <p>建議：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 建議依規模大小擬訂職業安全衛生管理計畫以預防災害。2. 建議建立員工健康檢查篩選適合之屋頂作業員工紀錄。3. 建議上下設備處張貼非工作人員誤勿攀爬警語。4. 派人接受急救人員訓。5. 建議建立斷電復電書面程序。 | |

附錄四 屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引

前言

本指引主要內容為屋頂型太陽光電場所維護作業時的必要安全措施與安全管理注意事項，可提供太陽光電設備設計者、擁有者、安全顧問、承攬商、工作人員、屋主、與訪客參考。太陽光電發電場所種類多，指引並未涵蓋所有形式的太陽光電發電場所。主要是針對架設於屋頂的太陽光電設備，在屋頂的太陽光電場所維護作業屬於高風險作業，須符合高標準的安全規範。本指引所提出之安全防護與建議僅供參考，事業單位需依設備規模、場所特性等評估作業風險，並參照相關法規，規劃安全的工作方法與安全防護措施，以避免發生災害為首要工作。

第一章 太陽光電發電產業

第一節 太陽光電發展背景

人類過度的使用能源終將耗盡地球蘊藏量有限的能源，加上聯合國各會員國因應氣候變遷達成的巴黎協定，為限制全球氣溫升高幅度，要求各國須提出自行訂定的減少溫室氣體排放量；如今世界各國均戮力推動節約能源、降低碳排放及開發新能源。因應新能源時代，經濟部能源局 2017 年的新能源政策包括擴大再生能源發電於 2025 年占 20% 以上，以建立國內太陽光電產業供應鏈達到「2025 年非核家園」的目標[1]。能源產業技術白皮書指出，我國 2015 年太陽電池產量達 9.46 GW，為全球第 2 大製造地區，全球占比達 16.7%，具有國際競爭優勢。國內有良好之日照條件，同時兼具優良之半導體技術基礎，具備發展太陽光電之良好立基。

行政院於 2016 年通過推動方案，致力達成 2025 年再生能源發電占比 20% 的目標，其中以太陽光電裝置容量占 66.3% 最高，規劃明確目標。至 2018 年 12 月已累積太陽光電設置量達 1.7 GW，超越 1.52 GW 的計畫目標；長期目標為 2025 年達 20 GW，包含屋頂型 3 GW 與地面型 17 GW。

基於政府保證購電 20 年、保證併聯及合理的利潤，國內已加速太陽光電 (Photovoltaic，以下簡稱 PV) 發電系統之設置之設置，國內有意願投資者設置 PV 系統的步驟如圖 1，為一般太陽光電系統生命週期階段圖：

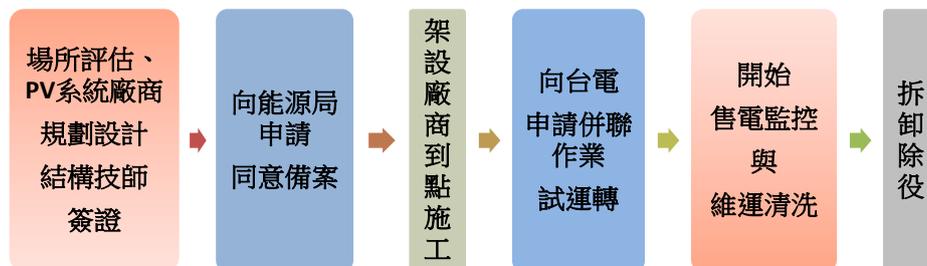


圖 1 太陽光電系統生命週期階段圖

投資者選擇適當地點或屋頂後，由 PV 系統廠商開始至預定場所進行勘查規劃設計 PV 系統規模，由結構技師簽認安全性，再將整體設計附上結構計算書，系統設置廠商代為向能源局申請，通過後，才請架設廠商施工，依圖施工架設完竣與試運轉成功後，向台電申請併聯作業，開始監控售電、維護、清洗作業、更換模組、天災檢修到最後拆除之階段。此流程顯示源頭管理應從設計端即納入所有作業安全的風險管控，包括結構安全、上下設備、安全通道、防墜設施及必要之圍欄等，使工作人員在初期評估至拆除階段所從事之作業，均能安全的執行。

國內太陽光電發電系統整體建置運作的利害相關者包括 PV 製造廠、PV 系統規劃廠商、地主、售電業者、PV 架設廠商、PV 維護/清洗廠商、PV 效能監控廠商、投資商與金融機構等；各 PV 場所運作模式不同。與 PV 系統運作模式的相關者如圖 2，彼此間是維護發電成效的合作共同體，藉由建立連絡清單與必要之溝通紀錄，做好作業前、中、後的安全管理，以保障工作人員、勘查人員、屋主、廠區人員及鄰近路人的安全。

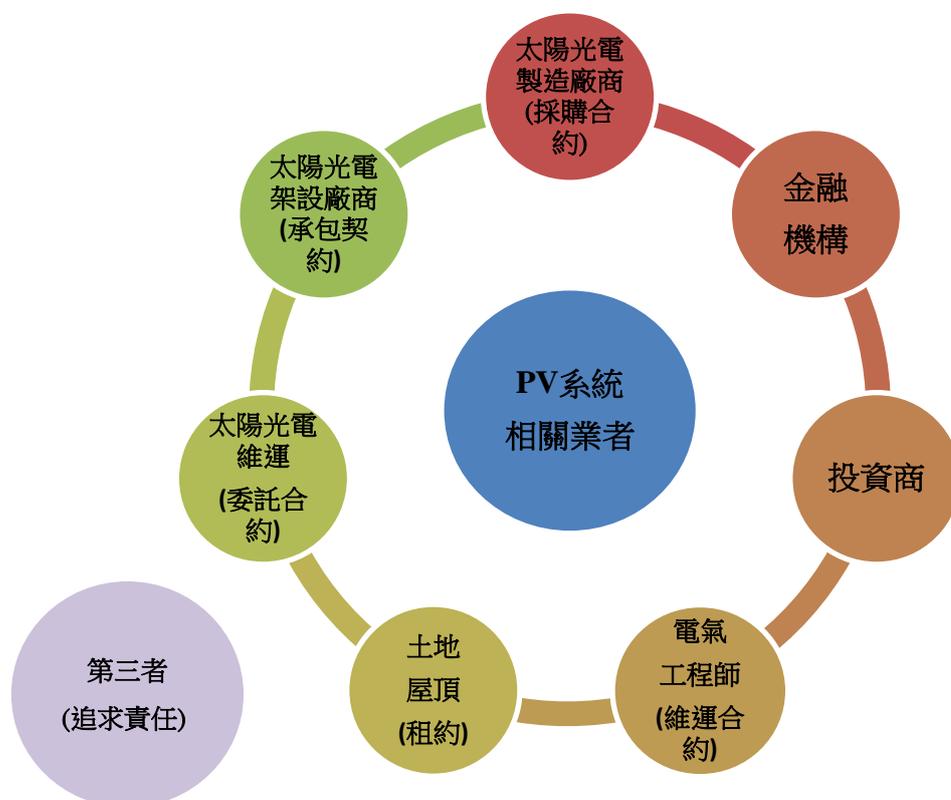


圖 2 太陽光電發電系統運作相關業者

目前 PV 大部分為單晶、多晶的太陽電池，壽命可長達 20 餘年。屋頂型太陽光電系統的架設狀況，或是屋頂擁有者、或是金融機構等投資者委託、或是 PV 製造商委託支架廠商架設、或是支架供應廠商自行投資架設 PV 系統；支架材料包括鋁製或鍍鋅支架，防鏽及穩固為重要之考量。中國國家能源局所述太陽發電能源應用的方式有「自發自用」、「餘量上網」與「電網調節」等方式[2]，國內 PV 發電場所則大致為純租屋頂、自發自用、自發餘售、委發併網等。

第二節 太陽光電作業相關法規

PV 作業內容包括場所評估、設計、架設、安裝電氣設備、試運轉、運作維護與拆除、廢棄處理等，其中有關屋頂作業、高架作業、吊掛作業及人員訓練等均涉及安全相關法規，必須要事先進行風險評估、做好危害控制措施。太陽光電系統架設階段，依營造安全衛生設施標準第 18 條與職業安全衛生教育訓練規則第 10 條規定，擔任屋頂作業主管之勞工應於事前使其接受營造作業主管之安全衛生教育訓練，於易踏穿材料構築屋頂作業時，雇主應指派屋頂作業主管於現場辦理以下事項：

- 一、決定作業方法，指揮勞工作業。
- 二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換不良品。
- 三、監督勞工確實使用個人防護具。
- 四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。
- 五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之設備及措施。

有關 PV 架設作業之安全措施，可參考本所編製之「太陽光電發電系統之作業安全技術指引」 [4]，內容涵蓋太陽光電發電系統施工程序、太陽光電發電系統作業產生各種危害之預防措施與太陽光電發電系統作業安全對策。

太陽光電發電場所之作業安全與國內法規相關者眾多，經諮詢相關專家及

勞動檢查機構，彙整 PV 發電場所適用的主要法規如表 1 所列，包括內政部、經濟部、勞動部及公共工程委員會等機關制訂的相關法規。

表 1 國內太陽光電系統相關法規

| 主管機關 | 法規名稱 |
|---------|--|
| 內政部 | 建築技術規則建築設計施工 |
| 經濟部 | 用電場所及專任電氣技術人員管理規則 屋內線路裝置規則 台灣高效能太陽光電模組技術規範 太陽光電模組產品登錄作業要點(性能/安全驗證證書) CNS 15118-2 或 IEC 61730-2：2004 安全驗證標準 |
| 勞動部 | 勞動檢查法 職業安全衛生法 職業安全衛生管理辦法 職業安全衛生法施行細則 職業安全衛生設施規則 職業安全衛生標示設置準則 職業安全衛生教育訓練規則 起重升降機具安全規則 營造安全衛生設施標準 升降機安全檢查構造標準 移動式起重機安全檢查構造標準 吊籠安全檢查構造標準 高架作業勞工保護措施標準 高溫作業勞工作息時間標準 勞工健康保護規則 |
| 公共工程委員會 | 公共建設設置太陽光電系統參考手冊 |

依據專家座談會與會人員表示，目前國內太陽光電發電場所較常違反的法規條款為：職業安全衛生設施規則第 37、227、228、281 條(一般作業)與營造安

全衛生設施標準第 18、19、21、22、23 條(架設作業)。如依職業安全衛生法第 18 條規定，工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。勞工執行職務發現有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。雇主不得對前項勞工予以解僱、調職、不給付停止作業期間工資或其他不利之處分。勞動檢查法第 28 條規定，勞動檢查機構指派勞動檢查員對各事業單位工作場所實施安全衛生檢查時，發現勞工有立即發生危險之虞，得就該場所以書面通知事業單位逕予先行停工。職業安全衛生法施行細則第 25 條規定，有立即發生危險之虞之情形，包括於高度二公尺以上作業，未設置防墜設施及未使勞工使用適當之個人防護具，致有發生墜落危險之虞時，勞工需採取緊急應變或立即避難。

屋頂型 PV 場所較多違反的法規為職業安全衛生設施規則、職業安全衛生法施行細則、勞工健康保護規則與職業安全衛生標示設置準則，說明如下：

- 一、 上下設備：雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。(職業安全衛生設施規則-228 條)
- 二、 防墜設施：雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(職業安全衛生設施規則-225 條)
- 三、 安全通道：雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。(職業安全衛生設施規則-227 條)
- 四、 屋頂邊緣：雇主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工

有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。
(職業安全衛生設施規則-224 條)

五、 職業安全衛生管理計畫：雇主應依其事業單位之規模、性質訂定職業安全衛生管理計畫，包括下列事項：工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、機械、設備或器具之管理、承攬管理及變更管理、安全衛生作業標準、作業檢點及現場巡視、安全衛生教育訓練、個人防護具之管理、緊急應變措施、職業災害、虛驚事故之調查處理及統計分析。(職業安全衛生法施行細則-31 條)。

六、 安全標示：(職業安全衛生標示設置準則-3 條)

(一)禁止標示：嚴格管制有發生危險之虞之行為，包括禁止煙火、禁止攀越、禁止通行等。

(二)警告標示：高壓電、墜落、感電、高熱等危險警告。

七、 急救箱、急救人員：事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。(勞工健康保護規則-9 條)。

第二章 太陽光電維護作業危害評估

第一節 太陽光電維護作業危害

經蒐集國內 102-106 年營造業職災統計總件數共 556 件，其中有 352 件 (63%) 為墜落案件，墜落事件依原因分類統計件數如圖 3 所示。依墜落職災原因統計，自屋頂或採光罩墜落的 94 件數最高，佔 27%；未事先評估作業風險或錯估屋頂採光罩強度極易造成墜落災害。

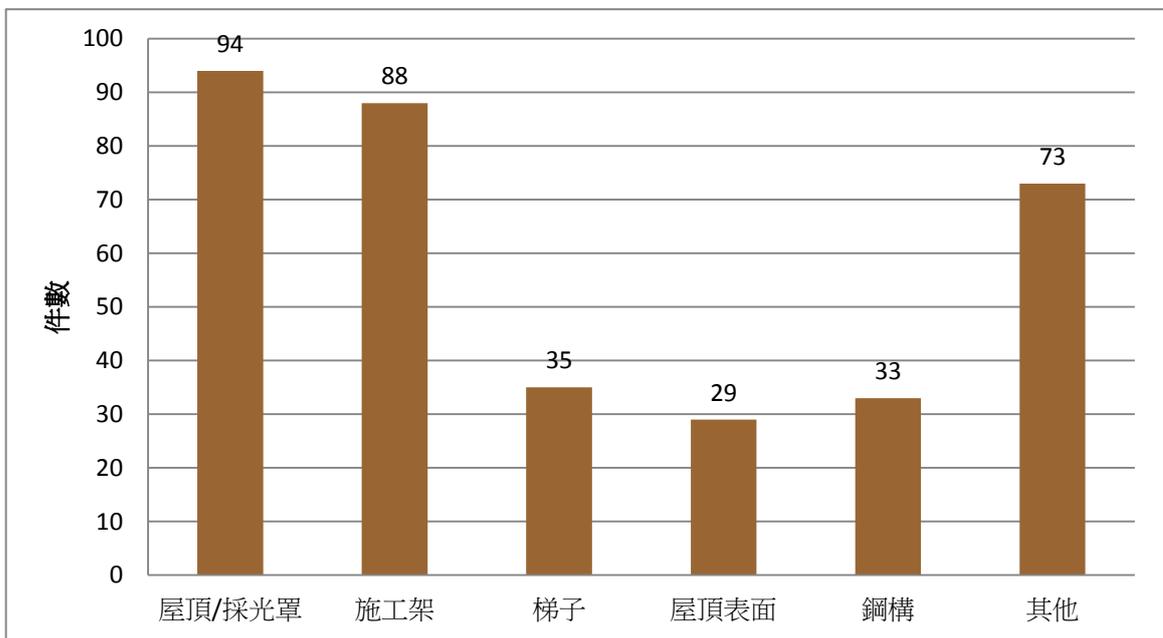


圖 3 五年內墜落職災原因統計圖 (n=352)

而營造業墜落職災案件中(n=352)，災害發生的基本原因前五項為未設置職業安全衛生人員、未辦理職業安全衛生教育訓練、未訂定安全衛生工作守則、未實施安全衛生管理計畫及未訂定自動檢查計畫實施自動檢查，顯示安全管理的重要性。PV 場所應依其危害特性訂定職業安全衛生管理計畫，與勞工共同訂定工作守則之相關安全規範，使工作人員有所依循，並進行職業安全教育訓練及作業前、中、後各階段之作業安全檢點。

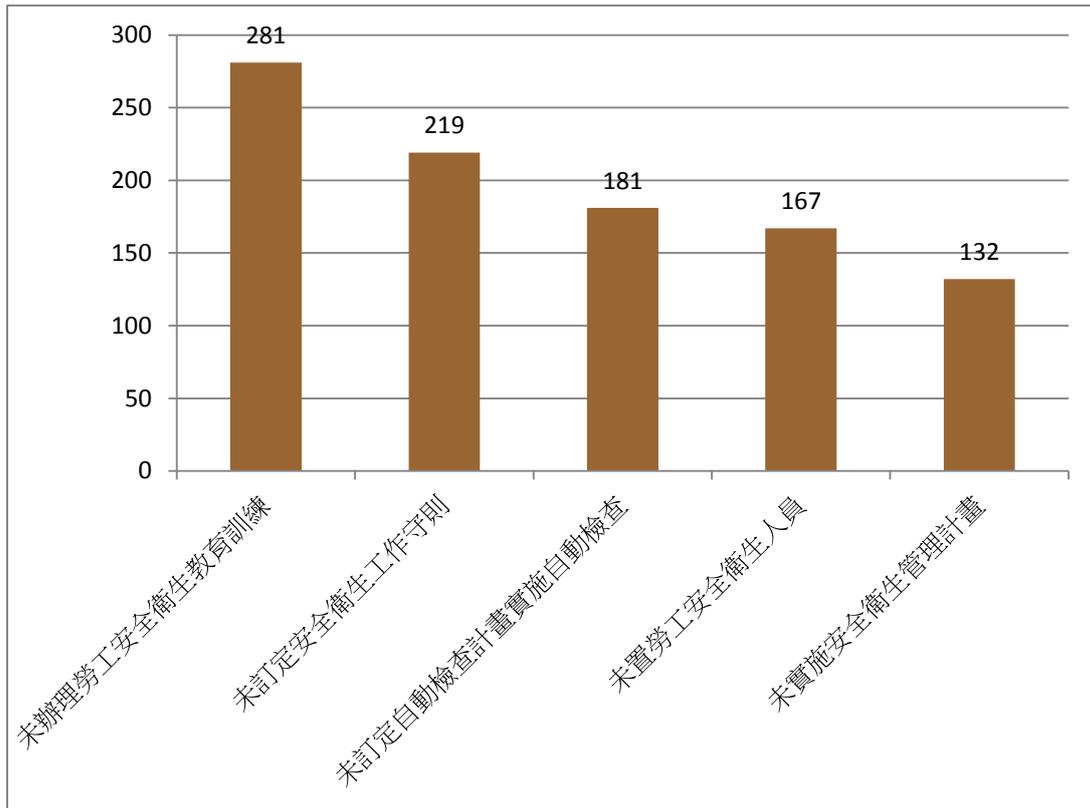


圖 4 墜落重大職災基本原因統計圖 (n=352)

經統計五年內國內註明為太陽光電發電場所之職災案例共 17 件，發生於中南部較多，災害原因為採光罩未設置隔柵、未於屋頂上設置通道、高度 2 公尺以上之工作台開口部分未設置護欄、護蓋或安全網等防護設備，或未使勞工使用安全帶及安全帽等防護具等。

英國屋頂作業指引說明脆弱屋頂的特點如下，提供屋頂型太陽光電場所工作人員作為判別危害參考[3]：

- 一、舊的採光罩
- 二、預作、輕質屋頂上的舊鐵皮
- 三、未強化纖維水泥壁板
- 四、腐蝕鐵皮板
- 五、玻璃或強化玻璃
- 六、腐爛合成纖維板

七、薄型、潮濕木質羊毛板

八、瓦片、石板

PV 維護作業為屋頂作業，高度大多超過 2 公尺，「勞工健康保護規則『附表十一考量不適合從事作業之疾病』」說明罹患癲癇、精神或神經系統疾病、高血壓、心血管疾病、貧血、平衡機能失常等疾病者，不適合從事高架作業。「高架作業勞工保護措施標準」規定高度在 2 公尺以上未滿 5 公尺者，應減少工作時間，每連續作業 2 小時至少有 20 分鐘休息，雇主不得使有下列情事之勞工從事高架作業。

