

碳追蹤計畫——方法論

氣候行動 100+淨零排放公司基準中補充披露框架指標 6 的一致性評估方法和指標概述

作為氣候行動 100+的研究合作夥伴，碳追蹤計畫進行財務分析並開發了一套一致性評估，幫助投資人識別、量化和評估 69 家重點公司的擱淺資產風險，包括：

- 36 家上游石油和天然氣勘探和生產公司的投資計畫，以及
- 33 家公用事業公司宣布的燃煤和燃氣發電退役時間表，以評估其是否符合《巴黎氣候協定》目標。

有關碳追蹤計畫研究和方法的全部詳細資訊以及公司議合完整概況，請訪問 www.carbontracker.org/company-profiles/，並將問題和查詢直接發送至 ca100@carbontracker.org。

碳追蹤計畫——研究和分析

我們進行情境分析，以審查和了解供需的潛在變化將如何影響使用化石燃料的公司和專案的未來。該分析有助於投資界更了解應對氣候變遷的財務影響。

- 1) 我們的分析研究確定了成本最高、風險最大的投資，從而使分析師、資產所有人、投資人、政策制定者和金融監管機構能夠進行更嚴格的審查。
- 2) 我們的監管研究為金融監管體系改革以提高氣候相關金融風險的透明度奠定了基礎，並闡明了需要做出的關鍵變革。
- 3) 我們為那些與能源公司就未來戰略和資本支出進行議合的人員提供專家見解。

我們的研究以傳統的財務分析為基礎，專注於前瞻性的重大問題。作為一家非營利研究機構，我們不受商業金融研究業務模式的限制。面對氣候變遷帶來的前所未有的挑戰，這使我們能夠挑戰我們認為不永續的按現況發展趨勢做法。

減排必要性

如果全球要避免全球變暖的災難性水平，溫室氣體排放量必須大幅下降。這些限制將對化石燃料的供需產生深遠影響，化石燃料是人類溫室氣體排放的最大來源。

對於**現有資產**，我們的研究可以突出那些在能源轉型中最有可能擱淺的資產，因為根據《巴黎協定》的目標，社會希望將全球升溫幅度限制在遠低於 2°C 並努力將其限制在 1.5°C。目前已經出現煤礦、煤炭和天然氣發電廠以及其他碳氫化合物儲備因低碳轉型而擱淺的例子。

對於**潛在新投資**，我們的研究旨在透過識別某些資本投資來防止出現擱淺資產，隨著世界脫碳，這些資本投資可能無法產生預期回報。因此，我們的重點是透過資本管理推進能源轉型，防止其被浪費。

我們的研究出版物可在我們的網站 www.carbontracker.org 以及彭博、FactSet、Refinitiv 和標準普爾 Capital IQ 等研究平台上免費獲取。

碳追蹤計畫最小成本框架

碳追蹤計畫的視角是市場視角——評估哪些潛在的化石燃料發展不具有經濟意義，並且可能在能源轉型中破壞價值，同時將地球引入越來越危險的氣候。

這種分析的邏輯是，在需求有限的世界中，成本最低的供應選擇將最具競爭力，而成本較高的選擇可能無法帶來經濟回報——換句話說，在經濟上「擱淺」。

上游石油和天然氣勘探和生產資本支出。自 2011 年以來的一系列報告中¹，碳追蹤計畫探討了根據國際氣候承諾，石油和天然氣產業向低碳經濟轉型對該產業有何財務影響。我們研究了化石燃料資本支出的風險，以及提供該資本的投資人的風險。

透過使用典型的供需曲線我們可以說明，低碳世界仍然需要的低成本專案具有多少比例的潛在資本支出，不被需要的高成本專案又具有多少比例。對後者的投資存在更大的破壞價值風險。

燃煤和燃氣發電退役。自 2017 年以來的一系列報告中²，碳追蹤計畫探討了根據國際承諾，電力和公用事業產業向低碳經濟轉型對該產業有何財務影響。我們透過評估未減排³燃煤和燃氣發電產能的退役量和速度來研究化石燃料發電的風險，符合《巴黎協定》的氣候情境明確表明必須首先減少這些發電產能。

透過使用典型的供需曲線，我們可以說明燃煤和燃氣發電資產的相對成本競爭力，從而說明在低碳世界中，由於 2040 年和 2050 年之前分別需要幾乎完全淘汰燃煤和燃氣發電，哪些發電廠能夠保持更長時間的經濟效益。投資於成本更高的發電會產生更大的擱淺資產和破壞價值風險。

