



# 再生能源系統驗證與專案加值效應

財團法人中國驗船中心企劃處處長 / 張耀方  
財團法人中國驗船中心再生能源處處長 / 詹育提  
財團法人中國驗船中心再生能源處 / 楊淳宇

關鍵字：再生能源、第三方驗證、驗證方案、工業標準

## 摘要

再生能源在現今人類社會能源使用中占據一定比例，且依據目前的趨勢，再生能源的使用會持續增加。

再生能源的發展依賴硬體技術發展、供應鏈的完善以及相應的資金投入等要素，而這些要素都可以藉由相關的驗證活動協助達成。

型式驗證與專案驗證活動藉由工業標準確認設備與專案具備相應的安全性與品質，有助於供應鏈的完善發展；施工期間的驗證或監督活動有助於降低再生能源的施工風險，取得相關保險；盡職調查活動則能協助業者了解專案的風險，提供進行投資決策的參考依據，有助於民間資金的投入，進而促進再生能源的發展。

## 一、前言

石油危機的發生以及大眾意識到溫室氣體遽增對地球氣候帶來的影響，進而推動減少溫室氣體排放的一系列活動，為太陽能、風能、生質能、海洋能、地熱等各類再生能源發展的主因。

1970年代的兩次石油危機，造成世界各國無不尋求替代能源以確保各國的能源安全，也因此引起包含當今再生能源在內的各種能源技術開發。以丹麥為例，石油危機時該國能源主要仰賴石油進口，因此促成其尋求發展其它替代能源，最後其選擇風力發電作為替代方案，發展至今，丹麥的風力發電已足以支撐該國百分之五十的用電量。

為了限制溫室氣體的遽增，減緩對地球氣候的負面影響，聯合國大會設立之「政府



間氣候變化綱要公約談判委員會」，於1997通過「京都議定書」，針對包括二氧化碳在內之氟氯碳化物等六種溫室氣體，定出具體減量目標，而後更於2015年12月13日通過「巴黎協定」，由187國提出自主減碳承諾以符合現實的需求，進一步促進世界各國推廣與發展再生能源。

雖然世界各國政府礙於國內各自利益考量，難以致力於達成相應目標，甚至直接拒絕簽署或退出相關協議，為再生能源發展帶來不利影響，但民間許多單位仍支持再生能源的發展以達減少溫室氣體排放之目的，如世界氣候組織（Climate Group）與碳揭露專案（CDP）共同提出百分之百再生能源倡議行動（RE 100），要求加入之企業承諾於2050前使用之電力為百分之百的再生能源，企圖以民間的力量帶動全世界電能來源轉往再生能源發展，減少溫室氣體排放，更直接帶動再生能源的發展。目前全世界已有超過200家企業加入RE 100，涵蓋科技、資訊、汽車、銀行、保險…等各方面領域的企業，其中不乏世界知名企業，如蘋果公司（Apple Inc.）、谷歌（google）、微軟（Microsoft）、3M、swiss Re、荷蘭國際集團（ING）…等等。

目前再生能源發展以太陽能與風能發展最為迅速，除發電設備本身的技術成熟外，在政策、法規、工業標準、驗證、供應鏈與商業模式等各方面亦發展得相當成熟，相關經驗可為其它類型的再生能源發展帶來良好的示範效益。其中再生能源系統驗證已成為再生能源發展與商業化中不可或缺的一環，相關驗證活動除了確認工程技術符合相關法

規與工業標準，降低工程風險外，可提高各界對於再生能源開發的信心，有助於再生能源開發案獲得各界的支持及所需的資金，為再生能源發展帶來正面的影響。

## 二、再生能源發展概況

目前再生能源發展在世界各國政府與民間的共同努力下已初具規模，相應的裝置容量與發電量占比逐年上升，如圖1所示，至2018年再生能源裝置容量與發電量佔比分別為21.0%與12.9%，甚至於2018年元旦當天德國全國用電百分之百來自再生能源，顯示再生能源具備提供全世界一定比例用電量的潛力。近十年來的再生能源發展如圖2所示，裝置容量以太陽光電（Solar PV）增加最多，達633 GW，其次為裝置容量增加487 GW的風能（陸域及離岸），第三則為裝置容量增加62 GW之生質能與廢棄物（Biomass & Waste）。

