



小水力發電之發展歷程、 現況與推動建議

劉宏仁* / 國立臺灣大學水工試驗所 助理研究員

林文勝 / 國立臺灣大學水工試驗所 副研究員

游景雲 / 國立臺灣大學水工試驗所 主任、國立臺灣大學土木工程學系 教授

陳谷汎 / 水律能源股份有限公司 執行長

小水力發電或微水力發電是一種分散式的小型水力發電，可普遍簡易裝置於灌渠、溪流、水利設施（壩、堰、湖泊、蓄水池、尾水路）、旁通水路（bypass）等，適合做為農村、社區、山區、偏遠地區或者家庭、中小企業以及電力供給不穩定地區之供電來源。本研究透過文獻回顧，整理國內外小水力發電之發展歷程，發現「在地發電、在地使用」的小水力發電已成為國際再生能源發展的一個新趨勢。

台灣目前商轉中的小水力發電廠共有 30 座，裝置容量總計為 152.2 MW，近 10 年小水力發電廠的建廠數量明顯增加，顯示台灣對於再生能源的積極投入。本研究介紹最新的小水力發電廠，並就資源、技術、法規、產業、觀念、金融等六個面向，提出推動建議，期能突破發展初期的瓶頸段，順利推動小水力發電，成為國家邁向 2050 淨零排放的發展路徑，並進一步整合水資源與再生能源，帶動國家的永續發展。

關鍵詞：小水力發電、再生能源、淨零排放、永續發展

小水力發電

水力發電（Hydropower）乃運用水的勢能轉換成電能的發電方式，其原理主要是利用水位的高低落差（勢能）在重力作用下流動（動能），例如從河流或水庫等高水位處引水流動至低水位處，流動的水流即可推動水輪機使之旋轉（機械能），再帶動發電機發電（電能），提供可永續使用的綠色能源（Green Energy）。

依據「再生能源發展條例」（2023），其定義小水力發電（Small Hydropower，簡稱 SHP）係指「利用水道、圳路、管渠或其他水力用水以外用途之水利建造物之原有水量及落差，以直接設置或另設旁通水路設置之方式，轉換非抽蓄式水力為電能，且裝置容量未達二萬瓩（20,000 kW = 20 MW）之發電方式。」；而依據世界銀行與聯合國的標準，可再將裝置容量小於 100

kW 之機組細分微水力發電（Micro Hydropower）機組。

同時依據「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」，將小型水力發電排除在外，亦即小水力發電可免除環境影響評估。以此鼓勵及推廣再生能源利用，增進能源多元化，改善能源結構，降低溫室氣體排放，改善環境品質，帶動相關產業及增進國家永續發展。

具體而言，小水力發電或微水力發電是一種分散式的小型水力發電，可普遍簡易裝置於灌渠、溪流、水利設施（壩、堰、湖泊、蓄水池、尾水路）、旁通水路（bypass）等，適合做為農村、社區、山區、偏遠地區或者家庭、中小企業以及電力供給不穩定地區之供電來源。因具有建置成本低、廠房占地小、對生態環境影響小、運行維護成本小、可分散建置、輸電成本低、可不斷再生利用等優點，在地發電、在地使用的小水力發電已成為國際再生能源發展的一個新趨勢^[1]。

* 通訊作者，harrylittleprince@gmail.com

小（微）水力發電雖然有「小」或「微」的形容詞，但要設置小水力發電廠（如圖 1）仍然是不折不扣的工程，必須由具有水利及電機專業的工程師來規劃設計及監造完成。發電機組也是由專業工程師選定，後由設備廠製造完成並進行假組立，再運至工地安裝與試運轉。而不論是整體電廠的規劃設計監造或水輪機與發電機設備的製造、土木工程與輸配電工程等，都有完整且專業的規範需依循。完工後發電設施的操作及維護，也應由廠商提供專業的規範或手冊供維護管理人員遵循辦理^[2]。

