

作者：
Global X Team

日期：2021年9月9日
主題：主題式



GLOBAL X ETF研究

風能介紹

地球的氣候正逐漸走下坡。人為排放和由此產生的大氣二氧化碳濃度上升正在長期推高溫度，從而導致負面環境影響，並帶來與存活相關的外部因素。然而，正如人類活動須對我們目前的氣候困境承擔責任一樣，人類的創新和投資可限制其惡化。脫碳是21世紀最迫切的全球共同目標之一。只有通過逐步淘汰化石燃料，加快採用風能等清潔及可再生能源，我們才能實現這一目標。未來數十年，這種轉變將需要數十萬億美元的投資，以改善風能等能源的基礎技術，並為清潔能源的未來鞏固經濟案例。

我們將在下文探討全球氣候危機，並評估風能等清潔及可再生能源在解決該危機中應扮演的角色。

關鍵要點

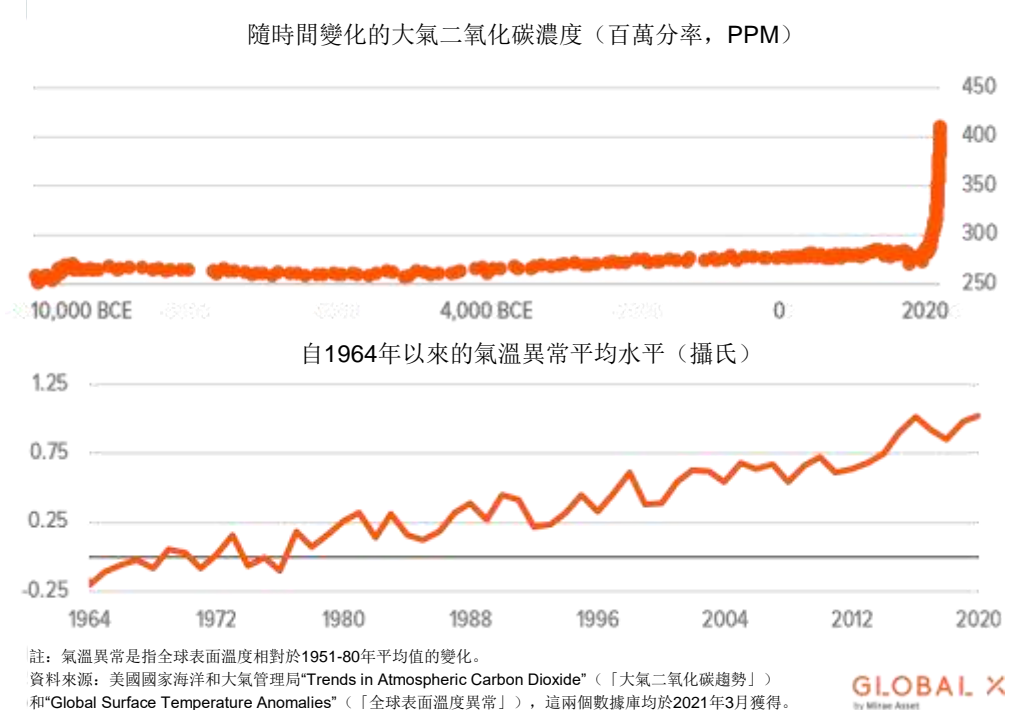
- 大氣二氧化碳濃度上升和相關氣溫升高威脅著生命、生計和地球的自然環境。通過減排將升溫限制在比工業化前水平高攝氏1.5度的範圍內可減緩氣候變化的許多負面影響。¹
- 通過轉型到風能等清潔和可再生能源可實現脫碳和逐步淘汰排放量大的化石燃料。這將需要對基礎/支援技術和激勵措施進行數十萬億美元的投資，以降低成本，並推動採用。
- 隨著相關技術變得更可負擔，風能等可再生及清潔能源正在持續逐步取代化石燃料能源。在電氣化、規模經濟和氣候行動的推動下，我們預料可再生及清潔能源將可繼續滲透。

