

營造工程風險評估-以營區屋頂作業為例

陳昶宇少校

提要

- 一、工程執行時，工程承辦單位應實施危害告知及要求施工廠商依職業安全衛生工作守則執行，為防止職業災害，保障工作者安全及健康，以防止災害衍生與擴大，並維護人民生命財產安全。
- 二、屋頂作業多為臨時性或非經常性之修繕、更換工作，業者多為圖方便，因陋就簡，未依規定採取必要之防護作為，致發生墜落災害事故頻傳，從過去十年內墜落案例再再顯示，作業前之安全考量、妥善規劃、設備防護措施之重要性是不可輕忽的，更重要的是「人」的安全觀念是否具備，否則若因進行屋頂作業時的一時疏失，往往容易造成遺憾。
- 三、本次透過近十年屋頂作業時發生災害計 **959** 件，其中有 **943** 件(**98%**)為墜落事件，而針對太陽能光電工程作業二階實施拆解結果，實施施工風險評估，依序風險辨識、風險分析及風險評量，以篩選出不可接受之風險，透過歸納及整理，進行風險處理及風險監控，並提出建議，以降低災害發生。

關鍵字：太陽光電、屋頂作業、風險評估

前言

地球能源不斷消耗，太陽能為國內目前戮力推動的再生能源，隨著科技不斷進步，太陽能發電系列類型眾多，且設置空間廣泛，幾乎可說凡有空曠區域就有太陽能板，不分陸域水域，不分熱帶寒帶，不分乾燥

濕潤，也不分空間類型，發展至營區設立太陽能板，依據職業災害勞工保護法第 1 條：「為保障職業災害勞工之權益，加強職業災害之預防，促進就業安全及經濟發展，爰制定本法；本法未規定者，適用其他法律之規定。」國軍本保衛國家安全及

人民為目的，當工程執行時，工程承辦單位應實施危害告知及要求施工廠商依職業安全衛生工作守則執行，為防止職業災害，保障工作者安全及健康，以防止災害衍生與擴大，並維護人民生命財產安全，經查勞動部職業安全衛生署¹，從民國 100 至 110 年墜落滾落災害統計共 959 件(如圖 1)，詳細災害類型及媒介物(如表 1)。

本次針對太陽光電工程屋頂作業二階拆解分析，瞭解裝備不足及操作上的限制因素，

實施探討營造工程風險評估以太陽光電工程、分析及監控重要性，降低危害，提出建議。

為了使我們社會能夠持續成長與繁榮，需要永續發展這個世界，考量環保潔淨，利用太陽能源轉換電能，且太陽能乾淨、安靜無聲及依照需求設計安裝在各種不同大小的應用載具中，是一種最具獨特新能源。