- 一、酒醉或有酒醉之虞者。
- 二、身體虛弱，經醫師診斷認為身體狀況不良者。
- 三、情緒不穩定，有安全顧慮者。
- 四、勞工自覺不適從事工作者。
- 五、其他經主管人員認定者。

PV 維護作業危害還包括物體飛落(吊掛組裝 PV 系統時組件掉落)、感電(試運轉、測試或漏電檢查)、被撞(吊掛 PV 組件時發生碰撞)、切割(組裝 PV 系統切割固定用元件與配管)與火災(熱斑引起高溫引燃雜草)等，危害種類繁多，作業勞工需接受相關之安全衛生教育訓練。

國內為邁入減碳新能源時代，發展無污染替代能源，事業單位逐漸建立太陽光電發電系統，但太陽光電發電系統多屬於高處作業或屋頂作業，需要做好相關危害預防措施，避免發生嚴重之墜落災害。

第二節 太陽光電作業風險評估

太陽光電系統裝置示意圖如圖 5，從太陽能照射至太陽能陣列，產生直流電，透過變流器轉換成交流電後供用戶使用或併聯台電躉售。屋頂型太陽光電發電運作模式繁複，與台電併聯方式有高壓併聯及低壓併聯兩種，高壓併聯之高壓電作業多委由台電施作。

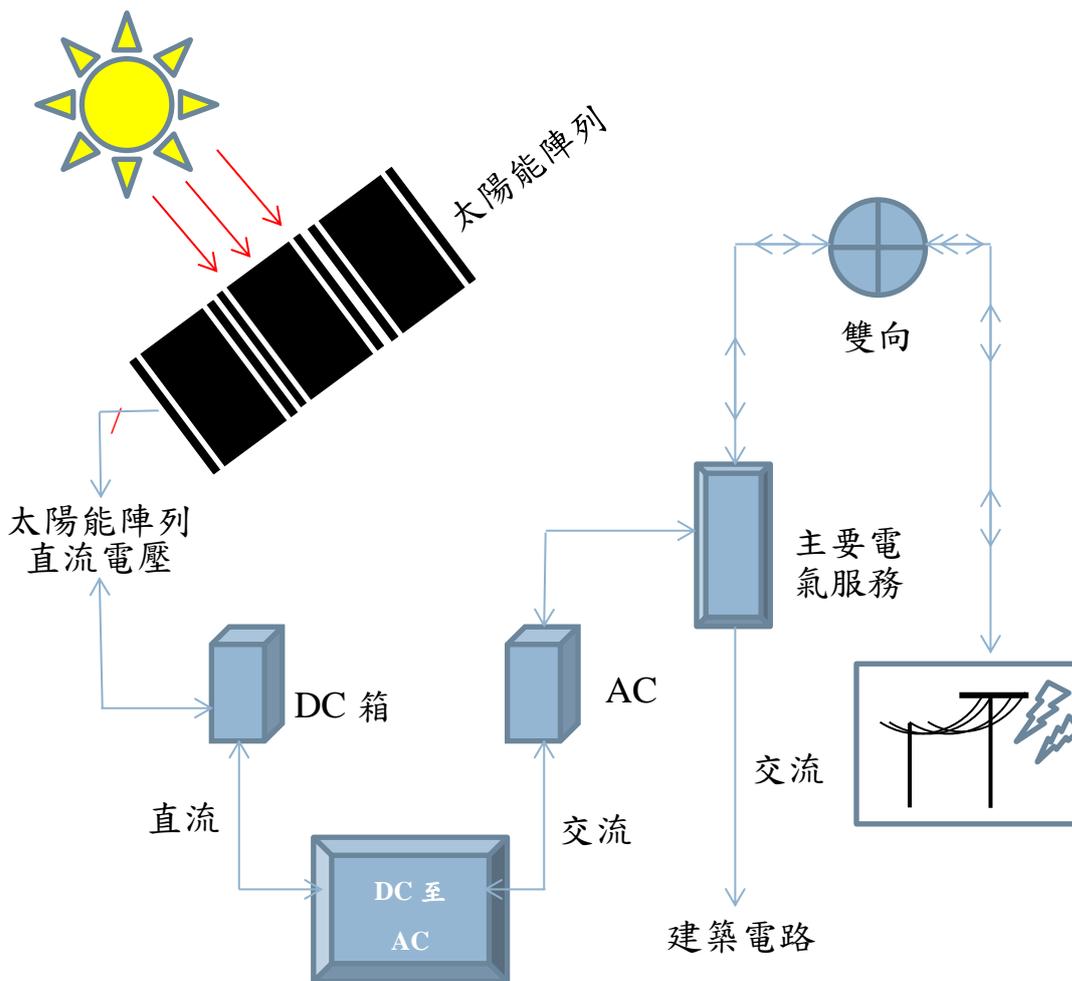


圖 5 太陽光電系統裝置示意圖

能源局指出太陽光電系統的安全性、可靠度、耐久性及品質可透過系統完工驗收及營運中檢測、驗證、維護等相關技術投入，以延長系統整體運轉壽命[1]，包括電氣安全、消防安全及結構安全等皆需要配合相關法規之檢討修正，以及在設計、施工方面之技術提升與施工、運轉檢查之執行配合等，才有可能維持預期

之發電成效，及避免系統受到天然災害或火災而影響系統及相關人員的安全。

本所於 2012 年太陽光電發電系統之作業安全研究指出，安裝維護太陽光電發電系統發生危害種類包括墜落、物體飛落、被撞、切割、火災及感電等[4]。美國舊金山市已建立消防人員太陽光電系統安全與滅火措施[5]，提及太陽光電發電場所潛在危害為感電、燙傷、滑倒、跌倒、墜落、屋頂荷重、危害物質吸入、及電池製造物質火災引起之氣體危害(磷、鎘、碲、砷、鎵等)。美國國際標準委員會針對商業用太陽光電系統彙整多項設備、裝置、屋頂的詳細規定，包括須安裝固定上下梯子，地震及火災應變應有之措施規範等[6]。

以下職災參考例係修繕高樓水塔，因物體掉落砸傷行人的案例，提醒屋頂型太陽光電場所更換模組等維護作業也具有物體飛落之潛在危害，須依職業安全衛生法第 6 條規定，雇主應有符合規定之必要安全衛生設備及措施，防止有墜落、物體飛落或崩塌等之虞之作業場所引起之危害。

某大樓進行水塔修繕工程，因為工人於牆壁鑽洞，沒有搭防護網等安全措施，磁磚自高空掉落，一名路人剛好走過去，頭部被砸緊急送醫。

因 PV 系統維護作業具有多項風險，需透過風險評估了解各項作業潛在危害，實施風險評估的目的係期望能夠事先了解潛在危害，擬定適當的危害控制措施，防止災害發生。依據職業安全衛生法第 23 條第一項規定，雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫，並依職業安全衛生法施行細則第 31 條規定職業安全衛生管理計畫包括執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制。依國內風險評估指引重點繪製風險評估流程如圖 6[7]。實施風險評估的時機建議為每年，或是重大變更時(例如，增加太陽電池規模、法規修訂、現場檢查重大缺失、新技術發展或發生事故)須重新進行風險評估，並記錄參與評估人員、審核人員姓名、評估日期及審核日期。一般風險評估紀錄的保存期限為三年。

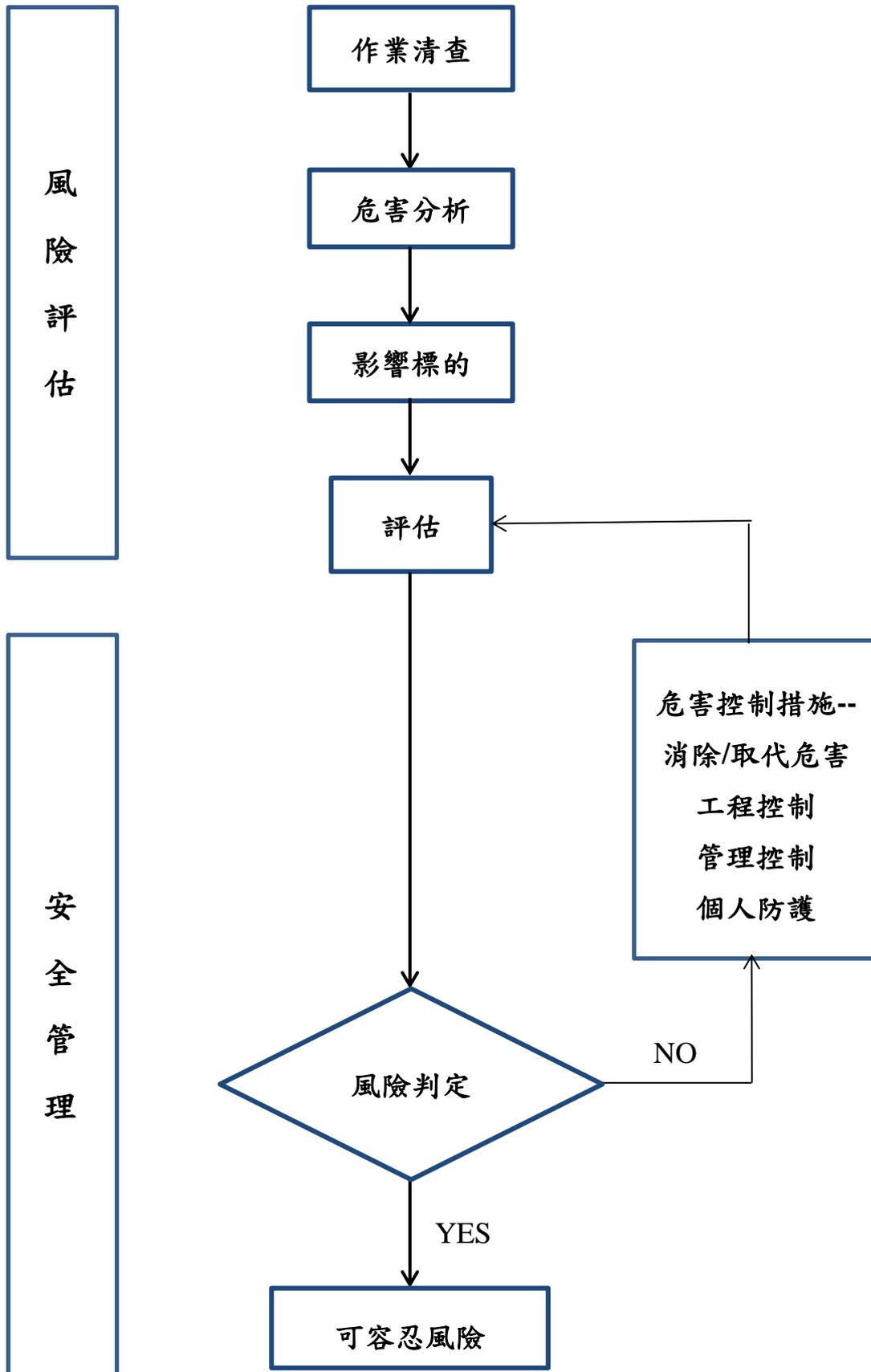


圖 6 風險評估流程圖

太陽能發電系統在運作期間除了天災、氣候、動植物與環境的影響，電池的老化問題包括模組[8]、包覆材料、黏合材料、接點，濕氣侵入與半導體材料之老化等問題，因此太陽光電系統維護作業涵蓋面甚廣，需要異業整合，包括設備供應商、發電成效監控、電氣維護、支架維修、清洗承攬等，各方須共同確認主要議題、建立維護作業安全之共識。太陽光電發電場所的 PV 維護作業項目包括 DC 電壓/電流測試程序、保險絲測試程序、絕緣電阻測試程序、接地系統整體測試程序、紅外線檢測、換裝太陽光電模組太陽光電設備、連接器、接線、配線檢查、太陽光電模組加強固定等。

國外資料指出 PV 系統之年度檢查主要項目如下[9]：

- 一、 確認屋頂無漏水情形。
- 二、 確認屋頂排水良好。
- 三、 確認模組附近積水情形。
- 四、 確認支撐架底座鏽蝕情形。
- 五、 電氣箱/支架鏽蝕情形。
- 六、 檢查模組接線是否鬆脫懸吊。
- 七、 檢查植物或新裝置遮蔽太陽電池。
- 八、 系統裝置配備名稱標示。
- 九、 電氣箱上鎖，標示非專業人員勿操作標示。
- 十、 變流器附近無雜物堆放。
- 十一、 檢查模組下有無動物可能引發之危害(鼠咬電線、蛇、蜂巢等)。

一般工廠屋頂太陽電池之維護作業者在門口警衛室登記後，進入廠區電氣室中 PV 系統之 AC 箱、DC 箱、變流器，進行關斷檢修，有時是業主的員工進行關斷動作，維護人員再爬高至屋頂進行 PV 系統之檢查，如線路鬆脫、破損、表面污漬、裂紋、雜草、鳥糞、積水或飛行動物屍體等異狀。大部分維護、清洗為承攬作業，少數有共同作業情形。作業前因為要先進行斷電工作，維護廠商才能上屋頂作業，依照訂定之書面斷電復電程序，雙方須共同確認斷電復電之動作，避免影響原廠之運作。

風險評估須從作業清查開始，由熟悉作業的員工參與，辨識出所有的相關作業的潛在危害、發生可能原因、發生頻率、與合理且最嚴重後果的嚴重性，PV 相關作業風險評估表參考例如表 2，其中風險評估部份發生頻率分級說明如表 3，找出各事件可能發生之頻率，與表 4 後果嚴重性分級取得對應數值，再依風險等級表(表 5)取得該事件風險的風險等級，風險等級 ≥ 3 者為不可容忍風險，須研擬降低風險之控制設施，將其風險降至可容忍程度。以墜落為例，危害控制措施優先順序為消除/取代(如改為地面式 PV 場所)、工程控制(如建置安全設備等)、管理控制(如屋頂作業主管現場監督等)及個人防護(如背負式安全帶等)，屋頂型 PV 作業需於作業全程都配戴好個人防護具。

表 2 太陽光電發電場所作業風險評估表參考例

| 作業編號及名稱 | 作業時間/人員 | | 辨識危害及後果 | | 現有防護設備 | | | 評估風險 | | | 控制後預估風險 | | | |
|---------|---------|------------------|-------------|------|---|---------------------|---|-----------------------|-----|-----|---------|-----|-----|------|
| | 作業名稱 | 作業週期 | 作業資格 | 危害類型 | 危害可能之環境描述 | 工程控制 | 管理控制 | 個人防護具 | 嚴重性 | 可能性 | 風險等級 | 嚴重性 | 可能性 | 風險等級 |
| 1 | 場所評估 | 測量(1天) 規劃(1週) | 屋頂作業管 作主 | 墜落 | 有長梯、踏無 板，邊緣全設 圍欄，安全墜 備，可人員墜 成之虞 | 無 | 1.各類合格 證 2.承攬管理 | 防滑、安、 鞋、帶全 安全帽。 | S4 | P2 | 4 | S4 | P1 | 3 |
| 2 | 更換模組 | 損壞更 換 | 屋頂作業管 作主 | 墜落 | 無安全通 道，可能墜 成之虞 | 安全母全備 索、安設 上下 | 1.教育訓練 2.各類合格 證 3.標準作業 程序 4.緊急應變 計畫 5.承攬管理 | 防滑、安、 鞋、帶全 安全帽。 | S4 | P2 | 4 | S1 | P1 | 1 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|------------------|----|-----------------------|-------------------|---------------------|--|----------------|----|----|---|------------------|----|----|---|
| 3 | 更換模組 | 損壞安裝時裝 | 屋頂作業主管、電氣技術人員合格證 | 感電 | 未依作業標準，可能造成人員之感電之虞。 | 作業標準，可能造成人員之感電之虞。 | 未依作業標準，可能造成人員之感電之虞。 | 6.健康檢查 1.教育訓練合格證 2.各類作業標準程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.等 | 防滑、安、帶安全、絕緣手套。 | S2 | P2 | 3 | 依照安全作業標準 現場監督 | S1 | P1 | 1 |
| 4 | 清洗模組 | 每季；要時 | 屋頂作業主管 | 墜落 | 無安全通道，可能造成人員之墜落之虞。 | 安全、上下安索、安全設施 | 安全、上下安索、安全設施 | 1.教育訓練合格證 2.各類作業標準程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.等 | 防滑、安、帶安全、絕緣手套。 | S4 | P3 | 4 | 需架設安全通道 | S4 | P1 | 3 |
| 5 | 支架檢查 | 每年；要時 | 屋頂作業主管 | 墜落 | 未依作業標準，可能造成人員之墜落之虞。 | 安全、上下安索、安全設施 | 安全、上下安索、安全設施 | 1.教育訓練合格證 2.各類作業標準程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.等 | 防滑、安、帶安全、絕緣手套。 | S4 | P2 | 4 | 依照安全作業標準 現場監督 | S4 | P1 | 3 |
| 6 | 接 | 每半 | 屋頂 | 感 | 未依安全作業標準，可能造成人員之感電之虞。 | 安全、上下安索、安全設施 | 安全、上下安索、安全設施 | 1.教育訓練合格證 2.各類作業標準程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.等 | 防滑 | S2 | P3 | 3 | 依照安全作業標準 | S4 | P1 | 3 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------|----------------------|---------|----------------------|---|--|-------------------------|----|----|---|----------------------|--|--|--|
| | 地系統測試 | 年；要 必時 | 業、氣術員格 作主管電技人合證 | 電 感電 | 業能感電之虞。 標準人員。 | 安、下 全設備 索全設 接地設 施 | 2.各類合格 證 3.標準作業 程序 4.緊急應變 計畫 5.承攬管理 等 | 安、 鞋、帶全、絕 全安帽緣套 | S2 | P3 | 3 | 現場監督 | | | |
| 7 | 絕緣電阻測試 | 半；要 每年必時 | 屋頂業、氣術員格 作主管電技人合證 | 感電 | 未依安全標準造成之虞。 作業人員。 | 母安、下 全設備 安、上設 防裝電 置電器 漏路 接地設 施 | 1.教育訓練 2.各類合格 證 3.標準作業 程序 4.緊急應變 計畫 5.承攬管理 等 | 防、安、 鞋、帶全、絕 全安帽緣套 | S1 | P1 | 1 | 依照安全作業標 準 現場監督 | | | |
| 8 | 電氣檢修 | 電率；要 發效低必時 | 屋頂業、氣術員 作主管電技人 | 熱危害 | 因天氣炎熱，未適當導 致熱衰竭。 | 母安、下 全設備 安、上設 防裝電 置電器 漏路 接地設 施 | 1.教育訓練 2.各類合格 證 3.標準作業 程序 4.緊急應變 計畫 | 防、安、 鞋、帶全、絕 全安帽緣套 | S2 | P3 | 3 | 安排適當工作時 間 現場監督 | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------|--------------------------------|------|----------------------|--|---|----------------------------|----|----|---|--------------------------------|----|----|---|
| 9 | 漏電測試 | 必要時 | 合格證 | 感電 | 未依安全標準作業，可能造成人員感電之虞。 | 路器、接設施。安、上備電擊、斷、設。安、上備電擊、斷、設。安、上備電擊、斷、設。 | 5.承攬管理等 1.教育訓練合格 2.各類作業證 3.標準作業程序 4.緊急應變計畫 5.承攬管理等 | 防滑、安、絕 鞋、帶全、絕 全安帽緣套。 | S2 | P3 | 3 | 依照安全作業標準 現場監督 | S1 | P1 | 1 |
| 10 | 支架檢查 | 每年必要時 | 合格證 屋頂作業主管 電氣技術人員 合格證 | 人因危害 | 長時間以正常工作造成人員肌肉傷害。 | 路器、接設施。安、上備電擊、斷、設。安、上備電擊、斷、設。安、上備電擊、斷、設。 | 無 | 防滑、安、絕 鞋、帶全、絕 全安帽緣套。 | S2 | P2 | 3 | 1 安排適當休息時間 2 現場監督 3 教育訓練 | S1 | P1 | 1 |

