

改變能源結構 應對氣候挑戰

■文：編輯部

2023 年的資料表明，全球平均地表溫度比工業化前水準已經高出約 1.2°C，並在全球各地引發了前所未有熱浪，而溫室氣體排放量尚未達到峰值。如今全球每年超過 600 萬人的過早死亡都與空氣污染有關，能源消耗是空氣污染的最重要原因之一。

即便如此，人們應對氣候挑戰，致力於清潔能源的目標依然不會改變。應對氣候挑戰本質上是就改變能源結構的挑戰。

COP28：努力接近擺脫化石燃料

2023 年 11 月 30 日至 12 月 13 日舉行《聯合國氣候變化框架公約》第 28 次會議（簡稱為 COP28）阿聯酋杜拜舉行，是歷屆締約方大會中規模最大的一屆，150 多位國家元首和政府首腦，及各國代表團、民間社會、商界、土著人、青年、慈善機構和國際組織的代表共約 8.5 萬人出席會議。

根據 COP28 會議公佈的資料，在目前的氣候變化水準

圖說：COP28 大會

圖片來源：UN Climate Change



下，有 5 個主要的臨界系統已經面臨越過臨界點的風險，包括格陵蘭和南極西部冰原融化、北大西洋副極地環流減緩、暖水珊瑚礁死亡和一些永久凍土區消失。

總共近 200 個國家在杜拜舉行的 COP28 氣候峰會上就能源問題做出了重大集體承諾，重申實現《巴黎協定》將全球變暖限制在 1.5°C 的目標。各國政府首次認識到，要實現這一目標，與能源相關的排放需要在 2050 年之前實現淨零排放，並制定了關鍵目標來幫助

實現這一目標，包括到 2030 年將全球可再生能源產能提高兩倍，將全球能源效率提高一倍，以公正、有序和公平的方式，逐步減少未加裝減排設施的煤電，逐步取消低效石化燃料補貼，推動能源系統擺脫石化燃料的其他措施，發達國家應繼續發揮帶頭作用。

2023 年，全球煤炭發電量創下歷史新高，煤炭是人類活動二氧化碳 (CO₂) 排放的最大單一來源。國際能源署 (IEA) 指出：轉捩點可能很快就會到來，在今天的政策環境下，煤炭需

求預計將在本十年結束前達到頂峰，並逐漸下降。

2023年，石化燃料的生產和使用導致近1.2億噸甲烷排放，相當於約34億噸二氧化碳。這接近2019年創下的歷史新高。COP28協議強調需要特別減少這十年的甲烷排放。根據國際能源署(IEA)的分析，到2030年，石化燃料運營的甲烷排放量需要比2022年的水準下降75%，才能將升溫限制在1.5°C。

在短期內，鼓勵締約方在2025年初之前，在其下一輪氣候行動計畫(國家自主貢獻NDCs)中提出富有雄心的全經濟領域減排目標，涵蓋所有溫室氣體、部門和類別，並與1.5°C的全球氣溫升幅控制目標保持一致。

《聯合國氣候變化框架公約》執行秘書Simon Stiell表示：“雖然我們沒有在杜拜翻過石化燃料的篇章，但這一成果將開始結束石化燃料時代。現在，所有政府和企業都需要毫不拖延地將這些承諾轉化為實際經濟成果。

早在2009年，UNFCCC就提出了針對發展中國家進行在損失逾災害補償的計畫，發達國家承諾每年拿出1000億美元進行補償。但“損失與損害”基金在COP28期間才開始運

行，並首次迎來共計7.92億美元的注資，相比發展中國家因自然災害和海平面上升而承受的損失所需的1000億美元來說，這點資金的象徵性意義更大。與會各方也敦促發達國家切實履行承諾，幫助更多發展中國家應對氣候變暖問題。

Simon Stiell強調：“你們每個人都在發揮著真正的作用。在關鍵的未來幾年裡，你們的聲音和決心將比以往任何時候都更加重要。”