奠定基礎：全球氣候危機

地球溫度正持續創下新高。過去四個十年比至少可追溯到1850年之前的所有十年都越來越熱，2011-2020年的平均溫度比1850-1900年（工業化前時期）高約攝氏1.09度。²暖化幾乎全是大氣溫室氣體(GHG)濃度上升的直接結果，主要是二氧化碳，不論來源人為與否。^{3,4} 政府間氣候變化專門委員會(IPCC)在他們的重大2021年報告(AR6)中有史以來第一次確認這種因果關係。^{5*}溫室氣體是大氣絕緣體，從地球表面吸收並逐漸釋放熱量。自然產生的溫室氣體使地球保持足夠的溫度，以供生物居住，並由海洋吸收和植物光合作用進行調節。然而，現今溫室氣體水平遠超自然，地球無法趕上。



全球平均氣溫持續上升，排放干預變得越來越緊迫



大氣數據顯示2010-2019年二氧化碳的平均濃度比工業化前的平均水平高43%，從百萬分之289.3ppm上升至410ppm，⁶ 增速比任何已知的自然增速快100倍，包括最近一次冰河時期之前的數千年間。⁷ 2019年，二氧化碳濃度比過去200萬年中任何時候都要高。⁸ 二氧化碳濃度在20世紀工業革命後不久即開始上升，這絕非巧合。人為排放幾乎完全是溫室氣體水平上升和由此導致氣溫升高（+/- 攝氏0.1度導致天然溫室氣體存在/缺乏）的唯一原因。以燃燒化石燃料獲取能源是罪魁禍首。自1990年以來，化石燃料能源平均每年產生74%的二氧化碳排放量。^{9,10}

排放和暖化所產生的影響已經浮現，而且一蹴而就：¹¹

- 自1950年代以來，陸上的極端氣溫和熱浪的強度和頻率增加，而自1980年代以來，海洋熱浪也增加了一倍。
- 自1950年代以來，大雨事件變得更加頻繁和強烈。與直覺相反的是自那時以來，由於氣溫升高，農業和生態乾旱也有所增加。
- 過去100年，海洋暖化的速度比11,000年前更快，導致冰川縮減和海冰融化。與此相關的是海平面上升的速度比之前3,000年的任何可比時期都要快。由於吸收了更多二氧化碳，海洋也變得越來越酸。
- 過去40年，颶風變得更加頻繁，超出了自然變化所能解釋的範圍。溫暖的海洋及不斷上升的海平面，加大了使這些風暴的劇烈程度及破壞性，隨著氣溫升高帶來新的滋生地，它們或會向北移動。



通過水循環以及其他系統，這些影響造成各種破壞，從自然災害到水資源和糧食短缺，全都威脅著生命、生計和全球經濟（相關分析請參閱我們關於**清潔水**、**農業科技**和**食品創新**的研究）。¹² 氣溫只是上升了約攝氏1.1度。根據2021年實施的排放政策，2100年的氣溫可能比工業化前水平高攝氏2.1-3.9度。¹³ 氣溫僅上升攝氏2度即可顯著增加「十年一遇」極端天氣事件的強度和頻率，將極端高溫事件的發生頻率推高5.6倍；氣溫度如升高攝氏2.6度，極端大雨頻率將增加1.7倍，濕度將上升14%，極端乾旱頻率將增加2.4倍，乾燥程度（以土壤濕度計量）將上升0.6個標準差，¹⁴ 對人類生活的影響將無法估量。顯然，目前的干預措施還不足夠。

* 本文件引用的政府間氣候變化專門委員會AR6報告是政府間氣候變化專門委員會第一工作小組的報告，即AR6第一批發布的報告。AR6是政府間氣候變化專門委員會的第六份氣候變化科學基礎評估報告，由234名科學家（聯合國所有195個成員國均可提名科學家）撰寫，總結和分析截至2021年1月前發表的所有經同儕審查的氣候科學研究（14,000名同儕）。在發布之前，該報告經過相關科學家和政府同儕的審查，以確保不含黨派偏見和準確無誤。