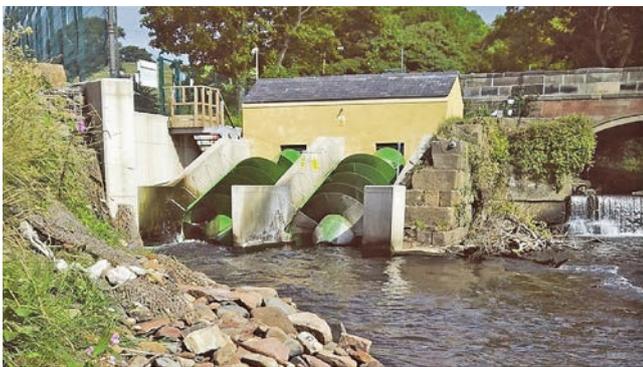


圖 1 小水力發電廠實際案場 (stockport-hydro.co.uk)^[3]

國際小水力發電發展

小型水力發展甚早，早在 1882 年美國威斯康辛州狐狸河 (Fox River) 畔，世界第一座小水力發電廠即開始運作，供應發電廠、住家及附近建物所需電力。而後大型水力開發，因發電量上的差異，小水力發電廠漸被淘汰。時至今日，再生能源議題興起，小水力發電才又受到重視。以下回顧數篇重要的小水力發電論文，以呈現目前國際小水力發電的進展與成果：

- Anderson 等人^[4] 研究了水力發電的發展對美國中部的生態影響，主要即評估小型壩堰對魚類的影響。發現小水力發電廠因築壩引水使得河川流量減少約 10%。比較引水壩上游和下游的魚類群落組成，發現明顯不同，表示小水壩 (< 15 m 高) 阻礙了魚類的活動。
- Csiki and Rhoads^[5] 評估了壩堰對河川的影響，以及拆壩之後會產生的河川變化。河流受壩堰長期存在的影響，主要是上游沉積物堆積與下游河道侵蝕，可能會影響到河段流量，進而影響水力發電電量。
- Punys 等人^[6] 回顧並比較了用於小水力發電 (SHP) 電廠規劃和設計的軟體工具，將這些工具集成到地理信息系統 (GIS) 中，可以大幅提升對於發電潛能的

評估。目前加拿大、意大利、挪威、蘇格蘭和美國等國家，已經依此重新評估了水力發電的潛能容量。但，具體可靠與否，仍需進行現地勘查與測量。

- Kaunda 等人^[7] 對於水力發電技術進行回顧，並提出未來的挑戰。永續的水力發電是可能的，但需要適當的規劃和仔細的系統設計。能源規劃者、投資者和其他利益相關者需要掌握最新知識，才能做出明智的決策。隨著全球氣候變遷，水力發電的能力也會改變，伴隨開發的風險，需要設定好調適措施。
- Bracken 等人^[8] 鑒於過往圍繞小水力發電的研究方向，主要集中在發電技術方面，對社會組織和環境影響的理解有限。因此開始著重在社區居民和組織參與微水力發電的方式，同時以此作為未來促進英國可再生能源政策目標的一種手段。針對英國的微水力發電計畫進行研究，以英格蘭北部的兩個微水力發電計畫為例進行詳細評估，Settle 社區微水力發電 (圖 2) 與 Ruswarp 社區微水力發電，探討資源利用和競爭的過程，以確定社區在微水力發電計畫中的所需的專業知識和有爭議數據。該研究結果顯示，英國微水力發電的快速擴張，其所有權 / 控制權，有很大的比重是「基於社區」所發展出來的。
- McManamay 等人^[9] 開發了一個分類系統來組織美國水電大壩和發電廠的運行模式。其發現重要的是時間尺度，要採用比日還小的小時或分鐘尺度，才能進行良好的分類。這種標準化的分類有助於按類別進行水文模型、水庫作業、工程經濟性、環境影響和對應措施等之評估。
- Sood and Singal^[10] 針對水力電廠水理計算與機組設置之技術，做了一個整體回顧，以利於在氣候變遷下推動可再生能源的持續發展。研究總結三個關鍵步驟：