正在發生改變的能源結構

國際能源署(IEA)最新的《電力2024》報告指出，儘管由於發達經濟體的電力消費下降，2023年全球電力需求增長略微放緩至2.2%，但預計從2024年到2026年，全球電力需求增長將加速至平均3.4%。

創紀錄的低排放發電量(包括太陽能、風能和水力等可再生能源以及核能)為減少石化燃料在家庭和企業提供電力方面起到了巨大作用。預計到2026年，低排放能源將佔全球發電量的近一半，超過2023年的水準。

到2025年初，可再生能源將超過煤炭，佔總發電量的三分之一以上。到2025年，隨著法國產量的攀升，日本的幾家

核電站重新上線，以及新反應堆在中國、印度、韓國和歐洲等許多市場開始商業運營，預計全球核能發電量也將達到歷史最高水準。時隔50多年，石化燃料在全球發電中的份額再次降至60%以內，且很可能不會大幅度回升了。到2026年，可再生能源與核電的總發電量將超過一半。

國際能源署執行主任Fatih Birol表示：“電力部門目前產生的二氧化碳排放量比世界經濟中任何其他部門都多，因此令人鼓舞的是，可再生能源的快速增長和核電的穩步擴張將共同滿足未來三年全球電力需求的所有增長。“這在很大程度上要歸功於可再生能源背後巨大勢頭，越來越便宜的太陽能引領潮流，以及核電重要回歸的支援，到2025年，核電的發電量將達到歷史新高。雖然需要更多的進展，而且要快，但這些都是非常有望的趨勢。

自2020年以來，清潔能源領域的投資增長了40%。推動減排是關鍵原因，但並不是唯一原因。成熟的清潔能源技術具有充分的經濟性。能源安全也是重要因素，對燃料進口國而言尤其如此，比如中國，在積極擴大石油、天然氣進口來源的同時，也是全球最大的可

再生能源製造和使用國；工業戰略和創造清潔能源就業機會的願望同樣是重要因素。2020年，每25輛售出的轎車中有1輛是電動汽車；到了2023年，每5輛售出的轎車中就有1輛是電動汽車。2023年，可再生能源發電容量將增加超過500 GW，創下新的紀錄。用於進行太陽能部署的費用將超過每日10億美元。眼下，清潔能源系統的關鍵組成部分（包括太陽能光伏元件和電動汽車

電池）的產能正在迅速擴大。因此，國際能源署最近在其更新的《淨零排放路線圖》(Net Zero Roadmap) 中得出結論認為，儘管實現將全球升溫限制在1.5°C這一目標非常艱難，但並非不可能。

清潔能源轉型的加速擴大意味著石化燃料的增長空間所剩無幾：IEA在《世界能源展望-2023》中提到，2023年石油、天然氣和煤炭的需求首次達到峰值。石化燃料在一次能

源需求中的份額從過去二十年的80%下降到2030年STEPS中的73%，APS中的69%和NZE(Net Zero Emissions 淨零排放) 情景中的62%。

