



2022 年全球再生能源現況報告

計畫名稱：「國家總體能源政策發展規劃及決策支援能量建構」(2/2)

計畫研究人員／作者：施沛宏

allenkan0914@itri.org.tw

產出日期：中華民國 111 年 9 月 21 日



目 錄

一、前言	3
二、政策現況	4
三、全球市場趨勢	13
四、再生能源發電成本	21
五、投資動向	23
六、以再生能源為基礎的能源系統	25
七、臺灣再生能源現況與未來規劃	27
八、結語	28



中文摘要

21 世紀再生能源政策網絡研究機構(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。2021 年再生能源發電裝置容量又創下歷史新高，然在建築、以及交通運輸上的支持政策仍較少，而隨著能源價格上漲與俄烏戰爭的影響，如何透過再生能源替代化石燃料，以改善能源安全成為近期討論之核心。本文研析全球再生能源現況報告，期能提供最新國際再生能源資訊，以做為我國再生能源發展之借鏡參考。

關鍵字：再生能源、投資、市場

英文摘要(Abstract)

The renewable energy policy report of the 21st century research institute was published regularly in June, which provide comprehensive and timely renewable energy information. Renewables energy is another year of record growth in power capacity in 2021, but the policy support remains insufficient in the buildings and transport sectors. The role of renewables in proving energy security by replacing fossil fuels became central to discussions, an energy price increased sharply and as Russian Federation's invasion of Ukraine. This report hope provide the latest information of renewables by analyzing the Renewables Global Status Report, as the reference to Taiwan's renewable energy development.



一、前言

為因應前所未有的公共衛生危機，世界各國均希望把握住 COVID-19 後疫情時代的機會，進行綠色與公平的復甦，不幸的是，儘管 2021 年再生能源佈署又有創紀錄的成長，但這歷史性的機會已經錯過。2021 年底，化石燃料(煤炭、石油、天然氣)價格已飆升，而 2022 年 2 月俄烏戰爭使得情況更加惡化，截至 2022 年中期，全球正面臨巨大的能源危機。儘管已有顯著的證據證明再生能源為可提升恢復力以及支持脫碳最實惠的能源，然而世界各國政府仍持續以化石燃料補貼來控制能源費用，各國的目標與其實際行動之差距日漸擴大，這令人擔憂。

投資在再生能源電力與燃料的投資金額已連續 4 年有所增長，2021 年達到了 3,660 億美元，全球以太陽能與風力為主的再生能源發電量也創下歷史新高，首次超過全球電力占比 10%。太陽熱能與生質燃料繼 2020 年下滑後，強力的市場反彈效果改善了再生能源在供熱與運輸的未來展望，而強化的政策承諾、熱泵與電動運具快速成長的銷售量，也使得這些部門增加了再生能源電力的使用。

在此同時，多種因素使得全球轉向以再生能源為基礎的能源系統的進度持續減緩，2021 年全球能源需求反彈(成長約 4%)，而成長的部分多以煤炭與天然氣補足，這也導致碳排量增加將近 6%。此外，大筆資金也持續的投資與補貼化石燃料，2020 年的補助花費金額為 5.9 兆美元，相當於全球 GDP(Gross Domestic Product)總額的 7%。

再生能源在各部門的使用狀況與過去幾年相似，在電力部門仍為最高占比(28%)，然而電力最終消費僅占最終能源消費總量(Total Final Energy Consumption, TFEC)的 17%，同時，運輸部門占 TFEC 約 32%，但其再生能源占比最低(3.7%)，其餘的熱能使用，包含空間與水的供熱、空間供冷以及工業製程供熱，占了 TFEC 超過一半(51%)，然再生能源僅占 11.2%。

2020 年現代再生能源約占 TFEC 的 12.6%，相較 2019 年約增加 1%，



不過主要也是因為 2020 年能源需求的暫時性減少，而化石燃料占比幾乎沒有變化，使得再生能源占比增加。最後，為達到滿足全球能源需求與降低溫室氣體排放，發展節約能源、能源效率及再生能源以取代化石燃料是必須的，然而此進展過於緩慢，能源系統的結構性移轉漸形迫切，而能源效率與再生能源的經濟性，對於達成更安全、韌性、低成本及永續的能源未來，扮演重要的角色。

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(由超過 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 2,000 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)，透過超過 650 個再生能源領域專家、國際編撰團隊及 REN21 秘書處，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 2022 年最新再生能源發展重要資訊，分別摘述如下：

二、政策現況

在過去十年間，為因應氣候變遷與去碳化、能源安全、創造就業、平等及能源取得等廣泛的目標，各國對仰賴大量再生能源的全球能源轉型興趣漸增。為達到這些目標，各級決策者訂定了新的再生能源政策並強化既有政策。政策支持(如直接相關部分包含再生能源強制規範或誘因，間接相關部分諸如碳訂價與禁止化石燃料等)在驅動能源轉型上仍相當重要，尤其是難以去碳的部門，如建築供暖、運輸及工業部門。

截至 2021 年底，幾乎全球國家均實行至少一個再生能源規範政策以支持再生能源發展，如圖 1 所示，雖然大多數的行動還是聚焦在電力部門，然運輸與供暖的再生能源政策數量自 2018 年首度有所增加。除了國家層級政策發展外，越來越多城市也逐漸透過政策來支持再生能源。

FIGURE 14.
Number of Countries with Renewable Energy Regulatory Policies, 2011-2021

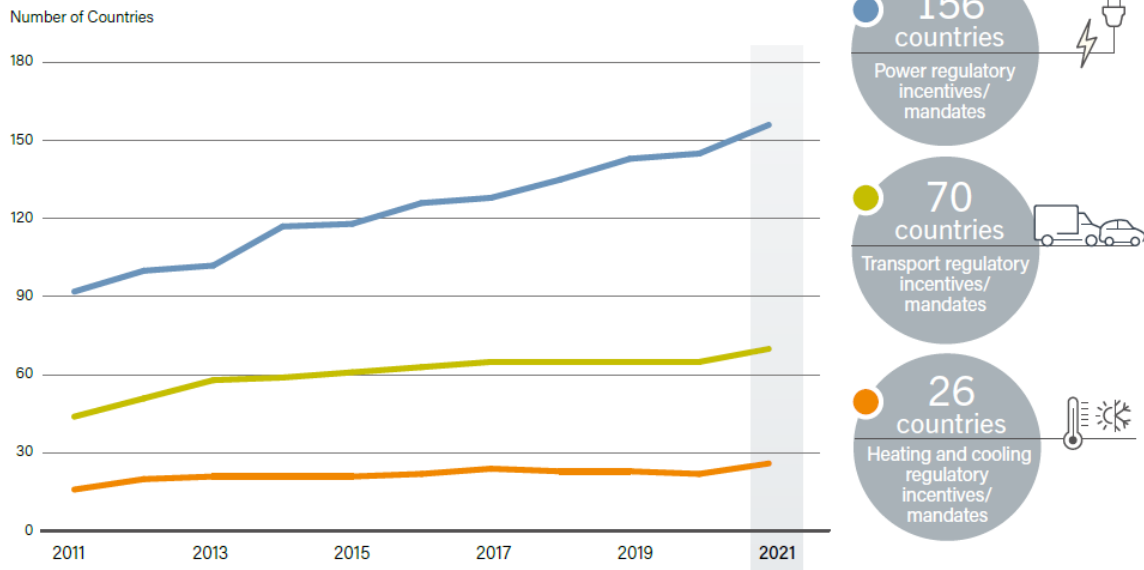


圖 1、訂定再生能源規範政策的國家數(2011-2021 年) [1]

推動脫碳為再生能源支持政策的重要推力，各國政府於 2021 年宣布一系列減緩氣候變遷的承諾；此外，2021 年底能源價格的上升，以及在 2022 年初，隨著俄烏戰爭的發展導致情況更加惡化，使得決策者更加關切能源安全議題，也因此提升了對再生能源的關注。目前全球決策者均關注電氣化在脫碳行動中的關鍵作用，並訂定使用更多由再生能源產生的電力之政策。

氣候變遷政策會透過強制或減少溫室氣體排放來間接刺激再生能源的發展，2021 年對於氣候政策之發展相當重要，由於 COVID-19 疫情影響，聯合國氣候談判於 2020 年被延後，各國政府於 2021 年 11 月在格拉斯哥 (Glasgow) 恢復氣候談判。2021 年共有 151 個國家修正或提交新的國家自主貢獻 (NDC)，多數提交的文件均具有減排的雄心，且經過格拉斯哥峰會的討論，達成了史上首個明確規劃減少煤炭用量的氣候協議。此外，多數國家在 2021 年提出了額外的氣候變遷政策，如透過目標設定(如淨零)、禁止或逐步淘汰化石燃料之使用、亦或透過碳訂價提升化石燃料之成本。

在再生能源目標上，截至 2021 年底，共有 166 個國家訂定相關目標，

以提升再生能源發展。如往年一樣，目標數量最多的仍是電力部門，共有 135 個國家有再生能源電力目標，其次為供暖與製冷部門，有 7 個新的國家宣布了新或修訂目標，而再生能源在運輸部門的相關目標數量顯著減少，自 2019 年的 46 個減少到 2021 年的 28 個。(如圖 2 所示)