表 3 風險評估之可能性等級分類表[7]

| 等級 | | 預期危害事件發生之可能性 | 防護設施之完整性及有效性 |
|----|------|---|--|
| P4 | 極可能 | 每年 1 次（含）以上； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 5 次以上 | 未設置必要的防護設施，或所設置之防護設施並無法發揮其功能 |
| P3 | 較有可能 | 每 1-10 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 2 至 5 次 | 僅設置部分必要的防護設施，或對已設置之防護設施，未定期維護保養或監督查核 |
| P2 | 有可能 | 每 10-100 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 1 次 | 已設置必要的防護設施，且有定期維護保養或監督查核使其維持在可用狀態 |
| P1 | 不太可能 | 低於 100 年 1 次； 在製程、活動或服務之生命週期內不太會發生 | 除已設置必要的防護設施外，另增設其他防護設施，且有定期維護保養或監督查核，以維持其應有的功能 |

表 4 風險評估之嚴重性等級分類表[7]

| 等級 | | 人員傷亡 |
|----|----|---|
| S4 | 重大 | 造成一人以上死亡、三人以上受傷、或是可能發生無法復原之職業病的災害 |
| S3 | 高度 | 造成永久失能或可能發生可復原之職業病的災害 |
| S2 | 中度 | 須外送就醫，且造成工時損失之災害或可能發生因職業健康問題造成工時損失之狀況 |
| S1 | 輕度 | 僅須急救處理，或外送就醫，但未造成工時損失之輕度災害或可能發生因職業健康問題造成工作效率降低之現象 |

表 5 風險評估之分級基準[7]

| | | 可能性等級 | | | |
|-----------|----|-------|----|----|----|
| | | P4 | P3 | P2 | P1 |
| 嚴重性等 級 | S4 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| | S3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | S2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| | S1 | 3 | 3 | 2 | 1 |

劃分出風險等級 1-5 後，風險控制之規劃參考要點如下[7]：

- 一、輕度風險(可容忍風險)：不須採取風險降低設施，但須確保現有防護設施之有效性。
- 二、低度風險(可容忍風險)：暫時無須採取風險降低設施，但須確保現有防護設施之有效性。
- 三、中度風險(不可容忍風險)：須致力於風險的降低，如基於成本或財務等考量，宜逐步採取風險降低設施、以逐步降低中度風險之比例；對於嚴重度為重大或非常重大之中度風險，宜進一步評估發生的可能性，作為改善控制設施的基礎。
- 四、高度風險(不可容忍風險)：須在一定期限內採取風險控制設施，在風險降低前不可開始作業，可能需要相當多的資源以降低風險，若現行作業具高度風險，須儘速進行風險降低設施。
- 五、重大風險(不可容忍風險)：須立即採取風險降低設施，在風險降低前不應開始或繼續作業。

PV 維護作業較嚴重的危害包括墜落、感電，尤其是國內墜落職災以自屋頂墜落為最大宗，屋頂型太陽光電維護者不可不慎；感電危害則為安裝直流接線箱、變流器時觸及帶電物體，且國內較大規模 PV 場所日增(>> 500 kW)，使得維護作業風險增加，需穿戴防高電壓安全帽、手套、絕緣防滑鞋及防電弧衣物等加強安全防護之措施。法規係為最低要求，務必事前做好風險評估及因應之防災措施。

PV 維護作業人因危害係指在屋頂進行修繕作業時，工作時常未能或無法保持正常姿勢，或兩人搬運更換變流器或 PV 模組時，亦須注意正確姿勢與使力方法，避免傷及肌肉骨骼。

PV 清洗作業時屋頂為光滑且傾斜的表面，容易滑倒，須利用安全母索、安全帶、防墜裝置、防墜網、防墜柵欄及穿著防滑長筒鞋等。清洗作業也有可能接觸到生物危害包括動物排泄物、垃圾、昆蟲等，吸入鳥糞灰塵可能感染鸚鵡熱 (Psitticosis)，傷口接觸鼠尿可能感染疾病 (Well's disease) [3]。因此不能使用高壓水槍清洗，避免水氣四散，導致吸入性危害。

熱危害也是 PV 維護作業風險之一，近年戶外氣溫較高，針對戶外有日曬情形者，雇主仍須依「高溫作業勞工作息時間標準」計算勞工暴露時量平均綜合溫度熱指數，以適當分配作業及休息時間，避免曬傷及熱衰竭。依據「高溫作業勞工作息時間標準」，對於首次從事高溫作業之勞工，應規劃適當之熱適應期間，並採取必要措施，以增加其生理機能調適能力，並應充分供應飲用水及食鹽，採取指導勞工避免高溫作業危害之必要措施。

某日氣溫高達 33 度，接近中午休息時間，一名工地工人可能要趕工，突然昏迷，疑似因熱衰竭，體溫高達 37 度且意識模糊，送醫急救，幸好沒有生命危險。

英國的屋頂作業指引中，風險評估後之危害控制措施原則如圖 7 所示[3]，首要是盡量避免於高處作業，屋頂型 PV 場所則不可避免必須在屋頂作業，僅少數一般之檢視可利用空拍機進行檢視，不一定要爬上屋頂。更換模組或支架必須進行高處作業時，應做好防墜措施；最後一階段是有墜落之虞時，應用工作設備與方法，如穿戴防墜器、裝設防護網等，使墜落距離與墜落後果之嚴重度降到最低。

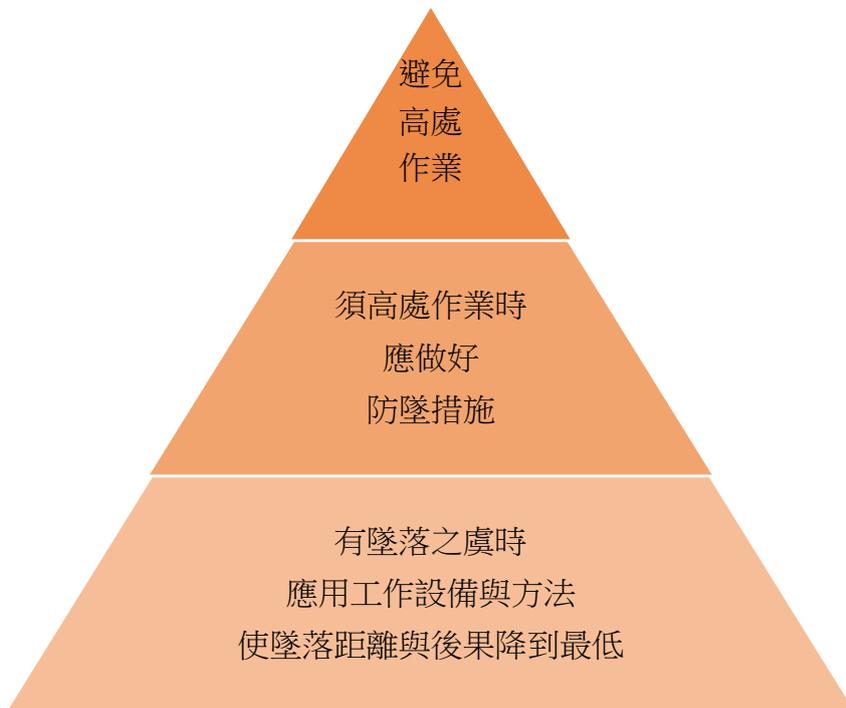


圖 7 英國屋頂作業危害控制措施原則[3]

屋頂型維護作業需特別防範墜落災害，於脆弱屋頂上進行修繕工作的優先順序如下，提供工作人員參考應用：[3]

- 一、屋頂下使用工作平台修繕。
- 二、使用高空工作車、升降工作平台，避免立足屋頂。
- 三、必須於屋頂作業時，應使用可置修繕物件的穩固踏板、圍欄、屋頂下防護網及背負式安全帶等防墜措施。
- 四、安全帶需固定於穩固支撐點，工作人員與監督工作人員須受相關教育訓練，並正確的使用安全帶。

太陽光電系統維護作業須注意人員的專業能力(具備相關技術知能並了解如何防災)、開關電源程序、安全須知(安全作業標準、上鎖掛籤、個人防護等)、其他安全配備(電弧光害警告標誌、電弧閃光等級個人防護衣、滅火器、急救設備、急救員)、警告標誌、不可單獨作業等[10]。可依上述危害控制措施原則進行危害控制措施的規劃。主要

承攬者必須傳達電氣檢修、支架維修與清洗作業的承攬等各作業的風險、必要之教育訓練、監督責任、事故通報、緊急應變措施等，並留紀錄備查。另 PV 維護作業，如更換 PV、支架時，附近須妥善放置必要之警示用具，保持工作區域淨空，以維護行人安全，尤其是校園為節約能源安裝 PV，更要注意施工安全的管理。

太陽光電發電系統裝置維護保養作業時，相關員工需有良好訓練，避免損壞相關裝置如接線、控制面板與連接器，因損壞可能會立即導致感電傷害。太陽能電池表面玻璃破損時將導致高電壓問題，亦須建立正確處置方法，另更換太陽電池時需進行斷電，應建立相關安全檢查與上鎖掛牌等程序。PV 維護階段作業除斷電後檢查、維護、清洗外，較少時段為活線作業，且 PV 多為快速安全絕緣接頭，無觸電之虞，但有時修理接線時，PV 是持續發電的(多數維護廠商無覆蓋遮布)，或有部分 PV 發電場所鄰近有高壓電桿，感電預防措施仍須做好，要由專業受過訓練之合格人員執行，及穿戴必要之絕緣個人防護與使用適當之維護工具。

第三章 屋頂安全設備

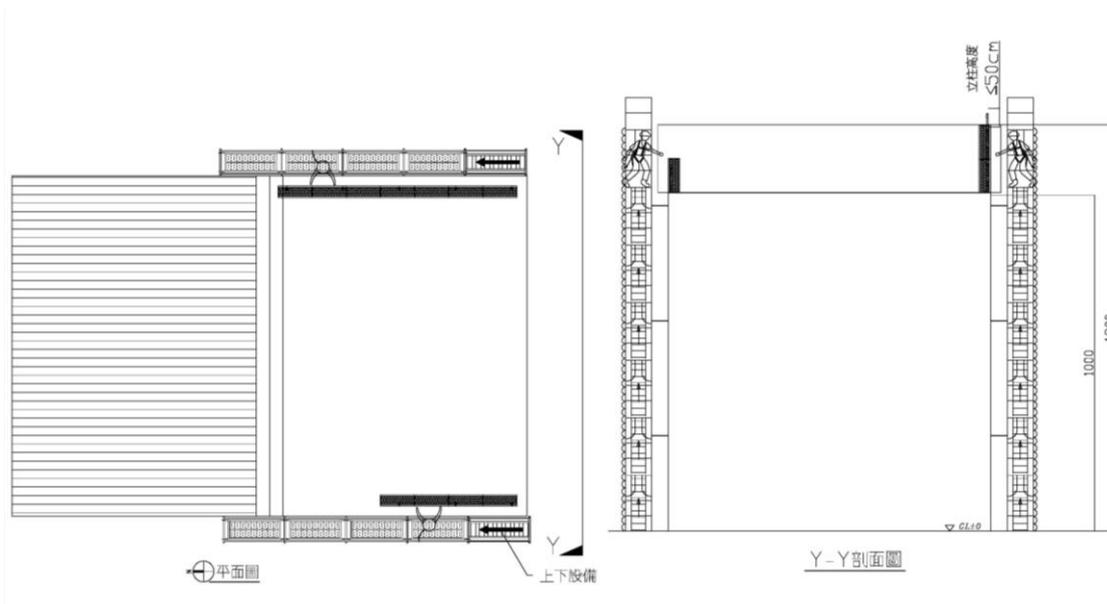
第一節 初期架設安全設備

基於政府保證購電、保證併聯，國內已加速太陽光電系統之設置，預計 2025 年屋頂型太陽光電累積裝置容量設置目標為 3 GW，有關初期設置 PV 系統及現場考量檢點表如表 6[11]，從設計、安裝到操作、維護、環境考量，均有重要的考量因素，如系統設計要事先考量維護作業更換模組的需求，若整片屋頂鋪滿太陽能板，不能踩踏又不能從屋頂及太陽能板中間更換時，將造成更換的困難度與危險性，建議設置足夠安全通道，方便工作人員更換；變流器維護亦具感電風險，應有維護更換標準使工作人員有所依循，避免不必要的作業風險；清洗頻次與作業頻率有關，頻率高將增加作業風險，建議多元考量含雨量、沙塵量等估算必要之清洗次數[11]。

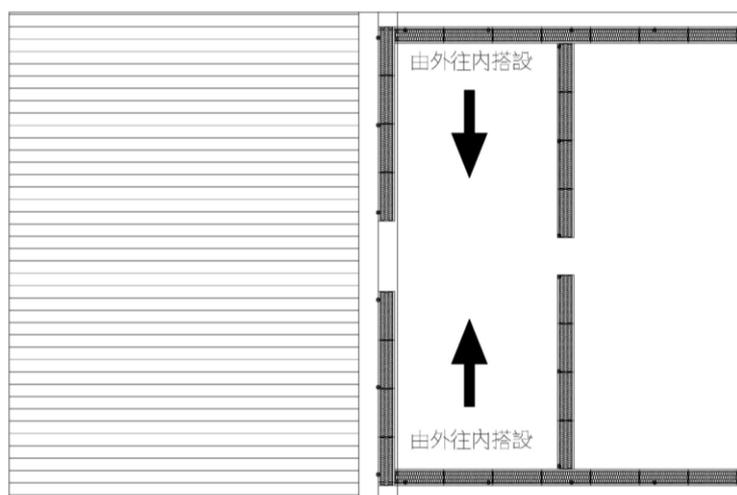
表 6 設置 PV 系統及現場考量檢點表

| | |
|---|---|
| 1 | 系統設計是否考量維運需求？系統擁有者是否與維運者理念一致？ |
| 2 | PV 場所是否符合台電的相關要求？ |
| 3 | 通道、排水系統及安全的土木工程設計是否充分？在大型 PV 場所的長排 PV 間距是否可容車輛通過？ |
| 4 | 屋頂穩固系統是否考量電導管的移動？ |
| 5 | PV 系統是否符合屋頂強度保證？是否有任何相關者在超過屋頂負荷上有免責權？與 PV 有關的屋頂問題是否有通知屋頂廠商的管道？ |
| 6 | 1. 是否依照變流器的預防性維護期程進行維護？ 2. 建立變流器維護更換標準 3. 是否以特性、大小、型號及價格為考量點？變流器可遙控控制嗎？ |
| 7 | PV 系統的清洗方式是否按照製造商的建議？清洗頻次是否依當地狀況安排？是否應用成本效益分析 計算定期清洗是否合算？ |
| 8 | 所有導電線路是否置於導管內，若為地下埋管是否會被嚙齒動物咬斷？ |
| 9 | 有關天候、極端氣候、生態變化及環保法規的影響是否考量及納入預算？ |

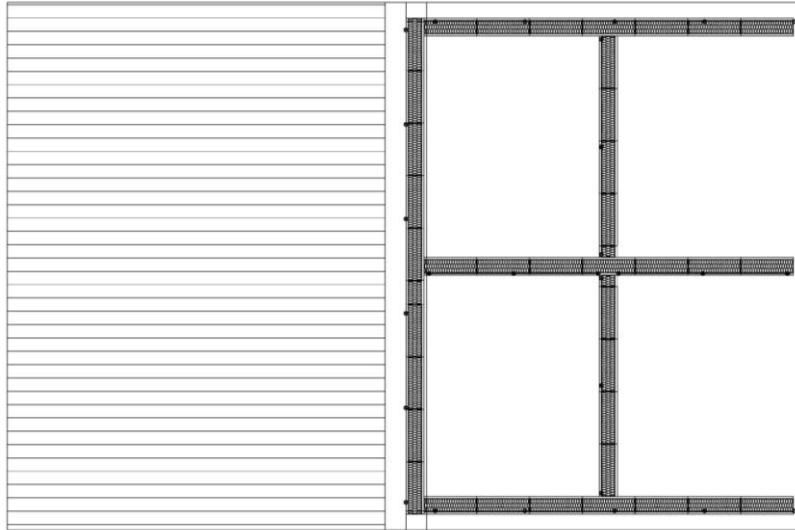
決定場址後初次至屋頂丈量時，通常沒有任何安全措施，因日後即將經常進行維護作業，即便後來變更 PV 設置計畫，未裝設 PV 系統，日後維修屋頂時亦可使用，建議仍依圖 8 架設安全設施，相關法規與重點列於表 7。從安全上下設備開始施作、安全母索系統架設、及鋪設安全通道，依安全施工方式逐步完成。初期至少有踏板及邊緣之圍欄防護預防踏穿及墜落，同時初期評估人員也應接受屋頂作業主管安全衛生教育訓練，了解屋頂作業安全衛生相關法規、施工機械、設備、器具、作業環境及作業安全相關知識、安全作業標準與事故之處置、屋頂作業安全管理與執行等，避免發生災害。



(1) 搭設施工架及壁拉桿以架設屋頂安全母索系統與通道



(2) 向內搭設母索立柱及通道



(3)安全母索系統及安全通道完成

圖 8 屋頂型太陽光電場所初設安全設備順序示意圖

民眾想安裝太陽能板，現場勘查員從天花板(輕鋼架鋪設氧化鎂)爬上天花板與屋頂間夾層之平臺，夾層邊緣有鐵門通往頂樓查看屋頂 (約 3m)，不慎從天花板墜落，送醫不治。

表 7 高度二公尺以上工作場所之安全措施

| | |
|---------------|---|
| <p>相關法規條款</p> | <p>營造安全衛生設施標準 第 17 條、第 18 條、第 23 條</p> <p>職業安全衛生設施規則 第 21 條、第 36 條、第 37 條、第 224 條、第 225 條、第 227 條、第 228 條、第 277 條、第 281 條、第 281-2 條</p> |
| <p>法規重點</p> | <p>雇主對於高度二公尺以上之工作場所，勞工作業有墜落之虞者，應訂定墜落災害防止計畫。</p> <p>雇主使勞工從事屋頂作業時，應指派專人督導，並依規定辦理。於易踏穿材料構築之屋頂作業時，應先規劃安全通道，於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之踏板，並於下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。但雇主設置踏板面積已覆蓋全部易踏穿屋頂或採取其他安全工法，致無踏穿墜落之虞者，不在此限。</p> <p>雇主對於勞工工作場所之通道、階梯，應保持不致使勞工跌倒、滑倒等</p> |

之安全狀態，或採取必要之預防措施。

雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦等材料構築之屋頂從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，指定專人指揮或監督該作業。

雇主對於高度二公尺以上之工作場所採取適當墜落災害防止設施：

一、經由設計或工法之選擇，儘量使勞工於地面完成作業，減少高處作業項目。

二、經由施工程序之變更，優先施作永久構造物之上下設備或防墜設施。

三、設置護欄、護蓋。

四、張掛安全網。

五、使勞工佩掛安全帶。

雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。

雇主架設之通道具有堅固之構造。

雇主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。

雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。

雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。但經雇主採安全網等措施者，不在此限。

前項安全帶之使用，應視作業特性，依國家標準規定選用適當型式，對於鋼構懸臂突出物、斜籬、二公尺以上未設護籠等保護裝置之垂直固定梯、局限空間、屋頂或施工架組拆、工作台組拆、管線維修作業等高處或傾斜面移動，應採用符合國家標準一四二五三規定之背負式安全帶及捲揚式防墜器。

