

關鍵議題評析：

2020 年全球再生能源現況報告

—2019 年再生能源裝機容量增長 200 GW 以上創歷史新高，風能投資首次超越了太陽能投資

周桂蘭

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘 要

21 世紀再生能政策網絡研究機構(REN21)每年 6 月定期發佈最新的全球再生能源現況報告(Renewables Global Status Report)，提供全面及時的再生能源資訊。再生能源在 2019 年又是創紀錄的一年，裝機容量增長 200 GW 以上（主要是太陽光電），這是有史以來的最高增幅。風能和太陽能已成為主流能源，並且與化石燃料發電廠的成本競爭越來越激烈。由於成本持續下降，2019 年全球對再生能源的新投資與 2018 年相比增長了 2%，值得注意的是，自 2009 年以來，風能投資首次超越了太陽能投資。估計至 2019 年底，再生能源發電占全球發電比例超過 27.3%。雖然再生能源在發電部門應用蓬勃發展，但是在運輸部門及熱冷利用部門，對的政策支持不足和新技术（例如先進的生物燃料）發展緩慢使得裝置量僅略有增長。到 2019 年中期，全球有 250 多個城市推動 100% 再生能源目標。企業對再生能源採購在 2019 年也創下紀錄，Google 成為全球最大的再生能源購買企業，全球超過 229 家領先的公司加入了 RE100 計畫（致力於使用 100% 再生能源）。2019 年底出現 COVID-19 危機對再生能源部門的影響，2020 年第一季度全球電力需求下降 2.5%，煤炭和石油需求分別下降近 8% 和 5%。再生能源由於運營成本低廉，加上優先併網，成為新冠肺炎期間電力需求增長最快的唯一能源來源。

我國再生能源發展規劃構面與 REN21 報告強調目標、市場/法規、投資/產業、系統整合等多重面向的國際議題趨勢相符，顯示台灣目前再生能源發展方向是與國際趨勢密切接軌。同時，台灣再生能源發展相關進展也被 REN21 研究機構納入國際重要資訊報告中，我國的再生能源發電政策不但

符合國際趨勢，亦引起全球對臺灣再生能源發展的關注。

關鍵字：再生能源、投資、市場、政策

一、前言

再生能源在 2019 年又是創紀錄的一年，裝機容量增長 200 GW 以上(主要是太陽光電)，這是有史以來的最高增幅。風能和太陽能已成為主流能源，並且與化石燃料發電廠的成本競爭越來越激烈。由於成本持續下降，2019 年全球對再生能源的新投資與 2018 年相比增長了 2%，達到約 3,017 億美元。風能和太陽能幾乎占全部投資比例；值得注意的是，自 2009 年以來，風能投資首次超過了太陽能投資。雖然中國投資額連續第二年下降，但仍然是投資總額最高的國家。

儘管再生能源的部署日漸增多，但再生能源在最終能源消費總量 (TFEC) 中的占比僅出現了適度增長。截至 2018 年，現代再生能源 (不包括傳統使用的生物質能) 約占 TFEC 的 11%，僅比 2013 年的 9.6% 略有增加。最大的部分是再生能源電力 (占 TFEC 的 5.7%)，其次是再生能源燃料 (4.3%) 和運輸用生物燃料 (1%)。

從全球範圍來看，2019 年全球有 32 個國家的再生能源發電量至少達到 10GW，而十年前只有 19 個國家。2019 年不含水力的再生能源發電成長 15%，累計總裝置容量達到 1,437GW。2019 年不含水力的主要再生能源容量組成：太陽光電占全部再生能源總容量的 43.6%(新增 115GW，成長率 22%)；風力發電占全部再生能源總容量的 45.3%(新增 60GW，成長率 10.1%)，風力發電當年度容量占比超越太陽光電容量占比。估計至 2019 年底，再生能源發電占全球發電比例超過 27.3%。雖然再生能源在發電部門應用蓬勃發展，但是在運輸部門及熱冷利用部門，對的政策支持不足和新技術 (例如先進的生物燃料) 發展緩慢使得裝置量僅略有增長。

此外，地方政府透過城市規劃決策或提供城市服務 (包括公共房屋、廢物和廢水管理以及公共交通)，不僅可以擴大市政運營中對再生能源的使用，促進供暖、製冷和運輸部門的再生能源應用，對加快電力部門的部署等方面也發揮重要作用。到 2019 年中期，全球有 250 多個城市推動 100% 再生能源目標。企業對再生能源採購在 2019 年也創下紀錄，在 23 個國家/地區簽署了近 20 GW 的購電協議 (PPA)，其中，Google 成為全球最大的再生能源購買企業，全年增加了 2.7GW，到 2020 年初，全球超過 229 家領先的公司加入了 RE100 計畫 (致力於使用 100% 再生能源)。

2019 年底出現 COVID-19 危機對再生能源部門的影響，2020 年第一季全球電力需求下降 2.5%，煤炭和石油需求分別下降近 8%和 5%。再生能源由於運營成本低廉，加上優先併網，成為新冠肺炎期間電力需求增長最快的唯一能源來源。在中國，2020 年 1 月和 2 月的火力發電量下降了 9%，而風能和太陽能發電量分別增長了 1%和 12%。在歐盟和英國，煤炭發電量在 2020 年 3 月 10 日至 4 月 10 日期間下降了 29%，而再生能源發電量占全部發電量的 46%，相比 2019 年同期增長了 8%。這場危機對整個再生能源部門的直接影響，包括電網運營商面臨高再生能源併網及開發商受限於勞動力和供應鏈中斷，太陽光電項目因中國工廠關閉而停滯不前，中國工廠到 2020 年初截止占全球組件供應的 70%，而依賴於住宅安裝的公司大量裁員。對陸上風電供應鏈的影響增加了引用不可抗力條款終止項目工作的可能性，引發了整個行業的連鎖反應。儘管歐洲大多數風力渦輪機和零組件工廠繼續運營，但中國的零部件和材料供應中斷，許多渦輪機製造商撤回了對投資者的收益指引。離岸風電在短期內基本不受影響，因為截至 2020 年中，大多數項目處於建設後期。2020 年下半年新冠肺炎重點已從救援到恢復，呼籲「綠色復甦」的呼聲越來越高，社會各個方面的廣泛參與者呼籲制定一個雄心勃勃的刺激方案：優先考慮再生能源、能源效率、電網現代化和資源高效運輸；以減少排放為條件，對排放密集型產業進行紓困；促進「綠色金融」。

除了 COVID-19 對再生能源的重大影響外，2019 年有幾項重大的國際政策宣示對再生能源具有重要的政策意涵：

- 氣候變遷的公民意識增強：遍布 28 個國家和地區，覆蓋 8.2 億公民的 1,480 個主權轄區發布了「氣候緊急情況」聲明。
- 許多國際投資機構從化石燃料撤資：包括歐洲投資銀行，挪威的主權財富基金和美國高盛投資銀行，完全或部分地區的全球資產撤資總值達 11 兆美元。同時，在全球南方(Global South，泛指非洲、拉丁美洲和亞洲發展中地區的國家集團)舉行了首次主要的撤資及投資會議，有來自 44 多個國家的代表參加。
- 非洲開發銀行批准了沙漠化發電計畫：旨在保證 Sahel 地區(非洲北部撒哈拉沙漠和中部蘇丹草原地區之間的一條總長超過 5,400 公里、

最寬可達 1,000 公里的地帶)11 個非洲國家獲得再生電力。

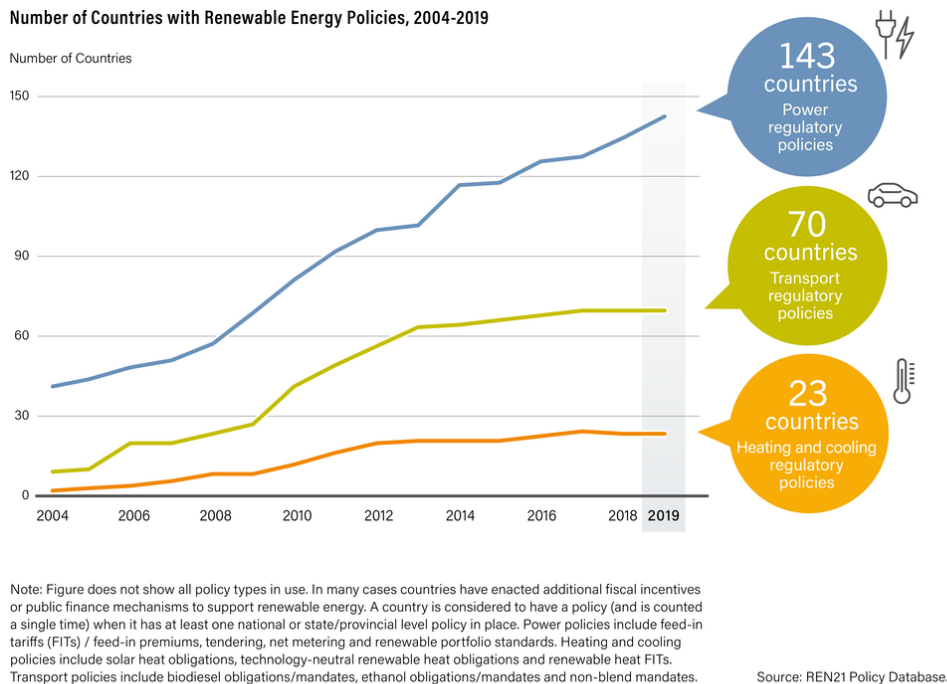
- 實現零碳排放淨額的承諾：全球有 77 個國家，10 個地區和 100 多個城市宣布到 2050 年實現淨零碳排放的承諾，並且歐盟委員會提出了一項歐洲綠色交易路線圖，以在 2050 年之前創建第一個碳中和大陸。

- 零碳建築物倡議：2019 年在聯合國氣候行動峰會上啟動，旨在制定建築物的脫碳路線圖，並在 2050 年之前籌集 1 兆美元的資金。

21 世紀再生能源政策網絡研究機構(REN21) 是一個國際政策網絡研究機構(主要成員包括：超過 65 個產業協會、國際組織、國家政府、非政府組織、科學及學術機構等組成)，自 2005 年首次發布再生能源全球現狀報告，蒐集來自全球超過 900 個資料來源，每年定期於 6 月發佈最新的全球再生能源現況報告(Renewables Global Status Report)，透過全球 180 個再生能源領域專家審視，共同完成每年的再生能源現況報告，提供全面即時的再生能源資訊，反應出公私部門的多元觀點，包括：政策現況、市場及產業、投資流向等。茲將 REN21 出版的 2020 年最新再生能源發展重要資訊，分別摘述如下：

二、政策現況

再生能源發展分成三大領域：電力、運輸及熱冷利用。圖 1 反應出全球再生能源政策推動在三大應用領域的不均衡，主要焦點仍集中在電力部門，相對於 2018 年的 135 個國家推動再生能源發電政策，2019 年又增加了 8 個國家，共有 143 個國家推動再生能源發電政策。運輸部門的再生能源應用政策推動並未持續增加，自 2017~2019 年皆維持 70 個國家推動相關政策。2019 年制定再生能源熱冷應用政策的國家，相較於 2018 年有增加了 3 國家，共計有 23 個國家。
















REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 1、再生能源政策的推動國家成長趨勢(2004-2019)[1]

表 1 顯示 2019 年的再生能源新增投資金額(含電力及燃料)為 3,017 億美元，相較 2018 年新增 57 億美元。再生能源發電裝置容量(不含水力)累計達到 1,437GW，相較 2018 年增加 185GW，主要以太陽光電及風力發電為主。熱冷利用及運輸部門的再生能源新增量在 2019 年呈現微幅上升。再生能源發電占全球電力的 27.3%，全球建築物的熱冷利用使用現代化的再生能源比例約 13.6%，全球農業及工業使用再生能源的比例約 14.5%，全球運輸部門使用再生能源的比例約 3.3%。再生能源在熱冷利用及運輸部門缺乏積極永續性的低碳推動政策，使得能源轉型效益(包括潔淨空氣及能源安全)並未達到最大化。