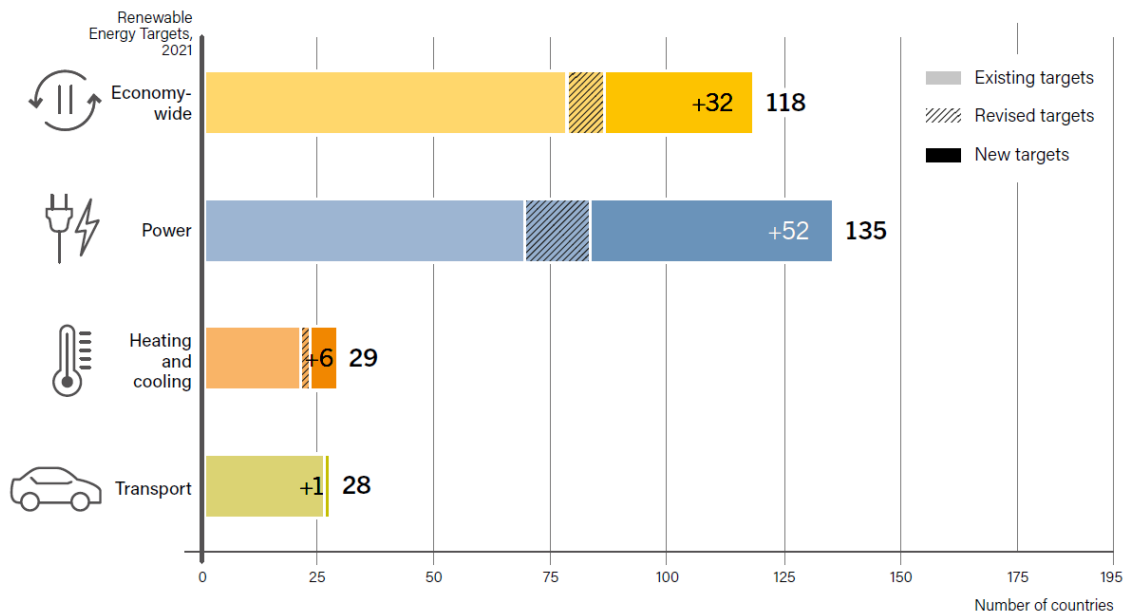


圖 2、2021 年全球再生能源相關目標數量[1]

再生能源逐漸被納入國家經濟發展計劃與策略的核心組成部分，尤其是考量到能源價格上升與能源供應安全，雖然目前並沒有此一趨勢的完整數據，然針對全球最大的新興經濟體(BRICS)之分析，除了俄羅斯聯邦(主要化石燃料生產國)，所有國家都明確將再生能源納入其國家計畫中。如巴西政府於 2021 年啟動綠色成長國家計畫，旨在將經濟成長與永續發展相結合；印度正在制訂的 2047 年願景已討論如何使該國成為再生能源領導者之目標；中國在其十四五規劃中，承諾大力發展風能與太陽光電，並擴大奠定基礎設施建設與儲能；南非的 2012 國家發展計畫包含 2030 年達到至少 20GW 再生能源電力裝置容量的目標。

部分國家已將後疫情復甦計畫做為支持轉型向再生能源的機會，從疫情開始到 2022 年初，各國政府承諾至 2030 年將投入超過 7,100 億美元至永續復甦措施，其中大部分的資金將投資到經濟合作暨發展組織(Organization

for Economic Cooperation and Development, OECD)成員國，特別是歐盟國家。希臘與義大利均已宣布後疫情復甦計畫，其中包含再生能源、儲能、能源效率和電動運具的投資；西班牙也宣布了一項再生能源相關技術的計畫(包括綠氫、儲能與電動運具)；加拿大的聯邦復甦計畫也支持了再生能源與電動運具。

(一)電力部門

1.再生能源發電裝置容量現況

2021 年為疫情後經濟初步復甦的一年，受到太陽光電與風力創紀錄的擴張，2021 年再生能源新增裝置容量成長了 17%，達約 315GW，全球再生能源總裝置容量成長 11%，達約 3,146GW，然而這些趨勢仍遠未達到 2050 年全球實現淨零排放所需之佈署，依據國際能源總署(IEA)淨零排放情境以及國際再生能源總署(IRENA)的世界能源轉型展望情境設定，至 2050 年，全球每年平均需增加 825GW 的再生能源裝置容量，如圖 3 所示。

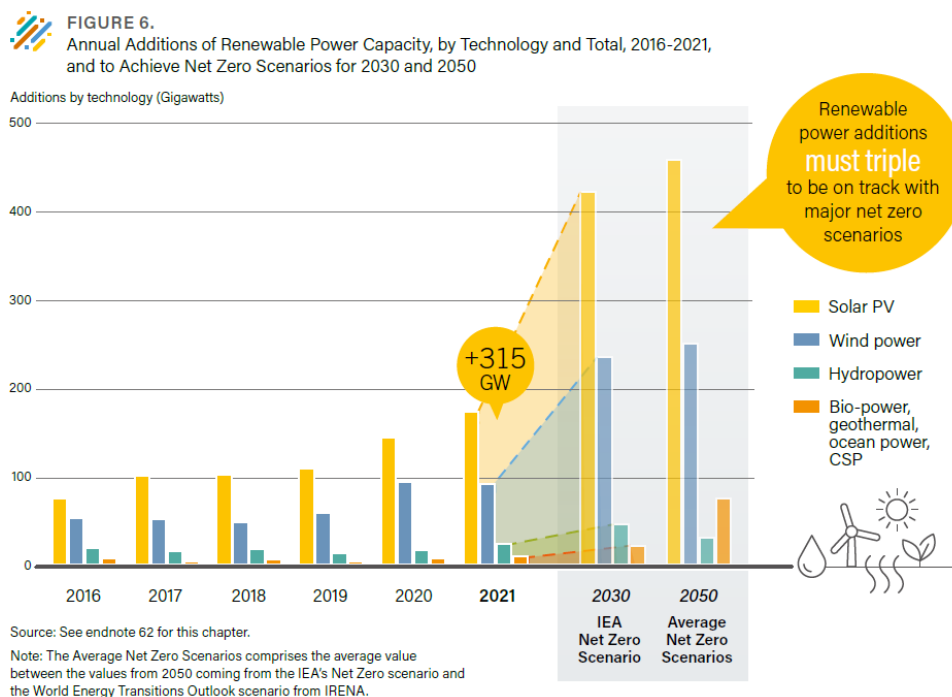


圖 3、再生能源歷年與達成淨零情境所需之新增裝置容量[1]

延續自 2012 年以來之趨勢，2012 年全球新增裝置容量大部分為再生能

源，即使全球能源市場出現反彈，再生能源在淨新增電力中的占比持續增加達 84%，如圖 4 所示。在政策支持與成本下降的推動下，太陽光電與風力占新增裝置容量比例相當高，其中，2021 年太陽光電裝置容量增加了 26%，達 175GW，占再生能源新增裝置容量一半以上；雖然與 2020 年相比，風力新增裝置容量有若下降，然仍增加了 7%(達 102GW)，占再生能源新增裝置容量的 36%，其餘分別來自水力、生質能與少數的地熱與海洋能。

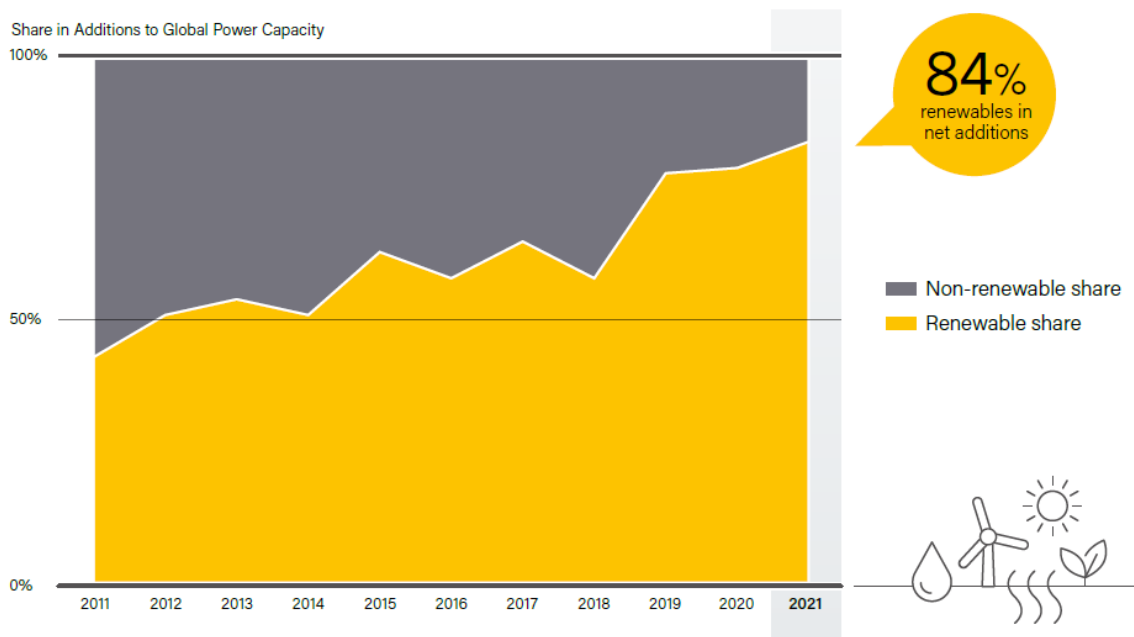


圖 4、2011-2021 年全球每年淨發電裝置容量比例[1]

2. 政策發展現況

延續過去幾年的趨勢，2021 年制定再生能源政策的國家數量再次增加，而電力部門再生能源的支持政策通常為：目標(target)、再生能源配額制度(Renewable Portfolio Standards, RPS)、上網電價補貼(Feed-in Tariff or Premium)、拍賣與競標(auctions and tenders)、再生能源憑證(Renewable Energy Certificates, RECs)、原產地保證(Guarantees of Origin, GO)、淨計量(Net metering)與其他鼓勵自我消費的政策，以及財政與金融獎勵(如補助、折扣或稅額抵免)。多數國家會藉由多種政策工具推動再生能源，以因應不同的再生能源申設技術、規模或其他特徵(如集中式、分散式)。

2021 年至少有 51 個國家針對電力部門訂定了新的目標或是進行更新，且截至年底，至少有 135 個國家均擁有某種形式的再生能源電力目標。在此同時，越來越多國家在電力部門，訂定了再生能源規範性政策，而在支持策略上，拍賣、競標和其他競爭性定價策略持續超過上網電價政策。