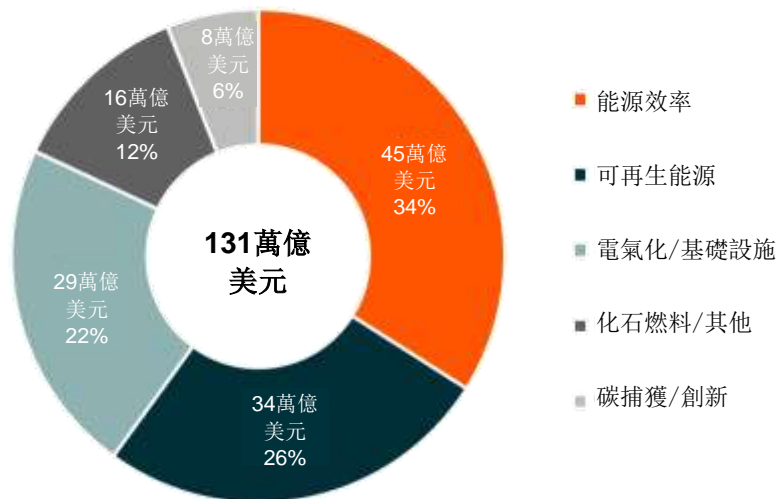
清潔和可再生能源是氣候變化的解決方案

2016年的《巴黎協定》正式確立具法律約束力的目標，將升溫限制在遠低於工業化前水平攝氏2度。該協議強調升溫攝氏1.5度是一個可實現的目標，並將可大大限制上述氣候變化的影響。AR6表示自2016年以來，氣候變化發展迅速，通往升溫攝氏1.5度目標的排放道路變得前所未有的狹窄難行。然而，如果排放量在2020年代達到峰值，並在2050年降至零淨值，AR6仍然認為攝氏1.5度的目標是可以實現的，其後則需要通過碳捕獲技術實現淨負排放。¹⁵ 積極採用可再生能源發電和清潔技術對於這條道路的每一步都至關重要。

現時的立法、承諾和目標將需要於2021年至2050年間投資共98萬億美元，其中10萬億美元用於可再生能源，13萬億美元用於為運輸和供熱提供可再生能源電力基礎設施（請參閱以下部分的解釋），32萬億美元用於能源效率技術，其餘用於化石燃料。¹⁶ 雖然這已相當可觀，並且應該有利於短期和長期從事可再生能源和清潔技術生產的公司，但通往讓暖化達致可接受程度的道路可能需要更多的投資。

減緩氣候變化的工作將需要大量投資潔淨能源和科技

2021年至2050年間所需累計投資（萬億美元）



註：投資金額反映實現國際再生能源總署攝氏1.5度目標所需的支出，即將氣溫上升幅度限制在低於工業革命前水平攝氏1.5度的範圍之內。

資料來源：資料來源：2021年6月國際再生能源總署“World Energy Transitions Outlook: 1.5 °C”（「世界能源轉型展望：攝氏1.5度」）。



國際再生能源總署以實施為重點的攝氏1.5度目標估計同期總投資應增加至131萬億美元，並顯著提升對可再生能源和電氣化的投資比例（見圖表）。¹⁷ 到2050年，此類投資加上審慎實施可將年淨排放量降至-0.4十億噸二氧化碳（GtCO₂/年），比我們目前道路中可能出現的36.5 GtCO₂/年顯著改善。¹⁸

自達成《巴黎協定》以來，六個國家將碳中和目標通過成為法律，包括歐盟、加拿大和韓國在內的五個國家/地區也開始以同樣的方式評估擬議的立法。包括美國和中國在內的其他24個國家（合計排放量佔全球36.8%）已將氣候目標設定為官方政策，但在採取實際行動方面仍停滯不前。¹⁹ 然而，我們預料無論未來政府採取何種行動，對可再生能源和清潔技術的投資都會高於目前政策的建議。雖然我們希望實現具約束力的立法和即時可見的行動，但從經濟和商業的角度來看，這些技術是有意義的：

- 可再生能源行業的就業人數正在迅速增長，並且應該會隨著化石燃料的採用持續減少（見以下部分）而進一步增加，尤其是在仍受新冠肺炎大流行影響的世界中。
- 超過75%的全球人口生活在化石燃料淨進口國。對於這些人口和國家，可再生能源可讓他們自給自足。²⁰
- 可再生電力正在變得比化石燃料發電便宜（見以下部分）。出於以上及其他原因，亞馬遜和沃爾瑪等公司已經宣布了利用可再生能源和清潔技術進行脫碳的計劃。²¹

