



放眼市場 | 第14期年度能源報告

能源電氣化新未來

能源電氣化新未來。未來的主流願景就是在太陽能、風能、輸電和分布式能源存儲提供動力下，讓萬物電氣化。這一目標難以通過化石燃料達成，而是需要依託電動機和熱泵提升能源效率來實現。雖然電網日益環保，但在化學、物理、成本、政治和人類行為等多種原因限制下，電氣化的推進速度卻遠不及電網提升的步伐。我們的第14期年度能源報告對此進行了更深入的研究，其中還包括核能、中國、氫能、「淨零石油」和加沙的能源未來等主題。

作者：岑博智(Michael Cembalest) | 摩根大通資產及財富管理市場及投資策略部主席



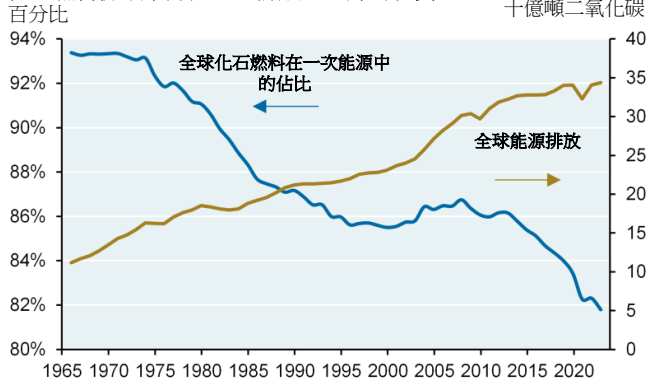
能源電氣化新未來：《放眼市場》第14期年度能源報告

隨著可再生能源轉型的不斷推進，化石燃料在全球能源使用中的佔比正以每年約 0.40% 的速度下降。這與 1973 年至 1988 年核能建設熱潮期間的脫碳步伐幾乎完全一致。由於能源消耗不斷上升，全球二氧化碳排放量毫無疑問並未下降；下降的是化石燃料在一次能源中的佔比，而並非其消耗水平。

由於全球脫碳倡議呼聲日益強烈，化石能源與可再生能源的差距（如第二張圖表¹所顯示）應會以更快的速度縮小；全球能源轉型支出已連續第四年超過化石燃料支出，且差距在持續擴大²。展望未來，美國能源法案的財政成本可能到 2030 年將高達 9,000 億美元，並在 2035 年前達到 1.1 萬億美元³。但從目前來看，可再生能源幾乎完全僅用於電網脫碳，其主要用途在於：空間冷卻、照明、製冷、數據中心、電子設備以及部分空間加熱。在工業生產和運輸方面，電網使用依然很少。

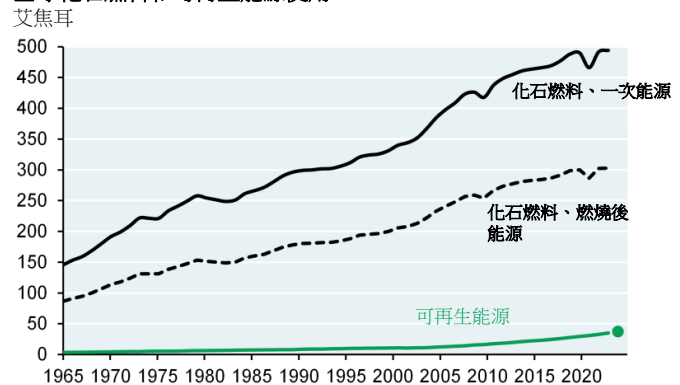
人們普遍認為未來發展路徑是「能源電氣化」，即「萬物皆可電氣化」。理由：如果某件事情可通過電氣化實現，則該事情最終可通過風能、太陽能和儲能實現脫碳。雖然這類轉型正在進行中，但由於受到化學、物理、成本、人類行為和政治等多種因素的影響，完成轉型尚需時日。因此也可以看出，人類社會今日的繁榮和輝煌離不開天然氣所做的貢獻。為確保電力和天然氣供應的持續穩定，天然氣生態系統需要獲得充足的投資，與此同時對於天然氣生態系統中甲烷足跡的關注日益增加（這是去年討論過的一個話題）。今年的報告深入探討能源電氣化新未來的細節，同時還討論核電、中國、「脫碳油」、平準化成本、氫能、生物油、電動汽車排放、Vaclav Smil 的最新見解以及有關太陽能和加沙能源未來的總結性思考。附錄載列有關全球石油和液化天然氣市場的數據，以及因 Electrify America、Waymo 和 Jeep 引發的電動汽車事故見聞。

化石燃料份額下降掩蓋了排放量上升的現實



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年。

全球化石燃料和可再生能源使用



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、國際能源署、摩根資產管理，2024年。

¹能源分析（國際能源署、能源研究院、美國能源資訊署）的標準慣例是以「輸入當量」或「熱當量」為基礎來衡量可再生能源和核能，匯總計算這些電力來源，使其一次能源數據相對於化石燃料（在燃燒過程中的熱損耗達 62%）更具可比性。美國能源資訊署正在轉向新的標準：他們將直接以太瓦時、艾焦耳或英熱單位反映可再生能源及核能的電力輸出而不進行匯總處理。

第一張圖表使用標準的一次能源數據。第二張圖表顯示全球化石燃料使用的一次能源以及我們按「燃燒後化石燃料能源」計算的另一個系列數據。這根據石油、天然氣和煤炭在運輸、發電和工業/建築供暖方面的實際使用計算得出，反映這些燃料的燃燒效率（分別為 30%、38%和 90%）。後一個系列的數據與可再生能源和核能更具可比性，因為該系列所表示的數值更接近電能所能完成的「工作」量。

²《2024 年能源轉型投資趨勢》，彭博新能源財經，2024 年 1 月，第 7 頁

³《通脹削減法案氣候條款的經濟影響》，Bistline 等，引用美國電力研究協會的 REGEN 模型，2023 年 3 月 30 日



本報告主要以轉型科學為相關依據，而非想像轉型將以何種方式開展。當政治原因影響科學依據時，任何支持理性分析的人應該都會感到不安：

- 根據哥倫比亞大學維護的「沉默科學」(Silencing Science)追蹤系統，在特朗普執政期間，聯邦政府採取了 346 項反科學行動。行動的類別包括政府審查、自我審查、預算削減、人事變動、研究障礙以及偏見／失實陳述
- 近 400 名美國國家環境保護局科學家表示，他們在 2018 年下半年發現了違反該機構科學誠信政策的行為，但由於「害怕報復、認為報告不會有所作為、會受到機構領導層的壓制或干涉，以及認為政治和政策重要性大於科學」而沒有報告這些行為⁴
- 特朗普曾承諾重啟一項計劃，以對數千名聯邦員工進行重新分類⁵。其中包括目前永久從事專業工作而不受政治影響的科學家。該計劃更方便特朗普政府解僱反對其議程的「流氓官員」。該政府可任命與特朗普保持同樣政治立場的人員接替，而不論其科學或技術專業知識如何

要分清能源轉型的虛虛實實，在沒有此類干擾因素的情況下尚且舉步維艱。而關於適當的能源轉型政策，目前存在諸多各有理據的爭論。舉例來說，美國國家環境保護局將在今年春季敲定針對現有燃煤電廠和新建天然氣電廠的標準，這些發電廠可能需要將碳捕集作為獲批營運的先決條件。有人可能會對該限制的成本和技術準備程度展開爭論。但是，從事能源和環境實證分析的科學家不應受到干擾。

岑博智(Michael Cembalest)
摩根資產管理

縮略詞

BEV 純電動汽車；**BNEF** 彭博新能源財經；**BTU** 英國熱單位；**CHP** 熱電聯供；**CCS** 碳捕集與封存；**CF** 容量因數；**DACC** 直接空氣碳捕集；**DOE** 美國能源部；**DRI** 直接還原鐵；**EI** 能源研究所；**EIA** 美國能源信息署；**EOR** 提高原油採收率；**EPA** 美國國家環境保護局；**EV** 電動汽車；**FERC** 聯邦能源管理委員會；**FF** 化石燃料；**GHG** 溫室氣體；**GW** 吉瓦；**HGB** 水電、地熱和生物質能；**HVAC** 採暖、通風與空調（暖通空調）；**ICE** 內燃機；**IEA** 國際能源署；**IRENA** 國際可再生能源機構；**kg** 千克；**km** 公里；**kW** 千瓦；**kWh** 千瓦時；**LBNL** 勞倫斯柏克萊國家實驗室；**LCOE** 平準化能源成本；**Li-Ion** 鋰離子；**LNG** 液化天然氣；**MJ** 兆焦；**MPG** 英里／加侖；**mtpa** 百萬噸／年；**MW** 兆瓦；**MWh** 兆瓦時；**NERC** 北美電力可靠性公司；**NRC** 美國核能管理委員會；**NREL** 國家可再生能源實驗室；**PHEV** 插電式混合動力汽車；**Quad** 萬億英熱單位；**REE** 稀土元素；**SMR** 小型模塊化反應堆；**TTF** 所有權轉讓設施；**TWh** 太瓦時；**UCS** 憂思科學家聯盟；**UNCTAD** 聯合國貿易和發展會議；**USGS** 美國地質調查局。[3月11日版本]。

⁴ 《特朗普總統對科學的戰爭如何影響公共衛生環境監管》，Webb 和 Kurtz，刊於《分子生物學和轉化科學進展》，2020年

⁵ 《特朗普向總統之位發起衝擊再次引發對美國科學的擔憂》，《自然》雜誌，Jeff Tollefson，2024年1月



目錄

能源電氣化新未來：電氣化未來趨勢.....	4
Vaclav Smil 的最新見解.....	15
聚焦中國：全球最大的能源消費國各式各樣的建設正在如火如荼地進行.....	16
基本的能源轉型圖表	18
石油和天然氣、可再生能源以及核能相關股票的投資回報.....	22
核電：難以捉摸的真實成本指標，德國停用設施／去工業化和紐約州的動向	24
Lazard 研究的不足之處：平準化成本的缺漏（第二部分）	29
電氣化高階主題：時機、溫度、傳輸和渦輪機.....	30
「氫氣疑團」後記：綠氫行業艱難的一年	35
「忽略 PUNI」：擁有獨特自然能源資源的小國分散焦點.....	38
關於「淨零石油」：如果能夠接近非常激進的預估水平，便值得嘗試	40
適當的掩埋：生物油的封存能否比二氧化碳捕獲和封存更受青睞？	44
假設性問題：加沙重建和分布式太陽能作用的思想實驗	46
附錄一：美國和歐洲能源供需及全球液化天然氣市場.....	50
附錄二： Electrify America 、 Waymo 和吉普的電動汽車不幸遭遇.....	52

上一年能源主題

敬請訪問我們的[《放眼市場》能源報告檔案頁面](#)，查閱去年討論的主題：

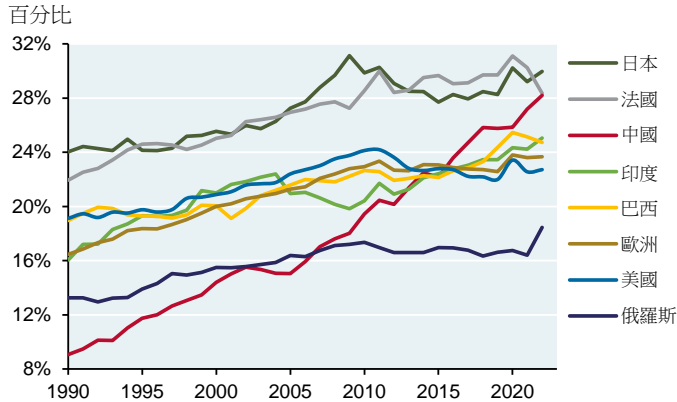
- 美國輸電困境和日益增長的風能／太陽能項目聯網隊列
- 應用到可再生能源時，有缺陷的平準化成本概念
- 深入探討關鍵礦物、地質資源豐富度以及中國在能源供應鏈中的角色
- 生物燃料替代傳統航空燃料代價高昂
- 城市固體廢物的效益和局限性，以及對歐洲固體生物質能的爭議
- 碳封存進展緩慢以及煙氣二氧化碳濃度的相關問題
- 電動飛機、核聚變、太空太陽能、直接空氣碳捕獲和全自動乘用車網絡等如夢似幻的遐想
- 對美國甲烷排放的實地研究顯示，排放量高於向美國國家環境保護局報告的水平



能源電氣化新未來：電氣化未來趨勢

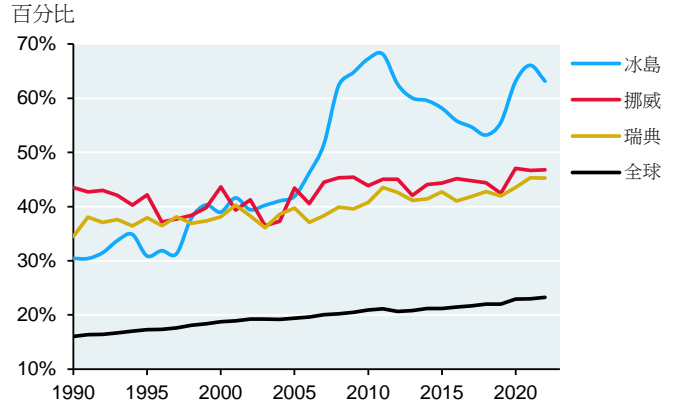
推進電氣化的兩大理由：(a)能電氣化就能脫碳；及(b)電動機和電熱泵的效率高於使用化石燃料的相應設備。在大部分國家，電氣化佔能源消耗總量的20%-30%。關於電氣化佔比較高的國家有大量的新聞報道，但真正了解挪威其中情況的人並不多，而右圖所示的三個國家並不能很好地代表全球其他地區的情況。如果說有什麼值得注意的事情正在發生，那就是中國的電氣化程度在不斷提高。

主要國家/地區：最終能源消費量中的電力份額



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年。

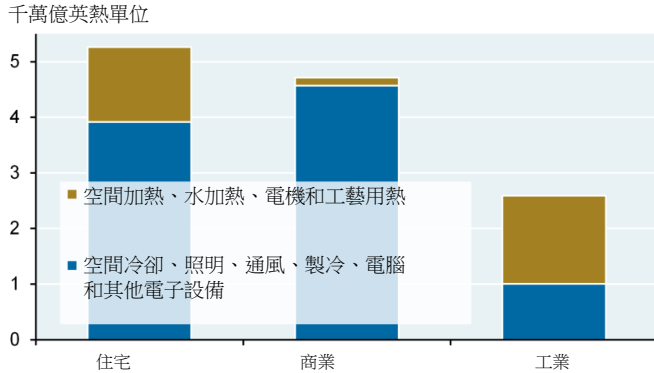
電氣化程度最高：最終能源消費量中的電力份額



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年。

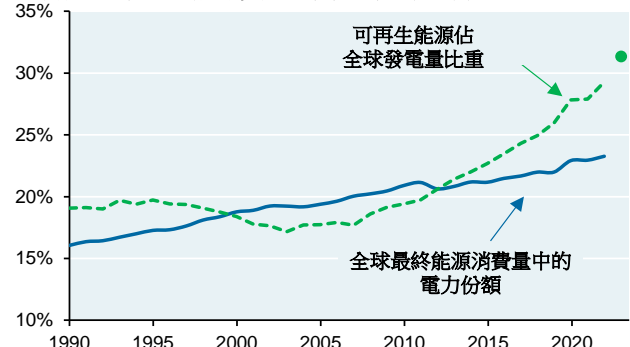
電有哪些用途？主要用於住宅、商業及工業的空間冷卻、照明、數據中心、電腦設備、通風及部分空間加熱。運輸和工業部門的用電量一般非常小，熱能仍是空間加熱的主要形式。即右邊的圖表所示：電網脫碳（綠線）的速度比電氣化速度（藍線）要快。換言之，電網越來越環保，但電網用途的擴展速度卻慢得多。

美國電力使用：主要是暖通空調



資料來源：美國能源信息署、摩根資產管理。2023年。交通運輸的數值太小，無法以0.06萬億繪製。

電網脫碳速度超過能源使用電氣化速度（全球），百分比



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、國際能源署、摩根資產管理，2023年

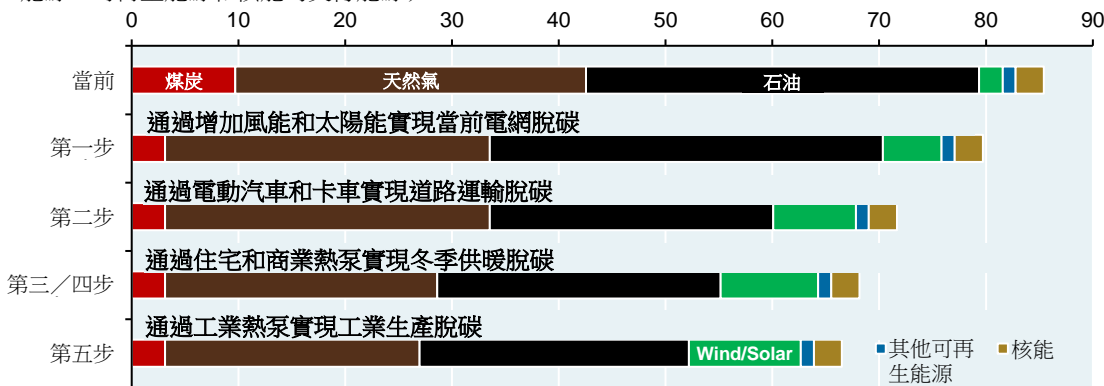


能源電氣化新未來的運作方式。每個國家都設定了不同的路線圖，但許多細節與下文概述的美國版本類似⁶：電網進一步脫碳，同時，公路運輸、冬季供暖和工業生產的電氣化程度也在增加。整體情況是：在考慮了電動機和電熱泵的效率後，隨著化石燃料能源從當前水平下降 34%，只需要 8-9 萬億英熱單位的電能即可取代 27 萬億英熱單位的化石燃料能源。

挑戰：美國發電量需要增加約 34%（即與 1993 年至 2022 年這 30 年間的發電量增長百分比相同），風能和太陽能發電量增加約 400%，以及足夠的後備熱能和電池儲能，以處理更大電網中 53% 的間歇性可再生能源發電量。後面幾頁將介紹每個步驟；電氣化的全部增長都假設通過新增風能和太陽能來提供電力。從脫碳的角度來看，如果以額外的天然氣來提供電力，電氣化的意義不大。

能源電氣化新未來的代價有多高？我不知道；徹底的評估須包括電費繳納人和納稅人的成本增加。例如，它需要考慮對美國電價的影響（自 2019 年以來，電價的上漲速度超過了核心通脹、食品價格和汽油價格）以及對納稅人補貼的增量成本（即第一頁提到的 8,000 億到 1.1 萬億美元）。

美國電氣化願景路線圖，一次能源（萬億英熱單位），美國能源信息署新公約（化石燃料的一次能源，可再生能源和核能的交付能源）



資料來源：美國能源信息署數據、摩根資產管理假設，2024年。其他可再生能源主要是水力發電

	當前	電氣化願景	變動
交付的一次能源（萬億英熱單位）	85.4	66.5	-22%
化石燃料一次能源使用（萬億英熱單位）	79.4	52.2	-34%
風能+太陽能發電（萬億英熱單位）	2.2	10.5	376%
風能+太陽能發電（太瓦時）	645	3,069	376%
總發電量（萬億英熱單位）	14.7	19.7	34%
總發電量（太瓦時）	4,321	5,775	34%
風能+太陽能佔發電量比重	15%	53%	38%
可再生能源佔發電量比重	23%	59%	36%

資料來源：摩根資產管理，2024年對一次能源使用美國能源信息署新公約。

⁶ 電氣化設想存在差異。例如：麻省理工學院 Saul Griffith 發表《電氣化：樂觀主義者的清潔能源未來展望》。Griffith 在 2023 年 10 月發表了一篇文章，文中列舉了短途航空電氣化的可能性，而短途航空並不在我們的分析範圍內。我們並未設想航運或航空的電氣化。在去年的報告中，我們解釋了短途航空旅行（200 英里內）如何做到僅佔航空排放總量的不到 5%，因此即使加入短途航空，也不會對我們的設想造成太大的影響。



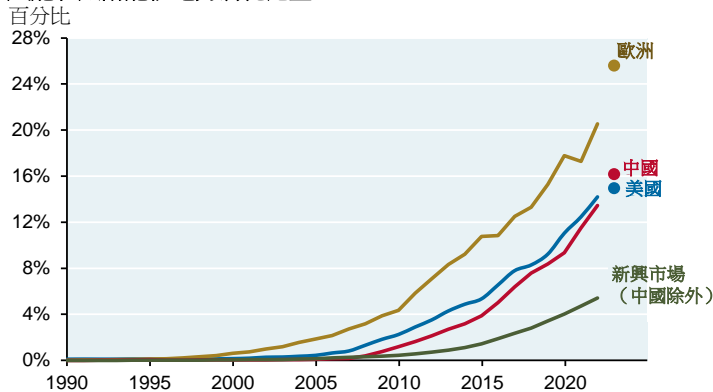
第一步：在提升電氣化水平之前，通過增加風能和太陽能實現美國電網脫碳

- 目前：風能=10%的發電量，太陽能=5%的發電量
- 能源電氣化新未來：風能佔比上升至19%，太陽能佔比上升至18%；限電5%
- 煤炭發電佔比從20%降至5%，其餘部分通過減少天然氣實現

能源電氣化新未來的第一階段將是增加現有電網的風能和太陽能。切記，這可能不會導致天然氣發電容量的廣泛降低。「容量信用」估計電網每增加一兆瓦風能和太陽能可切斷的天然氣發電容量兆瓦數，而美國的比例僅為10%-25%（見第18頁）。換言之，除新增發電容量、輸電和儲能成本外，能源電氣化新未來的總成本還包括發電容量冗餘。自2002年來，雖然風能和太陽能的發電容量大幅增加，但德國的熱能並未下降。德國的二氧化碳排放量和熱容量因子雖有所下降，但仍須建設與維護該國的火電廠。

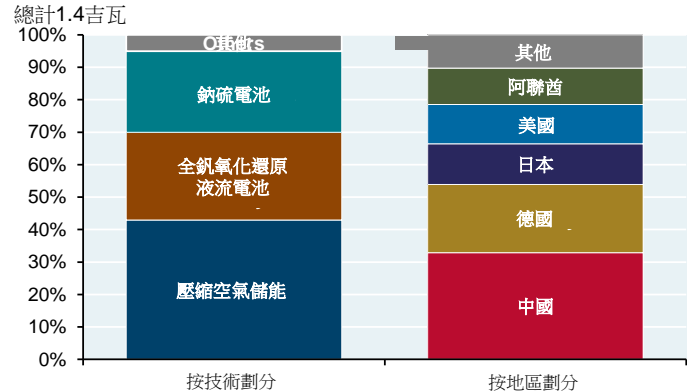
美國方面，抽水蓄能佔公用事業規模儲能的70%，而化學電池則佔另外的28%。在化學電池中，幾乎全部電量都是4-6小時的鋰離子容量。如果風能／太陽能建設增加且天然氣調峰電廠被淘汰，則長時間儲能將成為能源電氣化新未來的關鍵部分，因為4-6小時的鋰離子電池儲能不夠使用。鈦氧化還原和硫鈉等新型化學長時間儲能電池方法才剛開始與壓縮空氣儲能一起部署。但需要明確的是，全球長時間儲能容量依然十分有限，僅佔所有儲能形式的0.5%左右。造成低長時間儲能容量的原因在於：高成本、低技術準備程度以及需要提高往返效率（即壓縮空氣為40%-60%、液流電池為65%-80%，而鋰離子電池則為90%左右）。

風能和太陽能佔電力消耗比重



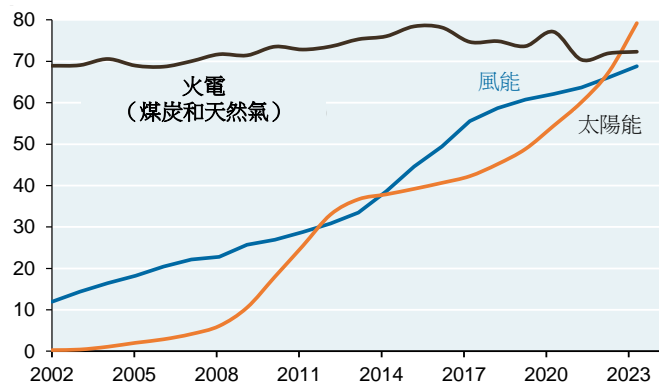
資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、國際能源署、摩根資產管理，2023年。

按技術和地區劃分的長期儲能



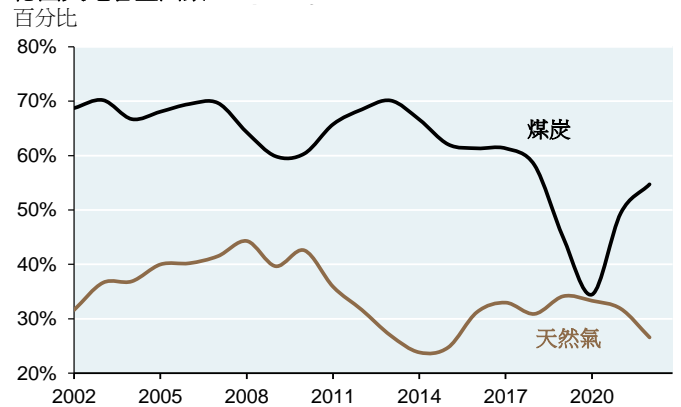
資料來源：「2023年全球長期儲能更新」，彭博新能源財經，2023年9月

德國風能、太陽能和火力發電裝機容量，吉瓦



資料來源：Fraunhofer Institute、摩根資產管理，2024年

德國火電容量因素



資料來源：能源研究所統計年鑒、Fraunhofer Institute、摩根資產管理，2023年



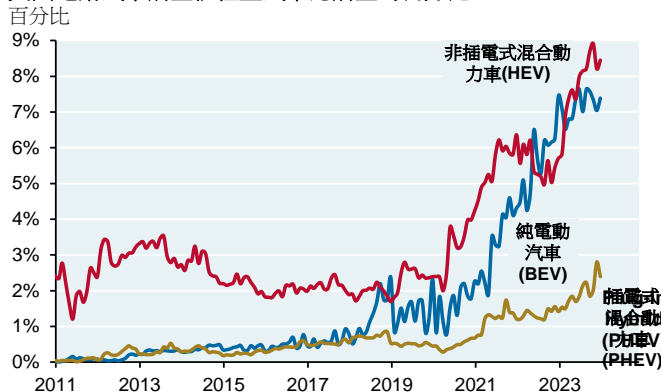
第二步：美國乘用車、輕型卡車和 8 級卡車脫碳：持續增長，但仍處於起步階段

- 目前的車輛構成：電動汽車佔乘用車和輕型車輛的 1.5%，佔 8 級卡車的 0.6%
- 能源電氣化新未來：假設內燃機汽車／輕型卡車是 23 英里／加侖和電動汽車是 0.33 千瓦時／英里，電動汽車將取代 50% 的乘用車能源石油使用量；假設內燃機卡車是 6.5 英里／加侖和電動汽車是 1.7 千瓦時／英里，電動汽車將取代 50% 的貨運和商用輕型卡車能源石油使用量⁷

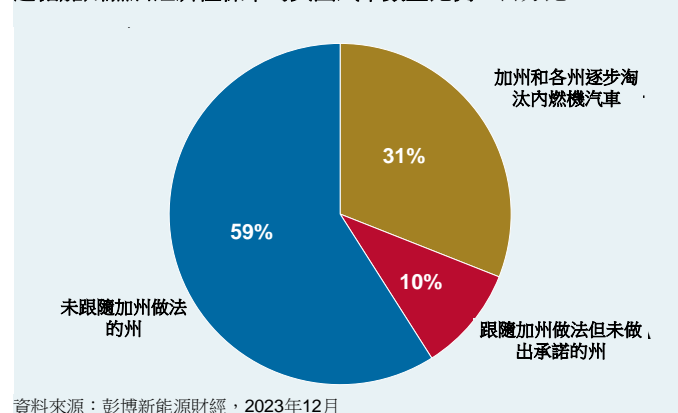
算上純電動汽車和插電式混合動力汽車，美國電動汽車目前的銷量佔比為 10%⁸，但電動汽車僅佔小汽車構成的 1.5%，而在 8 級卡車構成中的佔比則更低；在車輛使用時間達到 12 年或以上的情況下，改變車輛構成需要時間。越來越多州份在效仿加州，逐步淘汰內燃機汽車；佔現有汽車保有量三分之一的州份都制定了這樣的計劃。製造商的電動汽車資本承諾還表明，道路交通將迎來電動時代，但我好奇這將需要多長時間。

彭博新能源財經估計，到 2037 年，美國的汽車保有量中將有 50% 為電動汽車，但這需要在目前的水平上加速普及。對於以下情況，我想知道彭博新能源財經會如何評價：2023 年 12 月，美國經銷商的電動汽車庫存達到 114 天的歷史最高水平，是前一年水平的兩倍（這些數據不包括直接向消費者銷售的特斯拉和 Rivian 車輛）。福特和通用汽車正在削減電動汽車的生產，通用汽車和本田放棄了生產較低價格電動汽車的計劃，以及一個由 4,000 家汽車經銷商組成的聯合體要求拜登政府停止電動汽車的授權。換言之，能源電氣化新未來電動汽車的預測非常樂觀，並可能將花費相當長的時間。

美國電動汽車銷量佔輕型汽車總銷量的百分比

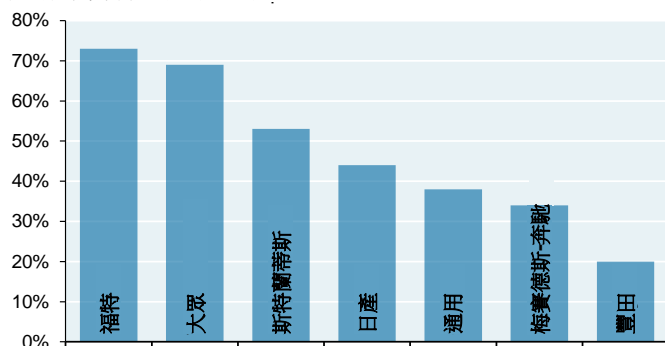


遵循加州燃油經濟性標準的美國汽車數量比例，百分比



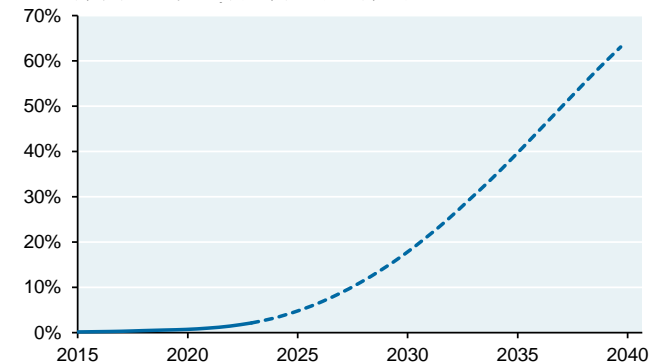
電動汽車和數碼科技的研發和資本支出承諾

佔研發和資本支出總額的百分比



根據彭博新能源財經預測，電動汽車在美國汽車中所佔比重

純電汽車和插電式混合動力車佔整體汽車百分比



⁷ 內燃機汽車：美國車輛是 23 英里／加侖（美國交通部）；半掛式卡車是 6.5 英里／加侖（菲尼克斯卡車駕駛學院）；電動汽車：特斯拉 Model X 是 0.33 千瓦時／英里（美國能源部）；特斯拉半掛式 8 級全電動半掛式卡車是 1.7 千瓦時／英里（特斯拉）

⁸ 類似豐田普銳斯這樣的非插電式混合動力汽車通常不計入電動汽車總量，因為與內燃機汽車相比，這類汽車每英里的排放量僅減少 20% 左右，而電池續航里程僅有 1-3 英里



第三步和第四步：通過住宅和商業空氣源熱泵實現冬季供暖脫碳

	目前供熱用途比例			未來熱泵份額	性能系數	燃氣爐效率
	熱泵	化石燃料	電阻加熱			
住宅	6%	74%	20%	50%	3.0	90%
商業	11%	75%	14%	65%	3.0	80%

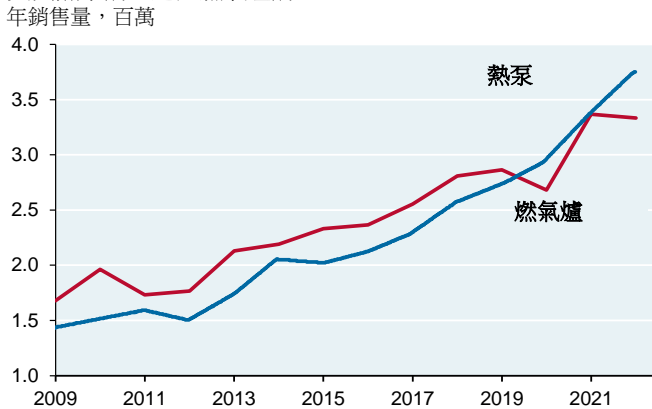
資料來源：「美國商業建築向熱泵屋頂機組過渡」，國家可再生能源實驗室；摩根資產管理，2023年5月。

在能源電氣化新未來情景中，50%-65%的冬季供暖能源由電熱泵滿足，而目前的比例為 6%-11%。在歐洲和美國，雖說熱泵是冬季供暖的邊緣來源，但面臨著與汽車一樣的挑戰：將現有燃燒設備替換為電氣設備所需的時間。在美國和歐洲，新屋銷售量不到現有住房存量的 1%。因此，如果熱泵的銷售主要局限於新屋或在熔爐停止工作時的替代（熔爐的已使用達到 20 年以上），則實現這種轉型將需要極為漫長的時間。此外：第九巡迴上訴法院駁回了柏克萊禁止在新建築中使用天然氣的禁令，認為這與聯邦法律相衝突；該裁決可能產生重大影響。