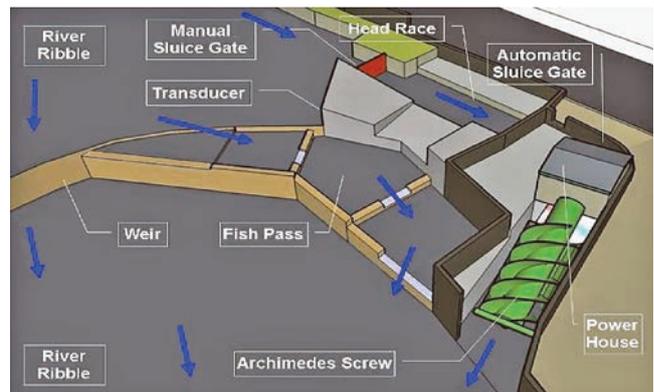


圖 2 英國 Settle 社區微水力發電
(www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513013104)

現場特性資料蒐集、按特性選擇水力發電機組、安裝後對水流環境影響，並建議機組效率提高的同時，亦要考量環境影響，才能有最佳化的電廠建置。

- Ali 等人^[11] 因大型水力電廠對環境的負面影響受到批評，所以研究小水力發電是否可以實現永續發展，其利用 GIS 結合 SWAT 水文模型對 U-Tapao 河進行了小水力理論潛能量評估。沿著 77.18 公里的 U-Tapao 河，小水力潛能量估計為 71.9 MW，可開發為生活在河邊的社區的可再生和可靠能源。
- 透明度市場研究公司^[12] (Transparency Market Research, TMR) 推算至 2023 年小水力發電將達 146.65 GW。近年來，中國、印度、日本、巴西、土耳其、奧地利、美國、英國等均投入於水力能源的開發，小水力發電在全球擁有巨大的市場潛力，需求量也持續增加中。其中中國和印度均制定了農村大規模電氣化計畫，以提升農村的經濟與產業發展，同樣地，未來小水力發電在菲律賓、馬來西亞、越南等東南亞國家，隨著經濟發展帶動水電的需求，小水力發電的發展前景亦十分樂觀。而在美國、加拿大與俄羅斯，這樣小型的再生能源系統可以應用於山區或偏遠地區，作為穩定供電來源，所以市場也正在擴大。歐洲各國在減緩氣候變遷的調適策略中，再生能源的開發是很重要的一環，加上社區自主意識的提升，以社區為主導的小水力發電正快速增加中。

國內小水力發電發展

本研究亦對國內小水力文獻進行回顧，列舉數篇重要論文及計畫，以呈現目前國內小水力發電的進展與成果：

- 黃育新^[13] 分析了小水力發電廠進入到台電公司的配電系統後之系統衝擊，以台中某一小水力發電廠為分析對象，併入 11.4 kV 配電網路後，模擬結果顯示小水力發電機的併網容量對主變壓器一次側短路容量的比值與影響程度呈正比，不可過高；併網後饋線沿線電壓普遍上升可降低配電損失；台電規範同步發電機併網後最大併網容量限制以電壓變動率 5% 內為準，可再討論。
- 張登平^[14] 針對花蓮農田水利的灌溉圳路進行小水力發電的開發經營可行性評估，於太平渠松浦跌水工具有 300 kW 的發電潛能，年發電量約 1,656,000 度，益本比大於一。惟推動上存在多個風險因子，包括：多角化經營法源、水權確定、渠道流量確定、營建物價變