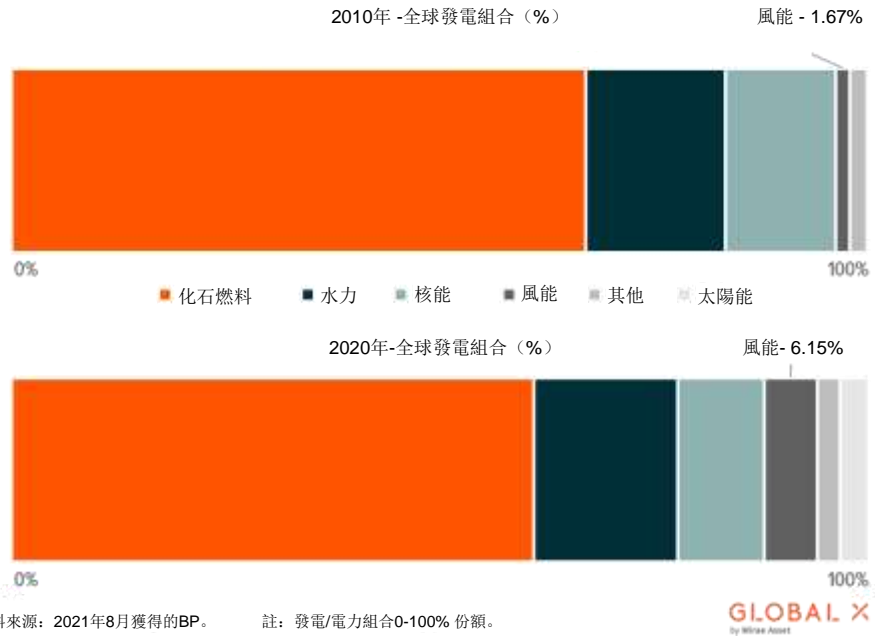
風能: 過去與現在

利用風的動能並不是一個嶄新的概念。大約2000年前，風車首次被引入，最初用於抽水和將穀物磨成麵粉。當然，現代風能的外觀和運作方式跟古代農村的磨坊大不相同。現今的風電場由頂部裝有渦輪機的雄偉塔樓組成，安裝在陸地（陸上風）和大片水域（海上風）之上。配備風感應技術的大型葉片捕獲風的動能，並轉動連接貫穿渦輪機外殼（也稱為機艙）傳動軸的轉子。在渦輪機內，齒輪箱加速轉動，發電機利用磁鐵從該運動中產生電力，並最終將電力輸送到電網。

就在十多年前，當清潔能源僅佔發電組合的10%時，水壩和川流式等水力發電能源佔可再生能源發電量的最大份額。2010年，水力發電佔總可再生能源發電量的82%，而風能和太陽能發電分別僅佔8.3%和0.8%。²² 然而，水力發電從來都不是未來清潔能源的唯一基石。水電發電能源受位置限制，而且水力發電已被嚴重依賴，限制了其發展。從2010年到2019年，水力發電量增加了23%，比整體能源消耗增長快8%，但增幅不足讓其單靠自己從傳統能源市場中大量爭奪份額。²³