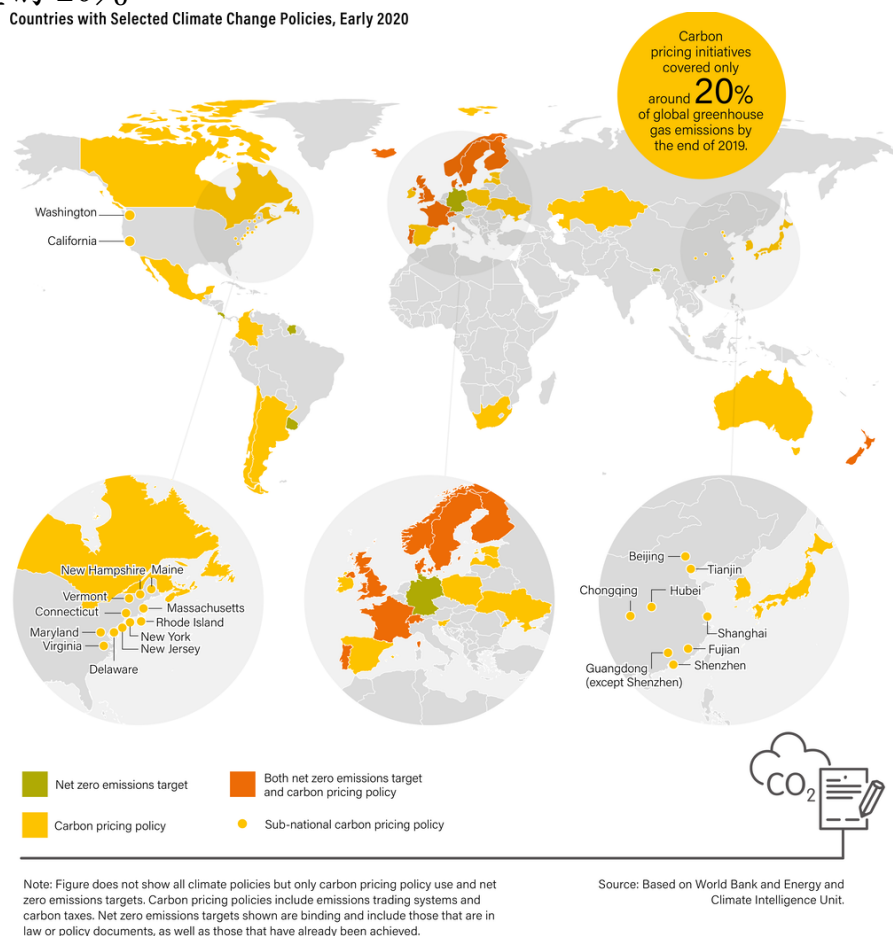
表 1、2019 年全球再生能源發展指標[1]

		2018	2019
INVESTMENT			
New investment (annual) in renewable power and fuels ¹	billion USD	296.0	301.7
POWER			
Renewable power capacity (including hydropower)	GW	2,387	2,588
Renewable power capacity (not including hydropower)	GW	1,252	1,437
 Hydropower capacity ²	GW	1,135	1,150
 Wind power capacity	GW	591	651
 Solar PV capacity ³	GW	512	627
 Bio-power capacity	GW	131	139
 Geothermal power capacity	GW	13.2	13.9
 Concentrating solar thermal power (CSP) capacity	GW	5.6	6.2
 Ocean power capacity	GW	0.5	0.5
HEAT			
 Modern bio-heat demand (estimated) ⁴	EJ	13.9	14.1
 Solar hot water demand (estimated) ⁵	EJ	1.4	1.4
 Geothermal direct-use heat demand (estimated) ⁶	PJ	384	421
TRANSPORT			
 Ethanol production (annual)	billion litres	111	114
 FAME biodiesel production (annual)	billion litres	41	47
 HVO biodiesel production (annual)	billion litres	6.0	6.5
POLICIES⁷			
Countries with renewable energy targets	#	169	172
Countries with renewable energy policies	#	158	161
Countries with 100% renewable energy in primary or final energy targets	#	1	1
Countries with 100% renewable heating and cooling targets	#	1	1
Countries with 100% renewable transport targets	#	1	1
Countries with 100% renewable electricity targets	#	57	61
Countries with heat regulatory policies	#	23	23
Countries with biofuel blend mandates ⁸	#	70	70
Countries with feed-in policies (existing)	#	87	87
Countries with feed-in policies (cumulative) ⁹	#	113	113
Countries with tendering (held during the year)	#	48	41
Countries with tendering (cumulative) ⁹	#	98	109

氣候變遷減緩政策與再生能源發展密切相關。透過逐步淘汰化石燃料的使用和/或增加化石燃料的能源成本，直接或間接地刺激再生能源的部署。氣候變遷減緩政策包括禁止或淘汰化石燃料、制定減量目標減少溫室氣體排放（包括「淨零」承諾）、碳定價發展、排放交易計畫。截至 2020 年初期，全球實施氣候變遷減緩政策的國家如圖 2 所示。在 2019 年期間，有些國家頒布減緩氣候變遷與增加再生能源使用直接關聯的政策，例如：哥斯達黎加啟動了一項全經濟路線圖，到 2050 年實現淨零排放，其中包括增加工業、電力和交通運輸領域的再生能源使用政策的規範。德國新的 540 億歐元（605 億美元）氣候變遷計畫包括減少溫室氣體排放目標以及促進再生能源利用政策。美國紐約州新的氣候變遷立法設定到 2030 年減少溫室氣體排放並實現 70% 再生電力的目標。有些國家也承諾禁止或逐步淘汰化石燃料

的使用，包括：德國承諾到 2038 年關閉所有燃煤電廠，智利宣布到 2040 年逐步淘汰燃煤發電，美國新墨西哥州、華盛頓州和波多黎各領土承諾分別在 2031 年，2025 年和 2020 年之前關閉其燃煤電廠。目前承諾立法 2050 年達到淨零排放/碳中和的國家，包括：英國、法國、西班牙(草案)、及紐西蘭。到 2019 年底，至少有 57 個國家和地方政府以及歐盟通過直接徵稅或總量管制與交易計畫對碳訂定價格，但是碳定價及排放交易僅涵蓋全球溫室氣體排放量的 20%。

Countries with Selected Climate Change Policies, Early 2020



REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 2、全球實施氣候變遷減緩政策國家分佈圖[1]

再生能源在電力、運輸及熱冷利用的應用發展現況，詳述如下：

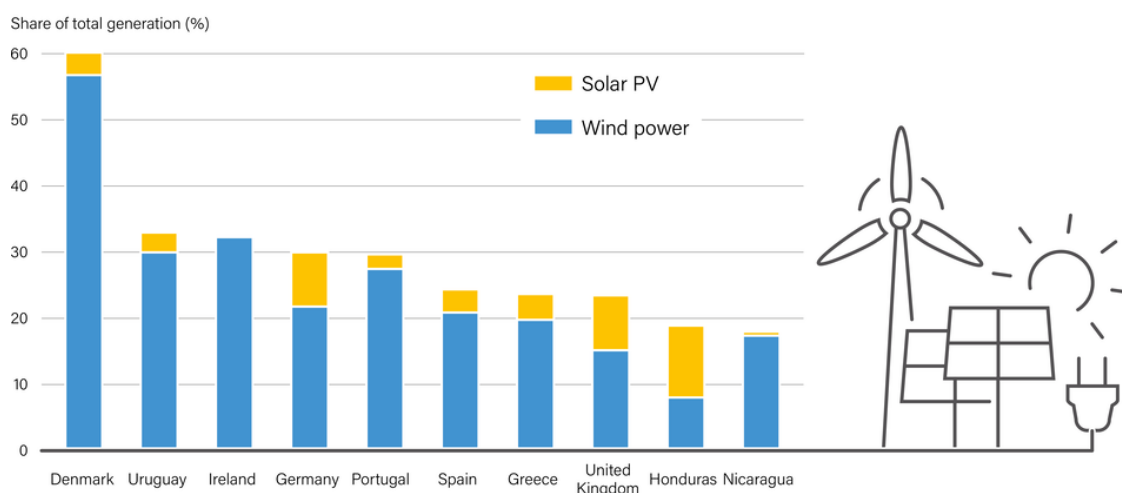
(一)電力應用

1.全球裝置量排名

至 2019 年底，再生能源占全球發電量的 27.3%，其中 8.7%來自變動

型再生能源(VRE)。2019 年，至少有四個國家(丹麥、德國、愛爾蘭和烏拉圭)的太陽光電及風力發電量占國家總發電量的 30%以上，其中，愛爾蘭及德國是 2019 年 VRE 發電占比首度突破 30%。2019 年太陽光電及風力發電量占比 20~30%，共計有 4 個國家(葡萄牙、西班牙、希臘、英國)，如圖 3 所示。

Share of Electricity Generation from Variable Renewable Energy, Top Countries, 2019




Note: Figure shows countries among the top 10 according to the best available data at the time of publication. However, several small-island countries with low total generation may be excluded from this list.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 3、2019 年變動型再生能源發電占比前十大國家[1]

2019 年總再生能源發電累計裝置容量（不含水力發電）前五名的國家和 2017~2019 年一樣，分別為中國(464GW，新增 60GW)、美國(202GW，新增 22GW)、德國(119GW，新增 6GW)、印度(92GW，新增 14GW)、日本(72GW，新增 8GW)。以人均為衡量指標評比再生能源發電國家全球排名顯示：以冰島居冠，接續分別為丹麥、瑞典、德國，澳洲擠下去年的法國，排名第五，如表 2 所示。

表 2、2019 年再生能源國家別發展全球排名 [1]

Technology	World Total	BRICS ^b	EU-28	China	United States	India	Germany	Japan	United Kingdom
	GW			GW					
 Bio-power	139	48	44	22.5	16.0	10.8	8.9	4.3	7.9
 Geothermal power	13.9	0.1	0.9	~0	2.5	0	~0	0.6	0
 Hydropower	1,150	530	131	326	80	45	5.6	22	1.9
 Ocean power	0.5	0	0.2	0	0	0	0	0	~0
 Solar PV ^c	627	256	132	205	76	43	49	63	13.4
 Concentrating solar thermal power (CSP)	6.2	1.1	2.3	0.4	1.7	0.2	0	0	0
 Wind power	651	292	192	236	106	38	61	3.9	24
Total renewable power capacity (including hydropower)	2,588	1,127	502	790	282	137	124	94	47
Total renewable power capacity (not including hydropower)	1,438	597	371	464	202	92	119	72	45
Per capita capacity (kilowatts per inhabitant, not including hydropower)	0.2	0.2	0.7	0.3	0.6	0.1	1.4	0.6	0.7