化、環保議題、躉購電價及年限等，須待進一步討論。

- 河村禎彥^[15] 評估於陽明山國家公園既有水系設立小水力發電，可供遊客中心、生態教育中心等有建築物之一至三成的用電量，形成山區供電網路之一環，增加供電彈性及穩定。
- 陳翰升^[16] 應用地理資訊系統，結合 QGIS、HEC-HMS、HEC-RAS 評估集水區內小水力發電最佳場址，並利用 HSI 指標評估小水力對生態環境之影響。應用於南投北港流域的理想化評估結果顯示：最大潛能容量為 132.17 MW，已全部設置落差型小水力發電廠，電廠距離為 1,500 公尺以上為最佳。惟實務上仍有諸多困難，可行性需進一步檢視。
- 經濟部水利署^[17] 對河川及供排水渠道發展小水力發電進行評估，提出 47 處河川小水力場址及 30 處灌渠小水力場址，而河川小水力機電設備費佔總成本之 11.1% ~ 36.5%，灌渠小水力機電設備費佔總成本之 27.8% ~ 79.1%，變動幅度極高，須個案進行檢視。而台灣國內目前小水力發電設備主要應用於河川與灌溉渠道之發電機組，以及工業循環系統之發電機組^[18]。
- 經濟部國營事業委員會^[19] 於 2016 年委託中興工程顧問公司進行一個四年期的研究計畫，針對台灣北區、中區、南區，優選出 20 處小水力發電潛能場址，並進行發電機組可行性規劃，依一、二、三期順序，完成各期的小水力計畫可行性研究報告。該計畫研究利用現有水利設施，包括水庫堰壩、水力電廠、灌溉渠道等輸排水管道，由台電公司投資興建設置小水力發電機組的可行性，供台電公司據以整合後分區推動。
- 現階段，台灣商轉中的小水力發電廠共有 30 座，裝置容量總計為 152.2 MW，相關資料整理如表 1 所示。按電廠型式主要分為川流式、調整池式、水庫式三類，並以川流式為大宗。水輪機型式多樣化，有卡布蘭式、貫流式、法蘭西斯式、軸流式等，依電廠所在區域特性及施工廠商設計而有所不同。發電機組裝置容量介於 110 ~ 18,000 kW 間，裝置容量最大者為圓山機組、名間發電廠、桂山機組，已接近小水力的上限裝置容量 20 MW；裝置容量最小者為后里示範機組、軟橋機組，裝置容量小於 230 kW，所以即使都是小水力發電廠，規模可差異到 1,000 倍以上。從興建的過程來看，台灣的小水力主要是由台灣電力公司進行開發、設廠與維運，直到 1990 年以後才開始有民間企業投入小水力領域，只是裝置容量均較小，目前的小水力發電還是以台灣電力公司為主。不過可