台灣對於再生能源的關注相當早，在1965年與1987年分別於澎湖後寮、七美等地設立試驗風場，於2000年在澎湖中屯設立台灣第一座商業風力電廠，裝置容量共計4.8 MW，由8座600 kW風力機組成[2]。太陽能發電部分則在1997年於樹林設置第一套市電併聯之太陽光電系統[3]。生質能部分，於1997年於新北市八里設置汙水處理沼氣發電廠[4]，且在1990-1995年期間政府輔導養豬戶設置沼氣發電[5]。地熱部分，在宜蘭清水於1977年進行實驗性質地熱發電試車運轉發電，之後於1980年興建一3 MW之地熱發電廠並於同年開始營運[6]。依據台電揭露的資訊，台灣目前的再生能源發展以太陽能、風能為主。

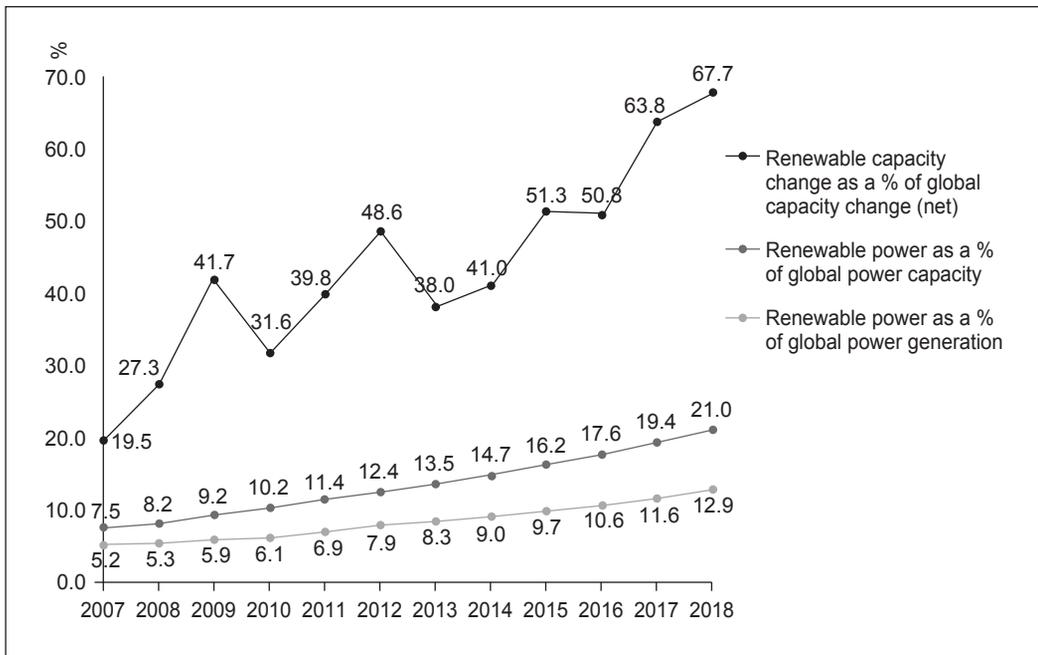


圖 1 2007-2018 年世界再生能源開發統計結果 [1]

