



淨零轉型對勞動市場的挑戰——國際經驗探討及我國因應作為

康雅菁／中國文化大學勞動暨人力資源學系 專任副教授兼系主任

壹、前言

全球推動淨零轉型，表面上是能源使用與生產技術的改變，實際上卻涉及產業結構、企業營運模式與勞動力配置的全面調整。當再生能源、電動運具、儲能、節能、循環經濟與碳管理快速發展時，新的工作機會固然增加；但石化、燃煤發電、傳統運輸及高耗能製造等部門，也可能面臨投資減少、職務重組或人力移轉。因此，淨零轉型對勞動市場的影響，不能只用「增加多少綠色工作」加以衡量，更應觀察哪些職務內容會改變、勞工能否取得新技能，以及新工作是否具備合理薪資、安全健康、穩定僱用與集體協商等條件。

我國過去在推動淨零轉型對勞動市場影響上，已就國際相關制度進行研析，並

透過總體經濟模型、問卷調查、人力運用調查及職缺資料，分析我國淨零轉型可能帶來的就業效果。從過去研究中觀察到，淨零轉型帶來的並不是單向度的就業成長，而是跨產業、跨職業及跨區域的人力重配置。政策若只支持新產業投資，卻未同步處理既有勞工的轉職成本，可能使轉型利益與成本落在不同群體；反之，若只以補貼維持原有工作，又可能延後必要的技術與產業調整。

去（2025）年以後，國際政策出現若干值得注意的變化。第一，綠色技能已不再被視為少數環境專業人員的特殊能力，而是逐步納入一般職業教育、學徒制度與終身學習。第二，政策重點由「訓練

供給」轉向「工作轉換」，強調勞工最好能在失業發生以前，就透過企業內訓、職涯諮詢與工作媒合進入新職務。第三，政策開始重視地區差異，因為高碳產業退出與綠色投資進入往往集中在不同地方。第四，公正轉型的內涵由所得補償擴大至工作品質、社會對話與弱勢參與。這些趨勢也提供我國檢視現有人才培育制度的重要參照。

貳、淨零轉型對勞動市場的四項結構性挑戰

一、工作創造與工作流失不同步

淨零投資可以創造再生能源工程、電網建設、能源管理、碳盤查、綠色金融與循環設計等工作，但新舊工作並非自然替代。燃煤電廠技術人員不一定能直接轉任離岸風電工程師；傳統燃油車維修人員即使具有機械基礎，也仍須補充高壓電、電池管理及數位診斷能力。更重要的是，新工作與舊工作可能分布在不同地區。即使全國總就業量增加，特定產業聚落仍可能出現失業與人口外移。

二、職務內容綠化快於新職業產生

淨零轉型不只是創造「綠領職業」，更廣泛的影響是既有職業的工作內容被重新定義。採購人員要瞭解供應鏈產品碳足跡數據，會計與金融人員要處理永續揭露，工程師要納入生命週期與能源效率設計，人資人員也要規劃轉型所需職能、訓

練與勞資溝通。這表示人才政策不能只列出若干熱門新職稱，而應掌握每一職業新增或提高比重的任務與技能。若課程仍依傳統科系與職類切割，將難以因應「原職務加上綠色能力」的普遍需求。

三、綠色與數位雙軸轉型加深技能落差

2025 年至今（2026）年的新現象，是人工智慧、資料分析與自動化更深地進入能源管理、碳盤查、設備維護、智慧製造及綠色產品開發。企業需要的往往不是只懂環境法規，或只懂程式工具的人，而是能將產業知識、碳管理、資料治理與人工智慧（Artificial Intelligence, AI）應用整合的跨域人才。這種複合技能有助於提高生產力，卻也可能擴大大型企業與中小企業、核心勞工與非典型勞工，以及高低教育程度者之間的差距。

四、新工作不必然可保證就業穩定性

綠色工作具有環境價值，不代表其勞動條件必然良好。工程建設、資源回收、電池處理與戶外維護可能伴隨新的職業安全衛生風險；專案型與補助型綠色工作也可能存在僱用不穩定。若高碳產業原本具備較高薪資、工會組織與完整福利，而新產業以承攬、派遣或短期專案為主，勞工即使完成轉職，也可能面臨所得與保障下降。因此，公正轉型不能只追求「有工作」，還要確認新工作是否安全、穩定、有發展性，並讓勞工在轉型決策中具有發言權。

參、近年國際政策發展方向

一、OECD：由職業訓練走向就業與技能整合策略

經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）於2025年發布《綠色轉型就業與技能政策報告》（Employment and Skills Policies for the Green Transition），比較奧地利、加拿大、比利時、愛爾蘭、荷蘭與西班牙的策略。各國名稱雖有策略、路徑圖或行動計畫之別，共同特徵卻相當明確：以長期氣候目標連結就業與技能政策；由環境部門主責或協調，且勞動部門深度參與；強調在職者技能提升、跨職轉訓及持續學習；並依高排放產業與特定地區提供較精準的支持。

其中，奧地利將教育與訓練納入公正轉型行動，愛爾蘭以《2030 綠色技能》（Green Skills 2030）執行策略，將綠色能力嵌入延伸教育及訓練體系，比利時規劃綠色技能與工作加速方案及綠色技能標章，荷蘭則結合綠色與數位工作，西班牙以公正轉型協議及轉型短工制度支持受影響企業與地區。這些制度的共同價值，在於把零散課程轉化為可辨識、可累積且能與工作機會連結的學習路徑。

OECD 同年就積極性勞動市場政策與公共就業服務的研究顯示，73%的OECD 公共就業服務機構已採取與綠色轉型有關的行動，約半數國家在特定積極性勞動市

場措施中納入綠色轉型目標。這項發展意味著，淨零人才政策已不能只由教育或環境機關推動，公立就業服務體系必須具備辨識綠色職缺、評估可移轉技能、提供職涯諮詢及媒合訓練與職位的能力。

然而，OECD 也指出多數國家的監測與成效評估仍不完整。課程開辦數、參訓人次與預算執行率較容易統計，但是否成功轉職、薪資是否維持、就業是否穩定、弱勢是否真正參與，才是制度效果的關鍵。這也是我國未來人才培育政策最值得借鏡之處。

二、ILO：以證據、社會對話與青年參與支撐公正轉型

國際勞工組織（International Labour Organization, ILO）於2025年更新綠色就業診斷指引，主張政策應先建立產業、職業、技能、地區與群體層次的證據，再透過政府、雇主與勞工的社會對話形成轉型方案。這套方法的重要性在於，淨零政策



的就業效果高度依賴國家產業結構，不能直接套用其他國家的「工作創造係數」。政策需要辨認哪些部門會擴張或收縮、不同情境下的就業淨效果，以及哪些群體最可能承擔風險。

ILO於2025年的青年與公正轉型政策討論，也把青年就業、創業、技能發展及參與決策視為同一政策鏈。青年看似較容易接受新技術，卻常因缺乏工作經驗、資金與社會網絡而難以進入高品質綠色工作。因此，提供課程並不足夠，仍需工作體驗、學徒、職涯輔導、創業支持與生活津貼，降低青年由學習進入工作的門檻。對女性、身心障礙者、原住民族與偏遠地區居民，也須檢視訓練地點、照顧責任、數位近用與職場文化等障礙。

三、歐盟：把技能、產業競爭力與優質工作制度化連結

歐盟於2025年提出「清潔產業協議」與「技能聯盟」，企圖同時處理脫碳、產業競爭力與人力短缺。政策不再將技能視為產業投資完成後才處理的配套，而是視為清潔產業能否在歐洲落地的基礎設施。「歐洲技能保證」的方向，是協助汽車等重整中或有失業風險部門的勞工，在仍有工作時接受在職訓練與定向再培訓，轉入策略性成長產業，盡量避免先失業再救濟。

同年底提出的「優質工作路徑圖」則進一步指出，歐洲競爭力不應建立在降低勞動標準之上。工作創造、轉職安全、合理勞動條件、職業安全衛生、勞工參與及

社會對話，都是產業轉型的一部分。這種思維值得我國注意：若政府以補助、租稅優惠或公共採購支持淨零產業，便可適度要求受助企業提出人才培育、僱用品質與勞工參與計畫，使公共資源同時發揮產業與社會投資效果。

四、英國：從目標宣示走向潔淨能源職業與地區路徑

英國於2025年公布首份全國《潔淨能源工作計畫》（Clean Energy Jobs Plan），提出至2030年增加逾40萬個潔淨能源工作，並辨認水電技師、電工、焊工等31項優先職業。其政策意義不只在於工作數量，而是把潔淨能源目標轉換為具體職業、人力來源與培訓管道。計畫同時關注油氣產業勞工、青年、失業者、退伍軍人及其他較難進入勞動市場者，並以地方政府、技術教育機構、工會及企業合作推動區域技能方案。

英國也把工作品質納入願景，包括合理薪資、穩定、安全、訓練與晉升機會，以及工作場所發聲權。2025年9月後，成人技能、訓練、職涯與就業政策的行政責任重新整合，新的「工作與職涯服務（Jobs and Careers Service）」強調以技能與職涯為中心，協助民眾進入潔淨能源工作。顯示綠色人才政策若要產生就業效果，不能只有課程目錄，而要建立「職業需求—技能評估—培訓—媒合—留任」的完整服務流程。

五、日本與韓國：由企業內轉型到戰略產業人才配置

日本近年的政策特色，是以企業內部勞動市場為基礎推動再學習，並逐步朝技能本位勞動市場發展。2025 年至 2026 年的產業人才政策討論，更強調建立跨產業技能標準、揭露技能需求與相對待遇、讓課程與技能標準連結，並以資料基礎證明個人所取得的能力。此一作法有助於降低企業不承認外部訓練，以及勞工不知道所學能否轉換成職涯機會的問題。

就綠色轉型（Green Transformation, GX）而言，日本企業案例顯示，現階段所需人才並不限於單一新興專業，而是依技術與事業階段動態改變。企業一方面從外部引進能源、碳管理與新技術專家，另一方面鼓勵內部具有相鄰經驗者轉任新業務，並以普及型課程提高全體員工對 GX 的理解。這是一種「專才外補、相鄰技能內轉、基礎素養普及」的三層人才策略。

韓國則持續以國家戰略產業與高強度職業訓練連結，將數位、半導體、低碳與產業轉型納入人力投資。其制度優點是政策方向清楚，能集中資源培養企業急需人才；同時透過就業服務、工作體驗與生活支持降低參訓成本。惟高度集中於策略產業，也須避免地方、中小企業及非青年勞工被排除。日韓經驗共同說明，培訓若要支撐結構轉型，必須和企業投資計畫、職務設計與實際招募緊密連動，而不能停留在一般性課程補助。

六、綜合國際經驗研析與啟示

綜合 2025 年至 2026 年的國際進展，可歸納出五項制度趨勢。第一，政策由預測「工作數量」轉向辨識「技能與任務」。第二，由失業後訓練轉向失業前介入，讓企業、就業服務與訓練機構及早協助職務轉換。第三，由全國／區域一致方案轉向產業與地區差異化策略。第四，由短期課程轉向模組化、可累積及可攜帶的終身學習制度。第五，由單純創造工作轉向創造優質工作，並把社會對話與勞工參與納入治理。

這些制度並非彼此替代，而是需要組合運用。以短期工作或僱用維持措施爭取轉型時間，以技能盤點與職涯諮詢確認方向，以模組化訓練補足能力，以工作媒合與企業承諾完成轉職，再用所得支持、社會保險與地區振興協助無法立即轉換者。若只採其中一項，容易發生制度斷裂，造成因補貼可能延後轉型、因著重訓練而造成訓而不用、因著重產業投資而缺乏關注人才進用等可能的風險。

肆、我國 2025 到 2026 年淨零人才培育制度的新進展

一、由分散辦訓走向區域聯盟

我國於 2025 年 3 月成立「環境部淨零綠領人才培育聯盟」，在北、中、南、東設置四個區域培育中心，成立初期結合 28 所大專校院，後續參與校數持續增加。

此一制度的進步，在於利用大專校院的區域分布降低參訓距離，並透過共同課程架構與合格證明，改善坊間課程品質不一及證明名稱混亂的問題。課程涵蓋氣候變遷與溫室氣體管理、盤查作業、自願減量與減量額度、產品碳足跡等主題，也對非理工背景者開放，反映綠色能力已逐漸跨越傳統科系界線。

2025 年 9 月首批合格證明頒發，象徵制度由規劃進入實際認證。政府並設定每年培訓至少 3,500 人次的推動規模，且提出至 2030 年培育 8 萬名綠領人才的政策目標。這些措施有助於建立共同的基礎知識與人才訊號，但合格證明是否能被企業穩定採認、不同產業需要何種加值模組、取得證明後的就業與薪資表現，仍須持續追蹤。

二、建置一站式綠領人才資訊平臺

環境部建置綠領人才資訊平臺，整合環境部、經濟部、勞動部與金融監理部門的課程、證照及職缺資訊。平臺同時說明不同證照的主管機關與用途，有助於降低民眾在眾多民間「永續證照」間的資訊不對稱。其政策定位可由單純資訊入口再向前一步，成為國家綠色技能資料基礎，將職業、任務、技能、課程、證明與職缺建立對應，並以實際求職、錄用與薪資資料驗證課程價值。