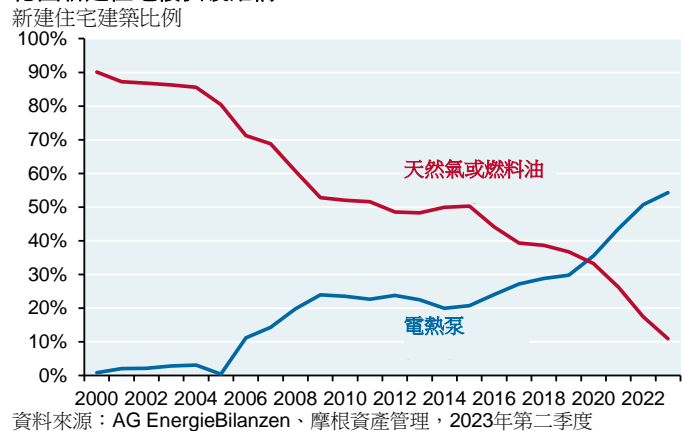
第四張圖表展示另一個障礙：**成本**。天然氣每單位能源較電力便宜，抵銷了熱泵效率為房屋擁有者帶來的效益。換言之，如果熱泵的性能系數⁹是 3 倍，但用電成本是天然氣的 3 倍，則採用熱泵的經濟效益可能有限。對於使用燃料油和丙烷的用戶，熱泵轉換的激勵較大（金色點）。

歐洲方面：熱泵的採用意味著許多建築將首次安裝空調，這可能將減少歐洲從供暖電氣化中獲得的能源和排放淨收益（見第 33 頁）。

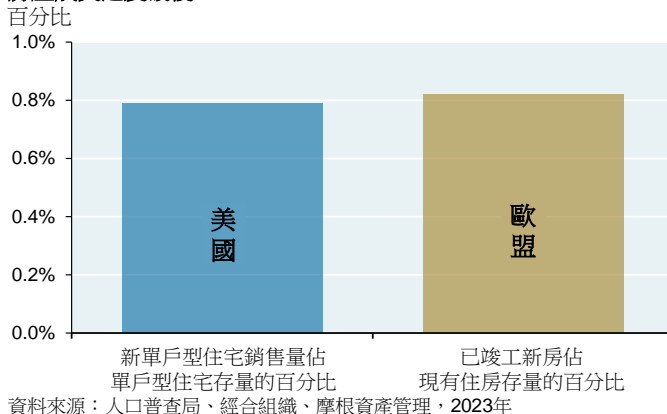
美國熱泵銷量超過燃氣爐銷量



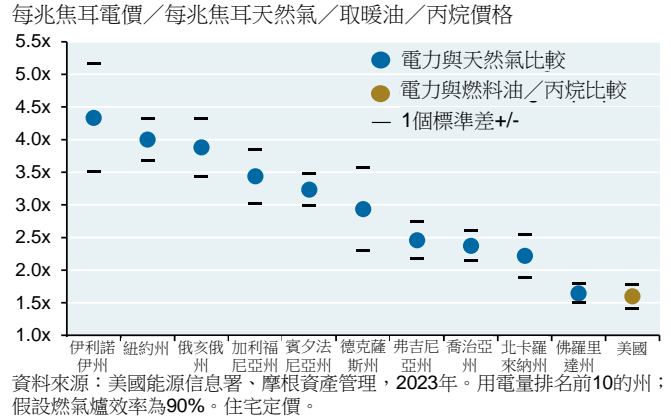
德國新建住宅樓供暖結構



房屋成交速度緩慢



冬季電價與供暖化石燃料價格比較



⁹有關熱泵性能系數的更多資訊，請參閱[本頁](#)查看我們的 2022 年能源報告



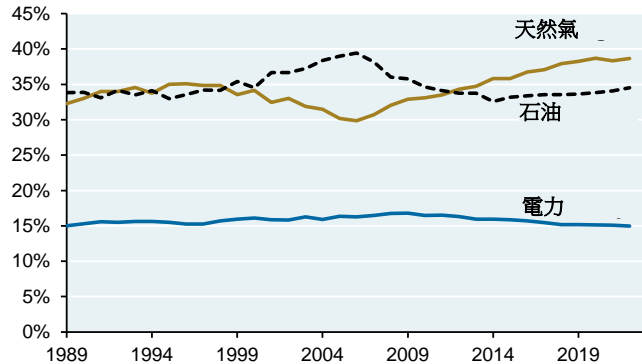
第五步：通過工業空氣源或地源熱泵實現工業生產脫碳

- 當前：14%的工業部門能源使用來自電力
- 能源電氣化新未來：假設工業熱泵性能系數為2.0，將有30%來自電力

30多年來，電力在美國工業能源使用中的佔比一直停滯在15%左右。根據國家可再生能源實驗室，全工業工藝用熱中至少一半需要200°C或以下的溫度。如果事實如此，為什麼工業部門不更多地利用能量需求少於熔爐的工業熱泵？換句話說，為什麼電氣化在工業能源使用中的佔比沒有上升？樂觀者認為，我們正處於向工業熱泵重大轉型的風口浪尖。但在沒有任何改變跡象的情況下，也許工業電氣化翻倍是一個非常樂觀的能源電氣化情景。

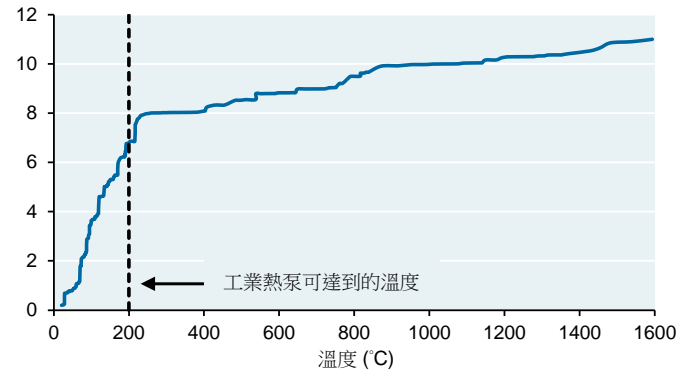
第三張圖表或能解釋變化速度緩慢的一個原因：就工業用戶而言，每單位能量的電力成本高於天然氣。換言之，雖然熱泵的高效讓所需的英熱單位減少，但需要付出更高的成本。此外，很多工業設備已完全攤銷，因此，在無法確定營運費用會大幅降低的情況下，高昂的前期成本可能會讓公司放緩更替設備的步伐。

美國工業能源使用中的電力份額數十年不變，工業能源使用中的份額



資料來源：美國能源信息署、摩根資產管理。2023年。

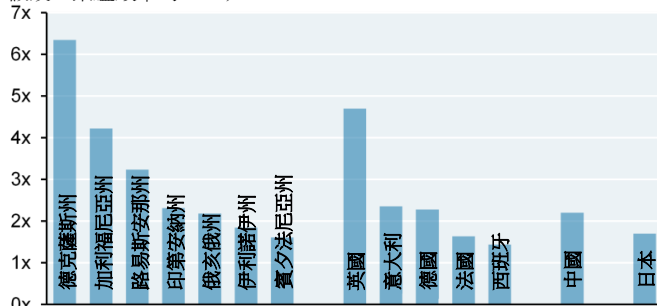
按溫度劃分的累計工業工藝流程熱量使用
千萬億英熱單位



資料來源：「2014年製造業熱能使用情況」，McMillan (NREL)，2019年

電力：用於工業供熱時成本是天然氣的2-6倍

產生每兆焦耳的電力成本除以產生每兆焦耳的天然氣成本（工業用戶，假設工業爐效率為85%）



資料來源：美國能源信息署、歐盟統計局、CEIC、摩根資產管理。2023年9月。所示各州是美國一次能源的最大工業用戶。

按板塊和類型劃分的工業能源消耗，萬億英熱單位

	燃料	原料	總計
化工	2,815	4,326	7,141
石油/焦炭	3,342	903	4,245
紙	2,488	3	2,491
初級金屬	1,734	307	2,041
食品	1,511	-	1,511
非金屬礦產	1,161	-	1,161
所有其他類型	247	599	846
總計	13,298	6,138	19,436

資料來源：美國能源信息署，2018年

電熱泵的替代方案：太陽能與熱能儲能協同，在此方案中，能量用於供熱並在無需電化學電池的情況下實現儲能。舉例而言：在隔熱鋼容器內的磚塊中實現長期儲能；風扇帶動空氣從磚塊中流動以獲取熱量。這很像20世紀的做法，但可能比電化學替代品更便宜且更具擴展性。



第二種解釋與化學在工業能源中的應用有關，勞倫斯柏克萊國家實驗室在一篇關於電氣化的高低潛力的文章中對此進行了闡釋。

勞倫斯柏克萊國家實驗室指出，初級金屬（鋼鐵除外）、二次鋼¹⁰、機械、木製品、塑料和橡膠等行業具有**高電氣化潛力**，因為化石燃料主要用於的工藝用熱可被電熱取代。與運輸、挖掘、坑內破碎及帶式輸送系統有關的若干採礦活動同樣具備高電氣化潛力。如左側的表格所示。

右側：**低/中電氣化潛力行業**。化學品、紙漿/造紙和食品利用以燃料燃燒餘熱（熱電聯供）為相關工藝提供動力的集成系統。熱電聯供密集型行業較難實現電氣化，因為生產商將需要購買曾經以很少甚至無需成本即可獲得的能源，及/或重新設計整個工藝。其他難以實現電氣化的行業包括玻璃、磚和水泥等非金屬礦物，這些礦物需要超過 1400°C 的溫度，而且均為不導電固體（即較難實現不導電物體的電氣化生產）。最後，石油/煤炭精煉利用了「自用」燃料的消耗，這種能源將在轉型為電氣化時損失掉。

如圓形圖中所示，高電氣化潛力行業使用了約 **23%** 的美國工業能源；中等電氣化潛力行業使用 **33%**，而低電氣化潛力行業使用 **28%**；其餘未納入分析。

具有高電氣化潛力的工業部門

板塊	熱量需求	燃料消耗份額： 操作流程		
		暖通空調	加熱	熱電聯產
初級金屬（鋼鐵除外）	1200°C	6%	75%	7%
金屬製品	430°C-680°C	20%	61%	7%
機械	730°C	46%	39%	4%
二級鋼鐵	1425°C-1540°C	4%	87%	0%
木製品	180°C	10%	50%	14%
車輛零部件（乾燥）	150°C	31%	33%	12%
塑料及橡膠製品	260°C	20%	33%	24%

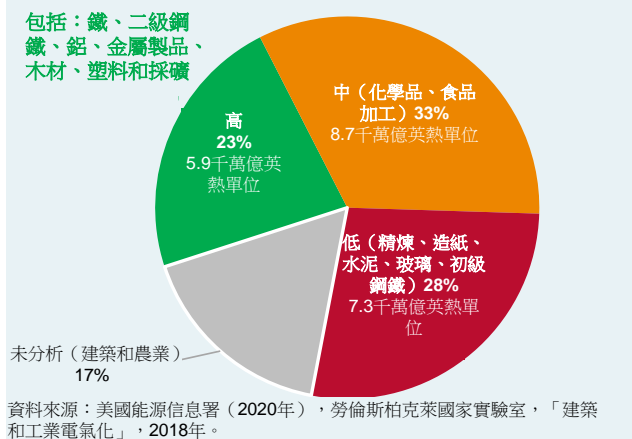
資料來源：勞倫斯柏克萊國家實驗室，「建築和工業電氣化」，2018年3月。

具有中/低電氣化潛力的工業部門

板塊	熱量需求	燃料消耗份額： 操作流程		
		暖通空調	加熱	熱電聯產
食品/飲料	120°C-500°C	4%	25%	40%
化工	100°C-850°C	1%	32%	43%
紙漿和造紙	650°C	2%	21%	63%
非金屬礦產	870°C-1600°C	3%	90%	1%
石油/煤炭產品	220°C-540°C	0%	58%	22%

資料來源：勞倫斯柏克萊國家實驗室，「建築和工業電氣化」，2018年3月。

美國工業能源使用電氣化潛力



鋼產量

	一次能源： 高爐氧氣爐	二次能源： 電弧爐	佔全球鋼鐵產量的比重
全球	72%	28%	
中國	> 90%	< 10%	53.7%
印度	55%	45%	7.5%
日本	75%	25%	4.7%
美國	30%	70%	4.3%
俄羅斯	66%	34%	4.0%
韓國	68%	32%	3.7%

資料來源：鋼鐵氣候影響基準報告，美國地質調查局，2022年4月

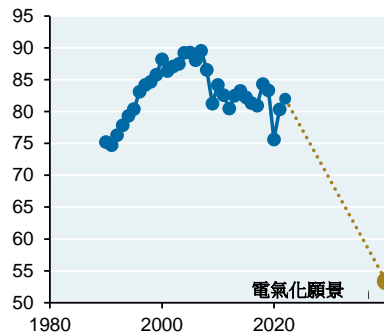
¹⁰ 二次鋼指在電弧爐中熔化並再生的回收鋼。在全球全部鋼鐵中，約有 85% 已被回收利用，這就是初級鋼生產（由鐵和焦炭煉成的鑄鐵生產）是主要生產方式的原因。使用綠色氫能作為還原劑從氧化鐵中剝離氧（而不是使用碳）的試點項目仍處於起步階段。



能源電氣化新未來摘要：輸電建設可能是最難的部分

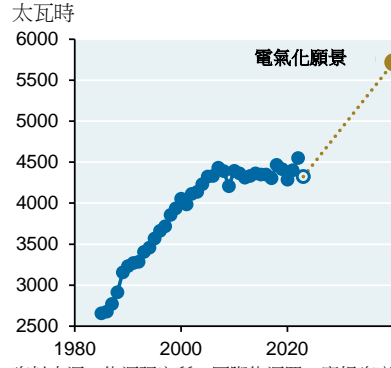
圖表顯示了能源電氣化新未來在美國意味著什麼：化石燃料消耗下降 34%、發電量實現類似的增長以及風能／太陽能發電量增加 400%左右；在此之後，間歇性可再生能源將佔更大電網中的 53% 電力。我沒有在圖表上標註結束日期，因為我不知道這需要多長時間才能完成。

美國化石燃料消耗
千萬億英熱單位



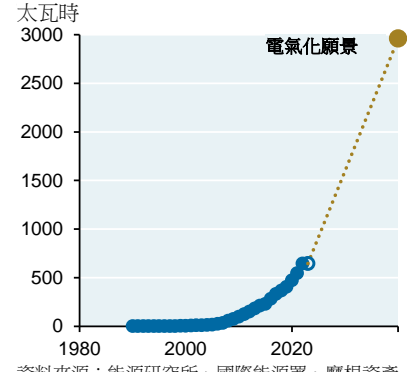
資料來源：能源研究所、摩根資產管理，2023年

美國發電



資料來源：能源研究所、國際能源署、摩根資產管理，2023年

美國風能和太陽能發電



資料來源：能源研究所、國際能源署、摩根資產管理，2023年

建設風能／太陽能發電容量並說服汽車、熔爐和其他設備的擁有者進行電氣化，可能並非最難的部分。建設更多輸電設施可能才是。公用事業在輸電和配電上的支出幾乎與在發電上的支出一樣多。2023年10月，美國能源部發布了一份關於到2035年所需輸電的報告，所述情況正如能源電氣化新未來：「更高的負荷與高清潔能源增長」。美國能源部估計輸電和區域間傳輸容量所需增長非常之大（見方框／表格），特別是與下一頁顯示的新增輸電增長不斷下滑相比。值得注意的是，美國能源部認為，更多的分布式儲能未必會導致輸電需求降低。

如果沒有立法和文化上的轉變，讓輸電系統複製州際高速公路系統、光纖電纜、國家鐵路、民航、水路和其他基礎設施的增長，那麼能源電氣化新未來仍將只是：一個願景而已。

到2035年所需的輸電增長

與2020年相比，高負載和高清潔能源情景的增長中位數

區域	增長	互連	增長
平原地區(PL)	408%	PL-TX	3519%
三角洲地區(DE)	231%	PL-SW	3238%
中西部(MW)	174%	MO-PL	2102%
山區(MO)	173%	DE-PL	1019%
新英格蘭(NE)	126%	NE-NY	835%
西南地區(SW)	118%	MW-PL	730%
德克薩斯州(TX)	113%	DE-SE	572%
東南地區(SE)	102%	MA-MW	474%
中大西洋地區(MA)	61%	MW-SE	416%
紐約州(NY)	46%	MA-NY	412%
西北地區(NW)	31%	FL-SE	295%
佛羅里達州(FL)	24%	MO-NW	202%
加利福尼亞州(CA)	4%	MA-SE	140%
		CA-MO	130%
		MO-SW	129%
		CA-SW	102%
		DE-MW	30%
		CA-NW	25%

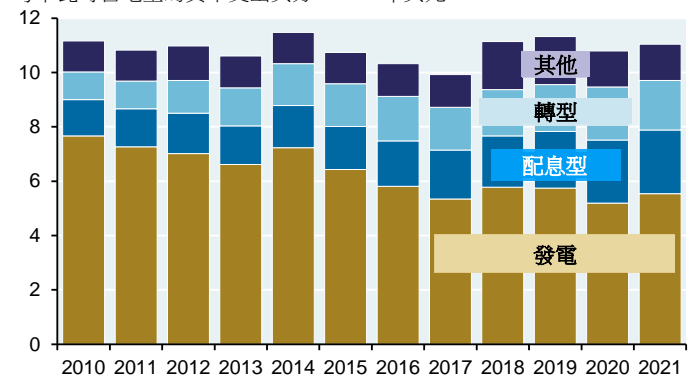
資料來源：「國家輸電需求研究」，美國能源部，2023年10月

美國輸電網，源自美國能源部 2023年10月的報告

目前的區域內輸電：85,000 吉瓦英里
到2030年所需的新增輸電：33,000 吉瓦英里（增長 39%）
到2035年所需的新增輸電：108,000 吉瓦英里（增長 128%）

美國公用事業年度支出（按類別劃分）

每千瓦時售電量的資本支出美分，2022年美元

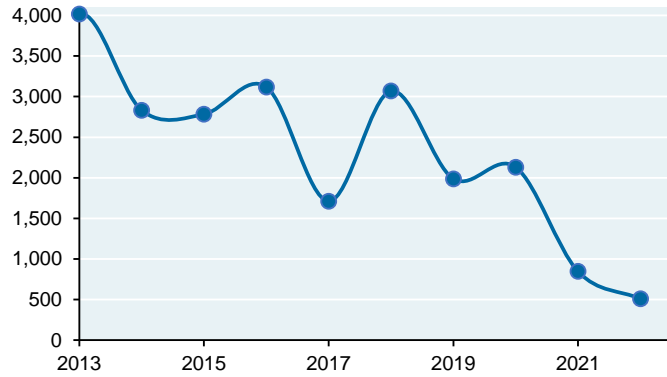


資料來源：美國能源信息署，2023年2月



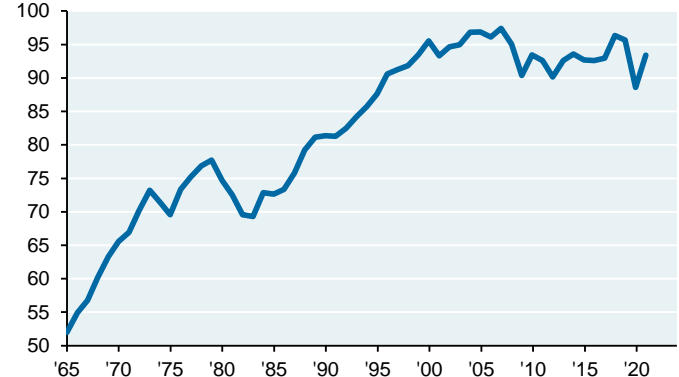
去年我們討論了建設高壓輸電線路的困難和耗時的過程。雖然小於 150 英里的項目已在 5-10 年內完工，但超過 400 英里的項目（例如，從威奇托到聖路易斯）可能需要 15-20 年才能完成。另一個問題：不斷上升的成本。在美國生產者價格通脹報告中的全部 47 類核心商品中，自 2019 年來的最高增長：**變壓器設備**，增幅達 71%（見第 21 頁）。調研機構 Wood Mackenzie 公司報告，發電機變壓器和電力變壓器的買家需要兩年的交貨時間，因此能源電氣化新未來才剛剛開始。

美國輸電線路增長
每年增加的英里數



資料來源：標普全球、摩根資產管理，2024年。注：輸電線路>100 kV。

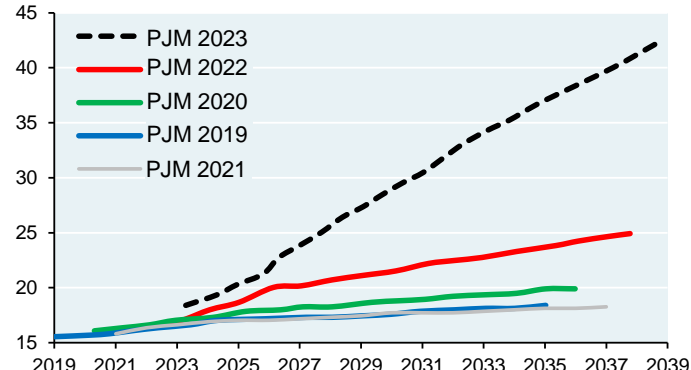
美國一次能源消耗
千萬億英熱單位



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

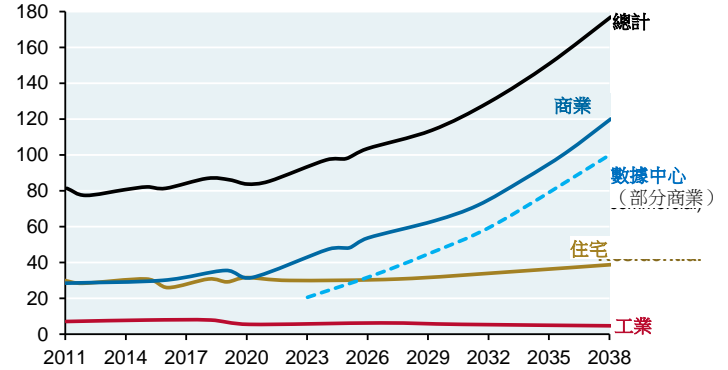
一個重要的警告：我們的能源電氣化新未來情景假設，美國的能源需求總量在未來 20 年都不會有太大變化。美國的能源需求與過去幾十年保持一致；不斷增長的美國人口對能源的需求已被能源效率的不斷改善所抵銷。然而，人工智能的崛起可能會改變這種情況。舉例說明：PJM（大西洋中部）地區已大幅上調對未來電力需求的預測。這些增長完全是由於數據中心的增加所致，旨在滿足高級計算／人工智能的需求¹¹。美國聯合能源公司估計，美國人工智能革命需要的電力可能多於未來的電動汽車陣列¹²。若果情況真是如此，人工智能帶來的生產力效益最好足夠大，才能抵銷電力負荷的增加。結論：人工智能的崛起可能會使通往能源電氣化新未來的旅程變得更漫長、更艱難且成本更高。

PJM電力需求預測進展
吉瓦



資料來源：PJM 2023年電力需求展望，2024年1月28日

按類型劃分的PJM需求預測
太瓦時



資料來源：Dominion Resources綜合資源計劃，2024年1月28日

¹¹ 耗電大戶**微軟**計劃利用人工智能加速開發專用核裂變電廠，並已投資多家核聚變初創企業。目前還不清楚這些努力是否會成功，而我對兩者均持懷疑態度。一個更有可能的救星是：次二次標度方法和其他技術，最終降低大型語言模型等人工智能形式的計算強度。

¹² 《人工智能對能量如饑似渴。能得到滿足嗎？》，華爾街日報，2023年12月23日；美國聯合能源公司



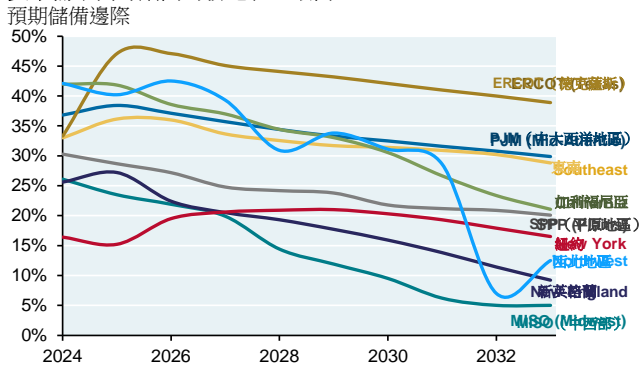
同時，在第一線：北美電力可靠性公司和聯邦能源管理委員會甚至在能源電氣化發生之前就對電網發出警告。如果您認為停電很糟糕，不妨等到您讀到有關天然氣幾近中斷的報道再作評論吧。

電網、停電風險和美國國家環境保護局提案

由於核電和可調度火電的淘汰以及間歇性太陽能 and 風能資源的增加，美國城市面臨越來越高的停電風險。根據北美電力可靠性公司的表述，從明尼蘇達州延伸到路易斯安那州的 MISO 地區，即使在正常情況下也面臨最大停電風險。在更為極端的氣候條件下，紐約、新英格蘭和整個美國西部都有停電風險。北美電力可靠性公司表示，由於電氣化，峰值荷載正以「驚人的速度」上升，與此同時，到 2033 年，將有更多的間歇性發電以及 80-110 吉瓦的核能和化石燃料停用（約佔當前裝機容量的 7%）。「儲備邊際」指應對夏季需求激增的緩衝，並在左側圖表中顯示¹³。

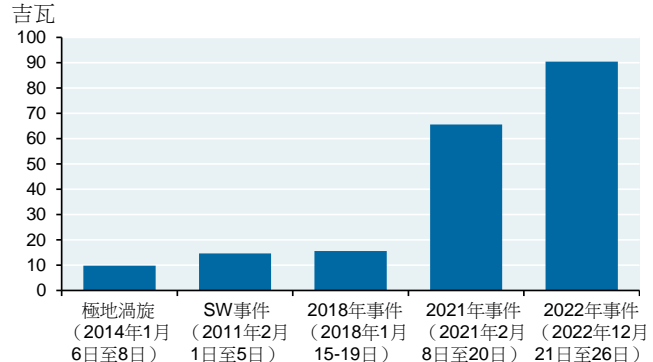
如右圖所示，在風暴期間，意料之外的發電損失一直在增加。2022 年，90 吉瓦的備用發電容量約佔美國東部預期發電資源的 13%。各位如果擔憂風暴期間風電停電，請看圓形圖：在 2022 年 12 月的冬季風暴期間，導致大部分意外停電的是天然氣系統，而不是可再生能源，可再生能源在冬季的發電量預期很低。確切來說，北美電力可靠性公司並非在為支持更多的可再生能源而發聲；他們主張在設備防寒、天然氣儲存和輸電方面增加投資。

夏季需求高峰期間的發電容量緩衝



資料來源：「2023年長期可靠性評估」，NERC，2023年12月

寒冷天氣導致全國發電無法應對用電高峰，



資料來源：「冬季風暴埃利奧特報告」，FERC、NERC，2023年10月

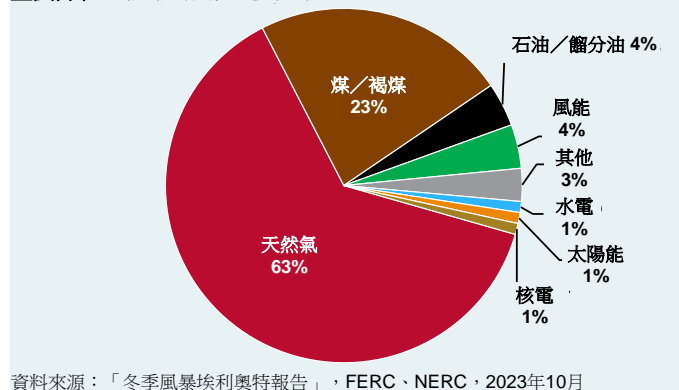
MISO 對美國國家環境保護局提案的求助呼聲

MISO 現在發出警告稱，由於風能／太陽能具有間歇性，電網的可靠性面臨「緊迫而嚴峻的挑戰」，並披露，僅由於推遲了計劃中的發電機組停用，該地區才避免了 2023 年的容量不足。需求因電氣化而持續增長，但是新項目則因供應鏈和監管問題遭受延誤。

MISO 的報告警告了當前美國國家環境保護局提案的不利後果，這些提案實際上要求所有燃煤電廠、部分現有天然氣電廠和所有新建天然氣電廠(a)在特定日期前停用、(b)通過碳捕集和封存進行改造或(c)與綠氫共燃。MISO 將成本和技術準備程度列為實施美國國家環境保護局提案的制約因素。

《MISO 對可靠性要求的回應》，2024 年 2 月

2022年風暴期間計劃外發電中斷、降載和啟動失敗（按燃料類型劃分），佔不可用兆瓦的百分比



資料來源：「冬季風暴埃利奧特報告」，FERC、NERC，2023年10月

¹³ 關於北美電力可靠性公司預期儲備邊際的說明。風能和太陽能等可變資源的額定值被北美電力可靠性公司調降至預期峰值。就夏季風能而言，預期峰值容量通常僅為銘牌容量的 10%-20%。就夏季太陽能而言，預期值接近銘牌值的 60%。在冬季，風能調降至銘牌值的 5%-15%，而太陽能則調降至接近零。資料來源：北美電力可靠性公司可靠性評估主任



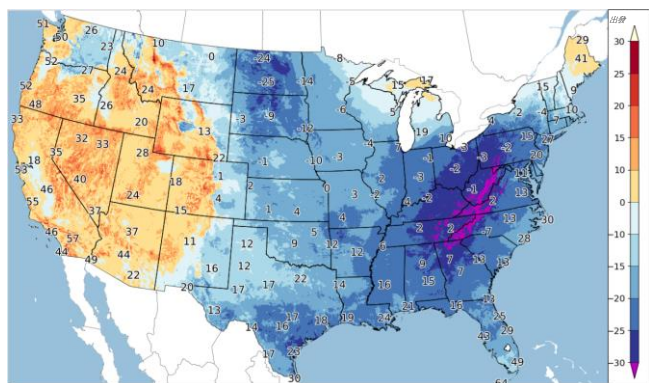
當地天然氣輸配系統

與停電一樣糟糕的是，大城市的大範圍天然氣中斷將會非常棘手。這是 2022 年 12 月發生過和幾乎發生的情況¹⁴：

- 溫度低於正常溫度 20-30 度（見下方地圖）導致了天然氣生產井口、管道和輸配系統出現故障。美國本土 48 個州的幹氣產量下降了 16%，其中 Marcellus 和 Utica 的產量下降了 23%-54%
- 2022 年聖誕節前夕早上，為 Con Edison 提供服務的州際天然氣管道因生產損失和運行問題而出現壓力下降。到了中午，管道通知 Con Edison，除非需求減少，否則壓力不會改善
- Con Edison 差點就要切斷客戶的天然氣供應，結果將導致客戶無法在室外溫度只有個位數的情況下為建築供暖。直到整個系統的壓力恢復正常，Con Ed 都是通過備用液化天然氣設施來補充天然氣供應，最終才勉強地避免了天然氣系統的中斷
- 如果發生天然氣中斷，當地的天然氣輸配公司將需要**逐棟樓**走訪並關閉燃氣閥門，確保殘餘天然氣不會滲入指示燈熄滅的單位。在系統恢復過程中，將對主輸配系統進行清洗；然後，工人們必須確保每個服務點的供暖和烹飪天然氣管道都經過安全清洗並運行，才能恢復服務和重新點亮指示燈。在恢復天然氣輸配之前，存在安全隱患的房屋或建築需要進行修復。**13 萬名客戶遭受服務中斷，就可能需要五到七周(!)才能恢復。**大規模停電還可能造成重大財產損失，因為水在結冰時會膨脹，導致房屋和建築內的水管爆裂

聯邦能源管理委員會／北美電力可靠性公司的解決方案包括天然氣設備的冬化處理、增加液化天然氣備用供應和增加固定不間斷天然氣供應合作¹⁵，這反過來又需要更多的天然氣生產和輸配。當全部目光都集中在可再生能源轉型上時，天然氣行業的再投資並不耀眼。但如果向能源電氣化轉型需時較預期長，這種投資可能無法避免。

從2022年12月24日平均每日最低氣溫出發，華氏度



資料來源：「冬季風暴埃利奧特報告」，FERC、NERC，2023年10月

Con Edison平均儀錶站入口壓力

每平方英寸的磅數



資料來源：「冬季風暴埃利奧特報告」，FERC、NERC，2023年10月

¹⁴ 「冬季風暴埃利奧特報告：2022 年 12 月期間大容量電力系統營運調查」，FERC、NERC 和地區實體工作人員報告，2023 年 10 月

¹⁵ 當天然氣客戶簽訂約束性合同時，管道和供應的設計都是為了滿足客戶的需求。相比之下，可中斷客戶支付的價格遠低於固定費率，因為他們並沒有獲得預留的管道容量。即便如此，簽訂可中斷合同的客戶有時會在不被允許的情況下獲取天然氣，特別是在嚴重風暴期間。雖然會牽涉經濟處罰，但這並不能解決上游客戶消費超過指定輸配量的實時問題，從而為下游客戶帶來嚴重的問題。這就是 Con Ed 在冬季風暴艾略特期間的遭遇。



Vaclav Smil 的最新見解

多年來，Vaclav 一直擔任本報告的技術科學顧問。他的見解和建議極具價值，有機會向他學習是我在摩根大通 36 年職業生涯的其中一大重點。Vaclav 已於去年迎來八十大壽，而我們仍就各種話題保持通訊。我收到了一篇他剛寫完的文章，並獲得允許於 [此處](#) 與您分享這篇文章。以下段落摘錄自該文章引言（我加粗了部分內容）：