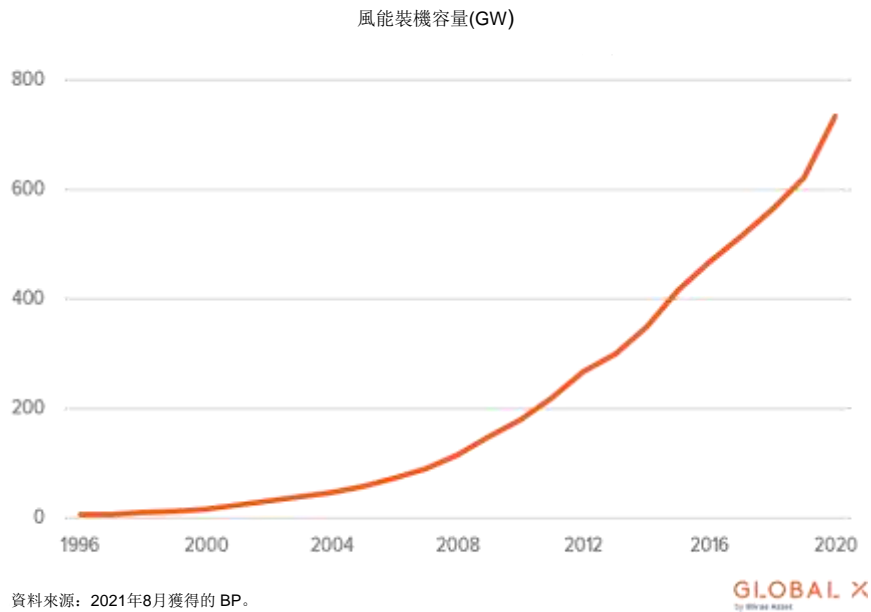


風能在全世界電力組合中所佔的份額自2010年以來增長了3倍以上，現時佔全球電力的 6.2%



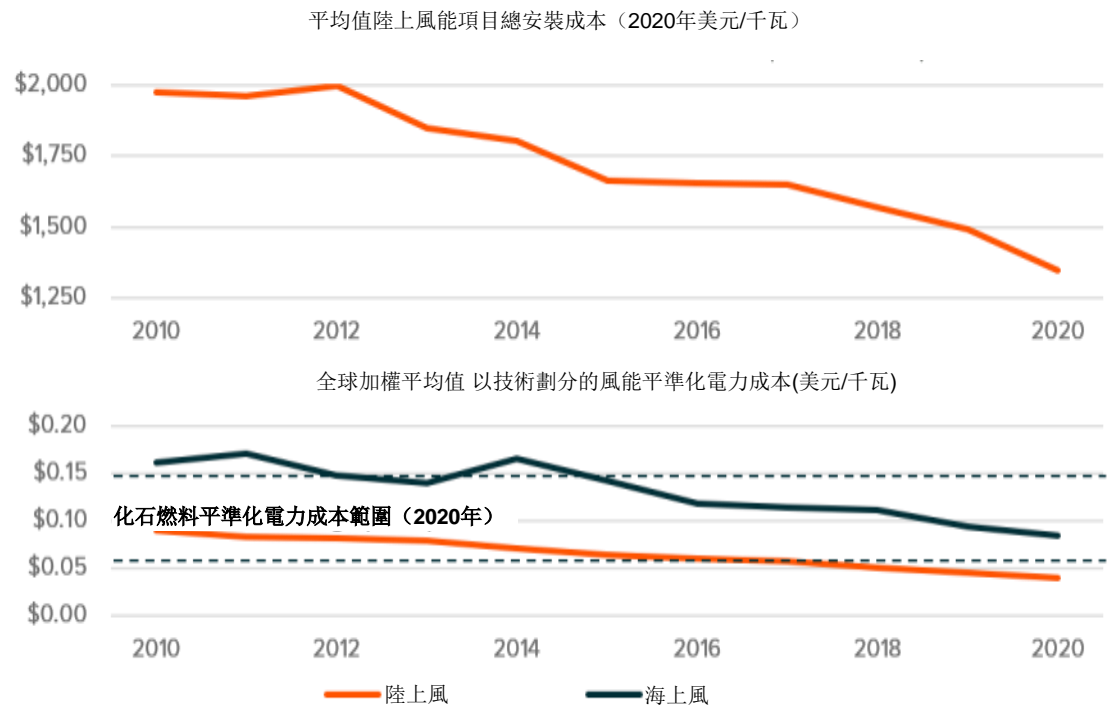
然而，自2010年以來發生了很大變化，清潔能源在發電行業中佔全球發電量的份額顯著增加，在2020年達到29%，比2019年底高出2%，比2010年底高出近10%。²⁴ 風能和太陽能被證實是全球向可再生能源轉型之前缺失的部分。在風能方面，在2010年至2020年間，風能的裝機容量增加了4倍（305%），從180.9吉瓦GW增加到733.3吉瓦。²⁵ 現今，風能發電佔全球總發電量的6.2%，並佔可再生能源發電量的21.4%。²⁶