表 1 國內商轉中小水力發電廠

電廠	區域	水源	興建年份	水輪機型式	裝置容量 (kW)	電廠型式	管理單位
粗坑機組	新北市新店區	新店溪	1907	豎軸卡布蘭式	5,000	川流式	台電公司
后里機組	台中市后里區	大安溪	1908	橫軸法蘭西斯式	940	川流式	台電公司
竹門機組	高雄市美濃區	荖濃溪	1908	橫軸卡布蘭式	2,670	川流式	台電公司
軟橋機組	新竹縣竹東鎮	上坪溪竹東圳	1919	貫流式	230	川流式	台電公司
北山機組	南投縣國姓鄉	南港溪	1919	橫軸法蘭西斯式	4,320	川流式	台電公司
六龜機組	高雄市六龜區	荖濃溪	1919	橫軸法蘭西斯式	4,500	川流式	台電公司
濁水機組	雲林縣林內鄉	濁水溪	1921	豎軸卡布蘭式	3,670	川流式	台電公司
社寮機組	台中市石岡區	大甲溪	1921	橫軸法蘭西斯式	945	川流式	台電公司
天埤機組	宜蘭縣三星鄉	蘭陽溪	1921	橫軸法蘭西斯式	8,375	川流式	台電公司
清水機組	花蓮縣秀林鄉	木瓜溪	1936	橫軸法蘭西斯式	6,000	川流式	台電公司
初英機組	花蓮縣吉安鄉	木瓜溪	1938	卡布蘭式	2,000	川流式	台電公司
溪口機組	花蓮縣壽豐鄉	壽豐溪	1938	橫軸法蘭西斯式	2,700	川流式	台電公司
桂山機組	新北市新店區	南勢溪	1939	豎軸法蘭西斯式	13,000	調整池式	台電公司
圓山機組	宜蘭縣三星鄉	蘭陽溪	1939	豎軸法蘭西斯式	18,000	川流式	台電公司
東興發電廠	台東縣卑南鄉	利嘉溪	1941	豎軸法蘭西斯式	800	川流式	台電公司
榕樹機組	花蓮縣秀林鄉	木瓜溪	1965	豎軸卡布蘭式	2,700	川流式	台電公司
水簾機組	花蓮縣秀林鄉	木瓜溪	1982	豎軸法蘭西斯式	9,500	川流式	台電公司
龍溪機組	花蓮縣秀林鄉	木瓜溪	1983	橫軸法蘭西斯式	4,700	川流式	台電公司
后里示範機組	台中市后里區	大安溪	1986	貫流式	110	川流式	台電公司
卑南上圳小型發電廠	台東縣卑南鄉	鹿野溪	1990	橫軸法蘭西斯式	2,200	川流式	聚電企業開發公司
水里機組	南投縣水里鄉	水里溪	1991	豎軸法蘭西斯式	12,750	川流式	台電公司
烏山頭水力發電廠	台南市官田區	官田溪	2000	豎軸卡布蘭式	8,750	水庫式	嘉南實業有限公司
名間水力發電廠	南投縣名間鄉	濁水溪	2004	豎軸卡布蘭式	16,700	川流式	名間水力公司
西口水力發電廠	台南市東山區	曾文溪	2004	豎軸法蘭西斯式	11,520	川流式	嘉南實業有限公司
八田水力發電廠	台南市官田區	官田溪	2012	豎軸軸流式	2,196	水庫式	嘉南實業有限公司
關山圳水力電廠	台東縣海瑞鄉	關山圳	2016	豎軸卡布蘭式	1,000	川流式	經一綠能公司
景山分廠	苗栗縣卓蘭鎮	景山溪	2017	豎軸法蘭西斯式	4,000	水庫式	台電公司
二水 N19 水力電廠	彰化縣二水鄉	濁水溪	2018	直立川渠式	480	川流式	經一綠能公司
湖山機組	雲林縣古坑鄉	清水溪	2019	橫軸法蘭西斯式	1,950	水庫式	台電公司
牡丹小型水力發電廠	屏東縣牡丹鄉	牡丹溪	2020	橫軸法蘭西斯式	490	水庫式	南區水資源局

以發現，因著重民間企業對小水力的投入，近 10 年小水力發電廠的建廠數量有明顯增加，也顯示了台灣對於再生能源的積極投入，除了太陽能光電、風力發電以外，小水力發電也成為了國家邁向 2050 淨零排放的發展路徑之一 [20]。

最新小水力發電廠

苗栗景山小水力發電廠

景山小水力發電廠（卓蘭發電廠景山分廠，圖 3）位於苗栗縣三義鄉鯉魚潭水庫之下，該發電廠由台電公司與經濟部中區水資源局共同建置，設計水頭高為 81.7 m、引水量為 5.5 cms。水源來自鯉魚潭水庫，由取水工引水後，經既有的壓力鋼管，引流至水庫下游的半地下式發電廠房。廠內裝設一部斯洛維尼亞製豎軸法蘭西斯式水輪機，搭配捷克製豎軸交流式同步發電機，裝置容量為 4 MW，進行發電。發電後尾水放流回鯉魚潭水庫下游，年發電量約 1,400 萬度，每年可減少約 7,200 公噸的二氧化碳排放量。

景山小水力發電廠採無人駐廠，由位於鯉魚潭水庫上游的卓蘭發電廠作為遠端控制中心。近年來，由於大型水力發電計畫受到普遍的反對，因此台電公司順應世界潮流推動小水力發電，利用既有水利設施興建小型水力發電廠，節省開發經費的同時，對於環境影響也降低。