(1) 上網電價(Feed-in)政策：包含 FIT (Feed-in tariff)與 FIP (Feed-in Premium)，主要用於推動集中式與分散式再生能源發電，其目前仍為最被廣泛使用的再生能源支持政策機制(如圖 5 所示)。在 2021 年，擁有 FIT 的國家與行政區域數量增加至 92 個，FIT 政策具有激勵再生能源設置之效果，如愛爾蘭在 2015 年取消了 FIT，然 2021 年為促進公民和社區參與能源轉型，故重新引入了該制度；千里達及托巴哥(Trinidad and Tobago)亦導入 FIT 制度以支持其太陽能屋頂系統之設置。

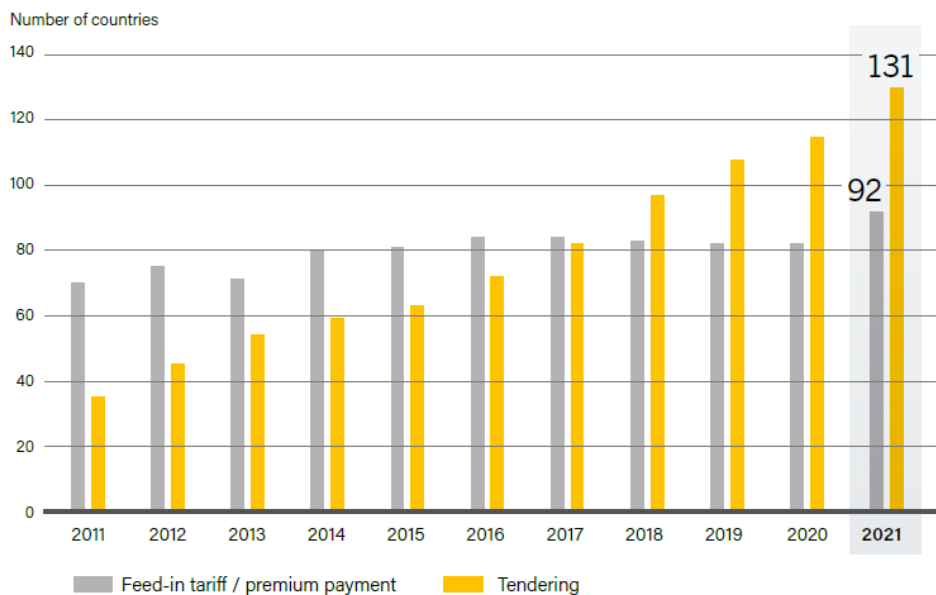


圖 5、2010-2021 年再生能源 FIT 與競標趨勢[1]

(2) 拍賣或競標(Auction or Tendering)：在 2021 年間，一些國家與地方政府也進行了再生能源的拍賣或競標，如阿爾巴尼亞(Albania)啟動了其第一次的陸域風電競標；在西班牙，將近 1 GW 風力裝置容量在風力專案拍賣中授予 7 間公司進行建置。在歐洲之外，日本也舉

行了第一次的浮動式離岸風電競標，而台灣有 5.5GW 的離岸風電裝置容量也藉由拍賣，授予廠商進行建設。

(3) 淨計量(Net metering)：淨計量仍為受歡迎的再生能源政策支持工具，2021 年至少有 10 個國家或地方層級政府，實施了新或加強的淨計量政策，如印度、馬來西亞、印尼、玻利維亞、羅馬尼亞...等。

(4) 再生能源配額制度(Renewable Portfolio Standards, RPS)：RPS 要求電廠(或公司)安裝或使用一定比例的再生能源，這部分也有所擴展。美國 31 個州與哥倫比亞特區制定了具有法律約束力的 RPS 與目標，其中有 12 個州要求 2050 年前(或更早)需實現 100%潔淨電力

(二)建築部門

1.全球使用現況

全球約有三分之一的最終能源直接使用於建築物，截至 2019 年，估計有 14.7%的建築能源來自再生能源，再生能源主要應用於熱能提供(現代生質能、地熱能)與電力使用，相較於 2009 年(10.7%)，再生能源在建築能源使用占比緩慢上升，此趨勢主要由再生能源電力所驅動。如圖 6所示。

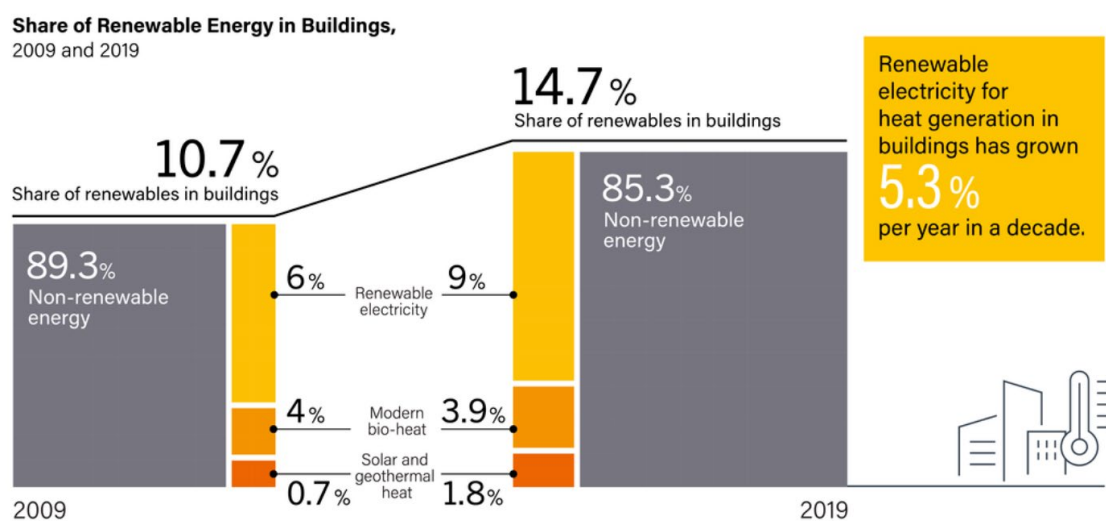


圖 6、建築再生能源使用占比[1]



在 2009 至 2019 年期間，建築物的能源使用以年均 1% 的比率穩定成長，雖然 COVID-19 疫情讓建築能源需求暫時下降，然評估未來隨著經濟的復甦，建築能源使用量將反彈至原先的高位。建築能源使用的成長主要由兩個因素所驅動：建築面積增加以及建築存量的增加，隨著發展中與新興的經濟體持續成長，2020 年建築的規模與存量都增加，也導致建築總能源需求提升，而在建築常見的兩種主要能源應用(熱能與電力)中，如何增加再生能源在熱能最終使用的應用也極具挑戰性。

2. 政策現況

生質能為建築物中再生熱能的主要來源，其他來源包含地熱能、太陽熱能及再生能源電力的使用。促進再生能源供暖製冷相關政策包含：目標、財政激勵措施、對電氣化的支持和對再生區域供熱的支持。此外，禁止化石燃料供暖、溫室氣體減排目標、淨零目標也可間接鼓勵再生能源供暖的生產與應用。建築再生能源支持政策通常會依據新建築與既有建築以及建築類型(住宅、商業、工業、公共)來區分，在城市化與人口增長快速之地區，新建築與既有建築的區別可能至關重要，預計 2060 年建成的建築存量有將近一半尚未興建(主要在非洲與亞洲)，而歐洲建築更新進度緩慢，故對建築改造的關注有所增加。

2021 年，至少有 29 個國家承諾實現再生能源供暖與製冷目標，也有 13 個國家實施或更新了再生能源供暖政策，然相較電力與運輸部門的政策，建築物再生能源供暖與製冷方面的政策發展仍相當稀缺。此外，強制或鼓勵提升建築物能源效率的政策，對再生能源技術發展也有重要作用，如英國為 50,000 戶家庭提供 7.58 億美元的能源效率升級資金，包含了安裝熱泵與太陽光電系統。而透過強制建造與維護低能耗建築，即使沒有明確要求須安裝再生能源，也可積極影響建築的能源效率提升。

(三)運輸部門

1.全球使用占比

2019年，交通運輸能源消費約占全球TFEC的三分之一(31.9%)，其中公路運輸占比最多(74%)，其餘依次為航空(12%)、海運(9.4%)、和鐵路(2%)，2009至2019年間，再生能源在運輸部門中成長了87%，然而由於運輸的使用持續成長，再生能源在其總能源使用占比中僅成長約1%，自2.4%增加至3.7%，如圖7所示。儘管近年來電動運具有所成長，然運輸部門仍是再生能源使用占比最低的部門，其主要貢獻為生質燃料，截至2019年，全球運輸能源需求絕大部分(96.3%)由化石燃料滿足，僅有一小部份為生質燃料(3.3%)與再生能源電力(0.4%)。

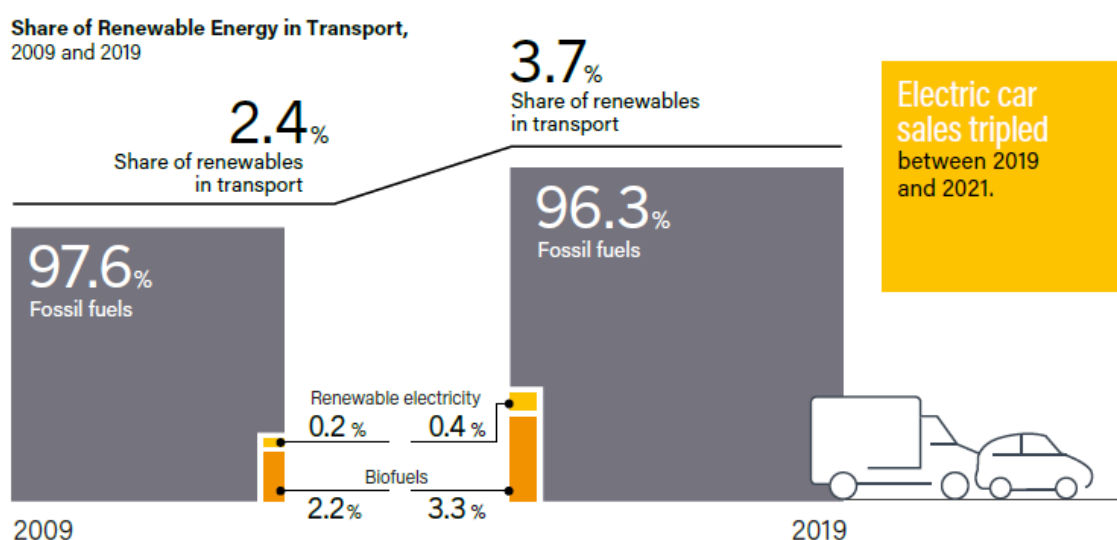


圖 7、運輸部門能源使用占比[1]