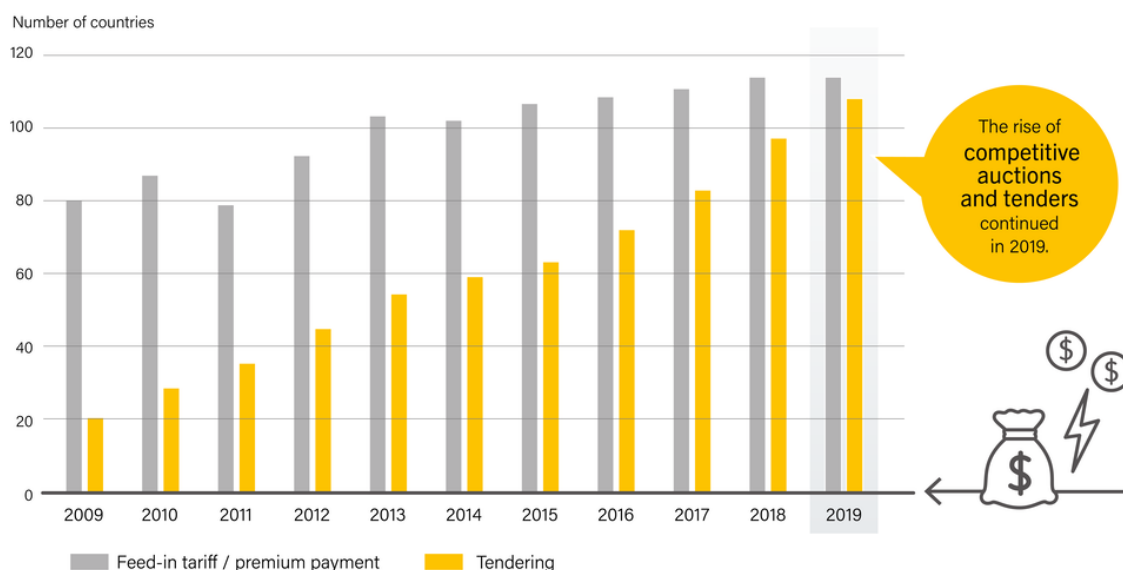
2. 全球政策現況

到 2019 年底，已有 166 個國家制定了再生能源發電目標，高於 2018 年的 162 個國家。2019 年設定更有企圖心的再生能源發展目標，包括：台灣通過修改再生能源發展條例，設定在 2025 年再生能源目標從目前的 5GW 拉高至 27GW。九個拉美國家設定 2030 年共同達成 70% 的再生能源發電目標。保加利亞、法國和希臘承諾更新 2030 年國家再生能源發電目標。韓國設定到 2040 年提高再生能源發電目標至 35%，超過先前目標的四倍。

再生能源發電政策機制已逐漸從固定政策轉變為拍賣或招標機制，如圖 4 所示，實施拍賣或招標機制的國家逐年快速增加，2019 年使用拍賣或招標機制的國家總數增加到 109 個國家（2018 年為 98 個國家），同時，2019 年的拍賣也繼續顯示創紀錄的再生能源發電低價，柬埔寨的拍賣達到東南亞最低的太陽光電購電價格。葡萄牙太陽光電拍賣價是迄今為止世界最低的。反觀，躉購費率機制(FIT)在 2018~2019 年皆停留在 113 個國家，沒有變動，甚至有些國家已經開始進行削減 FIT 併網價格或取消 FIT 機制，例如：西班牙因削減 FIT 計畫引發訴訟，2019 年為了平息正在訴訟的 FIT，同意為再生能源提供 7% 的十年保證報酬率。英國的 FIT 已於 2020 年 3 月

底結束。越南在 2020 年 4 月宣布允許在當年年底之前開始商業運營的太陽光電繼續參與 FIT 計畫，之後的太陽光電計畫將轉為拍賣機制。

Cumulative Number of Countries with Feed-in and/or Tendering Policies, 2009-2019



Note: A country is considered to have a policy (and is counted a single time) when it has at least one national or state/provincial-level policy. Some countries have used both policies.

Source: REN21 Policy Database.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 4、再生能源發電政策類別趨勢[1]

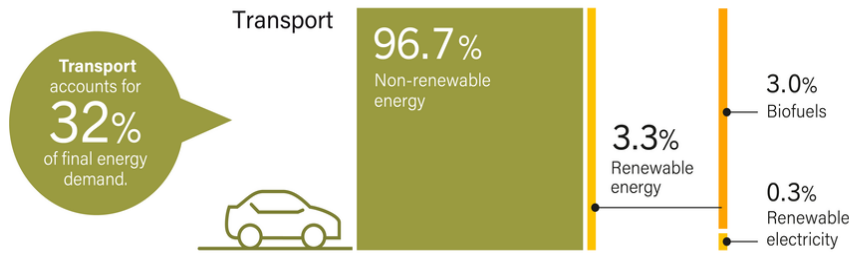
2019 年實施再生能源配額/義務制(RPS)的國家或地區，更新承諾的配額/義務目標，包括：美國新墨西哥州承諾到 2045 年實現 100%「無碳」電力的 RPS，其中至少 80%來自再生能源。內華達和馬里蘭州致力 2030 年達成 50%的再生能源發電。波多黎各設定 2050 年 100%RPS。大多數具有 RPS 或其他配額義務的轄區允許使用可交易的再生能源證書(RECs)。

(二)運輸應用

1.全球使用占比

交通運輸仍是再生能源使用占比最低的部門：2017 年，運輸業的能源 96.7%來自石油和石油產品，滿足了全球運輸能源需求，而生物燃料(3.0%)和再生能源電力(0.3%)只占了全部運輸能源需求的 3.3%(如圖 5 所示)。許多國家仍缺乏整體的交通脫碳戰略，包括減少對機動運輸的總體需求；過渡到更高效的運輸方式，例如(基於再生能源的)公共運輸和鐵路或非機動運輸，以及「主動運輸」(例如步行和騎自行車)；和提高車輛技術和燃料，例如透過更高的燃料效率和更高比例摻配的再生能源。

Renewable Share of Total Final Energy Consumption in Transport, 2017



Source: Based on IEA data.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 5、全球再生能源在交通運輸最終能源使用占比[1]

2.全球政策現況

到 2019 年底，至少有 70 個國家對傳統生質燃料(conventional biofuels)實行混合授權，而至少 9 個國家對先進生質燃料(advanced biofuels)提出了授權或激勵計劃，至少有 24 個國家對先進生質燃料提出了未來目標。2019 年，道路上的電動車數量接近 720 萬輛（中國為 340 萬輛），比上年增長 40 %。但是，在電動汽車與再生電力之間的直接政策聯繫的例子很有限。截至 2020 年初，只有一個國家（奧地利）和三個城市採取與再生能源直接相關的電動汽車政策或目標。儘管如此，至少有 28 個城市和 39 個國家或州/省對電動汽車和再生能源發電有獨立的目標，有助於再生能源更多地用於交通運輸，特別是在經濟刺激或其他政策支持相結合的情況下。到 2020 年初，歐盟已承諾 2050 年之前禁止新的化石燃料汽車或內燃機汽車的銷售，而採用低排放替代品（有些國家明確定義為電動汽車）。中國福建省的公交充電站使用太陽能為電動公交車充電。日本於 2019 年 3 月開始實施第一個完全依靠再生能源的都會鐵路運輸服務城市，澳洲墨爾本連接的 128 兆瓦的太陽光電發電系統併網提供專門電車系統電力的城市。

(三)建築物熱冷應用

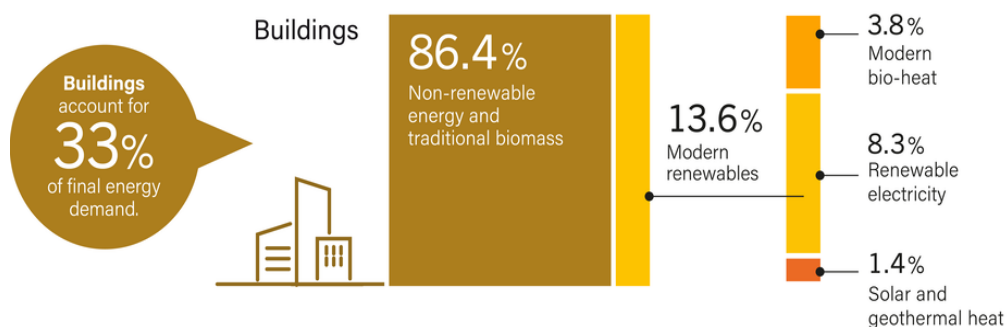
1.全球使用占比

再生能源貢獻於加熱及冷卻的方式有三種：(1)生質能直接燃燒；(2)地熱及太陽熱能直接利用；(3)以電能加熱或冷卻。2017 年再生能源滿足了建築物總能源需求的不到 14%，如圖 6 所示，總體而言，用於加熱和冷卻的能源仍然高度依賴化石燃料。2018 年，現代再生能源約占建築物供暖和製

冷需求的 10.1%，高於 2010 年的 8%，主要增長的驅動力來自於再生能源電熱能(3%)、地熱能(0.6%)、太陽熱能(1.5%)及現代生物熱能(5%)。

建築物中以再生能源發電的熱量正在以每年 5.3% 的速度快速增長。建築供熱電氣化越來越被視為一種有效且經濟高效的方法（例如，使用電熱泵）。2019 年有些國家啟動或完成了幾項證明建築物電氣化的益處的倡議和研究。

Renewable Share of Total Final Energy Consumption in Buildings, 2017



Note: Modern bio-heat includes heat supplied by district energy networks. Totals may not add up due to rounding.

Source: Based on IEA data.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 6、全球再生能源占建築物最終能源使用占比[1]

2. 全球政策現況

缺乏刺激建築物使用再生能源的直接政策行動，特別是與供熱和製冷最終用途有關的政策措施。美國加州是唯一在 2019 年對建築物中的再生能源引入新技術指令的轄區。禁止將化石燃料用於建築供熱的政策會鼓勵採用再生能源，並且是推動建築供暖電氣化的主要因素，2019 年許多地方政府（至少有四個國家政府）制定或承諾禁止在建築物中使用某些類型的化石燃料作為供暖來源。截至 2020 年初，有 6 個地區政府，28 個城市以及 48 個企業和組織簽署了《淨零碳建築物承諾》。2019 年，歐盟的能效建築物指令規定的新公共建築物是「近零能耗建築」，而標準設置適用於從 2021 年開始所有新建築。在氣候變遷承諾方面，提到對建築物採取行動的 136 個國家中，只有 51 個確定了與建築物中的再生能源有關的行動。同時，只有 25 個國家提到有關再生供暖和製冷的政策。

促進再生能源的企圖心與全面的建築能源法規是支持建築脫碳的關鍵工具。2019 年，僅 41 個國家/地區的 90 個司法管轄區，制定了強制性的建築能源法規，但是，能源法規的適用範圍通常僅限於新建和改建。因此，越

來越多的人意識到在具有強制性建築能源法規的國家和地區提高節能翻新率的必要性，一些倡議呼籲將翻新率提高至 3%。在 2019 年，歐盟建議到 2050 年將其翻新率從 2019 年的 1% 左右提高一倍。

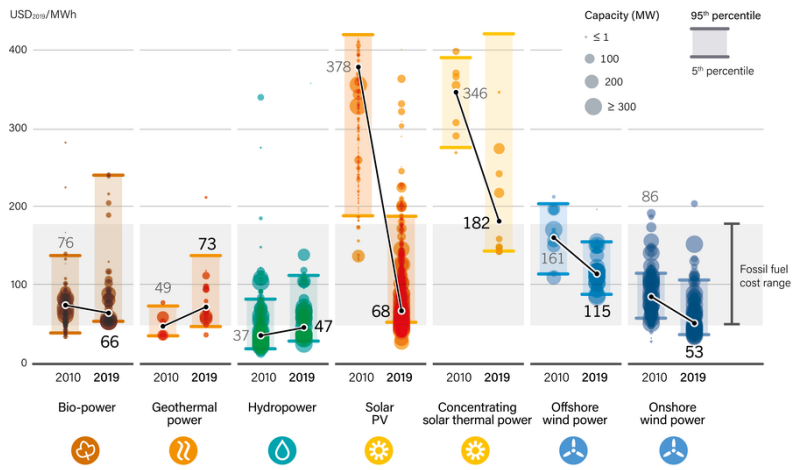
三、發電成本

2019 年與 2018 年相比，由於組件價格和系統平衡成本的下降，來自太陽能 and 風能技術的全球加權均化發電成本 (LCOE) 再次下降，2019 年全球太陽光電加權平均 LCOE 下降了 13%，略低於 2018 年的下降 15%。陸上風電成本下降了 9%，略低於 2018 年的下降 10%；但是，離岸風電的 LCOE 下降了 9% (是 2018 年下降 3% 的三倍)。這些成本下降的部分原因是技術進步和總安裝成本的下降，還有市場競爭的加劇。2019 年，全球地熱項目的加權平均 LCOE 增加至 73 美元/MWh，這反映了地熱市場稀少的波動性。

若以 2010 年至 2019 年這十年間的 LCOE 變動幅度來看，全球生物質發電項目的加權平均 LCOE 下降了 13%，離岸風電下降了 29%，陸域風電下降了 39% (從 86 美元/MWh 降至 53 美元/MWh)，CSP 發電下降了 47%，太陽光電發電下降了 82% (從 2010 年的 378 美元/MWh 降至 2019 年的 68 美元/MWh)。

圖 7 顯示由於不同技術的 LCOE 可能會因國家和地區而有很大差異。但是，從指標趨勢與傳統燃料的生產成本進行比較可以發現：2019 年，水力發電，生物發電和地熱發電在成本上仍與化石燃料發電技術競爭。全球太陽能和風能技術的加權平均 LCOE 在與化石燃料的價格競爭中變得更具競爭力。特別是在過去十年中，太陽光電、太陽熱能發電及陸上和海上風能的成本已急劇下降。自 2010 年以來，隨著更多具有挑戰性的地點被開發，全球平均水力發電成本已經上升，但 2019 年新增水力發電容量的 9/10，仍比最便宜的化石燃料及新能源發電成本低。

Global Levelised Cost of Electricity from Newly Commissioned, Utility-scale Renewable Power Generation Technologies, 2010 and 2019



Note: These data are for the year of commissioning. The diameter of the circle represents the size of the project, with its centre being the value for the cost of each project on the y-axis. The thick lines are the global weighted average LCOE value for plants commissioned in each year. The single band represents the fossil fuel-fired power generation cost range, while the bands for each technology and year represent the 5th and 95th percentile bands for renewable projects.