國家發展委員會推估，我國淨零轉型之產業人才需求，在農業、部分傳統製造產業，以及高排放產業（如石化、基本金



屬業）在 2030 年與 2035 年之就業需求人數將明顯減少。至於在電子零組件業、電腦、電子產品及光學製品、運輸工具製造業、陸上運輸及住宿及餐飲業等部門的就業人數會明顯增加。這些增減情形反映廣義綠色轉型所帶來的人力需求，政策上仍須進一步區分：全新職業所需人力、既有職業新增綠色任務所需在職訓練，以及因產業衰退需要跨業轉職者。只有完成這項分類，訓練規模才能與實際缺口合理對接。

三、以職缺資料掌握市場變化

環境部與人力銀行合作發布綠領人才就業趨勢報告，是 2025 年以後我國制度的重要進展。2025 年 1 至 4 月，平均每月超過 4,000 家企業招募綠領人才，釋出近 2.2 萬個工作機會，較 2024 年同期增加 9%；2025 年下半年報告顯示，綠領徵才企業增至 4,157 家，人才缺口逼近 3 萬個。且綠領需求已由少數環境產業，擴散至電子資訊、半導體、一般製造、營建、批發零售與專業服務。

2026 年上半年報告資料進一步顯示，綠領工作接近 3 萬個，AI 綠領需求五年間成長超過兩倍。這不僅是兩類人才缺口的相加，而是職務內容融合的結果。例如碳盤查逐步導入自動蒐集與異常辨識，設備維護結合感測與預測分析，智慧製造同時追求效率、品質與減碳，綠色產品開發也需要生命週期資料與數位模擬。人才培育因此應從單一證照課程，發展為整合「產業專業、淨零知識、數位與 AI、問題解決」之能力架構。

四、跨部會課程與既有訓練資源逐步匯流

我國現有淨零人才培育除環境部綠領人才相關課程外，尚有經濟部推動能源管理、淨零碳規劃及產業低碳化人才；勞動部透過產業新尖兵、在職訓練與技術士技能檢定培育綠能、配管、水處理等技術人力；金融部門推動永續金融能力；教育體系則透過大專校院、技專校院與高中職課程建立人才來源。政府各部門持續因應產業實務需求，推動相關人才之培育課程。

各部會多依自身法定職掌設計課程，環境部重碳管理與環境專業，經濟部重產業與能源，勞動部重就業技能，教育部重學制培育，彼此之間尚未形成完整的學習與就業路徑。對民眾而言，知道「有哪些課」只是第一步，更重要的是知道自己原有能力可以銜接哪一職業、應補哪一模組、取得何種證明，以及完成後有哪些企業願意僱用。

伍、我國現行制度仍面臨的限制

一、人才培育與產業轉型治理間有待連結

淨零人才需求源自企業設備、製程、產品與商業模式的改變。如果企業尚未確定投資方向，就很難提出具體職務與技能需求；若訓練機構只依熱門議題開課，則容易供給過度集中於碳盤查、「環境、社會和公司治理（Environmental, Social, and Governance, ESG）」與報告書，而較缺乏物聯網智慧科技應用技術人才，以及電力、機電、建築節能、製程改善、維



修與現場操作人才。因此，需於產業轉型計畫的前端開始考量人才供需問題，而非在企業面臨缺工後增加人才培訓課程。

二、重視培訓供給，較不易追蹤轉職歷程

現行計畫常以開班數、參訓人次、結訓率與滿意度為績效指標，且已有學用銜接就業取向的相關計畫納入就業追蹤比例進行成效評估，舉例如勞動部勞動力發展署「補助大專校院就業學程企業預聘青年計畫」，將結訓學員畢業後三、六、十二個月之就業情形進行追蹤。目前綠領人才培訓相關措施中，亦納入就業追蹤轉職歷程，了解參訓者是否進入相關職務、薪資與僱用型態變化、技能實際使用情形，以及企業對學習成果的評價。對在職進修者則要觀察是否轉任新職務、獲得升遷或提高生產力。若未有前述資料供整體評估，政府較難以辨認哪些課程可提升認知，哪些課程有助於增加工作轉換機會，因此，判斷培訓對於勞動市場影響效果之評估仍較為不易。

三、對受衝擊勞工與中小企業的支持不足

現有綠領課程多吸引主動進修者，最需要協助的高碳產業勞工反而可能因輪班、家庭責任、年齡、地點與對轉職風險的疑慮而不易參訓。中小企業也常缺乏人力進行技能盤點與組織辦訓。若政策採先訓後補、固定上課時間或要求企業自行提出完整計畫，資源可能較容易被大型企業與高教育程度者取得，反而擴大不均。

四、工作品質與社會對話尚未成為核心指標

目前政策多強調人才數量與企業需求，對新工作薪資、穩定性、安全健康、工時、晉升與勞工參與的討論較少。淨零轉型可能改變工作場所危害，例如高壓電、電池化學物質、戶外高溫、回收處理與新材料暴露。人才培育課程應同步納入職業安全衛生與風險管理，產業補助及公共採購也可將優質工作與勞工培訓列為條件。

陸、我國未來因應作為

一、建立產業轉型與人力供需之整合治理架構

透過建立跨部會的淨零人力治理機制，由中央層級部會共同參與，並納入地方政府、產業公協會、工會、學校與訓練機構。每一項淨零關鍵戰略及重大公共投資，均應同步提出人力需求、受衝擊職務、訓練路徑、區域配置與工作品質指標。產業補助不宜只審查設備與減碳量，也應要求企業提出職務重設、內部轉任與勞工訓練計畫。

二、建立國家綠色技能與職業地圖

我國應以職務任務為基礎，建立可定期更新的綠色技能分類，標示各職業需要的基礎素養、共同技能、產業專業及進階能力，並與課程、證明及職缺連結。技能地圖不宜只列新興職稱，更應呈現既有職業如何綠化，例如會計、採購、維修、營

建、運輸、人資與金融等。透過共同語言，企業較能說明需求，訓練機構較能調整課程，個人也能辨認原有技能與目標職務之間的差距。

三、由一次性證明走向模組化與可攜式學習帳戶

淨零技術與規範變動快速，單次結訓證明難以支撐長期職涯。可將課程拆分為短期、可累積的微模組，讓勞工依原有背景補足所需能力，並將學習成果存入個人技能帳戶。政府補助可優先支持與技能標準及實際職缺連結的課程，對高碳產業勞工、中高齡、女性與低技能者提供較高補助、訓練津貼、交通與照顧支持。

四、強化公立就業服務的綠色轉職功能

公立就業服務機構應由職缺媒合者升級為轉型管理者。服務人員需要使用技能剖析工具，辨認勞工原職務中的可移轉能力，提供個人化職涯路徑、訓練建議與工作媒合。對可能受影響企業，可在裁員前即進場，結合短工、在職訓練、跨企業借調或轉任及所得支持，降低勞工先失業再尋職的成本。

五、推動以區域為基礎的公正轉型方案

產業與人才政策應以實際生活圈與產業聚落為單位。對高碳產業集中地區，需盤點企業供應鏈、勞工技能、通勤範圍、教育訓練資源及可承接的新投資，形成地方轉型協議。四區培育中心可進一步成為區域人力平臺，不只提供課程，也負責需求調查、企業諮詢、工會參與、實習媒合

與成效追蹤。中央提供資源與共同標準，地方則依產業特性調整內容。

六、將優質工作與職業安全納入淨零績效

政府評估淨零計畫，不應只計算減碳量、投資額與新增工作數，也應衡量薪資、僱用穩定、訓練機會、性別與年齡包容、職業安全、勞工參與及集體協商。接受重大補助或公共採購的企業，可被要求遵守一定的訓練與工作品質條件。如此才能避免以低薪與不穩定工作支撐綠色產業，並提高社會對轉型政策的支持。

七、建立可追蹤的政策成效評估

未來可串接課程、證明、勞保投保、就業服務與職缺資料，在符合個資保護前提下，追蹤參訓者的就業與薪資變化。績效至少應包含投入、產出、結果與分配四個層次：投入是預算與師資；產出是課程、參訓與取得證明；結果是轉職、留任、薪資與技能使用；分配則觀察不同性別、年齡、教育程度、地區與企業規模是否公平受益。對效果有限的課程應調整或退場，將資源轉向真正能帶動就業與生產力的方案。

柒、結語

整體而言，2025 年至 2026 年的國際經驗顯示，淨零轉型的人才政策已進入第二階段。第一階段的重點是宣示綠色工作前景並擴大課程供給；第二階段則要回答更困難的問題：誰需要轉型、何時介入、所學能否被企業採認、工作是否位於勞工可到達的地區，以及新工作是否比原工作

更有保障。這也表示，人才培育不能被視為環境政策或產業政策的附屬配套，而應成為國家勞動市場治理的核心。

我國近兩年成立淨零綠領人才培育聯盟、建置區域中心、推動官方合格證明與資訊平臺，並持續發布綠領人才就業趨勢報告，已建立相當良好的制度基礎。尤其



因應 AI 的應用，2026 年起呈現出綠領結合 AI 之需求，說明綠色轉型正與數位轉型交織，人才培育不能再依單一部會、科系或證照分割處理。

然而，制度成熟度的評估除了培訓人次增減，更需要了解勞工能否順利完成工作轉換，企業能否運用所需能力，受衝擊地區能否形成新的發展機會，以及轉型成果能否由不同群體公平分享。未來政策的關鍵，並不是在「維持既有工作」與「加速產業轉型」之間二選一，而是把僱用穩定轉化為爭取調整時間的工具，把職業訓練轉化為可驗證的人力投資，把產業補助轉化為企業承擔人才培育與優質僱用責任的條件。唯有如此，淨零轉型才能從減碳目標進一步成為提升產業競爭力、勞動市場韌性與社會公平的共同工程。

參考文獻

1. 張玉燕、辛炳隆、林師模、劉念琪、康雅菁（2023）。《推動淨零轉型對勞動市場影響之國際比較研析》。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。
2. 環境部（2025a）。〈「環境部淨零綠領人才培育聯盟」成立〉。
3. 環境部（2025b）。〈環境部發布 2025 上半年《綠領人才就業趨勢報告》〉。
4. 環境部（2025c）。〈環境部與 104 人力銀行共同發布《2025 下半年綠領人才就業趨勢報告》〉。
5. 環境部（2026）。〈畢業季迎綠領熱潮：2026 上半年綠領人才就業趨勢報告〉。
6. International Labour Organization. (2025). Green Employment Diagnostics for a Just Transition: Revised Edition.
7. OECD. (2025a). Employment and Skills Policies for the Green Transition: Review of International Good Practices. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f0c558fa-en>
8. Lauringson, A., Pantelaiou, I., & Westlake, E. (2025). The pivotal role of active labour market policies and public employment services in the green transition. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 321. <https://doi.org/10.1787/94710fbc-en>
9. European Commission. (2025). Quality Jobs Roadmap.
10. European Commission. (2025). Union of Skills and European Skills Guarantee.
11. UK Department for Energy Security and Net Zero. (2025). Clean Energy Jobs Plan.
12. 日本經濟產業省（2025）。GX 相關公司人才招聘措施案例研究集。

淨零公正轉型與社會對話： 國際經驗研析與借鏡

潘世偉／資深勞資關係顧問



壹、前言：公正轉型的政治經濟學

「公正轉型」一詞是1970年代北美工會運動提出，起源於石油、化學和原子能工人聯合會（Oil, Chemical and Atomic Workers International Union, OCAW）。最初是主張因環境法規而失業的勞工應獲得與退伍軍人同等的援助，應設立一個「勞工超級基金」。在隨後的半個世紀裡，

這個概念如今不僅涵蓋了減碳對勞動市場的直接影響，也涵蓋了在社區、世代和國家層面更廣泛的減碳轉型的分配正義。

2015年《巴黎協定》首次將公正轉型正式納入國際氣候法制，確認「勞動力的公正轉型以及創造尊嚴工作和高品質就業」是實現溫控目標¹的必要組成。國際勞工組織（International Labour Organization, ILO）2015年發布的《向環境永續經濟和社

1. 溫控目標通常指《巴黎協定》的氣候目標：將全球升溫控制在1.5°C內，以避免氣候災難。

會公正轉型指南》，建構了一個以四大支柱組成的政策框架，包含：宏觀經濟和成長政策、企業政策、技能和積極的勞動市場政策，以及社會保障，都以社會對話機制作為貫穿首尾的基礎。

ILO將社會對話定義為政府、雇主和勞工代表之間，就經濟和社會政策共同關心的問題進行的各種協商、諮詢和資訊共享。其形式從雙邊集體談判到三方的國家經濟和社會委員會模式，再到多方利益相關者區域規劃機構。在公正轉型的背景下，社會對話至少有四個作用：為政策制定者提供有關轉型分配影響的資訊；為可能對特定群體造成短期成本的政策建立合法性；使轉型計畫擁有受影響者的意識，從而提高合規和執行力；挖掘出來自勞工和社區的創新解決方案。

本文檢視五個國家案例，分析其社會對話體系的制度架構、已建立的公正轉型機制、包括工會、雇主組織、公民社會和政府以內的關鍵行動者的作用，以及它們面臨的主要挑戰。隨後，本文透過比較分析，斟酌各個案例的主題、矛盾和經驗教訓。最後，根據不同國家的制度背景，提出相應的政策建議。