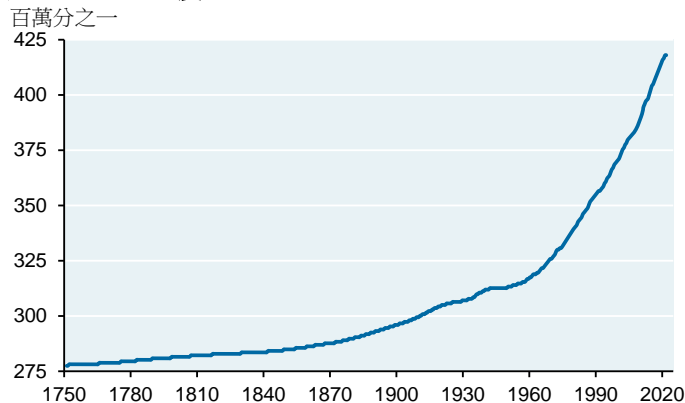
「從數量上講，我們永遠不會耗盡化石燃料：在我們停止使用煤炭和碳氫化合物之後，還會有大量煤炭和碳氫化合物留在地下，因為開採的成本太高了。儘管 2020 年代初我們不會馬上面臨化石燃料耗盡的危險，但從長遠來看，即使與全球變暖沒有任何聯繫，化石燃料也必須被取代。化石燃料的轉化使現代文明成為了可能，但它們的生產、加工和運輸通常會對環境造成破壞，導致包括土地荒廢和水污染等影響；它們的燃燒不僅產生二氧化碳，還會產生一氧化碳、氮氧化物（一氧化氮、二氧化氮）、硫氧化物（二氧化硫、三氧化硫）以及顆粒物等污染物；它們高度不均衡的分布造成全球經濟不平等，對安全化石燃料供應的追求導致了許多有害政策，並引起周而復始的衝突」

「有史以來，森林砍伐、大規模種植和畜牧業一直伴隨著我們，但在過去兩個世紀，不斷增加的化石燃料燃燒是產生二氧化碳的最大因素，其次是甲烷（產生自稻田、垃圾填埋場、牛和天然氣生產）和一氧化二氮（主要產生自氮肥）。人類認識到這些微量氣體可能會影響氣候已有超過 150 年歷史」

「對全球氣候變化的關注已呈指數級增長。我們從中積累很多經驗，其中亦存在很多不確定性，但基本事實無可爭辯。冰芯分析顯示，在前工業化時代，二氧化碳濃度接近百萬分之 270；在 1958 年開始監測莫納羅亞火山時，濃度達到百萬分之 313；到 2000 年，濃度達到百萬分之 370 並在 2023 年底達到百萬分之 420，較 18 世紀末的水平高 50% 以上……這種上升態勢，加上甲烷和一氧化二氮的推波助瀾，已轉化為較 19 世紀平均值上升 1°C 的全球變暖。所有大陸都受到了影響，最近十年的變暖幅度一直在穩步上升，2015 年至 2022 年是有記錄以來最熱的八年」

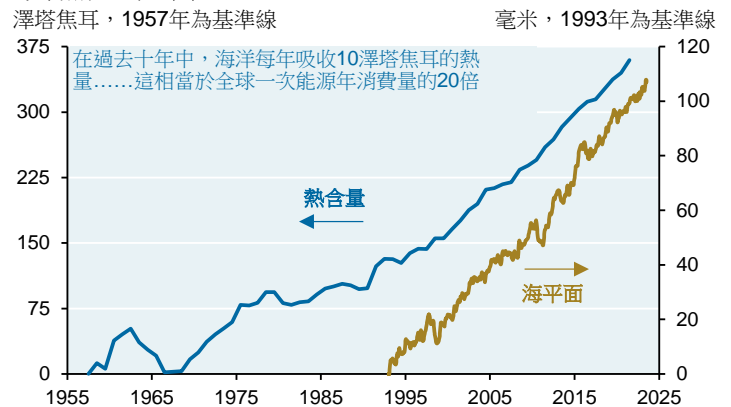
Vaclav 文章的其餘部分回顧了迄今為止能源轉型過程中的成就與挫折、未來的能源需求、用於鋼鐵生產的綠色氫能、風能與天然氣每兆瓦發電量所需的材料、新增輸電容量的能源強度、轉型成本以及一系列其他主題。如果有讀者希望從世界上最傑出的能源科學家之一了解更多關於能源轉型信息，Vaclav 的文章很值得一讀。

大氣二氧化碳濃度



資料來源：國家海洋大氣管理局，2023年5月

海洋熱含量和海平面



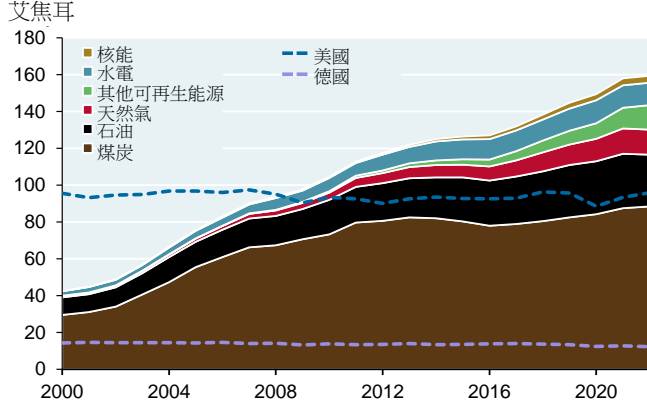
資料來源：美國國家航空航天局／國家海洋大氣管理局、摩根資產管理，2023年。1澤塔焦耳=10²¹焦耳。



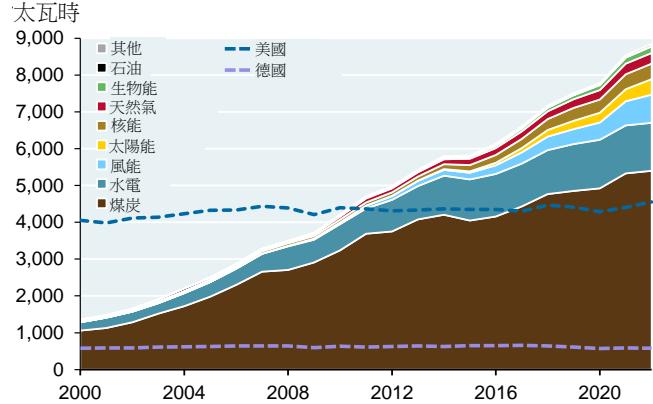
聚焦中國：全球最大的能源消費國各式各樣的建設正在如火如荼地進行

二十年前，中國的能源消費僅為美國的一小部分，並不比德國高多少。如今，中國的一次能源和電力消費超過了美國與德國的總和。這就是為什麼中國在脫碳方面取得如此令人矚目的進展。

中國一次能源消費（按類型劃分）



中國發電量（按來源劃分）

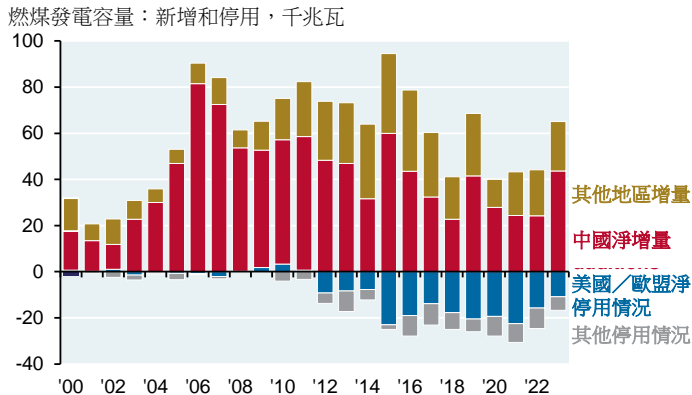


中國持續建設新燃煤電廠廣受關注，我們在下文圖表顯示多年來的進展。中國在 2023 年批准了 106 吉瓦的新建燃煤電廠，其煤炭管道總量增加至 200 吉瓦。中國和印度的煤炭消費量於 2023 年分別增長 5% 和 8%，抵銷了美國／歐盟的 20% 降幅，推動全球煤炭消費量在 2023 年增長 1.4%，創下歷史新高。

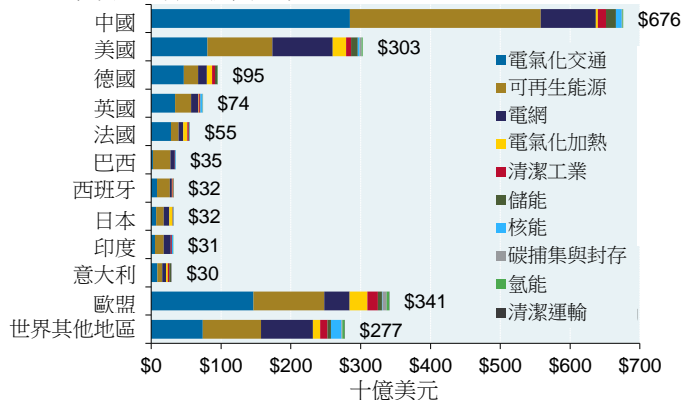
儘管如此，中國同樣在建設大量的可再生能源和核能：

- 2023 年，中國新增風能和太陽能裝機容量約為 230 吉瓦，同比增長率約為 100%
- 如第 4 頁所示，中國能源使用的電氣化已超過了美國和歐洲，並且仍在上升之中
- 中國純電動汽車目前在汽車銷售中的佔比約為 25%，另有 10% 的佔比來自插電式混合動力汽車，比例遠高於美國
- 截至 2023 年 2 月，中國營運、在建、擬建及處於遠期規劃階段的核電裝機容量分別為 57 吉瓦、30 吉瓦、46 吉瓦和 175 吉瓦
- 自 2011 年來，煤炭在中國一次能源消費中的佔比從 70% 降至 55%，每年下降約 1.3%
- 中國的電網投資使其太陽能棄光率從 2020 年的 10% 降至僅為 2%¹⁶
- 右下角圖表顯示中國如何成為推動全球能源轉型投資的主要力量

中國對全球燃煤發電容量的影響



2023年最大的轉型投資國家

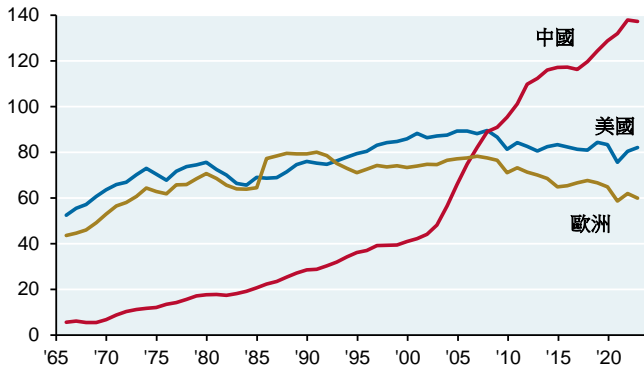


¹⁶ 《中國如何成為全球可再生能源的領導者》，Wood Mackenzie，2023年11月20日



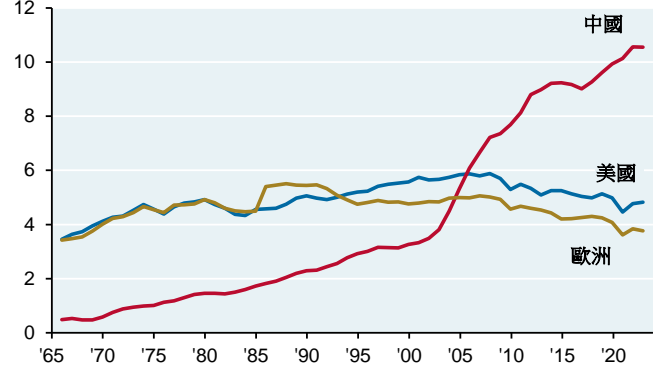
這是一個好消息，但中國的能源需求一直在增長，不像西方的能源消費那樣停滯不前。因此，可再生能源在中國能源和電力使用中的佔比，並不像發達國家那樣可作為排放量下降的衡量指標。下方圖表顯示了排放量和化石燃料消耗的絕對水平。中國的排放量是否接近停滯狀態？由於中國在可再生能源和核能領域的持續投資，很容易讓人認為可能接近停滯狀態。我們將會在未來 3-4 年看清需要了解的情況；請謹記，之前在 2013 年至 2017 年處於停滯狀態最終只是一個假像。

化石燃料消耗
千萬億英熱單位



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

能源產生的二氧化碳排放
十億噸二氧化碳

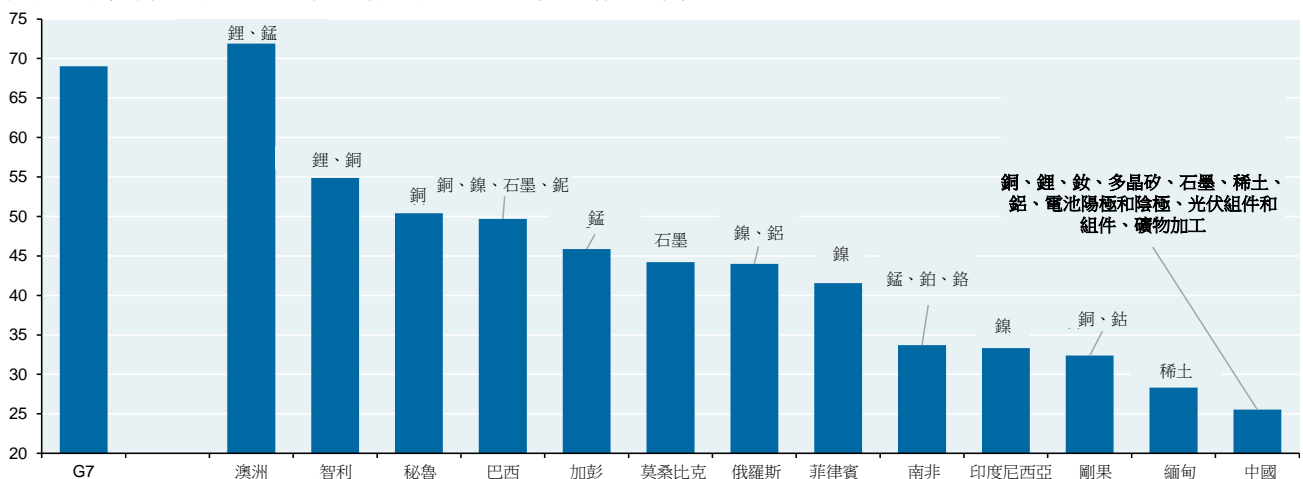


資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

在去年的報告中，我們很詳細地討論了可再生能源供應鏈和中國。下文將闡述七國集團面臨的挑戰。Y 軸顯示了按國家劃分的環境健康和腐敗指數（數值越低，說明各國的環境越差並且相關政策越不健全），同時還描述了各國在可再生能源供應鏈中的情況。除澳洲外，這些國家大多得分很低，特別是中國。因此，雖然七國集團可以嘗試為可再生能源開發自身的天然資源和加工供應鏈，但這些國家將與中國等國家競爭，而後者幾乎總是能夠以更低的成本和更少的監管來實現。往期《放眼市場》文章中有兩個例子：據報道，中國不受監管的稀土元素行業佔其稀土總產量的 40% 以上；以及中國的多晶矽工廠（主導著全球太陽能供應鏈）經常向河流和湖泊傾倒有毒廢物，因此中國 70% 的河流和湖泊不適合人類使用。

轉型礦產一般在環境保護較差、政策較為不健全的國家採購和加工

指數，環境健康得分（75%）+ 政策不足得分（25%）；0=最不環保且政策最不足



環境健康：PM2.5、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、重金屬、臭氧、鉛、飲用水、生物多樣性等

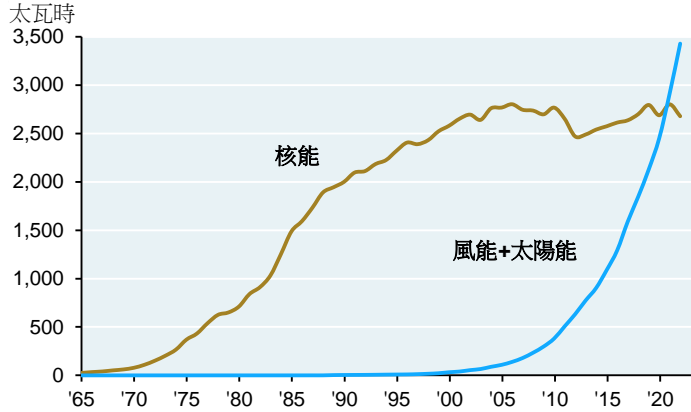
資料來源：耶魯EPI環境指數、透明國際、摩根資產管理，2023年。



基本的能源轉型圖表

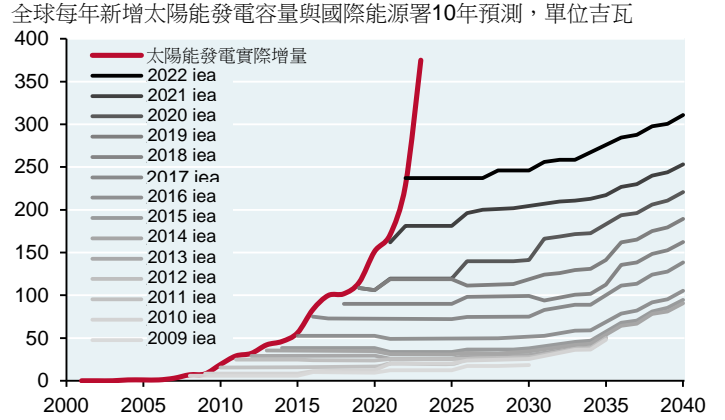
每年，我們都會收錄跟蹤能源轉型的進展、成本和挑戰相關的圖表。本頁內容：全球風能／太陽能發電量超過核能；國際能源署一直低估太陽能的新增容量；ISO 容量信用表明，由於風能／太陽能具有間歇性，當電網增加 1 兆瓦風能／太陽能時，熱氣／動力煤的需求浸會下降 10%-25%；在中國和歐洲，化石燃料在一次能源中的佔比下降速度快於美國；全球水電容量因子一直在下降；以及除越南和印尼外，煤炭在一次能源中的佔比一直持平或不斷下降。

全球核電與風能+太陽能發電



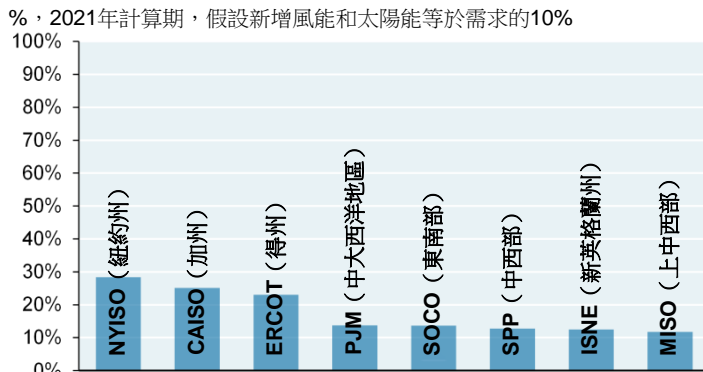
資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑑》、摩根資產管理，2023年

國際能源署一貫低估太陽能發電容量的增長



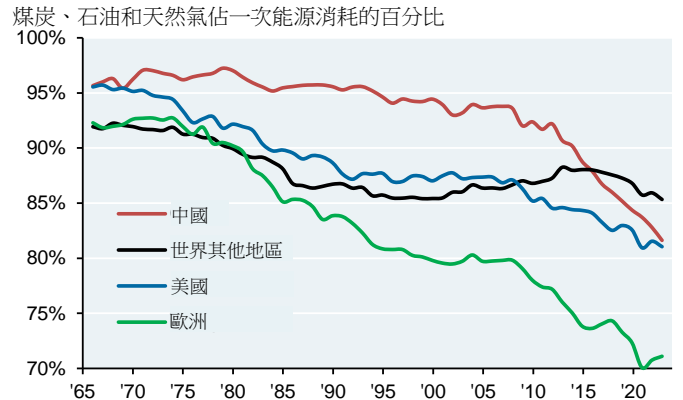
資料來源：碳簡報、彭博新能源財經，2023年。IEA=國際能源署。

每兆瓦新增風能和太陽能電力可減少多少天然氣發電容量？



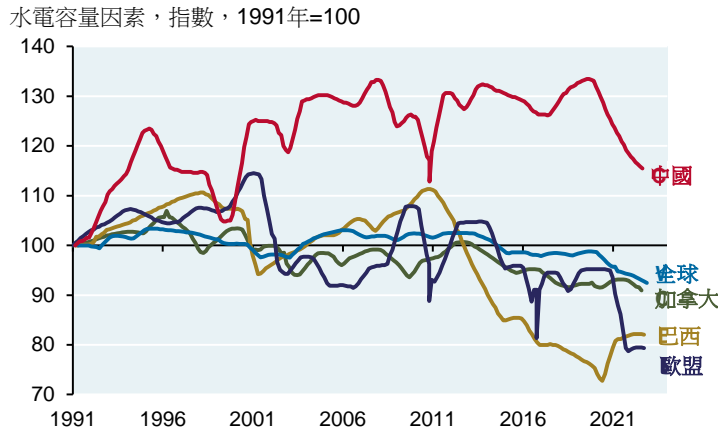
資料來源：美國能源信息署數據、摩根資產管理計算，2022年

自1965年來化石燃料佔一次能源的比例



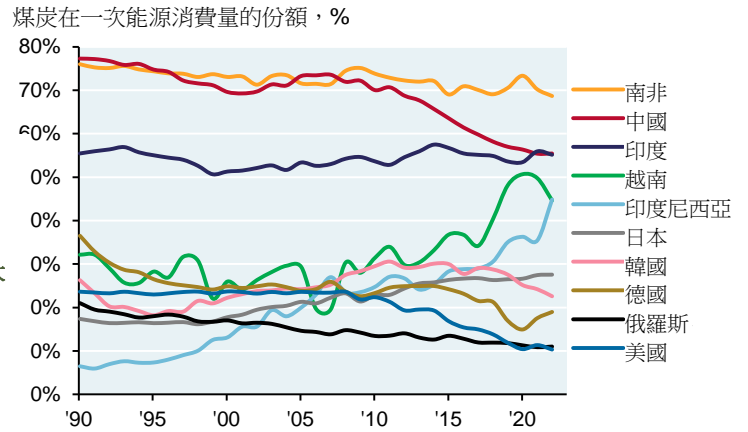
資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑑》、摩根資產管理，2023年

落水



資料來源：美國能源信息署、摩根資產管理，2023年

按能源含量計算的十大煤炭消費國



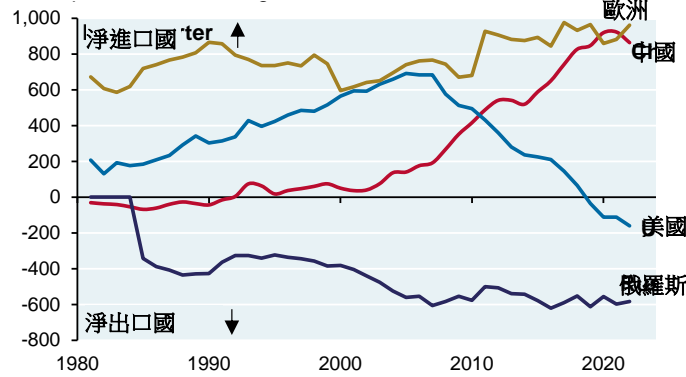
資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑑》、摩根資產管理，2023年。



本頁內容：美國 40 年來首次實現了美國能源獨立，而歐洲和中國則在競爭全球能源資源；能源密集型製造業一直在向發展中國家轉移，原因與發達國家的外包和發展中國家自身的消費有關；可再生航空燃料替代品非常昂貴，因此如果美國軍方試圖實現航空能源使用的脫碳，將會面臨成本和供應方面的挑戰¹⁷。根據最後兩張圖表，碳捕集與封存面臨著一個基本的物理挑戰：雖然燃煤電廠和天然氣電廠佔工業排放量的大頭，但它們的煙氣中二氧化碳濃度最低，從而增加二氧化碳捕集與隔離的成本和複雜程度。

能源依賴和獨立程度

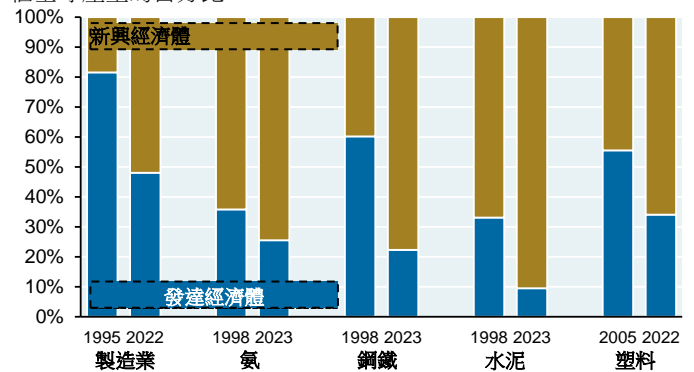
石油、天然氣和煤的淨進口量，以百萬噸石油當量計。



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

能源密集型製造業向新興世界轉移

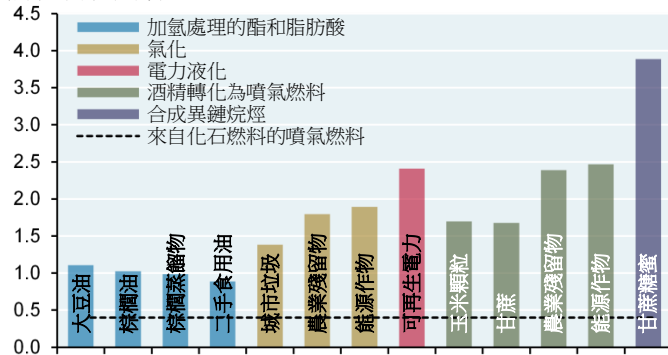
佔全球產量的百分比



資料來源：聯合國經濟與社會事務部、國際鋼鐵協會、泛歐塑料工業協會、美國地質調查局、摩根資產管理，2024年

可再生噴氣燃料成本估算

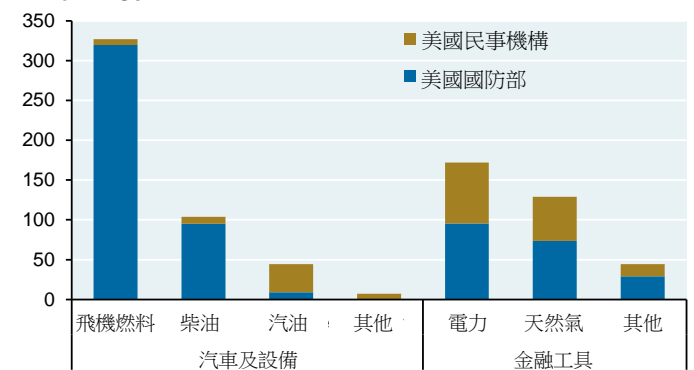
成本（歐元/升）



資料來源：皇家學會政策簡報，2023年2月。能源作物包括油籽、芒草和楊樹。

聯邦政府能源消耗

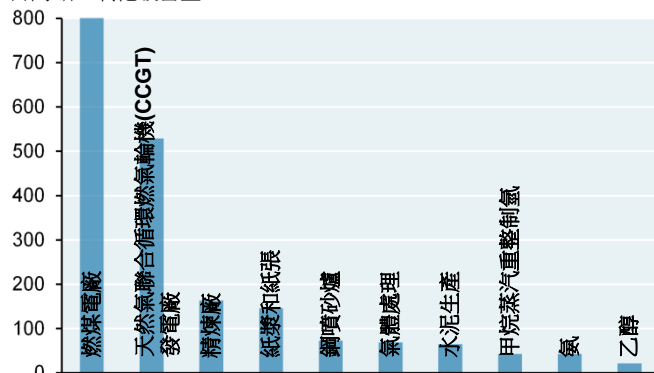
萬億英熱單位



資料來源：美國能源部、摩根資產管理，2022年

美國工業部門每年的溫室氣體排放量

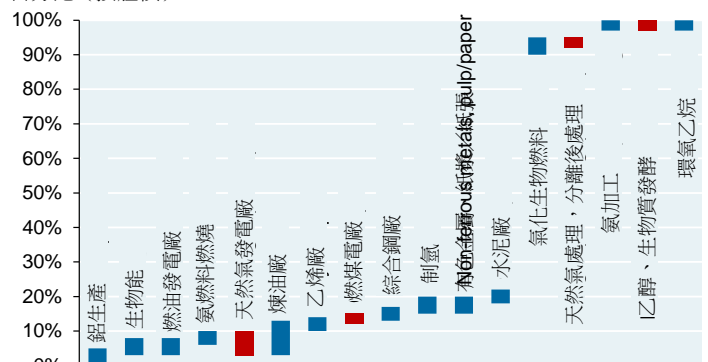
百萬噸二氧化碳當量



資料來源：能源期貨倡議。2023年2月。

煙道氣流中的二氧化碳濃度

百分比（按體積）



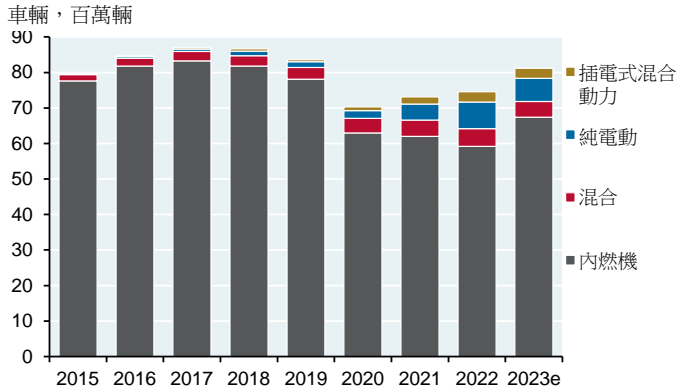
資料來源：IPCC、瑞典科學環境研究院、賓夕法尼亞州立大學、摩根資產管理。2022年。

¹⁷需要明確的是，推出 60 噸 M1 艾布拉姆斯坦克的電動版本怪誕不經；要達到 250 英里的續航里程，電池重量須達到坦克自重的三分之二

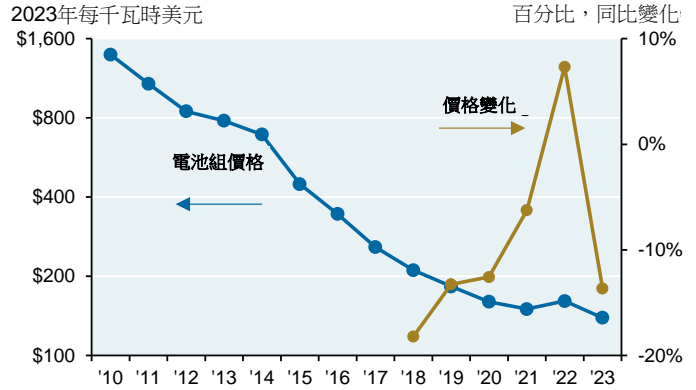


本頁內容：**2023** 年全球內燃機乘用車銷售反彈；鋰離子電池組價格在 **2022** 年短暫飆升後持續下跌；每種電池類型的電動汽車金屬成本解釋了汽車製造商為什麼首選磷酸鐵鋰電池（即不含鈷或鎳）；中國和歐洲的電動汽車在汽車銷售中的佔比居世界首位；美國汽油需求似乎已經見頂，因為行駛里程已經達到了新冠疫情前的水平，而汽油需求則尚未達到；以及按車型劃分，內燃機汽車的行駛里程繼續上升。
註：全球汽油需求已升至超過 **2019** 年的峰值，與美國的數據形成鮮明對比；而由於部分購車補貼到期，德國的電動汽車銷量的份額有所下降。