Source: IRENA.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 7、2019 年再生能源發電均化成本現況[1]

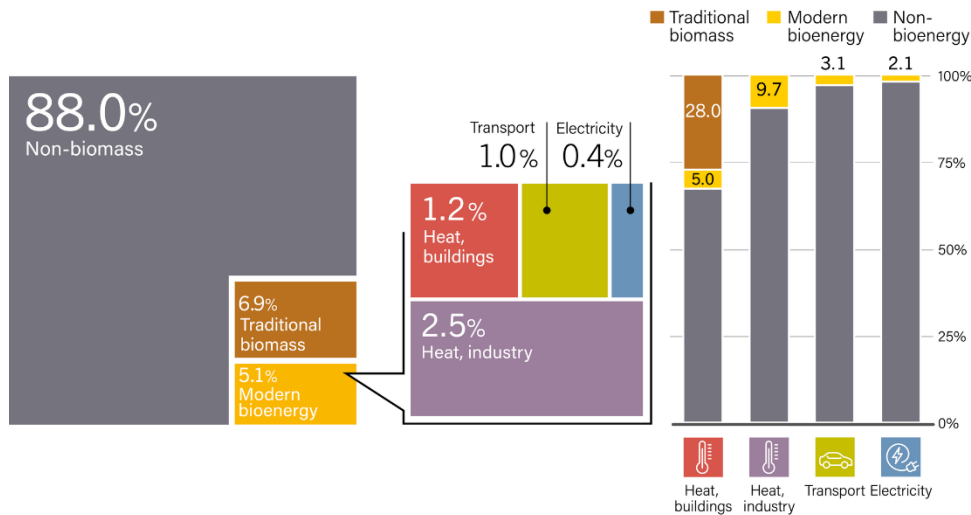
四、全球市場發展現況

每個國家依照各自資源秉賦發展再生能源。茲將各類再生能源全球市場發展現況說明如下：

(一)生質能源

生質能源可以轉換成各種能源，包括熱能、電能及運輸燃料。大部分的生質能源轉換技術皆已商業化，生質能源的永續生產和利用是一個關鍵問題。2018 年生質能占全球最終能源需求約 12%，其中傳統再生能源利用占 6.9%；現代再生能源利用占 5.1%。現代化生質能約提供建築物熱能需求的 1.2%；工業約 2.5%；電力約 0.4%及運輸需求約 1%(如圖 8 所示)。生質能源現代化利用成長相當緩慢，主要原因是缺乏政策誘因及化石燃料價格低的影響。茲將生質能源應用現況說明如下：

Estimated Shares of Bioenergy in Total Final Energy Consumption, Overall and by End-Use Sector, 2018



Note: Data should not be compared with previous years because of revisions due to improved or adjusted data or methodology. Buildings and industry categories include bioenergy supplied by district energy networks. Totals may not add up due to rounding.

Source: Based on IEA.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 8、生質能源占最終能源消費比例[1]

1. 生質熱能

生質能源用於工業供暖主要發生在大型生物產業的國家。巴西是 2018 年工業生質熱能最大的用戶(1.6 EJ)，主要料源來自製糖業產生的甘蔗渣在 CHP 系統中產生熱量。印度(1.4 EJ)也是主要的製糖生產國，是工業生質能源的全球第二大用戶，其次是美國(1.3 EJ)擁有重要的製漿和造紙工業。

歐盟 2018 年工業直接使用了約 0.96 EJ 的生質能源作為熱能，其中約 86%用於造紙、紙漿、木材和食品工業。2019 年歐盟市場繼續增長，例如，一家生物質熱電聯產廠在法國 Venizel 的一家造紙廠建成，其目標是每年使用 75,000 噸廢棄木材和 26,000 噸造紙和紙漿生產副產品為該廠的運營產生所有能源。建築部門的現代生質能源在 2018 年直接提供了 4.3 EJ 熱量，約佔總熱量需求的 4.6%。2013 年至 2018 年間，提供的生質熱量平均每年下降約 1%。

2. 生質電力

全球生質能發電容量在 2019 年估計增加了 6%，從 2018 年的 131GW 增加到 139GW。到 2019 年底，中國運營容量最大，其次是巴西、印度、德國、英國、瑞典和日本。亞洲地區是最大的生質能發電國，2019 年發電量為 225 TWh，增長了 17%，將近一半在中國。歐盟是第二大區域生產國，

發電量增加了 5%，達到 200 TWh。北美的生質能發電量略有下降（下降 2%）至 76 TWh。日本的生質能發電容量增加了 8%，達到 4.3 GW，發電量增加了 18%，達到 24 TWh。韓國受到再生能源憑證計畫和上網電價的刺激，生物發電量增長了 50%，達到 10.9 TWh。歐盟根據新的《再生能源指令》，生物發電容量和發電量繼續提高，2019 年生質能發電量增長了約 5%，達到 200 GWh，德國仍然是該地區最大的生質能發電國，主要利用沼氣發電。

3. 生質燃油

液態生物燃料的全球生產量在 2019 年增長 5%，達到 1,610 億公升（相當於 4 EJ）。儘管美國乙醇和生物柴油的產量下降，但美國仍是最大的生產國（占比 41%）。第二大生產國是巴西（占比 26%），第三是印尼（占比 4.5%），第四是中國（占比 2.9%）和第五是德國（占比 2.8%）。

2019 年，乙醇約占生物燃料產量的 59%，FAME 生物柴油占 35%，HVO/HEFA 佔 6%。其他生物燃料包括生物甲烷和高級生物燃料的產量仍然很低，估計不到生物燃料總產量的 1%。

美國和巴西是生質酒精的主要生產國，分別佔全球產量的 50% 和 33%，其次是中國、印度、加拿大和泰國。美國乙醇產量在 2019 年下降了 2%，主要原因是國內對乙醇的需求減少，以及美國環境保護署繼續支持小型煉油廠豁免。此外，正在進行的中美貿易談判限制了乙醇出口的機會。在巴西，生質酒精產量增長了 7%，主要驅動力來自更高的乙醇價格，鼓勵並引進 RenovaBio 的生產系統，有 10 個生產工廠投入運營，並且正在建設更多以玉米為基礎的產能，以利用 RenovaBio 預期的乙醇需求增長。

2019 年，全球生質柴油產量增長了 13%。生物柴油的生產在地理上比生質酒精生產更具多樣性，2019 年排名前五的國家佔全球產量的 57%，印尼是最大的生產國（佔全球產量的 17%），領先於美國（14%）和巴西（12%），德國（8%），法國（6.3%）和阿根廷（5.3%）。

(二)地熱發電與熱源

地熱發電及熱源都是屬於可控制的能源，2019 年，地熱發電量約為 95 TWh，而直接有用的熱能輸出約為 117 TWh (421 PJ)。2019 年新增了 0.7 GW 的地熱發電容量，使全球總量達到了約 13.9 GW。與 2018 年一樣，土耳其

和印尼在新安裝設施方面仍處於領先地位，緊隨其後的是肯亞。近年來日本的地熱發電能力幾乎沒有增長，自 1970 年代以來，日本地熱發電廠的平均容量係數一直在下降，部分原因是開發人員安裝的發電機相對於地熱場的長期蒸汽產生能力而言過大，從而導致蒸汽輸出量逐漸下降。儘管近年來裝機容量增長很少，但美國仍是地熱發電裝機容量的全球領先者，美國的地熱發電量在 2019 年產生了 16 TWh，與 2018 年基本持平，僅占美國淨發電量的 0.4%。歐洲只有少數幾個國家擁有地熱發電廠，大部分運營能力都在義大利和冰島。在世界各地，地熱能源的直接熱應用的提取在 2019 年增長了的估計 2.2 GW，或接近 8%，2019 年，地熱直接利用最多的國家是中國，土耳其，冰島和日本，約佔全球總量的 75%。直接使用的最大類別是沐浴和游泳，2019 年約佔直接使用的總數的 44%，並以每年約 9% 的速度增長。其次是空間供暖（約佔直接用量量的 39%），是增長最快的類別，年增長率約為 13%。其餘的 17% 直接使用分配給了溫室供暖（8.5%），工業應用（3.9%），水產養殖（3.2%），農業乾燥（0.8%），融雪（0.6%）和其他用途（0.5%）。

(三)水力

全世界的水力發電每年都在變化，不僅受到裝機容量變化的影響，而且還受到天氣模式和其他當地運行條件變化的影響，全球水力發電新容量估計為 15.6 GW，將全球總裝機容量提高到約 1,150 GW。總容量變化排名前十的國家/地區排名在很長時間內保持不變，依次為：中國，巴西，加拿大，美國，俄羅斯聯邦，印度，挪威，土耳其，日本和法國，到年底，全球產能超過三分之二。

抽水蓄能能力在 2019 年增長不多，在中國建成了一個 300 兆瓦的設施，在希臘建成了一個 3 兆瓦的設施。2019 年底總裝機容量為 158 GW。但是，正在計劃大量的新產能，部分是為了支持太陽光電和風能帶來的可變再生能源（VRE）的增長。2019 年正在開發的旨在直接促進 VRE 整合的項目包括澳大利亞、阿拉伯聯合酋長國，美國和津巴布韋的設施。

(四)海洋能

海洋能目前是各類再生能源市場占比最小的，儘管海洋能源的資源潛

力巨大，但這些技術仍處於發展初期。2019 年的淨新增電量約為 3 MW，總運行裝機容量估計達到 535 M。潮汐流裝置日趨成熟，其設計收斂於安裝在海底或固定在浮動平台上的水平軸渦輪機上。這些設備在性能上已顯出相當高的可靠性，2019 年的發電量大幅增加，總發電量超過 45 GWh，僅歐洲水域的潮汐流裝置在 2019 年就產生 15 GWh(比 2018 年增加 50%)。