要指出的是，「公正轉型」並非一個單一或既定的概念，而是一個充滿爭議，各種不同的願景相互競爭的領域。一些行動者，特別是石化燃料業的工會強調以勞工為中心的定義，關注就業保障、收入替代和可控制的時間表。而一些環保組織和受影響的社區行動者，則倡導更廣泛的系

統性變革，挑戰現有的成長模式。各國政府往往處於中間立場，雖然認同「公正轉型」的理念，但在實際操作中，往往優先考慮經濟的延續性而非結構性變革。本文所檢視的五個案例研究都反映了這些矛盾。

貳、德國：三方模式與煤炭委員會的傳承

德國或許是已開發國家中研究最多的管理產業轉型的案例。由於德國政治經濟的歷史發展背景，其根植於萊茵共同決策模式，透過員工代表參與董事會，以及強大的員工代表會、行業別的集體談判，與積極的政府干預，為協商調整創造了制度條件。這種新統合主義（Neo corporatism）政策並非僅為了回應減碳需求，它本身就是德國政治經濟結構的特徵，比氣候政策還早了幾十年。

自1960年代以來，德國全國總工會（Deutscher Gewerkschaftsbund, DGB）及其各產業別工會，特別是礦業、化學和能源工會（Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, IG BCE）金屬工會（Industriegewerkschaft Metall, IG Metall），一直是塑造公正轉型論述和政策的核心理力量。當時，魯爾區硬煤開採的衰落首次引發了結構調整的挑戰。德國硬煤產業鼎盛時期曾僱用超過60萬人，主要集中在魯爾區和薩爾州。該產業歷經60餘年，最終於2018年關閉了最後一座硬煤礦，這一歷程成為衡量其他產業轉型的一個標竿。

德國公正轉型治理領域最重要的進展是成立了成長、結構變革和就業委員會（The Growth, Structural Change and Employment Commission），通稱為煤炭委員會。該委員會於2018年在聯邦環境部下屬機構成立，匯集了28名成員，分別代表工會、產業協會、環保組織、煤炭產區的州政府以及科學專家。委員會的任務是制定德國退出燃煤發電的路徑，並為支持受影響的勞工和地區提出具體建議。

委員會運作過程因其在國家層級有意識地建構社會對話而引人注目。其組成力求在維持可信度並平衡各方利益。委員會與中部褐煤礦區的勞工、當地社區和地方政府進行了廣泛的諮詢。經過密集談判，於2019年1月發布了一份共識報告，建議最遲在2038年前逐步淘汰煤炭，並要求聯邦政府對受影響地區進行大量投資，同時為失業勞工提供全面的支持方案。

由此產生的2020年《煤炭退出法》承諾在未來20年內投入400億歐元用於煤炭產區的結構性發展，並制定了一系列勞工保護措施，包括勞工有權調往仍在運營的礦井、國家資助的提前退休計畫以及再培訓和技能提升的支持。德國總工會在四個煤炭產區設立了六個區域辦事處，專門為勞工提供支持，幫助他們順利完成轉型，並積極協助他們參與當地的實施方案。

除了煤炭委員會的正式三方機制之外，德國也出現一些新型態的社會對話模式，這些模式連結了傳統的勞工和環保群體。「我們攜手同行」聯盟在

2020年至2024年間活躍於德國70多個城市，是德國服務業工會（Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft, ver.di）的交通運輸勞工聯盟，與「未來星期五（Fridays for Future Germany）」組織之間的聯盟。該聯盟倡導改善公共交通勞工的勞動條件，並推動擴大公共交通作為應對氣候變遷的解決方案，這表明公正轉型可以成為勞工運動和環保運動之間具有成效的融合點，而不僅僅是衝突而已。

在企業層面，巴斯夫（BASF）和賓士（Mercedes-Benz）等德國大型企業已與各自的工會制定了明確的綠色轉型目標協議。IG Metall與賓士汽車的協商為汽車行業從內燃機向電動汽車轉型過程中進行行業公正轉型談判的典範，被認為對德國最大製造業部門的就業影響深遠。

德國模式雖然在國際上廣受讚譽，但並非沒有矛盾之處。煤炭委員會設定的2038年目標一直被環保組織批評目標不夠遠大。共同決策模式在大型企業中有效，但在中小企業、供應鏈企業和非正規就業



群體則作用有限，而這些群體恰是那些在缺乏相應制度保障下可能面臨最大轉型風險的勞動者。

參、澳洲：化石燃料出口經濟體的轉型爭議

澳洲的政治經濟與德國截然不同。作為世界最大的煤炭和液化天然氣出口國之一，澳洲的經濟利益歷來與化石燃料生產緊密相連，這使得轉型政治變得複雜，而其地理環境又使其極易受到氣候變遷的影響。主要由澳洲全國總工會（Australian Council of Trade Unions, ACTU）組織的勞工運動在2010年代末正式接受了公正轉型理念，承認轉型的必然性以及昆士蘭州、新南威爾斯州和西澳大利亞州煤礦及相關行業勞工面臨的風險。

澳洲的社會對話制度框架不如德國那麼正式。不像歐洲國家那樣常設三方經濟和社會委員會。勞資關係歷來由分散的企業集體談判制度和州級煤炭協議所塑造。由於缺乏持續的全國性三方機制，難以像德國一樣達成持久的跨部門共識。

2022年5月，阿巴尼斯的工黨執政，標誌著澳洲氣候政策的重大轉變，其中包括通過了《2022年氣候變遷法案》。該法案規定2030年減量43%，到2050年達到淨零排放。同時，政府成立淨零排放管理局（The Net-Zero Authority），負責協調轉型過程中涉及勞動力和社區的各個方面。管理局的諮詢委員會成員包括採礦業和礦業工會代表，但批評者指出，其治理

結構中缺乏非政府環境組織和社會福利組織的參與。

淨零排放管理局的任務包括制定區域轉型計畫、與受影響的勞工和社區進行溝通，以及協調政府各部門的技能和再培訓計畫。然而，分析人士指出，在管理局面向公眾的文件中，「公正轉型」一詞仍未出現在其正式授權範圍內，而且缺乏足夠的專款、制度創新或能力建設，以開展真正程序正義所要求的包容性多方利益相關者對話。政治上對公正轉型的承諾與實現這一目標所需的制度架構之間的差距，一直是學術界和民間社會對澳洲政策評估中反覆出現的主題。

在次國家層級，澳洲最成熟的公正轉型社會對話案例出現在面臨關閉燃煤電廠的西澳大利亞州總額達5.47億澳元的科利（Collie）轉型方案。該社區的經濟基礎因煤炭逐步淘汰而發生根本性重組。價值2億澳元的科利工業轉型基金專門用於與本地永續就業創造相關的大型工業方案。科利轉型方案的特點是多方利害關係人的參與程度相對較高，工會、雇主、州政府和當地社區代表都參與了投資承諾之前的公正轉型計畫的發展。國際能源總署（International Energy Agency, IEA）已將這種協商過程認定為基於社會對話的轉型規劃的典範。

在新南威爾斯的獵人谷，雪梨政策實驗室「真實交易（Real Deal）」倡議及類似舉措所推動的社區組織進程，力求將轉型規劃與受影響社區的日常經濟關切事

項連結，包含住房保障、生活成本、服務獲取等緊密聯繫起來，不僅僅是將公正轉型視為就業和再培訓而已。這些更廣泛的轉型正義理念與許多文獻觀點相契合，認為程序正義必須超越正式的利害關係人磋商，與真正受影響社區共同設計轉型方案。

澳洲公正轉型的一個顯著特點，在於減碳與原住民社區之間的關係。再生能源基礎設施，如風力發電場、太陽能裝置、關鍵礦產開採通常擬建於原住民土地或毗鄰原住民土地上。澳洲政府已撥款 550 萬澳元用於原住民清潔能源策略，原住民清潔能源網絡（First Nations Clean Energy Network）倡導將原住民社區、土地委員會和文化機構納入轉型規劃，認為這是他們的權利，而非僅僅是協商的結果。再生能源推廣速度與國際原住民權利框架下自由、事先和知情同意的要求之間的矛盾，構成了一個尚未解決的挑戰，正式的社會對話機制在此進展緩慢。

肆、加拿大：聯邦制國家中的社會對話立法

加拿大在公正轉型社會對話方面的經驗受到三個結構性特徵的影響，這三個特徵使其有別於本文的其他案例：聯邦和省之間憲法規定的權力劃分（能源監管主要由省級政府負責）；加拿大既是主要的化石燃料生產國，又是氣候承諾國；加上 1982 年《憲法法案》和國際文書賦予原住民權利所產生的法律義務。加拿大全國總工會（Canadian Labor Congress, CLC）及其所

屬會員工會長期以來一直是公正轉型的核心倡導者，自 1990 年代以來，他們就透過國際工會網絡參與這一理念的實踐。

加拿大首個重要的制度化公正轉型社會對話實踐，源自於聯邦政府於 2018 年承諾在 2030 年前逐步淘汰燃煤發電後成立的「加拿大煤電工人及社區公正轉型工作小組」。該工作小組匯集了工會、煤電工、私營部門、非政府組織、學術界和地方政府代表，在 15 個受影響社區開展了廣泛的社區諮詢，並舉行了 80 多場利益相關者會議，最終於 2018 年 12 月向環境與氣候變遷部長提交了 10 項建議。該工作小組的運作模式是多方利益相關者社會對話的有效範例，它賦予政府後續政策應對措施以落實參與式實踐的合法性。

《加拿大永續就業法》於 2024 年 6 月通過，這是加拿大公正轉型體系近期最重要的進展。該法設立了常設的永續就業夥伴關係委員會。一個由 13 名兼職成員組成的多方利害關係人諮詢機構，成員來自原住民組織、勞工、產業界和其他主要利害關係人。其任務是向主管部長提供持續建議，與加拿大各地的勞工、工會、產業界和民眾進行溝通，並為制定永續就業行動計畫提供資訊。

該法案目的在將社會對話制度化，使其成為加拿大轉型治理中一項永久且迭代式的機制，而非一次性的諮詢活動。其對「永續就業」的定義明確包含了社會對話的要求：尊嚴勞動「包含公平收入、就業保障、社會保護和社會對話等要素」。

CLC及其所屬工會普遍歡迎該法案，認為它為勞工提供了「永久的決策權」，而環保組織則警告說，該框架仍然不夠雄心勃勃，因為它未能將公正轉型定義為有序退出化石燃料生產。

除了立法外，加拿大政府還設立區域能源和資源委員會，與各省和地區建立夥伴關係，並與原住民夥伴、勞工和產業界進行正式合作。目的在透過區域規劃，確定、優先考慮並尋求在能源和資源領域創造永續就業的機會。這些區域委員會透過在次國家層級建立協作規劃流程，克服能源治理在憲法層面上的碎片化問題，並認識到轉型的影響會體現在特定社區和勞動市場層級，而非全國層級。

原住民參與是核心挑戰。ILO的指導方針明確指出，社會對話應涵蓋原住民政府，而加拿大憲法也規定，與原住民、梅蒂人（Métis）和因紐特人（Inuit）社區進行有意義的互動是合法轉型治理的先決條件。政府已承諾建立國家利益分享框架，以確保原住民社區能夠直接從其領土上的重大資源項目（包括再生能源開發項目）中受益，但因框架製定進展緩慢，實施仍處於早期階段。

加拿大公正轉型框架的政治脆弱性很嚴重。加拿大保守黨明確反對《永續就業法案》，聯邦保守黨領袖皮埃爾·波利耶夫（Pierre Poilievre）承諾廢除含碳定價在內的氣候政策。2025年聯邦選舉也使該立法框架的持久性產生了不確定，凸顯出本研究中各國皆面臨的一個更廣泛的挑



戰：圍繞特定政權構建的公正轉型社會對話進程，與那些嵌入超越選舉週期的持久制度結構中的進程相比，本質上更為脆弱。

伍、韓國：新興轉型中的社會夥伴關係之爭

在所探索的五個國家中，韓國的公正轉型社會對話環境最為嚴峻。其勞資關係體系的特點是存在兩個相互競爭的工會聯盟：韓國勞動組合總聯盟（The Federation of Korean Trade Unions, FKTU）和全國民主勞動組合總聯盟（Korean Confederation of Trade Unions, KCTU）。這兩個聯盟與雇主和政府之間歷來存在對抗關係，機構間信任度極低，工會組織以企業為基礎，限制了其行業或全國範圍內的談判能力，並且勞動市場存在高度二元性以及高度受保護的員工行為。

韓國是世界第八大溫室氣體排放國，但在經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）成員國中，其再生能源裝置容量占比最低。韓國電力生產仍

嚴重依賴煤炭，2025 年時約占 60%，而其工業基礎（汽車、鋼鐵和電子）則與出口市場深度融合，使得轉型過程中的政治經濟狀況變得複雜。這些出口市場本身也正在經歷減碳所驅動的結構調整。

文在寅政府（2017-2022 年）推行了韓國綠色新政，包括設立 2050 年碳中和委員會作為總統的諮詢機構。然而該委員會的治理結構凸顯了韓國社會對話中一個根本性的不對稱：在 100 名成員組成的委員會中，「公平轉型」小組委員會僅分配到一名勞工代表：韓國全國總工會主席，而雇主代表卻有數十名。批評者認為，這種構成使得對話無法代表勞工的利益。