全球乘用車銷量（按傳動系統劃分）



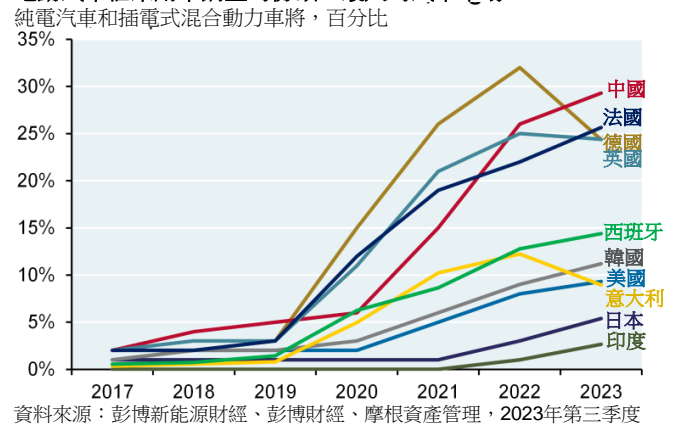
鋰離子電池組體積加權平均價格



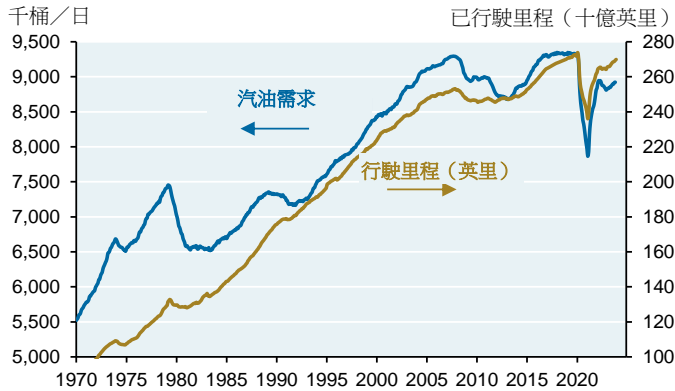
每種電動汽車電池類型的估計金屬成本



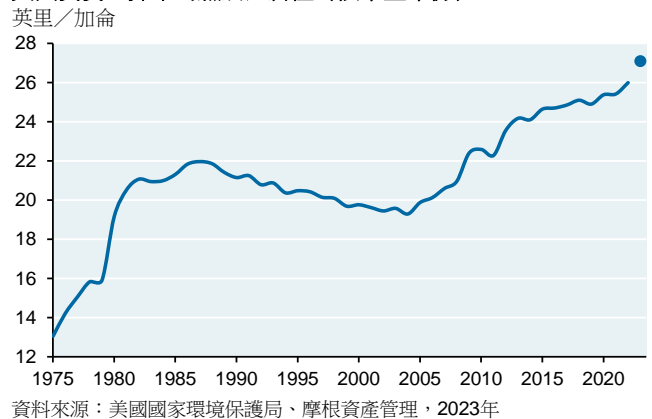
電動汽車佔乘用車銷量的份額，最大的汽車市場



美國汽油消耗量vs車輛行駛里程



美國真實世界平均燃油經濟性（按車型年份）

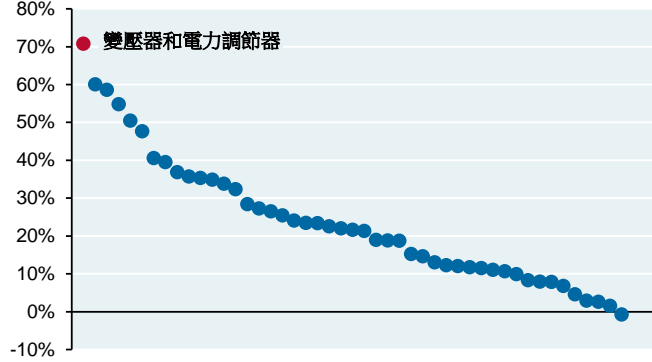




本頁內容：自 2019 年來，在所有用於生產的商品中，變壓器和其他輸電設備的通脹最高；除巴西和印尼外，以玉米、甘蔗和棕櫚油生產的生物燃料通常很少，僅佔一次能源的 1%；水力壓裂油氣生產在美國能源供應中所佔的比重越來越大，目前佔一次能源消費的 50%以上；在美國和歐洲，計劃的碳捕集與封存容量佔當前排放量的 6%-7%，但碳捕集與封存項目的完成率一直很低，因此預測含有推測的成分。最後一張圖表：生產合成燃料導致的巨大能源赤字，以從大氣二氧化碳和綠色氫能中生成綠色甲烷的薩巴蒂爾反應堆為例。除能源赤字外，還需要考慮碳捕集設備和電解槽的成本。明年，我們將更為詳細地討論合成燃料。

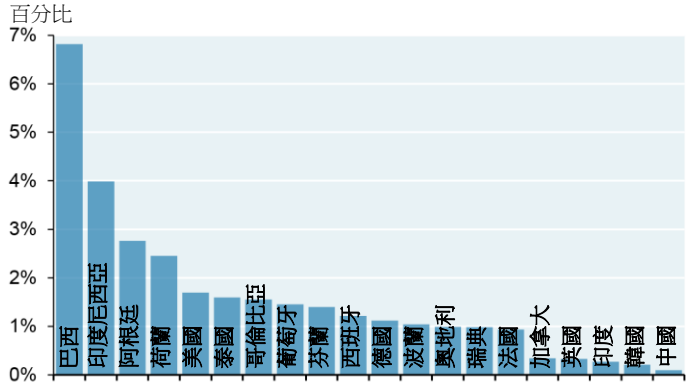
核心商品生產物價指數組成通脹

47個核心商品類別與2018年相比增長百分比



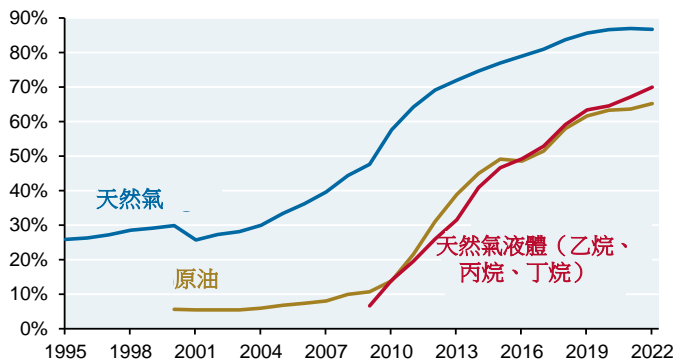
資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月

生物燃料產量佔一次能源的百分比



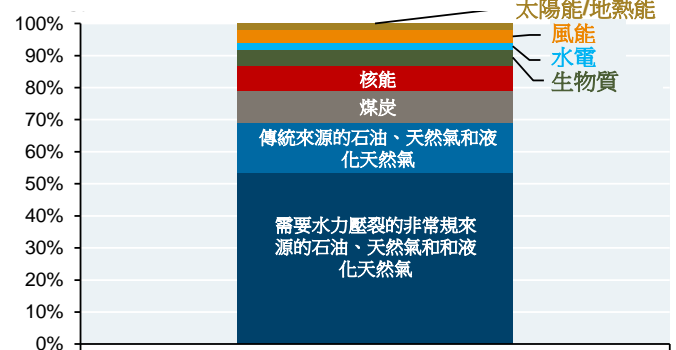
資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

到2022年底，美國石油和天然氣產量中來自水力壓裂的百分比



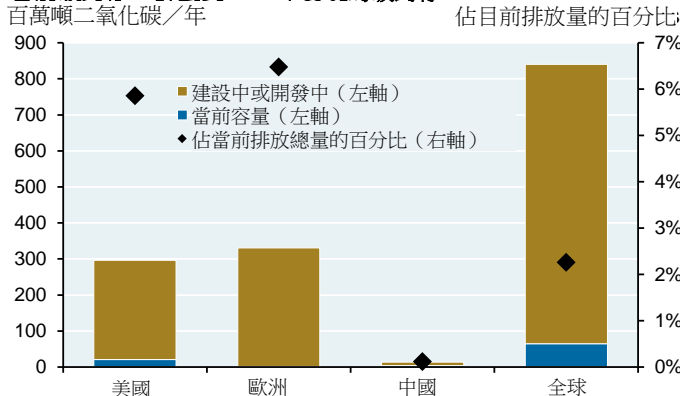
資料來源：美國能源信息署、美國能源部、摩根資產管理，2022年

2022年水力壓裂佔美國一次能源消耗總量的53%



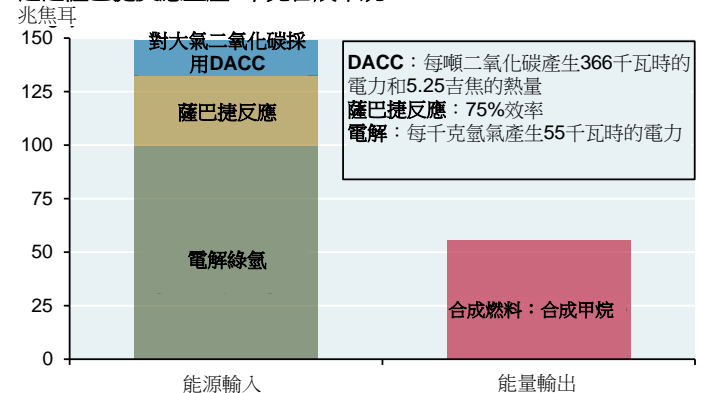
資料來源：美國能源信息署、英國石油、石油工程師協會、標普普氏、摩根資產管理，2022年。

目前碳封存vs計劃到2030年實現的碳封存



資料來源：全球碳捕獲和儲存研究院、OWID、摩根資產管理，2024。

通過薩巴捷反應生產1千克合成甲烷



資料來源：Spitfire Research、Keith等人(DACC)、摩根資產管理，2024年

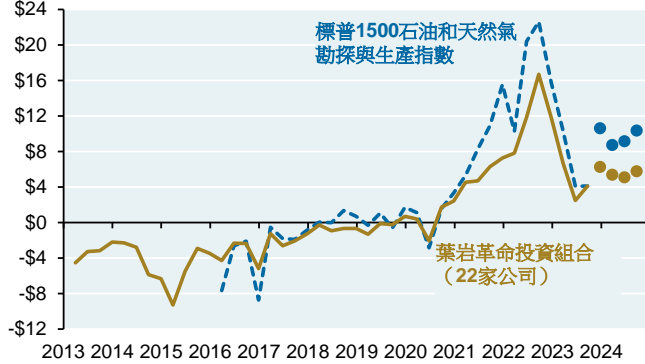


石油和天然氣、可再生能源以及核能相關股票的投資回報

在經歷 2013 至 2020 年的無盈利期後，傳統能源行業的盈利能力大幅改善。但由於擔憂擱淺資產風險及一些機構投資者不能或不願投資該行業的程度，能源行業的估值倍數仍處於低位。2021 年至 2023 年 11 月，最好的能源交易是做多傳統能源行業，並做空可再生能源。聯儲局在 2023 年 11 月的政策轉向使可再生能源估值回升；我認為 2024 年不會出現顯而易見的贏家，因為無利可圖的能源商業模式已承受了大部分損害。請注意，底部圖表顯示美國油氣生產的飆升過程。

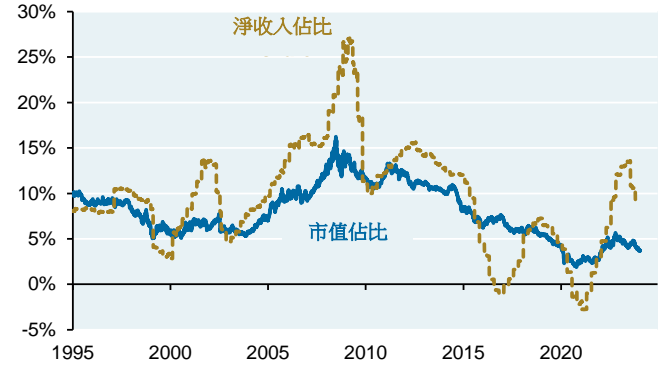
石油和天然氣於2021年結束虧損的十年

自由現金流，十億美元



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2023年第三季度

標普500指數中能源股佔總市值和淨收入的份額



資料來源：Factset、摩根資產管理，2024年2月12日

能源行業估值相對於標普1500指數的百分位排名（截至2024年1月的可用數據）

	企業價值現金流比率 (EBITDA)		自由現金流收益率	
	過去12個月	未來12個月	過去12個月	未來12個月
石油和天然氣鑽探	0	3	73	95
石油和天然氣設備和服務	1	0	96	98
綜合石油和天然氣	4	2	87	84
石油和天然氣勘探和生產	4	8	85	83
石油和天然氣精煉和市場營銷	6	17	91	90
石油和天然氣儲存和運輸	8	5	81	82
能源	2	4	87	85

資料來源：FactSet、摩根資產管理，2024年1月

投資回報：可再生能源與傳統能源比較



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月9日

美國石油和天然氣產量飆升

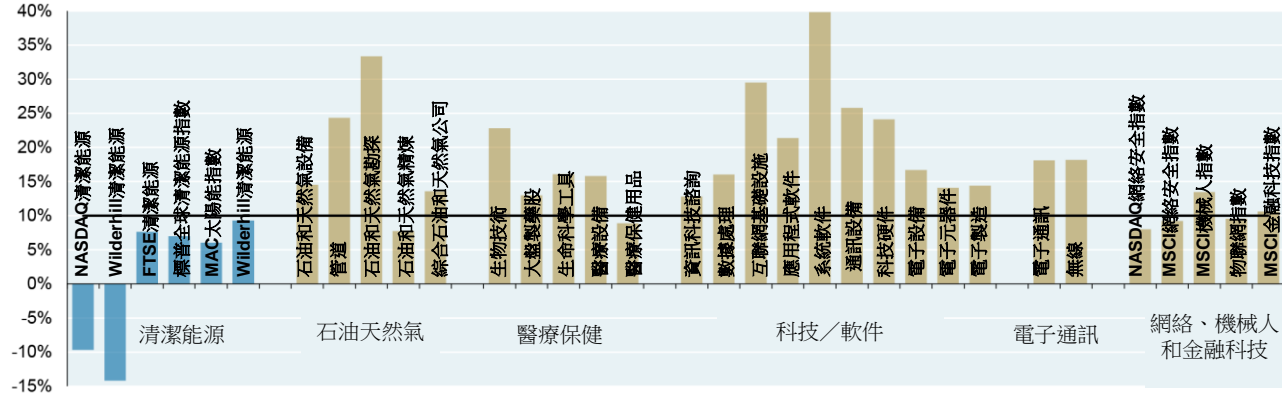


資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2023年11月



可再生能源指數表現不如許多投資者預期的一個主要原因是：雖然被視為成長型股票，但它們的經營利潤率普遍低於各種成長型行業和傳統油氣行業。

按行業和指數劃分的營業利潤率



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年3月1日

另一個值得注意的趨勢：與核能掛鈎的公司在 2023 年反彈。如我們在下一節所討論的，西方有很多關於核能復興的討論。迄今為止，幾乎沒有證據表明這一點，但中國、印度和俄羅斯有很多在建或處於規劃階段兆瓦級核電項目（見表格）。MVIS 全球鈾和核能指數追蹤鈾和核能行業中至少有 50% 收入來自核能的公司的表現。鈾的現貨價格已達到福島核事故後的高位，這一水平可能將刺激更多的開採項目。表格中表現最佳的前三位均為鈾生產商。

全球能源ETF價格

指數（100=2022年1月）



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月13日

全球鈾和核能ETF的十大持倉

名稱	國家/地區	自2023年1月1日起以美元計價回報
全球鈾及核能ETF	-	43%
Cameco Corp	加拿大	93%
Nexgen Energy	加拿大	73%
NAC Kazatomprom	哈薩克斯坦	60%
Constellation Energy	美國	51%
中國廣核集團公司	中國	37%
CEZ AS	捷克共和國	20%
Endesa Sa	西班牙	10%
PG&E Corp	美國	1%
Public SVC Enterprise	美國	1%
Fortum Oyj	芬蘭	-22%

資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月12日

正在籌劃中的核電，總吉瓦數

	建設中	建議	規劃
新興國家	61	95	304
其中中國	30	46	175
發達國家	9	13	48

資料來源：世界核協會，2024年

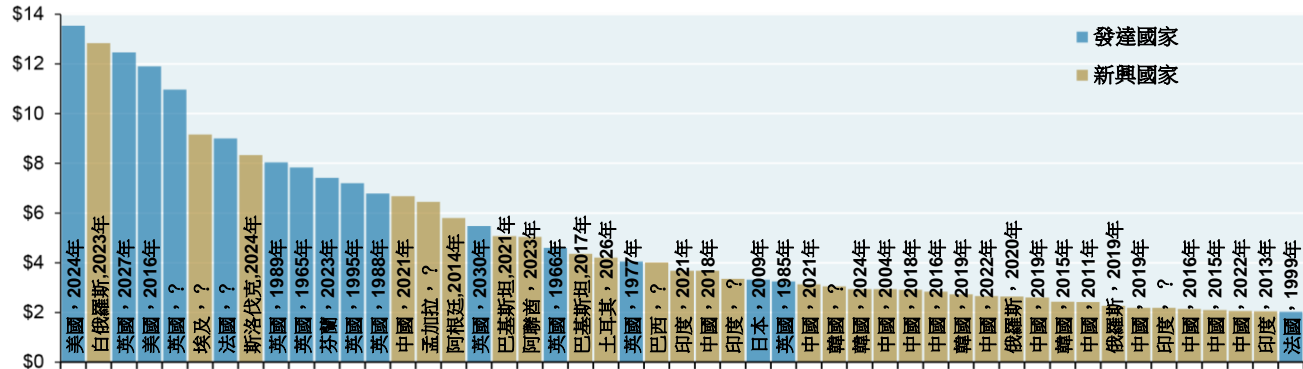


核電：難以捉摸的真實成本指標，德國停用設施／去工業化和紐約州的動向

除與商業化核聚變有關的問題外¹⁸，能源領域最難以捉摸的問題都圍繞建造核裂變電廠的實際成本而展開。2023年12月，來自22個國家的領導人宣布了到2050年前將核電容量增加兩倍並延長現有核電站壽命的計劃。建造新核電站的開銷有多大？這取決於以哪些國家為例。地區差異解釋以下大部分差異，而這些差異不大可能消失。裂變核電站的規模和類型（沸水或輕水、加壓水、高速增殖反應堆等）並沒有以任何有意義的方式解釋成本差異。對於在西方建造的任何核電站，最近美國、英國、法國和芬蘭的成本大幅超支是符合邏輯的計算起點¹⁹。

按國家和完成年份劃分的核資本成本

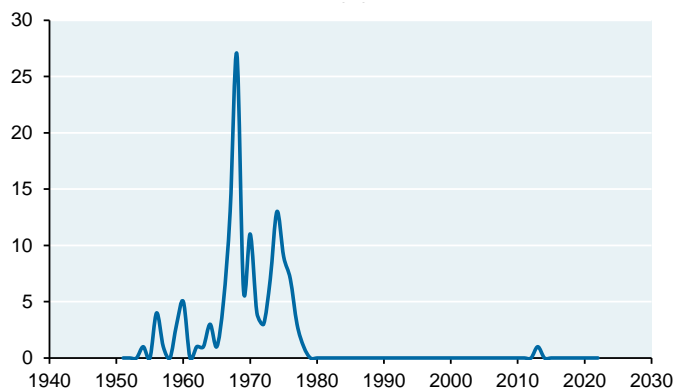
2023年每兆瓦數百萬美元



資料來源：Britain Remade、世界核新聞、路透社、彭博財經、美聯社新聞、能源經濟與金融分析研究所，2023年

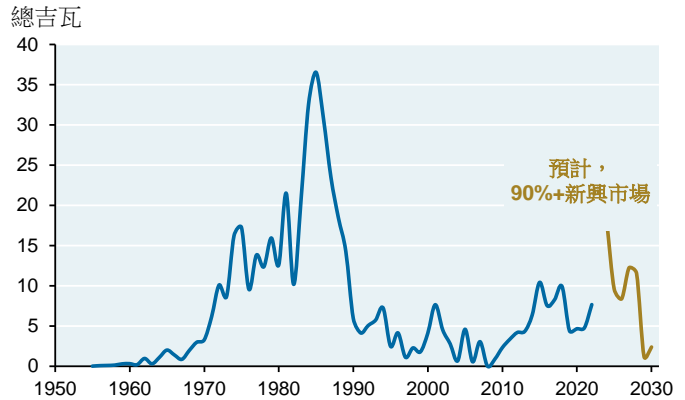
「只要我們建造多些，價格就會下降」的論點如何成立？在美國，為了實現這個效果，必須切實地重新激活核電建設。我甚至無法確定一年5個核電站能否達成這一目標；為了實現這種協同效應，建造步伐可能需要達到每年5-10座核電站。

按開工年份劃分的美國核電站數量



資料來源：動力堆系統數據庫、摩根資產管理，2023年12月

全球核電站竣工年份



資料來源：動力堆系統數據庫、摩根資產管理，2023年12月

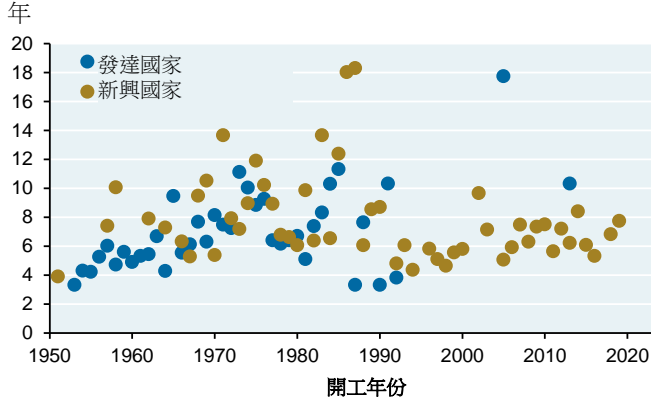
¹⁸ 全球對私營核聚變公司的投資現已達到62億美元。四家公司預期在2030年供電，另外19家預期在2035年供電。希望永存。

¹⁹ Flamanville (法國) 於2007年開始建造；到2020年，已超出預算5倍。項目經理必須在現場解決結構異常、冷卻焊縫故障和火災／爆炸等問題。經過更多的延期和成本超支，現在計劃於2024年投入運營。Hinkley Point (英國) 的建造將額外花費130億美元，繼在8年來第5次增加預算後，將較計劃多花幾年時間。兩個反應堆的總成本現在估計達460億美元，是最初預測的兩倍。Vogtle 3 (美國喬治亞州) 推遲了7年，並較最初的140億美元預算高160億美元。Olkiluoto (芬蘭) 計劃在2009年完工；該核電站於2023年竣工，最終耗資120億美元，達到最初估計的三倍



如果一個國家願意建造核裂變電站，那麼至竣工需要多長時間？左邊圖表顯示，對於發達國家來說，這個問題有多難回答。在發達國家，於1960年至1990年期間開始建造的核電站平均需要4至10年的時間完工²⁰，但自1990年以來，有關發達國家的觀察數據鳳毛麟角，因此不得而知。中國、印度和俄羅斯等發展中國家的核電站6至8年竣工，但這與西方能夠實現的速度毫無關係。

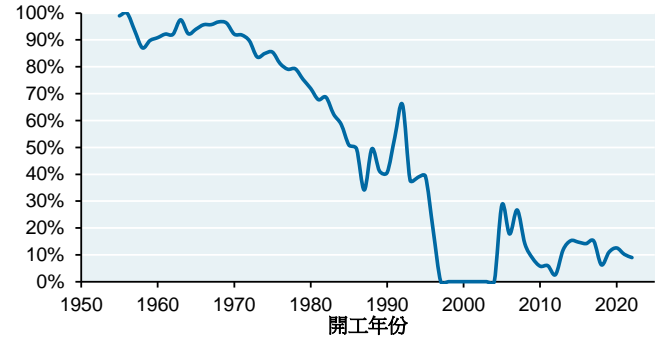
按年份和地區劃分的平均核電站完工時間



資料來源：動力堆系統數據庫、摩根資產管理，2023年12月

20世紀80年代，全球核電建設從發達國家轉向發展中國家

全球新建核電兆瓦的發達市場份額，5年滾動平均值



資料來源：動力堆系統數據庫、摩根資產管理，2023年12月

NuScale 及其小型模塊化反應堆項目怎麼了？

NuScale 佔盡天時地利：與美國能源部達成 14 億美元的成本分攤協議，並獲得美國核能管理委員會的設計批准，繞開了通常冗長的場地許可程序，因為它的六個小型模塊化反應堆設計建在美國能源部的愛達荷國家實驗室場地上。NuScale 聲稱，建設成本將低於每兆瓦 300 萬美元，將在 5 年左右落成，並將以 95% 的容量係數運行。

最終，部分由於鋼筋混凝土價格上漲，成本估計飆升至每兆瓦 2,000 萬美元，因此 NuScale 被迫放棄其建造小型模塊化反應堆的計劃；與傳統反應堆相比，NuScale 的設計每兆瓦發電量需要較多鋼筋混凝土。即使在成本超支之前，電力購買承諾的覆蓋範圍也不到 NuScale 發電量的 25%。然後，隨著成本預測的上升，電力買家向 NuScale 發出最後通牒：將承諾提高到 80%，否則終止項目。2023 年 11 月，NuScale 承認無法實現這一目標，各方決定終止該項目。2021 年，對小型模塊化反應堆的吹捧無處不在，但現在已悄無聲息。

紐斯凱爾電力股價

價格，SPAC合併日期2022年5月



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月16日

正如我去年所寫，我一直不理解小型模塊化反應堆背後的邏輯。核電是所有工業項目中資本最密集的項目之一，並且不論其容量規模，資本成本的很大一部分都是每個電廠的固定成本。因此，縮小核裂變電廠的規模為何會產生任何經濟效益？

²⁰平均完工時間可掩蓋個別項目的大規模延遲。示例：Watts Bar-2 Tennessee（1973 年，43 年）；Diablo Canyon California（1968 年，17 年）；以及 Hartlepool UK（1968 年，20 年）

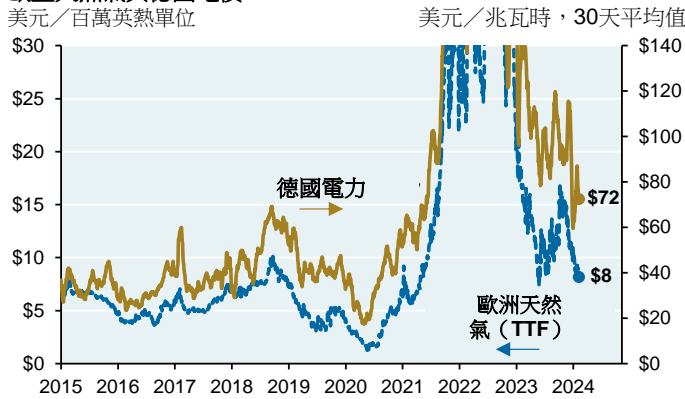


總言之，有理由對西方增加基本荷載核電所需的成本和時機保持謹慎。**儘管如此，讓現有的核裂變電廠停用完全是另一碼事。**這讓我們聯想到德國及其對俄羅斯能源的依賴：如果德國沒有停用核電，在**2022年俄烏衝突爆發時，德國會承擔多少來自俄羅斯的風險？**

首先，我們回顧那時發生了什麼。在**2022年俄烏衝突後**，歐洲的電力和天然氣成本飆升，原因是俄羅斯的管道進口被挪威的管道進口和昂貴的液化天然氣進口所替代。雖然電力價格現已從峰值水平下降，但仍比戰前水平高**2倍左右**。

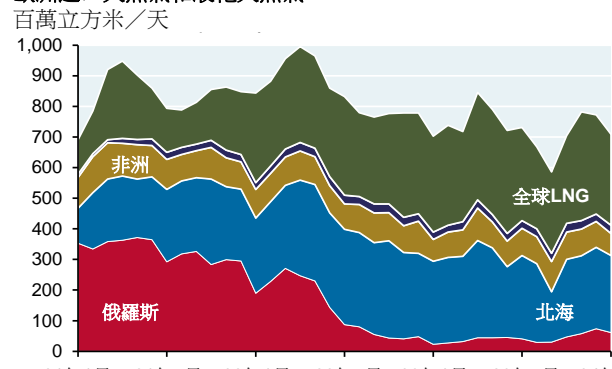
關於歐洲因能源成本上升而去工業化的文章有很多。影響包括德國能源密集型產品的產量下降以及高天然氣價格對德國工業企業造成不利影響。約三分之一的德國工業企業計劃搬遷或已搬遷²¹，其石化工廠僅達到產能的**75%**。國際能源署指出，**2022/2023年歐洲工業電力需求將以每年6%左右的幅度下降**（化學品、鋼鐵和鋁的需求崩潰），這是歐洲電力需求降至**20年前才能見到的水平的主要原因**²²。**好消息是：隨著電價下跌，一些被削減的生產已重新啟動。**

歐盟天然氣與德國電價



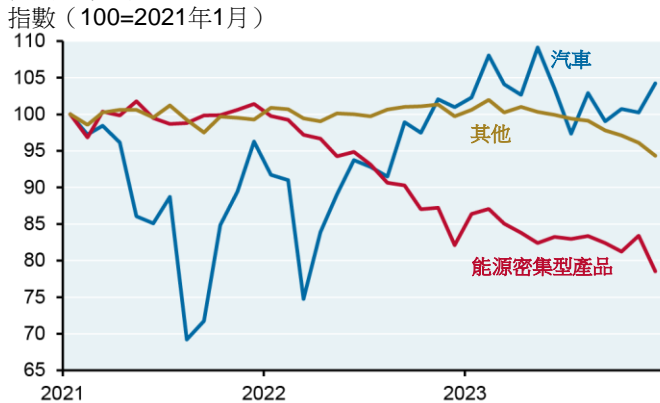
資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年2月12日

歐洲進口天然氣和液化天然氣



資料來源：摩根大通大宗商品研究部，2024年1月

德國工業生產



資料來源：Greg Fuzesi、摩根大通經濟部，2023年12月

德國工廠受到高天然氣成本的影響

每年受影響的產能 (千噸)

工廠	影響
巴斯夫路德維希港：己內醯胺(95)、環己酮(279)、己二酸(270)、氨(880)、三聚氰酸(65)、甲苯二異氰酸酯(300)、純鹼、環己醇	因生產成本高而停產
Yara Brunsbuettel：氨(750)	利用率65%
Dow Leuna, Schkopau：聚乙烯(385)	利用率降低15%
Oxxynova：對苯二甲酸二甲酯(240)	關閉

資料來源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

²¹三菱日聯 2024年能源展望，2023年12月

²²《電力市場報告更新：2023年和2024年展望》和《電力2024》，國際能源署

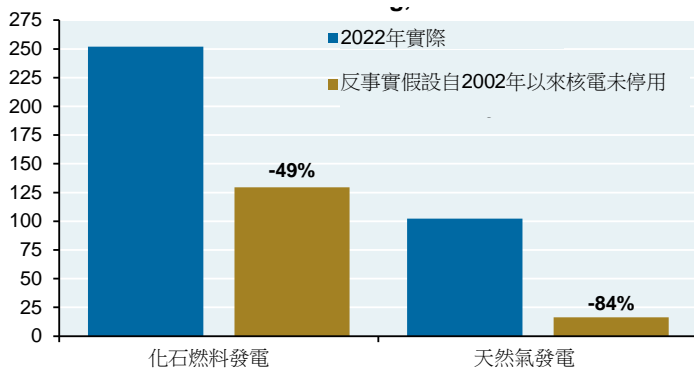


現在，我們假設如果德國沒有停用核能，結果可能會怎樣。2002年，德國擁有24吉瓦和164太瓦時的核能發電量，滿足其28%的電力需求。2011年日本福島核洩漏後，德國逐步停用本國的核電站。到2021年底，德國僅有4.1吉瓦的核電容量仍在運行（此後降至零）。假設其核電站從未停用，我們能夠估計德國2022年所需化石燃料的容量和發電量。由於德國自己生產煤炭，我們也可以估計德國發電所需的進口天然氣。

假如德國沒有停用其核電，我們估計，在2022年，德國所需的化石燃料發電量將減少50%，天然氣發電量將減少84%。右圖顯示，對天然氣容量的需求也出現違背事實的大幅下降。德國擁有更多核電的話，2022年會不一樣嗎？2022年，德國是歐洲最大的天然氣進口國；在此情況下，其天然氣需求將會低得多。邊際需求的下降是否足以降低地區天然氣和電力價格？不清楚，但德國的政治決策、國內補貼支出和經濟調整似乎沒有那麼痛苦²³。

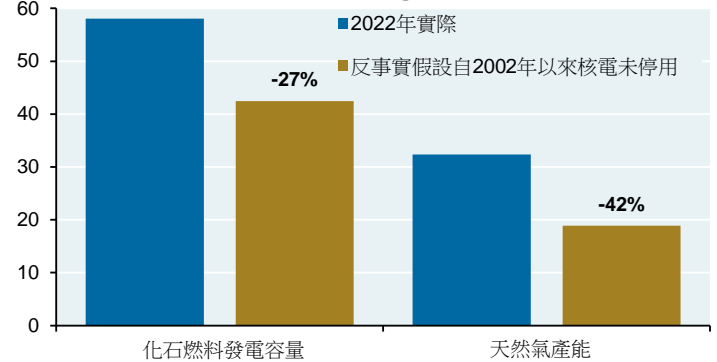
圖表：假設德國沒有淘汰核電，那麼在2022年，德國會承擔多少來自俄羅斯的風險？

德國2022年所需化石燃料發電量，無論是否停用核電，太瓦時



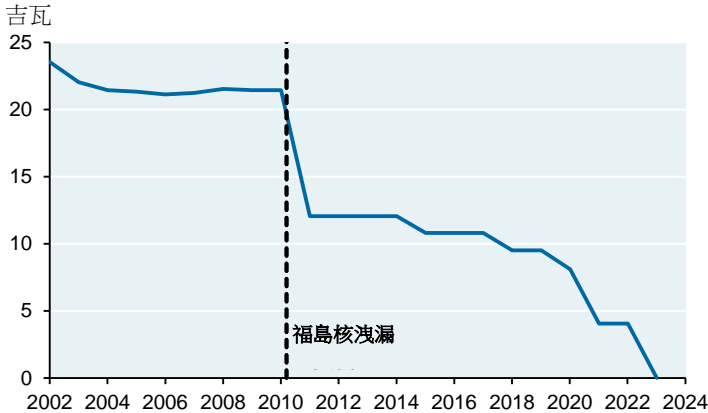
資料來源：Fraunhofer Institute、能源研究所、摩根資產管理，2023年

德國2022年在核電停用和未停用情況下所需的化石燃料容量，吉瓦



資料來源：Fraunhofer Institute、能源研究所、摩根資產管理，2023年

德國核電裝機容量



資料來源：Fraunhofer Institute、摩根資產管理，2023年

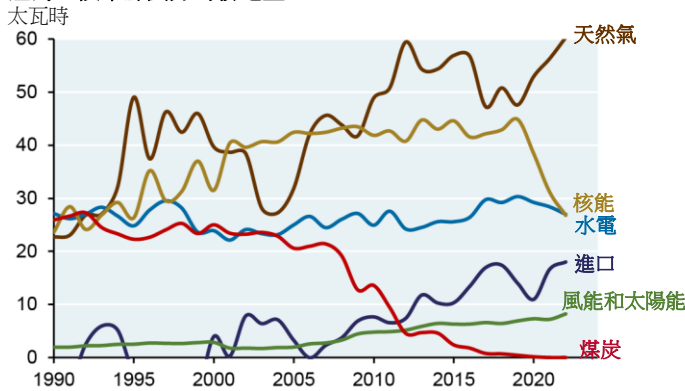
²³一些分析師將德國淘汰核電和增加對俄羅斯天然氣依賴的決定與「東方政策」（旨在加強與俄羅斯經濟聯繫、以使其融入歐洲為目標的縝密計劃）聯繫起來。「普京支持者」以德國前總理施羅德(Gerhard Schroder)為首，他們因促進俄羅斯能源公司的利益而從中賺取了數百萬美元費用。在「東方政策」明顯失敗後，施羅德在2022年4月接受《紐約時報》採訪，表示「我不會自責。這不是我的錯。」



