

# 隨插即用太陽光電 (PIPV) 之國內外現況分析

An Analysis of the Current Status of Plug-in Photovoltaics (PIPV) in Taiwan and Abroad

黃明勝 M. S. Huang<sup>1</sup>、李羿蓁 Y. J. Li<sup>2</sup>、黃中騰 C. T. Huang<sup>3</sup>、  
張評欽 P. K. Chang<sup>4</sup>、黃朝揚 C. Y. Huang<sup>5</sup>

工研院(ITRI) 綠能與環境研究所 <sup>1</sup>副工程師、<sup>2</sup>副研究員、<sup>3</sup>副經理、<sup>4</sup>經理、<sup>5</sup>組長

## 摘要/Abstract

隨插即用太陽光電(Plug-in Photovoltaics; PIPV)為可透過家用插座直接併入住宅交流迴路之微型光電系統，設計理念為使民衆無須專業電工即可自行安裝，降低分散式光電之安裝門檻。德國、美國及韓國近年已陸續完成法規調適或制定專屬標準及相關安全規範。但由於台灣採110 V低壓系統，相同功率下電流約為歐洲230 V之2.1倍，發電所造成的迴路占比偏高，過電流保護、斷路器遮蔽效應、匯流排過載及漏電保護等挑戰，現階段難以直接移植歐洲模式。本文比較各國功率限制、連接方式、安全保護、認證標準與行政程序，辨識台灣關鍵瓶頸，並建議以安全優先、漸進開放為原則，建立專用迴路、漏電保護、變流器觸電防護、BSMI認證與線上登記制度，作為我國PIPV制度建立之參考。

Plug-in Photovoltaics (PIPV) are micro-scale photovoltaic systems that feed directly into a residential AC circuit through an ordinary household outlet. Designed to be installed by users themselves without a professional electrician, they substantially lower the entry barrier to distributed solar power. In recent years, Germany, the United States, and South Korea have successively adapted their regulations or established dedicated standards and associated safety requirements. In Taiwan, however, the use of a 110 V low-voltage system means that, at the same power output, the current is approximately 2.1 times that of Europe's 230 V systems, resulting in a relatively high share of the branch-circuit capacity. The resulting challenges—overcurrent protection, the breaker-masking effect, busbar overload, and ground-fault protection—make the European model difficult to transplant directly. This paper compares the power limits, connection methods, safety protection, certification standards, and administrative procedures of these countries to identify Taiwan's key bottlenecks. Adopting a “safety-first, gradual-liberalization” principle, it recommends establishing dedicated circuits, residual-current protection, inverter contact-shock protection, BSMI certification, and an online registration system as a reference for the development of Taiwan's PIPV regulatory framework.

## 關鍵字/Keywords

隨插即用太陽光電(Plug-in Photovoltaics; PIPV)、分散式能源(Distributed Energy)、電力安裝設置要求(Electrical Installation Requirements)、低壓併網(Low-voltage Grid Connection)

## 前言

全球能源轉型浪潮下，分散式太陽光電為實現淨零排放之關鍵技術。傳統建物設置屋頂型光電之安裝涉及併網審查、專業電工施工及行政核准，門檻較為嚴格；隨插即用太陽光電(Plug-in Photovoltaics; PIPV)則可透過一般家用插座直接匯入住宅既有交流迴路，使消費者無須專業電工或另設專用迴路即可自行安裝，並以自發自用為主、不以餘電躉售為目的。