尹錫悅政府（2022-2024）推翻了文在寅政府的多項氣候承諾，延長了核電站的使用壽命，降低了可再生能源發展目標，並阻止了新建可再生能源項目併網。這些決策在幾乎沒有社會對話的情況下做出，被認為優先考慮了現有能源行業的利益。2024 年底尹錫悅總統在 12 月宣布戒嚴令後遭到彈劾，進一步破壞了持續轉型治理所必需的制度連續性。



韓國工會在參與公正轉型方面面臨特殊的結構性挑戰。以企業為基礎的工會主義意味著，燃煤電廠或汽車製造商的工會主要關注的是維護其成員在這些企業中的直接利益，而不是更廣泛的產業或國家轉型規劃。面臨氣候變遷衝擊的產業，例如煤電和汽車製造業的勞工普遍抵制轉型：斗山重工的工會面對煤電廠訂單的減少，主張建設新的核反應爐，而不是進行更廣泛的產業轉型；而現代汽車公司的工會則對電動汽車轉型問題採取了防禦姿態。

儘管存在這些結構性限制，但仍有一些顯著的正面進展。隸屬於韓國勞總的韓國金屬工會（Korean Metal Workers' Union, KMWU）成立了民主公正產業轉型委員會，並向政府主張相關措施應由勞資雙方共同決定。能源、鐵路和醫療產業的工會也已就如何將公正轉型納入政策進行內部討論。在忠清南道保寧市，當地社區與工會已就應對煤電廠預期關閉的措施展開對話，這種基於地方的對話模式在韓國可能比國家層級的三方機制更具可行性。

韓國案例的學術分析一致認為，機構間信任度低是有效進行公正轉型社會對話的主要障礙。勞工對以往經濟危機中三方社會契約如何以共識合法性為幌子促成大規模裁員的記憶，使他們對社會對話進程深感懷疑，認為這些進程可能被用來從勞工身上榨取讓步，而不是保護他們。重建這種信任不僅需要新的制度設計，還需要持續的示範作用。

陸、波蘭：煤炭、主權與備受爭議的社會契約

波蘭在歐洲公正轉型辯論中占有獨特的地位。它生產歐盟約97%的硬煤，主要產自橫跨該國西南部的上西里西亞煤盆地。自工業革命以來，煤礦開採一直是西里西亞地區的核心，為幾代勞工提供就業機會，這些勞工所在的社區與煤炭產業建立了緊密的社會、文化和經濟聯繫。波蘭礦工歷來享有較高的社會地位、強大的工會組織以及遠高於其他行業的工資溢價。直到2010年代中期，礦工的平均工資仍約為製造業的兩倍。這種經濟依賴、文化認同和工會力量的結合，使煤炭淘汰在政治上極為敏感。

2018年，波蘭在卡托維茲舉辦了COP24氣候大會，會議地點位於西里西亞煤炭產區的中心。會上，國際社會承諾落實《卡托維茲氣候方案》，以落實《巴黎協定》的各項規定。一個如此依賴煤炭產業的國家主辦氣候談判，其象徵意義頗具意味，凸顯公正轉型在波蘭氣候政治中的核心地位。此後幾年，西里西亞地區一直被認為是歐洲空氣污染最嚴重，同時也是工業轉型管理難度最高的地區之一。

2021年，波蘭政府和煤炭工會代表達成了一項社會契約，為逐步淘汰煤炭開採奠定了框架。根據這項由政府 and 工會直接談判達成的協議，礦工有權從關閉的礦井搬遷到仍在運作的礦井，或領取相當於其薪資80%的提前退休金。選擇離開採礦業的勞工將獲得12萬波蘭茲羅提（約2.65

萬歐元）的資遣費。該社會契約還承諾對煤炭社區的清潔技術進行大量投資，並將2049年設定為煤炭開採全面淘汰的期限，這一時間表為勞工提供了長期的規劃確定性，同時也承認相對於歐盟的氣候目標而言存在著顯著的滯後。

波蘭獲得歐盟公正轉型基金的資助，進一步完善了該社會契約。根據該基金，波蘭獲得了38億歐元的撥款，這是歐盟成員國中獲得的最大撥款，用於支持包括西里西亞、東大波蘭、貝赫圖夫、瓦烏布日赫和西小波蘭在內的煤炭產區。為了獲得這些資金，波蘭需要為受影響的每個地區制定「地區公正轉型計畫」，從而建立一個正式的規劃框架，該框架匯集了地方政府、工會、民間社會和私營部門的力量，共同尋找煤炭的可行經濟替代方案。

波蘭擁有正式的三方社會對話機制：社會對話委員會，成員包括雇主組織、主要工會聯合會（團結工聯和波蘭社會黨）以及政府的代表。該機構參與了公正轉型方面的討論，但其對包括2049年社會契約時間表在內的最重要決策的影響一直存在爭議。塔拉索娃（Tarasova，2024）的研究指出，波蘭各利益相關者對公正轉型有三種相互競爭的願景：一種是以勞工為中心的願景，著重於保護礦工及相關企業的利益；一種是以區域發展為中心的願景，著重於受影響地區的經濟多元化；還有一種是倡導更廣泛生態轉型的系統性變革願景。這些願景既為建立聯盟創造了機會，也帶來了可能導致分裂的重大風險，從而削弱轉型計畫的實施。

西里西亞轉型過程區域觀察站是工會制度化參與區域層面公正轉型框架設計的重要範例，為學術研究一致認為最有效的基於地域的社會對話模式。然而，波蘭上世紀90年代煤炭產業重組的經驗教訓，在礦業結構調整計畫實施期間，西里西亞的失業率從9.9%大幅上升至16.5%。提醒我們即使正式機制到位，設計不當的社會對話進程仍可能造成困境。

若不參考歐盟政策框架，就無法理解波蘭的公正轉型治理。歐盟公正轉型機制包括公正轉型基金、Invest EU計畫以及歐洲投資銀行的公共部門貸款機制，既提供了財政資源，也建構了治理框架，推動波蘭取得的進展遠超國內政治動態所能達到的程度。歐盟對領土公正轉型計畫的附加條件，建立了一個外部問責機制，該機制補充在某些領域甚至取代了國內社會對話進程。波蘭2025年6月擔任歐盟輪值主席國期間，在科寧主辦了煤炭地區轉型倡議年度政治對話，顯示歐洲制度框架如何持續影響波蘭轉型規劃的步伐和內容。

柒、研究結果比較分析

一、制度架構與轉型結果

首先，最一致的發現是，社會對話的制度化，包括其在法律中的嵌入性、其在選舉週期中的持久性以及其對受影響群體的全面覆蓋，比單純的財政投資規模更能預測公正的轉型結果。德國和加拿大（透過《永續就業法案》）在建構持久的社會對話架構方面投入最大，它們的轉型過程展現出最高的利害關係人合法性和政策一致

性，儘管兩國都面臨著重大的實施挑戰。澳洲和韓國的社會對話制度框架較弱，其轉型治理的波動性更大，更容易在政治變革中出現逆轉，也更容易將關鍵受影響群體排除在決策之外。

波蘭的案例則以另一種方式發人深省：它表明正式的三方結構並不能自動產生公正的結果。2049年煤炭退出時間表是透過政府與工會之間的雙邊談判而非更廣泛社會對話達成的，該時間表受到環保組織和氣候科學家的批評，他們認為其與《巴黎協定》的溫控目標存在危險的不符之處；社會福利組織也批評該時間表對礦業勞工以外的社區需求關注不足。正式對話可能會產生保護特定、組織良好的群體利益的結果，而使其他群體，非正式勞工、環保社區和子孫後代失去發言權。

二、包容性的尺度：從三方對話到多方利害關係人對話

這些國家在不同程度上都面臨三方社會對話效率與公正轉型包容要求之間的矛盾。三方對話依賴組織良好、具有代表性的參與者，並擁有明確的授權和問責機制。公正轉型要求社區、非正式勞工、婦女、少數族裔、原住民和青年的聲音能夠影響未來幾十年人們的生活。澳洲的科利轉型方案和「真實交易」社區組織進程，代表著超越正式利害關係人磋商，邁向真正參與式規劃的嘗試；加拿大在永續就業夥伴關係理事會（Sustainable Jobs Partnership Council）中規定原住民代表的法定要求，代表著一項為解決原住民長期以來被排除在經濟治理之外的立法嘗試；



韓國以企業為基礎的工會制度，則從結構上將該國龐大的非正式和外包勞動力排除在任何有意義的社會對話之外。

ILO 2015 年的《指導原則》將社會對話認定為公正轉型的一項跨領域推動因素，明確將原住民和當地社區與傳統社會夥伴並列。然而，在實踐中，這五個案例都表明，這個理想框架與實際對話機構的組成之間存在顯著差距。近期最有進步意義的進展是，人們日益認識到這體現在學術文獻、民間社會倡導以及越來越多的政策文件中，程序正義要求超越利益相關者磋商，與受影響社區共同設計、共同治理並真正分享權力。

三、地域或國家層級的選擇

所有五個案例都一致表明，基於地域為基礎的規劃模式對於公正轉型社會對話至關重要，它能夠認識到轉型影響的高度地域性特徵。德國魯爾區、波蘭西里西亞、澳洲西澳科利、加拿大艾伯塔省粉河流域以及韓國保寧地區都面臨著與其工業歷史、勞動力市場結構、人口特徵和社會資本密切相關的轉型挑戰。國家層級的三

方對話可以建立框架、資源和原則，但有效的公正轉型需要將其轉化為以地方為基礎、由社區主導的計畫。

四、國際框架的作用

國際框架，特別是ILO準則、巴黎協定以及波蘭的歐盟公正轉型機制的影響在所有五個案例中都顯而易見。這些框架發揮至少三項作用：為國內行動者提供概念資源，以推進公正轉型訴求；建立問責機制（國家自主貢獻、歐盟附加條件要求），從而對國內政策行動施加外部壓力；促進各國之間的學習和知識交流。IEA於2022年召開的清潔能源勞工理事會以及全球製造業工會聯盟（IndustriALL）持續倡導在產業和企業談判中實現公正轉型，都是塑造國內社會對話的國際制度基礎設施的例證。

然而，國際框架亦有風險。政府對框架的採納可能被工具化，使流於表面的協商過程合法化，這些進程無法真正實現與受影響社區的權力共享。國家氣候策略中關於公正轉型的措辭，與為實現公正轉型而分配的制度資源之間存在差距，此點在多個案例中都顯而易見，澳大利亞尤為突出。儘管「公正轉型」是政府口頭承諾的核心，但「公正轉型」一詞明顯未出現於淨零排放管理局的正式授權文件中。

五、政策建議

（一）制度化而非諮詢：

最重要的啟示是，諮商過程無論多廣泛，都無法取代持久的社會對話機制。各級政府應建立常設、法定的公正轉型治理機構，這些機構應具備明確的授權、獨立

的秘書處、透明的流程和正式的問責機制。這些機構的設計應確保其能夠透過立法嵌入和多黨政治共識而超越選舉週期。加拿大永續就業夥伴關係理事會、德國煤炭委員會模式和歐盟公正轉型框架都提供了可供借鏡的範本。

（二）超越傳統三方模式：

擴大包容性，公正轉型治理機構從一開始就應納入政府、雇主協會和工會這傳統三方社會夥伴以外的參與者。原住民及其代表機構需要獲得有保障的代表權，而非可有可無的協商。代表受影響社區、非正式勞工、婦女、青年和環保人士的民間社會組織應在對話進程中發揮正式作用。依澳洲淨零排放管理局的經驗，該機構的正式治理中缺乏環境非政府組織和社會福利組織表明意見，複製將關鍵受影響群體排除在外的狹隘三方模式存在風險。

（三）投資基於地域的社會對話：

國家框架必須與區域、地方和社區層面基於地域的社會對話進程所需的充分的制度和財政支持相匹配。轉型計畫應與受影響最直接的社區共同制定，而不是由中央制定後向下傳達。區域公正轉型機構或觀察站，借鏡德國煤炭區域辦公室和波蘭西里西亞轉型過程區域觀察站的模式，應配備專職人員、持續的資金和真正的權力，以指導轉型資源的分配。每個受影響地區的具體社會、經濟和文化背景應是轉型規劃的出發點，而不是次要考慮因素。

（四）速度與對話能力需相符：

轉型時間表應在與受影響的勞工和社區進行真正對話的基礎上制定，並應配備必要的制度資源，以支持每個階段所需的社會對話進程。這並不意味著允許受影響最大的群體無限期拖延轉型步伐。氣候危機無法允許這樣做，但這也意味著，加速轉型時間表，例如德國加速魯爾區煤炭退出，本身就應接受加速的社會對話進程，並相應增加支持資源。在政治情勢需要快速政策變革的情況下，政府必須立即投資於補償性的社會對話基礎設施，以建立這些變革的合法性。

（五）將信任作為公共產品：

韓國的案例表明，有效公正轉型社會對話的根本前提是勞工、雇主和政府之間建立足夠的機構間信任。如果這種信任缺失，則任何制度設計都無法彌補，因為歷史上社會對話常被用來為勞工犧牲辯護而非保護勞工利益。尋求建構公正轉型治理的政府應將透明度、一致性和對勞工利益的長期承諾作為任何制度架構的基礎。這