¹ 該工作流程和建模始於 2015 年《[2 萬億美元的擱淺資產危險區：化石燃料公司如何面臨破壞投資人回報的風險](#)》，並且該方法在我們從 2017 年起撰寫的五份「[兩度分隔](#)」系列年度公司資本支出分析報告中持續更新。

² 該工作流程和建模由碳追蹤計畫的電力和公用事業團隊在 2016-2018 年不斷更新和增強。該模型提供了在低於 2°C 情境下（短期和長期）邊際成本、毛盈利能力、相對競爭力、淘汰年份和擱淺資產風險的當前和前瞻性估計。

³ 未減排發電是不使用任何碳排放去除技術的。

碳追蹤計畫——一致性評估

碳追蹤計畫制訂了八項一致性評估，以幫助投資人識別、量化和評估 69 家氣候行動 100+ 重點公司的擱淺資產風險⁴；

- 四項評估重點關注 36 家上游石油和天然氣勘探和生產公司在碳排放約束世界中的投資和資本配置計畫，以及
- 兩組雙份評估（共四份）聚焦於 33 家公用事業公司宣佈的燃煤和燃氣發電退役時間表是否（分別）符合《巴黎氣候協定》的目標和願景。

這些評估分析了公司的資本支出、傳統化石燃料發電及新的潛在未經批准的石油和天然氣勘探和生產活動的經濟產出，以及與一系列氣候變遷限制情境相關的碳排放資產。該分析為投資人提供了有關公司行動的相對充分性及其與《巴黎協定》目標的一致性的更多洞見。

這些獨立的一致性評估補充了氣候行動 100+淨零排放公司基準中披露框架的指標 6，幫助投資人評估石油和天然氣公司宣佈的上游資本支出計畫，以及公用事業公司的燃煤和燃氣發電產能資產退役計畫。

需求情境：在我們的石油和天然氣及電力和公用事業模型中，我們使用來自國際能源署 (IEA) 的以下需求情境來代表不同級別的轉型風險。

碳追蹤計畫使用的國際能源署 (IEA) 需求情境

超過 2 度情境 (B2DS)：介於 SDS 和 NZE 之間快速轉型情境（見下文），相當於本世紀全球變暖預估 1.6°C，在 2060 年之前有大約 50% 的機會達到淨零排放。資料來源：IEA 《能源技術展望 (2017 年)》。

這是我們的核心碳約束需求情境，用於模擬公司活動與符合《巴黎氣候協定》目標和願景的需求路徑之間的一致性。

永續發展情境 (SDS)：IEA 對 2050 年之前的 SDS 排放軌跡進行建模，並指出若將該軌跡推測至該時間點之外，它將導致 2070 年才實現淨零排放。若假設排放量此後保持為零，IEA 則能得出結論，這將導致將升溫幅度限制在 1.8°C 的可能性為 66%，將升溫幅度限制在 1.65°C 的可能性為 50%。資料來源：IEA 《2020 年世界能源展望》。

既定政策情境 (STEPS)：我們按現況發展趨勢 (BAU) 的替代值。STEPS 與大約 2.7°C 的升溫幅度（50% 的可能性）一致，並描述了對未來能源系統的預測，在該系統中，已經頒布或已經宣佈但仍未頒布的氣候變遷法律假定會持續，但不會進一步制訂。資料來源：IEA 《2020 年世界能源展望》。

在 2050 年之前實現淨零排放的情境 (NZE)：更快的脫碳路徑，相當於本世紀升溫 1.5°C，且僅有小幅超標（即對 2050 年後實現負排放的依賴有限）。顧名思義，2050 年之前將達到淨零。資料來源：IEA 《2050 年前淨零排放》（2021 年）。