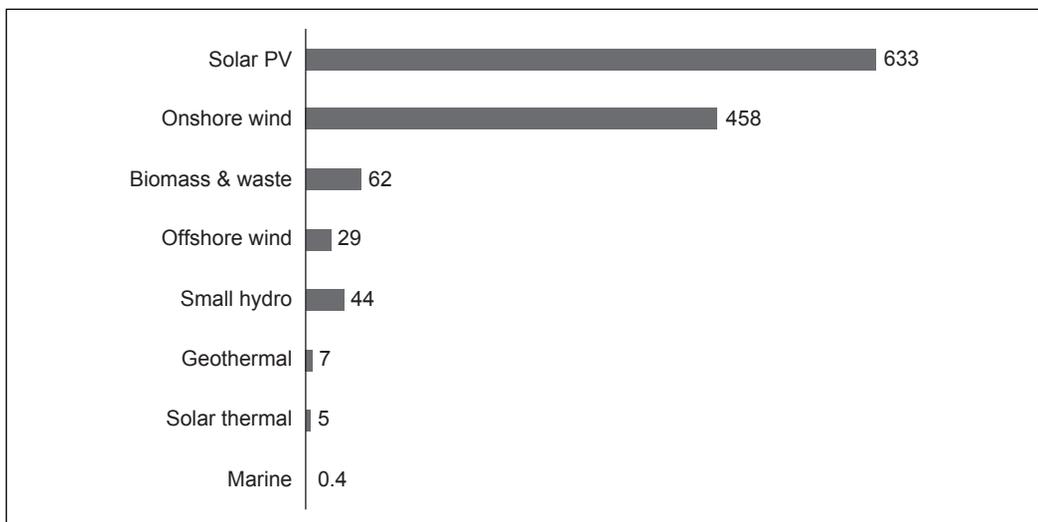


圖 2 2010-2019 年不同類型再生能源新增裝置容量統計結果 [1]

### 三、再生能源系統驗證與價值

太陽能與風能為目前世界上發展較為成

熟且廣泛的再生能源，在發展過程中，為了確認相關再生能源系統的安全性及可行性以說服政府機構、銀行保險業者以及相關投資



者認同並投入相應的資源，第三方驗證活動相應而生。就嚴格的定義而言，驗證活動一般指型式驗證與專案驗證，但若從第三方單位執行相關審查評估工作的角度而言，則包含建造過程中的驗證監督以及業者於融資或投資期間對再生能源專案進行的盡職調查等活動在內。

以離岸風電為例，銀行或企業在融資或投資前，為確認整個再生能源專案於商業上的可行性與風險而要求進行的盡職調查（Due Diligence）、保險單位為確認相關風險而要求在設備安裝過程中進行海事保證鑑定（Marine Warranty Survey）以及相關政府單位或投資者為確認設備與系統的安全性而進行型式驗證（Type Certificate）與專案驗證（Project Certificate）等均屬於第三方驗證活動。

### （一）盡職調查

離岸風電開發需要龐大的資金投入，且回收期較長，因此目前許多離岸風場開發採取專案融資方式獲取所需資金，此方式與傳統擔保融資主要差異在於專案融資的擔保品為專案本身，還款能力來自於專案本身所帶來的收益，因此融資銀行需要第三方單位依據所有與專案有關之合約、文件、計畫書等資訊，對包含專案關係人、時程、成本預算、發電量評估、購電同意書、相關合約條款、建造計畫、運維計畫、專案管理、環安衛計畫、法令政策、相關執照核可函取得、公司與專案財務模型…等等分技術、法律、保險與財務等面向進行系統性的審查評估，辨識其中的風險與風險承擔者，建議可能的

緩解方式，以作為銀行進行核貸放款的決策參考依據。

其它類型的再生能源開發都需要相當的資金投入，在發展初期或許可能透過政府機構提供資金方面的支持以進行試驗性或示範性的開發，但若要發展成熟並形成商業規模，則需要民間的資金投入，而盡職調查活動能夠協助融資或投資業者釐清專案相關風險，作為投資者做決策時的參考依據，有助於提升民間企業或銀行的投資意願。

### （二）海事保證鑑定

離岸風場開發需面對海上高風險的工作環境，即便是現今世界各地頻繁執行的海事工程仍舊存在操作失當之損傷。如2015年4月，Typhoon Offshore平台為執行墨西哥國家石油公司Pemex進行離岸油井管維護作業時，平台定位後執行頂昇時因其中一支樁腳故障導致平台傾斜，並造成兩名工人死亡，數十人受傷及平台內油櫃漏油影響海洋環境[8]。因此離岸風場運輸安裝等海上作業時會透過保險轉移意外狀況發生時須面臨之損失賠償議題，然而海上作業非等同陸域工程，未經完整安全訓練之人員將不允許出海作業，且相關行前與現場風險監管機制有一定技術門檻，為此歐美等海事工程發達之國家會藉由海事保證鑑定（Marine Warranty Survey, MWS）進行風險控管，並做為保險理賠與否之依據。