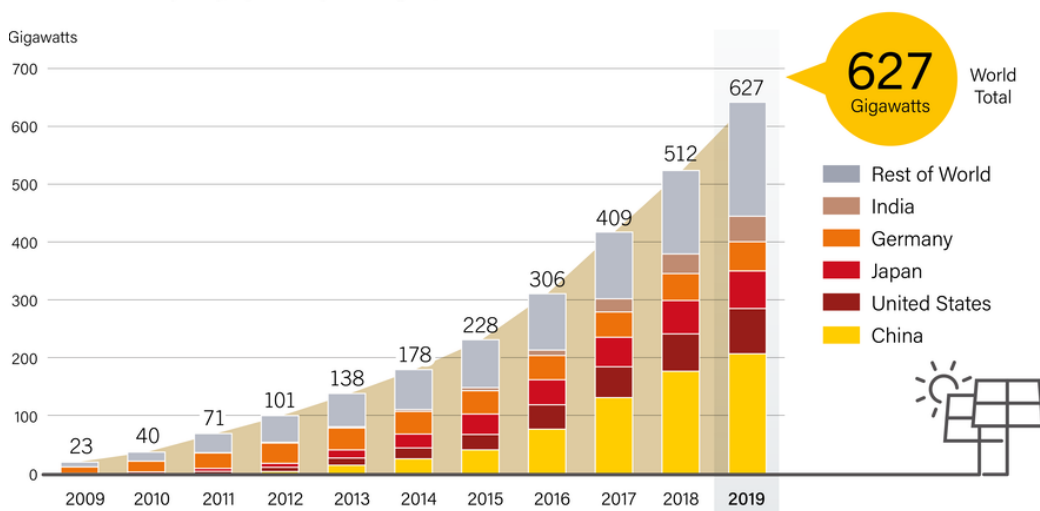
(五)太陽光電

不包括中國在內，全球太陽光電市場在 2019 年增長了約 44%，全球總計 627 GW(包括併網和離網容量)。2019 年，估計有 18 個國家增加了至少 1GW 的新產能，高於 2018 年的 11 個國家。到 2019 年底，至少 39 個國家的累積容量達到 1 GW 或更高，高於一年前的 31 個國家。2019 年底，有 22 個國家的太陽光電發電量足以滿足至少 3% 的電力需求，有 12 個國家的太陽光電發電量至少滿足 5% 的電力需求。以全年發電量來看，太陽光電發電約占宏都拉斯總發電量的 10.7%，意大利(8.6%)，希臘(8.3%)，德國(8.2%)，智利(8.1%)，澳大利亞(7.8)和日本(7.4%)等。全球太陽光電發電量約佔全球發電量的 2.8%。

亞洲已連續第七年超過其他地區安裝新裝置，佔全球新增裝置的一半，歐洲(17%)和美洲(15%)。圖 9 顯示亞洲前五個國家市場—中國、美國、印度、日本和越南—約占新裝機容量的 56%，低於 2018 年的四分之三，原因是全球市場的集中度有所下降。到 2019 年底，累計太陽光電發電容量的領先國家仍然是中國、美國、日本、德國和印度，但是以人均容量領先者是德國、澳大利亞和日本。2019 年中國市場的下滑主要是由於政策不確定性，中國的大型地面安裝系統市場在 2019 年下降了約 23%，分散式安裝(包括住宅)下降了 41%，但住宅系統的年度安裝量(4.2 GW)相對於 2018 年增長了 74%，超過了官方規定的水準。亞洲第二大市場和全球第三大市場是印度，年度安裝量在 2018 年大幅增長之後在 2019 年有所下降，下降的原因有很多，包括經濟放緩、關稅上限和與投標參與有關的更高成本、付款延誤、安得拉邦的電力購買協議(PPA)談判、與徵地有關的挑戰、缺乏輸電基礎設施和獲得電網連接的機會、流動性問題以及缺乏融資。日本市場也連續第四年萎縮，與高峰期(2015 年)相比大幅下降，主要原因是日本市場繼續受到電網限制，缺乏可用土地和低成本金融資源，太陽能發電價格高

(日本的價格是世界上最高的價格)和高昂的勞動力成本的困擾，即便如此，日本仍朝著 2030 年實現 82GW 的國家目標前進：2019 年增加了約 7GW，總計 63GW。太陽光電發電估計在 2018 年占日本總發電量的 7.4%。2019 年 EU-28 增加約 16 GW 的併網 PV，幾乎是 2018 年安裝的 8.2 GW 的兩倍，使總容量接近 131.7 GW。美洲在 2019 年占全球市場的 15% 左右，這在很大程度上要歸功於美國，美國在新裝機和累計裝機容量方面均位居全球第二，2019 年增加了 13.3 GW，總計超過了 76 GW。美國太陽光電發電在 2019 年占全國新增電力新增容量的近 40%，創歷史新高。

Solar PV Global Capacity, by Country and Region, 2009-2019



Note: Data are provided in direct current (DC).

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 9、太陽光電發電發展國家成長趨勢[1]

大多數浮動式太陽光電項目位於亞洲。2019 年，中國完成了幾座大型電廠，其中包括安徽省原煤礦區的 70 兆瓦項目；印度舉行了一個浮動太陽光電項目（70 兆瓦）的招標；葡萄牙舉行招標以尋求 10 個浮動太陽光電站的工程，採購和建築承包商（總計 50 兆瓦），越南於 2020 年初宣布了最終 400 兆瓦的試點拍賣。浮動太陽光電也正在海上建造，北海荷蘭海岸附近的試點項目已經完成，並宣布了阿拉伯聯合酋長國、韓國和新加坡沿海項目的計畫。到 2019 年底，預計將在 35 個國家/地區中運營至少 2.4GW 的總浮動容量，幾乎每個地區的項目都已完成或正在進行中。

(六)集熱式太陽熱能發電

全球 CSP 容量在 2019 年增長了 11%，達到 6.2 GW，運轉中的容量為 600 MW。這比 2018 年投產的 700 兆瓦有所下降。有五個國家啟用了新的 CSP 工廠：以色列以新增的 CSP 工廠領先市場，其次是中國、南非、科威特和法國。自從 1980 年代該技術首次商業化以來，所有 CSP 的新產能已連續第四年在西班牙和美國這兩個累積產能領先的國家/地區。

(七)太陽熱冷利用

太陽能熱加熱和冷卻系統在 2019 年為數百萬的住宅、商業、工業和公共客戶提供了服務。到年底，該系統已在至少 134 個國家/地區銷售，廣泛用於熱水、空間供熱和製冷等應用、產品乾燥和水脫鹽。中國仍然是世界上最大的太陽能熱系統國家市場，占世界的 69%。其次是美國、土耳其、德國和巴西。不包括中國，全球產能增長 3%，估計從 144 GW(2018)年成長至 148 GW (2019 年)。

(八)風力發電

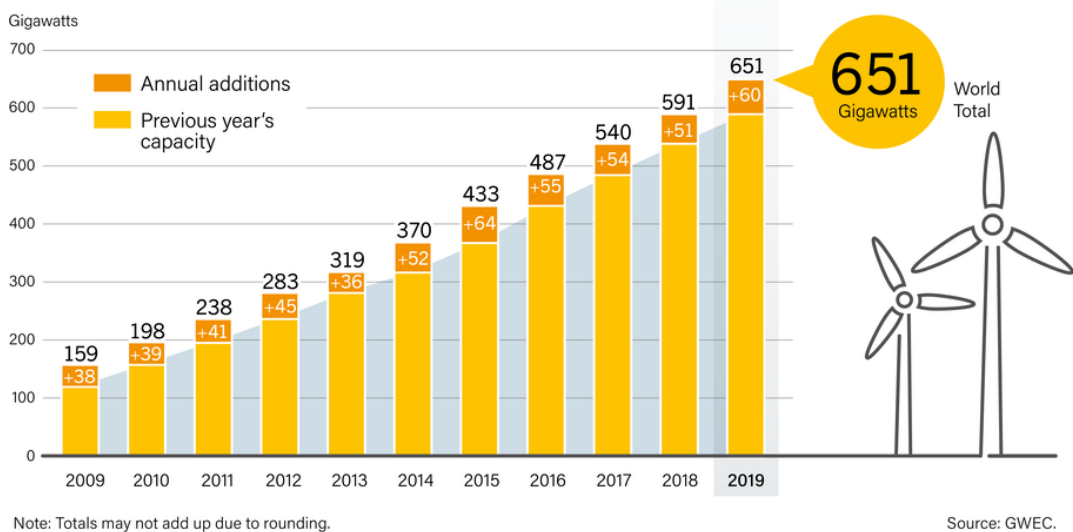
2019 年，全球風電市場增長了 19%，全球電網新增容量約 60GW（包括陸域 54GW 以上和離岸 6GW 以上）。這是有史以來第二大年度產能增加，繼 2015 年達到峰值（63.8 GW）之後連續三年下降。離岸風電在全球市場中扮演著越來越重要的角色，占 2019 年新增風電的十分之一，2019 年新安裝的風電裝機容量使全球總量增加了 10%，總計達到約 651GW（陸域 621GW，離岸 30GW）。(如圖 10 所示)

亞洲已經連續 11 年成為最大的區域市場，占新增容量的 50%以上(低於 2018 年的 52%)，到 2019 年底總量超過 292GW，歐洲 (24%)，北美美國 (16%)，拉丁美洲和加勒比海地區 (6%)。中國保持新產能（陸上和海上）的領先地位，緊隨其後的是美國、英國和印度（兩者的數量幾乎相等）和西班牙，這五個國家合起來佔年度安裝量的 70%。

在離岸風電領域，2019 年歐洲五個國家和亞洲三個國家的發電量達到創紀錄的 6.1GW（比 2018 年增長 35.5%），全球累計發電容量增加到 29GW 以上。截至 2019 年底，有 127 台離岸風機在海上運行，佔全球風電總裝機容量的不到 5%，但離岸風電新增裝機容量占有新裝機容量的 10%（高於 2015 年的 5%），2019 年是離岸風電投資創紀錄的一年，歐洲占新安裝量的 59%，亞洲佔 41%。在亞洲其他地方，台灣開始了其首個海上

公用事業規模(120 MW)項目，並宣布除了 2025 年達到 5.7GW 的目標外，該國還計劃在 2026 年至 2036 年之間再增加 10GW。日本近海裝機容量為 66 MW，其中包括啟動了 3MW 浮動裝機容量。歐洲仍然是世界上大多數離岸風電產能的所在地。2019 年，該地區增加了超過 3.6GW (比 2018 年增長 36%)，創歷史新高，使該地區的總量接近 22.1GW，其中各國新增容量為：英國 (1.8 GW)，德國 (1.1 GW)，丹麥 (374 MW)，比利時 (370 MW) 和葡萄牙 (8 MW)；除德國外，所有國家均創下新紀錄。英國占歐洲近海裝機量的一半左右，到 2019 年底時達到了 9.9GW，其中，英國 1.2 GW 的 Hornsea One 的所有渦輪機併網連接，使其成為世界上最大的離岸風電場，也是離海岸最遠的風電場。截至 2019 年年底，18 個國家 (歐洲 12 個，亞洲 5 個和北美 1 個) 有操作離岸風電的能力。英國的總容量 (9.9 GW) 保持領先，其次是德國 (7.5 GW)、中國 (6.8 GW)、丹麥 (1.7 GW) 和比利時 (1.6 GW)。歐洲約佔全球離岸產能的 75% (低於 2018 年的 79%)。