於 2020 年 12 月 14 日○
○公司租賃○○營區裝置太陽

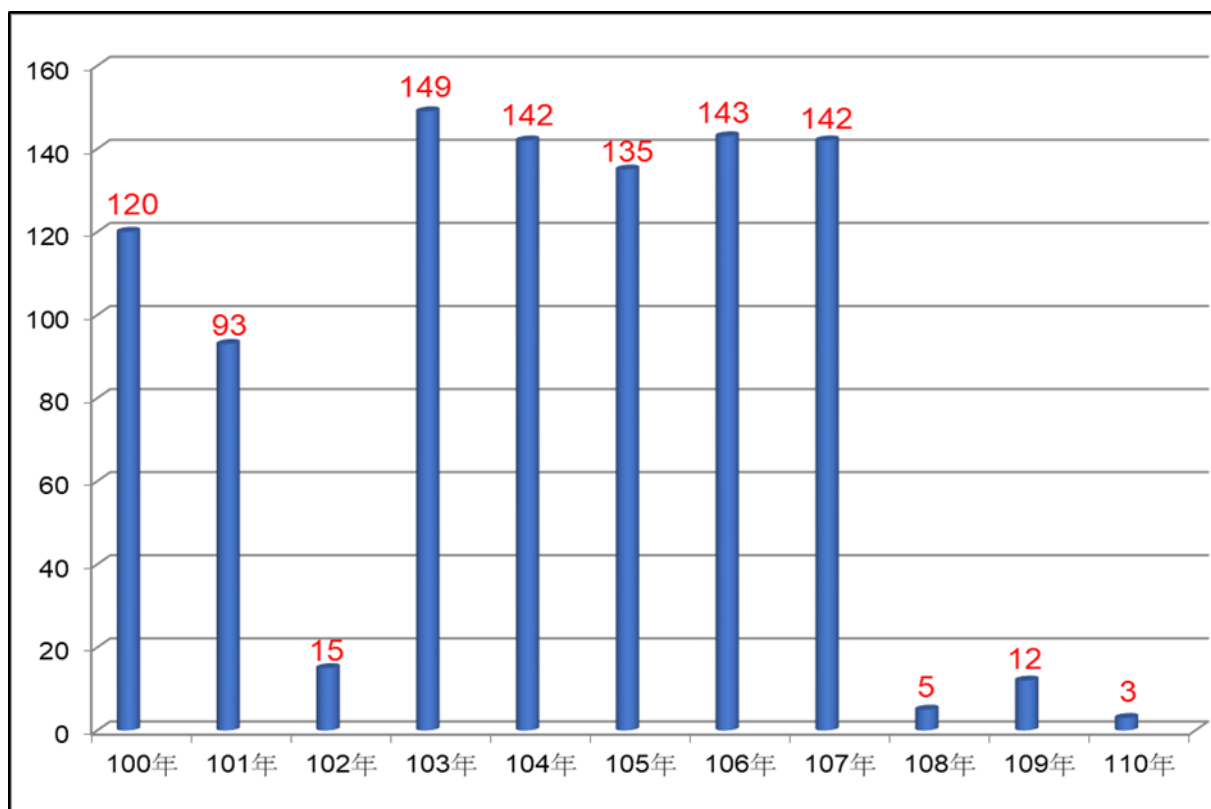


圖1 100~110年墜落滾落災害統計圖

資料來源：作者依據勞動部職業安全衛生署職災案例統計彙整製作，<https://www.osha.gov.tw>，檢索日期：西元2022年4月25日。

¹ 勞動部職業安全衛生署，職災案例，<https://www.osha.gov.tw>，檢索日期：2022年4月29日。

表1 十年內墜落滾落職災原因統計表

災害類型 /媒介物	年	110年	109年	108年	107年	106年	105年	104年	103年	102年	101年	100年	小計
墜落/施工架		1	2	3	24	19	21	27	29	4	20	23	173
墜落/梯子					18	23	15	18	17	1	6	7	105
墜落/屋頂		1	5	1	32	29	33	32	33	4	31	30	231
墜落/屋架					1	7	2	1	1		2	3	17
墜落/鋼構					1	3	3	3	2	2	2	1	17
墜落/營建物					6	10	6	11	11	1	4	5	54
墜落、滾落/工作台、踏板					4	7	8	8	9		6	3	45
墜落、滾落/採光罩					5	5	8	6	13	1	2	11	51
墜落、滾落/開口部分					30	32	34	31	29	2	16	37	211
墜落/升降機			1	1	2	2	2	3	3		1		15
墜落/起重機					7	6	3	2	2		3		23
墜落溺斃/開口部分		1											1
物體倒塌、崩塌/營建物			2		10								12
物體飛落/營建物			1		2								3
物體飛落/其他紙捲			1										1
小計		3	12	5	142	143	135	142	149	15	93	120	
合計		959											

資料來源：作者依據勞動部職業安全衛生署職災案例統計彙整製作，<https://www.osha.gov.tw>，檢索日期：西元2022年4月25日。

能光電設備時，施工人員於屋頂安裝太陽能板失慎墜落地面，經送至○○醫院急救不治，查近十年屋頂作業時發生墜落災害案件，每件災害都會使一個美麗家庭破碎，營造業潛在危害眾多，稍有不慎，即引發災害，使施工人員遭受嚴重傷害。

針對太陽能光電設備裝置進行作業拆解，詳細解析工程內容之組成及流程，針對工程作業二階段拆解實施風險評估，我們將透過此研究提供危害分析及作業安全防護設施等資訊掌握風險狀況，採行對策及監控重要性，進而降低施工風險。

屋頂作業多為臨時性或非經常性之修繕、更換工作，業者多為圖方便，因陋就簡，未依規定採取必要之防護作為，致發生墜落災害事故頻傳，從過去十年內墜落案例再再顯示，作業前之安全考量、妥善規劃、設備防護措施之重要性是不可輕忽的，更重要的是「人」的安全觀念是否具備，否則若因進行屋頂作業時的一時疏失，往往容易造成遺憾。

透過近十年屋頂作業時發生災害計 959 件²，其中有 943 件(98%)為墜落事件，墜落事件依原因分類統計件數(如圖 2)