南投東光社區公民電廠

南投東光社區的小水力發電廠開發（圖 4）可分為兩階段，第一階段為 2019 年水利署輔導社區參與微水力發電，第二階段為 2023 年能源局示範獎勵社區公開募集設置再生能源公民電廠。

第一階段：東光社區附近有台灣電力公司向天圳，其明渠長約 770 公尺，水理條件穩定。向天圳渠道終年流水不斷，只有在武界壩排洪及排洪門維修期不能使用，因此成為水源保育社區設置微水力發電廠的首選社區。

東光社區微水力發電廠係川流式設計，水輪機採用橫軸式水車，水車葉片係來自南投區處的回收電力電纜

鐵捲筒，下接浮台是利用武界壩的回收不鏽鋼浮筒。整體設計融入循環利用的理念，以廢棄的台電用品回收再利用，除了屬於綠能外，進一步發揚回收再生、循環利用的核心價值。發電機裝置容量為 1,000 W，發出來的綠電結合綠能公園作為公共設施照明、電動自行車與手機座充等，結合環境教育及社區漫遊，為地方觀光創造新話題。

第二階段：東光社區周圍環境水資源豐沛，經專業團隊公民決議後，確定於將公民電廠建置在東光溪上游三號攔砂壩位址處。東光溪源自水社大山，由南向北流，為整個東光村用水之命脈，早期東光溪產大量土砂，為了降低水的能量及土砂所造成的問題，於溪上建有若干座攔砂壩；近年土砂量已大為降低，攔砂壩多成為遊憩戲水之場所。



圖 3 景山小水力發電廠現場照片



圖 4 東光社區向天圳小水力現場照片

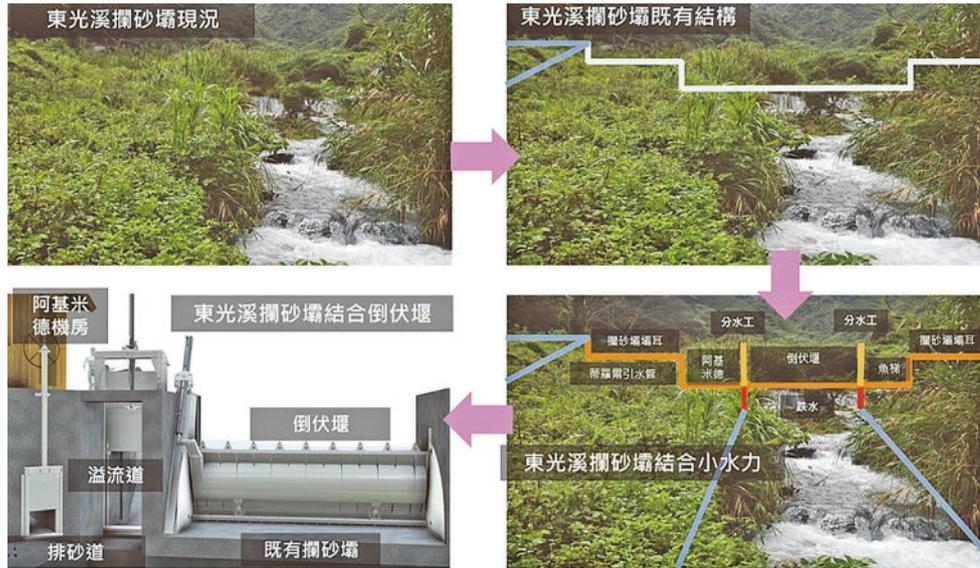


圖 5 東光社區小水力公民電廠設計

考量水源之穩定性、施工便利性、安全性、環境影響等事項，並確立水源管轄單位、地權、水工結構物管轄單位後，進行小水力公民電廠的設計如圖 5 所示。在最小開發影響下，利用既有的壩體於上方增設倒伏堰以抬高水深。再引流至旁邊的引水道，進入阿基米德水輪機，推動水輪機旋轉後帶動發電機發電。