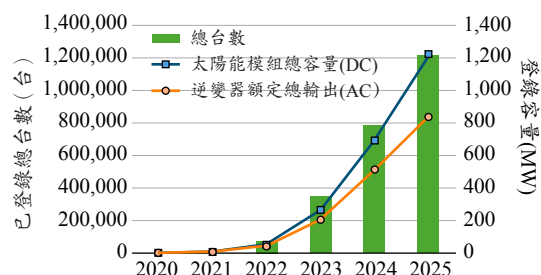
國際間近年積極推動PIPV，德國以「Solarpaket I」法案搭配德國電氣電子和資訊技術協會(Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik; DKE)所訂定的DIN VDE V 0126-95標準、美國以猶他州HB340法案搭配美國保險商試驗所(Underwriters Laboratories; UL)推出之UL 3700標準、韓國則以碳中和點數制度搭配KC安全認證切入。其中，德國為全球規模最大之市場如圖一，截至2025年12月登記之陽台式光電已逾119萬套、總裝置容量突破1.2 GW<sup>(1-2)</sup>。在高住宅電價與自發自用之經濟誘因驅動下，PIPV已逐步由受高度管制之能源設備，轉型為一般消費者可自行購置與安裝之「家電化」住宅能源產品<sup>(3)</sup>。

然而，台灣目前尚無PIPV專法，且因採用110 V/60 Hz低壓系統，相同功率下之

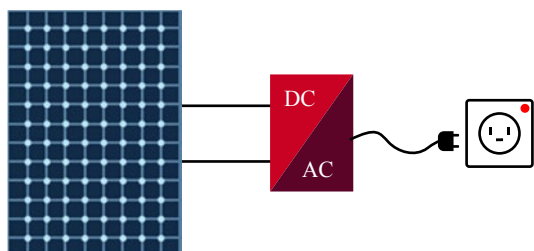
電流與迴路占比顯著高於歐洲230 V系統，使過電流保護、匯流排過載及斷路器遮蔽效應等風險大幅升高，成為推動PIPV之核心瓶頸。

## PIPV系統定義與技術架構

PIPV係指可直接透過一般插座連接至家用交流迴路、功率較小之微型光電系統。PIPV之系統功率通常落在數百瓦至千瓦等級，於歐盟框架下常見上限為800 W (AC輸出端)，藉以降低對既有分路迴路與配電盤之衝擊；由於其連接方式較為簡易，一般消費者得以自行安裝；於運作模式上則以自發自用為主，發電優先供應家庭負載，多數國家要求餘電不回送或僅允許少量回送；在安全機制方面，系統須內建防孤島(Anti-islanding)功能與觸電防護機制，並與既有漏電保護裝置相容，如漏電保護器(Residual Current Device; RCD)或



▲圖一 德國Plug-in PV成長趨勢<sup>(1)</sup>



▲圖二 Plug-in PV 示意圖<sup>(4)</sup>

接地故障保護斷路器(Ground Fault Circuit Interrupter; GFCI)。

就系統組成而言，典型PIPV系統由三部分構成(如圖二)：太陽光電模組、微型變流器，以及AC連接線與插頭。相較於傳統屋頂型光電系統，PIPV之優勢在於安裝簡便(無須改裝配電盤或佈線)、成本低廉、適用對象廣泛，以及行政程序大幅簡化。

## 國際PIPV法規與技術標準現況

本章針對國際間PIPV發展最具代表性之三個國家，即德國、美國及韓國，就其法規架構、功率上限、連接方式、安全機制、認證標準與行政程序逐一回顧。

### 1. 德國一具完備產品標準與全球最大市場

德國為全球PIPV法規最完備且市場規模最大之國家。其規範體系以三部法規為核心：Solarpaket I法案將變流器AC輸出上限由600 W提升至800 W，並免除併網審查，僅需於市場主體資料登錄系統(Marktstammdatenregister; MaStR)線上登錄<sup>(5)</sup>；DIN VDE V 0126-95為全球首部PIPV系統標

準<sup>(6)</sup>。至於併網互動行為(如防孤島偵測、電壓與頻率支援等)，則仍依循德國低壓併網(Low-voltage Grid Connection)之基礎規範VDE-AR-N 4105<sup>(7)</sup>。德國規範核心理念為「Laienbedienbar」(一般使用者可操作)，透過嚴格之產品端安全要求及簡化安裝程序，使消費者無須委託電氣技師即可自行安裝。