² 勞動部職業安全衛生署，職災案例，<https://www.osha.gov.tw>，檢索日期：2022 年 4 月 29 日。

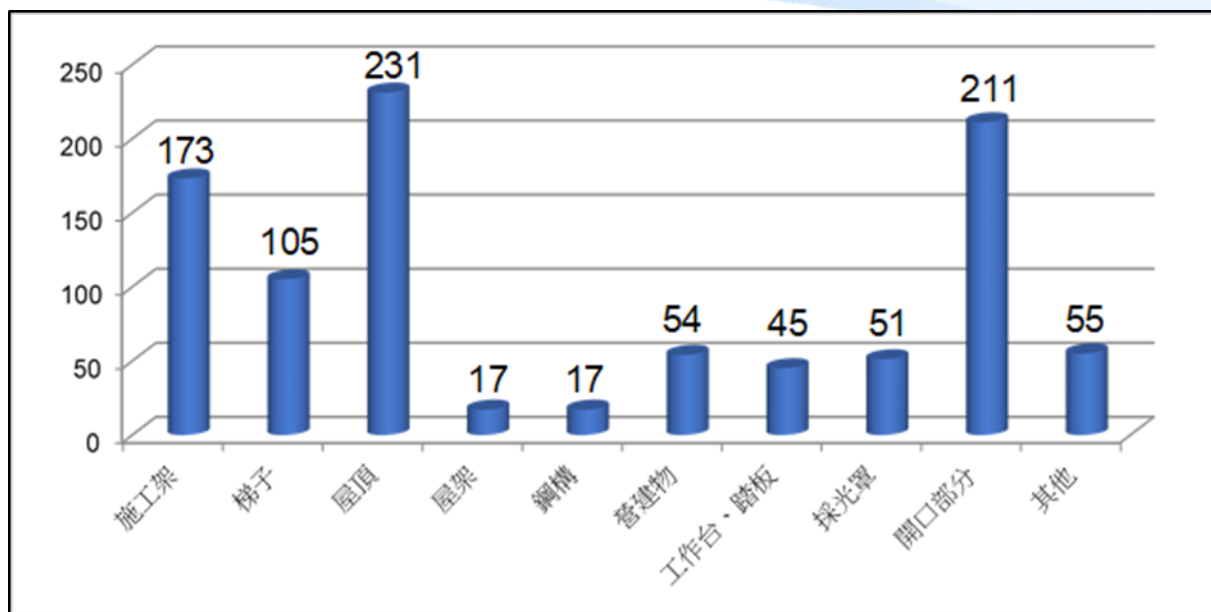


圖2 十年內墜落職災原因統計圖(n=959)

資料來源：作者依據勞動部職業安全衛生署職災案例統計彙整製作，<https://www.osha.gov.tw>，檢索日期：西元2022年4月25日。

所示。依墜落職災原因統計，自屋頂墜落的 231 件數最高，佔總計 24%，而針對太陽能光電工程作業二階實施拆解結果，實施施工風險評估，依序風險辨識、風險分析及風險評量，以篩選出不可接受之風險，透過歸納及整理，進行風險處理及風險監控，並提出建議，以降低災害發生(如圖 3)。

法源依據

國內與太陽光電發電場所作業安全相關的法規眾多，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³與職業安全衛生教育訓練規則第 10 條⁴規定，擔任屋頂

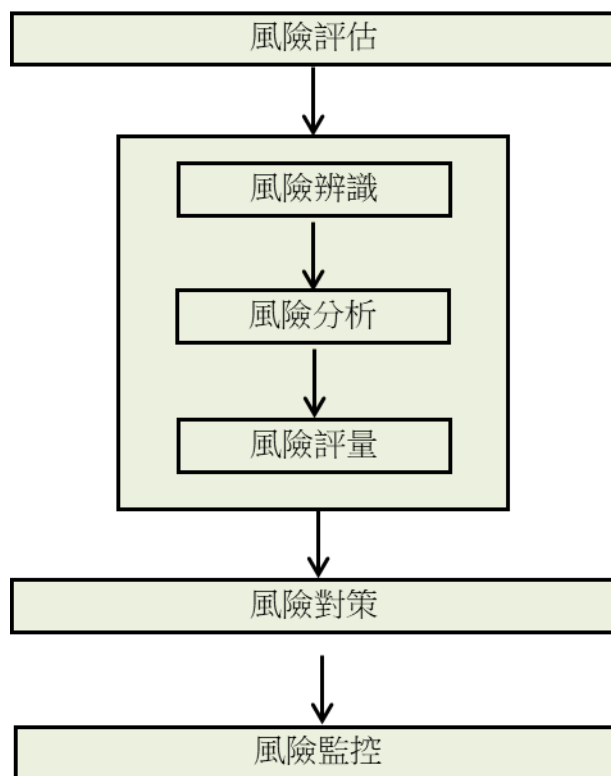


圖3 研究架構圖

資料來源：作者自行整理。

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(表 2)：

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，相關法規名稱彙整(如表 3)，包括內政部、經濟部、勞動部及行政院公共工程委員會等機關制訂的相關法規，主要依據下列三點：

一、職業安全衛生法⁵

依職業安全衛生法第 5 條所述，雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。

機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。

從上述法條就明確提到「機械、設備、器具、原料、

表2 屋頂作業現場辦理事項

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

資料來源：作者自行整理。

表3 國內太陽光電發電系統相關法規或規範

單位	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
行政院公共工程委員會	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

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引」，技術叢書ILOSH108-T-157。

³ 勞動部，〈中華民國 110 年營造安全衛生設施標準〉《勞動部營造安全衛生設施標準》(勞動部)，臺北市，西元 2021 年 1 月 6 日，第 5 頁。

⁴ 勞動部，〈職業安全衛生教育訓練規則.中華民國 110 年〉《勞動部職業安全衛生教育訓練規則》(勞動部)，臺北市，西元 2021 年 7 月 7 日，第 3 頁。

⁵ 勞動部，〈中華民國 108 年職業安全衛生法〉《勞動部職業安全衛生法》(勞動部)，臺北市，西元 2019 年 5 月 15 日，第 1 頁。

材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估」，故實施風險評估為法規所規定事項。

二、職業安全衛生法施行細則⁶

依職業安全衛生法施行細則第 8 條所述，職業安全衛生法第 5 條第一項所稱合理可行範圍，指依本法及有關安全衛生法令、指引、實務規範或一般社會通念，雇主明知或可得而知勞工所從事之工作，有致其生命、身體及健康受危害之虞，並可採取必要之預防設備或措施者。職業安全衛生法第 5 條第 2 項所稱風險評估，指辨識、分析及評量風險之程序。