最後再討論一次核能停用，這次是紐約。在 2020 年和 2021 年，紐約州關閉了印第安角的核電站，意圖用可再生能源取代其發電。到目前為止，情況並非如此：三家新建天然氣電廠（Bayonne Energy Center、CPV Valley Energy Center 及 Cricket Valley Energy Center）填補了關閉核電站的空白，同時還從賓夕法尼亞等州進口了燃氣電力為主的電力。下文有關溫室氣體排放的圖表說明，印第安角電廠的關閉是如何推動紐約市每兆瓦時區域排放量高於美國平均水平並高於 ERCOT。因此，雖然德克薩斯州是比紐約市更「紅」的州，但該州現在也更「綠」了。

Champlain Hudson Power Express（加拿大水電）和 Clean Path 項目（紐約州北部的風能／太陽能）應取代印第安角缺失的發電量。雖然 Champlain Express 預期將在 2025 年開始為紐約市供電，而 Clean Path 要到 2027 年才開始供電。如下圖所示，只要加拿大水電容量因素保持穩定，並且假設 CPHY 的風能／太陽能容量因素與紐約現有項目相等，這兩個新的大型項目預計將超過印第安角缺失的發電量。[註：本文先前的版本錯誤地估計了這些數字，並已進行了相應的修改]。紐約州相對於馬薩諸塞州和其他需要新清潔能源容量的東部各州更具優勢，因為它與加拿大接壤，可單方面決定批准類似 CHPE 的項目。正如我們前幾年撰寫的文章所述，馬薩諸塞州已有兩個加拿大水電進口項目因鄰近各州反對建設高壓直流線路而以失敗告終。這些州正試圖建設海上風電，但也遇到了挑戰（見第 34 頁）。

紐約：按來源劃分的發電量



資料來源：美國能源信息署、摩根資產管理，2023年

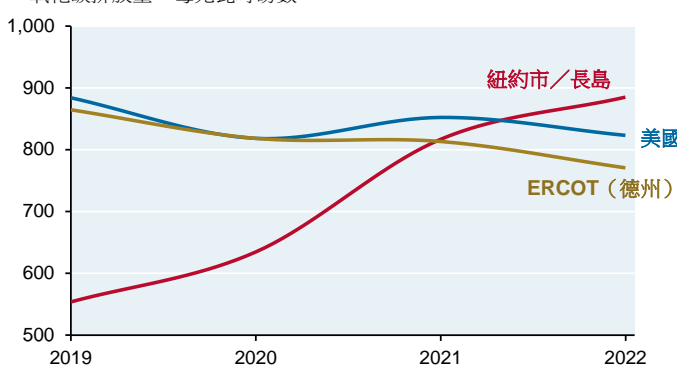
按州劃分的風能和太陽能容量因素

排名	風能		太陽能	
	7最高州容量因素	7最低州容量因素	7最高州容量因素	7最低州容量因素
1	內布拉斯加州 46%	西弗吉尼亞州 27%	猶他州 29%	馬薩諸塞州 18%
2	北達科他州 43%	新罕布什州 26%	內華達州 28%	紐約州 17%
3	愛荷華州 43%	馬薩諸塞州 25%	亞利桑那州 28%	賓夕法尼亞州 17%
4	南達科他州 43%	內華達州 24%	新墨西哥州 27%	威斯康辛州 17%
5	堪薩斯州 42%	紐約州 24%	加利福尼亞州 27%	佛蒙特州 17%
6	蒙大拿州 39%	俄勒岡州 23%	德克薩斯州 26%	羅德島州 17%
7	伊利諾伊州 38%	猶他州 21%	阿肯色州 25%	新澤西州 17%

資料來源：美國能源信息署表格860/923、摩根資產管理，2023年。所有擁有超過50兆瓦太陽能 and 超過100兆瓦風能的州

關閉印第安角電站的溫室氣體影響

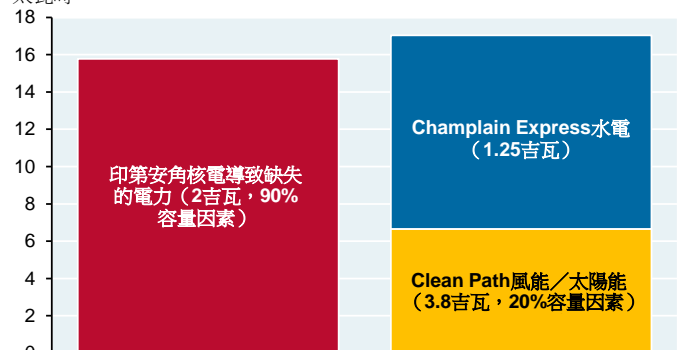
二氧化碳排放量，每兆瓦時磅數



資料來源：環境保護署排放與發電資源集成數據庫數據，2022年

計劃更換印第安角電站發電系統

太瓦時



資料來源：摩根資產管理，2024年



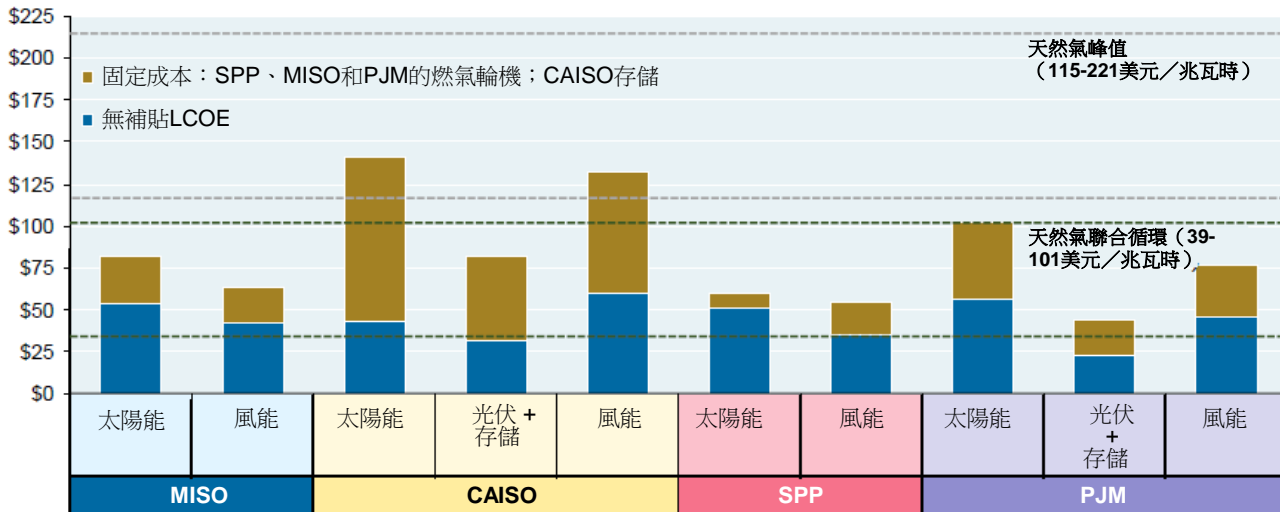
Lazard 研究的不足之處：平準化成本的缺漏（第二部分）

去年，我寫了很長的一個章節，詳述適用於可再生能源平準化能源成本的問題。我將平準化能源成本(LCOE)描述為能源數學²⁴的雞尾酒餐巾(cocktail napkin, 指簡明扼要的資訊)，並引用了在十多年前開始寫這方面文章的麻省理工學院 Paul Joskow (見文本框)。除了越來越多分析師逐漸認識到，在比較可再生能源和基本負載電力時，LCOE 基本上是一無是處的衡量標準，除此之外情況並無多大變化。

過去二十年，LCOE 最忠實的追隨者是 Lazard 的能源團隊，他們是 LCOE 年度報告的傳播者。16 年後，Lazard 團隊發現研究的不足之處了：雖然 Lazard 並未將其納入仍沒有什麼實際用途的基準情況數據，但目前已包括了一個新的補充圖表，考慮了「解決」風能和太陽能發電「間歇性」問題所涉及的成本。換言之，在沒有足夠的風力或陽光來滿足負載需求時，提供電力所需的成本。就 MISO、SPP 和 PJM 地區而言，Lazard 將調峰燃氣輪機的成本納入風能和太陽能成本中；在 CAISO 地區，則納入了公用事業規模儲能的成本，大概是由過度建設的太陽能提供電力的。在他們的新圖表中，一些修訂後的風能和太陽能 LCOE 估算等於或高於聯合循環天然氣發電廠的成本中位數（固定成本由金色柱顯示）。需要明確的是，如果儲能和太陽能成本繼續下降，Lazard 在 CAISO 等地區各自的固定成本(firming costs)也會隨之下降。

Lazard 的報告中還有一些奇怪的地方。Lazard 假設新的天然氣聯合循環和燃氣輪機發電廠的運行壽命僅為 20 年²⁵。這很奇怪，特別是因為美國能源信息署報告現有天然氣發電廠的平均已營運 22 年，而美國能源信息署假設新發電廠的成本回收期為 30 年。Sargent & Lundy 就 LCOE 估算向美國能源信息署提供諮詢服務，並確認他們假設天然氣發電廠的營運壽命為 30-40 年。更長的假設運行壽命將降低天然氣 LCOE 估算值。這一假設再次表明，Lazard 有時會在分析中有所偏向，這也解釋了為何固定成本在 16 年後才出現在他們的報告中。

平準化能源成本：納入備用火電和儲能成本
美元/兆瓦時



資料來源：「Lazard的平準化能源成本分析-版本16.0」，Lazard，2023年4月。

Paul Joskow (麻省理工學院)：LCOE「不適合將風能和太陽能等間歇性發電技術與可調度發電進行比較……並且與可調度基本負載發電相比，也高估了間歇性發電技術」……「基本負載與間歇性、不可調度發電的 LCOE 比較沒有什麼意義；相反，我們需要的是一個系統範圍的模型，而不是簡單的 LCOE 計算」

²⁴ 「成長的煩惱」，2023 年能源報告，第 14-18 頁

²⁵ 「LCOE+」，Lazard，2023 年 4 月，第 39 頁



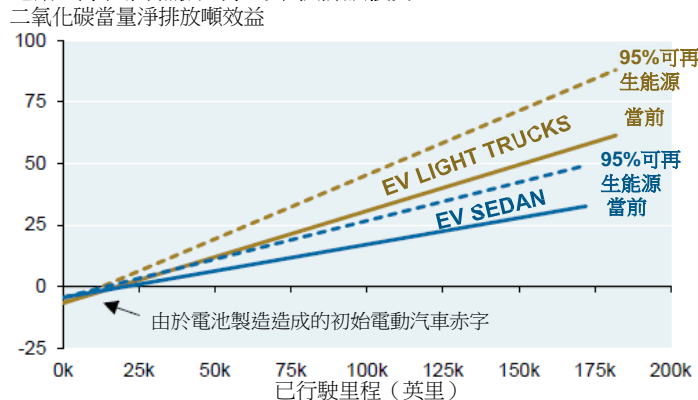
電氣化高階主題：時機、溫度、傳輸和渦輪機

能源電氣化新未來不僅僅需要建設新的可再生能源發電容量和輸電線路。電力消費者可能必須適應新的電力定價模式，因為他們一天何時用電將比現在重要得多。此外，估算能源電氣化新未來電動汽車和熱泵普及帶來的排放效益將需要比當前模型更精確的分析。本章節討論電氣化高階主題：現實世界的電動汽車排放；根據駕駛員和房主用電情況決定容量和傳輸要求；以及美國海上風電開發的挑戰。

[a]採用電動汽車帶來的預計減排量可能過於樂觀，除非它們反映的是「邊際」排放率而非「平均」排放率

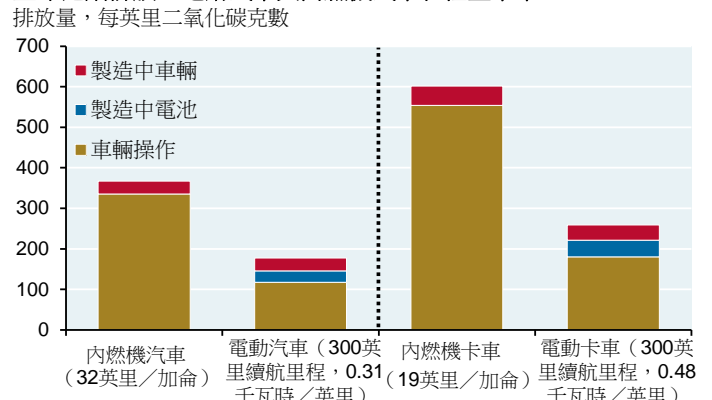
很多研究將電動汽車與內燃機汽車的生命週期排放進行比較。總體結論：經過大約兩年的運行，電動汽車的平均碳強度與內燃機汽車或輕型卡車的平均碳強度相匹配。此後，電動汽車將累積淨碳效益直至其使用壽命結束。最初的電動汽車碳赤字反映了電池製造的碳強度。實例：憂思科學家聯盟 (UCS) 2022年的一篇文章²⁶。第一張圖表顯示了 UCS 估計的電動汽車和輕型卡車的終生淨排放效益，假設前提是當前人口加權電網的排放強度以及未來電網包括 95%的可再生能源。根據 UCS 的估計，在行駛 15,000 至 20,000 英里（大約行駛兩年）後，電動卡車和汽車與內燃機汽車相比會產生淨排放效益。這是許多研究的一致發現²⁷。

電動汽車與內燃機汽車的累積排放優勢



資料來源：「駕駛清潔機器」，憂思科學家聯盟，2022年7月

生命週期排放，電動汽車與內燃機汽車和輕型卡車



資料來源：「駕駛清潔機器」，憂思科學家聯盟，2022年7月

然而：有一個問題需要進一步探討。UCS 電動汽車二氧化碳估算基於當前電網的平均排放率：即發電產生的所有二氧化碳排放量之和除以總兆瓦時。但對於下一個新加入到電網的電動汽車，重要的是邊際排放率（即當電動汽車實際充電時電網狀況）而非平均排放率。UCS 意識到了這一區別，但由於無法「假設充電行為或發電單元對需求增加的反應」，因此仍使用平均排放率。我們同意前者很難實現，但一些分析師在後者取得了進展。這一點對未來尤為重要，因為預計未來電動汽車將在汽車領域佔更大比例。

²⁶ 「駕駛清潔機器：電動汽車和皮卡如何在終生全球排放方面擊敗燃油車」，憂思科學家聯盟，Reichmuth 等人，2022年7月

²⁷與 UCS 結果類似的發現：「中型純電動汽車和內燃機汽車的生命週期溫室氣體排放比較」，來自國際能源署、彭博新能源財經的電動汽車展望；以及歐洲運輸與環境聯合會的一項研究



Convergent Science 的研究人員估計了美國地區邊際排放率的上下限，具體根據既定年份中每小時計算所得。每個估計值均反映了與邊際需求變化最相關的能源來源。如圖所示，美國的估計邊際排放率比平均排放率²⁸高 1.5 至 1.8 倍。

平均與邊際排放率，每兆瓦時二氧化碳千克數

地理區域	平均值 排放率	下限 利潤率 排放率（化石燃料和 可再生能源）	上限 利潤率 排放率 （僅限化石燃料）	邊際利率與 平均利率之比
西北太平洋	186	92	584	0.5 - 3.1
加利福尼亞州	196	396	469	2.0 - 2.4
德克薩斯州	401	508	529	1.3 - 1.3
新英格蘭	216	408	433	1.9 - 2.0
中西部 / 南部	560	749	766	1.3 - 1.4
紐約	174	478	520	2.7 - 3.0
中大西洋地區	395	690	724	1.7 - 1.8
南部	454	687	704	1.5 - 1.5
中西部	492	523	762	1.1 - 1.5

資料來源：Tristan Burton和Kelly Senecal（Convergent Science），2022年4月13日

邊際排放率將如何影響 UCS 分析？我們假設，在全國人口加權的基礎上，邊際排放率比平均排放率高 1.5 倍（這並未納入中國電池製造而導致的較高排放率）。下一張圖表顯示，假設在計算邊際排放率情況下，電動汽車與內燃機轎車的經修正淨排放效益。結果：轎車的終生淨排放效益大約減少了一半，從 32 噸二氧化碳減少至 17 噸。

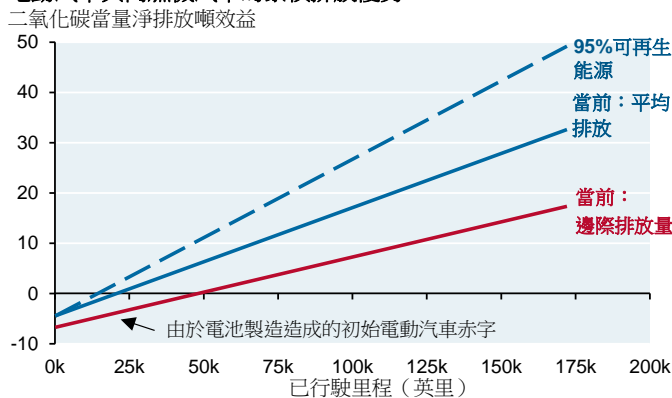
紅線基於全年平均邊際排放率；因此，它假設沒有能力通過定價激勵來影響電動汽車的充電時間。此外，它使用現有電網，並且並未考慮風能和太陽能增加速度，而這些增速快於電動汽車普及速度。**電動汽車排放的結論：**風能和太陽能增加、分時電價激勵措施、集中充電計劃（見方框）以及更多與太陽能發電高峰同時使用的公共／私人充電基礎設施，將使電動汽車淨排放效益接近 UCS 假設的水平。

集中式電動汽車充電優化

美國七家領先的公用事業公司正在開展試點計劃，遠程控制電動汽車的分時充電，以減少峰值負載和輸電需求。遠程訪問可通過充電設備或與車輛無線連接進行。很多公用事業公司也在試點分布式能源管理系統，該系統可遠程控制表後溫度調節器、熱水器 and 電池

資料來源：Darcy Insights「基準研究，管理型電動汽車充電計劃」，2024年2月

電動汽車與內燃機汽車的累積排放優勢



資料來源：UCS、Convergent Science、摩根資產管理，2022年7月

²⁸ 「用於車輛比較的數據驅動型溫室氣體排放率分析」，Burton 和 Senecal，2022 年



[b]充電行為的聚集將大大增加高峰負載和對輸電的需求

丹麥科技大學的研究人員進行了以下分析：如果電動汽車（BEV+PHEV）（目前在丹麥汽車中佔 10%）的比例達到 90%以上，電網將會發生什麼變化²⁹。例如，如果所有電動汽車充電在全天均勻分布，增量容量需求將僅為 1 吉瓦，峰值負載只將增加 17%。在另一個極端情況下，如果每個電動汽車車主在一天中的同一時間以盡可能高的功率³⁰充電，峰值負載將增加 550%，並需要額外的 33 吉瓦容量。這是一個極其悲觀的情況，但第一個情況則過於樂觀。

丹麥：電動汽車普及率達到100%時容量和峰值負載將增加

電動汽車充電匯流	需要額外電力	高峰消費增加
均勻分布充電	1.0 GW	17%
3.7千瓦@30%重合系數	3.3 GW	55%
3.7千瓦@100%重合系數	11.1 GW	185%
11千瓦@100%重合系數	33.0 GW	550%

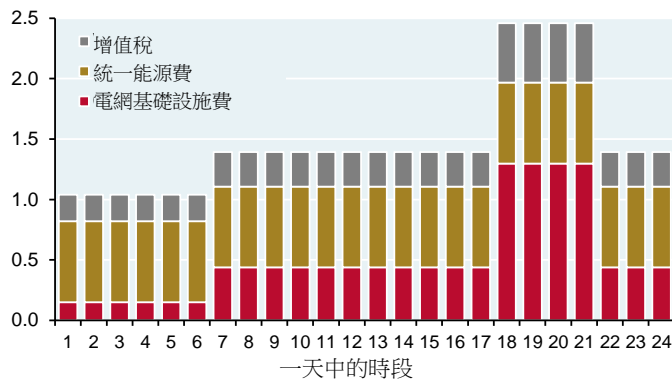
關鍵假設
每輛車每年行駛15,000公里 電動汽車
里程=5公里/千瓦時
丹麥電力消耗=36太瓦時
丹麥峰值功耗=6吉瓦
丹麥當前發電容量=18吉瓦

資料來源：Mattia Marinelli，丹麥技術大學，2023年11月

現實情況介於兩者之間，強調電動汽車充電定價政策的必要性不僅反映剩餘可再生能源的可用性，而且還反映電動汽車充電對峰值負載、容量需求和輸電基礎設施的影響。這正是丹麥目前正在做的；住宅客戶支付的電費包括四個獨立組成部分：取決於日前市場情況的現價；取決於所在月份/一天時段的電網影響費；固定能源費；和增值稅。第二個組成部分是關鍵，與美國形成鮮明對比，無論電力何時被消耗，美國電費中的電網/基礎設施部分通常是固定的。右側：請注意丹麥的電價會因一天的不同時段而有大幅上漲，從而最終改變消費行為。芬蘭電力管理公司 Synergi 也報告了類似的結果：使用智能充電的電動汽車車主通常將充電推遲至晚上 11 點至凌晨 3 點，這樣可將每年能源費用減少 70%。

丹麥電網基礎設施費用取決於一天中充電時段

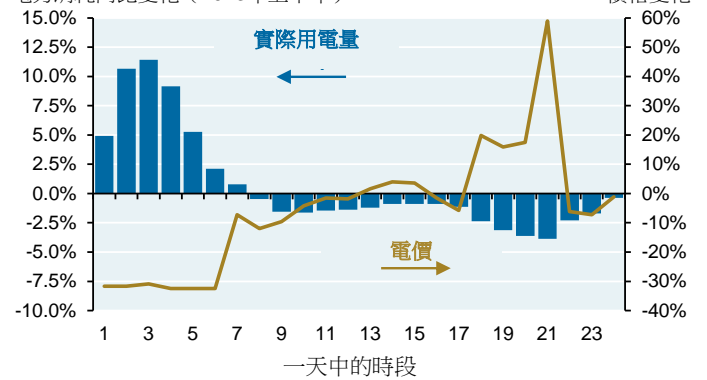
零售價，丹麥克朗/千瓦時，10月至3月平均日



資料來源：Marinelli（丹麥技術大學），2023年8月25日

丹麥客戶對電價上漲的反應

電力消耗同比變化（2023年上半年）



資料來源：Marinelli（丹麥技術大學），2023年8月25日

²⁹Mattia Marinelli（丹麥技術大學），丹麥技術大學風能系統，2023年11月

³⁰提醒一下，瓦特=伏特乘以安培。3.7 千瓦情況基於 230 伏（歐洲的典型電壓）乘以 16 安培（家用電器的典型最大值）乘以 1 相。11 千瓦情況基於 230 伏乘以 16 安培乘以 3 相。三相和單相電源指不同的接線配置；在美國，大多數住宅使用單相，而三相通常留給負載較大的商業和工業用戶。但在歐洲，許多北歐和德國的住宅也使用三相電來烹飪和取暖。



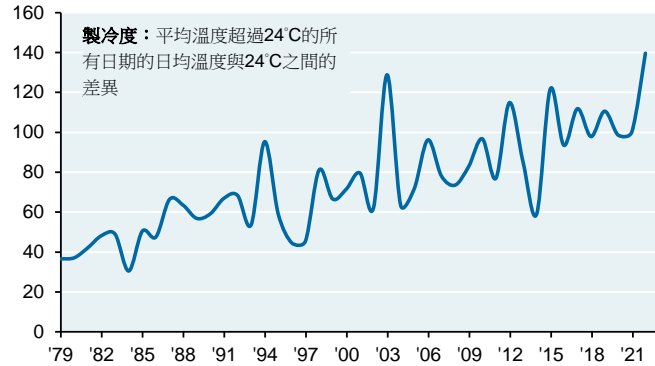
[c]歐洲採用熱泵帶來的好處可能將因空調使用量增加而部分減少

歐洲的氣候比美國更冷。美國只有 8% 的人口生活在北緯 44 度線以上，而歐洲卻有 82% 的人口生活在北緯 44 度線以上。這就是歐洲空調使用率歷來遠低於美國的原因之一。歐洲只有十分之一的家庭擁有空調，而在美國這一比例為 90%；空調僅佔歐洲建築能源使用的 1%，而美國則為 16%。

但有兩件事正在改變。首先，如第一張製冷降溫度日天數持續的圖表所示，歐洲變得越來越熱。其次，歐洲正在安裝更多的熱泵用於冬季供暖，其中大部分也可用於空調。重要的是要監測空調使用量的增加，在多大程度上抵銷了歐洲更高效、排放強度更低的冬季供暖帶來的部分好處。

歐盟製冷需求增加

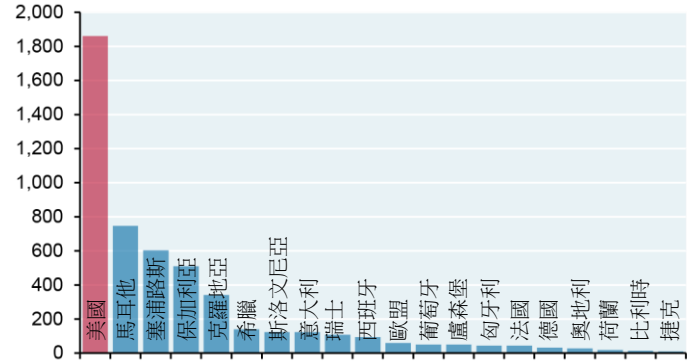
年累計製冷度數，攝氏度



資料來源：歐盟統計局、摩根資產管理，2022年

家庭空調用電

每戶住宅千瓦時



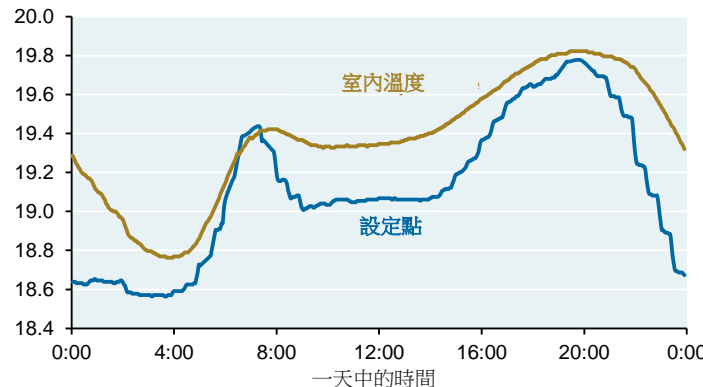
資料來源：美國能源信息署、OdysseyMure、摩根資產管理，2019年

[d]智能溫度調節器鼓勵人們在家裡沒人或睡覺時減少使用暖氣和空調，從而有助於節約能源。但如果太多智能溫度調節器設定點相同，可能會出現集中爆發的電力需求，電網的設計必須能夠配合需求³¹

研究人員對裝有智能溫度調節器的房主使用的時間設定點進行研究。圖表顯示平均冬季設定點和室內溫度。增加熱量的設定點集中在上午 7 點左右，這可能反映默認設置而非用戶選擇。從負載角度來看，設定點時間很重要，因為將溫度升高至既定水平所需的功率要大於將溫度維持在既定水平所需的功率。並且：智能溫度調節器的峰值需求往往集中在可再生資源可用性較低的時間（上午 7 點、晚上 8 點）。智能溫度調節器需要輔以避免一天中使用時段集中的政策。一些涉及價格信號的實際試驗顯示出很高的響應速度；但必須對重新進入的負載進行適當管理，否則就會將同樣的峰值問題推到一天中的另一個時段。

智能溫度調節器用戶的冬季工作日平均設定點和室內溫度

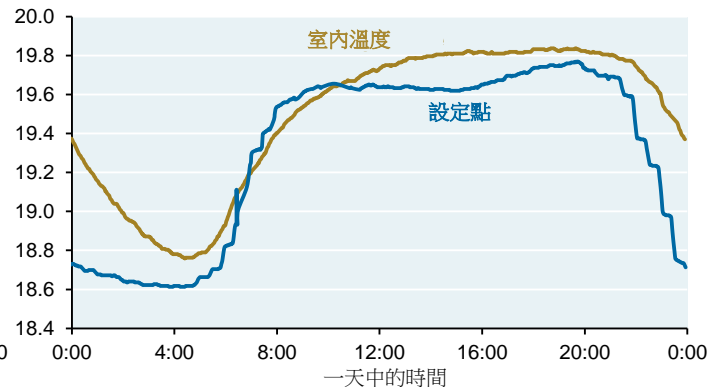
攝氏度



資料來源：康奈爾大學，Lee和Zhang，2022年9月15日

智能溫度調節器用戶的冬季週末平均設定點和室內溫度

攝氏度



資料來源：康奈爾大學，Lee和Zhang，2022年9月15日

³¹ 「智能溫度調節器在向電氣化供暖過渡過程中的意外後果」，康奈爾大學，Lee 和 Zhang，2022 年



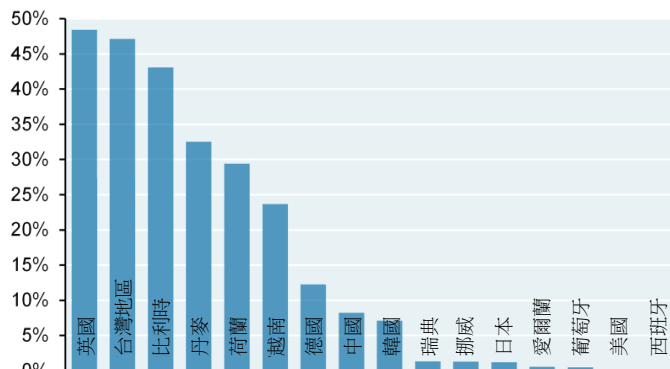
[e]美國海上風電的動盪與其他地區增長較快的風電裝機容量形成鮮明對比

雖然美國擁有 146 吉瓦的陸上風電，但幾乎沒有海上風電。由於進口加拿大水電項目失敗，東北部的部分州計劃開發自己的海上風電。但在過去 12 個月，美國海上風電開發商因組件成本上漲高達 50%後撤回最初的投標文件，最終放棄了 8.5 吉瓦的風電項目。這些項目可能將繼續進行，但需要更多的時間並導致更高的電力成本。與以下國家相比，美國在海上風電方面表現不佳。NREL 強調了到 2030 年實現拜登政府 30 吉瓦海上風電目標所需的供應鏈建設：大量新工廠和約 220 億美元的資本投資³²。

全球風力渦輪機市場分為兩類：約有 15 家中國製造商主要供應國內市場，而西方企業則供應其他市場（通用電氣、Vestas、Nordex 和西門子歌美颯）。隨著西方渦輪機製造商面臨成本和利潤挑戰，中國企業在西方市場的競爭力日益增強。如下文所示，標普全球估計中國的渦輪機價格要便宜 70%。

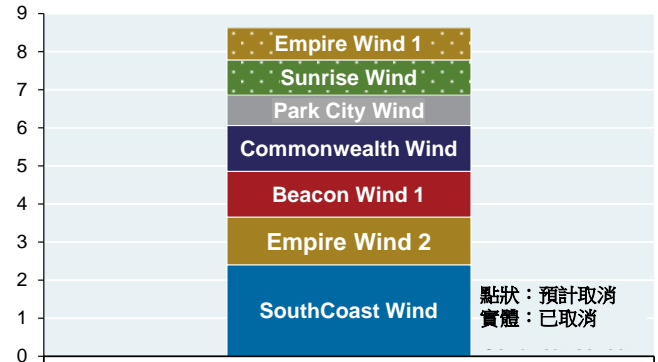
關於海上風電的另一件事。歐洲的研究表明，海上風電場會產生「尾流」，從而降低鄰近風電場的風速，甚至遠至 55 公里。海上風電裝機容量下降幅度可達 20%，導致生產和收入損失³³。研究顯示，北歐大多數海上風電場距離最近的風電場都不到 50 公里。

海上風電佔總風電容量的比例



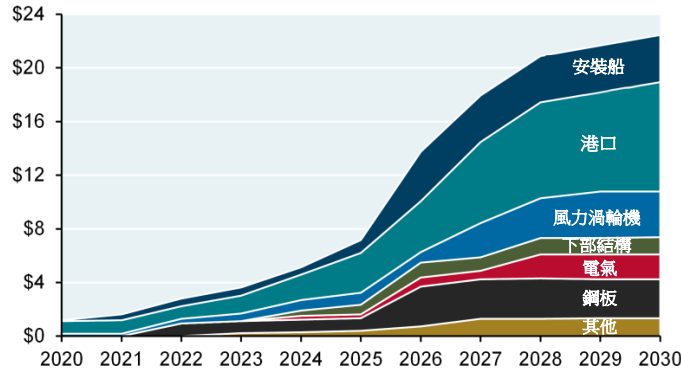
資料來源：IRENA Energy、摩根資產管理，2022年

美國8.6吉瓦海上風電裝機容量：已取消或預計將取消



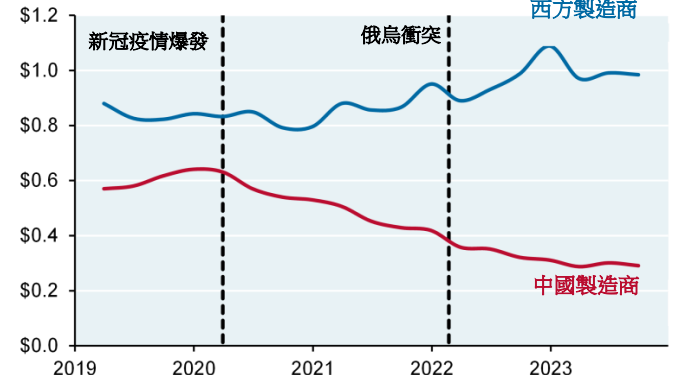
資料來源：Intelatus Global Partners、個別項目報告、摩根資產管理，2024年