統計顯示，目前全球6成的能源消耗來自G7（七國集團）加上中國和印度。這些成員正對能源結構的優化調整。

作為全球第一的製造業大國，中國長期處於能源需求和使用的頂端位置，因此中國能源結構的變化也會對全球能源

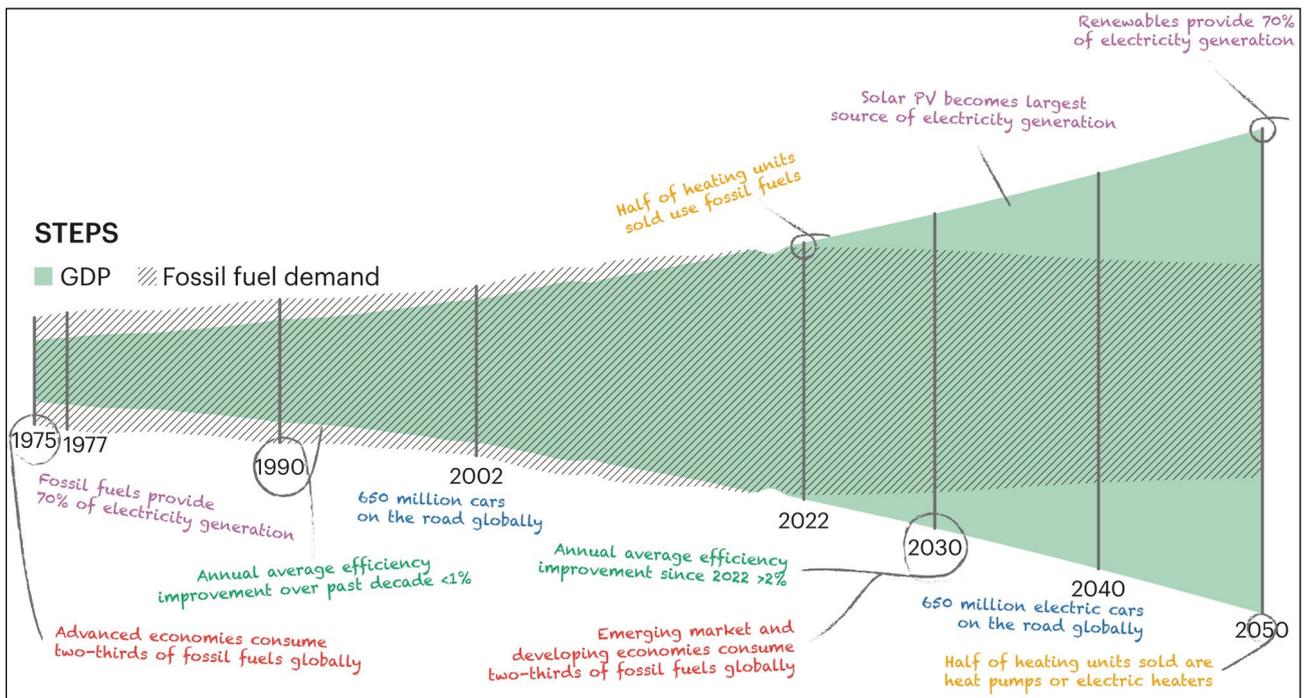
圖說：海上風電

圖片來源：三峽集團 www.ctg.com.cn



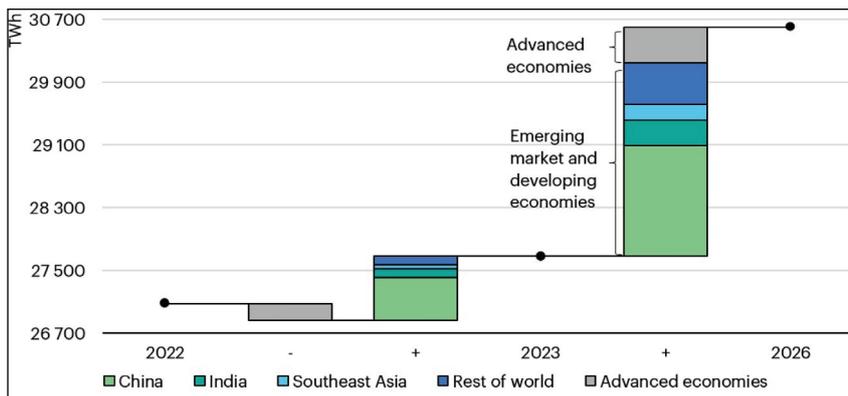
圖說：能源結構變遷圖

圖片來源：iea.org



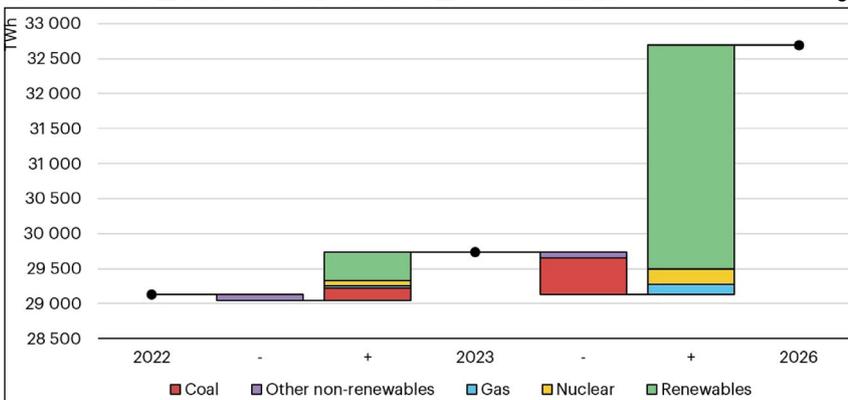
圖說：2022 到 2026 全球各地主要能源需求變化

圖片來源：iea.org



圖說：未來幾年全球額外新增電力需求幾乎可全部來自可再生能源

圖片來源：iea.org



結構變化產生深遠影響。2023 年，在服務業和工業部門的推動下，中國的電力需求增長了 6.4%。隨著中國經濟增長預計將放緩，對重工業的依賴程度將降低，IEA 預測，中國電力需求增長速度將在 2024 年放緩至 5.1%，2025 年為 4.9%，2026 年為 4.7%。即便如此，到 2026 年，中國的電力需求總增長量約為 1400TWh 時，超過歐盟目前年用電量的一半以上。截至 2022 年底，中國的人均用電量已經超過了歐盟，並且還將進一步上升。太陽能光伏元件和電動汽車的快速生產

以及相關材料的加工將支援中國電力需求的持續增長，同時其能源結構也在不斷發展。

IEA 指出：預計到 2026 年，全球電力需求增長的約 85% 將來自發達經濟體以外的國家，尤其是中國、印度和東南亞國家。

從用電量的角度，中國在全球電力需求增長中所佔份額最大，但印度在主要經濟體中增長率最快，到 2026 年，印度的年均用電增長會在 6% 以上。東南亞地區的人均用電量正在快速增長。