Wind Power Global Capacity and Annual Additions, 2009-2019



REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

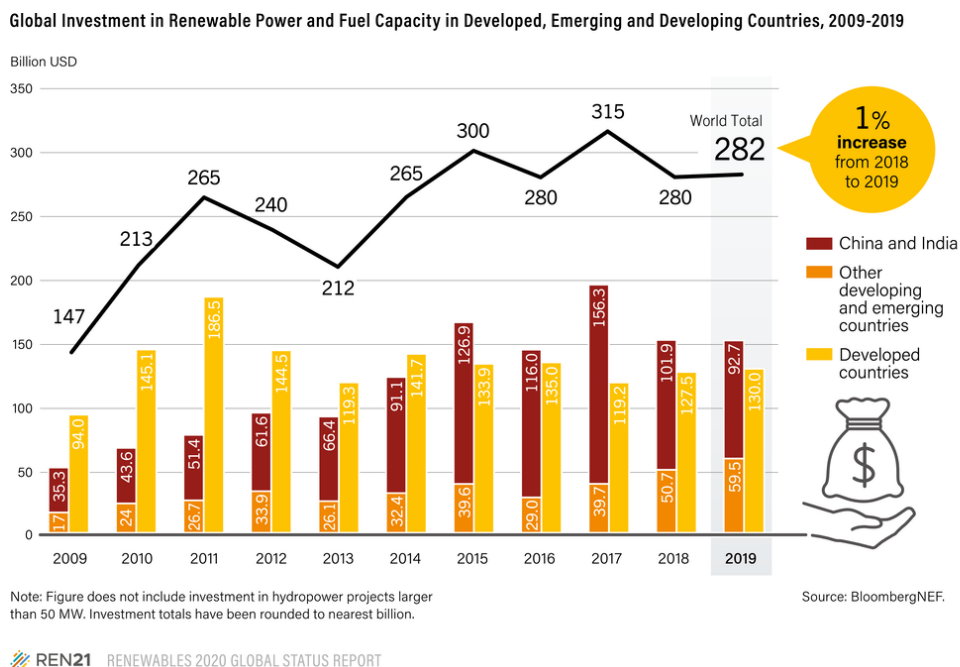
圖 10、風力發電全球容量成長趨勢[1]

五、投資動向

2019 年新增再生能源投資金額(包括再生能源電力及燃料，不含水力)約 2,822 億美元，相較 2018 年增加 1%(如圖 11 所示)。自 2010 年以來，每年對再生能源和燃料的投資已超過 2,000 億美元，幾乎是化石燃料發電容量投資的三倍，占新發電容量 (包括煤炭，天然氣和核能) 總投資的 71%。

再生能源投資的發展因地區而異，美國和巴西在內的美洲有所增加，但中國、歐洲、印度以及中東和非洲在內的所有其他地區卻有所下降。在發展中國家（包括中國和印度）的投資總額為 152 億美元，較 2018 年略有下降。儘管中國和印度的再生能源產能投資有所下降，但在這兩個國家以外的發展中國家的再生能源投資卻增長了 17% 達到 595 億美元。已開發國家再生能源容量投資在 2019 年增長了 2%，荷蘭、波蘭、西班牙和美國大幅增長，澳洲、比利時、德國和英國則下降。

再生能源產能投資最多的前十個國家包括六個已開發國家和四個開發中國家或新興國家。排名前五位的國家是中國、美國、日本、印度和台灣，接下來的五個國家是西班牙、巴西、澳洲、荷蘭和英國。



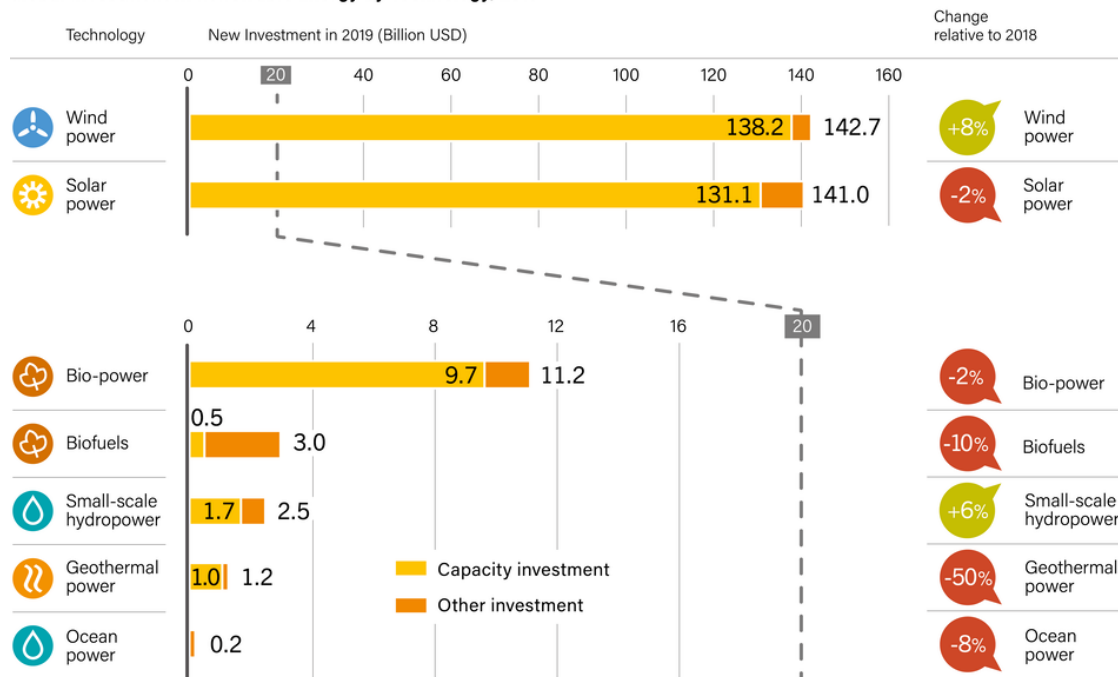
REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 11、全球再生能源投資趨勢[1]

圖 12 顯示風能和太陽光電在 2019 年繼續主導著對再生能源的新投資，分別約占總投資的 47%。風能和小水力是 2019 年唯一增加投資的技術，風電投資增長 8% 至 1,427 億美元。自 2010 年以來，風電容量投資首次超過了太陽光電發電，小水力技術投資增長 6%，達到 25 億美元。其他再生能源技術在 2019 年難以吸引資本支出承諾，最顯著的是，地熱總投資下降了 50%，至 12 億美元，遠低於 2011 年的峰值 38 億美元；生質燃料投資下降了 10%，至 30 億美元，也遠低於 2007 年 264 億美元的峰值，由於沒有新的政府採購指令，整個行業陷入停滯。在生物質和廢棄物轉化為能源投資的

技術也略有下降（下降 2%）。

Global Investment in Renewable Energy by Technology, 2019



Note: Capacity investment values include asset finance volume adjusted for re-invested equity as well as small distributed capacity investment for solar power. Total investment values include estimates for undisclosed deals as well as R&D and company investment (venture capital, private equity and public market new equity).

Source: BloombergNEF.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

圖 12、全球再生能源技術新增投資變動[1]

再生能源投資的資金來源與管道如表 3 所示。再生能源的研究與開發（R&D）支出在 2019 年增長了 1%，達到 134 億美元。在經歷了三年的增長之後，政府研發相對於 2018 年增長了 4%，達到 57 億美元，而企業研發下降了 1%，達到 77 億美元。

再生能源的風險資本和私募股權投資（VC / PE）在 2019 年增長了 22%，達到 30 億美元，這是自 2015 年以來的最高水平，但不到其 2008 年峰值的三分之一。主要原因是再生能源技術以及製造技術現已成熟，因此與十年前相比，這種早期融資的需求減少。太陽能公司繼續吸引最多的 VC/PE 投資（增長 29%，達到 18 億美元），而風電 VC/PE 投資達到 5.29 億美元。

再生能源公司和基金的公開市場投資增長了 11%，達到 66 億美元，僅是 2007 年創下的峰值的三分之一。由於太陽能和風電（主要行業）現在已由成熟的全球公司所主導，因此需要吸引投資者。首次公開募股（IPO）籌集的資金增長了 47%，達到 20 億美元，但仍遠低於 2007 年的峰值。

併購活動不算在新增的再生能源投資中，在 2019 年下降了 34%，至

1007 億美元，結束了連續五年的強勁增長。主要原因是由於出售和購買太陽能農場等資產的下降。企業併購（M&A）下降了 6%，至 137 億美元。私募股權收購額下降至 32 億美元，僅是 2017 年和 2018 年高點的一小部分。經過五年的增長，資產收購和再融資在 2019 年急劇下降，交易額達 838 億美元。歐洲資產收購和再融資保持較高水平，達到 442 億美元。在美國（下降了 49%，降至 233 億美元）和中國（下降了 32%，至 32 億美元）的活動均急劇下降。

表 3、全球再生能源投資來源[1]

Corporate and government R&D	Venture capital and private equity	Public market investment	Asset finance	Small-scale distributed capacity investment	Acquisition activity
13.4 billion USD	3.0 billion USD	6.6 billion USD	230.1 billion USD	52.1 billion USD	100.7 billion USD

六、能源系統整合

隨著高占比變動型再生能源發電提高，能源系統整合議題愈來愈受到關注，主要推進的關鍵措施如下：

- **獎勵或促進靈活性的戰略市場設計：**包括：營運、管制及市場。2019 年的市場設計干預措施包括美國加州獨立系統運營商宣布再生能源的日前市場，這將使公用事業公司能夠更好地規劃和優化 VRE 在電網上的使用。義大利電網運營商 Terna 實行日內電力市場的改革，以縮短 VRE 發電機饋入電網的預測時間，從而更準確地承諾 VRE 容量。新加坡零售電力市場的自由化使分佈式能源能夠開始提供靈活性服務。

- **直接從發電、需求和能源存儲來源採購靈活性服務：**VRE 發電機本身可以為電網提供基本的可靠性服務，包括頻率控制和調節，慣性響應，電壓調節以及無功功率電壓支持（也稱為功率因數校正）。主要是利用市場訊號（如使用時間定價、獎勵金和罰款）的需量反應計畫來影響 VRE 的用電量行為終端用戶。在芬蘭、德國西門子技術公司與政府合作，率先實施了一項計畫，將建築物的負荷與再生能源發電和電池儲能裝置

相結合，此類系統還可以與預測技術結合使用，建立一個虛擬電廠，根據電網的即時市場數據對需求預測做出反應。

- **改進對電力需求以及 VRE 發電和需求的預測：**準確預測電力系統需求和 VRE 發電量，使系統運營商可以預測 VRE 的可用性，並在短期能源市場調度中有效地平衡發電量和需求量，提高系統的靈活性和可靠性。在澳大利亞，研究人員結合了神經網絡和模式序列（人工智能和語言翻譯中常用的技術）來改善太陽光電發電預測。在英國，人工智能被用來評估多達 80 個影響太陽能發電量的變量，並將預測準確性提高三分之一。美國許多大學和研究機構都進行了太陽光電發電預測，而印度的一家公司正在組合多種數據輸入模型，提供增強的 VRE 預報工具。

- **不同地理位置的 VRE 資源之間以電網基礎結構的形式：**電網基礎設施，包括輸配電設備和技術，可以成為電力系統靈活性的關鍵推動因素。2019 年，世界大多數地區已經在進行或計劃進行電網基礎設施升級以直接支持 VRE 的增長。在歐洲，連接愛爾蘭和英國的海底輸電線路支持再生能源的使用，獲得了私人和公共資金的支持，並通過各種許可程序進行了推廣。在美國的幾個州，大型輸電項目正在開發中，目的是使區域能源市場與 VRE 項目相互聯繫。在澳大利亞，也計劃持續部署輸電基礎設施。

茲將儲能、熱泵及電動車等三項能源系統整合技術發展現況說明如下：

(一)儲能

與再生能源整合有關的廣泛商業化的儲能技術包括抽蓄水力，各種形式的電化學存儲，例如鋰離子，鉛酸和液流電池，以及某些熱能存儲系統（包括熔鹽存儲和熱水或冰）。2019 年各類儲能全球市場規模達到 183GW，機械儲能形式（抽蓄水力）佔了大部分，約 158 GW。

通過 VRE 的儲能和調度直接促進再生能源的整合，如圖 13 顯示電池儲能市場領先全球的前 4 大國家（韓國、中國、美國、德國）。澳洲電網級電池容量 143MW，相對於 2018 年增加一倍多。韓國電池安裝量相對於 2018 年下降了 70%，主要是因為電池安裝發生的一系列火災引發了安全疑慮。歐洲儲能市場（不包括抽蓄式儲能）也於 2019 年收縮，只增加了 1 GWh 的新儲能容量，總計 3.7 GWh，儘管電表後儲能市場（主要是住宅市場）增長