資料來源：《適者生存：石油公司為何必須規劃淨零排放並避免擱淺資產》（碳追蹤計畫，2021 年）

⁴截至 2021 年 11 月。

上游石油和天然氣勘探和生產評估

碳追蹤計畫在氣候行動 100+淨零排放公司基準中的四項評估旨在幫助投資人評估 36 家氣候行動 100+重點公司資本分配計畫與上游石油和天然氣勘探和生產活動的一致性和韌性（如果碳排放符合《巴黎氣候協定》的目標）。

| 一致性評估——上游石油和天然氣勘探和生產 | 指標 | 交通燈——與《巴黎氣候協定》目標的不一致程度 |
|--|--|---|
| 公司近期行動： 在最近一個全年（2020 年），該公司是否批准了任何上游石油和天然氣公司與 IEA 超過 2°C 情境不一致的資本支出？ | 是或否 | 是，代表重大不一致 否，代表一致 |
| 資本支出分析： 公司未來未批准的石油和天然氣潛在資本支出中有多少百分比與 IEA 超過 2°C 情境不一致？ | 與 IEA 超過 2°C 情境不一致的未來未批准石油和天然氣資本支出機會總額的百分比 | >25% 的未批准不一致資本支出代表重大不一致 0-25% 不一致的未批准資本支出表示高度不一致 0% 不一致的未批准資本支出表示不一致減少 |
| 減損價格評估： (1) 公司的商品價格預測是上漲、下跌還是持平？以及 (2) 公司商品價格預測的最高價格是多少？（以 2020 年實際布蘭特原油等值美元價格 [和最高價格年份] 顯示）不適用表示未發現減損價格。 | 上漲、下跌還是持平 2020 年實際布蘭特原油等值美元石油價格（最高價格年份） | 價格區間持平或上升加上高於均值的油價以及不揭露代表重大不一致 油價區間持平或下降，油價高於平均水平代表高度不一致 油價區間持平或下降，油價低於平均水平表明不一致減少 |
| 淨零分析： 假設根據 IEA 2050 年前實現淨零排放情境沒有新的石油和天然氣專案獲得批准，2030 年代公司的石油和天然氣生產水平（相對於 2021 年的基線）如何？ | 假設不允許開展新的石油和天然氣專案，2030 年代石油和天然氣隱含生產水平，以 2021 年基準產量中所佔百分比表示 | 2030 年代產量相比 2021 年基線下降 25-100% 代表公司未來營運面臨重大挑戰 相對於 2021 年的基線，2030 年代的產量下降 10-25% 對公司來說是一個巨大挑戰 相對於 2021 年的基線，2030 年代的產量下降 0-10% 對公司來說是一個巨大挑戰 |

前兩項評估使用碳追蹤計畫的最低供應成本框架來確定公司的投資計畫，以及投入上游石油和天然氣專案的資本支出（基於來自睿咨得能源諮詢公司 (Rystad Energy Group) 的 UCube 數據庫的數據），以及這些數據是否符合 IEA 超過 2 度情境 (B2DS) 中概述的需求限制。

第一項評估分析該公司是否已在最近一個財政年度批准任何與 B2DS 不一致的石油和天然氣新專案，以表明公司當前的專案審批流程。

第二項評估顯示，根據碳追蹤計畫的方法論，公司在 2021-2030 年期間與 B2DS 不一致的未批准上游石油和天然氣專案潛在資本支出機會的百分比。該分析不包括對成本高昂且與 IEA 的既定政策情境 (STEPS) 不一致的專案的考慮——該方法論解釋如下。不一致資本支出機會的百分比越高，公司投資和創造擱淺上游資產的風險就越大。

第三項評估分析了公司的商品價格前景，以確定哪些商品風險已計入其上游資產基礎價格。從最近的年度報告中，我們收集了用於公司固定資產減損測試的已揭露商品定價曲線和絕對價格假設，我們將其用作管理層戰略規劃所需的內部商品價格假設的替代值。為了可比性，油價已轉換為 2020 年實際布蘭特原油等值美元價格。具有更進取商品價格假設（例如預測未來石油和天然氣價格長期居高不下）的公司更有可能批准在碳約束世界中面臨擱淺風險的專案。