第二節 屋頂型太陽光電系統安全設備

國內既有之屋頂型 PV 場所具有相當多的樣態，包括設置於廠房、養殖場、政府機構、學術單位、民宅、加油站等之屋頂。圖 9 為目前國內各樣建築物上設置之太陽光電系統的情形，屋頂型包括平屋頂及斜屋頂型，平屋頂通常有樓梯間可抵達現場，斜屋頂則多需設置上下設備等安全措施，但許多斜屋頂 PV 場所尚未符合安全規定。

為使 PV 系統維護業者在工作前，能初步瞭解相關安全要求，繪製數張示意圖以協助業者設置適當的安全措施。圖 10 為屋頂型太陽光電發電場所安全配備 3D 圖，安全措施包括：設置安全上下設備、安全通道以及安全母索系統；圖 11 為屋頂型太陽光電發電場所通道安全示意平面圖，註明了法規規定的通道寬度，通道用意為限制工作人員路徑，不得踏出通道外的屋頂區域，以免發生踏穿墜落事件，同時，通道設計須考量日後能夠方便更換模組。

圖 12 及圖 13 為屋頂型太陽光電發電場所 X 向立面圖及 Y 向立面圖，註明母索立柱與樓梯上方的圍欄，當工作者爬至頂端，尚未掛上安全帶時，能有所保護不致墜落；圖 14 為上下護籠設備與通道尺寸參考圖；圖 15 為母索細部尺寸參考圖，提供設置安全設備的架設廠商參考，各圖之相關法規條款與重點分別列於表 8 至表 11。



圖 9 各樣建築物上之太陽光電系統

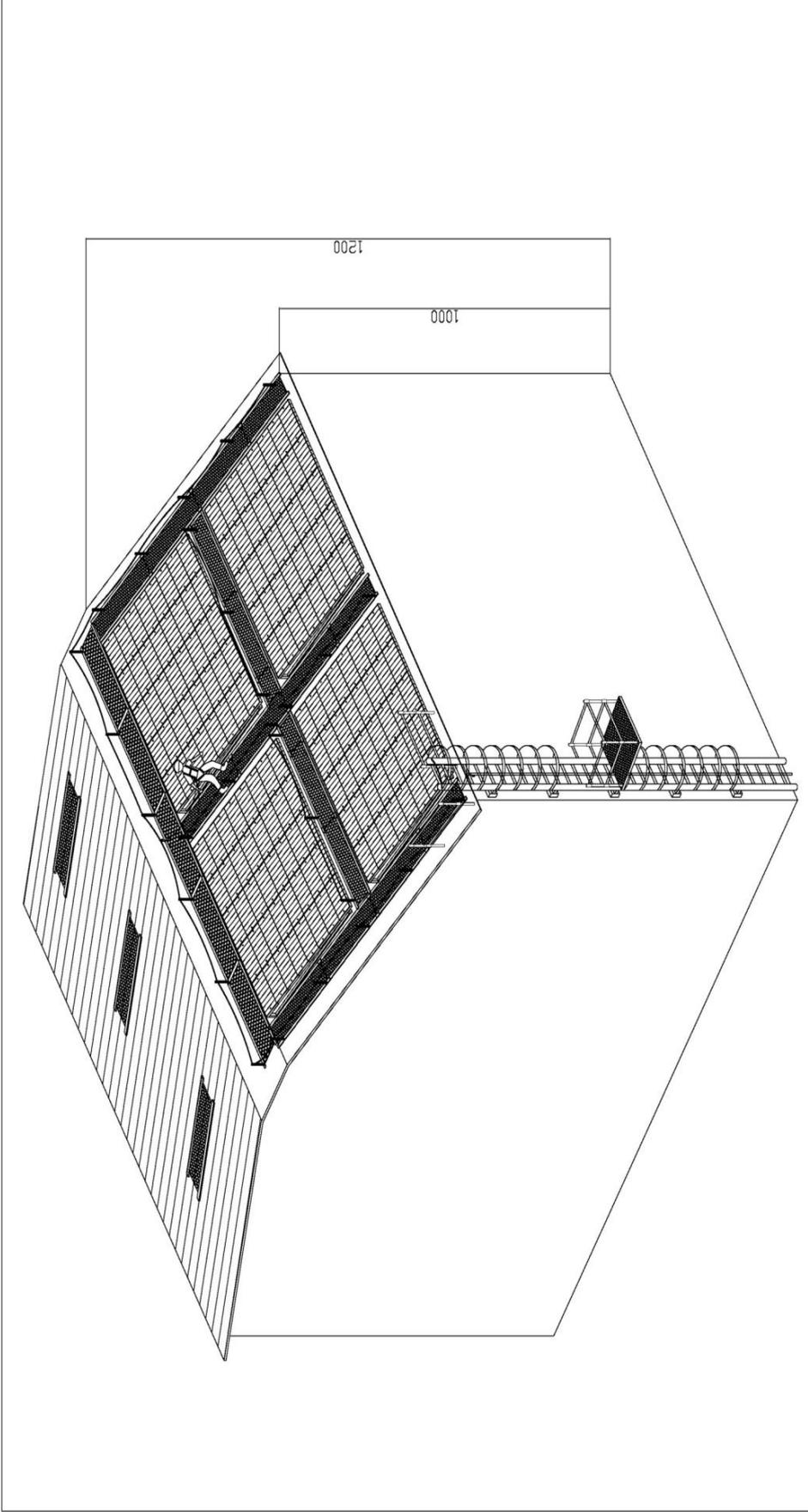


圖 10 屋頂型太陽光電發電場所安全配備 3D 圖

表 8 高架作業健康管理及墜落預防

| | |
|---------------|--|
| <p>相關法規條款</p> | <p>高架作業勞工保護措施標準 第 4 條、第 6 條、第 7 條、第 8 條</p> <p>營造安全衛生設施標準 第 17 條、第 18 條</p> <p>職業安全衛生設施規則 第 36 條、第 226 條、第 227 條、第 232 條、第 324-6 條</p> |
| <p>法規重點</p> | <p>僱主使勞工從事高架作業時，應減少工作時間，每連續作業二小時，應給予作業勞工下列休息時間：</p> <ul style="list-style-type: none"> 一、高度在二公尺以上未滿五公尺者，至少有二十分鐘休息。 二、高度在五公尺以上未滿二十公尺者，至少有二十五分鐘休息。 三、高度在二十公尺以上者，至少有三十五分鐘休息。 <p>僱主應使作業勞工於安全設施良好之地面或平台等處所休息。</p> <p>僱主僱用勞工從事高架作業時，應依勞工健康保護規則之規定，實施勞工健康檢查及管理。</p> <p>僱主對於勞工有墜落危險之場所，應設置警告標示，並禁止與工作無關之人員進入。</p> <p>於易踏穿材料構築屋頂作業時，僱主應指派屋頂作業主管於現場辦理下列事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> 一、決定作業方法，指揮勞工作業。 二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換不良品。 三、監督勞工確實使用個人防護具。 四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。 五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之設備及措施。 <p>僱主對於高度二公尺以上之工作場所，勞工作業有墜落之虞者，應訂定墜落災害防止計畫，依下列風險控制之先後順序規劃，並採取適當墜落災害防止設施：</p> <ul style="list-style-type: none"> 一、經由設計或工法之選擇，儘量使勞工於地面完成作業，減少 |

高處作業項目。

二、經由施工程序之變更，優先施作永久構造物之上下設備或防墜設施。

三、設置護欄、護蓋。

四、張掛安全網。

五、使勞工佩掛安全帶。

六、設置警示線系統。

七、限制作業人員進入管制區。

八、對於因開放邊線、組模作業、收尾作業等及採取第一款至第五款規定之設施致增加其作業危險者，應訂定保護計畫並實施。

雇主對於高度在二公尺以上之作業場所，有遇強風、大雨等惡劣氣候致勞工有墜落危險時，應使勞工停止作業。

雇主使勞工於夏季期間從事戶外作業，為防範高氣溫環境引起之熱疾病，應視天候狀況採取下列危害預防措施：

一、降低作業場所之溫度。

二、提供陰涼之休息場所。

三、提供適當之飲料或食鹽水。

四、調整作業時間。

五、增加作業場所巡視之頻率。

六、實施健康管理及適當安排工作。

七、留意勞工作業前及作業中之健康狀況。

八、實施勞工熱疾病預防相關教育宣導。

九、建立緊急醫療、通報及應變處理機制。

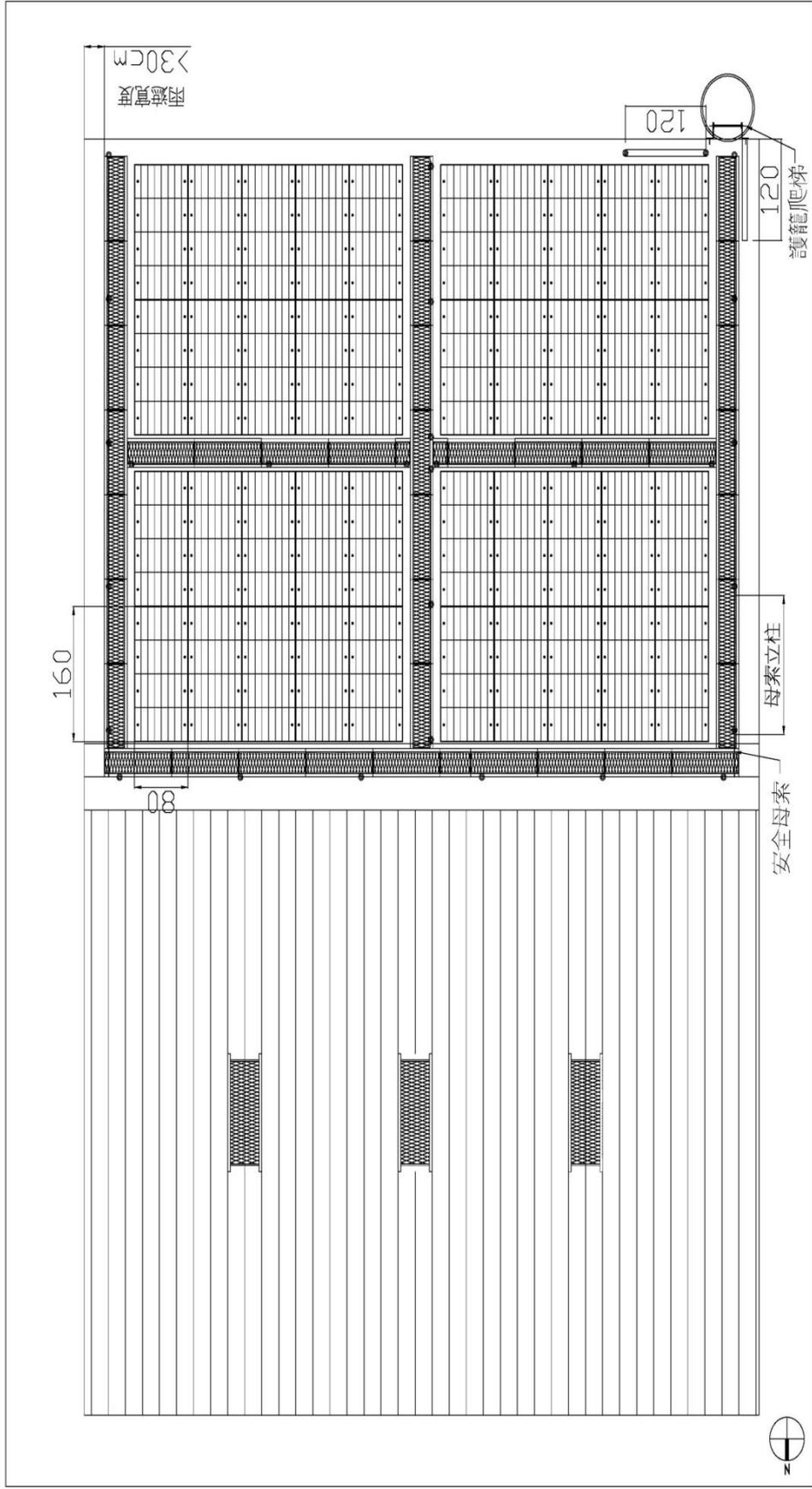


圖 11 屋頂型太陽光電發電場所安全通道示意圖

表 9 屋頂作業安全措施及墜落防止

| | |
|---------------|---|
| <p>相關法規條款</p> | <p>營造安全衛生設施標準 第 17 條、第 18 條、第 19 條、第 22 條、第 23 條</p> <p>職業安全衛生設施規則 第 21 條、第 36 條、第 37 條、第 224 條、第 225 條、第 227 條、第 228 條，第 281 條</p> |
| <p>法規重點</p> | <p>雇主使勞工從事屋頂作業時，應指派專人督導，並依下列規定辦理：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、因屋頂斜度、屋面性質或天候等因素，致勞工有墜落、滾落之虞者，應採取適當安全措施。 二、於斜度大於三十四度（高底比為二比三）或滑溜之屋頂作業者，應設置適當之護欄，支承穩妥且寬度在四十公分以上之適當工作臺及數量充分、安裝牢穩之適當梯子。但設置護欄有困難者，應提供背負式安全帶使勞工佩掛，並掛置於堅固錨錠、可供掛之堅固物件或安全母索等裝置上。 三、於易踏穿材料構築之屋頂作業時，應先規劃安全通道，於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之踏板，並於下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。但雇主設置踏板面積已覆蓋全部易踏穿屋頂或採取其他安全工法，致無踏穿墜落之虞者，不在此限。 <p>雇主對於高度二公尺以上之工作場所採取適當墜落災害防止設施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、經由設計或工法之選擇，儘量使勞工於地面完成作業，減少高處作業項目。 二、經由施工程序之變更，優先施作永久構造物之上下設備或防墜設施。 三、設置護欄、護蓋。 四、張掛安全網。 |

五、使勞工佩掛安全帶。

雇主提供勞工使用之安全帶或安裝安全母索時，應依下列規定辦理：

- 一、安全帶之材料、強度及檢驗應符合國家標準 CNS 7534 Z2037 高處作業用安全帶、CNS 6701 M2077 安全帶（繫身型）、CNS 14253 Z2116 背負式安全帶及 CNS 7535 Z3020 高處作業用安全帶檢驗法之規定。
- 二、安全母索得由鋼索、尼龍繩索或合成纖維之材質構成，其最小斷裂強度應在二千三百公斤以上。

雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應採取下列設施：

- 一、規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。
- 二、於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。
- 三、指定專人指揮或監督該作業。

雇主架設之通道（包括機械防護跨橋），應依下列規定：

- 一、具有堅固之構造。
- 二、傾斜應保持在三十度以下。但設置樓梯者或其高度未滿二公尺而設置有扶手者，不在此限。
- 三、傾斜超過十五度以上者，應設置踏條或採取防止溜滑之措施。
- 四、有墜落之虞之場所，應置備高度七十五公分以上之堅固扶手。在作業上認有必要時，得在必要之範圍內設置活動扶手。
- 五、營建使用之高度超過八公尺以上之階梯，應於每隔七公尺內設置平台一處。
- 六、通道路如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過三十公厘，超過時，應裝置鐵絲網防護。