另外一個極端是非洲大

陸，這個擁有接近 13 億人口的地區，人均用電量僅為印度的一半，僅有東南亞人均水準的 30%，且分佈極為不均。

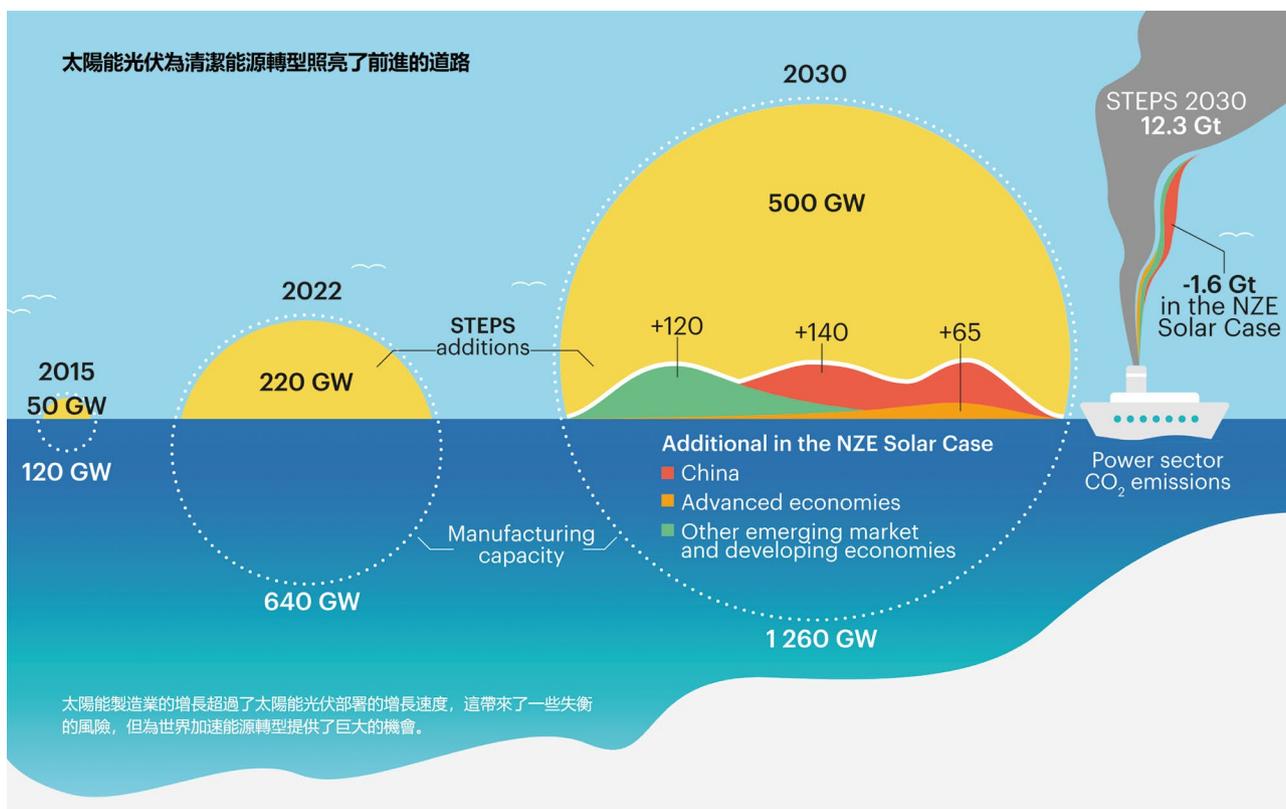
傳統的發達地區，北美和歐盟，在 2023 年的電力需求呈下降趨勢，但用電資料最慢也會在 2026 年前後恢復增長。

可再生能源在發電中的份額預計將從 2023 年的 30% 上升到 2026 年的 37%，這一增長主要得益於更便宜的太陽能光伏發電的擴張。在此期間，可再生能源將取代化石燃料供應，從而抵消美國和歐盟等發達經濟體的需求增長。與此同時，在中國，可再生能源的快速擴張預計將滿足所有額外的電力需求，

光伏：無心插柳的意外收穫

在 2015 年，全球光伏的發電量僅為 50GW，到 2022 年，光伏發電能力達到 220GW，IEA 預計在政策和經濟的多重作用下，到 2030 年全球光伏發電能力將達到 500GW，僅此一項每年就可為地球減排 16 億噸二氧化碳。值得一提的情況是，目前光伏產業的發展，使得太陽能電池板的製造能力處於遠超部署能力的狀態，2022 年的全球光伏產能就達到 640GW，而要將這麼多電池板部署並實

圖說：太陽能光伏能夠更快地讓世界轉向清潔能源 圖片來源：iea.org



現發電，以目前的速度到 2030 年都未必能夠完成。這種情況會加大行業風險，但是由此帶來的成本降低，很可能會讓光伏能源的成長速度超過人們的預期。

但是光伏的潛力卻遠遠不止發電這麼簡單，在中國，人們在大規模建設光伏發電站的時候，有了新的收穫。

在中國青海省海南州，有一個荒僻的地方叫塔拉灘，由於氣候惡劣，千百年來都無人問津。但是該地年平均日照超 1800 小時（一年 8760 小時），地形相對平坦，卻是發展光伏的理想場地。2011 年開始，這

個地區開始架設起光伏面板，到 2022 年，經過 10 多年的建設，這個面積約為 610 平方公里的地方建成全球裝機容量最大的光伏發電廠，2022 年發電量達到了 144 億度。