三、勞動部職業安全衛生署-營造工程風險評估技術指引⁷

在勞動部職業安全衛生署所頒發之營造工程風險評估技術指引，內容提到實施風險評估要旨，重點如下所述：

營造業在世界各國均屬職災風險發生率較高的行業，我國營造業職災相較於其他行業，發生率及嚴重度皆高出許

多，顯示具高度之風險。主要原因與營造工程特性有關，包括工程個案先由設計者進行客製化之設計，施工者競標承攬後，須於短時間內完成施工規劃、分包採購，召集各不同工項承攬商，使用能量巨大之施工機具，於山區、水邊、緊鄰既有建築物、地下管線及不確定之地質構造等環境，分別依各工項之施工方法、程序，由多職種勞工共同作業。又因勞工流動性高，勤前教育落實度低，工作場所環境隨著工程進度展開而變化，若未能於設計及施工規劃等階段審慎評估施工風險，難以即時設置並維持有效之安全設施。

營造工程於施工期間，常需配合當時工地環境狀況(已有部分營建物)調整各分項工程作業計畫，應由職業安全衛生人員、工作場所負責人或專任工程人員等專業人員，於作業前實施危害調查、評估，並採適當防護設施，及時調整、修正作業方法、機具設備，以強化現有防護設施。如出現工程內容、施工方法及主要機具設備、安

⁶ 同註 4，第 3 頁

⁷ 勞動部職業安全衛生署，〈營造工程風險評估技術指引.中華民國 110 年〉《勞動部職業安全衛生署營造工程風險評估技術指引》(勞動部職業安全衛生署)，新北市，2021 年 2 月 17 日，第 1~2 頁。

全設施變更者，應辦理變更設計或擬定變更施工計畫，實施變更施工風險評估，修正變更設計或變更施工計畫，以確保施工安全。

因此，營造工程必須由主辦機關、設計單位、施工廠商及使用單位等權責單位，於營造工程全生命週期各階段之適當時機，實施風險辨識、分析、評量等施工風險評估程序，掌握風險狀況，研擬風險對策，據以修正、補充原有工程設計、施工計畫、作業方法、變更計畫等內容之施工安全衛生相關事項，將風險控制在最低合理可行範圍，以有效提升施工安全。

四、小結

從上述法規及技術指引說明可以了解，在各項工程施工前均須實施風險評估，將不可接受之風險使用改變工序、先行施作安全措施及使勞工佩掛安全帶等方式，降低為可接受之風險，並將風險控制在最低合理可行範圍，以降低作業人員施工風險，並有效提升施工安全。

施工風險評估

一、工程作業二階拆解

屋頂作業高度大多超過 2 公尺，「勞工健康保護規則」『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⁸。「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(表 4)之勞工從事高架作業。

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，模擬於工地環境施工時之狀況，以發掘可能之危害(風險)⁹。依工程

表4 勞工從事高架作業不得有下列情事

項次	不得有下列情事
1	酒醉或有酒醉之虞者。
2	身體虛弱，經醫師診斷認為身體狀況不良者
3	情緒不穩定，有安全顧慮者。
4	勞工自覺不適從事工作者。
5	其他經主管人員認定者。

資料來源：作者自行整理。

⁸ 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」，西元 2019 年 6 月，第 90 頁。

專業並參酌相關災害案例，以分析可能之風險狀況，評量其風險，將工程內容依序二階拆解為：作業準備及模組安裝(如表 5)；共區分為作業準備及檢點、機具材料進場、新設及使用材料設備、使用個人防墜系統、吊掛至屋架、太陽能板安裝、防水處理與收拾及清理等 8 項。

二、風險辨識

就工作場所環境現況及工程作業內容，依工程專業知識並參酌近十年內營繕工程施工人員於高空作業墜落災害案例，以辨識潛存之風險來源如下：

(一)工作場所危害包括

1.地質、地下水、地形、氣候、水域等自然環境。

表5 分項工程二階作業拆解表

分項工程：○○營區屋頂太陽光電系統建置工程			作業內容(作業方法、程序、機具設備、工具、材料、安全設施、防護具等)
第一階作業	作業準備	作業準備及檢點	1. 屋頂作業主管(或專人)應在場，指揮勞工作業，戴用安全帽、佩戴背負式安全帶。 2. 進場移動式起重機、操作手、吊掛作業人員應有合格證照。 3. 起重機及吊掛用具等應檢查其安全性能狀況。 4. 既有上下設備及安全設施檢查 5. 由專任工程人員或安衛人員實施風險評估。 6. 依據評估結果，分別檢討作業方法，進行危害告知或進行預知危險活動及有效管理與控制措施。 7. 實施作業環境檢點，施作防墜設施或預設錨錠點之穩固狀況。 8. 檢查人員身心狀況有無異常
		機具材料進場	1. 指派交通引導人員指揮。 2. 吊掛作業半徑範圍應設置警戒線，嚴禁他人進入。 3. 物料堆放限制高度1.8公尺，輔以擋樁固定。
		新設及使用上下設備(安全圍籬、步道及母索設置)	1. 梯具應具堅固構造，材質不得有顯著損傷、腐蝕等現象 2. 採兩人協同作業；將移動梯置於平坦堅實平面上。 3. 兩梯間淨寬度在30公分以上 4. 應採取防止傾倒、溜滑或轉動之必要措施。
		使用個人防墜系統	1. 作業人員應確實佩戴背負式安全帶並鈎掛於安全母索或堅固物件上。 2. 惡劣天候應下令停止作業退避至安全處所。
第二階作業	模組安裝	吊掛至屋架(腳座及支架吊、放樣及安裝)	1. 確認作業人員均正確使用安全帽及背負式安全帶。 2. 吊掛作業下方嚴禁他人進入 3. 物料堆放屋架或工作臺適當處，嚴禁超過載重限制並應固定牢靠。 4. 風速超過10公尺/秒時，應停止作業。
		太陽能板安裝(太陽能線放樣及佈線)	1. 人員穿戴防護手套。 2. 臨時用電各分路應設置漏電斷路器。 3. 提供適當飲水、休息處所、通風及調整作息時間。
		防水處理	1. 使用手工具及零附件均應持牢或置於工具袋內，防止物體飛落。 2. 如有使用危害性化學品，人員應配戴呼吸防護具，防止吸入有害物。
		收拾及清理	1. 吊裝組件或材料要確實，小物件及工具不可拋擲。 2. 嚴格規定人員上下務須使用梯架或梯道，小心行走。