作為德國規範體系之技術核心，DIN VDE V 0126-95為DKE於2025年12月發布之全球首部國家級PIPV產品標準，適用於非專業人員可操作、最大視在功率800 VA之單相隨插即用光電系統。其核心安全要求有二：其一為觸電防護，AC側插頭須採額外觸電防護設計，於插頭拔除後繼電器須於0.1秒內斷開、電容於1秒內放電至34 V以下，以消除拔除瞬間之觸電風險；其二為漏電保護相容性，設備須透過符合EN 62109-1對DC故障電流分量之限制，確保不致干擾住宅既有之Type A漏電斷路器(RCD)正常動作<sup>(6)</sup>。

除了嚴密的電氣防護，DIN VDE V 0126-95亦將機械與結構安全納入PIPV國家標準。該法規將德國劃分為不同之風載區與雪載區，強制要求製造商必須由專業工程師進行支架結構驗算，並在產品說明書上明確標示該設備適用之風載區域與最高容許安裝高度<sup>(6)</sup>。

### 2. 美國一州法與UL 3700專用標準

美國以猶他州為首，包含緬因等數州已陸續啟動PIPV豁免併網審查之立法。HB340明確將「Portable Solar Generation

Device」定義為「最大輸出功率不超過1,200 W、透過120 V AC插座連接、主要用於抵減用戶用電量」之設備，並與既有「用戶發電系統」（住宅>1,200 W）作明確區隔；其具體規定包括免除併網審查與互連協議、不適用淨計量方案、電力公司不得要求事前核准或收取費用，對PIPV所致損害亦不負賠償責任<sup>(8)</sup>。

在產品安全標準方面，UL 3700於2025年12月發布，為美國首部PIPV安全評估框架。UL認為PIPV直接接入家用迴路存在三大安全隱憂：其一為觸電風險，插頭拔除後，插腳可能帶有危險電壓，而依IEEE 1547規定變流器關斷時間最長可達2秒，不足以保護人體免於觸電；其二為過電流風險，PIPV反向饋電使導體實際電流超過額定值，惟斷路器僅偵測電網側電流而不跳脫，恐導致導線過熱而引發火災；其三為GFCI保護失效，現有單向GFCI與PIPV反向電流不相容，可能造成GFCI損壞或喪失保護功能。據此，UL 3700明確要求三項必要條件：採用專用電路或電力調節系統(Power Control System; PCS)以解決隱形過載、配置雙向GFCI以防止保護失效，以及拔除插頭後0.5秒內將殘留電壓降至15 V以下，以確保觸電安全<sup>(9)</sup>。其餘變流器本體與併網介面之安全，則仍以既有之UL 1741為基礎，並與IEEE 1547之併網要求相互搭配<sup>(10)</sup>。

此外，UL 3700亦對機械與結構安全有所要求。其適用範圍涵蓋陽台、露台、平台及地面等設置情境，要求光電模組須隨附安全且耐久之安裝機構，並依國際建築規範(International Building Code; IBC/

International Residential Code; IRC)承受設置地點預期之風、雪、地震與重力負載進行設計；惟該標準僅評估安裝套件本身，並不負責驗證陽台等建築構件之結構承載能力。為防止模組墜落傷人，產品需明訂最大安裝高度，並建議加裝防墜結構。且安裝系統須通過相當於製造商設計負載1.5倍，並涵蓋上抬、下壓、側向與安裝面坡度方向四個方向之機械負載測試，若為可移動或架高逾1公尺之系統並須通過傾斜10度不傾倒之穩定度測試。模組本體另須通過點負載與鋼球衝擊等機械強度測試，以確保設置後之結構安全<sup>(9)</sup>。

### 3. 韓國一高額補助驅動之政策推廣

韓國以「迷你太陽光電」(미니태양광)政策推廣小型光電系統，特色在於鎖定租屋族群，由地方政府提供約70~80%之高額補助（常見補助上限 600 W），並採「白名單制度」篩選合格廠商整體施工。技術規範依循KEC，產品須經韓國電氣安全公社(Korea Electrical Safety Corporation; KESCO)查驗並取得KC安全認證，如KS C 8560、KS C 8564等相關標準。