在這個光伏發電廠建設過程中，人們發現，成片的太陽能板，讓發電廠平均風速降低 50%，土壤水分蒸發量減少 30%，原本幾乎不可見的荒草等綠植竟然開始大量生長，廠區的綠化率從原本不到 10%，迅速超過了 80%。但是野蠻生長的綠色植會影響到光伏發電廠的運轉。就在工作人員為除草煩惱的時候，當地為饑餓羊

群尋找食物的牧民奇跡般地解決了這個問題。

雙方一拍即合，牧民在光伏電站放羊“除草”，而電廠免去了除草的煩惱。與很多動物不同，羊吃草通常不會去挖斷草根，因此不會對草場造成毀滅性打擊，而其排泄物又可以達到改善土壤品質的作用。讓植被更加豐富，從而養得起更多羊群。

就這樣，原本只想在荒漠建設一座電廠的黃河上游水電開發有限公司，經過數年的建設，意外收穫了一座優質牧場。

在戈壁荒灘“板上發電、板間種草、板下放羊”的光伏

圖說：沙漠光伏下的綠色

圖片來源：黃河上游水電開發公司 www.hhsd.com.cn



產業發展模式成為佳話。原本的“荒漠之地”變為“生態綠洲”，環境得到很大改善。

光伏發電受陽光時常的限制也透過附近的水電站得到解決：日落後電廠利用附近龍羊峽水電站實現水光互補，有效解決光伏發電的棄光難題和安全並網問題，推動了大規模水

光互補和清潔能源互補技術的發展。

2022年“世界最大裝機容量的光伏發電園區”和“世界最大裝機容量的水光互補發電站”獲得吉尼斯世界紀錄的成功認證。

截至2022年底，中國青海省海南州光伏生態園養殖藏羊

2萬多隻，年牧草產量達11.8萬噸，年節約養殖成本720萬元人民幣。

受到這項工程的啓發，中國在其他荒漠或沙漠地區也相繼開展了類似專案。

庫布其光伏治沙專案位於內蒙古鄂爾多斯市杭錦旗庫布其沙漠腹地，由三峽集團所屬三峽能源聯合德利集團投資建設。專案裝機規模200萬千瓦，占地10萬畝，配套容量400兆瓦/800兆瓦時（即最大充放電功率400兆瓦，總儲容量800兆瓦時）儲能系統以及10萬畝沙漠治理生態建設工程。

庫布其光伏治沙項目也是國內一次並網的最大單體光伏項目，年均發電量約41億千瓦時，每年可節約標準煤約123萬噸，減少排放二氧化碳約319萬噸。專案同步採用微創氣流植樹法、風向資料法、無人機飛播等先進技術，預計修復治理沙漠面積10萬畝，年均減少向黃河輸沙約200萬噸。

庫布其光伏治沙專案是首個在沙漠區域大面積應用柔性支架材料的光伏治沙項目。項目採用“板上雙面發電、板下雙層生態、板間雙層養殖”的立體生態光伏治沙模式，通過雙玻元件實現板上雙面發電，可增加發電量5%-10%；板下種植優質牧草和藥材等作物，