全球運輸部門在近十年間，能源需求成長了24%以上，主要受到全球公路運具的數量及規模不斷增加、公共巴士每人平均延人公里(Passenger-kilometers)減少以及航空運輸的成長幅度較少，長期趨勢顯示，未來運輸部門能源需求的成長將遠超其他部門。

2.政策現況

截至2021年，僅有少數國家將以再生能源為基礎的運輸策略納入國家

自主貢獻(NDC)中，但決策者已逐漸關注運輸部門的溫室氣體排放以及再生能源在減排的潛力，而如往年一樣，再生能源支持政策主要集中在公路運輸上，在鐵路、航空與航運的著墨較少。

公路運輸的再生能源支持政策包括支持生質燃料的生產與應用以及再生能源電力應用於電動運具的獎勵措施。而部分氣候變遷計畫，如化石燃料禁令、碳訂價以及零排放運具的要求，也間接增加再生能源在公路運輸的使用。

2021 年有 30 多個國家擁有生質燃料目標，以及 7 個國家採取新的或是修正既有的目標，除了目標外，生質燃料混合強制規範仍然為公路運輸使用最廣泛的再生能源政策，共有 65 個國家擁有國家層級的混合規範。此外，透過使用電動運具以支持公路運輸電氣化之政策仍持續受到關注，制定目標與財政獎勵措施均為最常見的電動運具支持政策形式，如印尼宣布自 2040 年起，所有販售的摩托車均為電動的，自 2050 年起，所有新售車輛均為電動運具；美國目標 2030 年一半的新車為電動或油電混合車輛；新加坡則是規畫 2030 年大幅擴增電動運具充電站數量。而 2021 年也有部分國家與地方政府針對電動運具購買提供新的財政獎勵措施，如加拿大新斯科舍(Nova Scotia)省針對購買新的電動運具提供 2,347 美元的回饋；澳洲新南威爾士(New South Wales)州通過一項 4.9 億澳元的電動運具支持計畫。

三、全球市場趨勢

(一)生質能

生質能可為建築物或工業製程提供熱能、為運輸提供燃料以及進行發電等用途，而使用這些原料可替代化石燃料，進而減少溫室氣體排放，若進一步與碳捕獲、使用與封存(Carbon Capture, Use and Storage, CCUS)相結合，生質能將可帶來額外的減排，甚至是負排放。2020 年全球生質能使用總量約占 TFEC 的 12.3%，其中一半以上(6.7%)為發展中經濟體與新興經濟體，將其直接應用於烹飪與取暖等傳統用途，其他部分(5.6%)則是以現代

化或更高效的生質能進行提供。其中現代生質能應用於建築供暖占 5.2%，工業供熱占 10%，運輸占 3.5%，發電占 2.4%(如圖 8所示)，現代生質能發展主要挑戰為相對化石燃料較高的成本，以及市場進入障礙，以下針對生質能應用於不同市場之趨勢進行說明。

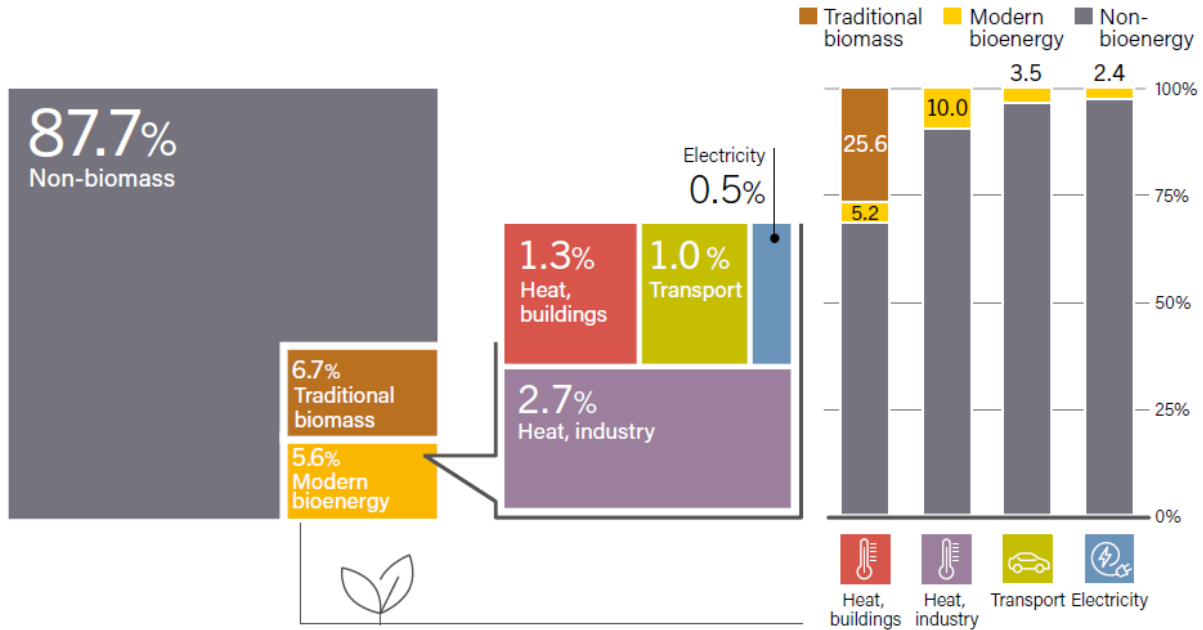


圖 8、生質能源占最終能源消費比例[1]

1. 生質熱市場

現代生質能可為建築與工業進行熱能之提供，在 2010 至 2020 年期間，建築中使用現代生質能的量估計成長了 7%，到 2020 年提供全球建築熱能的 5.2%，主要市場在歐洲與北美。在工業中主要使用生質能來產生熱量的產業有、造紙和紙板、糖和其他食品以及以木材為基礎的產業，這些產業經常使用其廢棄物或殘餘物來產生能源。而以生質能用於工業供熱主要集中在擁有大量生物產業的國家，如巴西、中國、印度與美國。

歐盟已推動採用再生能源熱能替代品以滿足再生能源指令(Renewable Energy Directive, RED)的要求，2015 至 2020 年期間，歐盟 27 國的生質熱能使用量成長了 10%；北美為現代生質熱能的第二大用戶，由於缺乏強而有力的政策措施，以及石油與天然氣成本相較低，2015 至 2020 年間現代

生質能需求下降了 10%，在此期間，工業、住宅以及商業部門對生質能的需求均同步減少。

2.運輸生質燃料市場

生質燃料可做為化石燃料的替代產品，通常可用於為化石燃料設計的運具，自 2011 年至 2021 年，運輸生質燃料的產量增長了 56%。自 2011 年以來，生質柴油在生質燃料組合中的比例從 29%成長到 37%，主因為亞洲產量的增加。而氫化植物油(Hydrogenated Vegetable Oil, HVO)的生產與使用也有顯著的增加(9%)。

使用生質燃料做為航空燃料已成為政策關注之焦點，轉型使用永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, SAF)為航空業承諾減少該部門排放之關鍵支柱。歐盟的 Fit for 55 要求所有從歐盟境內起飛之航班 2025 年需使用 2%的 SAF，至 2050 年上升至 63%；美國永續航空挑戰(Sustainable Aviation Challenge)為航空業設定了 2030 年使用 110 億升 SAF 的目標。SAF 在所有航空燃料的占比仍低，然近年產量已快速成長，主要產量集中在歐洲、美國與中國。

3.生質電力市場

全球生質能裝置容量與發電量在 2011-2021 年期間均顯著增加，裝置容量增加一倍多，約達 158GW，發電量成長了 88%，達到 656TWh。如圖 9 所示，中國為此十年間生質能發電成長最快的國家，發電量自每年 32TWh 成長到 146TWh，亞洲其他地區成長也相當快，發電量成長了 2.4 倍，達到 138TWh。歐洲生質能發電在此期間成長了 67%，達到 221TWh。美國仍然是世界第二大生質能發電生產國，2021 年發電量為 60TWh，然而覺其 2015 年峰值下降了 15%。