了約 5%，但電表前安裝量的下降而導致總體市場下滑。美國是電網級公用事業規模電池的領先市場，其中許多正在構建以實現更高的 VRE 占比或直接為電力系統提供可提高靈活性和彈性的服務，紐約安裝了 4.8MW 的電池作為需量反應計畫的一部分，亞利桑那州和德州正在開發的設施計畫提供需量反應和輔助服務。

2010 年和 2018 年之間的鋰離子電池容量的單元平均成本降低 85%。2015 年至 2020 年初之間，透過電解生產的低碳和再生氫的成本下降了 45%。

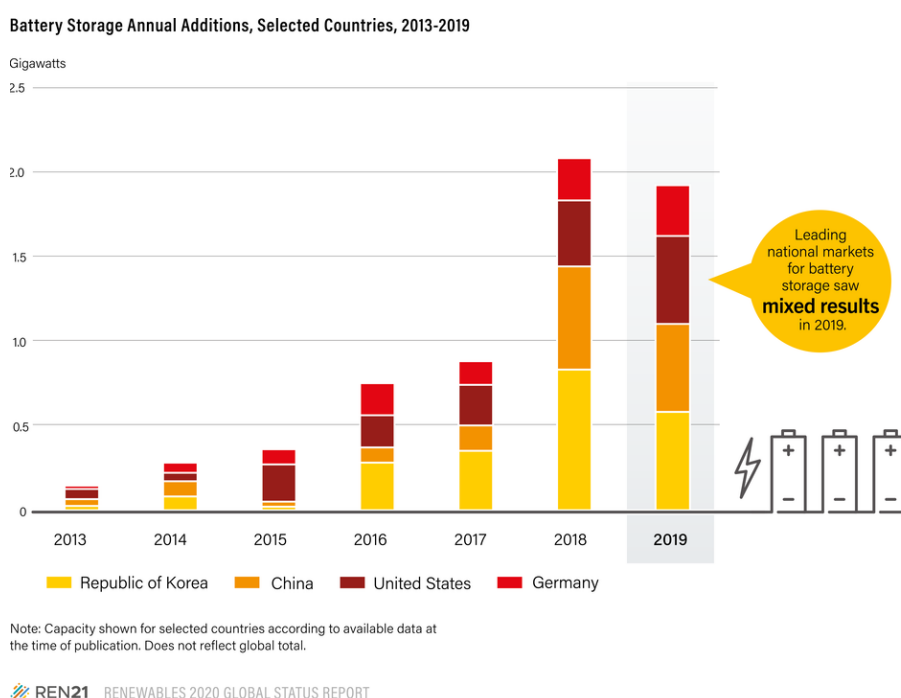


圖 13、電池儲能容量每年新增趨勢[1]

(二)熱泵

熱泵仍然只佔很小的市場占比，加熱應用服務約佔 3% 的全球建築供熱需求。2019 年，中國用於生活熱水的熱泵銷量達到 150 萬台。日本是熱泵水加熱應用的大型市場，在連續四年強勁的市場增長之後，2019 年的銷售額超過 50 萬。在歐洲，用於衛生熱水的熱泵的銷售總額約為 20 萬，滿足了歐洲建築物近 10% 的空間供暖需求。

(三)電動車

隨著市場份額的增長，電動汽車透過車輛到電網 (V2G) 技術來支持

VRE 整合的潛力。電動汽車市場在 2019 年繼續快速增長，全球電動汽車存量達到 2.59 億輛，約有 720 萬輛汽車是電動汽車，超過 50 萬輛是電動公共汽車，近 40 萬輛是輕型商用車 (如圖 14 所示)。在 2019 年，電動汽車僅佔全球存量的 0.6%，然而，電動汽車在新車銷售中的份額達到 2.5%，創歷史新高。到 2019 年底，中國佔全球電動汽車庫存的 47%，其次是歐洲(25%)和美國 (20%)。中國銷售的新電動車達到剛剛超過 100 萬台，比 2018 年少了 2 萬台。歐洲達到最高的銷售，約 56 萬台，其次是美國的 32.7 萬台。總體而言，2019 年電動汽車的全球銷量下降 6%。挪威仍是電動汽車總銷量中的領導者，佔 56%，其次是冰島(25%)、荷蘭(15%)和瑞典(11%)。

電動巴士的銷量連續第四年下降，反映出中國的銷量下降 20%，在中國註冊的新電動巴士約為 71,000 輛，佔全球銷量的 95%。其他地區的增長強勁，但數量要低得多。印度的電動客車存量增加至約 800 輛，歐洲的存量較 2018 年增加 60%，至約 4,500 輛。北美截至 2019 年底，約有 2,200 輛電動公交車投入運營。

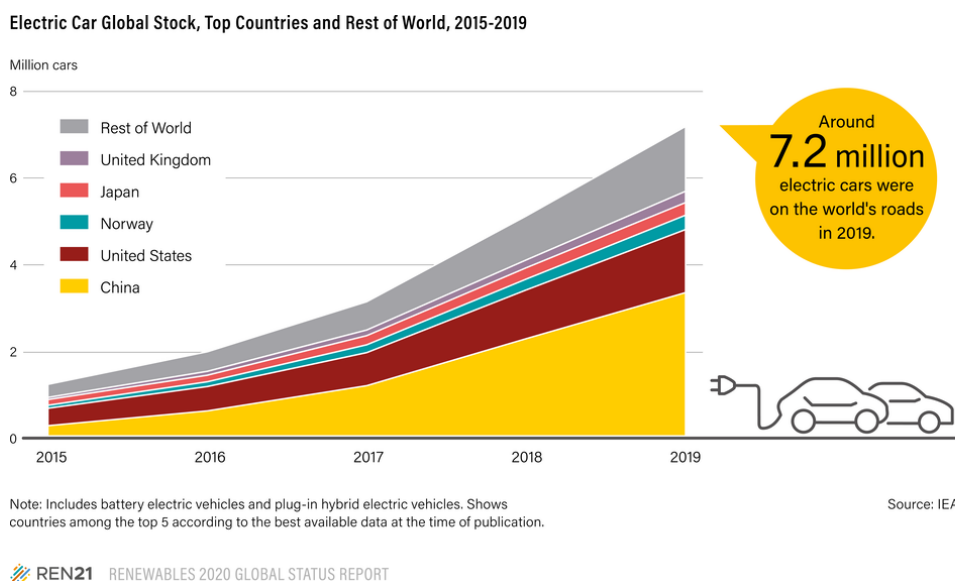


圖 14、全球電動小客車輛成長趨勢(2012-2017)[1]

2019 年安裝了約 200 萬個 EV 充電點，全球存量增加了 40%，達到 750 萬個，包括私人和公共充電器以及快速和慢速充電器，儘管總數中將近 90% 是私人慢速充電器。2019 年私人充電器的數量增長不到 40%，而公共充電器的數量增長了 60%。在 2019 年進入全球市場的新型公共快速充電器中，中國占了 80%。

七、臺灣再生能源推動現況

台灣自 2016 年展開積極的能源系統轉型，朝向非核低碳的能源願景邁進。2025 年設定再生能源發展目標為發電容量達到 27GW 以上，而且已於 2019 年 5 月 1 日由總統公布「再生能源發展條例修正案」中明確入法，顯示我國發展再生能源的決心。

2019 年臺灣再生能源發電量占比(包括水力)為 5.6%，相對 2018 年占比(4.6%)上升 1%。太陽光電發電占比創歷史新高達到 1.5%，風力發電占比為 0.69%，慣常水力發電量占比相對 2018 年(1.62%)上升至 2.02%，其他再生能源發電占比波動幅度不大。

圖 15 顯示我國再生能源推動願景，主要政策目標包括太陽光電、風力發電、節能、儲能、系統整合。除了目標量推動，同時亦規劃相關配套發展，包括綠色金融、產業發展及科技創新。另外，行政院在 2019 年 2 月核定智慧電網總體規劃方案修正，過去以技術導向電網建構為主，未來智慧電網策略規劃以「解決問題」為導向，將著重於系統整合智慧電網功能，智慧電網總體規劃方案主要架構以電網結構(發、輸、配、用)為主，另有產業發展、法規制度、資通訊基礎建設、及儲能系統。由此可看出，我國再生能源發展規劃構面與 REN21 報告強調的目標、市場/法規、投資/產業、系統整合等國際議題討論趨勢相符，顯示台灣目前的再生能源發展方向是與國際趨勢密切接軌。同時，台灣再生能源發展相關進展也被 REN21 研究機構納入國際重要資訊報告中。茲將我國再生能源發展現況及未來規劃說明如下：

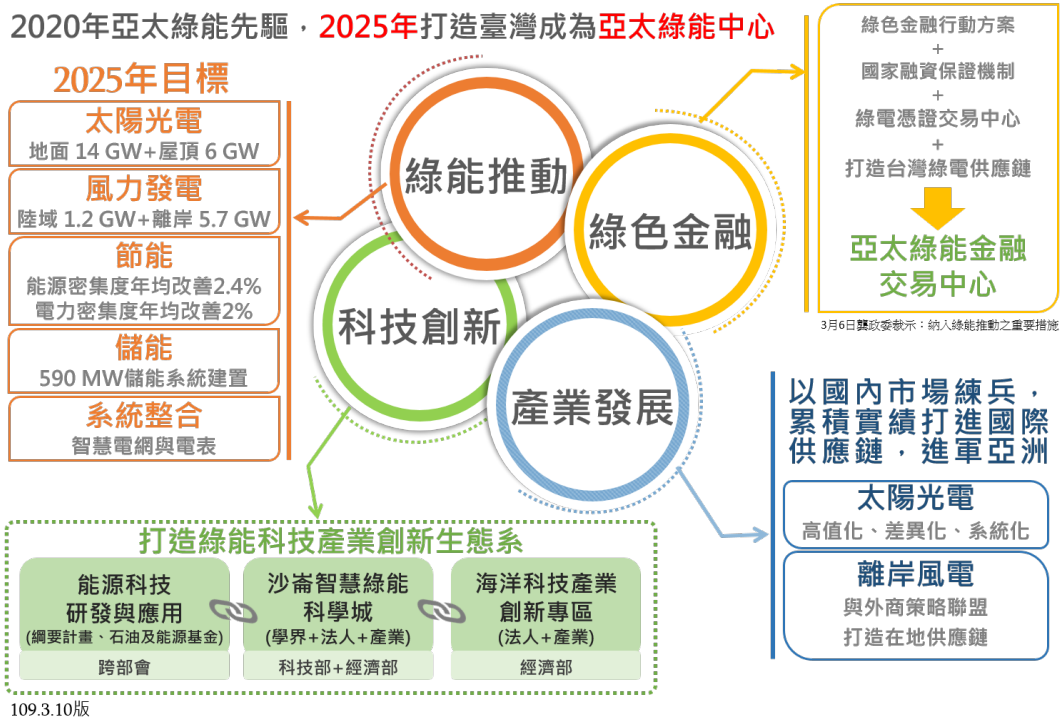


圖 15、我國再生能源推動規劃願景

(一) 太陽光電：

2025年裝置容量目標 20GW，太陽光電二年計畫(2016.07-2018.12)成功帶動新增裝置容量 1.8GW，超越原先設定 1.5GW 目標，累計裝置容量 4.3GW。2020年繼續啟動太陽光電 6.5GW 達標計畫。預計 2021年累計裝置容量為 8.7GW；2022年 11.2GW；2023年 14GW；2024年 17GW。預計 2022年我國將邁入 10GW 的國家行列中(如圖 16 所示)。目前太陽光電推動現況如下：