資料來源：社團法人中華民國工業安全衛生協會，「屋頂作業墜落預防參考手冊」，西元2017年。

⁹ 同註 8，第 14 頁。

2.鄰近建築物、構造物、架空纜線、地下管線與埋設物及其他公共設施等人為環境。

3.臨時及安全衛生設施、施工中之工作物、機具設備等施工環境。

(二)工程本質危害-如深開挖、高層建築、橋梁、隧道等工程作業本質之潛在危害。

(三)機械設備危害-施工機械設備之運轉、搬運、行進、操作、維護保養等過程可能出現之危害。

(四)物質危害-爆材、有機溶劑、易燃物質、含石綿或放射性物質材料等可能引發危害之物質材料。

(五)高風險作業-如露天開挖、擋土支撐、模板支撐、施工架組配及拆除、鋼構組配、隧(管)道開挖及支撐、拆除等作業。

營造工程風險(危害)主要來自：工法(method)、機具(machine)、材料(material)、人員(man)、管理(management)、環境(environment)等範疇，為便於辨識危害，可將上述 5M1E 之內容拆解繪製成特性要因分析圖，討論激盪找出可能引致事故之風險(危害)來源，運用方式參照(圖 4)。

三、風險分析

從作業清查開始，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，依據屋頂作業施工 21 個步驟，以分析其可能危害與解決對策(如表 6)。