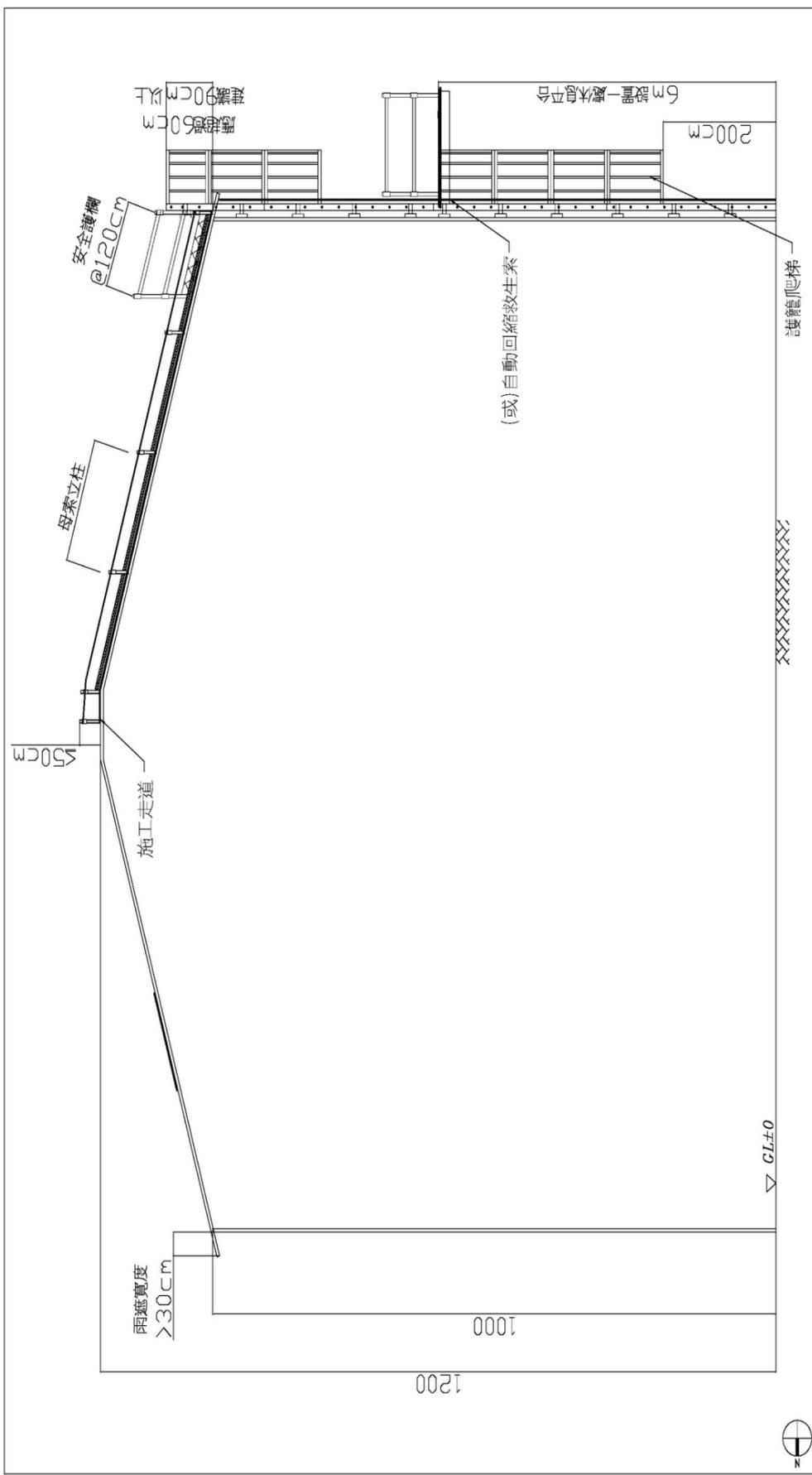


圖 12 屋頂型太陽光發電場所 X 向立面圖

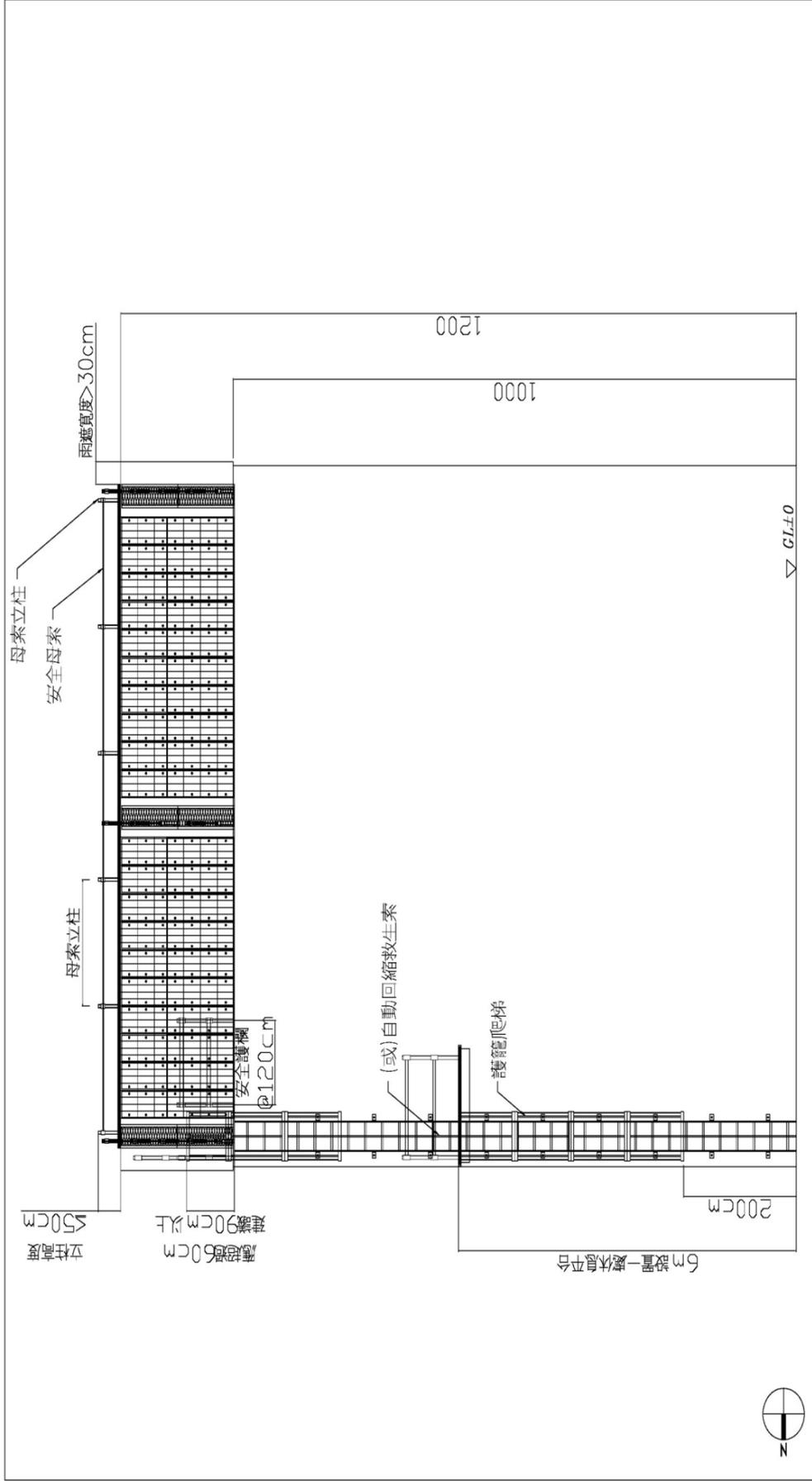


圖 13 屋頂型太陽光發電場所 Y 向立面圖

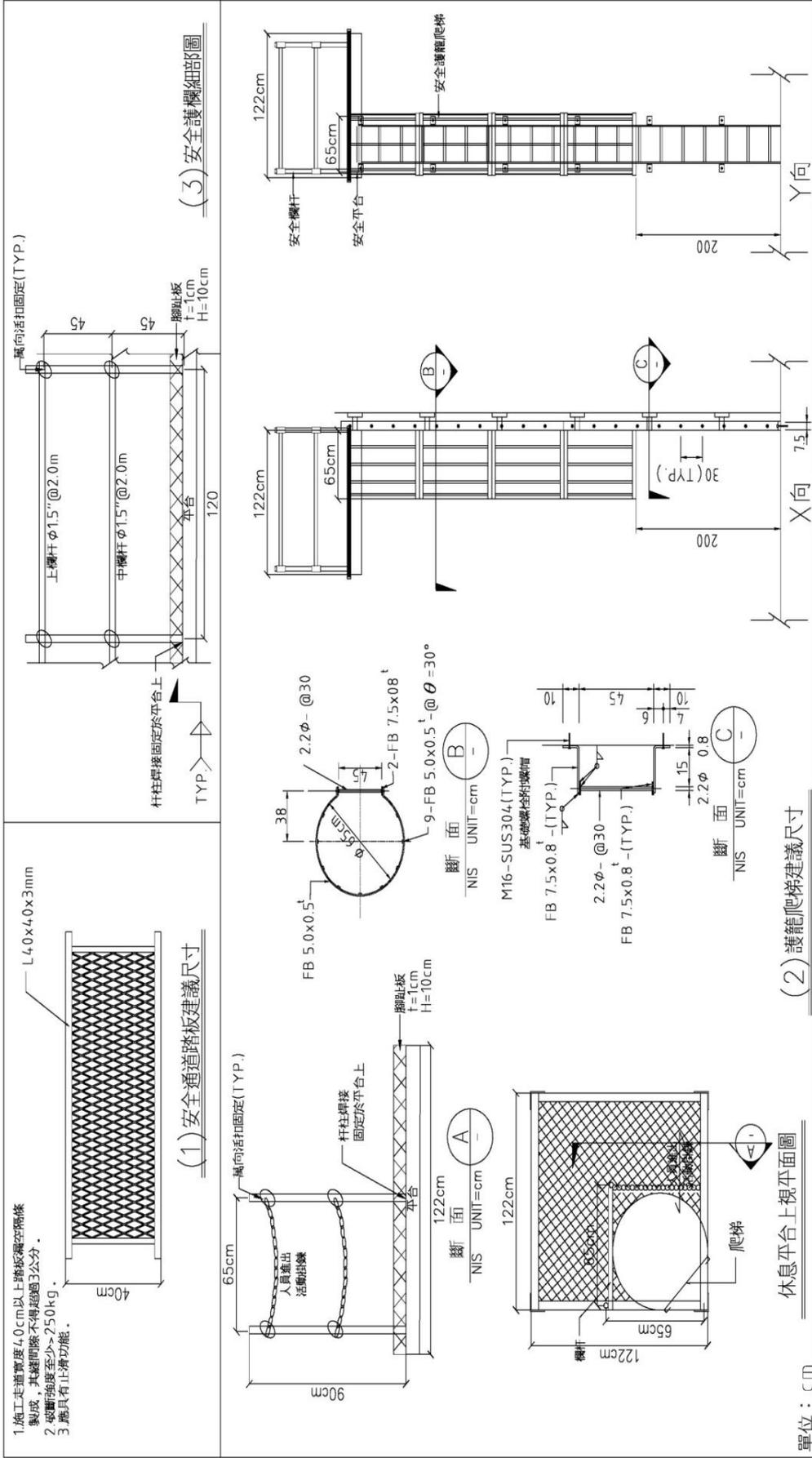


圖 14 上下設備護籠與通道尺寸參考圖

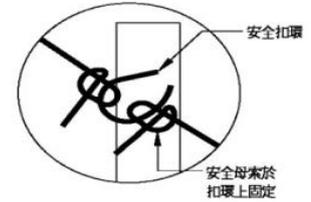
表 10 作業通道架設及墜落防止

| | |
|-------------------------|--|
| <p>相關 法規 條款</p> | <p>營造安全衛生設施標準 第 18 條 職業安全衛生設施規則 第 36 條、第 37 條、第 227 條、第 228 條、 第 229 條</p> |
| <p>法規 重點</p> | <p>雇主對於高度二公尺以上之工作場所，勞工作業有墜落之虞者，應訂定墜落災害防止計畫。</p> <p>雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。</p> <p>雇主架設之通道（包括機械防護跨橋），應依下列規定：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、具有堅固之構造。 二、傾斜應保持在三十度以下。但設置樓梯者或其高度未滿二公尺而設置有扶手者，不在此限。 三、傾斜超過十五度以上者，應設置踏條或採取防止溜滑之措施。 四、有墜落之虞之場所，應置備高度七十五公分以上之堅固扶手。在作業上認有必要時，得在必要之範圍內設置活動扶手。 五、設置於豎坑內之通道，長度超過十五公尺者，每隔十公尺內應設置平台一處。 六、營建使用之高度超過八公尺以上之階梯，應於每隔七公尺內設置平台一處。 七、通道路如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過三十公厘，超過時，應裝置鐵絲網防護。 <p>雇主設置之固定梯子，應依下列規定：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、具有堅固之構造。 二、應等間隔設置踏條。 三、踏條與牆壁間應保持十六·五公分以上之淨距。 四、應有防止梯子移位之措施。 |

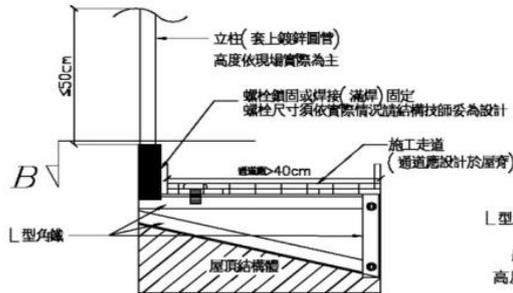
- 五、不得有防礙工作人員通行之障礙物。
- 六、平台如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過三十公厘；超過時，應裝置鐵絲網防護。
- 七、梯子之頂端應突出板面六十公分以上。
- 八、梯長連續超過六公尺時，應每隔九公尺以下設一平台，並應於距梯底二公尺以上部分，設置護籠或其他保護裝置。但符合下列規定之一者，不在此限。
- (一) 未設置護籠或其它保護裝置，已於每隔六公尺以下設一平台者。
- (二) 塔、槽、煙囪及其他高位建築之固定梯已設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安全裝置，以防止勞工墜落者。
- 九、前款平台應有足夠長度及寬度，並應圍以適當之欄柵。
- 雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應採取下列設施：
- 一、規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。
- 二、於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。
- 三、指定專人指揮或監督該作業。
- 雇主對前項作業已採其他安全工法或設置踏板面積已覆蓋全部易踏穿屋頂或天花板，致無墜落之虞者，得不受前項限制。

安全帶或安裝安全母索，應依下列規定辦理：

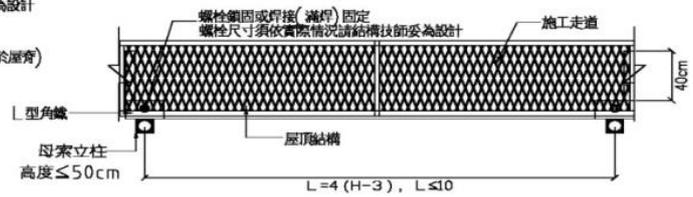
1. 安全帶之材料，強度及檢驗應符合國家標準 CNS 7534 Z2037 高處作業用安全帶，CNS 6701 M2077 安全帶(繫身型)，CNS 14253Z2116 背負式安全帶及 CNS 7535 Z3020 高處作業用安全帶檢驗法之規定。
2. 考慮屋頂為永久性防護措施，安全母索應由 $\phi 9\text{mm}$ 以上鋼索之材質構成，其最小斷裂強度應在二千三百公斤以上。
3. 安全帶或安全母索繫固之錨錠，至少應能承受每人二千三百公斤之拉力。
4. 水平安全母索之設置，應依下列規定辦理：
 水平安全母索之設置高度應大於三點八公尺，相鄰二支柱間之最大間距得採下式計算之值，其計算值超過十公尺者，以十公尺計：
 $L = 4(H - 3)$ ，其中 $H \geq 3.8$ ，且 $L \leq 10$ ， L ：母索支柱之間距(單位：公尺) H ：垂直淨空高度(單位：公尺)
5. 支柱與另一繫掛點間，相鄰二支柱間或母索支柱間之安全母索僅能繫掛一條安全帶。
6. 每條安全母索能繫掛安全帶之條數，應標示於母索錨錠端。
7. 人員於屋頂行走時皆需配戴安全帶，安全帶應具備輔助掛勾(雙掛勾)並勾掛於安全母索上。
8. 人員於定製作業時，需使用綁繩式防護器。



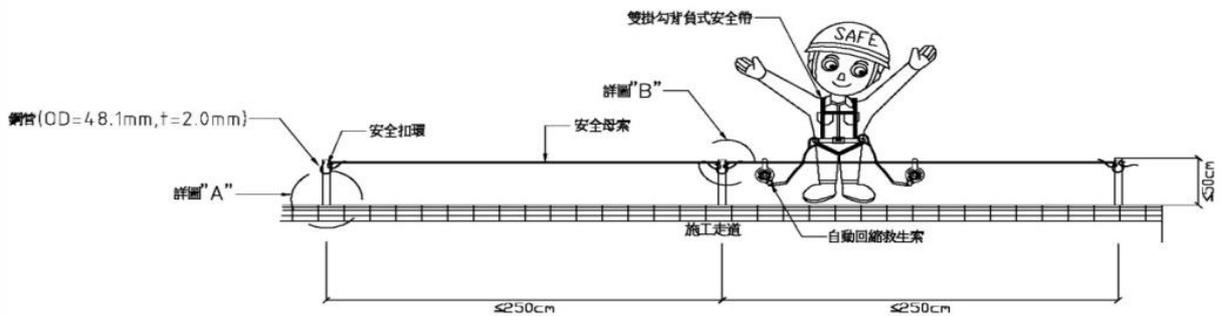
詳圖“B”



詳圖“ A ”



SEC B-B



安全母索及立柱固定圖

圖 15 母索細部尺寸參考圖

表 11 安全帶及安全母索規定

| | |
|---------------|--|
| <p>相關法規條款</p> | <p>營造安全衛生設施標準 第 17 條、第 18 條、第 23 條 職業安全衛生設施規則 第 21 條、第 36 條、第 225 條、第 227 條、第 229 條、第 281 條</p> |
| <p>法規重點</p> | <p>使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。</p> <p>雇主提供勞工使用之安全帶或安裝安全母索時，應依下列規定辦理：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、安全帶之材料、強度及檢驗應符合國家標準 CNS 7534 Z2037 高處作業用安全帶、CNS 6701 M2077 安全帶(繫身型)、CNS 14253、Z2116 背負式安全帶及 CNS 7535 Z3020 高處作業用安全帶檢驗法之規定。 二、安全母索得由鋼索、尼龍繩索或合成纖維之材質構成，其最小斷裂強度應在二千三百公斤以上。 三、安全帶或安全母索繫固之錨錠，至少應能承受每人二千三百公斤之拉力。 四、安全帶之繫索或安全母索應予保護，避免受切斷或磨損。 五、安全帶或安全母索不得掛或繫結於護欄之杆件。但該等杆件之強度符合第三款規定者，不在此限。 六、安全帶、安全母索及其配件、錨錠，在使用前或承受衝擊後，應進行檢查，有磨損、劣化、缺陷或其強度不符第一款至第三款之規定者，不得再使用。 七、勞工作業中，需使用補助繩移動之安全帶，應具備補助掛，以供勞工作業移動中可交換掛使用。但作業中水平移動無障礙，中途不需拆者，不在此限。 八、水平安全母索之設置，應依下列規定辦理： <ol style="list-style-type: none"> (一) 水平安全母索之設置高度應大於三點八公尺，相鄰二支柱間 |

| | |
|--|--|
| | <p>之最大間距得採下式計算之值，其計算值超過十公尺者，以十公尺計：</p> <p>$L=4(H-3)$，其中 $H \geq 3.8$，且 $L \leq 10$</p> <p>L：母索支柱之間距（單位：公尺）</p> <p>H：垂直淨空高度（單位：公尺）</p> <p>(二) 支柱與另一繫掛點間、相鄰二支柱間或母索支柱間之安全母索僅能繫掛一條安全帶。</p> <p>(三) 每條安全母索能繫掛安全帶之條數，應標示於母索錨錠端。</p> <p>九、垂直安全母索之設置，應依下列規定辦理：</p> <p>(一) 安全母索之下端應有防止安全帶鎖扣自尾端脫落之設施。</p> <p>(二) 每條安全母索應僅提供一名勞工使用。但勞工作業或爬昇位置之水平間距在一公尺以下者，得二人共用一條安全母索。</p> <p>十、選用於中央主管機關指定資訊網站揭示，符合安全標準且張貼有安全標示之安全帶、安全母索及支柱。</p> |
|--|--|

第四章 維護作業安全

第一節 維護計畫

良好的維護規劃可延長系統整體運轉壽命，例如為維持發電場所良好的發電效率，可依據太陽光電發電監控系統及太陽能系統分析儀進行測量計算[11]，考量溫度、照度，比較實測值與理論值之差異，針對本質性缺失或設計缺失，則不能保障運行順利；或針對污漬、破片、熱斑、遮蔭、鼠咬導線、太陽能板焊線黃化等進行維護規劃，其中鼠咬導線會造成發電失效與漏電停機；熱斑效應可導致局部燒毀形成暗斑、焊點熔化、封裝材料老化等永久性損壞，是影響太陽光電元件輸出功率和使用壽命的重要因素，也可能導致安全問題[12]。透過清查須維護項目、評估環境影響等，再據以擬定適當的維護計畫；維護計畫需考量的項目包括[11]：

- 一、 盡可能選擇較少或無須維護的替代方式。
- 二、 選擇可遠端監控、軟體操作與遙控重置的變流器。
- 三、 需維護的設備，附近保持淨空，並具可安全抵達之設施。
- 四、 躉售電力前，第三者可進行發電場所的檢查，或架設者可進行試運轉。
- 五、 依 PV 系統的架設之品質及安全規定進行評估與效率確認。

PV 系統試運轉相關工作者，包括工程師、採購人員、架設廠商、及操作者，在第一次運行前要進行試運轉確認，一年後再評估確認。第三者的檢驗可確保在 PV 系統生命週期能夠符合預期的發電效率，檢驗內容包括設計概念、場址選擇、設備選擇、架設階段、試運轉、最終試運轉、PV 系統效率報告、年度檢驗擔保、貸款轉移擔保、維護實務階段與拆除階段。

PV 場所維護種類包括以下四種[10]：

- 一、 行政維護：確認發電效率管控及建立維護相關文件與結果，編列預防性維護預算，安排矯正維護且不與正常運作衝突、承攬商與供應商管理、回饋新系統狀況資訊給設計廠商、製備維護計畫成效與系統發電成效、記錄保存等。
- 二、 預防性維護：依設備種類、環境狀況(鹽害、潮濕、沙塵與動、植物影響)，

擬定適當維護計畫的時段、頻次與保固期程。

三、矯正型維護：針對損壞或故障組件進行維護，或變流器、通訊設備重設等。非緊急的矯正維護可與預防性維護排在同一時段。

四、狀況型維護：依據監測資料判斷進行預防性維護如清洗太陽能板表面，在早期偵測即將故障的組件，事先進行維護，可以減少預防性維護頻次，及降低故障矯正維護的經費與衝擊。

維護作業項目之一包括支架，尤其颱風、地震過後須檢視支架是否位移，也可能影響發電效率，支架維護作業安全檢點表如附件一，係參考國外相關資料及依專家意見修正擬定，分為作業前、中、後之工作人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變項目之檢查，應用之時機為主管教育訓練時教導支架維修工作人員，或於現場所作業前一一確認時應用，查核表之限制為未能涵蓋所有支架種類維修作業之安全查核，應用時須注意 PV 場所特性，重新修正參考例，再加以應用。民宅或小型(<500 kW)、大型(>500 kW)發電場所維護計畫考量點如表 12 與表 13[11]，提到研擬不同大小型式的 PV 場所的維護計畫考量重點，大型相關業者較多，須建立連絡清單與主要負責事項，溝通良好才能維持預期的發電成效，而且依照長期監控發電效率修正為最佳化的維護計畫。