過去十年風能裝機容量顯著增長



近年這種增長可歸因於基礎技術的創新和快速降低的成本。風力渦輪機變得越來越便宜。2019年底，陸上維斯塔斯風力渦輪機的平均現行價格為每千瓦834美元，而2008年底則為1,866美元，²⁷加上其他成本驅動因素，導致陸上風能項目的總安裝成本在同期下降了27%。²⁸查看風電的平準化電力成本(LCOE)可說明這一點，即在指定的成本回收期內建造和營運電源所需的收入。過去十年，風能的平準化電力成本下降了55%，使其在全球大部分地區比化石燃料都更便宜。²⁹

組件成本的下降和效率的提升正在降低風能成本



資料來源：Global X ETF，2021年6月。

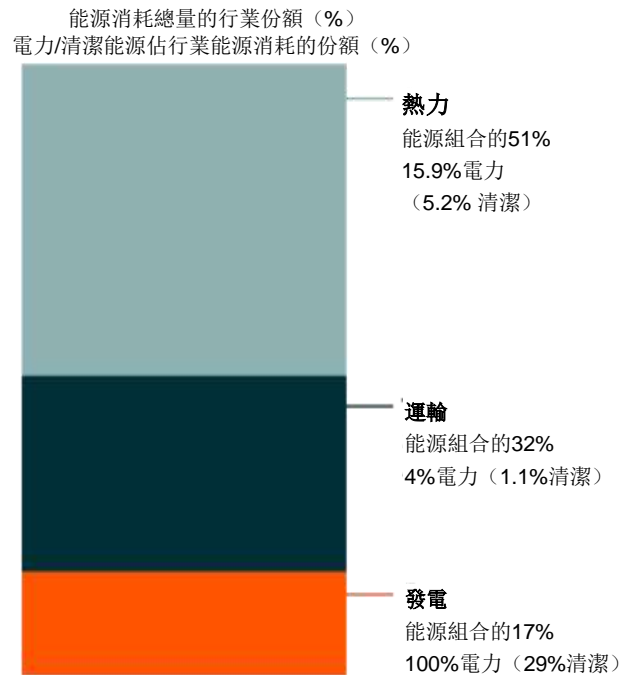
註：化石燃料範圍從0.055-0.148美元

風能的未來發展

隨著規模經濟、加大投資、扶持政策 and 市場力量進一步降低風能組件、安裝和運作成本，我們預料風能發電量將持續增長。隨著風力葉片和渦輪機技術的創新提高效率，利用更少的風可產生更多的電力，渦輪機的生命週期成本正在持續下降。例如，更長和表面面積更大的新型風力葉片可在風速較低時達致更大的輸出。²¹世紀的風塔工程和自行維修機器人也有助持續降低成本。

此外，對支援技術的投資應可推動所有可再生和清潔能源的發展。電力僅佔最終能源消耗總量 (TFEC) 的37%，其中大部分由電力行業直接生產。這意味著剩餘63%的最終能源消耗總量來自運輸、建築和工業中化石燃料的直接燃燒。³⁰ 電氣化的最終用途可以通過將電力行業轉變為可再生能源實現脫碳，但是像剛才提到的非電氣化最終用途則只能通過直接或間接電氣化實現脫碳。要進行直接電氣化必須將汽車和建築物供暖從化石燃料推動轉型至電能。考慮到這一點，可再生能源和電氣化應被視為互補。

電力行業只佔整體能源組合的一部分



註：熱力指工業和建築物中的供暖/冷氣。

資料來源：2021年7月 REN21、國際能源署、Global X ETF。

只有通過電氣化才能實現可再生能源的全面滲透，而進一步電氣化則非常依賴可再生發電。遵循這一思路，進一步擴大電氣化和可再生能源發電的規模對幫助實現全球碳中和目標發揮巨大作用。據估計，以清潔的替代能源取代煤炭、石油和天然氣等化石燃料可實現充分限制暖化所需減排量的52%。³¹