海事保證鑑定[9]係指透過第三方單位針對保險（再保）單位與被保險單位約定好的保險內容，確認海事操作業者執行或不執



行某項業務，或滿足某些特定項目，或者確認或否定某些特定狀態的事實。換句話說，海事保證鑑定為第三方單位協助保險業者確認相關海事工程作業的執行符合所約定的保險要求，確保相關風險，有助於降低海上作業的風險。實際執行時，第三方單位會先確認所需執行的監督範疇，接著則如圖3所示之流程，針對業主及海事操作業者所遞交之工作計畫進行評估審核，接著於現場開始作業前，進行所有重要船機之性能現場查驗工作，確保現場船機能力得以符合第一階段之評估審核結果，最後會根據現場施工準備與氣象預報之判斷，於現場階段性給予海事操作業者得以開始作業證明之核准證書

(Certificate of Approval, CoA)，該文件可視為保險(再保)業者承認履行保險合約之重要依據。

海上作業需要保險轉移相關風險，因此對於需要海上進行作業的海洋能發展，如洋流發電等再生能源而言，海事保證鑑定成為不可少之驗證活動，同時藉此可降低相關海事工程作業的風險。實際上除了海上作業需要執行海事保證鑑定此一驗證活動外，其他陸上運輸、安裝等作業也會需要第三方單位進行驗證或監督工作，如運輸水力或地熱發電等發電設備時，由於設備體積較為龐大且單價高，同樣有驗證監督之需求，又某些陸上安裝作業難度較高，如地熱發電的相關管道鑽探與埋設，同樣會有相關的驗證活動需求。

### (三) 型式驗證與專案驗證

風電廠的相關設備如同一般工業產品，會進行型式驗證以確認設計、製造符合相關工業標準，確保產品的安全性與品質，尤其是發電主體-風力機更是必須進行相應的型式驗證。

此外，由於開發風場需要考量的環境參數甚多，不同風場彼此間的環境條件差異甚大，針對各個風場條件進行風力機設計將不符合成本效益，故業界統計不同風場的風速與紊流等風況條件，並依統計結果區分為數個等級(參考表1)，風力機製造商再依此決定風力機設計參數。這表示目前市面上絕大多數的風力機產品並非針對各個風場本身的環境條件而設計，因此在開發風場時需要確



圖 3 海事保證鑑定執行流程示意圖



表 1 風力機等級 [10]

風力機等級		I	II	III	S
$V_{avg}$	m/s	10	8.5	7.5	設計者定義
$V_{ref}$	m/s	50	42.5	37.5	
	$V_{ref,T}$	57			
$I_{ref}$	A <sup>+</sup>	0.18			
	A	0.16			
	B	0.14			
	C	0.12			

$V_{avg}$  : 年平均風速  
 $V_{ref}$  : 10 分鐘平均參考風速  
 $V_{ref,T}$  : 颱風地區之 10 分鐘平均參考風速  
 $I_{ref}$  : 參考紊流強度

認風力機與相關設備適合在特定風場的環境條件下正常運作，相關的確認作業可透過第三方單位執行專案驗證的方式進行。

型式驗證與專案驗證執行時，一般依據國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 第88技術委員會 (TC88) 制定的風能標準 IEC 61400-22<sup>1</sup> 或 IECRE-OD-501、IECRE-OD-502 或相應標準規範的內容，配合政府規定，與各方約定之指南、標準或工業準則等進行審查。

依據 IEC61400-22 或 IECRE-OD-501 與 IECRE-OD-502 等驗證方案之規範，離岸風場技術的相關驗證可分為原型驗證 (Prototype Certification)、零組件驗證 (Component Certification)、型式驗證以及專案驗證，前三者主要針對風力機與其零組件的設計、測試與製造，而專案驗證則是考量整體風場。

<sup>1</sup> IEC61400-22 已於 2018.08 終止，並由 IECRE-OD-501 與 IECRE-OD-502 代替，兩者間差異不大，目前仍有許多形式驗證或專案驗證採用 IEC 61400-22 的驗證方案。