表 12 小型 PV 場所維護計畫考量重點[11]

| | |
|---|--|
| 1 | 依用戶用電設備裝置規則、職業安全衛生法規等相關規定架設 PV 設備 |
| 2 | 小型 PV 場所現場檢查負責人是主要承包人還是屋主，需釐清權責 |
| 3 | 建立屋主可諮詢的專線，說明屋主可執行的操作指標、步驟，包括修剪周遭樹木植物等 |
| 4 | PV 發電效率可能受到灰塵影響，需將嚴重的沙塵覆蓋列為維護計畫項目之一 |
| 5 | 以代表性樣本為通用之小系統的檢查表，不用為每一系統訂定檢查表 |

表 13 大型 PV 場所維護計畫考量重點[11]

| | |
|---|--|
| 1 | 是否提供手冊包括 PV 場所相關者諮詢專線、權責與執行事項、系統檢測及必須通知負責維護者的狀況？ |
| 2 | 長期監控發電效率是否依現況修正為最佳化的維護計畫，如清洗 PV 與系統可靠度的趨勢？ |
| 3 | 具有自動偵測系統監測失誤狀況，並顯示須維護的警告燈？ |
| 4 | 狀況允許下，應提供承攬工人共同檢視維護計畫的遮蔭場所 |

因 PV 相關設備維護屬電機專業，作業具有感電風險，PV 系統位於屋頂上又多了高處作業風險，多數承攬者原非屋頂作業者，須整體考量安全注意事項。

PV 場所維護人員資格如下[11]。

- 一、應充分了解該特定的屋頂 PV 設備維運作業及其所涉及的風險。
- 二、具有最新技術、標準與材料的充分經驗，包括相關訓練、資格與證書等，可以安全地執行維運作業。
- 三、作業訓練須包括安全工作方法及必要之防墜設備的選擇、檢點與正確使用。
- 四、個人防護裝備如安全帽、手套防滑絕緣鞋等的選擇、保養、與使用。
- 五、現場須有一屋頂作業主管進行監督，確認已降低作業風險及依安全規定進行作業。
- 六、墜落事件的應變程序演練。

由電氣專業人員擬定維護計畫時 須考量的要項如表 14，包括合約內容與所有紀錄之更新，以確認 PV 系統發電成效符合預期。作業中維護人員的安全衛生檢點表如表 15，考量範圍包括危害鑑別、人員資格確認、例行與非例行活動的安全管制、作業監督、抱怨處理、事故通報與緊急應變等。

表 14 維護計畫檢點表[11]

| | |
|----|---|
| 1 | 建立屋主、電氣、設備、地主、主管機關、救災的聯繫方式 |
| 2 | 建立系統文件包括線路圖、電力圖、相關特徵、位置圖、組件、保證書、照片、特別安全考量、預估效率、絕緣與遮蔭分析、設備操作手冊、預防性維護合約、服務、及其他操作文件、溝通紀錄 |
| 3 | 建立製造者預防維護結果分析、期程，確立符合保固要求，正常發電。提供供應商、估價細節、施工時數、路線圖、上下進出口地點 |
| 4 | 說明操作指標、儀表及失誤訊號，描述監控設定程序以取得發電數據與紀錄，及系統診斷分析的定期檢查數據程序。 |
| 5 | 在管理管控範圍外，清楚定義可行性、發電效率評估及相關事件 |
| 6 | 落實所有維運人員的重點教育訓練，及其可能使用的設備 |
| 7 | 建立監督診斷系統警訊的反應程序、失誤訊號、或屋主抱怨處理紀錄。設備擁有者應提供一常見問題解決的指引 |
| 8 | 建立維護或更換的標準： 拆除一串模組(找出須更換模組)或訂購新品的標準 |
| 9 | 建立維護後進行再測試(可接受程度)的程序 |
| 10 | 填寫維運工作紀錄簿：工作順序、重要工作如試運轉紀錄、檢查紀錄、及近期維運紀錄 |
| 11 | 建立設備清單含製造、型號、編號及設置位置(追蹤製造缺失用)；每一更新組件的供應商清單 |
| 12 | 建立現場備用組件清單，維運人員易於取得，及依故障紀錄決定該訂購的備料數量 |
| 13 | 留存維運計畫預算包括監督診斷、預防維護、矯正維護、及更換變流器及昂貴矯正維護的可能預算來源 |

表 15 一般 PV 場所安全衛生查核表[11]

| | |
|----|--|
| 1 | 鑑別 PV 場所是否有特殊的危害，並執行降低風險的措施 |
| 2 | 相關人員取得必要資格(如屋頂作業主管) |
| 3 | 拜訪防災救災單位，如消防隊、警察局等，使他們了解 PV 場所的位置與現況，熟悉救災方式與緊急關斷措施 |
| 4 | 於職業安全衛生工作守則中註明風險評估結果、安全規範、不安全狀況通報、事故通報、急救與緊急應變，確認工作安全相關措施均符合法規與規範、人員教育訓練需求與相關證書/證照 |
| 5 | 監督者須定期檢查及必要時停止作業，以確認安全措施已完成 |
| 6 | 危險區域具明顯警告標示或圍欄，以隔離訪客 |
| 7 | 管制進出口及建立確保訪客與工作人員的安全程序 |
| 8 | 確認工作人員具適當個人防護衣物，包括防墜器及活線作業的防電弧衣物 |
| 9 | 指定安衛代表或抱怨處理單位，註明聯絡方式 |
| 10 | 依規定進行職災通報 |

PV 維護項目範圍廣，相關紀錄必須留存與更新以追蹤發電成效，表 16 為維運作業文件管理檢點表[11]，內容包含合約、手冊、氣象、廠商、規定、圖表與備用零件、聯絡清單等。

表 16 文件管理檢點表

| | |
|----|--|
| 1 | 維護更新 PV 作業維護計畫 |
| 2 | 維護更新 PV 擁有者、相關承包商、電力公司、地主、勞動檢查單位與緊急救災電話的清單 |
| 3 | 建立所有設備製造者、型號、編號及於系統之裝設位置文件 |
| 4 | 建立 PV 場所規劃資料(位置、範圍、架設裝置圖、發電電力圖)、規範、發電數據、線路圖 |
| 5 | 紀錄啟用/操作之日期文件：連接到 AC 主動與被動電力；輔助系統的耗電及電力供應；其他系統如 DC 至變流器的電力與其他可記錄之方法 |
| 6 | 維護更新測試，再測試與檢查報告 |
| 7 | 建立安全衛生管理文件與規定資訊 |
| 8 | 維護更新變流器及其他設備操作手冊 |
| 9 | 保存過去至今所有相關維運、供應商之合約、姓名、起訖日期、工作內容、合約經費、績效、指標與保固及合約條款 |
| 10 | 保存預防性維護檢查紀錄(符合預期目標的證明)；矯正型維護紀錄〔警訊(日期)、狀態(標記問題、原因、待修、矯正措施與解決問題之確認)、矯正日期、維護人員姓名〕 |
| 11 | 備用零件清單、儲存地點、名稱、編號、購買日期 |
| 12 | 保存所有保固文件、製造者、供應商聯絡方式 |
| 13 | 保存所有天候、溫度、風速紀錄 |

以下案例為太陽光電發電場所沒有相關安全措施之職災案例，提供參考。

數名勞工於雞舍屋頂進行太陽能板支架安裝作業，罹災者完成手頭工作想下去休息，叫附近的員工幫忙搬來移動梯，當移動梯快接近罹災者所站立之雞舍屋頂時，就突然看到罹災者不慎從雞舍屋頂邊緣距地面高度約 2.6 公尺處，墜落至地面，送醫急救無效。

第二節 承攬安全

PV 維護作業相關者包括監控、支架、電氣維護及清洗人員，分屬不同公司，又可能是非固定人員，部分員工不熟悉屋頂作業，危害警覺意識低，極易發生災害，業主將事業交付承攬 A 公司，A 公司再轉包相關工作給 B 公司，B 公司再交付部分工作給 C 公司，此時業主須依職業安全衛生法第 26 條第 1 項事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨職業安全衛生法及有關安全衛生規定應採取之措施。承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人。發生職災時各公司將因管理缺失、設備及措施缺失，擔負刑事責任與行政責任。

國外指引特別說明要準備方便承攬者聚集研商工作方法之適當場所，在作業前召開安全會議，說明作業與環境之危害辨識、危害告知、工作要求與安全執行方法、通報異常狀況等，多方確認工作的安全性。

勞動部承攬管理技術指引[13]提出發包及簽約的注意事項如下：

- 一、事業單位應於承攬招標書或契約書中明列承攬之項目、內容、資格要件、權責、再承攬之資格或限制，以及其它相關安全衛生需求等事項。亦應將承攬人之安全衛生權責及應遵守之安全衛生規定明確規範於契約書中或於開工前以書面方式告知。
- 二、事業單位將營繕工程之施工、規劃、設計及監造等交付承攬或委託，其契約內容應有防止職業災害之具體規範，並列為履約要件。
- 三、對於工程承攬案件，安全衛生項目所需之費用宜有一定的比例，必要時得要求承攬人逐項編列，並按實際執行狀況報銷。
- 四、事業單位應要求承攬人在正式開工前提出施工說明書或計畫書，內容須包含控制危害及風險之安全衛生設施規劃。
- 五、事業單位如提供機械、設備或器具供承攬人使用時，如須由承攬人負責實施定期檢查或重點檢查，得以書面約定之。

在溝通及協調方面則須注意：

- 一、事業單位應於正式施工前具體告知承攬人有關其工作環境、危害因素、安全衛生法規及相關安全衛生規定應採取之措施。
- 二、事業單位與承攬人、再承攬人分別僱用勞工共同作業時，應設置協議組織及採取必要措施，以防止職業災害之發生。協議組織應由事業單位負責召集，以定期或不定期進行相關事項之協議。
- 三、事業單位應指定專人負責與承攬人負責人及職業安全衛生管理人員進行每日開工前及施工期間之溝通及協調工作。
- 四、事業單位遇承攬人及其勞工有不安全行為時，應及時勸阻，並與其溝通相關安全衛生之知識或方法，且適時向直屬主管 或承辦單位反映。

以下案例為太陽光電發電場所承攬共同作業之職災案例，未依規定具體告知承攬人危害因素及相關安全衛生規定應採取之措施、設置協議組織及採取必要措施等，提供參考。

A 公司 2 名員工，B 公司 8 名員工穿著背負式安全帶爬上 C 公司的屋頂 PV 場所，從事模組及支架螺絲鬆動檢查與加強鎖固作業，罹災者原本在地面從事備料工作，B 公司員工見罹災者(未著安全帶)在屋頂上走動，過一會聽見撞擊聲(踏穿無隔柵之採光塑膠板，自高度 10 公尺之屋頂墜落)，即大喊尋找罹災者，下到地面，發現罹災者已無意識，送醫前已無生命跡象。

第三節 電氣維護安全

電氣維護之示意圖如圖 16，PV 場所電氣維護內容包括太陽光電模組、變流器、DC 箱、AC 箱、連接器、配線、絕緣、接地、開關、電線接頭、感應器、紀錄器等，需進行檢查電壓、電流、過熱、短路、接地失誤、支架位移、腐蝕、滲水、裂紋、缺陷、老鼠昆蟲侵入狀況等[11]。相關程序包括 DC 電壓/電流測試程序、保險絲測試程序、絕緣電阻測試程序、接地系統整體測試程序等，需要防墜措施外，亦須做好預防感電的安全措施，包括開關電源的程序、個人防護等。

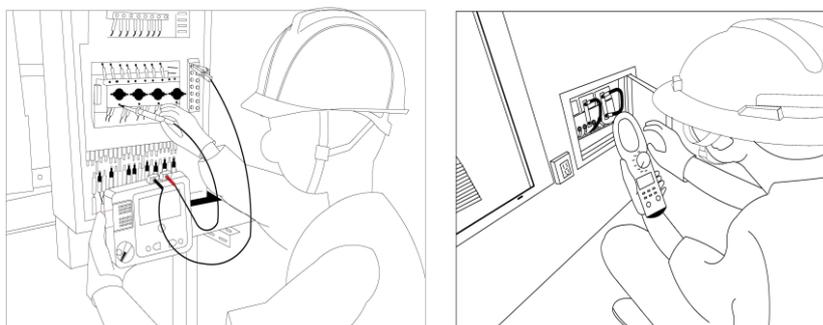


圖 16 絕緣測試與接地測試示意圖

國外文獻中已有每項 PV 設備建議之檢查內容與頻次。國內太陽光電系統品質、可靠度及安全性提升技術，可依據「IEC62446-1：併網型太陽光電系統-第 1 部：系統文件、委託試驗及檢驗最低要求」、「IEC62446-3：太陽光電系統 - 試驗、文件及維護 - 第 3 部：太陽光電模組及電站 - 戶外紅外線熱顯像」[14,15]、「IEC61829：太陽光電陣列之 I-V 現場測試」[16] 建立多項太陽光電系統檢測技術，包含現場模組瑕疵或缺陷檢查技術、系統目視檢查技術、設備接地連續性測試、串列開路電壓與極性測試、串列運轉電流測試、組列絕緣電阻測試及組列 I-V 特性量測等，並建立系統性能診斷分析與評估技術，以協助國內業者提升系統品質、確保系統維護作業安全與可靠度[1]。電氣維護操作檢點表如表 17[11]，電氣維護作業安全檢點表參考例如附件二，係參考國外相關資料及依專家意見修正擬定，分為作業前、中、後之工作人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變項目之檢查，應用之時機為主管教育訓練時教導相關工作人員，或於現場作業前一一確認時應用，查核表之限制為未能涵蓋所有電氣作業之安全查核，應用時須注意 PV 設備與場所特性，重新修正參考例，再加以應用。

表 17 電氣維護操作檢點表

| | |
|---|--------------------------------------|
| 1 | 是否監測記錄系統發電效率？是否定期或經常檢查發電效率的趨勢？ |
| 2 | 監測系統供應商是否提供氣象資訊、預測時間、時間精確度、更新頻次及準確度？ |
| 3 | 矯正維護回應時間是否明訂在合約中？ |
| 4 | 是否註記 PV 模組老化率？ |
| 5 | 是否所有服務合約及保險政策有更新至最近日期？ |
| 6 | 所有必要文件如操作許可，符合規範文件及證照是否保持最新之記錄？ |

電氣維護注意事項如下：

- 一、 避免吊掛機械手臂、搬運屋頂鐵皮、施工架、支架及 PV 設備時接近高壓電線。
- 二、 主要作業承攬者與高壓電設備擁有者研商切斷電源的可行性，避免接觸引發感電災害。
- 三、 依職業安全衛生設施規則規定，雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器具。
- 四、 依職業安全衛生設施規則規定，雇主使勞工於接近低壓電路或其支持物從事敷設、檢查、修理、油漆等作業時，應於該電路裝置絕緣用防護裝備。但勞工戴用絕緣用防護具從事作業而無感電之虞者，不在此限。
- 五、 依職業安全衛生設施規則規定，雇主使勞工於接近高壓電路或高壓電路支持物從事敷設、檢查、修理、油漆等作業時，為防止勞工接觸高壓電路引起感電之危險，在距離頭上、身側及腳下六十公分以內之高壓電路者，應在該電路設置絕緣用防護裝備。
- 六、 依職業安全衛生設施規則規定，勞工於作業中或通行時，有因接觸或接近電氣機具之帶電部分致發生感電之虞者，應設防止感電之護圍或絕緣被覆。雇主於勞工從事裝設、拆除或接近電路等之絕緣用防護裝備時，應使勞工戴用絕緣用防護具、或使用活線用器具、或其他類似器具。

在維護時須進行開啟與關閉電源之動作，表 18 為一般開關 PV 的程序提供參考，未必適用於各系統。為避免感電危害，依風險評估後較具高風險的作業須事先進行作業安全分析，再依之擬定安全作業標準，表 19 為 PV 系統 10kW 變流器更換作業安全作業標準，提供參考。

表 18 一般開關程序

| 開機程序 | 關機程序 |
|---|--------------------------|
| 1. 開機前檢查：AC 箱主無熔絲開關及各變流器 NFB 為關閉狀態；變流器手動開關為關閉狀態；DC 箱為關閉狀態；確認 DC 及線箱保險絲均已在開啟狀態 | 1. AC 箱 1 號變流器無熔絲開關為關閉狀態 |
| 2. 太陽能系統併接無熔絲開關為開啟狀態 | 2. 1 號變流器手動開關為關閉狀態 |
| 3. AC 箱主無熔絲開關為開啟狀態 | 3. DC 箱 2 組 DC 迴路輸入為關閉狀態 |
| 4. 變流器手動開關為開啟狀態，燈亮表正常併入系統 | 4. AC 箱主無熔絲開關為關閉狀態 |
| 5. 每台變流器控制迴路，依上述程序，逐一送電 | 5. 太陽能系統併接無熔絲開關為關閉狀態 |

表 19 PV 系統 10 kW 變流器更換作業安全作業標準參考表

| 工作步驟 | 工作方法 | 不安全因素 | 安全措施 | 事故處理 |
|-------------|---|--|---|--------------------------------|
| 1. 實施預知危險活動 | 1. 工作環境緊急應變及處理，並確實閱讀該光電場址電路圖→2. 預知緊急應變處理及逃生路線 | 1. 工作環境有積水，以及未確認光電場址電路圖造成誤斷電、送電→2. 未預先防範危害易生事故，緊急應變不熟練易受傷害 | 1. 清除電氣室內積水，確認光電場址電路圖與現場線路是否相符→2. 確實熟悉緊急應變處理及逃生路線 | 誤送電導致人員感電，確認斷電後，依狀況現場急救或迅速送醫急救 |
| 2. 將故障 | 確認該變流器 | 檢修人員沒注 | 切離斷路器前 | 接觸破損斷路 |

| | | | | |
|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|
| 10kW 變流器之交直流變元切斷 | 關圖資與相關鑰匙，並確認正確的斷路器開關 | 意斷路器是否破損而直接操作，造成感電意外發生 | 均須檢視斷路器之外觀是否破損 | 器導致感電，確認切離電源後，依狀況現場急救或迅速送醫急救 |
| 3.變流器之交直流線路拆除 | 1.檢查直流端快速接頭是否脆化→2.檢查交流端子是否有銅綠或放電等損壞 | 1.檢查直流電源是否切離→2.檢查交流電源是否切離 | 1.查驗直流斷路器至變流器端直流電壓值是否為零→2.檢查交流斷路器至變流器端直流電壓值是否為零 | |
| 4.拆、換安裝變流器 | 卸除變流器與基座的固定螺絲後，拆換安裝變流器 | 變流器較重，拆卸時預防壓傷與肌肉拉傷 | 施作前暖身，注意正確姿勢、使力方式與安全作法，避免傷害 | 搬運變流器重心不穩跌倒，依正確方式急救及處理傷口。 |
| 5.變流器之交直流線路復原 | 1.檢查直流端快速接頭是否有損壞→2.檢查交流端子台是否有損壞 | 1.直流端快速接頭卡榫沒有壓接至定位→2.交流電源線路鎖固不良造成放電燒毀 | 1.確實將快速接頭之接合面壓至緊密→2.拉動交流線路確認是否確實鎖固 | 更換新電源線路 |
| 6.變流器復電作業 | 1.先將交流電源側之斷路器復電→2.再將變流器之直流測斷路器復電 | 1.交流電壓過大，造成變流器燒毀→2.直流電源接地，造成變流器燒毀 | 1.確認交流電源電壓是否符合變流器工作電壓，方能復電→2.檢查直流電源電壓是否有接地之定電壓現象產生，需確認無誤才能復電 | 更換燒毀變流器 |