在結構安裝安全上，因韓國微型光電多懸掛於高樓層公寓陽台，首爾市等地方政府制定了極為嚴格的實體檢驗基準。在產品端，支架與面板結合部必須通過1分鐘內承受50 m/s之實體耐風壓試驗。在安裝現場，則強制要求大樓管委會依據建築屋齡進行欄杆防護審查：例如10至20年之建築，須由70公斤成人向外施加推力測試無脫落；20至30年者須測試搖晃位移小於±5

▼表一 PIPV 安全系統標準彙整

| 比較項目            | 德國                          | 美國                       | 韓國                  |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|
| 系統電壓            | 230 V                       | 120 V                    | 220 V               |
| 常見分路額定容量        | 16 A                        | 15 A                     | 20 A                |
| 變流器功率上限         | 800 W                       | 1,200 W                  | 600 W (補助上限)        |
| PIPV功率達上限時之迴路占比 | 約22%                        | 約67%                     | 約14%                |
| 過電流保護           | 迴路占比低，無額外要求                 | 建議使用專用迴路或電力調節系統(PCS)     | 迴路占比低，無額外要求         |
| 漏電保護            | 不得干擾既有Type A RCD (限制DC故障電流) | 雙向GFCI                   | 漏電流超過30 mA時，0.3秒內跳脫 |
| 插頭觸電風險          | 電容1秒放電至34 V                 | 0.5 秒電壓降至15V             | 須通過KC安全認證           |
| 防孤島             | 5秒內跳脫                       | 2秒內跳脫                    | 2秒內跳脫               |
| 結構與耐風安全         | 依風載/雪載分區，需專業工程師結構驗算         | 依國際建築規範1.5倍設計負載四方向進行機械測試 | 50 m/s耐風壓試驗；強制防墜安全繩 |
| 專用安全標準/認證       | DIN VDE V 0126-95           | UL 3700                  | KC 安全認證             |
| 安裝資格            | 用戶自行安裝                      | 用戶自行安裝                   | 白名單廠商安裝             |

資料來源：研究者整理

公分；超過30年之老屋更須動用儀器確認欄杆能承受0.9 kN之集中荷重方可安裝，且所有系統皆強制綁設不鏽鋼防墜落安全繩作為最後防線<sup>(11)</sup>。經濟誘因方面，除前述設置補助外，韓國另建立「碳中和點數制度」(탄소중립포인트)，藉經濟誘因提升民衆設置意願<sup>(12)</sup>。

#### 4. 國際標準與各國比較

為呈現各國PIPV制度與電力系統條件之差異，表一就系統電壓、功率上限、迴路占比、過電流與漏電保護、插頭觸電風險等面向，對德國、美國(猶他州)與韓國三國逐項比較。由表一可見，迴路占比為三國最關鍵之差異所在：德國(230 V)與韓國(220 V)由於系統電壓較高，過電流風險偏低，無須專用迴路；美國因採120 V系

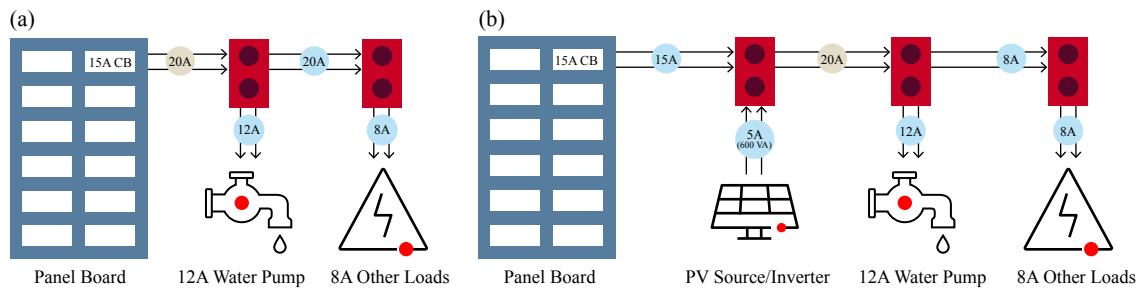
統，迴路占比高達約67%，須以專用迴路或電力調節系統(PCS)因應。

### 台灣推動PIPV之技術挑戰與法規調適建議

台灣因採用110 V低壓配電系統，加上地處颱風帶與高密度公寓住宅的特殊環境，在推行PIPV時無法直接套用歐洲的寬鬆模式。本研究秉持「安全優先、漸進開放」之原則，從電氣、結構與行政三大構面，辨識台灣的在地化挑戰並提出具體之調適建議。