可能需要先在社會資本較為雄厚的社區開展風險較低的試點對話進程，逐步建立信任，然後再嘗試在國家層級推行三方對話。

（六）加強國際協調與學習：

鑑於公正轉型挑戰的全球性規模以及各國機構能力的顯著差異，國際組織，特別是 ILO、IEA 和 OECD 應透過技術援助、

為新興經濟體的工會和社會夥伴提供能力建設、建立比較知識交流平台，以及制定適用於全球的公正轉型過程和結果指標監測框架，來擴大對公正社會對話的支持。歐盟推動的煤炭地區轉型網絡提供了一個區域模式，可以借鏡到其他地區，例如，東南亞那些依賴煤炭的發展中經濟體，這些地區尤其缺乏強而有力的社會對話機構。

參考文獻

1. Bainton, N. et al. (2021). Just Transition and the Social Dimensions of the Clean Energy Transition. Resources Policy.
2. Brauers, H. and Oei, P. (2021). German Just Transition: A Review of Public Policies to Assist German Coal Communities in Transition. Resources for the Future / Environmental Defense Fund.
3. Canadian Sustainable Jobs Act (2024). S.C. 2024, c. 17. Government of Canada.
4. Clarke, M. and Lipsig-Mumme, C. (2020). The Challenge of Just Transition for Unions in Australia. Work, Employment and Society.
5. International Energy Agency (2025). Ensuring a Strong Labour Dimension for Just and Inclusive Energy Transitions. IEA, Paris.
6. International Labour Organization (2015). Guidelines for a Just Transition towards Environmentally Sustainable Economies and Societies for All. ILO, Geneva.
7. Krawchenko, T. and Gordon, M. (2021). How Do We Manage a Just Transition? OECD Environment Working Paper No. 164.
8. Natural Resources Canada (2022). Sustainable Jobs Plan. Government of Canada.
9. Oei, P. et al. (2019). Modelling a Coal Phase-Out in Germany. Applied Energy.
10. Polish Government and Mining Trade Unions (2021). Social Contract for the Polish Hard Coal Mining Sector. Warsaw.
11. Sniegocki, A. et al. (2022). Just Transition in Poland: A Review of Public Policies to Assist Polish Coal Communities in Transition. Resources for the Future.
12. Tarasova, E. (2024). Multiple Just Transitions? A Study of How a Just Transition is Envisioned in Poland. Energy Policy, 194.
13. World Resources Institute (2018). Canada: National Task Force on Just Transition for Coal Power Workers and Communities. WRI Snapshot.
14. Friedrich-Ebert-Stiftung Asia (2021). South Korea's Plans for a Just Transition Must Be Truly Fair for All. FES, Seoul.
15. Collie Transition Package (2022). Government of Western Australia — AUD 547 Million Collie Transition Package. Department of Jobs, Tourism, Science and Innovation.
16. European Commission (2021). EU Just Transition Mechanism. European Commission, Brussels.
17. IndustriALL Global Union (2025). Union Density is Key to a Just Transition. IndustriALL, Geneva.
18. ILO (2022). Social Dialogue for Just Transition. Bureau for Workers' Activities, Geneva.
19. IISD (2024). Proposals for the Canadian Just Transition Act. International Institute for Sustainable Development.

淨零轉型產業人才需求及技能發展的影響與挑戰

鍾文雄 / 一零四資訊科技股份有限公司 資深副總經理



在全球氣候變遷壓力與永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）驅動下，各國積極推動 2050 淨零排放轉型，產業結構與就業型態亦隨之發生變化。淨零轉型不僅涉及技術革新與制度變革，更關鍵的是具備綠領跨領域人才的培養。

本文首先分析淨零轉型與政府政策對產業人才需求之影響，包括近年來企業綠領人才需求、綠領人才薪酬水準、所需技能與證照、職能重構、綠領職務發展趨勢

以及數位與永續雙軸能力之整合，進一步從政府政策、教育體系與企業實務三個層面，提出系統性人才培育策略，包括建立職能基準、發展跨域課程、強化產學合作及導入企業內部培訓機制。唯有整合多方資源並推動持續性人才發展機制，方能支撐台灣產業長期淨零轉型與永續競爭力。

壹、前言

隨著全球暖化問題日益嚴峻，氣候變遷已成為國際社會關注之核心議題。各國

政府透過政策宣示與制度改革，致力於達成淨零排放目標，促使產業由高碳模式轉向低碳與循環經濟體系。在此過程中，技術創新與資本投資固然重要，但關鍵成敗因素仍取決於國家人才是否具備應對轉型之能力。

淨零轉型是一項跨領域且長期之結構性變革，其涉及能源轉型、製造升級、交通革新及綠色金融等多面向，因此對人才能力的需求會有全新及跨域轉型的需求。傳統單一專業知識已不足以支撐複雜的轉型需求，如何建立具備跨域整合與永續思維之人才體系，成為當前重要課題。

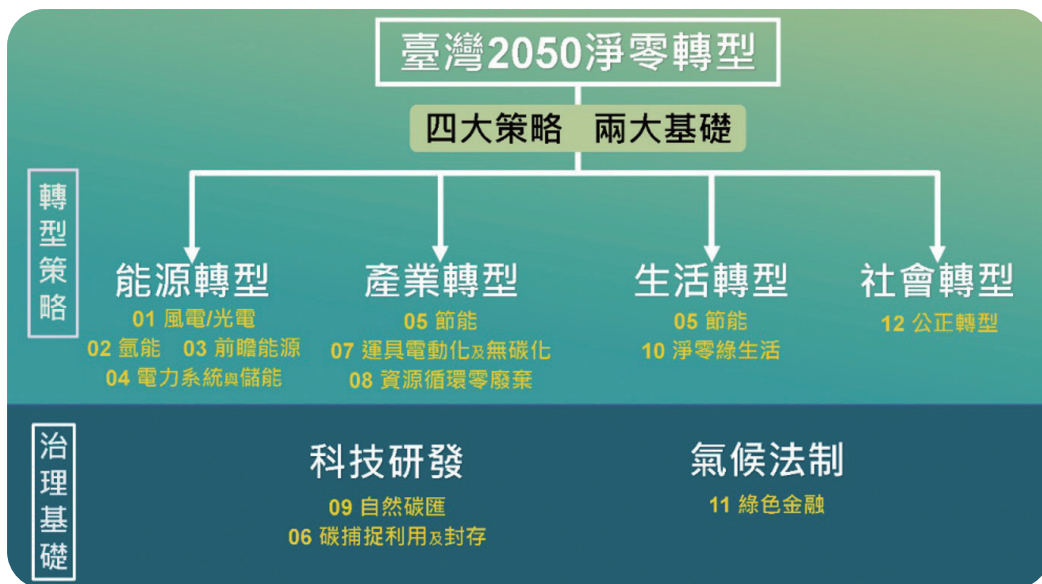
貳、政府淨零轉型策略及十二項關鍵戰略

台灣已於 2022 年由行政院正式公布「2050 淨零排放路徑」（如圖 1），在「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基

礎上，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」與「社會支持」四大策略為核心架構，輔以「十二項關鍵戰略」來整合跨部會資源，制定行動計畫，主政機關業依分工研擬行動計畫並開展社會溝通及執行相關工作計畫。依據國家發展委員會資料，政府規劃至 2030 年前投入超過新台幣 9,000 億元於淨零轉型相關基礎建設與技術研發。

在制度面上，《氣候變遷因應法》（2023 年修正通過）已將 2050 淨零目標法制化，並導入碳費機制，對高排碳產業形成具體壓力，進一步帶動企業對碳管理與永續人才的需求。

台灣「2050 淨零排放」涵蓋四大轉型及二項治理基礎，並由國家發展委員會提出十二項關鍵戰略行動計畫。四大轉型策略包含以下核心領域：



▲ 圖 1 台灣 2050 淨零轉型策略與基礎
資料來源：國家發展委員會全球資訊網

能源轉型：風電 / 光電、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能。

產業轉型：節能、運具電動化及無碳化、資源循環零廢棄。

生活與社會轉型：節能、淨零綠生活及公正轉型。

二大治理基礎則涵蓋科技研發與氣候法制二大領域：

科技研發：自然碳匯與碳捕捉利用及封存。

氣候法制：綠色金融。

參、產業及企業對綠領人才的需求

根據環境部攜手 104 人力銀行共同發布的《2026 上半年綠領人才就業趨勢報告》，報告指出在淨零轉型、人工智慧（Artificial Intelligence, AI）浪潮及國際永續規範同步推動下，今（2026）年平均每月有 4,299 家企業招募綠領人才，占整體徵才企業近 8%，綠領工作（Green Jobs）

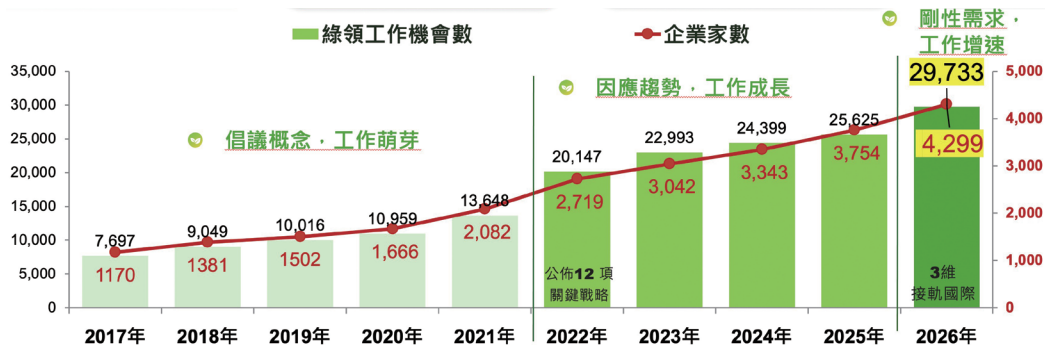
機會數續創十年新高（如圖 2），更較十年前增加 286%。今年平均每月綠領工作機會數達 29,733 個，較去（2025）年同期增加 16.6%，遠高於整體就業市場成長 1.2%，綠領人才已經從企業倡議永續到落地執行，逐漸成為各產業共同的人才需求。

一、電子資訊 / 軟體 / 半導體及一般製造業是淨零轉型的關鍵產業

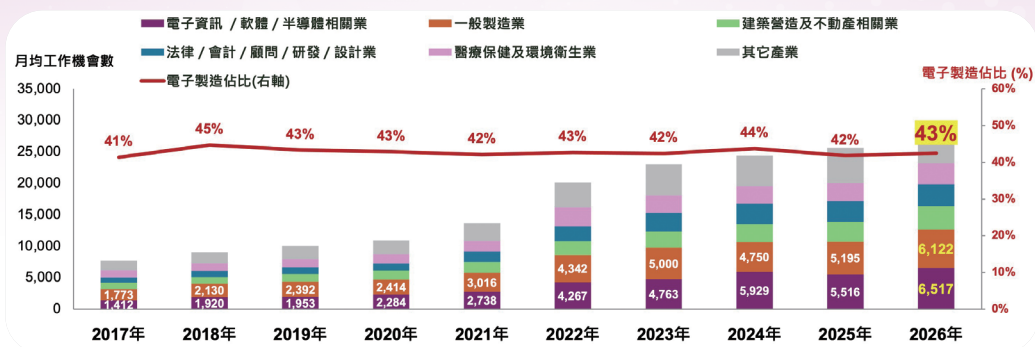
近十年來電子資訊 / 軟體 / 半導體及一般製造業既為台灣產業骨幹，也是淨零轉型的關鍵產業，平均每月招募綠領人數皆超過 6 千人。每年二大產業綠領人才招募數占全體產業的 41%~45% 之間（如圖 3）。

二、企業淨零轉型的關鍵職務

2026 年上半年企業在淨零轉型的職務需求數，以環安衛排名第一，而業務銷售、品保品管、工程研發與操作技術職務年增率逾 2 成，是成長最快的職缺，足見淨零相關產業的營運狀況穩定發展，從工程研發到生產製造、品質管理、業務銷售與操作技術的職務需求持續成長（如圖 4）。