電氣人員教育訓練內容包括墜落災害防止計畫、電氣上鎖掛牌、PV 設備吊掛安全、PV 設備操作危害預防、防墜措施、生物性危害預防、個人防護與緊急應變等。

以下案例為太陽光電發電場所沒有適當安全措施之職災案例，提供參考。

一名太陽光電安裝工人，在進行太陽光電安裝作業時，因施工地點位於屋頂的位置，由於屋頂靠近戶外高壓電線，安裝人員因疏忽加上未配戴安全護具，不幸觸碰到屋頂上的高壓電身

第四節 清洗作業安全

PV 清洗作業包括清洗模組上可能覆蓋之灰塵、花粉、植披、鳥糞等，清洗頻次依需求而定，如發電成效明顯受灰塵影響時即須清洗[11]。圖 17 為熱斑檢測與清洗作業示意圖。

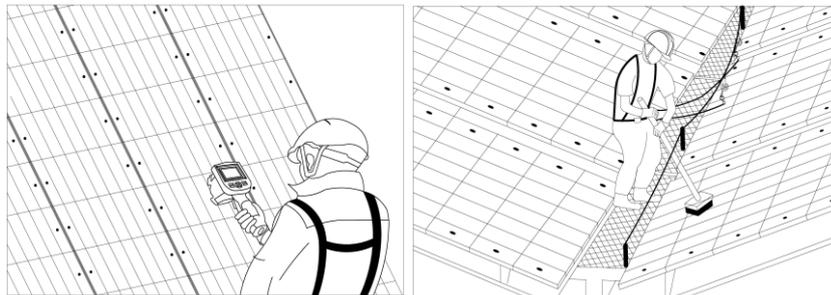


圖 17 熱斑檢測與清洗作業示意圖

圖 18 為 PV 板清洗前後的示意圖，清洗後可增加發電效率，效益多寡依 PV 種類而定。灰塵分布不均或零星的鳥糞將導致熱斑產生，一般清洗 PV 至少每年一次，不可用化學清潔劑清洗，且須採用 PV 擁有者同意之清洗方式。影響清洗頻次的考量點包括[11]：

- 一、清潔費用。
- 二、累積塵量與發電量損失率。
- 三、日照率愈高，清潔效益愈高。
- 四、發電量愈高，清潔效益愈高。
- 五、低效率模組需要更大面積的清潔以達相同發電效益。

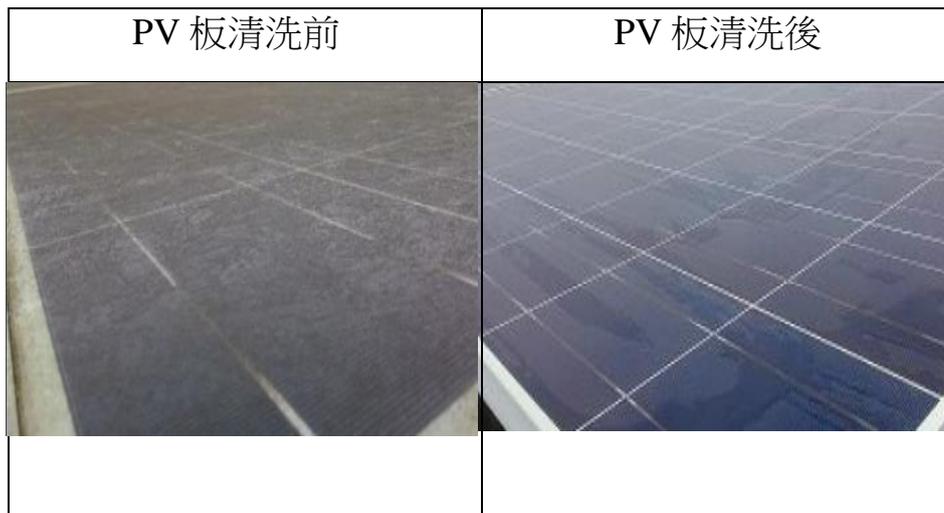


圖 18 太陽光電板清洗前後示意圖

清洗須考量季節型雨量，減少清洗頻次，可依成本效益計算決定清洗頻次。清洗人員可能面臨之危害也包括墜落、感電與人因危害，還有可能接觸到生物危害包括鼠蛇排泄物、垃圾、昆蟲等，口罩須配戴 P3 或 FFP3 等級之口罩[3]。清洗作業安全檢點表參考例如附件三，分為作業前、中、後之工作人員、設備、作業方式、作業環境及緊急應變項目之檢查，應用之時機為主管教育訓練時教導相關工作人員，或於現場所作業前一一確認時應用，查核表之限制為未能涵蓋所有清洗方式之安全查核，應用時須注意 PV 設備與場所特性，重新修正參考例，再加以應用。

清洗作業注意事項[11]：

- 一、優先採用遙感控制清洗機，以避免人員墜落風險。
- 二、依照 PV 製造商建議之方式清洗。如不含礦物質的水及溫和清潔劑。
- 三、類似清潔大樓玻璃的方式進行清潔工作，但不可用高壓水槍、刷子、可能導致磨損的清潔液或任何溶劑。
- 四、農耕型粉塵建議在犁田後進行清洗。
- 五、營造工地型粉塵建議在完工後進行清洗，或與工地主管研商降低揚塵的方式。
- 六、交通粉塵須較常清洗。
- 七、工業排放或餐飲油煙排放型污染物，確認污物種類再進行適當之清洗。
- 八、花粉型粉塵建議在花季後清洗。

九、鳥排泄物：建議減少鳥排泄物的方式包括減少模組間距避免鳥築巢、設置模組至屋頂面的隔離網避免鳥築巢、利用塑膠老鷹阻絕鳥滯留及於築巢期移除鳥巢。

清洗人員教育訓練主要內容包括墜落災害防止計畫、電氣上鎖掛牌、防墜措施、生物性危害預防、個人防護與緊急應變等。以下案例為屋頂作業未事前檢查環境及相關安全防護之職災案例，提供參考。

某工人於民宅頂樓進行防水施工，採光罩有虎頭蜂築巢，施工過程疑似驚擾虎頭蜂，被虎頭蜂螫傷，導致過敏性休克，送醫急救，所幸生命跡象穩定。

第五節 火災緊急應變

發生火災時，相關人員應迅速自屋頂的上下設備到地面安全處通報及等候救災人員，說明現場發生狀況與注意事項。火災現場火光將使太陽電池持續發電，使得救災人員不論是白天還是晚上都面臨感電的風險，PV 的直流電壓電流依系統大小而定，約 120-600 伏特及 200-2000 安培。由於 0.1 安培電流通過人體時即可導致心臟停止跳動，因此救災時，身體潮濕接觸電線或太陽光電板元件與身體形成迴路時，將導致嚴重觸電傷害；或切斷高電壓引起之電弧，而電弧溫度可高達 4000°C，甚至可融化骨骼[5]。

消防人員為避免電弧傷害須遵循 PV 場所上鎖掛牌的斷電程序。其他救災將面臨的危害包括被電線、支架絆倒、踩踏潮濕 PV 滑倒及因觸電自屋頂墜落的風險。消防人員絕對不可將梯子架在 PV 上、踩踏/打碎 PV 或為了通風移動 PV 板，有觸電風險，破碎的 PV 板內部組件具有高電壓危害，且在晚上救災更不易辨認使人絆倒的導線及支架。當救災人員需立足屋頂時，需考量屋頂荷重，或災後復原時，因結構受損，須審慎研商修繕方式。

PV 板為半導體元件，正常狀態下不具危害，火災時則將因高溫釋出有害物

如矽、硼、磷、鎘、碲、砷與鎂等，救災人員與翻修現場的工作人員須全程使用供氣式呼吸防護具及穿著防護衣。

因此，PV 場所主要負責人須於場所運作前拜訪消防隊，事前使消防單位了解 PV 場所位置，變更及擴充 PV 配置時亦須告知消防人員及研商如果發生火災時的救災程序為何。

內政部消防署於 103 年訂定「消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則」，如火災時台灣電力股份有限公司所屬單位(以下簡稱台電)斷電後，變流器(inverter)將自動切斷太陽光電發電設備之電流(AC 220V 至 600V 及 DC 最高至 1,000V)，消防人員入室搶救、破壞作業、射水滅火等需特別注意安全措施，搶救原則包括：

- 一、通知關係人到場(含台電及太陽光電發電業者等)，詢問建築物關係人確認光電發電相關設備、規模、位置等狀況。
- 二、確認建築物內太陽能板、變流器、蓄電池及太陽光電發電系統輸電配線開關位於建築物相關位置，作為救災決策之依據。
- 三、確認場所自主切斷發電供電開關：消防人員應確認相關人員是否已派員將太陽光電發電設備輸電開關關閉。
- 四、確定已整棟完全斷電後，再進行殘火處理。
- 五、攜帶高絕緣性手套或木製器具，並通報該建築物之變流器位置，避免太陽能板至變流器間電路感電意外。
- 六、太陽光電發電系統未斷電線路，掉落碰觸到建築物的金屬樑柱時，依舊有導電危險。
- 七、非必要時切勿碰觸、破壞太陽光電發電設備，以免觸電。
- 八、勿以沾濕的手套碰觸金屬周邊設施於建築物屋內活動如需關閉電源開關時，應戴上絕緣性高之高壓電用塑膠絕緣手套。切勿貿然射水，使救災人員暴露在感電風險下。
- 九、攀爬屋頂或窗戶時，注意避免感電或滑(摔)落意外。注意崩塌、爆炸、電弧、感電等危險。
- 十、須注意建築物斜屋頂及外牆太陽能板碎片掉落危險。
- 十一、滅火行動盡可能使用乾粉或氣體藥劑。若需射水，建議在 6 至 10 公尺

以上之距離處，以展開角度 30 度以上之水霧射水，且瞄子出水壓力至少 7 kgf/cm²(100psi)。

以下案例為太陽能電池光電工廠火災救災之職災案例，提供參考。

製造太陽能電池光電工廠中午傳出火警，消防局前往灌救，廠內人員皆已疏散撤離，由消防隊員進入找尋火點，歷經 2 小時，值勤中 21 歲林姓隊員在搶救過程中突然倒地，由同仁救出，送醫不治。

第五章 結語

行政院規劃於 2025 年提升再生能源的發電占比達 20%，其中太陽光電累積裝置容量目標為 20 GW，即屋頂太陽光電設備將普遍設置，目前已達 4100 場處。太陽光電發電系統整體建置運作的利害相關者包括 PV 製造廠、PV 系統規劃廠商、地主、售電業者、PV 架設廠商、PV 維護/清洗廠商、PV 效能監控廠商、投資商與金融機構等，組織繁複，彼此間是維護發電成效的合作共同體，然清洗、維修、監控等承攬商對屋頂作業環境並不熟悉，較易發生災害事故，其中以墜落災害較為嚴重。屋頂型 PV 場所較多違反的法規為職業安全衛生設施規則、職業安全衛生法施行細則、勞工健康保護規則與職業安全衛生標示設置準則。

有業者認為屋頂型太陽光電發電場所僅是一個系統設備，未能認知屋頂型太陽光電發電場所是一個作業場所，定期需執行維運作業，必須遵守職業安全衛生設施規則相關規定。附件一至附件三為本所針對屋頂型太陽光電發電場所之維運作業提出安全查核表可供業者自主檢查，維運作業又依據(1)支架與屋頂維修人員、(2)電氣人員及(3)清洗人員分別製作安全查核表。

屋頂型太陽光電場所維護作業危害預防重點彙整如下：

- 一、源頭管理：從設計端即納入所有作業風險的管控，包括結構安全、上下設備、安全通道、防墜設施及必要之圍欄等，使工作人員在初期評估至拆除階段所從事之作業，均能安全的完成執行。
- 二、風險評估：從作業清查開始辨識出所有作業風險，並研擬適當之危害控制措施，將風險降至可容忍的程度。
- 三、安全設備：依規定建置必要之安全上下設備、安全母索系統及安全通道等。
- 四、承攬管理：依規定設置協議組織及採取必要措施，做好每日開工前及施工期間之溝通，與維護作業前、中、後的安全管理。
- 五、教育訓練：內容包括太陽光電設備特性、維護作業潛在危害、危害預防方法、屋頂作業主管責任、承攬危害預防溝通、個人防護與緊急應變演練。
- 六、作業檢點：針對不同作業-清洗作業、支架維修與電氣檢測等維護作業進行作業前、中、後之安全檢點，確實改善缺失。

- 七、巡視監督：現場作業時由屋頂作業主管全程進行安全監督，確認危害控制措施完整性，並指正不安全行為。
- 八、個人防護：個人背負式安全帶正確使用與檢點，針對不同作業選擇適當安全帽、手套及鞋，與做好防護具之保養。
- 九、健康管理：依勞工健康保護規則規定適當配置勞工作業，勞工罹患高血壓、心血管疾病、貧血、平衡機能失常等疾病之勞工不適宜高架作業。
- 十、緊急應變：針對較嚴重之墜落事件及火災，擬定緊急應變計畫，並進行緊急應變演練。

參考文獻

- [1] 經濟部能源局，2016/9，能源產業白皮書。
- [2] 中國國家能源局，2017，關於可再生能源發展“十三五”規劃實施的指導意見。
- [3] Health and Safety Executive, 2012, Health and safety in roof work, U K.
- [4] 蘇文源、張銘坤，2012，太陽光電發電系統之作業安全研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH101-S303。
- [5] San Francisco Fire Department, 2012, Solar Photovoltaic (PV) System Safety and Fire Ground Procedures, Division of Training, San Francisco Fire Department, CA, USA.
- [6] International Code Council, 2018, International Solar Energy Provisions ISEP, Solar Rating and Certification Corp, IL, USA.
- [7] 風險評估技術指引，2015，勞動部職業安全衛生署。
- [8] Ketola Barry, Norris Ann, 2011, Degradation Mechanism Investigation of Extended Damp Heat Aged PV Modules, 26th EU PVSEC conference, ©2011, published by Dow Corning Corporation, USA.
- [9] Haney Josh, Burstein A, 2013, PV system operations and maintenance fundamentals, Solar America Board for Codes and Standards, www.solarabc.org/O&M.
- [10] Hatti Mustapha, 2014, Operation and Maintenance Methods in Solar Power Plants, Green Energy and Technology, DOI : 10.1007/978-3-319-03224-5_2, Springer International Publishing Switzerland.
- [11] NREL, 2016, Best Practices in Photovoltaic System Operation and Maintenance, Technical Report NREL/TP-7A40-67553 2nd Edition, National laboratory of the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, Alliance for Sustainable Energy, LLC, USA. [https : //www.nrel.gov/docs/fy17osti/67553.pdf](https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67553.pdf)
- [12] 段柔勇，2017，建立大型太陽光電池廠維運健檢規範教材。
- [13] 承攬管理技術指引，2015，勞動部職業安全衛生署。
- [14] IEC 62446-1 : 2016+AMD1 : 2018 CSV. Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 1 : Grid

connected systems - Documentation, commissioning tests and inspection.

- [15] IEC TS 62446-3 : 2017. Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 3 : Photovoltaic modules and plants - Outdoor infrared thermography.
- [16] IEC 61829 : 2015. Photovoltaic (PV) array - On-site measurement of current-voltage characteristics.

附件一 維護作業安全查核參考表－支架/屋頂維修人員

屋頂型太陽光電系統維護作業安全查核參考表－支架/屋頂維修人員

填寫人：_____ 單位/場所：_____ 日期：_____

| 檢查項目 | 檢查方法 | 法規依據/ 安全要求 | 檢查結果 (不適用請填 NA) | | | 改善措施 |
|------------|----------------------|-----------------|---|------|-----|------|
| | | | 合格 | 部分合格 | 不合格 | |
| 作業前 | | | | | | |
| 工作人員 | 1.作業主管 | 檢查 結業 證書 | 雇主對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時應指定專人指揮或監督該作業。(設-227) 屋頂作業主管之安全衛生教育訓練。(教育訓練-10) | | | |
| | 2.業務主管 | 檢查 結業 證書 | 事業單位勞工人數未滿三十人者，其應置丙種職業安全衛生業務主管，得由事業經營負責人或其代理人擔任。(管理辦法-3 附表二) | | | |
| | 3.設備/裝置/ 操作危害預防訓練 | 檢查 訓練 記錄 | 雇主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之一般安全衛生教育訓練。(教育訓練-16) | | | |
| | 4.預先熟知 PV 產品特性 | 目視、 動作測 試 | 在維修屋頂之前，須熟知 PV 產品特性與潛在危害。 | | | |

| | | | | | | | |
|----|-----------|-----------------|---|--|--|--|--|
| | 5.個人防護具訓練 | 檢查 訓練紀錄、動作測試 | 1.雇主應採取使勞工使用安全帶等防止墜落致勞工遭受危險之措施；使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) 2.選擇正確個人防護具。 3.個人防護具正確穿戴方法及保養維護。 | | | | |
| 設備 | 6.上下設備 | 目視 | 雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。(設-228) | | | | |
| | 7.防墜設施 | 目視 | 雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) | | | | |
| | 8.安全通道 | 目視 | 雇主對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。(設-227) | | | | |
| | 9.自動回縮救生索 | 目視 | 懸掛捲揚式防墜器應具足夠強度，且須設置於工作人員上方。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------|---------------|--------------------------|---|--|--|--|--|
| | 10.個人防護具 | 目視 (安全帽、手套、絕緣鞋等必要防護具) | 雇主對於從事電氣工作之勞工，應使其使用電工安全帽、絕緣防護具及其他必要之防護器具。(設-290) 應依風險評估結果選擇適當防護衣物。 | | | | |
| | 11.生物危害預防 | 目視、訪談 | 1. 工作人員著適當工作服、防護手套、平底防滑鞋。 2. 注意防止蜂叮、蟲、蛇攻擊。 | | | | |
| 作業方式 | 12.作業前風險評估 | 目視、訪談 | 工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。 勞工執行職務發現有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。(職安法-18) 不應於高溫、強風、濕滑屋頂或夜間工作。 | | | | |
| | 13.職業安全衛生管理計畫 | 訪談 | 雇主應依其事業單位之規模、性質訂定職業安全衛生管理計畫，包括下列事項： 工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、機械、設備或器具之管理、承攬管理及變更管理、安全衛生作業標準、作業檢點及現場巡視、安全衛生教育訓練、個人防護具之管理、緊急應變措施、職業災害、虛驚事故之調查處理及統計分析。(施行細則-31) | | | | |

| | | | | | | | |
|------|--------------------|-------|---|--|--|--|--|
| | 14.作業前安全會議 | 訪談現況 | 事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨本法及有關安全衛生規定應採取之措施。承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人。(職安法 26) (職安法 27) (職安法 28) | | | | |
| | 15.吊掛作業 | 目視、訪談 | 雇主應採取防止人員進入吊舉物下方及吊舉物通過人員上方之設備或措施。(起-39) | | | | |
| 作業環境 | 16.太陽光電系統場所出入管制或標示 | 目視 | 出入口上鎖或張貼警告標示管制出入。 | | | | |
| | 17.屋頂、採光罩 | 目視 | 雇主使勞工從事屋頂作業時應注意易踏穿材料構築之屋頂作業時，應設置防墜設施，或採取其他安全工法，避免工作人員有墜落之虞；於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。如屋頂採光罩具格柵。 (設-225、227) | | | | |
| | 18.屋頂邊緣 | 目視 | 雇主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。(設-224) | | | | |
| 緊急應變 | 19.緊急斷電復電程序 | 目視 | 具備緊急關閉程序 (AC 箱→DC 箱)。 | | | | |
| | 20.滅火器 | 目視 | 須具備 CO ₂ 或乾粉滅火器等必要之滅火器。 | | | | |
| | 21.急救箱 | 目視 | 應具備急救箱，並告知放置位置。 | | | | |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------|---|--|--|--|--|
| | 22.急救人員 | 訪談 | 事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。 (健-9) | | | | |
| 作業中 | | | | | | | |
| 作業方式 | 23.確認兩人作業 | 目視、訪談 | 須有兩人在現場，原則以一人操作為主。 | | | | |
| | 24.確認防墜措施 | 目視、訪談 | 工作人員穿戴防墜裝置。 | | | | |
| | 25.太陽光電模組固定 | 目視 | 太陽光電模組有固定鎖緊在支架上。 | | | | |
| 作業後 | | | | | | | |
| 設備 | 26.個人防護具 | 目視 | 作業完畢後，需將使用後之個人防護具歸還至固定位置。 | | | | |
| 作業方式 | 27.完成作業後確認 | 目視、檢點清單 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成工作時應交代清楚必要事項，並且實施作業後檢點。 2. 作業完成須實工作人員清點、確認工作人員已經安全到達地面。 3. 清點攜入作業工具、設備。 4. 確認作業之進行狀況，並協商下次作業。 | | | | |