根據東光溪監測流量分析結果，電廠設計流量為 2.55 CMS，有效水頭為 4.2 m，設置電站用阿基米德水輪機，裝置容量可達 73.47 kW，電廠發電計畫詳表 2 所列。目前已完成電廠規劃、工程初步設計、財務規劃、土地水權饋線確認、社區居民投資合作意向書造冊等工作，獲得能源局第一階段示範獎勵，正持續推動第二階段：於社區設置再生能源發電設備。

台灣小水力發電推動建議

小水力發電係目前台灣正積極發展的第三大再生能源，政府也透過修法推動小水力發電並拓展其適用之型式與範圍。然，時值小水力發電正要蓬勃發展之前，本研究就資源、技術、法規、產業、觀念、金融等，略述推動上的建議，期能突破發展初期的瓶頸段，順利國家的綠色能源發展。

資源：目標水資源與再生能源的永續發展

小水力發電最特別之處即在同時整合了水資源與再生能源，唯有好的水源，才能有穩定的電源，有了永續的水與電才能帶來永續的文明發展。文明的發展，

表 2 東光社區小水力公民電廠發電計畫

發電計畫	發電方式	在槽式
	有效水頭	4.2 m
	使用流量_常時	2.55 cms
	裝置容量_常時	73.47 kW
	年預估發電量	509,592 kWh
設備概要	總計投資金額	23,488,830 元
	沉砂池	無
	壓力管	無
	退水路	無
	發電站	融入環境式
	水輪機形式	阿基米德水輪機

將帶動技術與產能的提升，再次投入到水資源與再生能源的開發與管理，最佳化且永續地使用，如此形成一個自動的正向循環，終而達成永續發展的目標。所以，這個目標必須在小水力發電推動之初，第一個開宗明義地敘明，以為後續所有工作的指引。

技術：建立科學化的監測與量能計算

欲發展小水力發電的第一步，是對全台的河川（中央管、縣市管、野溪）流量進行定期監測，並建立資料庫系統，長期穩定的蒐集這些必要的基本資料。而後擴展為河川小水力管理系統，建立科學化的小水力發電潛能評估方法，具體掌握河川各個時間與空間區段的發電潛能量。最後，應用至圳路、水道、管渠、排水等，做到全流域（只要有水在流動的地方）小水力管理系統。有了這些量能，才會有後續的電廠產出。

法規：建立行政單一窗口

現階段台灣已經從法規層面明確規畫了小水力發電，作為「推廣再生能源利用，增進能源多元化，改善能源結構，降低溫室氣體排放，改善環境品質，帶動相關產業及增進國家永續發展」的一項重要工作。後續的配套法規與措施即該建立起來，並應比照先前推動太陽能的成功模式，設立行政單一窗口，透過一站式的行政服務，讓國家帶動的能源轉型，可以順利拉動民間的企業投入，蓬勃產業的發展。

產業：建立民間小水力發電廠

和其它的綠色能源一樣，其發展都不是由國家去建立多個小型的綠能電廠（台電的主要工作還是大型的電力開發以維持大電網的正常運作），而是仰賴民間企業的大量投入，形成一個健全的產業鏈，才會造成處處綠能、百花齊放，由民間形成的分散式的、小型的、可收益的綠能電網。所以在小水力發展之初，政府應大力獎勵並協助建立民間小水力發電廠，直到確認發展上了軌道。

觀念：建立綠色能源轉型教育

現在的電廠，無論大小，很難是單一單位或企業說蓋就蓋好的，會關連到政府、企業與地方三者間的溝通與配合，再形成共識，而後轉變為觀念，一個綠色能源的觀念（這在歐洲國家以普遍內化為國民的基本素養）。所以要建立綠色能源轉型教育，透過教育系統，讓民眾改變過去全台一張網，停電罵台電、罵政府的觀念，而變成我們可以自主選擇使用綠色能源，還可以自主建立小型的綠色能源電廠，作為我們所使用的電力來源。太陽能的發展已經產生了部分這樣的教育效益，小水力發電是可以全流域的開發，將更全面的推展能源轉型的教育。