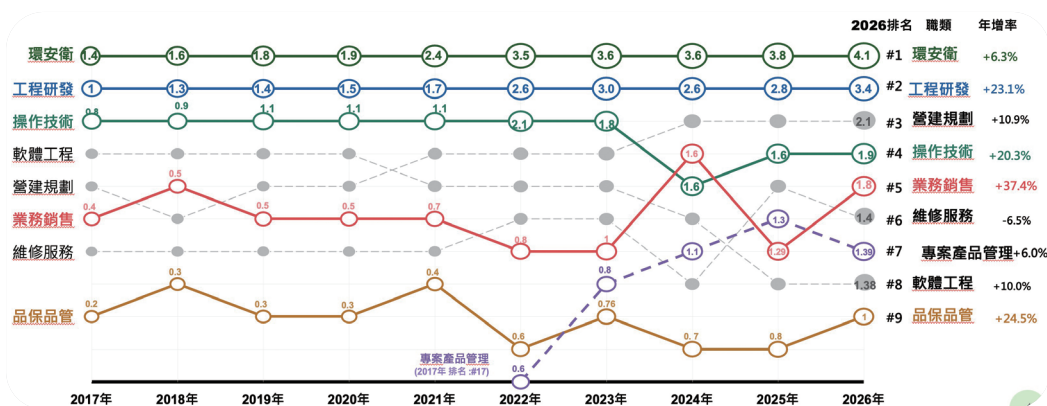


▲ 圖 2 近十年招募綠領人才企業數與工作機會數成長圖
資料來源：環境部《2026 上半年綠領人才就業趨勢報告》



▲ 圖3 近十年綠領人才工作數前六大產業

資料來源：環境部《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026年7月



▲ 圖4 近十年淨零轉型關鍵職務

備註：圖形大小為月均工作機會數（單位：千人），圖形愈大代表工作機會愈多，上圖僅列出2026上半年月均工作機會數 ≥ 1,000 及以上的職缺

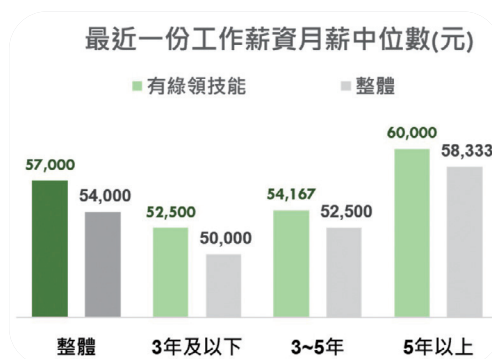
資料來源：環境部《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026年7月

肆、綠領工作的薪資待遇

一、就業市場最近一份工作的薪資，綠領工作高於整體市場

根據104人力銀行的統計，求職者在就業市場最近一份工作的月薪中位數（PR50），具備綠領技能的月薪是5.7萬元，高於整體職缺的5.4萬元；5年以上工作年資者，有綠領技能的月薪是6.0萬元，高於整體職缺的5.83萬元（如圖

5），具備綠領技能人才擁有較高的薪酬競爭力。



▲ 圖5 最近一份工作薪資中位數

資料來源：104人力銀行，2026年7月

二、綠領職缺薪資可面議比率及起薪水準高於整體市場

根據調查統計，企業徵才刊登綠領職缺時，有 36% 的企業薪資採「面議」，可談薪水的職缺比率高於整體職缺的 16%，代表綠領職缺的談判空間較大；企業有 64% 的綠領職缺揭露薪資，保底的起薪中位數為 40,500 元，比整體職缺的 38,700 元高出 5%，綠領人才的起薪水準高於整體市場。

在綠建材與低碳建築的黃金時代，營建規劃職務的起薪月薪中位數達到 47,500 元，對比整體市場有 12% 的溢價，傲視群雄。軟體工程職務的起薪是 5 萬元，對比整體市場有 3% 的溢價水準。另外 71% 的軟體工程、51% 的工程研發與 47% 的營建規劃職缺，是可以憑專業進行「面議」薪資的談判（如圖 6）。

三、綠領人才在不同職務的薪資概況

在綠領工作的薪資待遇上，具備綠領專業技能的工作者，最近一份工作平均月薪中位數達到 5.7 萬元，排名前段班（PR75）的則超過 7 萬元，上市櫃公司可以達到 7.6 萬元，軟體工程及工程研發類人才更突破 10 萬元大關，「專案產品管理」的 91,667 元與「營建規劃」的 86,759 元則緊追在後（如圖 7），規劃淨零、落實綠色專案的職務炙手可熱。綠領已經成為橫跨科技、製造、金融等產業的職涯新賽道，是值得畢業生與轉職者關注的新領域。

伍、AI 成綠領新標配 企業招募 AI 綠領五年翻倍

近年來 AI 快速導入各行各業，也重新定義綠領工作的樣貌。2026 年上半年，平均每月有 812 家企業招募 AI 綠領人才，

職類	起薪月薪 中位數	綠領vs 整體市場 溢價幅度	面議比例
營建規劃	47,500	12%	47%
品保品管	38,500	7%	46%
業務銷售	43,000	5%	26%
操作技術	37,500	4%	11%
軟體工程	50,000	3%	71%
維修技術服務	40,500	1%	26%
工程研發	42,000	1%	51%

▲ 圖 6 綠領人才的起薪水準

資料來源：環境部《2026 上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026 年 7 月

占綠領徵才企業近兩成；AI綠領工作機會平均每月達4,315個，五年間成長超過兩倍（如圖8），AI與永續的雙軸轉型已從概念逐步走向企業營運日常。

企業招募AI綠領職缺主要涵蓋「研究、開發、應用」三種人才，熱門職類則以工

程研發、維修技術服務及專案產品管理等成長最快，工作機會年增率皆突破100%。AI也逐步融入碳盤查、設備維護、智慧製造及綠色產品開發等工作流程，企業對人才的期待，已從單一專業能力，提升為兼具AI應用與綠領知識的雙軸跨域能力。

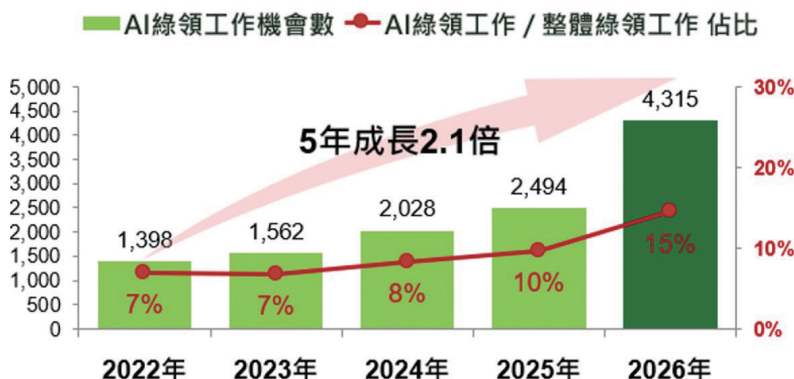
職類	具備綠領技能的求職者最近一份工作		
	中位數(PR50)月薪	前25%(PR75)月薪	平均月薪
環安衛	63,000	75,000	69,442
工程研發	70,000	100,000	85,856
營建規劃	64,500	86,759	76,502
操作技術	49,185	58,333	54,539
業務銷售	60,000	75,000	70,103
維修技術服務	58,333	71,100	66,727
專案產品管理	67,500	91,667	80,198
軟體工程	75,000	100,000	86,552
品保品管	57,000	75,000	68,616
....			
平均	57,000	70,833 若為上市櫃 76,667	66,039

▲ 圖7 不同職務綠領人才最近一份工作的薪資概況

資料來源：環境部《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026年7月

AI綠領工作機會

資料來源：《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》



▲ 圖8 AI綠領工作機會

資料來源：環境部《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026年7月

陸、淨零綠領人才所需的學歷、證照與認證

一、綠領職缺有五成以上不限科系與年資

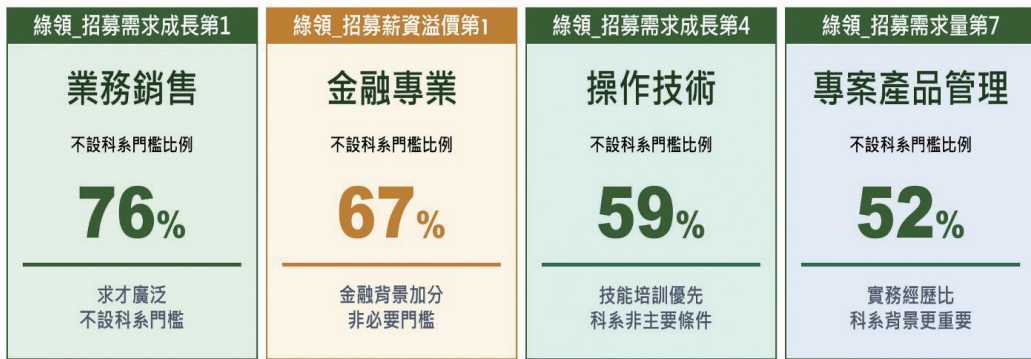
企業對於綠領職缺的學歷要求，近九成最高學歷為大學及以下，五成以上職缺不設年資限制，企業正積極擴大綠領人才來源，業務銷售、金融專業、操作技術、專案產品等四類職缺，逾五成以上不設科系門檻，多元科系背景皆可入門，是文法商專長求職者跨域能力的最佳選擇（如圖9）。

二、企業淨零人才所需的證照與認證

經統計企業在招募淨零人才時，會要求具備綠能及永續管理相關證照與認證（如圖10）：

（一）環保法規類：是企業從事環境保護必備的傳統法規證照，主要是參加勞動部的技術士技能檢定取得。

（二）碳管理類：主要是碳排放量化與查驗工作任務，是淨零轉型核心技能，也是綠領人才入門的基本門檻。經濟部iPAS的淨零規劃管理師能力檢



▲ 圖9 企業綠領四項重要職務科系門檻要求

資料來源：環境部《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》，2026年7月

環保法規類 TOP 10		碳管理類 TOP 10		ESG 永續類 TOP 10	
1	廢水處理專責人員合格證書	1	溫室氣體盤查	1	ESG永續管理師
2	空氣污染防治專責人員	2	ISO14064-1 GHG盤查查證員	2	企業永續管理師
3	乙級廢棄物清除技術員	3	產品碳足跡盤查	3	永續發展基礎能力測驗
4	甲級廢棄物清除技術員	4	ISO14067 碳足跡主任稽核員	4	環保能源永續管理師
5	乙級下水道設施操作維護技術士	5	ISO14064-1 GHG主導稽核員	5	ESG永續發展專業知識認證
6	環境教育人員認證	6	淨零碳規劃管理師（初級）	6	永續金融管理師
7	高考環境工程技師	7	ISO14064-2 減量抵換審查員	7	ESG永續規劃師
8	乙級毒性化學物質管理	8	ISO14064-1 主導查證員	8	永續金融進階能力-風險管理
9	甲級毒性化學物質管理	9	環境部淨零綠領培育合格證明	9	SDGs永續發展目標國際認證-永續發展目標素養
10	甲級化學性因子環測技術士	10	ISO14064-1 GHG盤查顧問師	10	環境保護能源永續管理師

▲ 圖10 企業淨零人才所需的證照與認證類別

資料來源：104人力銀行，2026年7月

定與環境部的淨零綠領培育合格證明，都是企業關注的能力認證項目。

- (三) **ESG/永續類**：是企業永續與綠色轉型的重點專業項目，為新興跨領域認證，是淨零人才可以持續強化與進修的專業能力。

柒、淨零轉型對人才職能需求的影響

一、職能結構重塑

淨零轉型使傳統職務產生質變，例如製造業工程師需具備碳排放管理與能源效率分析能力，企業管理、人資、採購、總務及財會人員亦需了解ESG（Environmental, Social, and Governance）指標與永續揭露規範。此種職能轉變顯示，未來人才需同時具備專業技能與淨零、永續專業知識。

二、跨領域能力需求提升

淨零轉型涉及能源、資訊科技、環境科學與經濟政策等領域整合，促使企業對跨域整合型人才需求大幅提升。淨零人才必須能夠連結不同專業知識並應用於實務場域。

三、綠領相關新職務持續興起

隨著再生能源、碳管理、循環經濟及綠色金融等產業發展，綠領工作快速增加，例如碳盤查師、能源管理師、永續顧問、綠色設計師、綠色建築師、環境規劃設計師、環境健康與安全專家等，將成為未來就業市場的重要職務。

四、綠領+ AI 的能力整合

因應資訊科技的蓬勃發展，淨零轉型與數位轉型高度交織，如智慧製造、AI 碳排監測與能源管理系統等皆仰賴數據分析與人工智慧技術，使「綠領 AI」成為人才能力雙軸轉型的重要趨勢。分析企業綠領AI的九大需求職類，AI 綠領技能三大核心技能分別是：

- (一) 程式語言普及化：Python/C/C++/PLC/嵌入式硬體開發。
- (二) 空間數位化：地理資訊工具（Geographic Information System, GIS）。
- (三) AI落地應用：AI模型/智慧製程×數據分析能力強化。

捌、淨零轉型之產業人才培育策略

淨零人才以「核心能力」為中心，向外延伸永續與ESG知識、技術能力（如能源與碳管理）、數據分析能力、跨域整合能力及創新等五大能力構面，顯示未來人才必須成為「π型人才」，具備深度專業與跨域橫向能力。在政府政策規劃與企業落實淨零目標下，淨零人才的培育必須透過政府、企業及教育體系的合作與推動下，才能因應全球淨零及永續發展目標往前邁進。

一、政府層面

- (一) 制定國家級淨零人才發展策略：制定淨零人才定義、十二項關鍵戰略人才發展策略及任務分工、建構淨零人才的職涯發展路徑。
- (二) 建立職能基準與專業認證制度：建構淨零人才的職能基準與能力鑑定架構，如勞動部的iCAP職能發展應用平台與經濟部的iPAS產業人才能力鑑定推動網。
- (三) 提供企業培訓補助：對於企業人才培育需求及強化弱勢就業者的就業能力，除了提供企業與勞工訓練資源及補助以外，持續開辦淨零相關課程。如勞動部持續推動「企業人力資源提升計畫」、「小型企業人力提升計畫」及「產業人才投資方案」，協助在職勞工提升ESG與綠色技能。環境部則擴大規劃與推動環境部淨零綠領人才培育課程，經濟部則推動淨零碳規劃管理師能力鑑定等。
- (四) 推動國際合作與人才交流：持續與國際標準認證機構及政府、教育、民間組織交流與合作，因應全球永續發展最新趨勢，規劃國家淨零政策。