#### 1. 高迴路占比衍生之過電流風險

在台灣110 V系統下，若接入800 W的PIPV，變流器輸出電流約7.27 A，將占據一般15 A分支電路高達49%的容量(遠



圖三 (a)一般迴路，斷路器可正常跳脫；(b)併接PIPV後之迴路，斷路器無法正常跳脫<sup>(4)</sup>

高於德國230 V/16 A系統下的22%)。且由於配電盤斷路器僅能偵測市電輸入電流，若PIPV於迴路內同時饋電，會抵消市電淨輸入，進而無法察覺牆內導線實際已嚴重超載，此即「斷路器遮蔽效應」(Breaker Masking)，如圖三所示。

為防範隱形過載引發火災，建議初期將PIPV法定功率上限保守設為400 W；並應於「用戶用電設備裝置規則」內明定，PIPV必須連接至專用迴路，或強制搭配PCS進行動態調節。



▲圖四 NEMA型插座<sup>(4)</sup>

## 2. 插座接觸安全與漏電防護

台灣使用之NEMA型插座(如圖四)不具絕緣套管設計，插頭在「半拔出」狀態時插腳可能外露並導電，存在觸電風險。應要求變流器具備如現行CNS 60335-1所規範、於拔除插頭後≤1秒內將輸出電壓降至安全值之功能。

此外，台灣現行「用戶用電設備裝置規則」<sup>(13)</sup>要求陽台及室外插座裝設漏電斷路器(6 mA或30 mA)，但僅為AC型，無法偵測PIPV逆向饋入的脈衝直流成分，可能在漏電時發生致盲或失效。建議升級為Type

A(可偵測脈衝DC)或Type B(可偵測平滑DC)等漏電保護裝置。

## 3. 結構與防墜安全

台灣夏秋季颱風頻繁，且PIPV多懸掛於公寓陽台外側。若支架固定不良，或老舊陽台欄杆承載力退化，模組於強風下極易鬆脫墜落，引發嚴重的安全問題。建議於安裝規範中納入結構與防墜要求。如產品支架與模組結合部應通過耐風壓試驗，並增加防墜措施，如參照「建築物耐風設計規範及解說」之地區設計風速，或比照韓國

▼表二 台灣推動PIPV之技術挑戰與法規調適建議彙整

| 構面        | 技術挑戰                                 | 建議                                   |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 過電流保護     | 110 V系統導致同功率下迴路占比偏高，易造成導線過載與斷路器遮蔽效應  | 建議於「用戶用電設備裝置規則」內規範PIPV需設置專用迴路        |
| 插座接觸安全    | NEMA型插座無絕緣套管，半拔出時插腳外露恐觸電             | 應要求變流器具備如現行 CNS 60335-1所規範內建觸電防護     |
| 漏電保護      | 現行漏電斷路器多為AC型，無法偵測PIPV逆向饋入的脈衝直流成分向    | 規定加裝Type A/B之漏電保護裝置                  |
| 結構與墜落安全   | 公寓陽台懸掛安裝且地處颱風帶，強風下模組恐鬆脫墜落，以及老舊欄杆承載不足 | 要求耐風壓試驗、強制加裝防墜安全繩，並於安裝前查核陽台/欄杆承載     |
| 法規定位與功率上限 | 尚無PIPV專法，與既有分散式發電系統界線不明              | 於「用戶用電設備裝置規則」增訂專章，初期功率上限設為400 W後逐步放寬 |
| 行政程序與運轉模式 | 傳統併網審查門檻高、餘電結算機制複雜                   | 簡化登記與經銷商白名單制度                        |