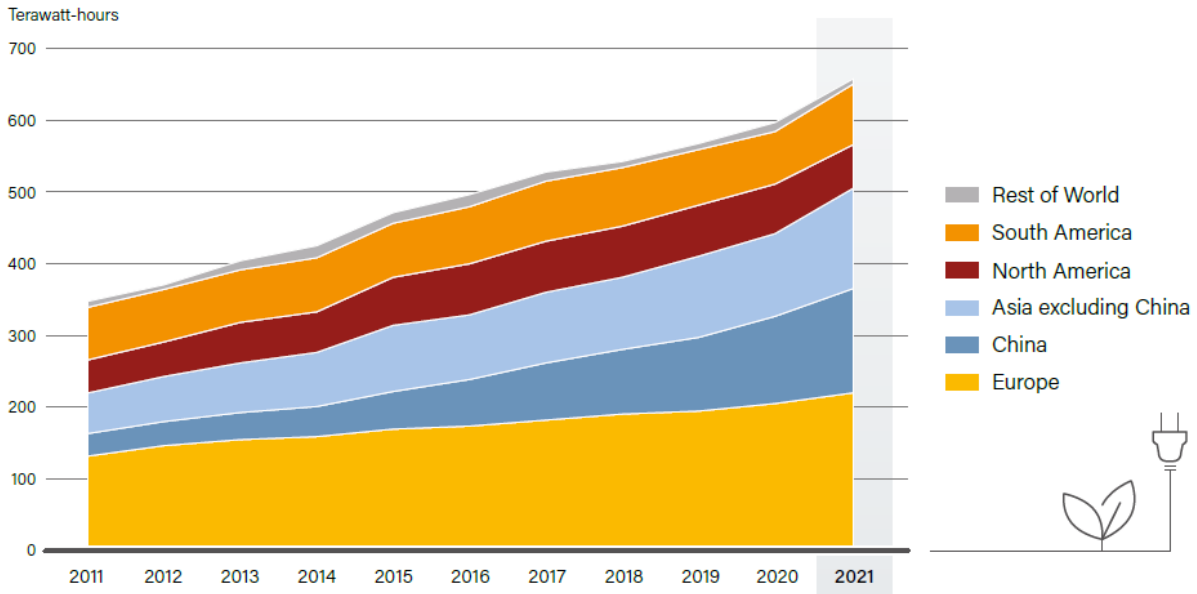


圖 9、全球生質能電力發電量[1]

(二)地熱能

地熱發電量在 2021 年估計為 99TWh，在某些情況下，地熱發電廠可做為汽電共生同時生產電力與熱能。2021 年地熱新增裝置容量為 0.3 GW，使得全球地熱總裝置容量達 14.5GW。2021 年全球地熱發電裝置容量排名前 10 位國家分別為美國、印尼、菲律賓、土耳其、紐西蘭、墨西哥、肯亞、冰島和日本，而最活耀的地熱發電市場主要為土耳其與印尼，土耳其在過去十年一直都是產量最多的地熱發電市場之一，地熱在其電力供應組合中自 2015 年的 1.3%成長到 2020 年的 3.3%。印尼近年來的地熱發展相對穩定，2016-2021 年平均每年增加約 150MW，總裝置容量為 2.3GW，地熱發電占其國家總發電量的 5.3%。美國在地熱發電裝置容量上持續保持領先，其近十年平均每年新增約 66MW，2021 年地熱發電量約為 46.2TWh，不到美國淨發電量的 0.4%。2021 年全球地熱直接利用的總容量約為 35GWth (gigawatts-thermal)，年新增容量約為 2.5GWth。而 2021 年地熱直接使用最多的國家依序為中國、土耳其、冰島和日本，全球地熱直接使用於供暖的分佈不平均且稀少，將近 75%集中在前四個國家，其他國家各自使用量估計不到 2%。地熱直接用途主要為沐浴和游泳(2019 年 44%)和空間供暖(2019

年為 39%)，其餘用途分別有溫室供暖(3.9%)、工業應用(3.9%)、水產養殖(3.2)、農業乾燥(0.8%)、融雪(0.6%)及其他用途(0.5%)。

(三)水力

全球水力發電 2021 年新增裝置容量估計約 26GW，全球總裝置容量將達到約 1,197GW，裝置容量排名前 10 的國家即占全球總裝置容量的三分之二，依序為：中國、巴西、加拿大、美國、俄羅斯、印度、挪威、土耳其、日本和法國。2021 年全球水力發電量預估將下降 3.5%，主要反映水文條件的變化，如許多地區嚴重且持續的乾旱，冰川冰蓋的消失，都影響著發電量的長期變化，2021 年發電量下降幅度最大的國家分別有土耳其(-28.7%)、巴西(-9.1%)和美國(-8.8%)。

在水力發電新增裝置容量上，中國在 2021 年仍保持領先地位，其次為加拿大、印度、尼泊爾、寮國、土耳其、印尼、挪威、尚比亞和哈薩克，而全球抽水蓄能容量成長約 1.9%(3GW)，其中大部分新增容量在中國。長期而言，若從產能增加來看，亞洲在 2021 年持續為全球最活躍的市場。

(四)海洋能

一直以來，海洋能在再生能源市場占比最小，不過 2021 年有顯著的增加，裝置容量新增了 4.6MW，使得總裝置容量達約 524MW。目前海洋能主要著重在潮汐流與波浪能之發展，這些技術的進展主要集中在歐洲，加拿大、中國與美國等國家也正在增加這些技術的研發與佈署。潮汐流發電為相較成熟的技術，2021 年成功設置了 6 部總裝置容量為 3.1MW 的潮汐流裝置，波浪發電計畫雖然有所延誤，然仍有約 1.4MW 的裝置容量完成。由於海洋能的設置對環境有不確定的影響作用，因此多數國家監管機構均要求須收集大量數據，並進行嚴格的環境影響評估，這使得成本提高，並影響到計畫與開發商的財務狀況，若欲大規模設置海洋能，需簡化核可流程。

(五)太陽光電

太陽光電市場仍持續的成長，2021 年新增裝置容量預估為 175GW，較 2020 年增加了 36GW，使得全球太陽光電總裝置容量達 942GW。太陽光電持續在許多國家能源配置上發揮重要作用，至 2021 年底，最少有 7 個國家的太陽光電裝置容量足以滿足至少 10% 的電力需求，最少有 18 個國家可滿足至少 5% 的電力需求。

亞洲已連續第 9 年在太陽光電新增裝置容量上佔據主導地位，2021 年約占全球太陽光電新增裝置容量的 52%，其次為美洲(21%)與歐洲(17%)，而新增裝置量最高的 5 個國家依序為中國、美國、印度、日本和巴西，合計約占新增裝置容量的 61%。如下圖 10 所示。

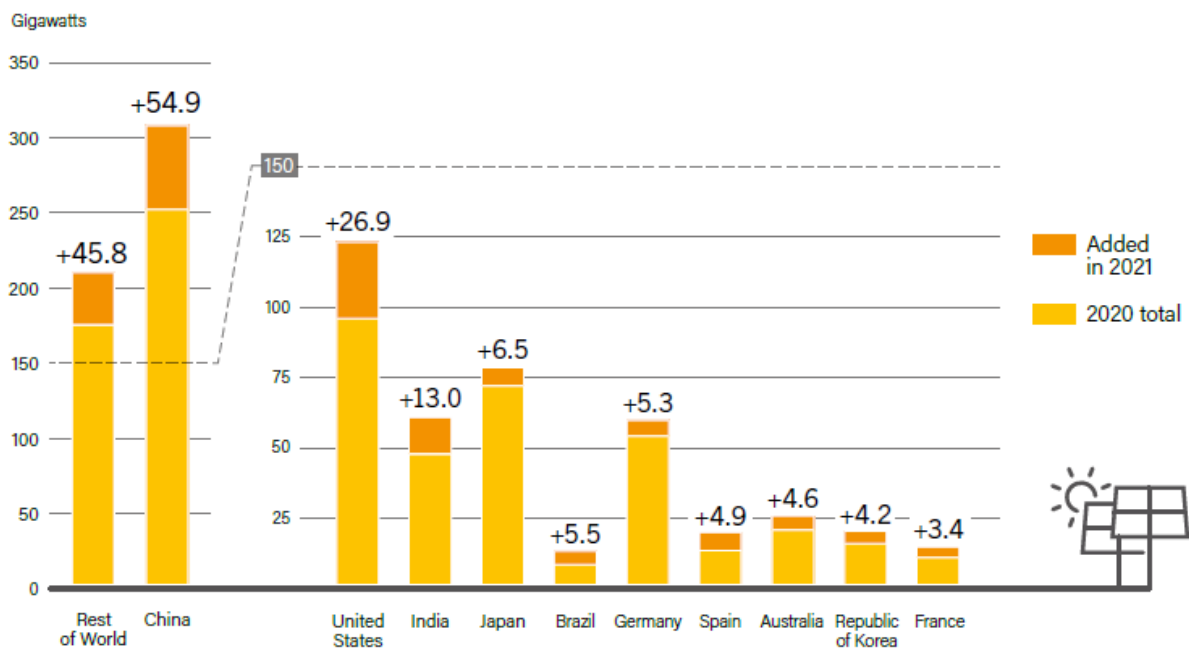


圖 10、太陽光電 2021 年新增裝置量前十大國家[1]

中國在 2021 年新增了 54.9GW 的太陽光電裝置容量，由於 2021 年為中央政府對住宅光電系統補貼的最後一年，其住宅光電成長了 113%。太陽光電發電量成長了 25.2%，達 327TWh，占總發電量的 3.9%，相較 2020 年成長了 15%。印度為亞洲第二大新增太陽光電市場，經過兩年的縮減，其 2021 年新增裝置容量大增(13GW)，使得印度太陽光電累計裝置容量接近



60.4GW，而其市場擴張主要因為政策對當地製造的聚焦，以及因 COVID-19 延遲的項目陸續完工。日本 2021 年的太陽光電市場有所縮減 (6.5GW)，相較去年下降 25%，同樣是受到之前的挑戰所影響，包括電網連接限制、系統電力均化成本上升、可用土地有限以及購電協議(PPA)的不利條件。其他在 2021 年也顯著提升產能的亞洲國家還有韓國(4.2GW)、臺灣和巴基斯坦(各約 2GW)。

美洲 2021 年約占全球太陽光電市場的 21%，主要歸功於美國的發展，美國年新增裝置容量(26.9GW)與總裝置容量(121.4GW)持續位居全球第二，美國市場主要由集中式電廠規模的光電案場所引領。歐洲 2021 年的新增裝置容量緊追在美洲之後，增加約 28GW，其中歐盟相較 2020 年新增裝置量增加了 29.5%，併網容量約為 25GW，依新增量排序國家分別為德國(5.3GW)、西班牙(4.9GW)、法國(3.4GW)以及荷蘭和波蘭(各 3.3GW)。