二、教育體系

- (一) 發展跨領域課程及學程：規劃碳管理、永續發展、循環經濟與淨零相關學程及課程，從中等學校開始學

習永續及淨零等跨域課程，如大專校院綠能科技人才培育計畫。

- (二) 強化產學合作與實習制度：讓學生在求學階段進入企業實習或是承辦淨零專案的規劃與執行，透過產學合作，降低學用落差。
- (三) 建立跨學科教學平台：建構校內或是跨校間的淨零課程教學平台，可以讓不同學校與科系同學，獲得最先進與友善的專業學科教學平台。
- (四) 推動終身學習與微學程制度：因應人口結構的老化，推動終身學習與微學程制度，讓中高齡人才得以在終身學習與微學程下持續學習進修，提升整體淨零專業能力後，持續在企業貢獻勞動力價值。

三、企業層面

- (一) 將永續納入人力資源策略：人資部門可以在公司的人才招募甄選、訓練學習、目標與績效管理、薪酬政



策與人才發展策略上，連結永續發展及淨零指標，在工作任務上持續落實淨零策略。

- (二) 建立內部培訓與能力發展體系：在公司的人才發展及教育訓練體系中，應用政府制定淨零職能基準與訓練課程，鼓勵、獎勵員工參與課程及認證。新人招募甄選流程中，優先面試及錄取具備淨零相關證照及認證的求職者。
- (三) 推動跨部門輪調制度：當員工具備淨零及AI相關職能後，在訓、學、用的學習移轉下，讓員工參與淨零、綠能專案任務，透過部門及職務輪調，讓員工學以致用，創造淨零的專業價值。
- (四) 導入數位學習工具與平台：淨零及AI訓練課程的執行，可以搭配線上及線下混成學習模組，導入數位課程資源及管理平台，讓員工可以「按需學習 (Learning on Demand)」隨

時隨地、依據個人步調與即時需求，取得所需的數位課程和訓練資源。

玖、結論

綜合統計與實證分析可知，淨零轉型已不再停留於政策宣示階段，而是逐步落實於產業與市場機制之中。從法制面（氣候變遷因應法）到產業實務（半導體、電子資訊、製造與金融業），皆顯示對永續人才的需求快速成長。

然而企業目前仍面臨人才供給不足與職能落差等問題，顯示人才培育體系仍需進一步強化。未來應持續透過政策引導、教育革新與企業投入，建立完整且具彈性的人才發展機制。

因此，淨零轉型的成功關鍵，不僅在於技術與資本投入，更在於是否能建立一個能夠持續培養與吸引人才的生態系。唯有如此，台灣方能在全球永續競爭中維持領先地位。

參考文獻

1. 環境部（2026年7月）。《2026上半年綠領人才就業趨勢報告》。
2. 行政院（2023）。《氣候變遷因應法》。
3. 國家發展委員會（2022）。《2050淨零排放路徑及策略說明》。
4. 經濟部（2023）。《淨零轉型產業人才需求調查報告》。
5. 勞動部（2023）。《產業人才投資方案成果報告》。
6. 金融監督管理委員會（2022）。《綠色金融行動方案3.0》。

淨零轉型下之職災風險與安全衛生挑戰與因應

徐一量 / 中臺科技大學環境與安全衛生工程系 副教授



壹、前言

2050 淨零排放為我國因應氣候變遷的政策長期目標，但在推動再生能源、節能減碳、電動化、碳捕捉、氫能等新技術的同時，也衍生出新的職業安全衛生風險。因此，國際勞工組織（ILO）、國際標準化組織（ISO）、歐盟職業安全衛生局（EU-OSHA）等皆強調，淨零轉型必須是「公正轉型（Just Transition）」，兼顧勞工安全與健康。

我國新修《職業安全衛生法》已於115年7月1日正式施行，其核心精神聚焦於強化源頭防災及落實承攬管理等，與

淨零轉型下之防災趨勢具一致性，推動新能源發展時，必須結合職業安全衛生相關法令規定，應從了解產品、新技術和工作的整個生命週期中的職業安全與衛生風險，改善工作場所的預防能力和安全等級，採取適當的措施，減輕對勞工健康和安全的不良影響。

貳、淨零轉型下的主要安全衛生挑戰

我國國家發展委員會公布2050淨零路徑：台灣總體減碳行動計畫十二項關鍵

戰略[1]，其中淨零轉型的主要焦點為新能源相關系統與設備的能源轉型，利用不同的能源使用方式，降低二氧化碳的產生。目前我國常見的新型態能源有太陽光電、鋰電池（儲能）、風力發電、氫能等，危害類型各有不同，也各有不同的危害特性，初步整理如表1。這些新能源技術，危害類型雖不脫傳統危害類型，但有其特殊性，應針對新興能源之特性擬定預防之道，本文就設置量較大的太陽光電及鋰電池危害進行說明。

參、太陽光電危害與安全衛生因應策略

太陽光電是我國再生能源的主要設置型態，系統類型一般可分為屋頂型、地面型、水域型（含漁電共生）及建築整合型等四種類型，各有不同的危害型態。

- 一、屋頂型太陽光電：設置在建築屋頂，維護與施工時常伴隨高風險作業。
- 二、地面型太陽光電：設置在地面或開放場址，作業危害常見墜落、感電、物體飛落、高溫、滑倒與人因問題。
- 三、水域型（含漁電共生）：除了電氣危害外，還會疊加潮濕、通道受限、保養與救災困難等風險。
- 四、建築整合型：使用太陽光電板取代傳統建築材料的一種應用方式，以建築設計手法，將太陽光電板系統導入建築物外殼構造，由於，此類型需與建築做較緊密的設計結合，困難度較高，設置量較少。

一、典型災害事故1：水面型太陽光電作業感電事故

2023年7月18日，從事水面型太陽光電作業，負極導線端落入海水，正極導

表1 新興能源類型與危害分析表

新興能源種類	可能危害類型	新型態危害特性說明	主要控制措施
鋰電池 (電芯生產儲存、儲能)	熱失控 (Thermal Runaway)、可燃性氣體爆炸、毒性氣體暴露、感電	鋰電池於製造、儲存及儲能系統運轉過程中，可能因熱失控引發火災或爆炸。其燃燒持續時間較長，傳統滅火方式不易有效控制，並可能釋放大量可燃性及有毒氣體，增加消防搶救與人員暴露風險。	BMS監控、早期偵測、消防系統、防火區劃、緊急應變
太陽光電	墜落、感電、物體飛落、撞擊、切割傷害、火災	太陽光電系統於日照下即使切斷外部電源仍可能持續發電，增加消防救災及維修作業之感電風險。此外，系統長期暴露於戶外環境，易受強風、颱風及極端氣候影響，造成設備損壞、結構失效及維運安全風險。	DC隔離、墜落防護、LOTO、結構強化
風力發電	高空作業、密閉空間作業、墜落、雷擊、大型吊裝、高溫、人因危害、海上作業	風力發電設備多設置於高塔或離岸環境，作業涉及高空、密閉空間、大型吊裝及海上施工等高風險工作。其作業環境嚴苛、救援不易，且長時間作業容易增加疲勞及人因失誤風險。	防墜系統、吊裝管理、人因管理、緊急救援
氫能	極低點火能量、快速擴散、火焰不易辨識、爆炸範圍廣	氫氣具有極低點火能量及極快擴散速度，且燃燒火焰透明，不易以肉眼辨識。一旦洩漏，容易形成大範圍爆炸性混合氣體，因此須強化洩漏監測、防爆設計、通風措施及緊急應變能力，以降低事故發生風險。	洩漏偵測、強制通風、防爆設備、本質安全設計

資料來源：作者整理。

線端在水面載浮載沉產生正極導線短路火花，罹災者側伏在太陽能電池準備重新對導線端包覆絕緣膠帶，左手持老虎鉗剪下正極導線時發生感電（正極與負極之間電壓約1,211 伏特），災害發生後送醫急救，仍因傷重不治死亡[2]。

二、典型災害事故 2：屋頂型太陽光電墜落事故

2024 年 12 月 28 日，從事太陽能板鎖固作業，罹災者收工時於途中墜落撞擊南棟與中間棟間的採光罩及中間棟的冷氣室外機後墜落至一樓地面，躺於中間棟及南棟間之走道，身上無安全帶，一旁亦無安全帽，經送醫搶救不治[3]。

三、典型災害事故 3：屋頂型太陽光電感電事故

今（2026）年 7 月 4 日，罹災者爬上自家屋頂測試太陽能板功能時，疑似不慎觸電，被發現趴倒在鐵皮屋頂上，警消獲

報到場時，罹災者已無生命跡象，經送醫搶救不治[4]。

四、太陽光電危害預防

我國推行太陽光電已多年，相關安全衛生議題漸趨完善，我國勞動部透過勞動及職業安全衛生研究所歷年已進行安全衛生研究並提供相關安全衛生指引（如表 2），足供各界參考遵循，各類型太陽能光電以墜落、感電為主要危害類型。

歷經多年針對太陽光電安全衛生議題之研究，太陽光電安全衛生防護機制漸趨完善，為有效督促事業單位落實預防及管控常見風險危害，重點法規綜整如下：

一、工程設計及規劃階段之安全分析：職業安全衛生法第 5 條規定，強調工程設計及規劃階段即應納入風險評估，從源頭直接消除或降低作業危害，例如預留防墜護欄、設置永久性安全通道或設計安全上下設備，又同法第 15

表 2 勞動及職業安全衛生研究所歷年太陽光電研究及成果

研究主題	研究內容
太陽光電發電系統之作業安全研究 (IOSH101-S303)	針對屋頂型太陽光電彙整施工程序、施工危害預防措施及作業之安全對策等，編製「太陽光電發電系統之作業安全技術指引」，以提供相關事業單位或檢查機構參採，減低太陽光電發電系統相關作業之工安事故。
太陽光電發電系統職場危害預防研究 (ILOSH106-S316)	編撰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。
太陽能光電設施拆除作業之危害分析與預防 (ILOSH111-S314)	針對屋頂型（含建築整合型）、地面型及水域型太陽光電設施撰寫三份作業安全指引，每份指引包含設計、建置、維運（清洗）及拆除各階段之作業安全。配合作業安全指引，亦分別針對屋頂型（含建築整合型）、地面型及水域型太陽光電設施作業流程中建置/拆除及維運/清洗階段設計六份查核表，建議太陽光電設施業者可參考本計畫所編撰太陽光電設施作業的安全指引及查核表，根據不同類型及生命週期各階段進行職業安全防護及作業查核。

資料來源：作者整理。



條之 1 規定，未來達一定規模以上者，於交付規劃、設計時，即應依工程特性分析潛在危害，編制安全衛生圖說與規範、量化編列安全衛生費用、製作工程規劃設計安全分析報告等，並要求施工者依分析報告評估施工風險及採取預防設施，納入施工計畫書據以執行。

二、工程交付承攬或場域出租建置之風險評估：依職業安全衛生法第 26 條規定，關於太陽光電進行各式工程施作時，原事業單位於交付承攬時，應於事前進行風險評估，並告知該承攬人有關工作環境、危害因素、安全衛生規定應採取之措施，另針對國內常見太陽光電業者承租廠房屋頂設置發電設備，該廠房所有權人於出租前，亦應告知承租人有關其場所、設備危害因素及安全衛生相關注意事項。

三、工程施工期間之安全衛生統合管理與共同作業安全管理：太陽光電設置及

維護時，往往會有不同施工廠商在同一區域同時或交叉施工，對於原事業單位交付承攬，且與各承攬人之工作者有共同作業時，職業安全衛生法第 27 條已定明原事業單位應採取之管理措施，且各承攬人均應配合辦理，另對於事業單位如有交付二個以上之施工者施工，事業單位亦應依同法第 27 條之 1 規定，指定其中之一之施工者執行整體工程安全衛生統合管理事項。

四、防墜設施納入建築物太陽光電系統設計及施工要項：內政部建築物設置太陽光電發電設備標準第 6 條規定，依該標準設置之太陽光電發電設備與其線路設計及施工，對於太陽光電發電設備所在場所，應依職業安全衛生設施規則第 29 條、第 37 條及第 227 條之 1 規定，設置維護所需之樓梯、通道及欄杆等永久性安全設施。

五、屋頂太陽光電發電設備維護作業安全：屋頂建置太陽光電發電設備經使用後，仍需定期清潔及維護太陽光電板，職業安全衛生設施規則第 21 條之 3 規定，對於屋頂作業如符合該條規定對象，應於作業前實施風險評估及採取預防措施，並通報勞動檢查機構掌握及實施監督檢查。

肆、鋰電池系統危害與安全衛生因應策略

鋰電池具有高能量密度、良好的充放電性能及長循環壽命等優點，因此已廣泛應用於消費性電子產品、電動運具及能源儲存等領域。隨著市場需求持續成長，鋰電池相關的生產、製造、組裝、儲存及回收等產業亦快速發展，逐漸形成完整的產業鏈，然相關產業安全衛生危害亦伴隨而生（如表 3）。