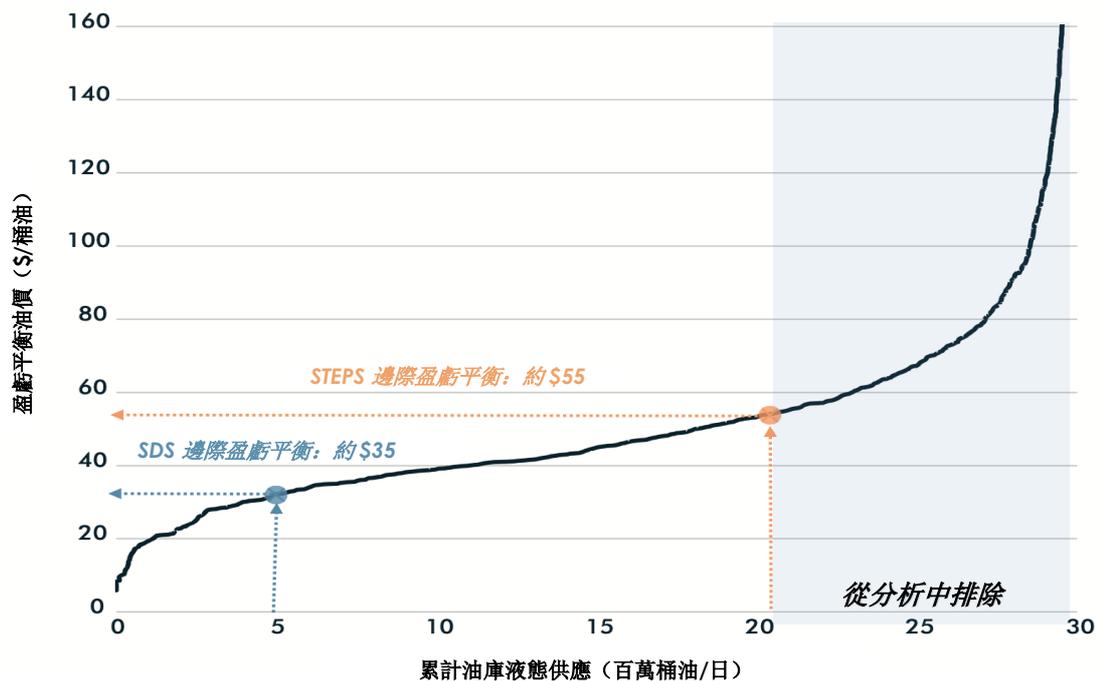
第四項評估分析了公司在符合 IEA 到 2050 年之前實現淨零排放情境的世界中的生產和營運風險，即 2021 年之後沒有新的石油和天然氣專案被批准。因此，我們將當前獲批專案中的 2030 年代隱含平均石油和天然氣產量（根據睿咨得能源諮詢公司預測的產量下降率）與 2021 年石油和天然氣產量進行了比較。在這個為實現《巴黎氣候協定》目標和願景而轉型的世界中，公司當前的石油和天然氣生產跌幅越大，公司就會在取代盈利和現金流量方面面臨更大的戰略挑戰。

碳追蹤計畫石油和天然氣專案資本支出分析

核心指標 = 與 B2DS 需求限制不一致的未批准資本支出在 STEPS 現況發展趨勢推估情境中佔未批准資本支出總額的百分比。

- 我們使用經濟模型將資產的石油和天然氣潛在供應（來自睿咨得能源諮詢公司）與來自 IEA 的不同碳約束情境下的需求路徑聯繫起來。
- 在任何給定情境下，獲批石油和天然氣專案的未來產量與需求之間的差距使得未獲批專案的額外產量符合該情境。
- 使用睿咨得能源諮詢公司對個別專案經濟效益的估計，我們按盈虧平衡成本對這些潛在的新供應選項進行排序，並根據其相對經濟競爭力確定每個專案是落在給定情境之內還是之外。
- 適合給定情境的專案的相關資本支出可以按公司匯總，並與按現況發展趨勢推估情境下的潛在專案資本支出進行比較。這可以表示為「適合」或超出給定場景的按現況發展趨勢推估資本支出的百分比。
- 如果某公司與不屬於給定情境的專案相關的按現況發展趨勢推估資本支出百分比比較高，則該公司比同行面臨的轉型風險相對更大，更大比例的資產（若開發）可能面臨擱淺風險。

下面是一個示意性示例成本曲線，其中使用睿咨得能源諮詢公司的基本情況供應曲線表示未批准油田的累積潛在石油供應（2021-2040 年），顯示 SDS 和 STEPS 的供應缺口（B2DS 下不應批准新油田）。



資料來源：睿咨得能源諮詢公司、IEA、碳追蹤計畫分析。
 注：盈虧平衡價格假設 15% 的內部收益率。有關使用不同供應價格案例的詳細資訊，請參見註腳 14 和方法論附錄。
 資料來源：《適者生存：石油公司為何必須規劃淨零排放並避免擱淺資產》（碳追蹤計畫，2021 年）