浮動式光電與農業光電近年來越來越受到關注，浮動式光電持續在擴展，2021 年裝置容量已超過 3GW，目前最大的浮動式光電廠(320MW)於 2021 年在中國併網。在歐洲，葡萄牙拍賣了將安裝於 7 個水電大壩上的 500MW 太陽光電，並將於年底投入營運。新加坡亦公布了一個位於其西部水庫上的 60MW 浮動式太陽光電案場。亞洲擁有大多數的農業光電，而世界上最大的農業光電計畫同樣位於中國，其於 2021 年完工，裝置容量為 1GW。

(六)集熱式太陽熱能發電

全球集熱式太陽熱能發電(Concentrating Solar Thermal Power, CSP)市場於 2021 年首次縮減，累計裝置容量達 6GW，主要是因為雖然智利 110MW 機組完工併網，然卻被美國近 300MW 的舊 CSP 退役所抵銷。儘管 CSP 的成本持續下降，然自 2015 年開始，全球 CSP 市場的成長呈現下降趨勢，主要收到政策變化、計畫失敗和來自太陽光電的競爭，且西班牙與美國者兩個擁有最多 CSP 裝置容量的國家分別在 8 年和 6 年內沒有增加任何產



能。但隨著後續中國與阿拉伯聯合大公國 700MW 的預期產能增加，2022 年將有所起色。

(七)太陽熱能供熱

全球太陽熱能市場在 2021 年成長了 3% 達到 25.6GWth，歷經連續七年的下滑後，本年度之逆轉主要受到多種因素影響，包含需求反彈、建築活動增加、經濟復甦政策下的支持計畫，以及不斷上升的化石燃料與電力價格。中國仍然是全球最大的太陽熱能系統市場，占全球累計裝置的 73%，緊接在後的分別為美國、土耳其、德國和巴西，在新增裝置量上，前 20 個國家沒太多變化，主要以中國、印度、土耳其、巴西和美國為首。

(八)風力發電

2021 年全球風力發電新增裝置容量估計為 102GW，其中陸域風力裝置容量超過 83GW，離岸風力裝置容量則將近 19GW，相較於 2020 年，總新增量成長約 7%，至 2021 年底，全球風力總裝置容量相較 2020 年約增加 13.5%，超過 845GW(如圖 11 所示)，且全球正在運轉的風力發電估計約占總發電量的 7%。與 2020 年相比，全球陸域風力新增裝置容量有所下降，主要是因為中國和美國的安裝量下降；而在離岸風力方面，裝置量的急遽增長也是受益於中國沿海政策的驅動。

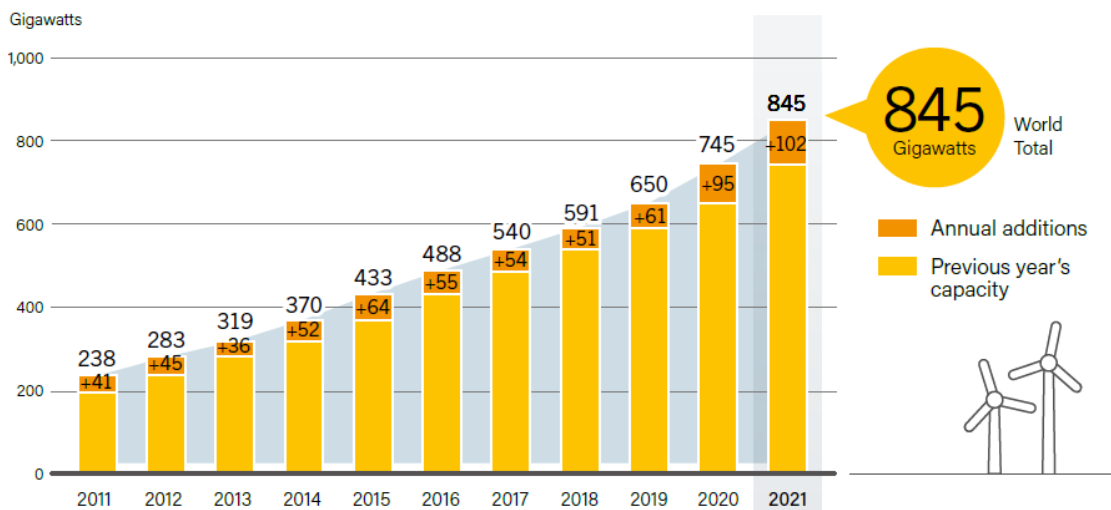


圖 11、2011-2021 年全球風力裝置容量趨勢[1]

亞洲連續 13 年成為最大的市場(主要為中國)，約占新增裝置容量的 61.4%，其餘大部分安裝在歐洲(15.6%)、北美(13.8%)以及拉丁美洲和加勒比地區(5.7%)。在國家新增裝置容量排名上，中國仍居首位，美國緊隨在後，這兩個國家遠遠領先後面的巴西、越南和英國，前 5 個國家合計即占了年裝置量的 77%以上。

在離岸風電領域上，歐洲 4 個國家和亞洲三個國家在 2021 年增加了 18.7GW，遠高於 2020 年的 6.9GW，使得全球累計離岸風力裝置容量達 54.8GW，其中中國連續第四年在離岸風電保持領先，擁有超過 77%的新增裝置量，剩餘的幾乎由歐洲和越南包辦。中國離岸風電在 2021 年增加了 14.5GW，主要是因為開發商爭先恐後趕在年底國家 FIT 政策到期前完成計畫項目，故導致離岸風力總裝置容量幾乎翻了一倍，達近 25.4GW。而其他有新增容量的亞洲國家還有越南(0.8GW)，也是在即將到期的 FIT 推動下，使其在離岸風電新增容量上排名第三，另外還有臺灣在 2021 年也有 0.1GW 的新增容量。歐洲 2021 年有 3.3GW 的離岸風力併入電網，使得其總裝置容量達 28.3GW，其中大部分位於英國水域(2.3GW)，也包含了世界上最大且有營運的浮動風電案場。

儘管離岸風電在全球風電裝置容量中所占的比例較小，然隨著新的政策目標、能源安全以及氣候變遷所推動的其他承諾，正逐漸受到廣泛的關注。越來越多政府和開發商正朝向浮動式海上風機發展，浮動式海上風機可應用於較深的水域，因此可利用遠離岸邊更強更穩定的風，這意味著民眾阻力較低且容量因素較高，另外與固定式風機相比，其所需的建造材料更少，且不需要海洋工程專業知識進行組裝，目前大多數計畫均為原型或試點計畫，然已被業界認為處於預商業階段。

四、再生能源發電成本

再生能源在經歷 10 年成本下降趨勢後，已成為全球成本最低的發電來源，雖然 2021 年供應鏈面臨一些挑戰且商品成本上升，電廠規模的太陽光

電發電和陸域與離岸風電成本在這十年內均有所下降。在 2018 年，全球陸域風力加權平均均化發電成本(LCOE)已低於最便宜的化石燃料發電選項，而太陽光電則是在 2020 年也同樣達到相同趨勢。

如圖 12 所示，自 2010 年以來，太陽光電加權均化 LCOE 下降速度最快，在 2010 年至 2021 年期間，其下降了 89%(每度 0.4 美元降至 0.046 美元)，相同期間，陸域風電加權平均 LCOE 下降了 64%(每度 0.102 美元降至 0.033 美元，離岸風電加權平均 LCOE 下降了 58%(每度 0.188 美元降至 0.079 美元)。

而成本能下降如此顯著的原因，太陽光電主要因為其零組件成本下跌，自 2010 年以來已下降 91%，而電廠規模的太陽光電容量因素也隨著時間而有所提升。風力發電主要是受到風機成本下降以及目前最先進的風機具有高容量因素所驅動，另外運維(O&M)服務提供商之間的競爭、風電案場營運經驗提升、預防性維護計畫的改進、風機的可靠度與可信用性提升，也使得運維成本有所下降。

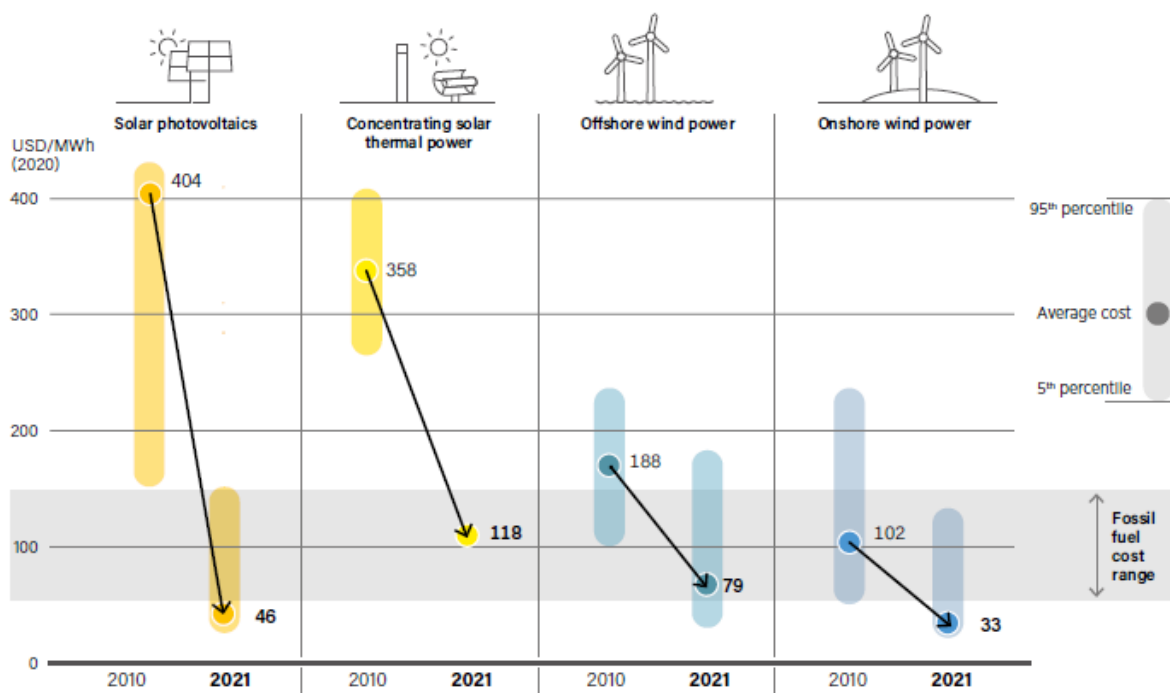


圖 12、2021 年太陽光電與風力發電全球加權均化 LCOE 成本[1]