資料來源：研究者整理

首爾市50 m/s之耐風壓基準。並借鏡韓國做法，於安裝前查核陽台或欄杆之結構承載能力，老舊或承載不足者不得設置，必要時應由專業人員評估補強。

#### 4. 簡化行政程序與降低電網干擾

在行政程序方面，目前台灣尚無PIPV專法，若比照傳統屋頂型光電進行併網審查，將面臨程序冗長等困境。此外餘電若回送電網，傳統類比電表會無法正確計費。為降低制度導入門檻並防堵計費爭端，建議台灣應以「自發自用、零回送」為運轉原則。在行政上，建議參考德國MaStR系統之經驗，改採線上簡化登記制以免除事前審批，同時借鏡韓國經驗，導入經銷商與施工業者之白名單管理制度，透過合格廠商進行把關。

綜合上述電氣、結構與行政三大構面之技術挑戰與因應建議，彙整如表二。

## 結 論

本文系統性比較德國、美國、韓國與台灣之PIPV法規架構與電力安裝設置要求(Electrical Installation Requirements)，辨識我國推動之關鍵瓶頸。研究顯示，PIPV已成為國際推廣分散式太陽光電之重要途徑，惟歐洲模式難以直接移植。我國採110 V低壓系統，相同功率下迴路占比遠高於歐洲及韓國，衍生過電流、斷路器遮蔽效應與漏電保護等技術挑戰，加以地處颱風帶、PIPV多懸掛於公寓陽台，結構與墜落安全亦不容忽視，此即台灣無法逕行套用國際經驗之根本原因。

據此，本文建議台灣秉持「安全優先、漸進開放」原則，初期將功率上限設為400 W，並輔以專用迴路、漏電保護、變流器觸電防護及結構防墜等要求，在確保用電與公共安全之前提下降低安裝門檻，待體

系成熟後再逐步放寬。台灣既已於2025年12月公告「建築物設置太陽光電發電設備標準」、自2026年8月起強制大型新建建築設置屋頂光電，若能同步建立PIPV專屬制度，當可補足小型住宅與租屋族之普及缺口，與屋頂光電政策相輔相成，協助實現2050淨零排放目標。☞

## 誌 謝

本研究工作承蒙經濟部能源署研究計畫（契約編號：115-S0304）及工業技術研究院綠能所支持，謹此致謝。

## 參考文獻

1. Renewable Energy Institute (REI). (2026). Plug-in PV: Accessible to All.
2. <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/ErweiterteOeffentlicheEinheitenuebersicht>.
3. 李羿葵、黃明勝、黃中騰、張評款、黃朝揚 (2026)。Plug-in PV對台灣既有能源體系調適啓示。太陽能及新能源學刊，第28卷第1期。
4. UL Solutions. (2026). Interactions of Plug-in PV (PIPV) with Protection of Existing Power Systems.
5. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2024). Solarpaket I – Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes
6. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE. (2025). DIN VDE V 0126-95:2025-12 – Steckersolargeräte für Netzparallelbetrieb – Teil 95: Sicherheitsanforderungen und Prüfungen.
7. VDE FNN. (2018). VDE-AR-N 4105 – Power Generating Plants in the Low Voltage Network.
8. Utah State Legislature. (2025). H.B. 340 – Solar Power Amendments, 2025 General Session.
9. UL Standards & Engagement (ULSE). (2025). UL 3700 – Outline of Investigation for Interactive Plug-in PV (PIPV) Equipment and Systems.
10. UL Standards & Engagement (ULSE). (2021). UL 1741 (Ed. 3) – Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources.
11. 서울특별시 태양광설비의 설치와 관리 등에 관한 기준。
12. 聯合新聞社(Yonhap). (2025)。내년부터 집에 태양광 설치하면 '탄소중립포인트' 1만원 (韓國碳中和點數制度)。
13. 經濟部(2025)。用戶用電設備裝置規則（民國114年5月9日修正）。