金融：建立綠色金融體系

上述所有工作實際執行時，都需要資金，充足的資金。國家可以編列預算，民間則是需透過金融體系去投資，所以整體，從上到下，都應加速建立綠色金融體系。仿效德國，從法律、財政與金融上，對綠色能源直接支持，徹底落實能源轉型。德國從 2000 年的「再生能源法」至今，已經過了 23 年，綠色能源占比終於達到 50%。台灣，現在出發，可以在前人的經驗

與自身的特性下，找到合適自己的再生能源之路。小水力發電，即是國家邁向 2050 淨零排放的重要路徑，也是整合了水資源與再生能源，帶動國家朝向永續發展的重要策略。

參考文獻

1. World Small Hydropower Development Report (2019). United Nations Industrial Development Organization.
2. 劉宏仁、李方中 (2019)，國內外小水力電廠發展趨勢，台灣環境季刊，第 176 期，第 40-45 頁。
3. stockport-hydro.co.uk
4. Anderson, E.P., Freeman, M.C., and Pringle, C.M. (2006). Ecological consequences of hydropower development in Central America: impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. *River research and applications*, **22**(4), 397-411.
5. Csiki, S. and Rhoads, B.L. (2010). Hydraulic and geomorphological effects of run-of-river dams. *Progress in Physical Geography*, **34**(6), 755-780.
6. Punys, P., Dumbrasukas, A., Kvaraciejus, A., and Vyciene, G. (2011). Tools for small hydropower plant resource planning and development: A review of technology and applications. *Energies*, **4**(9), 1258-1277.
7. Kaunda, C.S., Kimambo, C.Z., and Nielsen, T.K. (2012). Hydropower in the context of sustainable energy supply: a review of technologies and challenges. *International Scholarly Research Notices*.
8. Bracken, L.J., Bulkeley, H.A., and Maynard, C.M. (2014). Micro-hydro power in the UK: The role of communities in an emerging energy resource. *Energy Policy*, **68**, 92-101. doi:10.1016/j.enpol.2013.12.046
9. McManamay, R.A., Oigbokie, C.O., Kao, S.C., and Bevelhimer, M.S. (2016). Classification of US hydropower dams by their modes of operation. *River Research and Applications*, **32**(7), 1450-1468.
10. Sood, M. and Singal, S.K. (2019). Development of hydrokinetic energy technology: A review. *International Journal of Energy Research*, **43**(11), 5552-5571.
11. Ali, F., Srisuwan, C., Techato, K., Bennui, A., Suepa, T., and Niammuad, D. (2020). Theoretical hydrokinetic power potential assessment of the U-Tapao River Basin using GIS. *Energies*, **13**(7).
12. www.transparencymarketresearch.com/small-hydropower-market.html
13. 黃育新 (2009)，小水力發電廠與配電系統互連之系統衝擊分析，國立臺灣科技大學電機工程系碩士論文。
14. 張登平 (2011)，花蓮農田水利會開發經營小水力發電之可行性研究—以太平渠松浦跌水工為例，國立屏東科技大學農企業管理系所碩士論文。
15. 河村禎彥 (2019)，探討小水力發電應用於建築之研究—以陽明山建築物為例，國立臺灣科技大學建築系碩士論文。
16. 陳翰升 (2022)，應用地理資訊系統評估集水區內小型水力發電最佳場，國立臺灣大學工程學研究所碩士論文。
17. 經濟部水利署 (2008)，河川及供排水渠道發展小水力發電潛能評估及可行性先期研究。
18. 經濟部水利署北區水資源局 (2015)，石門水庫及寶山第二水庫附屬設施小（微）水力發電潛能評估。
19. 經濟部國營事業委員會 (2018)，全台小水力發電計畫可行性研究。
20. 國家發展委員會 (2022)，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。