五、投資動向

2021年再生能源保持過去幾年的趨勢，持續獲得較化石燃料與核能電廠更多的投資，其新增發電裝置容量投資占全球新增發電裝置總投資的69%。2021年全球再生能源電力與燃料(不包含大於50MW的水力項目)新投資達歷史性高點，估計約為3,660億美元，較2020年增加了6.8%，主要是由於太陽光電裝置的增加，而整體對再生能源電力與燃料的投資已連續8年超過每年2,500億美元。

如圖13所示，太陽光電和風力持續主導著再生能源的新增投資，太陽光電投資相較2020年成長了19%，達到2,050億元，占2021年總投資的56%；風力相較2020年則是下降5%到1,470億元，反映出離岸風力投資的大幅下降(下降45%)和陸域風力增幅不顯著(上升16%)，而其他再生能源如生質能、地熱、小水力等技術投資整理下降。

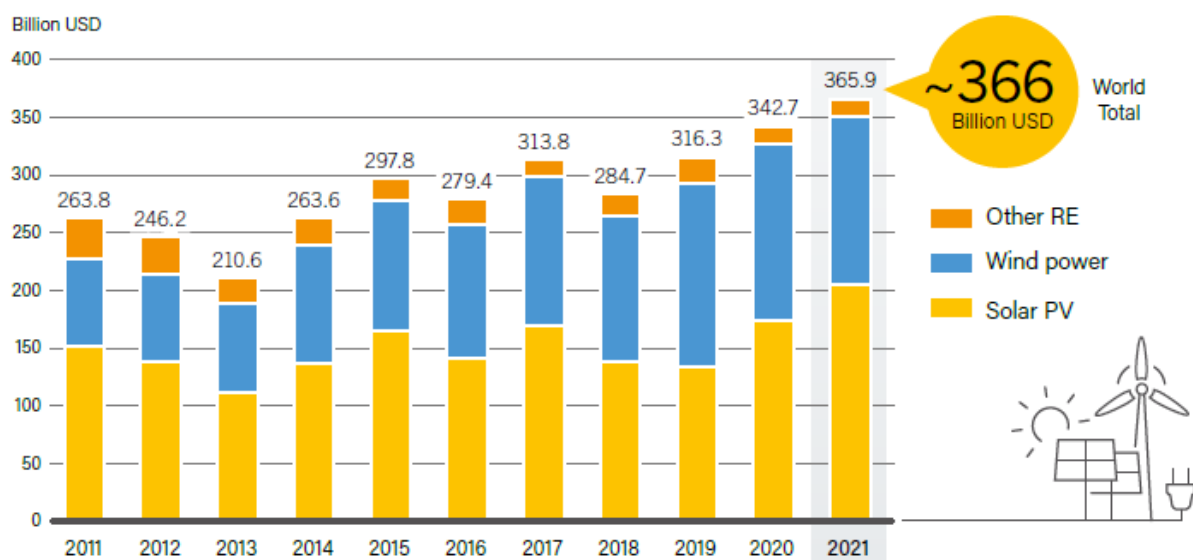


圖 13、全球再生能源電力與燃料投資趨勢[1]

再生能源的投資也依地區會有所差異，2021年中國、印度、中東和非洲有增加，然而美洲、歐洲和亞洲(不包含中國和印度)均為下降(詳參圖14)。其中中國在全球再生能源投資上頭占最大比例(37%)，其次依序為歐洲(22%)、亞太地區(不包含中國和印度；16%)和美國(13%)。

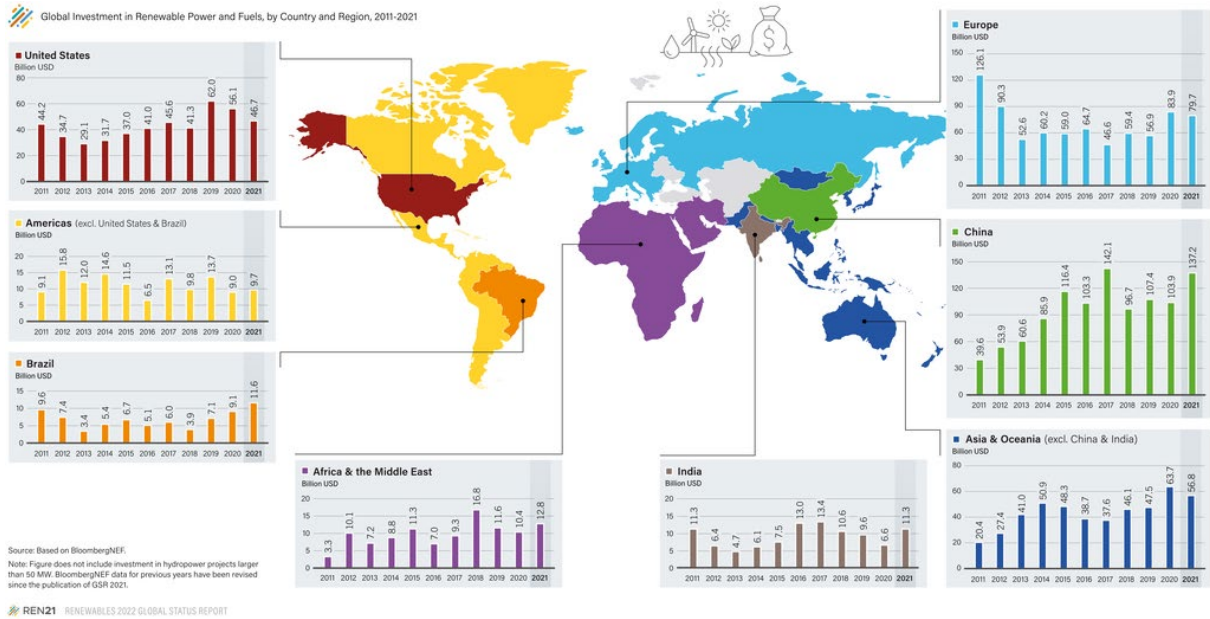


圖 14、全球地區別再生能源電力與燃料投資趨勢[1]

中國在 2021 年再生能源的整體投資成長了 32%，達 1,370 億美元，主要是因為其太陽光電投資增長了 115%，其他再生能源技術部分則是均有所減少，中國再生能源投資在一定程度上是由該國長期脫碳目標與電力需求所推動。印度再生能源投資總額增加了 70%，該國 2021 年所有再生能源技術之投資均有顯著的增長。亞太地區再生能源投資下降了 11%，而與其他國家趨勢相反，亞太地區太陽光電投資下降了 17%，主要歸因於越南 FIT 於 2020 年結束，降低其國內太陽光電投資吸引力，以及日本近期國家 FIT 政策修訂對投資產生負面影響，另其他再生能源技術則是溫和的成長。

歐洲再生能源投資下降 5%至 797 億美元，雖然太陽光電投資成長近 8%，然包含風力在內的其他技術均呈現下降，雖然大多數國家均有風電發展目標，但繁複的許可規範和程序以及供應鏈中斷，影響到整個歐洲的風力投資。美國 2021 年投資下降了將近 17%，與中國和歐洲的趨勢相反，其太陽光電投資暴跌 29%，風力維持不變，其他再生能源技術則是有所成長，美國投資下降主要歸因於供應鏈挑戰、電網許可與連結困難以及政策不確定性。

儘管近年受到 COVID-19 疫情的影響，然再生能源的投資上仍顯示出



顯著的韌性，但受到充滿不確定性的經濟復甦，主要商業銀行在貸款上將保持謹慎態度，導致利率上升，導致投資機會降低，另外，疫情所導致的能源需求減少以及供應鏈中斷都讓投資狀況進一步複雜化。為因應疫情影響，多數政府制定專項資金來支持對再生能源的投資，截至 2021 年 10 月，與潔淨能源相關的復甦計畫總額達 4,700 億美元，這些資金主要透過能源效率補助、公共採購、電廠計畫和電動化運輸的支持，各國也將與 COVID-19 相關的資金用於解決能源貧困問題，雖然一些政府會用於促進再生能源和能源效率，但最多的措施包括稅收和直接支持用於運輸和供暖的化石燃料。

氣候融資(Climate Finance)主要指支持氣候變遷減緩行動(如再生能源發電、能源效率或低碳運輸)或調適行動(災害風險管理、廢棄物和水或韌性基礎設施)的任何融資。氣候融資在 2019/2020 年總額為 6,320 億美元，較前兩年期間增加 10%，其中減緩行動的融資約有 57%投資於再生能源，主要為太陽光電與陸域風力，氣候融資資金約有 51%來自公共財政，包含發展金融機構、政府及氣候基金，其餘由私人融資提供，而再生能源吸引到的私人融資高於其他部門，2019/2020 年約有 69%來自私人融資，顯示其商業可行性。

六、以再生能源為基礎的能源系統

近幾年受到太陽光電與風力等技術的發展和成本降低，以及具快速降低碳排放的需求堆動下，許多地區已開始重新思考以再生能源為主的能源系統，雖然目前仍不存在橫跨電力、供暖、製冷以及運輸部門的完全再生能源系統的範例，然此類系統已逐漸在奠定其基礎。由於再生能源成本下降，變動性再生能源(Variable Renewable Energy, VRE)在全球電力結構的比例快速增加，而在 2021 年，風力和太陽能等再生能源占丹麥(53%)、烏拉圭(35%)、西班牙(32%)、葡萄牙(32%)和愛爾蘭(31%)發電量 30%以上，而在每日再生能源滲透率觀察上，這些國家發電量甚至超過消費需求的 40%，如圖 15 所示。