投資風能

通過脫碳應對氣候變化是我們這個時代的一項重大挑戰。人類活動之間必須互相聯繫，向風能和太陽能等可再生能源轉型是我們實現此目標的最大希望。近年這些能源的採用使我們感到鼓舞，隨著創新和成本降低進一步加速轉型，預料可再生能源可繼續從化石燃料來源爭奪市場份額。我們相信投資者可以參與向可再生能源的轉型，同時從基礎顛覆性技術和提供這些技術公司的增長中潛在獲益。

1. 2021年6月國際再生能源總署“World Energy Transitions Outlook:1.5oC Pathway”（「世界能源轉型展望：通往攝氏1.5度目標的道路」）。
2. 2021年8月政府間氣候變化專門委員會“AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis”（「AR6 - 2021年氣候變化：自然科學的偏見」）。
3. 同上。
4. 2021年7月12日獲得的彭博“Annual Greenhouse Gas Emissions”（「年度溫室氣體排放量」）。
5. 2021年8月政府間氣候變化專門委員會“AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis”（「AR6 - 2021年氣候變化：自然科學的偏見」）。
6. 美國國家海洋和大氣管理局全球監測實驗室大氣二氧化碳數據庫；Global X分析
7. 2020年8月美國國家海洋和大氣管理局“Climate Change:Atmospheric Carbon Dioxide”（「氣候變化：大氣二氧化碳」）。
8. 2021年8月政府間氣候變化專門委員會“AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis”（「AR6 - 2021年氣候變化：自然科學的偏見」）。
9. 同上。

10. 2021年Climate Watch“Historical GHG Emissions”（「歷史溫室氣體排放」）；Global X分析
11. 2021年8月政府間氣候變化專門委員會“AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis”（「AR6 - 2021年氣候變化：物理科學的偏見」）。
12. 同上。
13. 2021年5月氣候行動追蹤組織“Global Update: Climate Summit Momentum”（「全球更新：氣候峰會動力」）。
14. 2021年8月政府間氣候變化專門委員會“AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis”（「AR6 - 2021年氣候變化：物理科學的偏見」）。
15. 同上。
16. 2021年6月國際再生能源總署“World Energy Transitions Outlook: 1.5 °C”（「世界能源轉型展望：攝氏1.5度」）。
17. 同上。
18. 同上。
19. 2021年6月Visual Capitalist“Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country”（「淨零競賽：各國的碳中和目標」）。
20. 2021年6月國際再生能源總署“World Energy Transitions Outlook: 1.5 °C”（「世界能源轉型展望：攝氏1.5度」）。
21. 2020年9月21日彭博“Amazon Tries to Make the Climate Its Prime Directive”（「亞馬遜試圖將氣候排在首要位置」）。
22. 2021年BP“Statistical Review of World Energy 2021”（「2021年全球能源統計回顧」）。
23. 同上；Global X分析
24. 2021年4月國際能源署“Global Energy Review 2021”（「2021年全球能源評論」）。
25. 同上；Global X分析
26. 2021年BP“Statistical Review of World Energy 2021”（「2021年全球能源統計回顧」）。
27. 國際可再生能源協會數據庫，維斯塔斯風力系統公司
28. 同上。
29. 2020年9月能源轉型委員會“Making Mission Possible: Delivering a Net Zero Economy”（「使任務成為可能：實現淨零經濟」）。
30. 2021年REN21“Renewables 2021: Global Status Report”（「2021年可再生能源：全球狀況報告」）。
31. 2020年國際再生能源總署“Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050”（「全球可再生能源展望：2050年能源轉型」）。
32. Solactive風能指數計算方法。如果純公司少於25間，指數將包括主要從事風能活動業務但目前不產生收入的公司



投資涉及風險，包括可能損失本金。焦點狹窄的投資將更容易受影響該行業的因素影響，並受更大波動性的影響。風能公司可能高度依賴政府補貼、與政府實體簽訂的合同以及新技術和專有技術的成功開發。季節性天氣狀況、能源產品供需波動、能源價格變化以及國際政治事件都可能導致此類公司業績波動。國際投資可能會涉及因貨幣價值的不利波動、一般公認會計原則的差異或其他國家的社會、經濟或政治不穩定而帶來的資本損失風險。新興市場涉及與相同因素相關的更高風險，以及更大的波幅和更低的交投量。