一、典型災害事故 1：鋰電池製造及組裝

2025 年 7 月 14 日，高雄市小港區的鋰電池廠，清晨約 5 點突然爆炸起火，現

場火勢猛烈，高聳濃煙直竄天際，數公里外可見，導致 12 名員工及 3 名消防人員受傷送醫 [6]。

二、典型災害事故 2：鋰電池使用、倉儲及運輸

2023 年 7 月 9 日，桃園市龜山區光安街一處電池儲存倉庫突然發生火警，6 噸鋰電池付之一炬。所幸無人員傷亡 [7]。

三、典型災害事故 3：電池儲能系統

2025 年 1 月 8 日，一輛載運 3,200 顆鋰電池的「太陽能儲能櫃」貨櫃車，中午翻覆在國 1 虎尾交流道出口附近，警戒 16 小時後突然自燃，前後燒了 10 小時才熄滅 [8]。

四、典型災害事故 4：電池儲能系統

2023 年 7 月 4 日，台中市龍井區工業路戶外貨櫃儲能站火警，由於貨櫃內儲放磷酸鋰鐵電池，灌救過程恐觸電、貿然打開貨櫃門恐瞬間反燃或爆燃，相當棘手，消防局不敢大意，經通知廠商斷電，灑水降溫後，再由消防員全副武裝打開櫃門，

表 3 鋰電池新興產業及衍生安全衛生危害表

類別	主要作業/用途	職業安全衛生危害
鋰電池製造、儲存	電極製備、塗布、烘乾、注液、組裝、化成、分容、測試與包裝、儲存	化學品暴露、粉塵/溶劑火災與爆炸、機械夾捲、電氣危害、熱危害、密閉或通風不良環境暴露、搬運與堆高作業風險
併網儲能	與電網連接，執行削峰填谷、調頻、備援與再生能源整合	感電、電弧灼傷、火災、爆炸、熱失控、有毒氣體暴露、設備維修高處作業、吊掛與搬運危害
表後儲能	設置在用戶端或負載側，供自發自用、備援供電、需量管理與離網/微電網應用	感電、火災、電弧灼傷、熱失控、化學品暴露、建築內火災延燒化學品、建築內通風不足造成吸入暴露、維修作業與搬運危害

資料來源：作者整理。



對貨櫃內以泡沫滅火搶救後，並持續對電池灑水降溫，火勢延燒約 1 小時燒毀整櫃磷酸鋰鐵電池 [9]。

五、鋰電池熱失控特性

「熱」為啟動鋰電池反應機制之鑰匙，以三元鋰電池而言，當溫度上升到 120°C 至 150°C ，隔離膜熔融使正負極接觸而引發內短路 [10-11]，因而導致溫度上升速率增加 [12]，當溫度達到一定程度時，材料會分解出大量的氧氣導致結構崩解 [13]。因此，鋰電池之放熱反應由一個起始的溫度開始，進入熱裂解 → 放熱 → 溫昇 → 加速熱裂解反應之過程稱為鋰電池的失控反應 [10]。

鋰電池熱失控後內容物劇烈反應，可觀察到產生大量氣體，有可燃氣體 (H_2 、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6 和 CO 等) 及毒性氣體 (HF 、 HCl 、 HBr 、 HCN 、 SO_2 等)，依鋰電池種類不同，產生之氣體亦大不相同，研究顯示可燃性氣體占比超過 50%，當可燃性氣體與大氣中的氧氣混合，可能會引發爆炸。

六、鋰電池危害特性

鋰電池熱失控為主要的鋰電池危害產生的源頭，也導致鋰電池特殊的危害特性，可說明如下：

- (一) 燃燒時間長、易延燒、難滅火：鋰電池的不安定性主要來自於對溫度的敏感與熱失控，而鋰電池設備為能提供大量電力，不可避免的利用大量電芯進行串接，並以密封封裝保護電芯，反使得熱量容易在電池模組蓄積，一旦模組中有電芯熱失控，熱量蓄積並於模組內傳遞，造成鋰電池設備容易延燒、長時間燃燒、難滅火的特性，目前鋰電池火災無有效的滅火藥劑，建議以大量的水進行冷卻降溫延緩熱失控速度。

(二) 爆炸：如文獻所述，鋰電池熱失控產生大量的可燃性氣體，若熱失控發生於密閉空間，爆炸發生的風險不可忽視。

(三) 復燃：由於鋰電池設備以密閉封裝的模組進行設置，熱蓄積難以移除，故鋰電池火災極易復燃，在應變處理上，應特別注意，當火勢暫緩，不建議立即移動，應監視其溫度是否下降，若溫度未下降，復燃的風險高。

(四) 毒性氣體：如文獻所述，鋰電池熱失控產生大量的毒性氣體，對人員有相當的危害性，在處理鋰電池火災時，救災人員應著呼吸防護具。

七、儲能系統介紹

儲能是利用不同的介質 [14]，將多餘的電力透過物理性或化學性的方式儲存於介質中，需要電力時可即時將電能釋出。

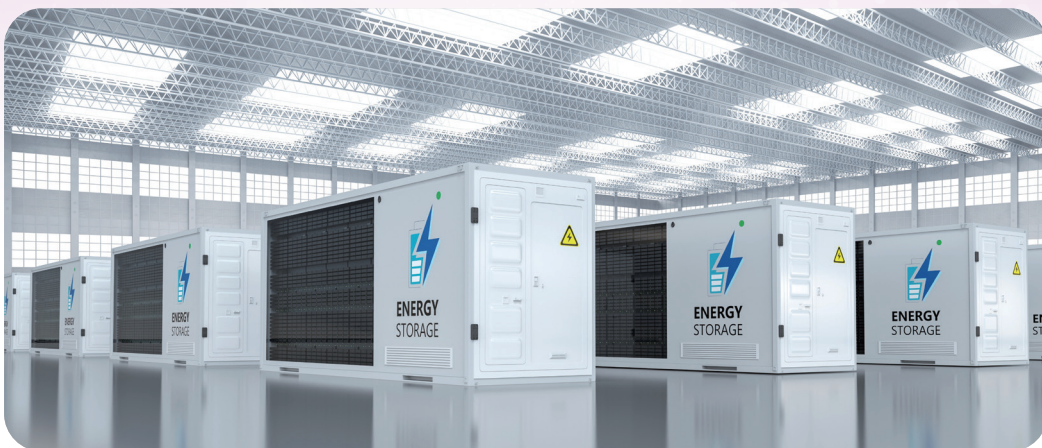
由於鋰電池在能量密度與功率密度上遠優於其它類型的電池，在微型電網以及再生能源儲電應用已有相當多的實例。

儲能櫃內部組件分別由電池芯組成電池組，數個電池組排列成電池機架，再由數個電池機架配置成儲能櫃。儲能櫃內還配置了專用的消防及空調系統以保證系統的安全，其中消防系統通過煙霧偵測器、溫度偵測器、濕度偵測器等安全設備感知火警，大都配有自動滅火設備。

八、表後儲能危害預防

儲能系統依其用途可分為併網型儲能及表後儲能，併網型儲能為獨立案場，主要目的為穩定電網；表後儲能是將儲能裝置安裝在用戶電表之後，由用戶自行設置及管理，結合智慧控制系統，可與太陽光電共同設置，成為光儲系統；或在離峰時儲電，在需求高峰期，儲能設施可以迅速放電，減少用戶對外部電網的需求及尖峰時段的電力負荷，也能幫助用戶降低電費。





表後儲能以自用為主設置於工業用電戶、商業建築，並擴展至住宅領域，造成表後儲能形式多樣，每案均可能有不同的設置環境與危害（人員、化學品、可燃物），導致在設計上比戶外併網型考量點多且複雜，很難有統一的防護設計，且表後儲能的設置容量從數千瓦時到百萬瓦時，變化相當大，容易輕忽小容量的危害。表 4 為表後儲能與併網儲能的比較表，二

者有相當的不同，表後儲能對人員及廠房的危害風險較高，應特別注意。

針對上述風險，表後儲能系統之防火安全設計應採多層次策略，包括設計、預防、偵測及應變三個面向。

（一）在設計方面：最重要的部分，但也被忽略，良好的設計應考量儲能失效後可能造成的危害，就主、被

表 4 表後儲能與併網儲能比較表

比較項目	表後儲能	併網儲能
設置位置	用電端（建築物內或用戶側）	電網端（戶外、變電站、發電端）
典型設置場域	工廠、商辦、住宅、醫院、校園	電廠、變電站、再生能源場（太陽能/風電）
使用者	用電戶（企業/個人）	電力公司、能源業者
建置位置特性	多為室內或建築附屬空間	多為戶外、獨立場站
安全風險類型	人員密集、室內火災 煙氣累積、爆炸風險高	大規模火災 延燒範圍大但人員較少
火災影響範圍	局部但對人員影響大	廣域但人員影響較小
熱失控風險	高（空間密閉、散熱差）	中（通風佳但規模大）
防火設計重點	早期偵測（氣體/溫度）、排煙/洩爆設計、 建築防火區劃	模組隔離、防延燒設計、安全距離配置
消防策略	室內滅火困難 要有人員避難設計	以隔離與控制為主 大型水源或自動滅火
維運難度	分散管理、依用戶差異大	集中管理、專業化高

資料來源：作者整理。

動防火進行規劃，應依消防署之儲能指引進行檢討，並進行完整的風險評估報告。

(二) 在預防方面：應透過電池管理系統 (BMS) 控制充放電條件，避免過充及過熱情形，並選用符合安全認證之設備。此外，儲能系統宜設置於獨立空間，並採用適當之防火區劃，以降低火災擴散風險。

(三) 在偵測方面：除傳統煙霧偵測外，建議導入氣體偵測（如氫氣及一氧化碳）及溫度監測系統，也建議裝設視覺監視，以提升早期預警能力，於熱失控初期即能啟動應變措施。

(四) 在應變方面：應配置自動滅火設備，如撒水或水霧系統，以抑制火勢發展，如果安裝上有困難，應有消防水帶可施行射水的替代方案，同時，應設置緊急斷電機制。

(五) 通風設計：對於室內儲能系統，通風設計尤為關鍵，其性能應能有效稀釋釋放氣體，並避免危險濃度累積，以降低可燃氣體濃度及可燃氣體爆炸風險。

伍、結論

2050 淨零排放為我國能源發展的重要目標，太陽光電、風力發電、鋰電池儲能及氫能等新能源技術亦快速發展。然而，新能源產業雖有助於降低溫室氣體排放，卻同時衍生出熱失控、高空作業、感電、火災爆炸、毒性氣體暴露、密閉空間及大型吊裝等新興職業安全衛生風險，其危害型態與傳統產業已有明顯差異，對現行安全管理制度及災害預防策略帶來新的挑戰。

本文彙整近年新能源產業之事故案例、危害特性及安全管理措施，分析太陽



光電及鋰電池儲能系統於設計、施工、運轉維護及拆除等生命週期可能面臨之職業安全衛生風險，並提出相對應之預防策略，安全管理應由傳統事故後處理，轉向生命週期風險管理及源頭預防，將職業安全衛生納入新能源設施設計、審查、施工、維護及除役各階段，以降低事故發生機率。

此外，政府推動淨零政策時，除重視能源轉型及產業發展外，亦應持續完善之職業安全衛生管理制度，包括建立新能源作業安全技術指引、強化設計審查及風險評估機制、完善教育訓練與專業資格制度、推動標準化施工及維運程序，以及建立事故資訊蒐集與經驗回饋機制，使安全管理制度能隨新能源技術持續精進。

參考文獻

1. 國家發展委員會，2050 淨零路徑：台灣總體減碳行動計畫十二項關鍵戰略，https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=6BA5CC3D71A1BF6F，2026.7。
2. 勞動部職業安全衛生署，水面型太陽能電池活線作業發生感電致死職業災害，核備文號：1121708184。
3. 勞動部職業安全衛生署，從事太陽能板鎖固作業時發生墜落致死職業災害，113/5/8。
4. 三立新聞網，快訊／太陽能板電死人！彰化男爬屋頂測試功能…不慎觸電慘死，2026/7/4。
5. 勞動部透過勞動及職業安全衛生研究所，太陽光電發電系統之作業安全研究，2023。
6. 今周刊，https://www.recessary.com/zh-tw/news/15-injured-in-molie-quantum-energy-lithium-cell-plant-fire?utm_source=chatgpt.com，2025/7/15。
7. 公視新聞網，https://news.pts.org.tw/article/645385?utm_source=chatgpt.com，2023/7/9。
8. 中時新聞網，<https://tw.news.yahoo.com/首例光電儲能櫃起火燒10小時>，2025/1/8。
9. 中華新聞雲，<https://www.cdns.com.tw/articles/830798>，2023/7/5。
10. 張金泉，2009，模擬在鋰離子電池熱失控機制的應用，工業材料雜誌，275 期。
11. 黃可龍、王兆翔、劉素琴，2010，鋰電池原理與技術，五南圖書出版股份有限公司，初版，台北市。
12. 林振華，林振富編譯，2001，充電式鋰離子電池材料與應用。
13. 郭政肇、楊模華，2006，鋰電池安全性與電極材料熱分析介紹，工業材料雜誌，236 期。
14. 財團法人中技社儲能產業在能源轉型趨勢下的機會與挑戰，專題報告 2019-10，2019 年 12 月。