美國海上風電供應鏈需要至少220億美元的投資才能實現2030年目標，累計投資，十億美元



資料來源：美國國家可再生能源實驗室(NREL)，2023年1月

陸上風機平均售價



資料來源：標普全球，2023年第三季度

³² 「美國海上風能供應鏈路線圖」，NREL、Shields 等，2023 年 1 月

³³ 「風電場引起的尾流和監管差距」，卑爾根大學（挪威），Finseras 等人，2023 年 10 月

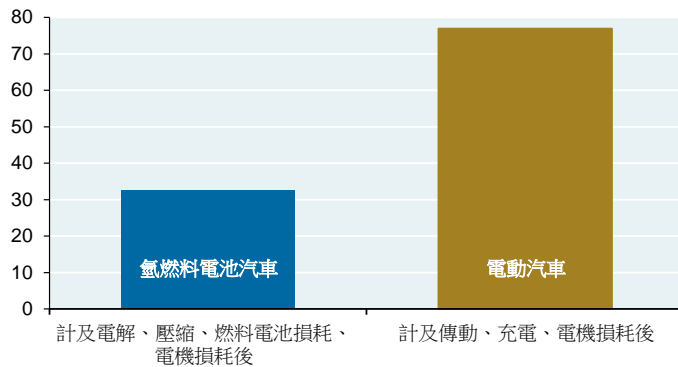


「氫氣疑團」後記：綠氫行業艱難的一年

2021年，我寫了一篇充滿懷疑論的長篇文章，題為「氫氣疑團」，分析了有關綠氫生產、傳輸和消費的所有未解答問題。從那時起，氫經濟取得了一些進展：沙特阿拉伯基於風能／太陽能的 2.2 吉瓦 NEOM 氫／氨項目，以及殼牌基於海上風電的 200 兆瓦荷蘭氫項目目前正在建設中。在美國，計劃每年生產 1,000 萬噸綠氫／藍氫，如果最終建成，將足以替代美國目前幾乎所有由天然氣和煤炭生產的氫氣消耗量……

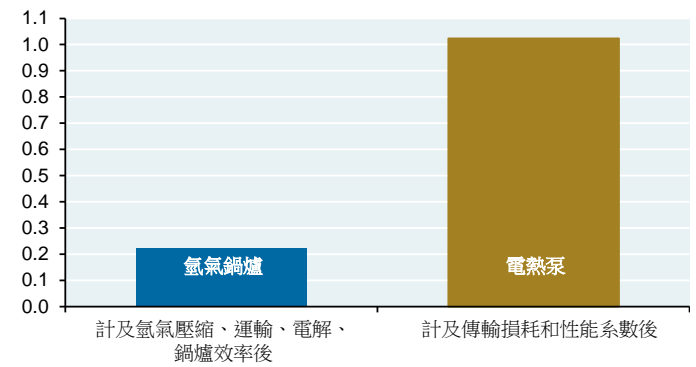
但由於認識到每單位能源、用於道路運輸或冬季供暖的氫，效率遠低於直接電氣化的替代方案，因此也有許多項目被取消。雖然開發商在排隊等候公共資金補貼，2023 年全球氫補貼規模為 3,500 億美元³⁴（稅收抵免、補助金和研發資金），但能源數學分析結果則反對這麼做，除非綠氫可取代目前用於合成氨／化肥、煉油和將鐵礦石直接還原成金屬鐵的化石燃料氫氣。本章節介紹最新進展，其中大部分暗示「無氫」是「為何是氫氣」的常見答案。

100千瓦時的風電啟動時，可以為電動機提供多少電量？
千瓦時



資料來源：EIA、能源部、DIW Berlin、摩根資產管理，2023年

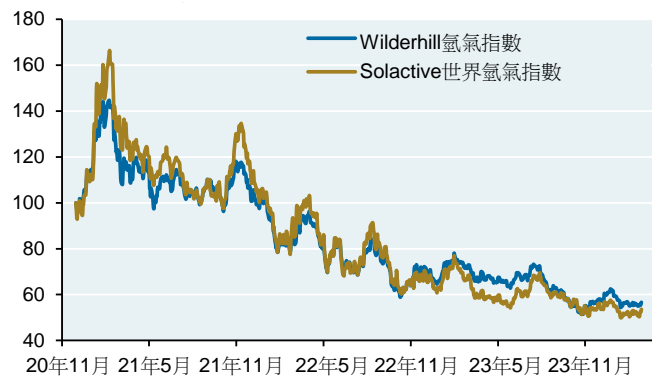
100千瓦時的風電啟動時可獲得多少熱值？
萬億英熱單位



資料來源：EIA、能源部、DIW Berlin、摩根資產管理，2023年

氫指數回報

總回報指數，2020年11月=100



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年3月1日

³⁴彭博新能源財經氫補貼追蹤，2024年1月25日



電解槽和綠氫需求低

- 由於政策延遲和綠氫需求不足，部分電解槽製造商正在下調產能計劃³⁵。僅 5% 的綠氫項目已達營運狀態；已公布的綠氫產能中只有 10% 已確認買家^{36,37}。受此影響，部分電解槽製造商的股價較 2021 年水平下跌了 95% (Plug Power、ITM Power、McPhy Energy)
- 歐盟規定，到 2030 年，以綠氫為原料的合成航空燃料的摻混率要達到 1.2%，到 2050 年為 35%(!!)。合成燃料生產商指出，航空公司不願意支付綠色溢價，並且正在努力與航空公司達成承購協議³⁸

電解槽成本持續上升和技術問題

- 2024 年 3 月對鹼性和 PEM 電解槽的調查發現，自 2022 年以來價格上漲了 46%-65%，部分原因是市場規模擴張速度慢於預期³⁹
- 由於技術問題，在中國新疆建設的全球最大的綠氫項目目前營運規模僅佔裝機容量的不到三分之一。到 2023 年下半年，這座 260 兆瓦電解槽預計將生產約 9,500 噸綠氫；相反，實際上只生產了約 2,000 噸。除了這些技術問題外，該工廠還缺少合同中承諾的部分安全性和靈活性功能
- 儘管中國電解槽價格遠比西方電解槽低廉，但對西方項目開發商而言，所節省的電解槽成本不太可能抵銷其對質量、融資問題和政策風險的擔憂

綠氫成本上升、稅收抵免的匹配要求和補貼需求

- 波士頓諮詢公司將 2030 年預計最低綠氫價格目標從 3 歐元/公斤上調至 5 歐元/公斤⁴⁰
- 2020 年，安賽樂米塔爾大張旗鼓地宣布新建綠色鋼鐵廠；他們最終將使用綠氫代替碳作為鐵礦石的還原劑。安賽樂目前承認，即使考慮了歐洲補貼，綠氫的使用成本仍太高，並且會導致其鋼鐵缺乏競爭力。該公司將在直接還原鐵 (DRI) 反應器中使用化石氣體或從其他地方進口綠色 DRI，之後這兩種方法都將依賴電弧爐來生產鋼鐵
- 美國財政部規定，氫氣項目必須在 2028 年之前採用每小時匹配氫氣生產和綠色能源採購的方式，才有資格獲得稅收抵免。這立即引發了氫氣行業的抱怨，該行業顯然希望獲得稅收減免，以製造棕氫，同時聲稱這是綠氫
- 彭博新能源財經估計，要實現氫能源部長級會議的 2030 年目標，氫工業將需要超過 2 萬億美元的補貼⁴¹

被高估的溫室氣體效益

- 美國能源部得出結論，大多數藍氫項目（棕氫 + 碳捕集與封存）的排放足跡過高，無法獲得稅收抵免⁴²
- 由於對壓縮站的需求增加以及氫氣洩漏，天然氣管道中 30% 的綠氫混合物可能只會帶來 6% 的溫室氣體下降⁴³

³⁵ 「綠氫電解槽製造商遏制產能擴張」，Hydrogen Insight，2023 年 9 月

³⁶ 「優化電化工項目的五種策略」，波士頓諮詢公司和牛津全球項目，2023 年 9 月

³⁷ 「氫需求：微小但正在崛起」，彭博新能源財經、美國政府問責署，2023 年 11 月

³⁸ 「航空公司不願意為綠氫綠色合成煤油支付溢價」，Hydrogen Insight，2024 年 1 月

³⁹ 「2024 年電解槽價格調查：成本上升，技術故障」，彭博新能源財經，2024 年 3 月 1 日

⁴⁰ 「將歐洲綠氫夢想變成現實：行動號召」，波士頓諮詢公司，2023 年 10 月

⁴¹ 「清潔氫缺失的數萬億美元」，Michael Liebrich，彭博新能源財經，2023 年 12 月

⁴² 「由於上游排放量較高，藍氫不太可能有資格獲得美國稅收抵免」，Hydrogen Ins.，2023 年 12 月

⁴³ 「天然氣管道中的氫氣混合因洩漏而面臨限制：美國能源部實驗室」，標普全球，2023 年 10 月 27 日



道路，氫氣與直接電氣化替代品相比並無競爭力

- 馬士基旗下馬士基貨櫃碼頭(APM Terminals)部門發現，由於更大的效率損失、更高的燃料成本和更複雜的設備，貨櫃裝卸設備（牽引車、運輸車和堆垛機）的氫氣成本比電池供電設備高 25%-60%；並得出結論，這些成本差距將持續存在⁴⁴
- 氫能卡車製造商 Hyzon 和 Nikola 因股價持續低於 1 美元而面臨納斯達克退市

氫能運輸面臨的挑戰

- 綠氫可以說是最好的新用例——海運，但它面臨著巨大的障礙。如果將氫氣壓縮並冷卻到絕對零度以上 20°C（這將消耗氫氣中 33%的能量），氫氣的體積能量密度仍比船用燃料低 4 倍；如果將氫氣轉化為氨燃料，能量轉換成本高昂；如果在密閉的船舶機艙內使用，存在安全隱患⁴⁵；由於氫氣對全球變暖的影響比二氧化碳產生的影響高 12 倍，任何氫氣洩漏均可能對臭氧層造成負面影響⁴⁶。航運的成本挑戰：即使考慮到氫氣的能量密度比柴油高，綠色氫氣的成本仍可能是船用燃料的 5-6 倍⁴⁷

取消和暫停的氫能項目⁴⁸

- **電解槽**：ATCO（加拿大）、石勒蘇益格-荷爾斯泰因州（德國）。引用原因：制氫設施與最終用途之間的距離破壞了商業可行性⁴⁹、建設成本高
- **公共汽車／卡車**：利物浦（英國）、格拉斯哥（英國）、蒙彼利埃（法國）。引用原因：綠氫供應不可靠，氫動力汽車比純電動汽車貴 6 倍
- **火車**：德國、荷蘭。引用原因：更便宜的電池電動車型，開發商沒有投標
- **藍氫／氨**：Nutrien（路易斯安那州），殼牌—英國國家電網。引用原因：資本成本高於預期、清潔氫的未來需求不確定、不支持加熱／混合
- **住宅供暖**：英國。引用原因：綠氫供應不足
- **綠氫制甲醇**：比利時。引用原因：成本不斷上升、無長期買家

明年我們將研究天然存在的「白色」或「金色」氫沉積物的問題。屆時，已經開始尋找這些沉澱物的 50 多家公司大概都會確認它們是否存在。美國地質勘探局認為，大西洋沿岸平原、美國中部、大平原部分地區和中西部上游地區可能存在這些沉澱物。美國地質調查局已承諾在今年晚些時候發布其全球資源潛力模型以及最有可能含有地質氫資源的地區的初步地圖⁵⁰。

關於航運和化石燃料。2021 年，按重量計算，在全部海運噸位中，有 36%是運輸石油（15%）、煤炭（11%）、天然氣（5%）和精煉石油產品（5%）。因此，一些分析師指出，如果道路運輸、供暖和工業生產的能源使用大幅脫碳，那麼航運的能源使用也將同步下降。確實如此，但正如引言所示，幾乎沒有跡象表明全球化石燃料消耗量正在下降。由於脫碳，海運燃料的需求可能需要在幾十年後才能大幅下降。

⁴⁴ 「電池電動貨櫃裝卸設備達到臨界點」，馬士基貨櫃碼頭，2023 年 10 月

⁴⁵ 謊言洩漏和致命性：氫是船舶的安全燃料嗎？」，The Lodestar，2023 年 8 月 6 日

⁴⁶ 「新研究估計氫氣的全球變暖潛力」，CICERO，2023 年 6 月 7 日

⁴⁷ 「氫氣的片面事實使運輸燃料希望渺茫」，Michael Barnard，《福布斯》，2023 年 12 月 29 日

⁴⁸ Hydrogen Insight、Renew Economy、Glasgow Live、Recharge

⁴⁹ 由於氫氣非常難以運輸，約 85%的氫氣在製造時被消耗

⁵⁰ 「地質氫作為下一代能源的潛力」，美國地質學會，2023 年 4 月 13 日

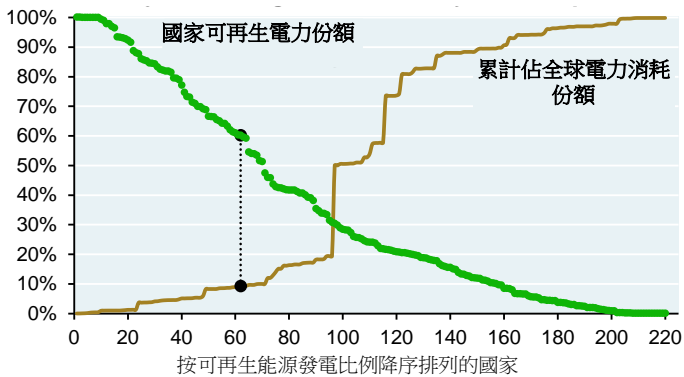


「忽略 PUNI」：擁有獨特自然能源資源的小國分散焦點

儘管中國的能源轉型值得關注，但一些非常小的國家卻不然。實例：有的新聞報道稱，一些國家在一年中的某一小時或某一天產生了大量可再生能源，但卻隻字不提如何滿足一年中其餘時間的能源需求。或者：有的文章強調擁有獨特自然資源的國家的可再生轉型，卻不承認這些國家往往與世界其他國家無關。縮寫詞「PUNI」指巴拿馬、烏干達、挪威和冰島，它們是這種現象的典型例子。讓我們一探究竟。

第一張圖表顯示了每個國家的可再生能源在綠色發電中所佔的份額以及全球電力消耗的累計統計。圖表要點：**有 62 個國家的可再生能源電力佔比超過 60%，但它們僅佔全球電力消耗的 9%**（巴西和加拿大約佔這一組別電力消耗的一半）。現在讓我們看看這一組別是如何實現如此高水平的可再生能源發電。提示：並非風能或太陽能。

可再生電力佔比超過60%的62個國家僅佔全球電力消耗的9%



資料來源：國際能源署、IRENA、世界銀行、Harvard ECI、ESMAP、摩根資產管理，2022年

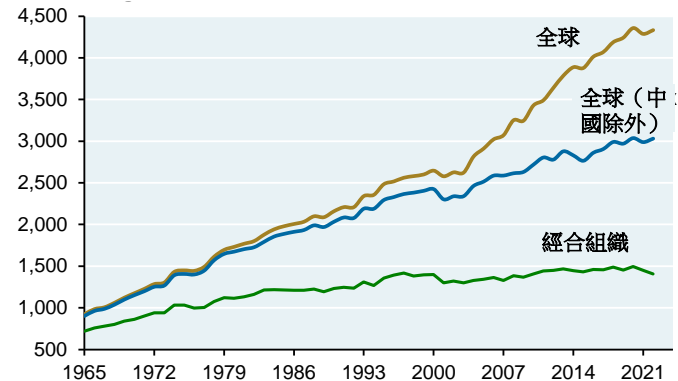
完全來自水電。該表顯示了這 62 個國家如何嚴重依賴水力發電；風能加太陽能只佔了 11%。是否有發展更多水力發電的潛力？國際水電協會估計全球發電能力可能增長 3 倍⁵¹。但正如我們在 2016 年曾回顧，美國等國家已開發了大部分現成的水電資源。大多數水電潛力研究都是在地形勘察層面上進行，並未考慮到與成本、當地政治或環境影響相關的現實世界限制。這或許可解釋為何在剔除中國的情況下全球水力發電量每年僅增長約 1%，以及為什麼經合組織自 2000 年以來水力發電根本沒有增長。

該群體的總發電量
60%以上電力來自可再生能源的國家

資料來源	太瓦時	太瓦時份額
水力發電	1,673,644	63%
化石燃料	363,855	14%
風能	230,857	9%
核能	198,100	7%
生物質／沼氣	126,528	5%
太陽能	60,363	2%
地熱能	9,691	0%

資料來源：IRENA、摩根資產管理，2022年

除中國外，自2000年以來全球水電每年以1%的速度增長；經合組織根本沒有增長，太瓦時



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

⁵¹ 「2050 年水電：確定下一個通往淨零的 850+ 吉瓦機會」，國際水電協會，2021 年



是否有可再生能源份額較高的國家不僅僅依賴水電、地熱能和生物質能(HGB)? 僅有一些：納米比亞、烏拉圭、丹麥、立陶宛和葡萄牙的風力和太陽能發電量至少佔30%⁵²。請注意，這些國家也大幅受益於生物質能的貢獻。

可再生能源和風能/太陽能發電份額

該群體：至少60%發電來自可再生能源的所有國家

排名	國家	可再生能源份額	風能/太陽能份額	排名	國家	可再生能源份額	風能/太陽能份額	排名	國家	可再生能源份額	風能/太陽能份額	排名	國家	可再生能源份額	風能/太陽能份額
1	斯威士蘭	100%	0%	13	納米比亞	98%	35%	25	薩爾瓦	86%	25%	37	喀麥隆	80%	0%
2	萊索托	100%	0%	14	格林蘭	97%	0%	26	吉爾吉斯斯坦	86%	0%	38	馬拉維	79%	0%
3	不丹	100%	0%	15	中部	97%	0%	27	盧森堡	85%	43%	39	奧地利	79%	16%
4	尼泊爾	100%	0%	16	伯利茲	93%	2%	28	莫桑比克	85%	1%	40	哥倫比亞	77%	1%
5	冰島	100%	0%	17	安道爾	93%	1%	29	烏拉圭	85%	34%	41	塞拉利昂	75%	2%
6	巴拉圭	100%	0%	18	贊比亞	93%	1%	30	委內瑞拉	84%	0%	42	危地馬拉	73%	4%
7	埃塞俄比亞	100%	5%	19	塔吉克斯坦	93%	0%	31	巴拿馬	83%	12%	43	馬裡	73%	3%
8	阿爾巴尼亞	100%	1%	20	厄瓜多爾	92%	0%	32	新西蘭	83%	7%	44	津巴布韋	71%	1%
9	哥斯達黎加	100%	13%	21	托克勞	92%	92%	33	丹麥	82%	60%	45	老撾	71%	0%
10	挪威	99%	10%	22	肯尼亞	89%	5%	34	安哥拉	82%	0%	46	尼加拉瓜	70%	16%
11	民主黨	99%	0%	23	幾內亞	88%	0%	35	格魯吉亞	82%	1%	47	法屬圭亞那	70%	6%
12	烏干達	98%	2%	24	巴西	88%	17%	36	阿富汗	81%	3%	48	瑞典	69%	21%
												49	加拿大	69%	7%
												62	瑞士	60%	7%

資料來源：IRENA、摩根資產管理，2022年

這五個國家是否是全球最大能源消費國的相關範例？並不是。它們的能源消耗和人口規模都很小。與較大的國家相比，納米比亞的太陽輻照度要高得多；丹麥和烏拉圭的風能潛力要高得多；烏拉圭和納米比亞的人口密度要低得多，經濟複雜性也較低。後者數據衡量了每個國家生產不同行業複雜產品的能力，這反過來會推動對更發達的能源系統的需求。有些還受益於靠近大國來實現電網穩定（烏拉圭/巴西、丹麥/德國）。如果進行評分，就會發現有六個單獨的因素降低了烏拉圭與較大國家的相關性。葡萄牙是五個國家中唯一沒有獨特自然資源優勢的國家之一。

PUNI 國家在開發風能、太陽能和生物質能資源，以及減少對化石燃料發電的依賴方面值得稱讚。但對於較大型發達國家和發展中國家的轉型來說，它們大多是不恰當的範例。如果您遇到有關任何 PUNI 的文章，您或許可以直接跳過。

國家/地區	風能份額 佔電力百分比	太陽能 佔電力百分比	生物質能 佔電力百分比	一次能源消耗 拍焦耳	人口 百萬	人口 密度 每平方英里	經濟 複雜性 0-100範圍	太陽能 輻照度 百分位	風能 潛在 千瓦/人均
可再生電力佔比>60%，風能/太陽能電力佔比>30%									
納米比亞	2%	34%	63%	80	3	8	29	100	285
丹麥	55%	5%	22%	678	6	352	83	3	56
立陶宛	39%	5%	21%	324	3	111	78	4	10
葡萄牙	30%	7%	23%	842	10	289	74	33	13
烏拉圭	31%	3%	50%	234	3	50	62	40	80
一次能源消費大國									
中國	9%	5%	17%	157,034	1,412	385	87	24	2
美國	10%	5%	7%	89,555	332	91	90	30	16
德國	23%	11%	12%	12,055	83	605	98	6	2
法國	8%	4%	12%	9,857	68	303	88	12	9
印度	4%	5%	12%	39,529	1,408	1,109	69	50	0
日本	1%	11%	12%	16,731	126	854	100	14	15
韓國	1%	4%	3%	12,216	52	1,340	98	20	12
印度尼西亞	0%	0%	19%	9,858	274	371	52	36	1
土耳其	11%	5%	27%	6,675	84	280	70	35	1

資料來源：國際能源署、IRENA、世界銀行、Harvard ECI、ESMAP、摩根資產管理，2022年

⁵²我們不分析新西蘭的太平洋島嶼屬地托克勞，人口為 1,500；或盧森堡大公國（人口為 60 萬），大多數商店每天下午 6 點停止營業。



關於「淨零石油」：如果能夠接近非常激進的預估水平，便值得嘗試

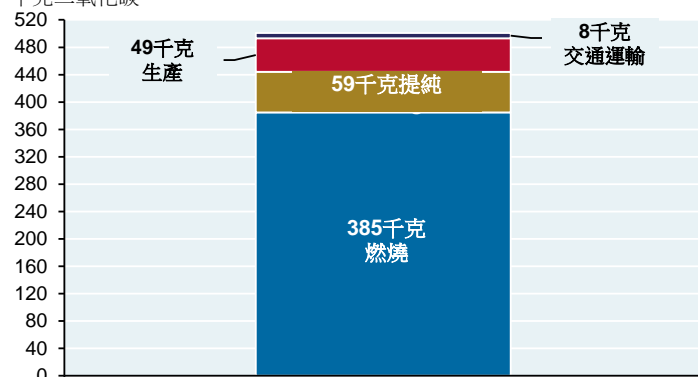
淨零石油基於以下概念：生產一桶石油，同時從大氣中吸收足夠的二氧化碳，從而大大抵銷燃燒石油產生的約 500 公斤二氧化碳排放，以及所選擇的封存方法所產生的任何額外排放。聽起來很簡單；其實並非如此。

去年五月，在摩根大通舉辦的首屆「可持續發展峰會」上，一位出席的能源行政總裁指出，他們在開發「淨零石油」方面的努力沒有得到任何討論或支持。我被認為是不跟潮流，因為我在演講中沒有提及任何相關內容，而且我重複了我長期以來的觀點，即科學史上最高的比率是關於碳封存的科學論文的數量除以實際的碳封存量。儘管我從未聽說過淨零石油，這是我的不是，但我被視作淨零石油的反對者。

峰會結束後，我同意與公司的工程師共同花時間研究，並為我們的行政總裁杰米·戴蒙(Jamie Dimon)和摩根大通營運委員會的其他成員撰寫一份有關淨零石油的簡報。接下來的三頁是這份簡報逐字記錄的內容。結論：存在很多技術障礙需要克服，脫碳石油的成本可能非常高；但對於難以減排的行業，隨著時間的推移，直接空氣碳捕獲和其他相關成本可能會下降，我對此持開放態度。

一桶石油的二氧化碳排放量

千克二氧化碳



資料來源：IHS Markit，2019年



能源簡介：淨零石油和直接空氣碳捕獲

淨零石油是一個關於通過捕獲和地質封存二氧化碳以提高石油採收率的概念，涉及利用足夠的封存來抵銷生產過程中產生的石油生命週期排放和封存產生的排放。其中一個例子是將直接空氣碳捕集（DACC）作為二氧化碳的來源，使用零排放能源為 DACC 過程提供動力。本簡報討論了所涉及的碳數學研究。

西方方法：DACC 主要使用零排放能源來提高石油採收率

Oxy 正在建設其第一座 DACC 工廠，因此應相應地判斷預測和估計⁵³。Oxy 計劃在 DACC 中使用大部分零碳能源，這些能源來自(a)專用太陽能、(b)通過衍生品合同獲得來自電網的零碳電力，以及(c)來自天然氣的電力/熱量，產生的排放量被捕獲/封存。後者的一個例子是，NET Power (NPWR) 預計將利用天然氣與純氧燃燒發電，其二氧化碳捕獲成本低於傳統的天然氣發電廠和同地碳捕獲。NET Power 也是一家新企業，目標是在 2026-2027 年交付第一批商業化發電廠。因此，我們的能源數學分析估算屬預估性質，並需要在 Oxy DACC 和 NET 發電廠建設過程中進行概念驗證/成本發現。

淨零石油/使用電網電力的 DACC 的碳數學分析

目前，美國的大多數二氧化碳驅強化採油（CO₂-EOR）項目都依賴於自然產生的地下二氧化碳沉積物和一些人為源的點源捕獲。因此，明確分配這些 CO₂-EOR 系統中所產出石油的溫室氣體減排效益是一項複雜的工作，涉及假設反事實的溫室氣體排放基線和常規石油生產置換率。然而，如果通過 DACC 將大氣中的二氧化碳完全用於 CO₂-EOR，那麼將溫室氣體排放效益歸因於所生產的石油就變得更加簡單明瞭。利用大氣中的二氧化碳開採每桶 CO₂-EOR 石油對排放的影響需要對以下方面進行估算：

假設	價值	假設類型	資料來源
注入二氧化碳以生產一桶石油	0.46 公噸	有限的觀察集	Azzolina ⁵⁴
一桶石油生命歷程的二氧化碳排放量	0.5 公噸二氧化碳	穩健的觀察集	多個來源 ⁵⁵
DACC 的能量強度，包括壓縮	每公噸二氧化碳產生 366 千瓦時的電力和 5.25 吉焦的熱量	理論；首批工廠正在建設中	Keith ⁵⁶
天然氣發電的碳強度	每兆瓦時 0.44 公噸二氧化碳	穩健的觀察集	美國能源信息署 ⁵⁷
天然氣燃燒的碳強度	每吉焦 50.3 千克二氧化碳	穩健的觀察集	美國能源信息署 ⁵⁸
零排放電力和天然氣的分割	美國中部各州的零碳源比例為 40%	穩健的觀察集	美國能源信息署 ⁵⁹
天然氣生產和分配的上游甲烷排放	每兆焦耳天然氣產生 13 克二氧化碳	穩健的觀察集	Littlefield ⁶⁰

⁵³根據 2023 年與 Oxy 工程師的對話，與採用固體吸附劑 DACC 技術的設施對鋼鐵、混凝土和其他材料的依賴相比，其 DACC 材料投入通常更便宜，揮發性更低（碳酸鈣、堿鉀鹽和 PVC）

⁵⁴「與二氧化碳強化採油相關的二氧化碳封存」，Azzolina 等人，《國際溫室氣體控制雜誌》，2015 年 6 月

⁵⁵卡內基基金會、能源期貨倡議和清潔空氣工作組

⁵⁶「從大氣中捕獲二氧化碳的過程」，David Keith（哈佛）等人，Joule，2018 年 6 月

⁵⁷「2021 年美國淨發電量和由此產生的二氧化碳排放量」，美國能源資訊署

⁵⁸「天然氣與環境」，美國能源資訊署

⁵⁹「按州和來源劃分的淨發電」，美國能源資訊署

⁶⁰「美國天然氣輸送路徑的生命週期溫室氣體分析」，《環境科學與技術》，Littlefield 等人，2022 年 11 月



使用上述假設，我們估計 **Oxy** 每桶 DACC-EOR 油的淨二氧化碳排放量將為 0.22 公噸。與原油生命週期排放量 0.5 噸相比，這代表「**脫碳 55%**」。在計算過程中，每公噸二氧化碳的捕獲量只有 79% 計入減排量，因為必須捕獲一些二氧化碳來抵銷上游和熱電網的排放。表中的假設適用於第 N 個工廠，而不是第一個工廠，因此此時是理想的情況。

DACC-EOR 石油如何實現比 55% 基準情況下更高的脫碳率？

1. 僅使用零碳電力將使 EOR 石油脫碳率提高到 67%。這種影響並不大，因為在典型的 DACC 工藝中，電力只佔能量的 20%（其餘是氣體燃燒）
2. 如果遙感器將上游甲烷排放量減少一半，EOR 石油脫碳率將上升至 70%
3. 如果每桶石油多注入 20% 的二氧化碳，EOR 石油脫碳率將上升至 84%
4. 最後，如果 DACC 的能量負載下降 1/3 (可能由於使用工業熱泵供熱)，EOR 石油脫碳率將上升至 92%。換言之，「92% 脫碳石油」。

DACC-EOR 石油脫碳情形

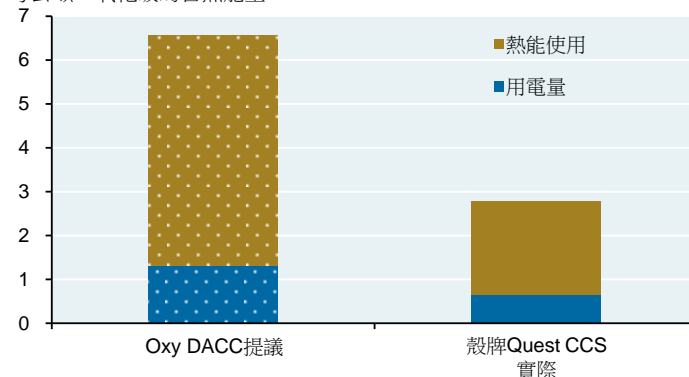
情形	淨排放量，每桶二氧化碳公噸	EOR 石油脫碳%
傳統石油生產、精煉和燃燒	0.50	不適用
使用電網電力的 Oxy 工藝流程	0.22	55%
使用 100% 零碳電力的 Oxy 工藝流程	0.17	67%
Oxy 工藝流程，100% 零碳發電，上游甲烷排放減少 50%	0.15	70%
Oxy 工藝流程，100% 零碳發電，上游甲烷排放量減少 50%，每桶二氧化碳注入量增加 20%	0.08	84%
Oxy 工藝流程，100% 零碳發電，上游甲烷排放量減少 50%，每桶二氧化碳注入量增加 20%，DACC 每噸二氧化碳能源強度下降 1/3	0.04	92%

資料來源：美國能源信息署、哈佛大學、卡內基基金會、Energy Futures Initiative、北達科他州大學、美國地質調查局、Occidental、摩根資產管理，2023年6月

挑戰。 DACC 的熱力學非常具挑戰性，特別是與點源 CCS 相比。值得注意的是，二氧化碳僅佔大氣的 0.04%，而發電廠煙氣中的濃度為 10%-15%，某些工業煙氣中的濃度為 80% 以上。上述分析中使用的 DACC 能源假設是基於 2018 年的一篇學術論文；Oxy 目前正試圖證實或改進這些估計。

如果我們從表面上看 **Oxy** 的假設，**DACC** 將比 **CCS** 多消耗 2.4 倍的能量。但這現實嗎？殼牌 Quest 蒸汽甲烷改造項目在埃德蒙頓採用 **CCS** 技術，每年捕獲和掩埋約 100 萬公噸的二氧化碳。二氧化碳的來源：制氫過程中產生的濃合成氣，其分壓是大氣中二氧化碳分壓的 10,000 倍；合成氣中約 78% 的二氧化碳被捕獲⁶¹。據殼牌公司稱⁶²，其 **CCS** 項目每噸二氧化碳需要 2.8 吉焦的能量，包括壓縮的能量。**Oxy** 的 **DACC** 工藝真的可以僅以高於殼牌 Quest 2.4 倍的能源溢價完成嗎？考慮到熱力學方面的挑戰，這一點需要得到證明。

DACC與CCS所需的能量
每公噸二氧化碳的吉焦能量



資料來源：Quest CCS項目，Keith (哈佛大學) 等人，2022年。

⁶¹ 需要明確的是，殼牌 Quest 只從合成氣中捕獲二氧化碳，而不是從煙囪中捕獲。考慮到 CCS 的能源需求，殼牌 Quest 僅捕獲了項目總二氧化碳排放量的 35%

⁶² Quest 溫室氣體和能源報告，2021 年



最後一個地質問題：二氧化碳重鋪。任何意外重新出現的二氧化碳都需要重新捕獲、重新壓縮和重新注入，所有這些都需要額外的能源；或者需要從 DACC-EOR 石油的淨碳效益中扣除。大型封存項目通常會根據實際的地質二氧化碳保留率進行跟蹤，特別是當項目符合 45Q 稅收抵免時。