風險評估部份發生頻率分級說明(如表 7)，找出各事件可能發生之頻率，與(表 8)後果嚴重性分級取得對應數值，再依

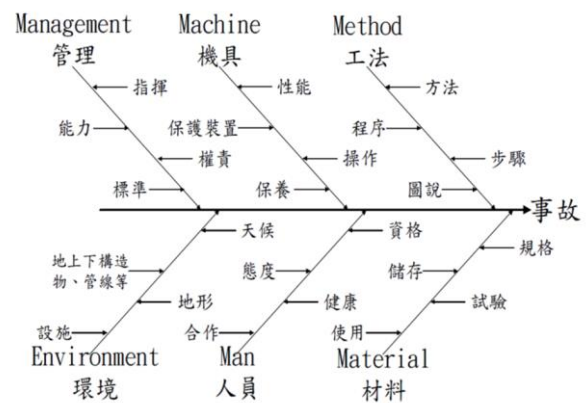


圖 4 5M1E 原則引導以辨識風險來源
資料來源：勞動部職業安全衛生署，修正
「營造工程風險評估技術指引」，西元
2021 年。

表6 各步驟可能危害與解決對策表

項目 步驟	工作要素	基本動作(順序)	使用工具	可能危害 (災害型態)	解決對策
1	安全爬梯施作	搬運與組裝安全爬梯	堆高機 手工工具	墜落 物體飛落	戴安全帽 使用背負式安全帶
2	安全護欄施作	搬運與組裝安全護欄	起重機或堆高機 手工工具	墜落 物體飛落	戴安全帽 使用背負式安全帶
3	吊掛支架夾具	搬運支架夾具至 安裝定位	起重機及 高空工作車	墜落 物體飛落	危險區人員隔離戴安全帽 使用背負式安全帶
4	支架夾具固定	人員在放樣處固 定支架夾具	手工工具	墜落	戴安全帽 設置護欄 使用背負式安全帶手工工具裝置護罩 戴防護手套
5	進料鋁擠支架	貨車搬運鋁擠型 支架	貨車及拖車	被撞 物體飛落	規劃車輛行車路線卸料時綁緊鋁 擠支架
6	吊掛鋁擠支架	搬運支架夾具至 安裝定位	起重機及 高空工作車	墜落 物體飛落	危險區人員隔離戴安全帽 使用背負式安全帶
7	固定鋁擠支架	人員在支架夾具 處固定鋁擠支架	手工工具	墜落 切割	戴安全帽 設置護欄 使用背負式安全帶手工工具裝置護罩 戴防護手套
8	進廠太陽光電 板	貨車搬運太陽光 電板	貨車及拖車	被撞 物體飛落	規劃車輛行車路線卸料時綁緊太 陽光電板
9	吊掛太陽光電 板	搬運太陽光電板 至安裝定位	起重機及 高空工作車	墜落 物體飛落	危險區人員隔離戴安全帽 使用背負式安全帶
10	組裝太陽光電 板	將太陽光電板安 裝在鋁擠支架上	手工工具	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶手工工具裝置護罩 戴電工用手套 使用漏電斷路器
11	配置鋁線槽	將太陽光電板接 線收納至鋁線槽 內	手工工具	墜落 切割	戴安全帽 使用背負式安全帶戴防護手套
12	串接太陽光電 板接地線	將太陽光電板電 線依照施工圖說 做串接	手工工具	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶手工工具裝置護罩 戴電工用手套 使用漏電斷路器
13	變流器基礎綁 鋼筋	綁鋼筋、組模	鐵絲及鐵鎚等	切割	戴安全帽 戴防護手套
14	變流器基礎灌 漿	在架設妥當支架 處內灌漿	混凝土預拌車	切割	戴安全帽 戴防護手套
15	變流器固定	將變流器吊掛至 定位後固定	起重機	物體飛落 切割	危險區人員隔離戴安全帽 戴防護手套
16	固定開關箱	固定室外的直流 電氣開關箱	手工工具 三用電表	切割 感電	戴安全帽 戴防護手套 使用漏電斷路器
17	接線太陽光電 板	將太陽光電板各 組串流電線銜接	手工工具 三用電表	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶戴防護手套 使用漏電斷路器
18	接線太陽光電 板開關箱、交 流電氣箱、直 流電氣箱	將開關箱與電氣 箱電線接妥	手工工具 三用電表	切割 感電	戴安全帽 戴防護手套 使用漏電斷路器
19	接線太陽光電 板	將各太陽板之電 線相互連接	手工工具 三用電表	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶戴防護手套 使用漏電斷路器
20	接線太陽光電 板開關箱、交 流電氣箱、直 流電氣箱	接線太陽光電與 電氣箱之電線	手工工具 三用電表	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶戴防護手套 使用漏電斷路器
21	施作避雷/接 地設施	電器相連接接地 線	手工工具 三用電表	墜落 切割 感電	戴安全帽 使用背負式安全帶戴防護手套 使用漏電斷路器

資料來源：社團法人中華民國工業安全衛生協會，「屋頂作業墜落預防參考手冊」，西元2017年。

表7風險評估部份發生頻率分級說明表

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；在屋頂施工墜落可能會發生 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；在屋頂施工墜落可能會發生 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 1-10 年 1 次；在屋頂施工墜落可能會發生 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	每 1-10 年 1 次；在屋頂施工墜落不太會發生	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

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引」，技術叢書ILOSH108-T-157，第19頁。

表8 風險評估之嚴重性等級分類表

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

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引」，技術叢書ILOSH108-T-157，第19頁。

風險值評量表(表 9)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(對照表 10 風險等級區分表)，須研擬降低風險之控制設施，本案針對工程作業二階拆解「作業準備及模組安裝」等 8 項實施相關作業風險評估。

四、風險評量

依據工程作業二階拆解風險評估表，分析「作業準備及模組安裝」等 8 項工程作業風險發生可能性及後果嚴重度，計算風險值及所推定之風險等級，二階拆解風險評估表(如

表 11)，評估結果均為 R3-中度風險，運用危害控制措施優先順序為消除/取代、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)，屋頂作業需於作業全程都配戴好個人防護具，並將其風險降至可容忍程度 R1-輕度風險，參酌該工程內外部因素，以評量何種等級之風險為可接受或容忍者；另低度以下之風險，已依法令規定採取適當之安全衛生設施者，無須再進一步處理風險。

表9 風險值評量表

風險評估值			嚴重性等級			
			重大	高度	中度	輕度
			S4	S3	S2	S1
可能性等級	極可能	P4	16(R5)	12(R4)	8(R4)	4 (R3)
	較有可能	P3	12(R4)	9(R4)	6(R3)	3 (R3)
	有可能	P2	8(R4)	6(R3)	4(R3)	2 (R2)
	可能性低	P1	4(R3)	3(R3)	2(R2)	1 (R1)

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引」，技術叢書ILOSH108-T-157，第20頁。

表10 風險等級區分表

風險等級	風險控制規劃	備註
R5-重大風險 (風險評估值 16)	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。	不可接受風險，對於重大及高度風險者須發展降低風險之控制設施，將其風險降至中度以下。
R4-高度風險 (風險評估值 8~12)	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。	無法以設計方法消除之風險，則編撰施工安全規範，列出施工階段應辦理之風險管理事宜，依據施工實際需要編列施工廠商應辦理之職業安全衛生事項，以妥適控管風險。依據工程經驗預擬施工計畫，據以擬估需要之安全衛生設施，依據法令規定繪製該等設施之設計參考圖，以提供施工廠商參酌，並依據其實際施工規劃需要設計並繪製施工圖說。配合工程推展需要依核實計價之原則編列預算，明列各項計價項目、數量。
R3-中度風險 (風險評估值3~6)	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。	
R2-低度風險 (風險評估值 2)	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。	可接受風險，需落實或強化現有防護設施之維修保養、監督查核及教育訓練等機制
R1-輕度風險 (風險評估值 1)	不須採取風險降低設施，但須確保現有防護設施之有效性。	