不符合 IEA STEPS 的專案被排除在外。繼近年來油價波動後，石油和天然氣公司已經重新關注價值而非增長，一些專案目前被認為比以前更不可能。因此，參考 STEPS 的高成本專案已被排除在外，這是 IEA 的核心情境：假設除了已經頒布或宣布的政策之外沒有進一步的氣候政策發展動向，並且與全球有 50% 的概率升溫 2.7°C 的情況一致。

假設任何高於此情境所需水平的高成本專案都不會進行，因此被排除在此分析之外。這種方法實際上假設公司已經與 STEPS 情境保持一致，並專注於「意外」或「誤讀」差異，直至 SDS 和 B2DS 需求水平。這表明如果公司集體（但不一定有意識地）投資以提供 STEPS 需求但被較低水平的需求所吸引，則資本處於風險之中。

關注相對專案定位，而非石油或天然氣價格的隱含絕對水平。我們強調，對於氣候碳約束情境分析，專案的相對定位（以及公司之間的相對差異）比邊際石油或天然氣價格的絕對水平更重要。正如我們近年來看到的，供給曲線可以上下移動，這會影響邊際價格，但不一定是按照專案相對成本較高或較低的順序。

同樣，雖然公司可能會爭辯說他們的專案成本低於我們數據中的估計值，但關鍵不是這些專案的絕對成本水平（即使假設利用成本估計進行水平比較），而是他們相對於競爭對手處在何種位置。並非所有公司都能成為贏家；透過使用第三方全球數據庫，可以在類似的基礎上對專案進行比較，從而得出相關的公司轉型風險。

市場細分。石油合理地近似為一個全球市場。天然氣需求市場高度區域化，運輸主要透過管道進行，液化天然氣容量更加有限——我們在五個市場（歐洲、北美、俄羅斯、澳洲和世界其他地區）內分別匹配供需。假設液化天然氣市場是全球性的；對於這些專案，我們將供應與 IEA 的液化天然氣貿易需求數據進行匹配。

供給曲線數據。我們的擱淺資產分析基於全球供應成本曲線，其中基礎資產和專案級別數據來自睿咨得能源諮詢公司的 UCube 數據庫⁵，該數據庫涵蓋超過全球 3,000 多家公司擁有的 85,000 個石油和天然氣資產。我們發布了包括在標準普爾全球能源指數（子類別——綜合和勘探與生產）中大約 60-70 家規模最大的上市石油和天然氣公司以及其他一些公司（例如沙烏地阿美）的結果。我們的最新分析可在第 5 期年度期刊中獲得——[《適者生存：石油公司為何必須規劃淨零排放並避免擱淺資產》](#)（碳追蹤計畫，2021 年）。

15% 的門檻率。每家公司的結果都來自一條完整的市場供應曲線，該曲線顯示了每個生產成本水平下的潛在生產量（包括非商業資產）。我們在這裡使用的成本衡量標準是盈虧平衡價格——在給定的 15% 貼現率下，每個專案的未來現金流量產生 0 淨現值所需的石油或天然氣價格。或者，這些可以被視為石油或天然氣價格，使每個專案的內部收益率為 15%，這是在成本超支和延誤等風險下，並考慮到為投資人提供最低限度回報的需要，證明批准合理所需的最低回報近似值。

有關碳追蹤計畫方法的進一步討論，請參閱 www.carbontracker.org 和最新的石油和天然氣資本支出和氣候——[《適者生存》](#) 碳追蹤計畫（2021 年）。

⁵前往 <https://www.rystadenergy.com/energy-themes/oil-gas/upstream/u-cube/> 查看更多資訊

化石燃料發電電力和公用事業退役

碳追蹤計畫的四項評估旨在幫助投資人評估 33 家氣候行動 100+ 公用事業重點公司宣布的燃煤和燃氣發電資產退役時間表是否符合實現《巴黎氣候協定》目標和願景所需的碳排放限制。

這些評估基於碳追蹤計畫的專有內部模型，根據符合《巴黎協定》的資產退役時間表，識別了每台燃煤和燃氣鍋爐可以以經濟高效的方式退役的年份。我們的模型強調了高成本碳密集型專案的投資人風險以及再生能源成本的變化，以幫助確定何時建造新的再生能源將比營運現有煤炭和天然氣工廠更便宜——方法解釋如下。