DACC 作為難減排部門減排方法的影響

各種能源技術的學習曲線都很陡峭，從而降低了單位成本並提高效率。風能、太陽能、電動汽車電池和公用事業規模的存儲成本就是顯著的例子。其他例子包括天然氣聯合循環電廠、住宅和工業熱泵以及內燃機效率的提高；以及風力發電能力因渦輪機／轉子尺寸和海上位置而提高。但其他方面的改進則較難實現，例如交通領域使用的電解／氫燃料電池的往返效率較低（仍僅為約 26%⁶³），同時晶體矽光伏電池效率的提升則可以忽略不計（從 2000 年的 24% 到 2023 年的 26%）。

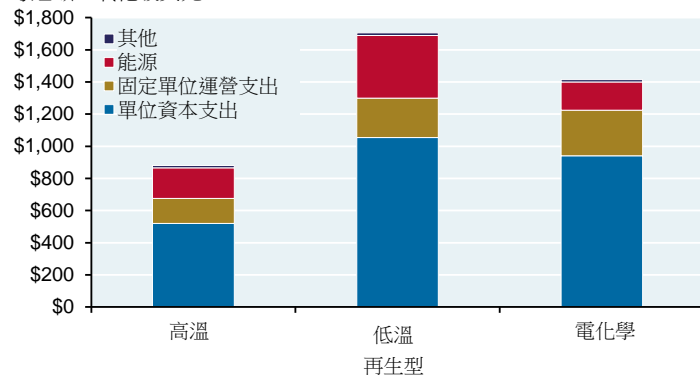
是否會有一個陡峭的 DACC 學習曲線⁶⁴？如果有的話，DACC 可以用來抵銷航空、初級鋼鐵生產、水泥、化工和農業等難以減排行業的排放。但如果沒有，這將是一種非常昂貴的減排形式。如下圖所示，對首個同類 DACC 工廠的最新估計是每噸二氧化碳超過 800 美元。即使這些成本下降了三分之二，它們也可能是碳減排成本曲線上最昂貴的解決方案。

DACC-EOR 結論：

- 即使 DACC 和 Net Power 發電廠按計劃竣工，「淨零石油」可能指顯著但未完全脫碳的石油
- 只有在二氧化碳注入率增加、DACC 成本大幅下降、100% 零碳能源使用和上游甲烷排放下降的情況下，淨零油計劃才能實現 100% 脫碳
- DACC 目前非常耗能；如果／當建成 5-8 個 DACC 工廠時，我們就能更好地了解資本成本和每噸二氧化碳能耗的學習曲線下降情況

DACC 首個工廠成本估算

每短噸二氧化碳美元



資料來源：波士頓諮詢公司、世界經濟論壇，2023年6月

⁶³ 可持續道路貨運中心（英國）；該數字包括 AC/DC 轉換、電解、壓縮、傳輸和燃料電池損耗

⁶⁴ Oxy/Carbon Engineering 的 DACC 假設為每噸二氧化碳約 1,800 千瓦時（包括工藝熱量），低於我們從國際能源機構、世界資源研究所和 Climeworks 所看到的其他估計值。Feron 在 2022 年國際溫室氣體技術會議上發表的一篇論文中估計，與 Oxy 水平相比，能耗強度將進一步降低約 1/3。該方法涉及使用氨基酸、冷卻塔和工業熱泵，並且沒有直接的熱能需求。



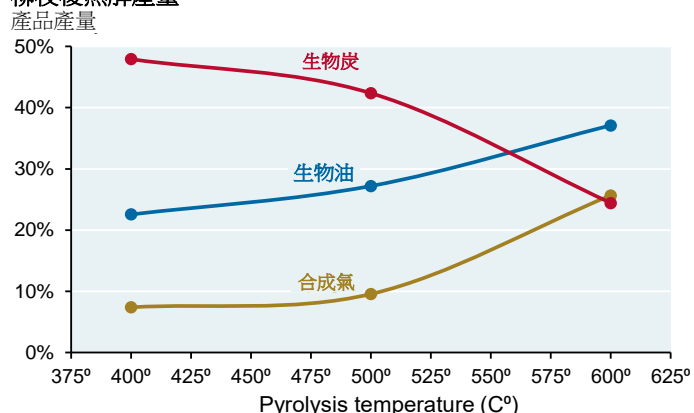
適當的掩埋：生物油的封存能否比二氧化碳捕獲和封存更受青睞？

2023年，摩根大通宣布了一項2億美元的碳去除計劃，旨在抵銷其第一類碳排放，預計未來十年將達到約80萬噸。摩根大通的大部分碳清除計劃依賴於現有的點源CCS技術，但公司還使用另一種封存方法。

摩根大通與 **Charm Industrial** 簽訂了一份碳去除合同，該公司將玉米秸稈（莖、葉和棒）和野火預防處理過程中產生的廢木料轉化為「生物油」。生物油通過熱解生產，熱解是指將生物質分解成固體炭、液體生物油和氣態合成氣。為了避免燃燒，該過程在沒有任何氧氣的高溫下進行。富含碳的液態生物油隨後被封存在地下，因為碳的來源是「生物源」，所以可以算作碳去除；換言之，在玉米植物通過光合作用吸收二氧化碳之前，這些碳最近還在大氣中。掩埋生物油似乎是最好的選擇，因為其能量密度太低，無法用作運輸或加熱燃料。

如下文所示，以常見的柳枝稷為例，熱解的產物產量隨熱解發生的溫度而變化。據 **Charm Industrial** 稱，其熱解過程產生約50%的生物油，以及各25%的生物炭和合成氣。

柳枝稷熱解產量



資料來源：分析與應用熱解雜誌，2011年

Charm Industrial 工藝流程

生物油：被封存和掩埋。每生產一立方米生物油，相關的二氧化碳減排約為1.8噸。與運輸、熱解和注入相關的排放使這一數字減少了約20%

合成氣：用於產生熱解過程的能量

生物炭：與生物油一起掩埋或施用到土壤中，以提高養分保持力，改善土壤結構

作為點源CCS和直接空氣碳捕獲的虔誠懷疑論者，生物油會有什麼不同嗎？

- 生物油由卡車運輸，單位體積含碳量是壓縮二氧化碳的2.3倍，因此不需要生物油管道⁶⁵
- 生物油可以埋藏在以前用於處理工業廢物或開採石油的普通油井中，或油氣勘探留下的舊鹽洞中。換言之，生物油不需要CCS/DACC通常所需的更專門的地質構造

儘管如此，熱解、泵送、混合和卡車運輸都會產生碳足跡，需要進行適當的核算。**Charm**表示，在最近為摩根大通生產和封存的一批生物油中，淨碳去除率約為80%⁶⁶。此外，通過生物油進行封存的成本現在也非常高，每噸二氧化碳的成本在500-600美元之間。截至2023年12月，**Charm**僅擁有三座熱解裝置，並計劃在2024年建造更多。最後一點：生物油與高溫多孔岩石接觸後，會變得更加粘稠和聚合，從而限制岩洞吸收更多注入流體的能力，其中亦存在風險。

⁶⁵假設生物油的密度為每毫升1.2克，生物油中碳的重量佔42%；壓縮二氧化碳的密度=每立方米0.8公噸；二氧化碳中碳的重量佔27%

⁶⁶**Isometric**公司對這一淨碳去除率進行了檢查和確認，並推出了一套生物油封存方案，用於測量、報告和驗證



最大的問題當然是規模。據報道，到目前為止，Charm 已經封存了 7,000 噸二氧化碳，並計劃在未來幾年達到每年 2 萬噸。背景介紹：Charm 公司的其中一個客戶是 Meta，這是一家碳排放量相對較低的公司，2021 年的範圍 1 二氧化碳排放量僅為 66,000 噸。在通訊服務和資訊科技領域，Meta 遠遠低於排放量較高的公司。請注意，該群體中大約一半的人實際上根本沒有範圍 1 排放。一些科技公司支付非常高的價格來減少其範圍 1 的足跡，這在排放量較低時很容易做到。Carbon Gap 的 Robert Høglund 做了一些有趣的研究，表明溫室氣體排放量與每噸溫室氣體的利潤幾乎完全成反比。換言之，與大多數科技公司相比，大型排放國在每噸緩解措施支付的價格方面的價格彈性可能要小得多。

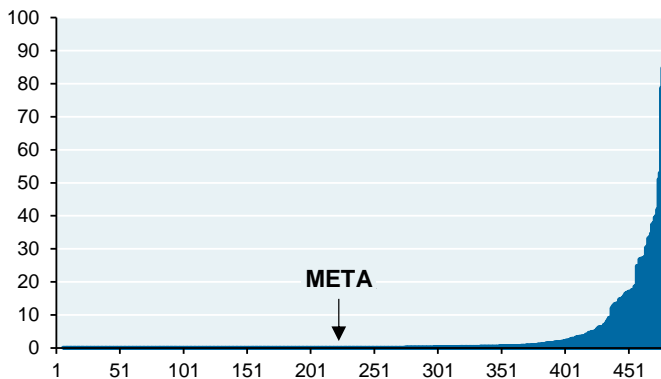
Meta 的範圍 1 排放僅包括其建築物、飛機和車輛的燃料消耗⁶⁷。其總碳足跡為 850 萬噸二氧化碳，與標普 500 指數和整個美國經濟的排放量相比，Meta 只是滄海一粟。我們將繼續關注這一領域，但我不確定生物油如何比 CCS 更具可擴展性，甚至可能更難擴展。Charm 的商業模式可能為其支持者帶來利潤；但這與生物油能否為脫碳大業做出有意義的貢獻是兩碼事。

	公噸 二氧化碳當量	當前Charm Industrial封存的倍數
迄今為止的Charm Industrial	7,083	
Charm Industrial擴大目標(年度)	18,667	3倍
Meta範圍1排放	66,934	9倍
Meta範圍1、2和3排放	8,533,471	1,205倍
標準普爾500指數範圍1排放	1,476,977,428	208,524倍
美國能源產生的二氧化碳排放	5,586,000,000	788,649倍

資料來源：彭博財經、美國國家環境保護局、個別公司文件、摩根資產管理，2023年

標準普爾500強公司的範圍1排放

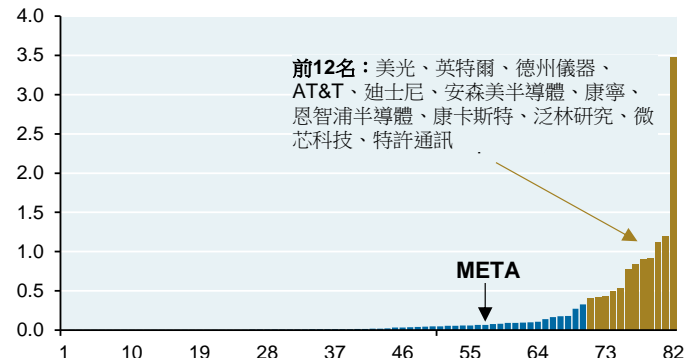
百萬公噸二氧化碳



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年1月3日

標準普爾500指數資訊科技和通訊服務的範圍1排放

百萬公噸二氧化碳



資料來源：彭博財經、摩根資產管理，2024年1月3日

⁶⁷範圍 1 排放來自組織控制或擁有的排放源，如與組織鍋爐、熔爐和車輛燃料燃燒相關的排放

範圍 2 排放主要指暖通空調和數據中心的用電量，反映了電網的二氧化碳排放強度。摩根大通使用直接可再生電力和可再生能源信用額來抵銷其部分範圍 2 排放

範圍 3 排放指員工出行／通勤等活動。摩根大通使用「基於自然」的信用額來抵銷其部分範圍 3 排放。大多數基於自然的信用額來自造林、草原和造林項目。後者是指近期在沒有森林的地方努力發展森林；這可能具有挑戰性，因為如果某個生物群落有利於森林生長，那麼那裡通常已經存在森林。洩漏、合規和驗證問題一直是基於自然的信用額用戶面臨的挑戰

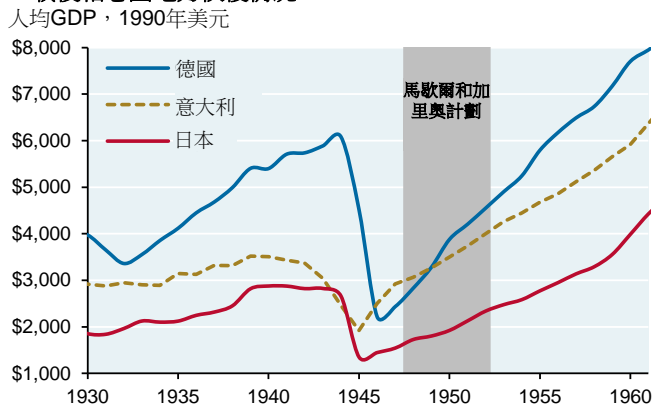


假設性問題：加沙重建和分布式太陽能作用的思想實驗

第二次世界大戰期間，德國耗盡了被征服的歐洲領土的資源和勞動力來養活其戰爭機器，並以犧牲當地人口為代價強行調整工業和農業的方向。1943年2月的斯大林格勒戰役扭轉了局勢，100萬俄軍在戰役中喪生。戰爭結束時，德國已是一片混亂：40%的住房被摧毀或損壞，食物產量和熱量攝入量下降了一半，工業生產下降了30%，1916年至1924年出生的男性中有三分之一死於戰爭⁶⁸。意大利：橋樑、工業企業和數十萬房屋首先被盟軍轟炸機摧毀，之後又被撤退的德國軍隊摧毀。日本：250萬人在戰爭中喪生，東京和其他城市的大部分地區化為灰燼，全國三分之一的財富被毀。

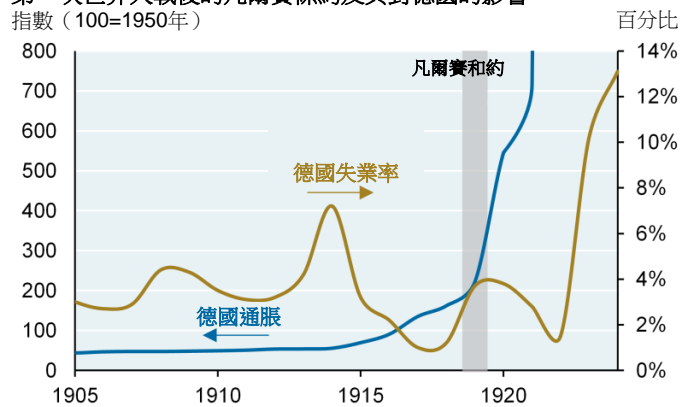
當美國國務院設計馬歇爾計劃以振興德國和歐洲其他國家時，非常不受歡迎，超過50%的美國人反對該計劃。最終該計劃被通過，促進了歐洲的復甦。人們普遍認為，這是20世紀政策的成功：戰爭結束後，政策制定者將注意力集中在未來，並試圖影響未來事件的進程。這與德國在第一次世界大戰後根據《凡爾賽條約》的要求進行賠償後的餘震形成了鮮明對比。

二戰後軸心國電力恢復情況



資料來源：Angus Maddison, 世界經濟歷史統計, 2024年

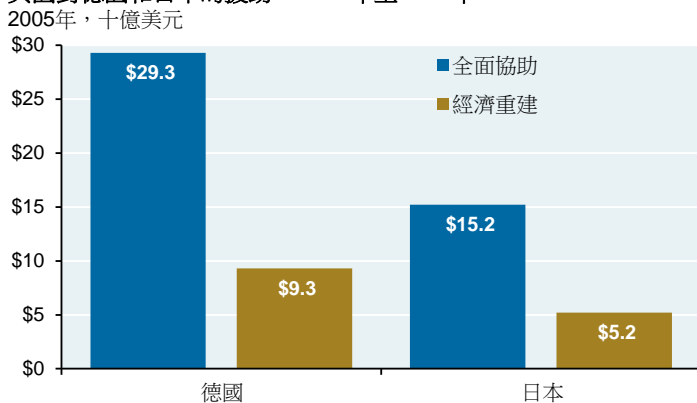
第一次世界大戰後的凡爾賽條約及其對德國的影響



資料來源：Angus Maddison, 世界經濟歷史統計, 2024年

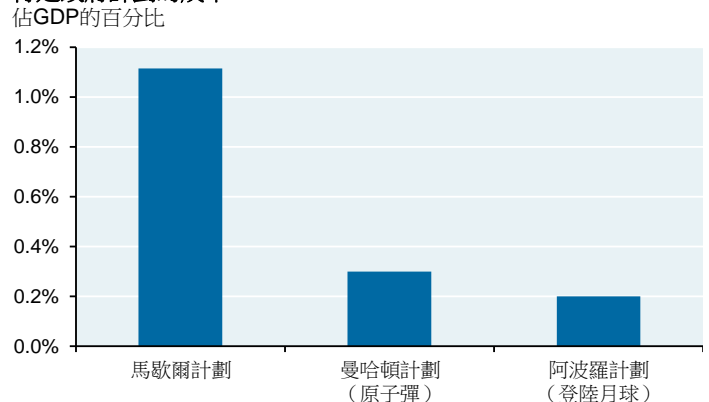
如果說美國人在戰後對幫助德國的態度是矛盾的，那麼日本在1941年12月襲擊美國本土時，他們的心情可想而知。即便如此，雖然沒有明確的日本馬歇爾計劃，美國仍然向日本提供了大約相當於德國一半的經濟援助。美國還通過設定360日圓兌1美元的有利匯率，幫助日本實現經濟復甦。得益於低廉的匯率，日本開始了貿易順差時代，並一直持續到21世紀。

美國對德國和日本的援助，1945年至1952年



資料來源：國會研究服務處, 2006年3月

特定政府計劃的成本



資料來源：Vaclav Smil (曼尼托巴大學)、Eichengreen (柏克萊分校)、摩根資產管理, 2024年

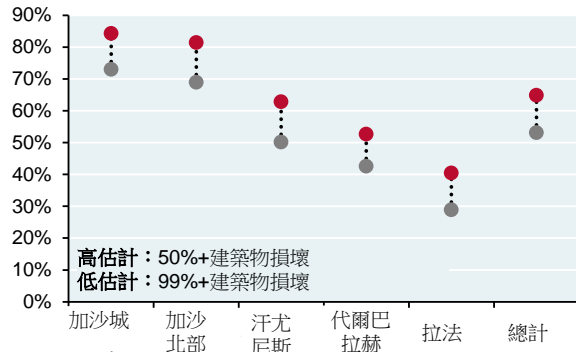
⁶⁸ 「二戰造成的德國性別比例失衡及其對生育率的影響」，《歐洲經濟評論》，Kesternich 等人，2020年9月



鑒於加沙的局勢，我想起了這段歷史。根據衛星分析，到2024年2月2日，加沙55%-65%的建築物可能已被以色列損壞或摧毀，以應對10月7日哈馬斯的襲擊和劫持人質事件。附圖展示了研究人員Jamon Van Den Hoek和Corey Scher的空間研究結果，白色方框表示受損和被毀地區。另外，耶路撒冷希伯來大學發現，以色列已摧毀了其計劃沿以色列-加沙邊界維持的一公里緩衝區內40%的建築物⁶⁹。

加沙的建築物受損情況

可能受損或毀壞的建築物百分比



資料來源：Sentinel-1衛星數據的損壞分析，Van Den Hoek（俄勒岡州）和Scher（紐約市立大學），2024年2月2日



其他損害評估

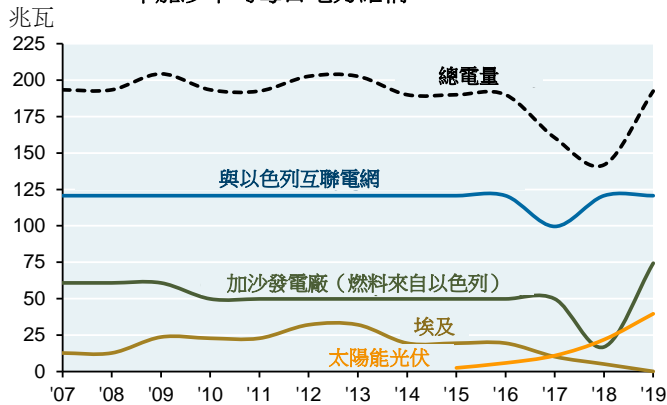
- 90%的學校
- 全部7所大學
- 2/3的醫院
- 22%的農業用地，包括溫室和橄欖園
- 超過一半的麵包店
- 所有供水/衛生設施的一半
- 其餘污水處理廠和污水泵站因缺電而無法營運

BBC、外交政策、CSIS、France24、UNOCHA

如果建築物重建後西方國家資助加沙地帶的電網重建會怎樣？如果這項努力以屋頂太陽能為中心，以提高加沙的能源獨立性，結果會怎樣呢？這並不是一個未來主義的想法：2022年中國新增了61吉瓦分布式太陽能發電容量，甚至超過了新增的45吉瓦公用事業規模太陽能⁷⁰。這種情況有無數的注意事項，但在過於糾結注意事項之前，請記住德國、意大利和日本在1946年的樣子。前一頁的教訓是：戰時破壞之後，協調國際投資可以大有作為。

此外，到上個十年末，加沙已成功在其電力結構中增加了8,000多個屋頂太陽能站點。在如下所示的太陽能光伏發電中，超過90%是屋頂太陽能，其餘的是地面太陽能。儘管融資條件不利、與以色列持續衝突、加沙內部黨內衝突、以色列對加沙的海上封鎖、經濟增長率低於1%、失業率達到45%以及以色列對農業和工業實施限制，但還是迎來屋頂太陽能的增長。在進一步討論之前，我要指出的是，這些信息的來源是耶路撒冷希伯來大學三位教授的論文⁷¹。

2007-2019年加沙平均每日電力結構



資料來源：「面板盡頭的光明」，新政治經濟學，2022年

截至2021年，加沙地帶的能源主要依賴以色列。以色列幾乎100%為加沙唯一的發電廠提供化石燃料，該發電廠提供60至80兆瓦的電力。以色列還通過其互聯電網提供了120兆瓦的電力。由於加沙能源需求估計為450兆瓦，因此短缺250-270兆瓦。能源短缺嚴重影響了加沙的基本服務（健康、水、衛生設施），並損害了其經濟，主要是製造業和農業（Fischhendler等人，耶路撒冷希伯來大學，2022年）

⁶⁹France24（2024年2月2日）引用耶路撒冷希伯來大學的Adi Ben Nun成果

⁷⁰「中國將氣候鬥爭推向屋頂」，彭博新聞，2023年3月23日

⁷¹「面板末端的燈：加沙地帶以及地緣政治衝突與可再生能源之間的相互作用」，新政治經濟學，2022年，Fischhendler、Herman和David，耶路撒冷希伯來大學

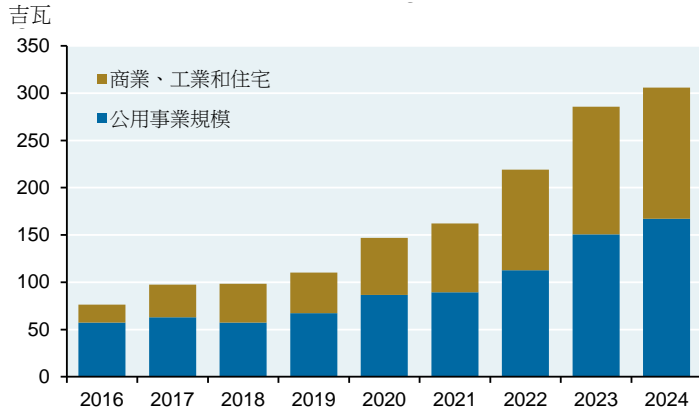


雖然加沙的屋頂太陽能始於難民營和密集的城市地區，但最終開發了更高效的大型站點。對加沙太陽能發展的支持來自世界銀行、聯合國開發計劃署、歐佩克和歐盟。CSIS 估計加沙已開發出世界上最密集的屋頂太陽能系統⁷²；2023年3月，加沙至少有三分之一的人口和超過50%的企業使用了太陽能電池板。加沙在屋頂太陽能建設方面的成功是全球趨勢的一部分：在過去幾年中，全球屋頂太陽能光伏發電新增量大致與新的公用事業規模太陽能裝置相當。

重建後加沙屋頂太陽能的潛力

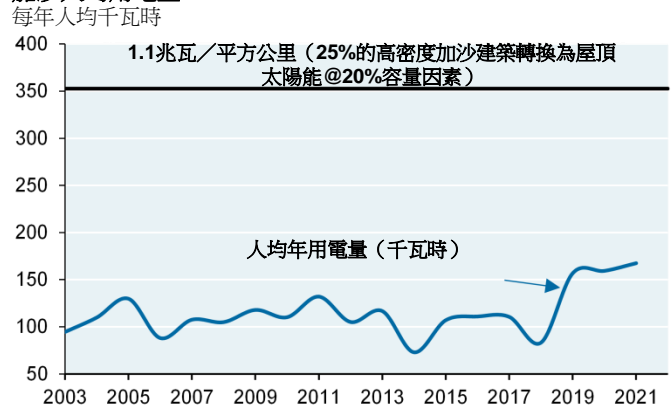
下圖（右）顯示了加沙的電力消耗以及對重建電網的估計。戰前，加沙365平方公里的土地中有18平方公里是高密度建築物⁷³。在漫長的重建期之後⁷⁴，如果我們假設將相關屋頂空間的25%改造為屋頂太陽能，每平方米約90瓦⁷⁵，容量系數為20%⁷⁶，每瓦成本為1美元，那麼太陽能發電每年可為提供人均約350千瓦時的電力，前期資本成本約為5億美元。換而言之，為重建後的加沙提供適量的國際援助，就能大大改善能源供應和能源安全。

全球太陽能光伏產能新增



資料來源：國際能源署，2023年

加沙人均用電量



資料來源：CSIS、美國環境部、JTC、Our World in Data、摩根資產管理，2023年

哈馬斯挪用國際援助的歷史及其成立憲章，可能會⁷⁷使任何激勵國際社會援助加沙的努力變得更加困難。自2007年哈馬斯在加沙地帶掌權以來，它通過對埃及的貿易徵稅、新的進口稅、營業稅和對在以色列工作的巴勒斯坦人的收入徵稅來為其活動提供資金。雖然卡塔尔的援助導致了房屋和基礎設施的重建，但據報道，建築材料的黑市最終也被哈馬斯用於軍事目的。1994年至2020年，向加沙和約旦河西岸提供的400億美元國際援助中，歐洲和美國佔75%⁷⁸，但這個數字不包括伊朗。美國國會估計伊朗對哈馬斯的財政支持每年在1億美元到3.5億美元之間。至於哈馬斯成立憲章及其核心原則，您可以在此處閱讀並自行判斷⁷⁹。

⁷² 「戰時加沙的太陽能」，CSIS，WillTodman 等人，2023年11月21日

⁷³ 「2023年加沙土地/覆蓋利用情況」，He Yin 博士，肯特州立大學地理系

⁷⁴ UNCTAD 預計加沙經濟可能需要數十年時間才能恢復到戰前水平

⁷⁵ 「建築物和停車場：準備充電」，摩根士丹利研究部，2022年5月6日

⁷⁶ 「以色列光伏應用國家調查報告」，國際能源署，2017年

⁷⁷ 「西方如何無意中資助哈馬斯」，《華爾街日報》，2023年10月19日

⁷⁸ 「對巴勒斯坦人的國際援助」，2022年8月4日，OmarShaban，Arab Center DC

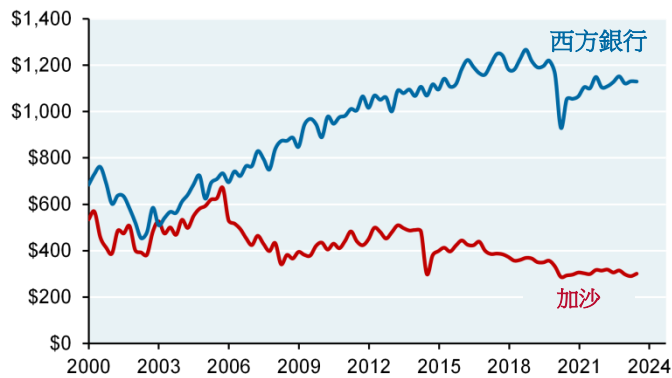
⁷⁹ 「理解哈馬斯的種族滅絕意識形態：仔細閱讀哈馬斯的成立文件可以清楚地看出其意圖」，BruceHoffman（喬治城，外交關係委員會），《大西洋月刊》，2023年10月。快速摘要：摧毀以色列，建立以伊斯蘭教法為基礎的伊斯蘭國家，拒絕一切政治解決和談判



無論國際援助水平如何，它們都無法阻止加沙在最近一次戰爭之前存在的嚴重經濟狀況，具體如下文所示。請注意，以色列和加沙之間的收入差距在所有毗鄰國家中位居世界第三，僅次於也門／沙特阿拉伯和朝鮮／韓國。造成這種情況的無數原因遠遠超出了本分析的範圍。

在去年文章的末尾，我討論了核聚變、天基太陽能和電動飛機面臨的不可能成功的情況。目前，西方資助的加沙太陽能重建似乎也是不可能的。有一點可以肯定：就像 1919 年一戰後的德國一樣，故事幾乎肯定不會在目前的情況下畫上句點。結局可能會變得更好，也可能會變得更糟。

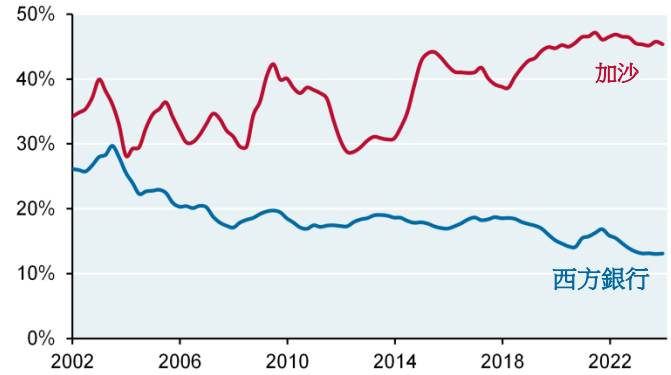
人均本地生產總值
2015年美元



資料來源：巴勒斯坦中央統計局、摩根資產管理，2023年第三季度

失業率

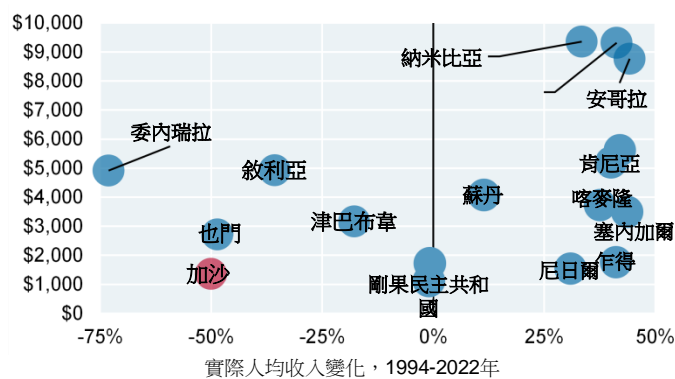
百分比，平滑4個季度



資料來源：巴勒斯坦中央統計局、摩根資產管理，2023年第三季度

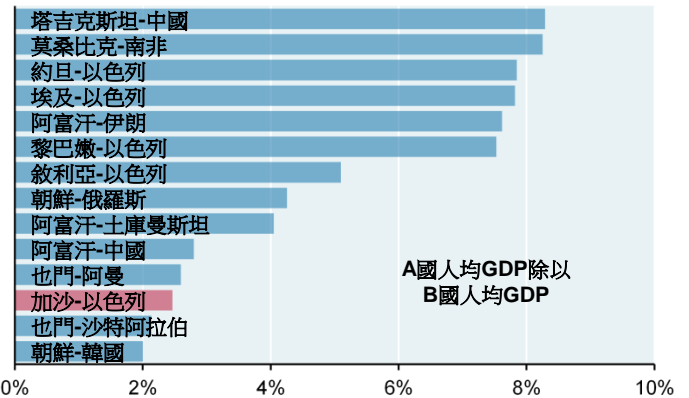
最低人均收入和收入增長，1994-2022年

2022年人均收入，購買力平價美元



資料來源：經濟諮商局、國際貨幣基金組織、摩根資產管理，2024年

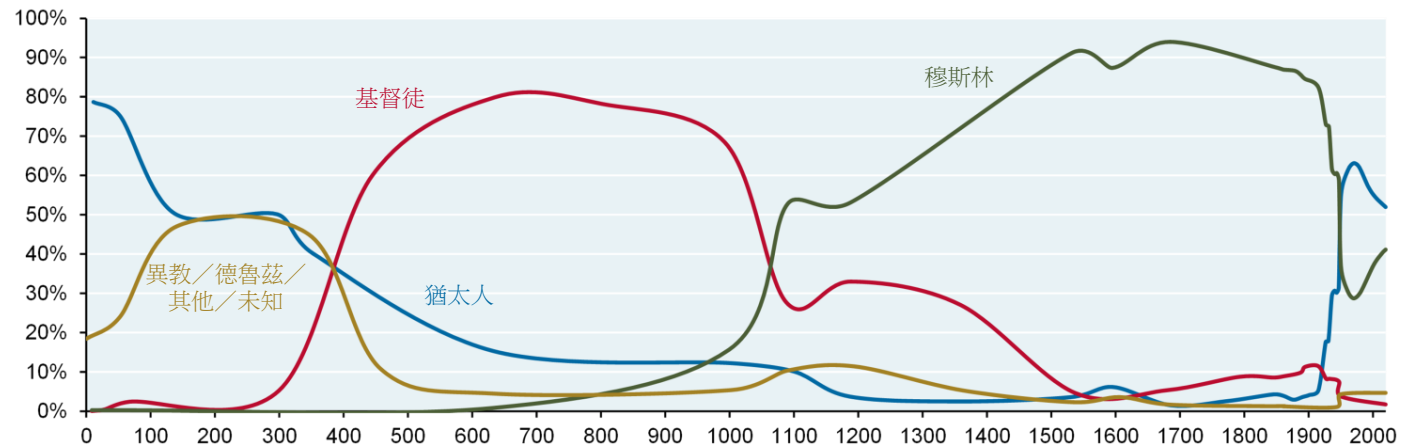
相鄰國家人均國內生產總值差距最大



資料來源：國際貨幣基金組織、世界銀行、摩根資產管理，2023年

自公元1年以來以色列-巴勒斯坦地區的宗教人口統計

佔人口百分比



資料來源：Lyman Stone、人口統計情報／麥吉爾大學，2023年



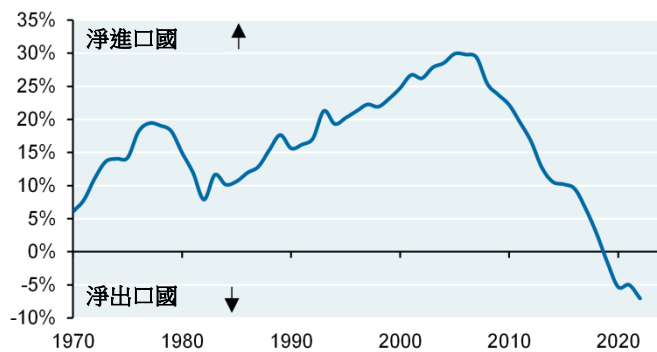
附錄一：美國和歐洲能源供需及全球液化天然氣市場

儘管蘇伊士運河貨櫃船吞吐量幾乎全部下降，但 2024 年 2 月的西德克薩斯中質原油價格實際上低於以色列-哈馬斯衝突開始時的價格。與 1970 年代相比，美國受石油價格變化的影響較小。這可以通過以下部分來解釋：