資料來源：作者自行整理。

上述分析結果均為中度風險¹⁰，中度以上之風險，為不可接受之風險，應採行適當之風險對策，實施「風險對策」。

五、風險對策

「作業準備及模組安裝」等 8 項工程作業均為不可接受之風險(R3-中度風險)，以有效提升施工安全，應將風險控制在最低合理可行範圍，預防措施如下：

(一)作業者為了確保自身安全，作業時必須穿戴適當的防護具：

- 1.戴安全帽。
- 2.攜上安全帶(防止墜落，必須使用)。
- 3.穿著安全鞋。
- 4.攜帶工具袋(防止工具與零件掉落)

(二)搬運材料時注意事項：

¹⁰ 同註 7，第 42 頁。

表11 工程作業二階拆解風險評估表

作業拆解				危害辨識/風險分析				風險評量				風險對策			
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		降低風險所採取之控制措施		控制後預估風險			
作業名稱	作業週期	作業資格	危害類型	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性	風險值	風險等級	嚴重性	可能性	風險值	風險等級
1 作業準備及檢點	2天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	有長梯、踏板、邊緣無圍欄安全設備，可能造成人員墜落之虞	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
2 機具材料進場	3天	吊車操作人員 施工人員 屋頂作業主管	物體飛落、被撞	吊掛或組裝太陽光電組列元件或零件時，碰撞到組列時，碰撞到施工人員。	作業區域警示、指揮者於吊車操作人員視線通視	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	安全帽	S2	P2	4	R3	S1	P1	1	R1
3 安全措施設置(安全圍籬、步道及母索)	3天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	有長梯、踏板、邊緣無圍欄安全設備，可能造成人員墜落之虞	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
4 使用個人防護系統	1天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	未依安全作業標準，可能造成人員墜落之虞。	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
5 吊掛至屋架(鋼座及支吊、放樣及安裝)	5天	吊車操作人員 施工人員 屋頂作業主管	墜落	未依安全作業標準，可能造成人員墜落之虞。	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
6 太陽能板安裝(太陽能線放樣及佈線)	5天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	有長梯、踏板、邊緣無圍欄安全設備，可能造成人員墜落之虞。	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
7 防水處理	3天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	有長梯、踏板、邊緣無圍欄安全設備，可能造成人員墜落之虞。	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1
8 收拾及清理	2天	施工人員 屋頂作業主管	墜落	有長梯、踏板、邊緣無圍欄安全設備，可能造成人員墜落之虞。	安全母索、安全上下設備	1.教育訓練 2.標準作業程序 3.緊急應變計畫 4.承攬管理 5.各類合格證 6.健康檢查	防滑鞋 安全帶 安全帽	S3	P2	6	R3	S1	P1	1	R1

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「屋頂型太陽光電發電系統作業安全指引」，技術叢書 ILOSH108-T-157，第16頁。

1. 太陽光電發電系統各部件在存放、搬運、吊裝等過程中，必須防止物體飛落。

2. 太陽光電發電元件在安裝時，表面應鋪有效遮光物，防止感電危險。

3. 連接完成或部分完成的太陽光電發電系統，遇有發電元件破裂的情況，應及時設置限制人員接近的措施，並由專業人員處置。若作業離架空電力線很近，應於施工前與電力公司協商，於該電力線上加裝營建用防護套管。

4. 使用吊車搬運工程的各種材料。

(三) 高處作業時防止墜落的注意事項：

1. 在屋頂安裝時，若是屋頂材料強不足，應設置專用踏板。

2. 在屋頂作業時，事先設置工作平台與安全母索，使用背負式安全帶作業。若是無法設置工作平台，或是無工作平台時，設置安全母索，且應配掛安全帶才能登上屋頂作業。

3. 必須嚴格規定穿戴安全帶：使用背負式安全帶前應確認掛鉤、安全帶等無破損；不管是現場調查時、施工時、點檢時，應配掛安全帶。

4. 穿止滑工作鞋：在屋頂上作業時，必須穿止滑工作鞋；

鞋底為橡膠者較佳。

5. 禁止於強風作業：強風時不可以在屋頂上作業，因為作業者手持光電模組、材料時，受到風的阻力，而有失去平衡之感時，應立即停止作業。

6. 禁止在濕滑的屋頂面上作業：雨天或雨後、除雪中或除雪後容易滑倒，絕對不要屋頂上作業。

7. 架設梯子：架在屋簷的梯子角度相對於地面應小於 75 度，梯子上方與下方應以繩索固定在施工架等。梯子必須比屋簷高出 60 公分，固定在屋簷之橫木時，梯子一側應以金屬環固定。