原型驗證主要對設計基準 (Design Basis)、原型機測試計畫 (Prototype Test Plan) 及安全與功能測試等項目進行評估。零組件驗證主要對設計基準、設計、測試與製造等項目進行評估。型式驗證對設計基準、設計、製造、型式測試與型式特性量測等項目評估後，經最終評估通過後即發給該型風力機型式驗證證書，相關流程如圖4所示。專案

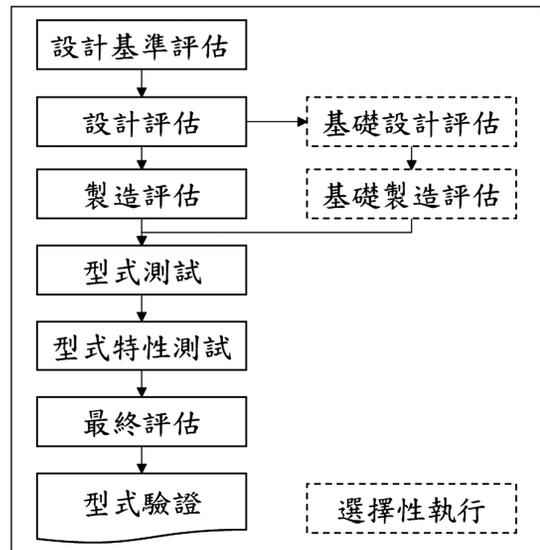


圖 4 型式驗證流程示意圖 [11]

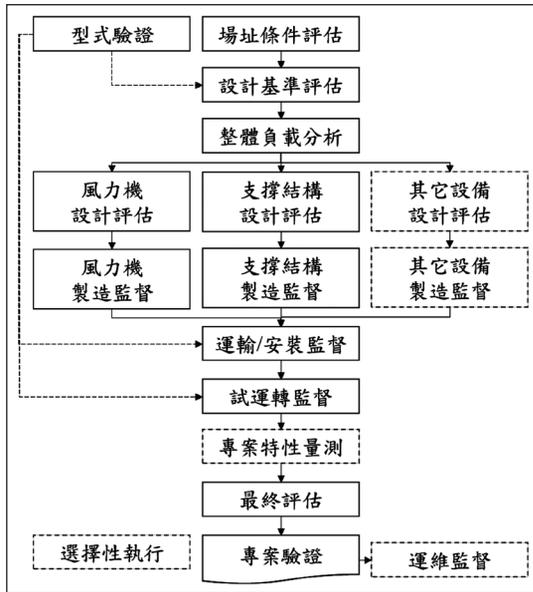


圖 5 專案驗證流程示意圖 [12]

驗證則對場址條件、設計基準、整體負載、風力機與支撐結構及其它相關設備之設計與製造、運輸安裝、及試運轉等項目進行評估或監督，經最終評估通過後即發給專案驗證證書，相關流程如圖5所示。

開發商開發風場時除了商業考量而執行專案驗證以降低風場的安全風險外，部分國家（如表2所示）已將專案驗證視為開發離岸風場之必要條件，此時離岸風場之設計、建造及營運將由當地政府授權或認可之第三方驗證單位執行、確認並出具報告與證書，藉此掌握該離岸風場之品質與安全。

上述所指之授權或認可之第三方驗證單位係指經國際認證論壇（International Accreditation Forum, IAF）所承認之認證（Accreditation）單位稽核後取得ISO/IEC

表 2 要求執行離岸風場專案驗證範例國

國家	要點
德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 明定離岸風場檢驗範圍與流程。</li> <li>• 授權第三方驗證機構<sup>2</sup>執行。</li> <li>• 重要開發節點驗船師(surveyor)應參與。</li> </ul>
丹麥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 風場專案驗證強致適用性<sup>3</sup>。</li> <li>• 專案驗證要求項目。</li> <li>• 風場開發商應取得第三方機構專案驗證證書並維持有效性。</li> </ul>
美國	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 外大陸棚進行再生能源生產時之審核規範及章程。</li> <li>• 風場開發商需藉由認可審核單位（CVA, Certified Verification Agent）確認風場設施的設計與建造工作。</li> </ul>