1. 屋頂型：新竹、中部及南部等三大科學園區皆已在公有建築物規劃設置太陽光電，同時也宣導廠商利用廠房屋頂閒置空間設置太陽光電設備，推動科學園區廠商落實再生能源政策。綠能屋頂全民參與推動計畫示範階段核定臺中市、雲林縣、嘉義市、臺南市及屏東縣等 5 縣市，截至 109 年 5 月底止，各縣市同意備案量為臺中市 1,120.85 kW、嘉義市 146.40kW、臺南市 94.925kW，共計 1,362.175kW。
2. 地面型：截至 109 年 5 月底止執行狀況，光電「埤塘、圳路」完工併聯共 37 處(容量 80.67MW)。台南鹽業用地已併網 52.8MW 測試運轉中。其他養殖生產專區、台糖不適耕作地及台糖營農型等目前正在與地方政府及環團進行生態評估審查。

3. 水面型：水利署推動水域空間（包含水庫、滯洪池及淨水場），已具體掌握 150 公頃，已併聯 31 案 56.51MW，109 年底前預期可符原訂併聯 90MW 目標，後續已掌握 7 案 26.05MW，將持續控管推動，擴大設置容量。
4. 配合「再生能源發展條例」修法(108 年 5 月 1 日公布施行)，經盤點修正後共需增訂 12 項、修訂 10 項之子法及公告，並廢止 3 項，截至 109 年 5 月底止，已完成公告 19 項、預告 5 項。

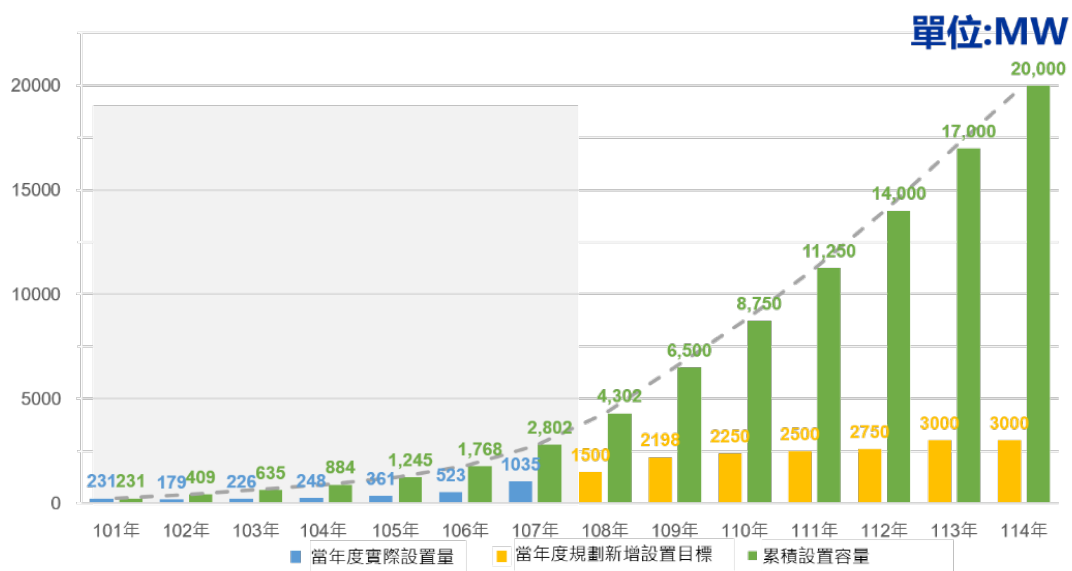


圖 16、我國太陽光電分年規劃設置容量[2]

(二)風力發電

2025 年裝置容量目標 6.9GW，陸域 1.2GW；離岸 5.7GW。離岸風電發展關係著我國再生能源推動目標推進及國產化的重責大任。國內離岸風電開發分三個階段，依序為示範、潛力、區塊逐步推動。2018 年 1 月公布「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，至此開展了我國離岸風電發展的里程碑，第二階段的競標開出破盤價每度電 2.2~2.5 元。能源局「先遴選、後競價」模式主要考量規模經濟可促使國家能源成本最適化，同時完成遴選配套的國產化推動及蒐集海事工程的驗證資訊。2018 年 6 月完成離岸風電的示範區及潛力區的遴選與競標作業，確認 5.7GW 風場開發商，開發業者依完工併聯時程，積極辦理離岸風場設置及相關國產化承

諾，將如期如質完成。至於第三階段的區塊開發，由於 2016 年底環保署已通過 10.5GW 的環評審查，扣掉前二階段的 5.7GW，還有 4.8GW 的空間可推動，預計隨著國內供應鏈逐步跟進，穩定開發後，再推動第三階段開發[3]。

1. 107 年 4 月 30 日及 6 月 22 日分別完成離岸風電規劃場址遴選作業及競價作業，將於 109~114 年陸續完工併聯發電。
2. 海洋示範風場已於 108 年 12 月 27 日正式商轉(128MW)。台電示範案(彰化)預計 2020 年底完成 109.2MW。其他各案場預計完成的年度及容量如表 4 所示。

表 4、台灣離岸風力發電 2025 年目標規劃容量與完工時程[4]

分配機制	併網年度	風場	開發商	裝置容量 (MW)
遴選	109	海能	上緯新能源、麥格理集團、JERA 集團	376
		允能	達德能源	320
	110	麗威	達德能源	350
		大彰化東南	沃旭能源	605.2
		允能	達德能源	320
		大彰化西南	沃旭能源	294.8
	112	彰芳	哥本哈根基礎建設基金	100
		彰芳	哥本哈根基礎建設基金	452
	113	中能	中鋼公司	300
		西島	哥本哈根基礎建設基金	48
		台電二期	台電公司	300
海龍二號		北陸電力、玉山能源	300	
競價	114	海龍二號	北陸電力、玉山能源	232
		海龍三號	北陸電力、玉山能源	512
		大彰化西南	沃旭能源	337.1
		大彰化西北	沃旭能源	582.9

3. 離岸風電配套基礎建設進度：興達港海洋工程區預計於 2020 年 10 月由沃旭完成廠房檢核並正式營運，人培中心及海創中心已於 2019 年 5 月 24 日動工。台中港產業專區重件碼頭新建工程已於 109 年 4 月 17 日竣工。彰化縣政府獲經濟部工業局前瞻基礎建設補助計畫「彰濱離岸風電運維基地計畫」全額補助案(4.2 億元)。

(三)系統整合佈建

1. 智慧電網：

- (1) 提升電力系統穩定運轉，納入 100kW 以上太陽能與風力即時監測發電資訊整合，協助掌握再生能源即時發電情況，並增加日

前/小時前預測準確率。2020 年完成電力交易試行平台建置；2025 年完成電力交易正式平台建置，建立電力交易市場機制。

- (2) 強化電網韌性及供電品質，運用自動化開關圖形資訊系統及即時監控資訊，應用 AI 及大數據分析，進行輸配電故障判斷與決策控制，大幅縮短復電時間，由 50 分鐘縮短至 5 分鐘。
- (3) 促使用戶參與節能與電力服務市場交易：高壓 AMI 已完成全數 2.8 萬戶(含用戶服務資訊系統)，掌握總用電 60%。低壓於 2018 年完成 20 萬戶，預計 2020 年完成 100 萬戶、2024 年 300 萬戶(總用電 82%)。隨著智慧電表安裝普及化，用戶端可即時掌握用電資訊，參與電力公司的時間電價等節能方案或是參加需量反應市場/備轉輔助服務市場，將用電權賣回電力公司獲取報酬。

2. 儲能系統：

長期再生能源發展趨勢下，電力市場服務愈來愈多樣化，帶動儲能技術的創新發展與商機，各國已積極進行技術建置與市場佈局。我國儲能系統佈建規劃：2018 年完成高雄永安、臺中龍井 2 處 2MW/2MWh 儲能系統實證場域；2019~2021 年彰濱工業區建置 8-10MW 儲能系統，逐年擴增併網設施；2022 年以後由電力業者推動大型儲能站設置、群聚式社區、企業商辦或工廠，引入區域能源中心概念區域電網儲能調度、尖離峰移轉、輔助服務等商業運轉。2020 年 5 月台電聯手台達電子設立 2MW 儲能系統於金門夏興電廠啟用，內含 40 呎鋰電池儲能貨櫃及 20 呎電網級功率調節系統(PCS)貨櫃組成，可儲存太陽光電與風力等電力、協助電網自動調整系統頻率。此套系統建置顯示台灣儲能系統與智慧電網的整合能力向前邁進一大步，「全國首座實際併入電網」接受即時調度，可實際「自動調整系統頻率」的儲能系統，若遇跳機等突發電力事件，可在 0.2 秒內瞬間供電救援，較過往傳統備用機組啟動約需 15 至 20 分鐘，快上數千倍。

八、結論與建議

建構永續能源的未來需要立即且強勢的政策行動。我國再生能源發展規劃構面與 REN21 報告強調目標、市場/法規、投資/產業、系統整合等多重面向的國際議題趨勢相符，顯示台灣目前再生能源發展方向是與國際趨

勢密切接軌。同時，台灣再生能源發展相關進展也被 REN21 研究機構納入國際重要資訊報告中，我國的再生能源發電政策不但符合國際趨勢，亦引起全球對臺灣再生能源發展的關注。

未來臺灣亦將加入 REN21 的先進再生能源發電占比超過 20% 的高度發展國家之列，因此，台灣再生能源整合系統佈建是 2025 年達標及穩健電力的重要關鍵因素，本研究提出下列結論與建議，作為再生能源系統整合的參考方向。

(一)管制政策與市場設計：

1. 我國已開始著手建置電力交易試行平台推動，初期建置目標是日前輔助服務及備用容量交易試行平台推動，相關執行辦法預計 2020 年 7 月正式對外公告，預計 2020 年底至明年初正式上路。2023 年完成電力交易試行平台測試，正式營運後，台灣在全球智慧電網指標評比可能往上提升。
2. 隨著我國智慧電表安裝普及化，目前台電開發的智慧電表數據服務已具有國外基本服務功能，未來可針對具有分散式電源(再生能源、儲能、電動車)等用戶，參考美國電力公司開發的智慧電表數據服務模式，促使用戶參加更多的節能方案及時間電價的削峰填谷效益，或是更積極透過第三方聚合商參加需量反應及輔助服務市場，提供台灣穩定電力更多的彈性調度來源。

(二)技術能力：

根據 2020 版的智慧電網總體規劃方案內容，2024 年底壓智慧電表安裝達 300 萬具及 2022 年區域儲能輔助服務商業運轉等建置目標，大致趕得上 2023 年正式電力交易平台實行。民間微電網系統整合技術能量超前佈署。

(三)標準建立：

1. 經濟部標準檢驗局已著手規劃儲能相關標準制定，目前台灣 CNS 草案主要針對電力儲能系統的絕緣耐壓、BESS 與電網之間的安裝指南、鋰電池耐火燒能量等設定標準，以利業者遵循。
2. 建議相關儲能系統標準應該在輔助服務市場開放前超前佈署，依照家

用、微電網、電廠級等不同儲能應用需求設定相關依循標準，才能建立一個安全穩固的儲能系統產業供應鏈。

(四)經濟有效的智慧電網整合方案：

建議台灣儲能系統在建置階段應審慎評估投資的成本效益，衡量新的商業模式收益是否足以回收期初投資成本，以鼓勵投資者進場並作為評估未來進軍國際市場的競爭力參考。

(五)電力資訊加值應用：

1. 智慧電網的基礎設施是智慧電表，但真正的「生命線」是數據。高質量的智慧電表數據可為公用事業創造更大的商機與電能管理效益，例如：為客戶開創新電力需求服務，協助檢測及隔離電力中斷，尖峰時段進行電流整合及平衡分配，進而使電網更具彈性。
2. 建議參考日本東京電力成立「電網數據銀行實驗室」或韓國電力公司成立「電力數據共享中心」，加速智慧電網資訊流應用商機拓展。

參考文獻

- [1]REN21, Renewables 2020 global Status Report, 2020.06.
- [2]能源局，太陽光電 2 年推動計畫(第二期)初步規劃，2019.06。
- [3]聯合新聞網，離岸風電第 3 階段招標再等等，2019.03.15。
- [4]綠能科技產業推動中心，產業創新計畫五加二，2020.05。.