8. 禁止夜間作業：因為夜間無法辨識工作地點周圍環境，有墜落之虞。

(四) 基座工程安裝時，應採取以下安全措施：

1. 安裝太陽光電發電組件的支架應設置基座。

2. 既有建築基座，應由太陽光電發電系統專業安裝人員施工。

(五) 支架工程安裝時，應採取以下安全措施：

1. 安裝太陽光電發電元件的支架，應按設計要求製作。鋼結構支架的安裝和焊接，應符合國家標準的要求。

2. 支架應按設計位置要求準確安裝在主體結構上，並與主體結構可靠固定，以免支架被強風吹落。

(六) 太陽光電發元件工程安裝時，應採取以下安全措施：

1. 安裝於屋頂的太陽光電發電系統的場所必須要有人員出入管理，並加圍欄。

2. 太陽光電發電組件上應標有帶電警告標識。

(七) 預防職業災害切記三「不」、四「要」原則：

1. 工作前及工作中「不」喝酒。
2. 「不」熬夜。
3. 身體不舒服「不」要勉強工作。

4. 「要」工作前準備：

(1) 要有規律生活。

(2) 要穿著適合工作需要的服裝。

(3) 要切實檢查個人防護具及使用工具，有缺陷主動更換。

(4) 要弄清楚主管的指示、有疑問要問明白、有困難要提出說明。

5. 「要」重視自身安全衛生權利-接受教育訓練、預知危害：

(1) 工作場所雇主應依勞工安全衛生法規定，提供勞工必要的安全健康保障。

(2) 雇主除工作場所的設備環境應符合規定外，亦應提供勞工安全衛生及預防災變的教育訓練，包括工作安全步驟、告知可能遭遇的危害，工作應注意事項，避難、急救、消防等。

(3) 雇主應事先考慮勞工體能，予以適當配置工作。

(4) 勞工在作業前確認現場的安全狀況：

A. 什麼地方有危險，是什麼性質的。

B. 緊急避難路線與安全通道的地點。

C. 消防器材及急救器材的放置地點、緊急聯絡電話號碼。

6. 「要」遵守作業場所安全工作守則，安全衛生工作守則：

(1) 是依據職業安全衛生法、職業安全衛生設施規則、營造安全衛生設施標準以及其他相關勞工法規訂定的。

(2) 是全體作業人員的行動準則。

(3) 訂定時要獲得勞工代表之同意，並報請當地勞工檢查機構備查

(4) 內容要包括作業方法、標準作業程序與作業應配戴使用的裝備

(5)不得違背國家法令，不得強迫勞工從事不合安全衛生之工作。

7.「要」正確選擇並使用個人安全防護具，職業災害的發生原因主要是勞工不安全行為及不安全設備所造成，不安全行為以未配戴安全防護具居多：

(1)安全帽：

A.在地面 2 公尺以上高度工作及模板作業應戴安全帽，以保護頭部安全，安全帽之帽帶環扣要確實扣上。

B.安全帽外殼若有破損即不可使用，並嚴禁為改善通氣擅自在安全帽上打洞或鑽孔及於帽簷上記號，這些都會破壞安全帽之保護強度。

(2)安全帶及安全母索：凡是工作在高架作業(離地二公尺以上)、密閉空間、工作處所有被鬆散物料活埋之作業人員，都應配戴安全帶並加掛安全母索。安全帶應依所配帶型式確實配戴，每次使用前亦需檢查扣環、帶索一遍。指防止人員墜落的安全帶所掛勾的繩索，是預防人員掉落的第一道防護。

(3)手套：工作中有手部受傷的危險都應戴手套，使用圓盤鋸或電器鑽時，應戴牛皮

手套，不可帶紗質手套。

(4)安全眼鏡、耳塞：

A.從事砂輪、電(氣)鑽、玻璃、車床等作業應戴安全眼鏡。

B.從事焊接切割作業應使用特種防護具或配戴濾光之安全眼鏡。

C.從事研磨作業應配戴防塵口罩與眼鏡。

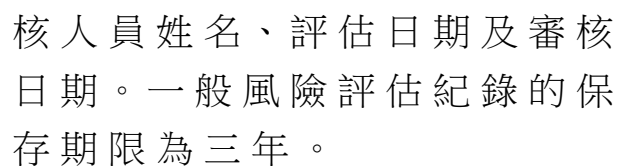
D.有噪音的場所應戴耳罩或耳塞。

(5)安全鞋：對勞工足部保護之要點，在於各類不同工作環境下，應穿著不同功能之安全鞋。在模板作業環境下，應穿著加強鞋底或內襯彈性金屬鞋底之安全鞋，此鞋對於地面有尖釘刺腳或觸電危險之場所也非常有用。

(八)屋頂作業高度大多超過 2 公尺，「勞工健康保護規則」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：

- ## 六、風險監控

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。依勞動部職業安全衛生署風險評估技術指引重點繪製風險評估流程(如圖 5)。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



結語

屋頂作業較易發生墜落、感電、物體飛落等 3 項災害，尤其於斜屋頂作業時，更需注意其墜落風險，因此各項必要之防墜設施不可少，另太陽能板只要照射陽光即輸出電壓，配線施工作業時，亦須特別注意其感電危害，因此作業時可採穿戴具絕緣防護具。

目前屋頂作業防災作法在中央勞動部職業安全衛生署，及各縣市政府勞動檢查機構協力採多元方式推動，已略有成效，但僅仰賴勞動檢查機構被動檢查，恐很難有效擴及與屋

頂作業有關先期規劃設計、施工作業之事業單位、自營作業者及作業勞工知悉，故作法上仍有精進空間；另配合 CCTV(閉路電視)將整事件拍攝記錄，運用於屋簷等風險危害較高之處，透過影像分析，即時提供智能偵測(入侵、徘徊、跨線、遺留物、遺失物、人臉、人群及奔跑偵測等功能)，避免危安事件發生之應用，使各項工作降低危害警示。

針對屋頂作業相關防災知識，以法定法規為基礎配合實務之防墜安全防護設備，減少屋頂作業墜落災害發生，達到降災目的，太陽光電發電系統作業危害之預防相關規定，且國內安全衛生法規皆可提供適當之安全要求。