註：()內的簡稱所代表的法規名稱如下，阿拉伯數字是法規條文編號

職安法—職業安全衛生法

營—營造安全衛生設施標準

教育訓練—職業安全衛生教育訓練規則

管理辦法—職業安全衛生管理辦法

設—職業安全衛生設施規則

起—起重升降機具安全規則

標—職業安全衛生標示設置準則

健—勞工健康保護規則

屋—屋內線路裝置規則

施行細則—職業安全衛生法施行細則

附件二 維護作業安全查核參考表-電氣人員

屋頂型太陽光電系統維護作業安全查核參考表-電氣人員

填寫人：_____ 單位/場所：_____ 日期：_____

| 檢查項目 | 檢查方法 | 法規依據/ 安全要求 | 檢查結果 (不適用請填 NA) | | | 改善措施 |
|-------------|--------------|---------------|---|------|-----|------|
| | | | 合格 | 部分合格 | 不合格 | |
| 作業前 | | | | | | |
| 工作人員 | 1.作業主管 | 檢查結業證書 | 雇主對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時應指定專人指揮或監督該作業。(設-227) 屋頂作業主管之安全衛生教育訓練。(教育訓練-10) | | | |
| | 2.業務主管 | 檢查結業證書 | 事業單位勞工人數未滿三十人者，其應置丙種職業安全衛生業務主管，得由事業經營負責人或其代理人擔任。(管理辦法-3附表二) | | | |
| | 3.起重機操作手、吊掛手 | 檢查一機三證結業證書 | 經中央主管機關指定具有危險性機械或設備之操作人員，雇主應僱用經中央主管機關認可之訓練或經技能檢定之合格人員充任之。(職安法-24) 除操作人員訓練合格外，雇主應於事前使其接受具有危險性之機械操作人員、特殊作業之安全衛生教育訓練。(教育訓練-12、14) | | | |

| | | | | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------------------|---|--|--|--|--|
| 工作 人員 | 4.體格檢 查/ 健康檢 查 | 訪談 管理現 況 | 勞工罹患癲癇、精神或神經系統疾病、高血壓、心血管疾病、貧血、平衡機能失常、呼吸系統疾病、色盲、視力不良、聽力障礙、肢體殘障等疾病之勞工(不適合高架作業),參採醫師依附表十一規定之建議,告知勞工,並適當配置勞工於工作場所作業。(勞工健康保護規則-21) | | | | |
| | 5.電氣工 作人員 | 訪談 合格現 況 | 電氣技術人員合格證。(經濟部用電場所及專任電氣技術人員管理規則-6) | | | | |
| | 6.設備/ 裝置/ 操作危 害預防 訓練 | 檢查 訓練記 錄 | 雇主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前,應使其接受適於各該工作必要之一般安全衛生教育訓練。(教育訓練-16) | | | | |
| | 7.預先熟 知 PV 產 品特性 | 訪談現 況、 動作測 試 | 在操作系統之前,須熟知 PV 產品和相關設備的說明。 | | | | |
| | 8.個人防 護具 訓練 | 訪談現 況 | 1.雇主應採取使勞工使用安全帶等防止墜落致勞工遭受危險之措施;使用安全帶時,應設置足夠強度之必要裝置或安全母索,供安全帶鉤掛。(設-225) 2.選擇正確個人防護具。 3.個人防護具正確穿戴方法及保養維護。 | | | | |
| | 9.上下設 備 | 目視 | 雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時,應設置能使勞工安全上下之設備。(設-228) | | | | |

| | | | | | | | |
|----|-------------|------|--|--|--|--|--|
| 設備 | 10.防墜設施 | 目視 | 雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) | | | | |
| | 11.安全通道 | 目視 | 雇主對勞工於以石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於以礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。(設-227) | | | | |
| | 12.自動回縮救生索 | 訪談現況 | 職業安全衛生設施規則第 281 條，CNS 14253。 | | | | |
| | 13.活線作業必要防護 | 訪談現況 | 工作人員須穿戴活線作業必要防護。 | | | | |
| | 14. 模組標示 | 目視 | <p>模組應標示端子或引線之極性、保護模組之最大過電流保護裝置額定等。於太陽光電隔離設備處應永久標示下列直流太陽光電電源項目：</p> <p>一、額定最大功率點電流。 二、額定最大功率點電壓。 三、最大系統電壓。 四、短路電流。 五、若有裝設充電控制器，其額定最大輸出電流。 (屋-396-49、396-51)</p> | | | | |

| | | | | | | | |
|------|---------------|---------|--|--|--|--|--|
| 設備 | 15.個人防護具 | 目視、訪談現況 | <p>雇主對於從事電氣工作之勞工，應使其使用電工安全帽、絕緣防護具及其他必要之防護器具。(設-290)</p> <p>應依風險評估結果選擇適當防護衣物。(電工安全帽、手套、平底防滑鞋等必要防護具)</p> | | | | |
| | 16.生物危害預防 | 目視、訪談 | <p>1. 工作人員著適當工作服、防護手套、長統鞋等必要之防護具。</p> <p>2. 注意防止蜂叮、蟲、蛇攻擊。</p> | | | | |
| 作業方式 | 17.維運前風險評估 | 訪談現況 | <p>工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。</p> <p>勞工執行職務發現有立即發生危險之虞時，得在不危及其他工作者安全情形下，自行停止作業及退避至安全場所，並立即向直屬主管報告。(職安法-18)</p> <p>不應於高溫、強風、濕滑屋頂或夜間工作。</p> | | | | |
| | 18.職業安全衛生管理計畫 | 訪談現況 | <p>雇主應依其事業單位之規模、性質訂定職業安全衛生管理計畫，包括下列事項：</p> <p>工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、機械、設備或器具之管理、承攬管理及變更管理、安全衛生作業標準、作業檢點及現場巡視、安全衛生教育訓練、個人防護具之管理、緊急應變措施、職業災害、虛驚事故之調查處理及統計分析。(施行細則-31)</p> | | | | |

| | | | | | | | |
|------|------------------|---------|---|--|--|--|--|
| | 19.作業前安全會議 | 訪談現況 | 事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨本法及有關安全衛生規定應採取之措施。承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人。(職安法 26) (職安法 27) (職安法 28) | | | | |
| 作業方式 | 20.吊掛模組 | 訪談現況 | 雇主應採取防止人員進入吊舉物下方及吊舉物通過人員上方之設備或措施。(起-39) | | | | |
| | 21.電氣裝置上鎖掛牌 | 目視、訪談現況 | (設-276) 防止電氣災害應注意電氣開關斷電，必要時，應上鎖掛牌。(標示姓名、日期、關閉程序、所有電能、絕緣裝置、儲存電量。) | | | | |
| 作業環境 | 22.禁止標示 | 目視 | 張貼非專業操作工作人員禁止操作標示。 | | | | |
| | 23.太陽光電場所出入管制或標示 | 目視 | 出入口上鎖或張貼警告標示管制出入。 | | | | |
| | 24.屋頂、採光罩 | 目視 | 雇主對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。(設-227) 如屋頂採光罩具格柵。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------------|--------------|------|---|--|--|--|--|
| | 25.屋頂邊緣 | 目視 | 雇主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。(設-224) | | | | |
| | 26.安全標示 | 目視 | 禁止標示：嚴格管制有發生危險之虞之行為，包括禁止煙火、禁止攀越、禁止通行等。警告標示：高壓電、墜落、感電、高熱等危險警告。(標-3) | | | | |
| 緊急應變 | 27.緊急斷電、復電程序 | 相關文件 | 具備緊急關閉程序(AC箱→DC箱)。 | | | | |
| | 28.滅火器 | 目視 | 須具備 CO ₂ 或乾粉滅火器等必要之滅火器。 | | | | |
| | 29.急救箱 | 目視 | 應具備急救箱，並告知放置位置。 | | | | |
| | 30.急救人員 | 訪談現況 | 事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。(健-9) | | | | |
| 作業中 | | | | | | | |
| 作業方式 | 31. 確認兩人作業 | 訪談現況 | 須有兩人在現場，原則以一人操作為主。 | | | | |
| | 32. 防墜措施 | 訪談現況 | 工作人員穿戴防墜裝置。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------|---|--|--|--|--|
| 作業方式 | 33.吊掛安全(更換模組等) | 訪談現況 | <p>雇主對於起重機具之吊鉤或吊具，應有防止吊舉中所吊物體脫落之裝置。雇主對於起重機具之運轉，應於運轉時採取防止吊掛物通過人員上方及人員進入吊掛物下方之設備或措施。從事前項起重機具運轉作業時，為防止吊掛物掉落，應依下列規定辦理：</p> <p>一、吊掛物使用吊耳時，吊耳設置位置及數量，應能確保吊掛物之平衡。</p> <p>二、吊耳與吊掛物之結合方式，應能承受所吊物體之整體重量，使其不致脫落。</p> <p>三、使用吊索(繩)、吊籃等吊掛用具或載具時，應有足夠強度。(設-90、設-92)</p> | | | | |
| | 34.系統斷電措施 | 訪談現況 | 工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 | | | | |
| | 35.安裝太陽光電發電模組 | 訪談現況 | 不可以潮濕的手進行活線作業。穿戴必要之絕緣手套。 | | | | |
| | 36.太陽光電模組固定 | 訪談現況 | 太陽光電模組有固定鎖緊在支架上。 | | | | |
| | 37.負載下不可剪除電線 | 訪談現況 | 工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 | | | | |
| | 38.DC 電壓/電流測試程序 | 訪談現況、動作測試 | 工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 | | | | |
| | 39.保險絲測試程序 | 訪談現況、動作測試 | <p>1.工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。</p> <p>2.具關閉電源程序。</p> | | | | |
| | 40.確認斷電才取下保險絲 | 訪談現況 | 工作人員依現場需求穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------------|---------------|-----------|--|--|--|--|--|
| 作業方式 | 41.絕緣電阻測試程序 | 訪談現況、動作測試 | 1. 測試絕緣電阻或漏電，工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 2. 具關閉電源程序。 | | | | |
| | 42.接地系統整體測試程序 | 訪談現況、動作測試 | 1. 工作人員穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋。 2. 具關閉電源程序。 3. 檢測系統接地、設備接地、防雷裝置。 | | | | |
| | 43.紅外線檢測 | 訪談現況、動作測試 | 工作人員依現場需求穿戴必要之防護手套、平底防滑鞋，注意感電與高溫防護。 | | | | |
| 作業後 | | | | | | | |
| 設備 | 44. 個人防護具 | 目視 | 作業完畢後，需將使用後之個人防護具歸還至固定位置。 | | | | |
| 作業方式 | 45.完成作業後確認 | 訪談現況、檢點清單 | 5.完成工作時，應交代清楚必要事項，並且實施作業後檢點。 6.作業完成須實工作人員清點、確認工作人員已經安全到達地面。 7.清點攜入作業工具、設備。 8.確認作業之進行狀況，並協商下次作業。 | | | | |

附件三 維護作業安全查核參考表-清洗人員

屋頂型太陽光電系統維護作業安全查核參考表-清洗人員

填寫人：_____ 單位/場所：_____ 日期：_____

| 檢查項目 | 檢查方法 | 法規依據/ 安全要求 | 檢查結果 (不適用請填 NA) | | | 改善措施 |
|-------------|------------------|---------------------|---|------|-----|------|
| | | | 合格 | 部分合格 | 不合格 | |
| 作業前 | | | | | | |
| 工作人員 | 1.作業主管 | 檢查 結業證書 | 雇主對勞工於石棉板、鐵皮板、瓦、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時應指定專人指揮或監督該作業。(設-227) 屋頂作業主管之安全衛生教育訓練。(教育訓練-10) | | | |
| | 2.業務主管 | 檢查 結業證書 | 事業單位勞工人數未滿三十人者，其應置三種職業安全衛生業務主管，得由事業經營負責人或其代理人擔任。(管理辦法-3 附表二) | | | |
| | 3.設備/裝置/操作危害預防訓練 | 檢查 訓練記錄 | 雇主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之一般安全衛生教育訓練。(教育訓練-16) | | | |
| | 4.預先熟知 PV 產品特性 | 目視、 動作測試 | 在清洗系統之前，須熟知 PV 產品特性與潛在危害。。 | | | |
| | 5.個人防護具訓練 | 檢查 訓練紀錄、 動作測試 | 1.雇主應採取使勞工使用安全帶等防止墜落致勞工遭受危險之措施；使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) 2.選擇正確個人防護具。 3.個人防護具正確穿戴方法及保 | | | |

| | | | | | | | |
|----|-----------|----------------------------|---|--|--|--|--|
| | | | 養維護。 | | | | |
| 設備 | 6.上下設備 | 目視 | 雇主對勞工於高差超過一·五公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。(設-228) | | | | |
| | 7.防墜設施 | 目視 | 雇主對於在高度二公尺以上之處所進行作業，勞工有墜落之虞者，應以架設施工架或其他方法設置工作台。雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鉤掛。(設-225) | | | | |
| | 8.安全通道 | 目視 | 雇主對勞工於石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等材料構築之屋頂或於礦纖板、石膏板等材料構築之夾層天花板從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應規劃安全通道，於屋架或天花板支架上設置適當強度且寬度在三十公分以上之踏板。(設-227) | | | | |
| | 9.自動回縮救生索 | 目視 | 懸掛捲揚式防墜器應具足夠強度，且須設置於工作人員上方。 | | | | |
| | 10.個人防護具 | 目視 (安全帽、手套、長統絕緣鞋等必要防護具) | 雇主對於從事清洗工作之勞工，應使其使用必要之絕緣防護器具。(設-290) 應依風險評估結果選擇適當防護衣物。 | | | | |
| | 11.生物危害預防 | 目視、訪談 | 1.工作人員著適當工作服、防護手套、平底防滑鞋。 2.注意防止蜂叮、蟲、蛇攻擊。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------|--------------------|------|---|--|--|--|--|
| 作業方式 | 12.職業安全衛生管理計畫 | 訪談 | 雇主應依其事業單位之規模、性質訂定職業安全衛生管理計畫，包括下列事項： 工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、機械、設備或器具之管理、承攬管理及變更管理、安全衛生作業標準、作業檢點及現場巡視、安全衛生教育訓練、個人防護具之管理、緊急應變措施、職業災害、虛驚事故之調查處理及統計分析。(施行細則-31) | | | | |
| | 13.作業前安全會議 | 訪談現況 | 事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨本法及有關安全衛生規定應採取之措施。承攬人就其承攬之全部或一部分交付再承攬時，承攬人亦應依前項規定告知再承攬人。(職安法 26、27、28) | | | | |
| | 14.清洗模組程序 | 目視 | <ol style="list-style-type: none"> 1.工作人員須穿著止滑安全鞋、鞋底防止靜電及絕緣、防熱等功能。 2.使用非導電長型清掃用具。不要使用任何化學洗滌劑、粗刷或鋒利的工具。 3.確認模組未破裂，檢查有無明顯裂紋，注意勿踩模組、勿高溫發燙時清洗等。 4.具清潔正確方法。 5.確認加壓水槍設備之絕緣、接地措施。 6.清洗之汗水符合汗水排放規定。 | | | | |
| 作業 | 15.太陽光電系統場所出入管制或標示 | 目視 | 出入口上鎖或張貼警告標示管制出入。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------------|-------------|-------|---|--|--|--|--|
| 環境 | 16.屋頂、採光罩 | 目視 | 僱主使勞工從事屋頂作業時應注意易踏穿材料構築之屋頂作業時，應設置防墜設施，或採取其他安全工法，避免工作人員有墜落之虞；於屋架或天花板下方可能墜落之範圍，裝設堅固格柵或安全網等防墜設施。如屋頂採光罩具格柵。 (設-225、227) | | | | |
| | 17.屋頂邊緣 | 目視 | 1.僱主對於高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍欄、握把、覆蓋等防護措施。(設-224) 2.高處檢測安全(如日射計)。 | | | | |
| 緊急應變 | 18.緊急斷電復電程序 | 目視 | 具備緊急關閉程序(AC箱→DC箱)。 | | | | |
| | 19.滅火器 | 目視 | 須具備CO ₂ 或乾粉滅火器等必要之滅火器。 | | | | |
| | 20.急救箱 | 目視 | 應具備急救箱，並告知放置位置。 | | | | |
| | 21.急救人員 | 訪談 | 事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。 (健-9) | | | | |
| 作業中 | | | | | | | |
| 作業方式 | 22.確認兩人作業 | 目視、訪談 | 須有兩人在現場，原則以一人操作為主。 | | | | |
| | 23.確認防墜措施 | 目視、訪談 | 工作人員穿戴防墜裝置。 | | | | |
| 作業後 | | | | | | | |
| 設備 | 24.個人防護具 | 目視 | 作業完畢後，需將使用後之個人防護具歸還至固定位置。 | | | | |

| | | | | | | | |
|------|------------|---------|--|--|--|--|--|
| 作業方式 | 25.完成作業後確認 | 目視、檢點清單 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成工作時應交代清楚必要事項，並且實施作業後檢點。 2. 作業完成須實施工作人員清點、確認工作人員已經安全到達地面。 3. 清點攜入作業工具、設備。 4. 確認作業之進行狀況，並協商下次作業。 | | | | |
|------|------------|---------|--|--|--|--|--|

國家圖書館出版品預行編目資料

太陽光電發電系統職場危害預防研究 / 張承明, 賈台寶著. --
1 版. -- 新北市 : 勞動部勞研所, 民 108.06
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-9311-2(平裝)

1.工業安全

555.56

108008480

太陽光電發電系統職場危害預防研究

著(編、譯)者:張承明、賈台寶

出版機關:勞動部勞動及職業安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話:02-26607600 http://www.ilosh.gov.tw/

出版年月:中華民國 108 年 6 月

版(刷)次:1 版 1 刷

定價:250 元

展售處:

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話:04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話:02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「研究成果／各年度研究報告」,網址為:
<https://laws.ilosh.gov.tw/ioshcustom/Web/YearlyReserachReports/Default>
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述,並請注意需註明資料來源;有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

【版權所有,翻印必究】

GPN : "3232: 23522"

ISBN : 978-986-05-9311-2

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR



地址：新北市汐止區橫科路407巷99號

電話：(02) 26607600

傳真：(02) 26607732

網址：<http://www.ilosh.gov.tw>

ISBN 978-986-05-9311-2

00250



9 789860 593112

GPN:1010801300

定價：新台幣250元