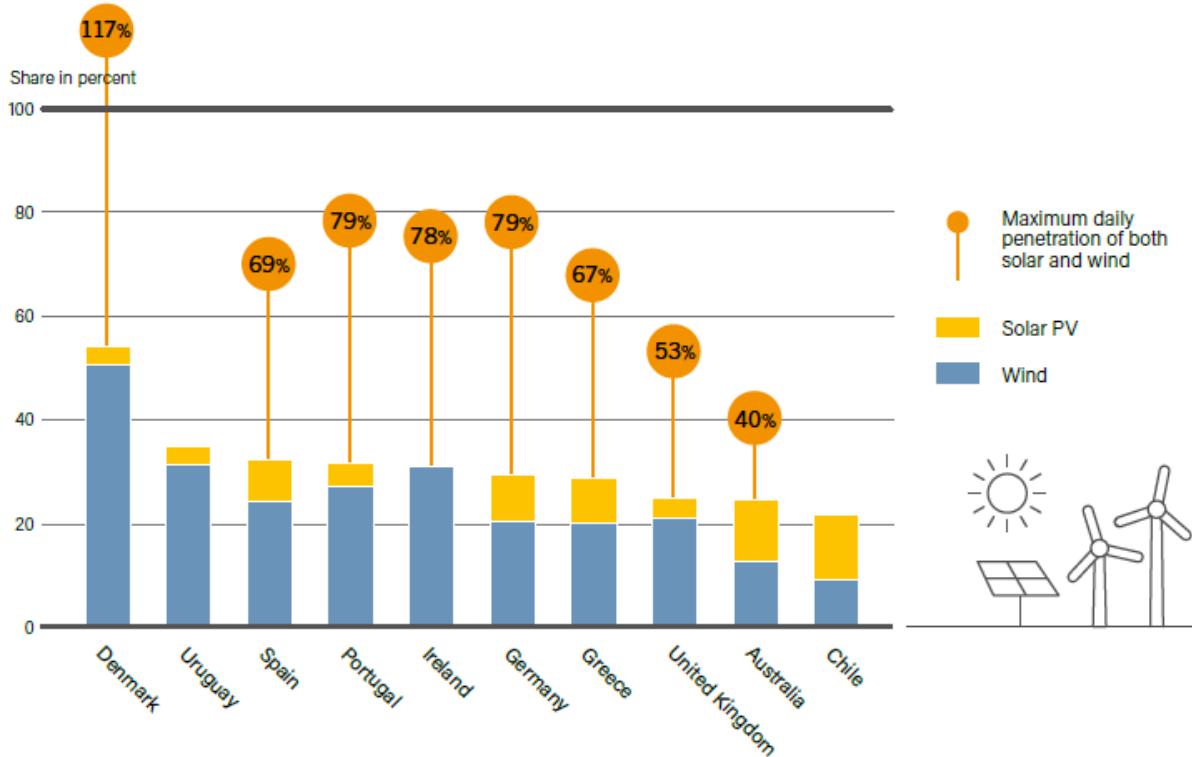


圖 15、變動性再生能源發電占比前段國家與其每日最大滲透率[1]

此外，由於幾個重要因素的發展，使得以再生能源為基礎的能源系統變得不再遙不可及。

首先為儲能，目前已有幾種不同形式的儲能技術正蓬勃發展，包含已經成熟的抽水蓄能、變得更便宜且迅速擴展的電池儲能技術，以及其他新興的儲能技術包含機械和重力儲能、化學儲能(包括產氫或合成燃料如甲醇)和熱儲能，這些技術為平衡變動性再生能源的波動提供了更多樣的選擇。

第二是產業與市場參與者開始擴大部門耦合(sector coupling)，針對電力、供暖、製冷和運輸部門進一步的整合，主要透過電氣化和再生能源燃料的生產達成，將以前由化石燃料提供的能源需求可透過再生能源電力等更清潔的能源來滿足，進而增加再生能源在能源結構的比例。

第三，隨著數位技術的興起、低成本的數據量測與傳輸以及智慧電器的普及，需量反應(demand response)正成為各部門能源系統轉型的重要推力，無論是家庭、公共建築、商業或工業，需量反應使得能源需求更加具



有彈性，可即時的響應能源系統限制(包含擁堵、供應不足或過剩)以及價格信號。

七、臺灣再生能源現況與未來規劃

臺灣自 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。

2021 年臺灣再生能源裝置容量(包含水力)為 11.6GW，相較 2020 年(9.6GW)成長約 21%，發電量達 17.4TWh，占比全國發電量 5.99%。其中太陽光電發電占比達 2.74%，再次創歷史新高，風力發電占 0.76%，其他再生能源較無顯著變化。

2021 年 4 月 22 日世界地球日蔡英文總統宣示，2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標，而我國國家發展委員會亦就此目標，於 2022 年 3 月 30 日公布臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。而從圖 16 我國 2050 淨零排放規劃上可看到，在去碳電力規劃上，未來再生能源發電占比將達 60-70%、氫氣為 9-12%、抽蓄水力為 1% 以及有 20-27% 將為火力電廠搭配 CCUS，顯示未來再生能源將是我國發展之主力。我國再生能源以太陽光電及離岸風電為主要發展項目，太陽光電夏季發電多，可供尖峰用電，離岸風電冬季發電多，可減少使用燃煤發電，有助降低污染。

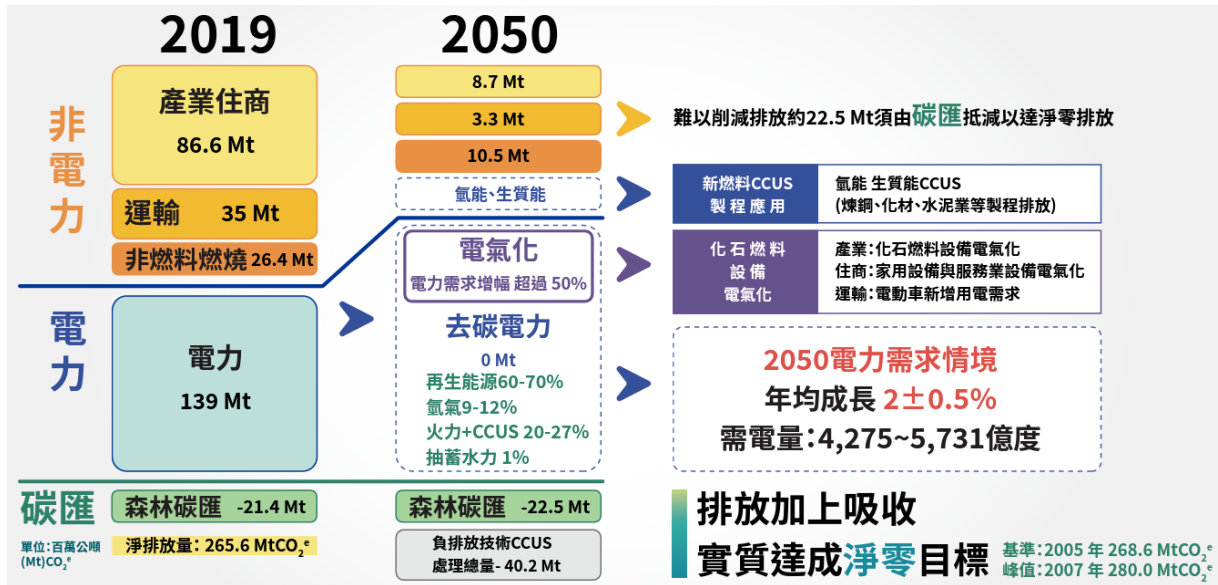


圖 16、臺灣 2050 淨零排放規劃[2]

八、結語

近期全球逐漸進入後疫情時代，亦透過各項政策推動經濟復甦，綜觀再生能源在近幾年的發展狀況，雖然部分建設與投資仍舊受到疫情影響，有所延宕或是投資減少，然再生能源整體而言仍持續增長(主要為太陽能與風力)。在疫情期間，再生能源展現其韌性，而受到近年國際淨零減碳目標之積極推動，以及俄烏戰爭所帶來之能源供給與價格衝擊，各國越來越聚焦在脫碳與能源安全議題，這些議題都直接或間接地推動再生能源發展。為達到滿足全球能源需求與降低溫室氣體排放，如何快速且同步發展節約能源、能源效率及再生能源以取代化石燃料漸形迫切，而再生能源的經濟性，對於達成更安全、韌性、低成本及永續的能源系統，更是扮演重要的角色。

我國自 2016 年起，即積極推動再生能源轉型政策，訂定明確的 2025 年再生能源策略，以太陽光電與離岸風電做為能源轉型的推動重點，並兼顧建構綠能產業、培訓綠能人才及經濟發展等多重效益。而為響應全球淨零碳排趨勢，以及考量身為海島型國家在氣候變遷下所需面臨之風險，我國於 2021 年承諾 2050 年淨零目標，並於 2022 年公布淨零路徑規劃。我國



行政院於 2020 年 2 月核定智慧電網總體規劃修正方案，其中針對 2025 年再生能源供電占 20%時，降低間歇性發電衝擊進行規劃，然觀察淨零路徑規劃去碳電力中，2050 年再生能源將占 60-70%，未來電網中更高占比再生能源帶來之衝擊可能更加嚴峻。面對未來可能面臨之挑戰，借鏡 REN 21 報告中所提以再生能源為基礎的能源系統，未來應朝向發展多元儲能方案，以及數位技術搭配智慧電表與電網之普及，藉由需量反應使得能源供給與需求更加具有彈性，朝向永續與強韌之能源系統邁進。

參考文獻

[1] REN 21, 2022. Renewables 2022 Global Status Report.

[2] 國家發展委員會，2022。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。