17065之驗證資格，且政府接受其驗證與發證能力之單位。

型式驗證與專案驗證除了能夠確認風場與相關設備的安全性與品質外，對於風電相關產業的發展也有著不可忽略的幫助。專案驗證的相關驗證結果可作為盡職調查評估風場專案工程安全性與可靠性的佐證，降低投資者的疑慮，有助開發專案的融資取得。型式驗證活動則確認風場中的相關設備的設計、製造與品質管理系統等依循相應的標準要求，使製造商生產的相關設備具有一定的品質水準，有助於風電產業完善供應鏈的發展，使得開發商開發或營運風場時能取得適當且具有一致且一定品質要求的產品。

實際上不僅是風電產業，其它型式的再生能源系統同樣會需要型式驗證及專案驗證

<sup>2</sup> BSH 所授權之第三方驗證單位包含：DNV-GL, TUV Sud, TUV Rheinland, BV, DEWI-OCC 等。

<sup>3</sup> 離岸風場之風力機轉子掃掠面積超過 200 m<sup>2</sup> 時適用之。



對該再生能源的設備與系統，依據相關規範與工業標準確認設備品質與系統安全性，藉以促進產業供應鏈的發展，進而吸引資金投入再生能源開發。

#### 四、結論

再生能源的發展除了仰賴硬體技術的發展之外，供應鏈的完善、政策與大眾的支持以及相應的資金投入都是不可或缺的要素，而在其發展過程中，相關的驗證活動扮演著不可或缺的角色，對再生能源發展所帶來助益如下：

1. 型式驗證與專案驗證藉由相應標準與法規確認相關設備與專案系統在設計、製造、安裝、運維等各方面的安全性與品質，
2. 型式驗證透過工業標準要求設計生產的設備符合相應的品質與要求，進而完善產業供應鏈發展。
3. 再生能源開發施工期間配合保險或法規需求而進行的驗證監督活動（如海事保證鑑定）可確認施工的過程與方法符合設計要求與法令規定，確保再生能源系統建造期間的施工安全，降低事故風險。
4. 盡職調查為影響再生能源資金投入的重要活動，協助業者瞭解專案的實際風險狀況，作為決策時的參考依據，有助於提升民間企業或銀行的投資意願，進而促進再生能源的發展。

由上述可知驗證活動對於促進再生能源

發展的重要性，加上對於我國政府所提出2025年再生能源佔我國發電容量達20%的政策目標，更是必須加以重視以及發展相關技術，以促進國內的再生能源發展。

#### 參考文獻

1. UN Environment's Economy Division, Frankfurt School-UNEP Collaborating Center for Climate and Sustainable Energy Finance and BloombergNEF, Global Trends in Renewable Energy Investment, 2019.
2. 朱瑞墉，「澎湖的離島發電廠」，源雜誌，76期，12-17頁，98年7月
3. 朱瑞墉，「細說太陽能發電」，源雜誌，70期，4-11頁，97年5月
4. 張秀美，「台灣綠色電能發展的歷程與探討」，華南大學社會學研究所網路社會學通訊期刊，105期，101年6月
5. 郭猛德、陳志成、程梅萍與蘇進興等，「沼氣發電系統發展概況」，中技社通訊，100期，12-17頁，101年4月
6. 朱瑞墉，「地熱發電」，源雜誌，71期，6-13頁，97年11月
7. 林基興，「比較各種發電的利弊得失」，源雜誌，116期，82-85頁，105年11月
8. NEAGU IONUȚ DRAGOȘ, "Risk Control - Marine Warranty Survey", Journal of Engineering Studies and Research, Vol. 18, No. 2, pp. 66-76, 2012.
9. NEAGU IONUȚ DRAGOȘ, "Risk Control - Marine Warranty Survey", Journal of Engineering Studies and Research, Vol. 18, No. 2, 2012, P.66-76.
10. IEC TC-88, "IEC61400-1 Wind Energy Generation System-Part 1: Design Requirements ed. 4 2019," International Electrotechnical Commission, 2019. 02.
11. IECRE, "IECRE-OD-501 ed. 2.0 Type and Component Certification Scheme," International Electrotechnical Commission, 2018.05.24.
12. IECRE, "IECRE-OD-502 ed. 1.0 Project Certification Scheme," International Electrotechnical Commission, 2018. 10. 11.