- 美國現在是能源淨出口國，而 1970 年代是能源淨進口國。美國原油淨進口量比 2005 年的峰值下降了 75%，2005 年的淨成品油進口量為 400 萬桶／天，到 2019 年，成品油淨出口量為 400 萬桶／天。如第 21 頁所示，這主要是葉岩革命的結果
- 美國 GDP 增長的石油強度比 1970 年代低 65%
- 全球石油消費的年增長率已從 1970 年代的 8%-10% 降至目前的 0%-2%（雖然從圖表 4 中可見，石油消費還沒有見頂）
- 石油禁運給歐佩克帶來的地緣政治利益現在不太明顯：沙特石油出口的 75% 銷往亞洲，中國一半的石油來自中東，美國的大部分進口石油來自加拿大、墨西哥和其他非歐佩克國家
- 如果需要的話，沙特阿拉伯也有備用產能。備用產能有不同的衡量方式；如下圖所示，在非衰退時期，它處於較高水平

美國能源依賴和獨立程度

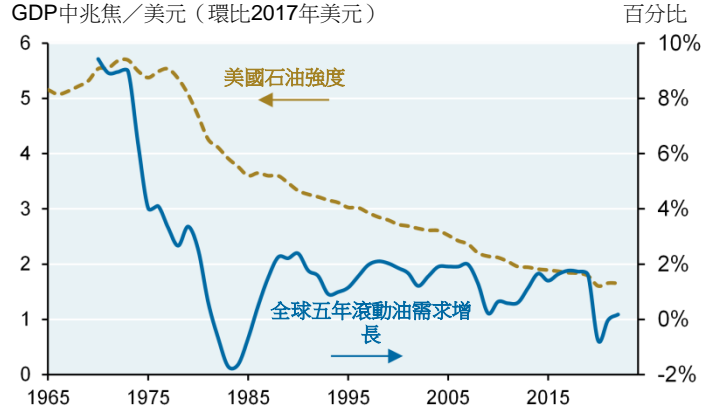
石油、天然氣和煤炭淨進口量佔一次能源消費總量的比重



資料來源：能源研究所《世界能源統計年鑒》、摩根資產管理，2023年

石油強度和消耗

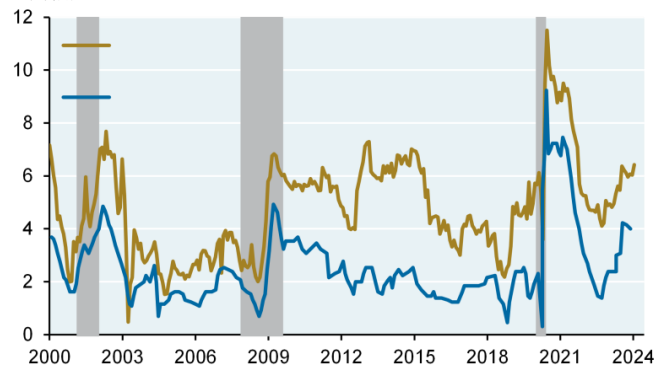
GDP 中兆焦／美元（環比 2017 年美元）



資料來源：彭博財經、能源研究所、摩根資產管理，2023年

石油輸出國組織預計閒置產能

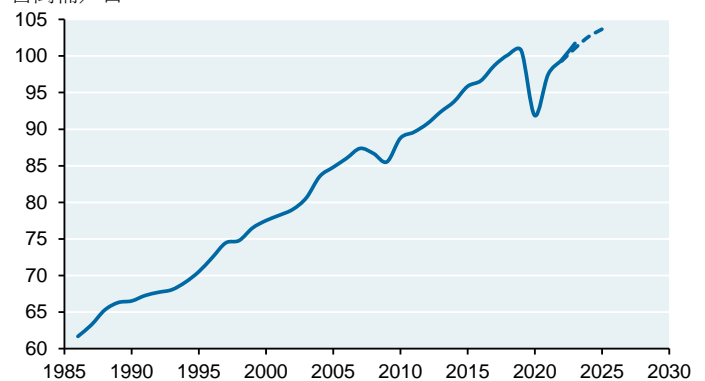
百萬桶／日



資料來源：彭博財經、摩根大通，2024年1月

全球石油需求

百萬桶／日



資料來源：國際能源署、摩根大通全球商品研究部，2024年1月



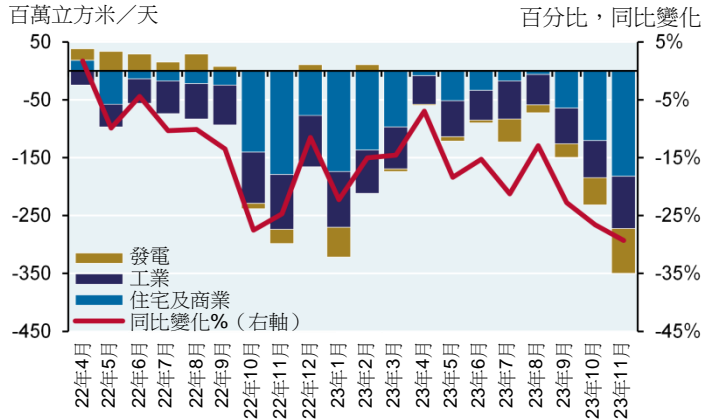
至於歐洲，倖存下來的原因是暖冬天氣、能源效率提高、能源消耗減少以及進口液化天然氣數量增加：

- 2023年天然氣消耗量較2022年下降15%
- 到2023年12月，液化天然氣進口量比2021年1月增加兩倍
- 2023年液化天然氣再氣化能力新增46噸/年，較2022年1月水平增加25%

在2025年供應大幅增加之前，全球液化天然氣市場可能將持續緊張，部分取決於美國最近宣布的液化天然氣出口限制的結果。

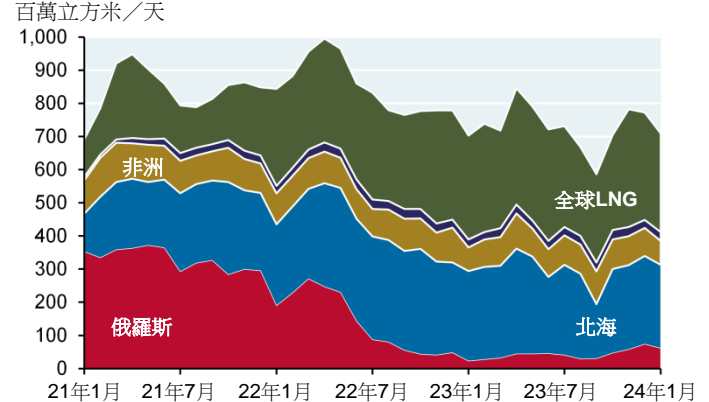
更新：2024年1月，拜登政府凍結了向沒有與美國簽訂自由貿易協定的國家出口美國液化天然氣的新液化廠的批准（請注意，美國和歐盟之間沒有此類協定）。需要明確的是，目前的液化天然氣出口和在建設項目不會受到影響，並且在緊急情況下美國盟友可獲得豁免。換言之，短期或中期不會對美國向歐洲或亞洲的液化天然氣出口產生影響。鑒於對氣候或國家安全的影響微乎其微，該禁令在選舉年看來主要是具政治性。美國能源部審批隊列中只有四個項目會受到影響（Sempra、Commonwealth LNG和Energy Transfer）。Venture Global在路易斯安那州的一個項目也可能受到影響；該項目正等待美國聯邦能源管理委員會的批准，並需要在能源部審議之前獲得批准。

歐洲天然氣需求



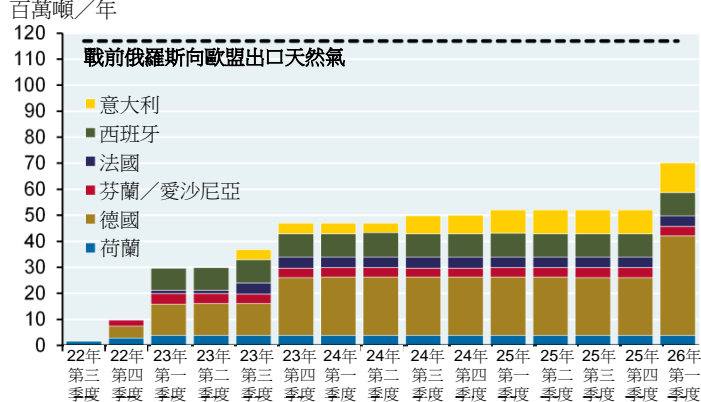
資料來源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

歐洲進口天然氣和液化天然氣



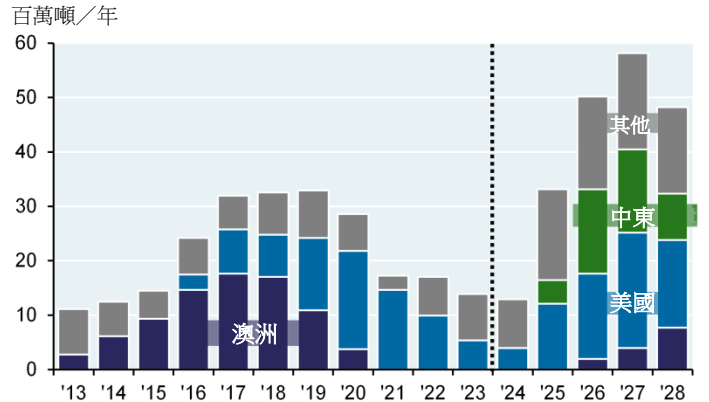
資料來源：摩根大通大宗商品研究部，2024年1月

預計歐洲新增液化天然氣再氣化能力



資料來源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

全球液化天然氣供應



資料來源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月



附錄二：Electrify America、Waymo 和吉普的電動汽車不幸遭遇

Electrify America：是的，但只是部分時間

MotorTrend 發表了一位福特 F-150 Lightning 電動汽車新車主的遊記。接到緊急通知後，一家人擠進充滿電的 F-150，沿著 5 號州際公路的推薦路線向北行駛。之所以選擇這條路線，是因為該路線有 Electrify America 充電網絡。

- 不幸的是，指定站點的 6 座 Electrify America 充電塔中有 4 座無法正常運行，兩座正常工作充電塔需要長時間等待
- Electrify America 無法遠程修復損壞的充電塔，福特的軟件顯然無法相應地調整行程。結果，這家人去了當地的另一個充電站，儘管充電站的充電速率更低，然而那個充電站也壞了
- 這家人回到原來的 Electrify America 充電站，等了兩個小時才給他們的 F-150 充上電，充電功率為 33 千瓦，是電站宣傳容量的 10%。充電一小時後，電池電量已達到 64%，因此他們計劃在北邊 100 英里處再次停靠，但卻發現另一座充電塔的充電功率低於標準，充電功率僅為 40kW。25 分鐘後他們放棄了，預訂了酒店過夜並整夜充電

「我們上次的福特 F-150 Lightning 電動皮卡公路旅行是一場噩夢」，MotorTrend，ChristianSeabaugh，2023 年 12 月 22 日。這篇遊記與加州大學柏克萊分校和 JD Power 的數據一致：三藩市灣區近 30% 的充電器無法使用，對全國範圍內的充電站實地探訪結果顯示 20% 導致司機無法充電⁸⁰。同類最佳：特斯拉，全球充電站可靠率高達 99% 以上。

Waymo：電動汽車也可以使用「煤氣燈」

去年 12 月，在鳳凰城，兩輛 Waymo 自動駕駛汽車撞上了由拖車拖走的同一輛皮卡車。據 Waymo 稱，這是由於「極其罕見」的事件組合造成的：拖車以向後姿勢拉著皮卡車，並部分佔用了另一條車道。這些條件顯然過於複雜和非同尋常，Waymo 車輛無法破譯。一輛 Waymo 電動汽車從後面駛來，撞上了皮卡車。拖車繼續行駛，幾分鐘後，第二輛 Waymo 電動汽車撞上了同一輛皮卡車，也是從後方駛來。喬治-梅森大學機器人與自動駕駛中心主任對 Waymo 將這些事件描述為不尋常表示異議，他現在「被該公司的『煤氣燈操縱』弄得精疲力竭」⁸¹。美國國家公路交通安全管理局召回：#24E-013

吉普：內燃（自燃）發動機

在兩次召回我的 2021 款 Jeep 牧馬人插電式混合動力 4xe 車後，我對 Jeep 牧馬人的喜愛度受到了嚴峻的考驗。第一次召回是因為「電機功率損失」，而第二次召回是因為「溫度調節器墊圈故障導致冷卻液洩漏」。此外，電池加熱器也出現故障，缺貨數周。

現在出現再次召回。根據 2023 年 12 月的召回通知，「您車輛上的高壓電池可能會出現內部故障。該缺陷尚未確定，根本原因仍在調查中。電池內部故障可能導致車輛在點火或熄火狀態下起火」。召回仍在繼續：「建議客戶不要給這些車輛充電，並且在車輛完成最終維修之前不要將其停放在建築物或構築物內或其他車輛附近。」還有最精彩的部分：「目前還沒有針對這種情況的補救措施」。吉普召回通知 B9A/NHTSA237-787

⁸⁰「開放式公共電動汽車直流快速充電器的可靠性」，加州大學伯克利分校，Rempel 等人，2022 年 4 月，以及「JD Power 2023 年美國電動汽車體驗(EVX)公共充電研究」，JD Power，2023 年 8 月

⁸¹M. Cummings 教授領英內容，喬治梅森大學，2024 年 2 月 20 日。煤氣燈操縱：操縱他人質疑自己對現實的看法，來自 1944 年的電影《Gaslight》



重要資訊

主要風險

本文件僅供一般說明之用，可能告知您 JPMorgan Chase & Co.（「摩根大通」）旗下的私人銀行業務提供的若干產品及服務。文中所述產品及服務，以及有關費用、收費及利率均可根據適用的賬戶協議而可能有變，並可視乎不同地域分布而有所不同。所有產品和服務不一定可在所有地區提供。如果您是殘障人士並需取得額外支持以查閱本文件，請聯繫您的摩根大通團隊或向我們發送電郵尋求協助（電郵地址：accessibility.support@jpmorgan.com）。請參閱所有重要資訊。

一般風險及考慮因素

本文件討論的觀點、策略或產品未必適合所有客戶，可能面臨投資風險。投資者可能損失本金，過往表現並非未來表現的可靠指標。資產配置／多元化不保證錄得盈利或免招損失。本文件所提供的資料不擬作為作出投資決定的唯一依據。投資者務須審慎考慮本文件討論的有關服務、產品、資產類別（例如股票、固定收益、另類投資或大宗商品等）或策略是否適合其個人需要，並須於作出投資決定前考慮與投資服務、產品或策略有關的目標、風險、費用及支出。請與您的摩根大通團隊聯絡以索取這些資料及其他更詳細資訊，當中包括您的目標／情況的討論。

非依賴性

本公司相信，本文件載列的資料均屬可靠；然而，摩根大通不會就本文件的準確性、可靠性或完整性作出保證，或者就使用本文件的全部或部分內容引致的任何損失和損害（無論直接或間接）承擔任何責任。我們不會就本文件的任何計算、圖譜、表格、圖表或評論作出陳述或保證，本文件的計算、圖譜、表格、圖表或評論僅供說明／參考用途。本文件表達的觀點、意見、預測及投資策略，均為本公司按目前市場狀況作出的判斷；如有更改，恕不另行通知。摩根大通概無責任於有關資料更改時更新本文件的資料。本文件表達的觀點、意見、預測及投資策略可能與摩根大通的其他領域、就其他目的或其他內容所表達的觀點不同。本文件不應視為研究報告看待。任何預測的表現和風險僅以引述的模擬例子為基礎，且實際表現及風險將取決於具體情況。前瞻性的陳述不應視為對未來事件的保證或預測。

本文件的所有內容不構成任何對您或對第三方的謹慎責任或與您或與第三方的諮詢關係。本文件的內容不構成摩根大通及／或其代表或僱員的要約、邀約、建議或諮詢（不論財務、會計、法律、稅務或其他方面），不論內容是否按照您的要求提供。摩根大通及其關聯公司與僱員不提供稅務、法律或會計意見。您應在作出任何財務交易前諮詢您的獨立稅務、法律或會計顧問。

就摩根資產管理客戶而言：

「摩根資產管理」是摩根大通及其全球關聯公司從事資產管理業務的品牌名稱。

在適用法例所容許的範圍內，我們可進行電話錄音及監察電子通訊記錄，藉以遵從我們的法律及監管規例和內部政策。摩根資產管理將會根據我們的隱私政策收集、儲存及處理個人資料（詳情可瀏覽：<https://am.jpmorgan.com/global/privacy>）。

可訪問性

僅適用於美國：如果您是殘障人士並需取得額外支援以查閱本文件，請致電我們尋求協助（電話：1-800-343-1113）。

本通訊文件由下列實體發行：

在美國，由摩根大通投資管理有限責任公司(J.P. Morgan Investment Management Inc.) 或摩根大通另類資產管理有限責任公司 (J.P. Morgan Alternative Asset Management, Inc.)發行，兩家公司均須受美國證券交易委員會監管；在拉美，由當地摩根大通實體（視情況而定）發行並僅供指定收件人使用；在加拿大，由摩根資產管理（加拿大）有限責任公司(JPMorgan Asset Management (Canada) Inc.)發行並僅供機構客戶使用，該公司乃加拿大所有省份及地區的已註冊投資組合經理及獲豁免市場交易商（除了育空），同時也是卑詩省、安大略省、魁北克省以及紐芬蘭和拉布拉多等地的已註冊投資基金經理。在英國，由摩根資產管理（英國）有限公司(JPMorgan Asset Management (UK) Limited)發行，該公司須受英國金融行為監管局授權及監管；在其他歐洲司法管轄權區，由摩根資產管理（歐洲）有限責任公司(JPMorgan Asset Management (Europe) S.à r.l.)發行。在亞太地區，由以下發行實體在其主要受監管的司法管轄權區內發行：摩根資產管理（亞太）有限公司(JPMorgan Asset Management (Asia Pacific) Limited)，或摩根基金（亞洲）有限公司(JPMorgan Funds (Asia) Limited)，或摩根實物資產管理（亞洲）有限公司(JPMorgan Asset Management Real Assets (Asia) Limited)發行，各自均受香港證券及期貨事務監察委員會監管；摩根資產管理（新加坡）有限公司(JPMorgan Asset Management (Singapore) Limited)（公司註冊編號：197601586K），本廣告或公告未經新加坡金融管理局審閱；摩根證券投資信託股份有限公司 (Jpmorgan Asset Management (Taiwan) Limited)；摩根資產管理（日本）有限公司(JPMorgan Asset Management (Japan) Limited)，該公司乃日本投資信託協會(Investment Trusts Association of Japan)、日本投資顧問協會、第二類金融工具商同業公會及日本證券業協會的成員，須受日本金融管理局監管（註冊編號：330(Kanto Local Finance Bureau (Financial Instruments Firm)）；在澳洲，由摩根資產（澳洲）有限公司(JPMorgan Asset Management (Australia) Limited (ABN 55143832080) AFSL 牌照號碼：376919)，僅供按照公司法第2001 第761A 條及第761G條（《公司法》）賦予的定義的「批發客戶」發行。在亞太所有其他市場，則僅向指定收件人發行。

就摩根大通私人銀行客戶而言：

關於您的投資及潛在利益衝突

在摩根大通銀行或其任何附屬機構（合稱「摩根大通」）管理客戶投資組合的活動中，每當其有實際或被認為的經濟或其他動機按有利於摩根大通的方式行事時，就可能產生利益衝突。例如，下列情況下可能發生利益衝突（如果您的賬戶允許該等活動）：(1) 摩根大通投資於摩根大通銀行或摩根大通投資管理有限公司等附屬機構發行或管理的共同基金、結構性產品、單獨管理賬戶或對沖基金等投資產品時；(2) 摩根大通旗下實體從摩根大通證券有限責任公司或摩根大通結算公司等附屬機構獲取交易執行、交易結算等服務時；(3) 摩根大通由於為客戶賬戶購買投資產品而收取付款時；或者(4) 摩根大通針對就客戶投資組合買入的投資產品所提供的服務（服務包括股東服務、記錄或託管等等）收取付款時。摩根大通與其他客戶的關係或當摩根大通為其自身行事時，也有可能引起其他衝突。

投資策略是從摩根大通及業內第三方資產管理人處挑選的，它們必須經過我們的管理人研究團隊的審批流程。為了實現投資組合的投資目標，我們的投資組合建構團隊從這些策略中挑選那些我們認為最適合我們的資產配置目標和前瞻性觀點的策略。

一般來說，我們優先選擇摩根大通管理的策略。以現金和優質固定收益等策略為例，在遵守適用法律及受制於賬戶具體考慮事項的前提下，我們預計由摩根大通管理的策略佔比較高（事實上可高達百分之百）。

雖然我們的內部管理策略通常高度符合我們的前瞻性觀點，以及我們對同一機構的投資流程、風險和合規理念的熟悉，但是值得注意的是，當內部管理的策略被納入組合時，摩根大通集團收到的整體費用會更高。因此，對於若干投資組合我們提供不包括摩根大通管理的策略的選擇（除現金及流動性產品外）。



Six Circles 基金是一隻由摩根大通管理並於美國註冊成立的共同基金，由第三方擔任分層顧問。儘管被視為內部管理策略，但摩根大通不保留基金管理費或其他基金服務費。

法律實體、品牌及監管信息

在美國，銀行存款賬戶及相關服務（例如支票、儲蓄及銀行貸款）乃由**摩根大通銀行(JPMorgan Chase Bank, N.A.)**提供。摩根大通銀行是美國聯邦存款保險公司的成員。

在美國，投資產品（可能包括銀行管理賬戶及託管）乃由**摩根大通銀行(JPMorgan Chase Bank, N.A.)**及其關聯公司（合稱「**摩根大通銀行**」）作為其一部分信託及委託服務而提供。其他投資產品及服務（例如證券經紀及諮詢賬戶）乃由**摩根大通證券(J.P. Morgan Securities LLC)**（「**摩根大通證券**」）提供。摩根大通證券是**金融業監管局**和**證券投資者保護公司**的成員。保險產品是透過 Chase Insurance Agency, Inc（「**CIA**」）支付。CIA 乃一家持牌保險機構，以 Chase Insurance Agency Services, Inc. 的名稱在佛羅里達州經營業務。摩根大通銀行、摩根大通證券及 CIA 均為受 JPMorgan Chase & Co. 共同控制的關聯公司。產品不一定於美國所有州份提供。

在德國，本文件由**摩根大通有限責任公司(J.P. Morgan SE)**發行，其註冊辦事處位於 Taunustor 1 (TaunusTurm), 60310 Frankfurt am Main, Germany am Main, 已獲德國聯邦金融監管局 (Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht, 簡稱為「**BaFin**」) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行 (Deutsche Bundesbank) 和歐洲中央銀行共同監管。在盧森堡，本文件由**摩根大通有限責任公司盧森堡分行**發行，其註冊辦事處位於 European Bank and Business Centre, 6 route de Treves, L-2633, Senningerberg, Luxembourg, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司盧森堡分行同時須受盧森堡金融監管委員會 (CSSF) 監管，註冊編號為 R.C.S Luxembourg B255938。在英國，本文件由**摩根大通有限責任公司倫敦分行**發行，其註冊辦事處位於 25 Bank Street, Canary Wharf, London E14 5JP, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司倫敦分行同時須受英國金融市場行為監管局以及英國審慎監管局監管。在西班牙，本文件由**摩根大通有限責任公司 Sucursal en España (馬德里分行)**分派，其註冊辦事處位於 Paseo de la Castellana, 31, 28046 Madrid, Spain, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司馬德里分行同時須受西班牙國家證券市場委員會 (Comisión Nacional de Valores, 簡稱「**CNMV**」) 監管，並已於西班牙銀行行政註冊處以摩根大通有限責任公司分行的名義登記註冊，註冊編號為 1567。在意大利，本文件由**摩根大通有限責任公司米蘭分行**分派，其註冊辦事處位於 Via Cordusio, n.3, Milan 20123, Italy, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司米蘭分行同時須受意大利央行及意大利全國公司和證券交易所監管委員會 (Commissione Nazionale per le Società e la Borsa, 簡稱為「**CONSOB**」) 監管，並已於意大利銀行行政註冊處以摩根大通有限責任公司分行的名義登記註冊，註冊編號為 8076，其米蘭商會註冊編號為 REA MI 2536325。在荷蘭，本文件由**摩根大通有限責任公司阿姆斯特丹分行**分派，其註冊辦事處位於 World Trade Centre, Tower B, Strawinskyalaan 1135, 1077 XX, Amsterdam, The Netherlands。摩根大通有限責任公司阿姆斯特丹分行已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司阿姆斯特丹分行同時須受荷蘭銀行 (DNB) 和荷蘭金融市場監管局 (AFM) 監管，並已於荷蘭商會以摩根大通有限責任公司分行的名義註冊登記，其註冊編號為 72610220。在丹麥，本文件是由**摩根大通有限責任公司哥本哈根分行**（即德國摩根大通有限責任公司聯屬公司）分派，其註冊辦事處位於 Kalvebod Brygge 39-41, 1560 København V, Denmark, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司哥本哈根分行（即德國摩根大通有限責任公司聯屬公司）同時須受丹麥金融監管局 (Finanstilsynet) 監管，並已於丹麥金融監管局以摩根大通有限責任公司分行的名義註冊登記，編號為 29010。在瑞典，本文件由**摩根大通有限責任公司斯德哥爾摩分行**分派，其註冊辦事處位於 Hamngatan 15, Stockholm, 11147, Sweden, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司哥本哈根分行同時須受瑞典金融監管局 (Finansinspektionen) 監管，並已於瑞典金融監管局以摩根大通有限責任公司分行的名義註冊登記。在比利時，本文件由**摩根大通有限責任公司——布魯塞爾分行**分派，其註冊辦事處位於 35 Boulevard du Régent, 1000, Brussels, Belgium, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司布魯塞爾分行同時須受比利時國家銀行 (NBB) 及比利時金融服務及市場管理局 (FSMA) 監管，並已於比利時國家銀行行政註冊處登記註冊，註冊編號為 0715.622.844。在希臘，本文件由**摩根大通有限責任公司——雅典分行**分派，其註冊辦事處位於 3 Haritos Street, Athens, 10675, Greece, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管。摩根大通有限責任公司雅典分行同時須受希臘銀行監管，並已於希臘銀行行政註冊處以摩根大通有限責任公司分行的名義登記註冊，註冊編號為 124。雅典商會註冊號為 158683760001；增值稅註冊號為 99676577。在法國，本文件由**摩根大通有限責任公司巴黎分行**分派，其註冊辦事處位於 14, Place Vendôme 75001 Paris, France, 已獲德國聯邦金融監管局 (BaFin) 授權，並由 BaFin、德國中央銀行和歐洲中央銀行共同監管，註冊編號為 842 422 972，摩根大通有限責任公司巴黎分行亦受法國銀行業監察委員會 (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR)) 及法國金融市場管理局 (Autorité des Marchés Financiers(AMF)) 監管。在瑞士，本文件由 **J.P. Morgan (Suisse) S.A.** 分派，其註冊辦事處位於 rue du Rhône, 35, 1204, Geneva, Switzerland, 作為瑞士一家銀行及證券交易商，在瑞士由瑞士金融市場監督管理局 (FINMA) 授權並受其監管。

就金融工具市場指令 (MIFID II) 和瑞士金融服務法 (FINSA) 而言，本通訊屬廣告性質。除非基於任何適用法律文件中包含的信息，這些文件目前或應在相關司法管轄區內提供（按照要求），否則投資者不應認購或購買本廣告中提及的任何金融工具。

在香港，本文件由**摩根大通銀行香港分行**分派，摩根大通銀行香港分行受香港金融管理局及香港證監會監管。在香港，若您提出要求，我們將會在不收取您任何費用的情況下停止使用您的個人資料以作我們的營銷用途。在**新加坡**，本文件由**摩根大通銀行新加坡分行**分派。摩根大通銀行新加坡分行受新加坡金融管理局監管。交易及諮詢服務及全權委託投資管理服務由**摩根大通銀行香港分行/新加坡分行**向您提供（提供服務時會通知您）。銀行及託管服務由**摩根大通銀行香港分行/新加坡分行**向您提供（提供服務時會通知您）。本文件的內容未經香港或新加坡或任何其他法律管轄區的任何監管機構審閱。建議您審慎對待本文件。假如您對本文件的內容有任何疑問，請必須尋求獨立的專業人士意見。對於構成《證券及期貨法》及《財務顧問法》項下產品廣告的材料而言，本營銷廣告未經新加坡金融管理局審閱。摩根大通銀行 (JPMorgan Chase Bank, N.A.) 是依據美國法律特許成立的全國性銀行組織；作為一家法人實體，其股東責任有限。

關於**拉美國家**，本文件的分派可能會在特定法律管轄區受到限制。我們可能會向您提供和/或銷售未按照您祖國的證券或其他金融監管法律登記註冊、並非公開發行的證券或其他金融工具。該等證券或工具僅在私下向您提供和/或銷售。我們就該等證券或工具與您進行的任何溝通，包括但不限於交付發售說明書、投資條款協議或其他發行文件，在任何法律管轄區內對之發出銷售或購買任何證券或工具要約或邀約為非法的情況下，我們無意在該等法律管轄區內發出該等要約或邀約。此外，您其後對該等證券或工具的轉讓可能會受到特定監管法例和/或契約限制，且您需全權自行負責確定和遵守該等限制。就本文件提及的任何基金而言，基金的有價證券若未依照相關法律管轄區的法律進行註冊登記，則基金不得在任何拉美國家公開發行。



在澳大利亞，摩根大通銀行(ABN 43 074 112 011/AFS 牌照號碼：238367)須受澳大利亞證券及投資委員會以及澳大利亞審慎監管局監管。摩根大通銀行於澳大利亞提供的資料僅供「批發客戶」。就本段的目的而言，「批發客戶」的涵義須按照公司法第 2001 (C)第 761G 條(《公司法》)賦予的定義。如您目前或日後任何時間不再為批發客戶，請立即通知摩根大通。

摩根大通證券是一家在美國特拉華州註冊成立的外國公司(海外公司)(ARBN 109293610)。根據澳大利亞金融服務牌照規定，在澳大利亞從事金融服務的金融服務供應商(如摩根大通證券)須持有澳大利亞金融服務牌照，除非已獲得豁免。**根據公司法 2001 (C) (《公司法》)，摩根大通證券已獲豁免就提供給您的金融服務持有澳大利亞金融服務牌照，且根據美國法律須受美國證券交易委員會、美國金融業監管局及美國商品期貨委員會監管，這些法律與澳大利亞的法律不同。**摩根大通證券於澳大利亞提供的資料僅供「批發客戶」。本文件提供的資料不擬作為亦不得直接或間接分派或傳送給澳大利亞任何其他類別人士。就本段目的而言，「批發客戶」的涵義須按照《公司法》第 761G 條賦予的定義。如您目前或日後任何時間不再為批發客戶，請立即通知摩根大通。

本文件未特別針對澳大利亞投資者而編製。文中：

- 包含的金額可能不是以澳元為計價單位；
- 可能包含未按照澳大利亞法律或慣例編寫的金融信息；
- 可能沒有闡釋與外幣計價投資相關的風險；以及
- 沒有處理澳大利亞的稅務問題。

應收件人要求及為收件人之便，本文件收件人可能已同時獲提供其他語言版本。儘管我們提供其他語言文件，但收件人已再確認有足夠能力閱讀及理解英文，且其他語言文件的使用乃出於收件人的要求以作參考之用。若英文版本及翻譯版本有任何歧義，包括但不限於釋義、含意或詮釋，概以英文版本為準。

「摩根大通」是指摩根大通及其全球附屬公司和聯屬公司。「摩根大通私人銀行」是摩根大通從事私人銀行業務的品牌名稱。本文件僅供您個人使用，未經摩根大通的允許不得分發給任何其他人士，且任何其他人士均不得使用，分派或複製本文件的內容供作非個人用途。如您有任何疑問或不欲收取這些通訊或任何其他營銷資料，請與您的摩根大通團隊聯絡。

© 2024 年。摩根大通。版權所有。

J.P.Morgan