圖說：光伏放牧

圖片來源：黃河上游水電開發公司 www.hhsd.com.cn



圖說：內蒙古庫布其沙漠光伏治沙專案

圖片來源：三峽集團 www.ctg.com.cn



圖說：蒙西庫布其沙漠 200 萬千瓦光伏治沙專案施工現場



圖片來源：三峽集團 www.ctg.com.cn

實現立體生態種植；板間運用先養雞後養羊的“畜禽草耦合”治沙技術實施養殖，畜禽糞便還田治沙改土，實現“板上發電、板下種植、板間養殖、治

沙改土、鄉村振興”的“光伏+”多重效益。

這種由光伏發電帶來的新型農業方式，也迅速推廣到了世界其他地方，在美國這

種新型的方式被稱為“光伏放牧”(solar grazing)，據統計統計，全美已有 5000 只綿羊吃上了太陽能板下的牧草。

由此推及，在乾旱的非洲撒哈拉大沙漠，這種方式是否能夠為當地人帶來實實在在的好處？

儲能加速電池技術的發展

為了在 2030 年之前將全球可再生能源容量增加兩倍達到 1500GW，同時保持電力安全，儲能能力需要在現有基礎上增加六倍。這符合《巴黎協定》的目標，即在 2100 年將全球平均氣溫上升限制在 1.5°C 或更低。電池儲能為行業提供了 90% 的增長動力，到 2030 年全球電池產能將增長 14 倍，達到 1200 GW，並輔以抽水蓄能、壓縮空氣和飛輪。為了實現這一目標，到 2030 年，電池儲能的部署必須繼續以平均每年 25% 的速度增長，這將需要政策制定者和行業採取行動，利用電池儲能可以在幾個月內在大多數地點建成的事實。

為實現 2030 年碳中和，約 60% 的一氧化碳減排與電池有關，使其成為實現全球共同氣候目標的關鍵因素。近 20% 與電動汽車和太陽能光伏電池直接相關。另外 40% 的減排來自

最終用途和可再生能源的電氣化，而這些電氣化是由電池間接促進的。

在 2024 年 5 月中旬，由於光伏電池板數量持續增長，歐洲電力交易所 EPEX SPOT SE，德國與荷蘭部分時段電力出現 -500 歐元 / 兆瓦時的價格。這一周的週末，德國甚至接近一整天都處於負電價之中。交易所的一位負責人表示，當天超過 70% 的時間裡，電力交割價格為負數。業內人士認為整個 7 月與 8 月會出現越來越多負電價。

如果儲能容量足夠的話，這些可再生能源就不會被白白浪費掉，並在交易市場呈現負值。

除了部署成本、速度等原因，制約儲能發展的還有安全問題。

2024 年 5 月 15 日，位於美國加州的曾被稱為世界最大的鋰離子電池儲能設施發生火災，並持續燃燒了五天。這座 2020 年上線的儲能站由 LS Power 公司所有，具備 250 兆瓦的儲電能力，使用 LG 化學

公司的鋰離子電池。

鋰離子電池的安全性問題在電動汽車使用中並不罕見，因此使用同樣原料的儲能設備也不能完全倖免。

儲能行業正在不斷研發鋰離子以外的替代方案。據不完全統計，2023 年至今，全球發生儲能安全事故超過 70 起，其中韓國最多，美國其次。

受電動汽車市場成長的驅動，電池技術在近些年持續發展，成本相比 10 多年前下降了 90%，能量密度和穩定性也在增加。但是距離真正意義上的廣泛的儲能應用，現有的電池技術還需要進一步改善，因此，儲能設備目前更多地扮演是緊急備用電源的角色。

小結：

2030 年的能源系統，其中清潔技術發揮的作用比今天大得多。這包括全球道路上行駛的電動汽車數量幾乎是其 10 倍；太陽能光伏發電量超過目前整個美國電力系統的發電量；可再生能源在全球電力結構中的份額接近 50%，高於目前的

30% 左右；熱泵和其他電加熱系統在全球的銷量超過了化石燃料鍋爐；對新海上風電項目的投資是新燃煤和燃氣電廠的三倍。

所有這些增長都只是基於世界各國政府當前的政策設置。如果各國按時、足額兌現其國家能源和氣候承諾，清潔能源的進展將更快。然而，仍然需要採取更強有力的措施來保持將全球變暖限制在 1.5°C 的目標。

參考資料：

- 聯合國氣候變化公約組織 unfccc.int
- 國際能源署 iea.org
- 國際能源署 (2024)，《electricity 2024》，證書編號：CC BY 4.0
- 國際能源署 (2023)，《world-energy-outlook-2023》，證書編號：CC BY 4.0
- 國際能源署 (2023)，《net zero roadmap: a global pathway to keep the 1.5 °C goal in reach》，證書編號：CC BY 4.0 

下期預告

6G、5G、ORAN、衛星通信