要符合《巴黎協定》，碳追蹤計畫要求電力和公用事業公司發布：

- 與可靠的氣候情境（例如 IEA 的超過 2°C 情境 (B2DS)）相一致的煤炭和天然氣退役時間表；和
- 分配給每個煤炭或天然氣機組的退役日期。

公用事業產業的碳排放主要由燃煤和燃氣發電活動驅動，其中煤炭是迄今為止最重要的，佔該產業總碳排放量的 80% 左右，如果還包括天然氣，則佔 90% 以上——因此必須逐步淘汰這兩種發電類別以實現氣候目標。

燃煤和燃氣發電的退役時間表對於確保公司共同實現《巴黎協定》中的全球溫度目標至關重要，因為：

- (i) 氣候變遷是關於絕對排放量而非排放強度，
- (ii) 長期退役時間表或會最大程度地減少市場外付款，
- (iii) 在不淘汰化石能源產能的情況下增加清潔發電產能，或會在未來產生負面投資信號，以及
- (iv) 公開宣布退役日期的可能性較小。

我們的分析假設碳捕集和儲存 (CCS) 技術將無法延長煤炭和天然氣產能的使用壽命，因為成本可能會非常昂貴，並且只有在沒有碳排放價格的情況下基於稅收補貼才可行。

因此，我們分析了未減排（即無碳捕集和儲存）燃煤和燃氣發電，在 IEA 的超過 2°C 情境 (B2DS) 下，到 2040 年未減排的煤炭（約 99%）將在全球被淘汰，到 2050 年約 94% 的未減排燃煤發電將被淘汰。然而，不同地區將有不同的燃煤和燃氣發電淘汰日期和軌跡，這在我們的模型中得到了說明。

燃煤和燃氣發電退役評估

對於氣候行動 100+淨零排放公司基準，我們製訂了兩組評估（共四項），分別評估燃煤和燃氣發電產能的退役時間表，以及它們與實現《巴黎氣候協定》目標和願景所需的需求約束的一致性。

| 一致性評估——燃煤和燃氣發電 | 與《巴黎氣候協定》目標的不一致程度指標和水平 |
|--|---|
| <p>燃煤淘汰：公司是否已宣佈在 2040 年之前全面淘汰燃煤機組，且與碳追蹤計畫對 IEA B2DS 的解釋保持一致？</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 燃煤發電機組全面退役，與碳追蹤計畫對《巴黎協定》路徑的解釋一致 ▪ 燃煤發電機組全面退役，與碳追蹤計畫對《巴黎協定》路徑的解釋不一致 ▪ 部分退役 ▪ 未宣佈退役/退役情況數據不充足 |
| <p>燃氣淘汰：公司是否已宣佈在 2050 年之前全面淘汰燃氣機組，且與碳追蹤計畫對 IEA B2DS 的解釋保持一致？</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 燃氣發電機組全面退役，與碳追蹤計畫對《巴黎協定》路徑的解釋一致 ▪ 燃氣發電機組全面退役，與碳追蹤計畫對《巴黎協定》路徑的解釋不一致 ▪ 部分退役 ▪ 未宣佈退役/退役情況數據不充足 |
| <p>燃煤淘汰一致性：與碳追蹤計畫對 IEA B2DS 的解釋一致的公司營運和計畫煤炭產能的百分比。不適用表示未發現燃煤發電廠。</p> | <p>未減排燃煤發電產能百分比（未減排燃煤機組百分比）</p> <p>公司 0-75% 的營運和計畫燃煤發電產能符合《巴黎協定》目標</p> <p>公司 75-99% 的營運和計畫燃煤發電產能符合《巴黎協定》目標</p> <p>公司 100% 的營運和計畫燃煤發電產能符合《巴黎協定》目標或公司已淘汰所有燃煤發電產能</p> |
| <p>燃氣淘汰一致性：與碳追蹤計畫對 IEA B2DS 的解釋一致的公司營運和計畫天然氣產能的百分比。不適用表示未發現燃氣發電廠。</p> | <p>未減排燃氣發電產能百分比（未減排燃氣機組百分比）</p> <p>公司 0-75% 的營運和計畫燃氣發電產能符合《巴黎協定》目標</p> <p>公司 75-99% 的營運和計畫燃氣發電產能符合《巴黎協定》目標</p> <p>公司 100% 的營運和計畫燃氣發電產能符合《巴黎協定》目標或公司已淘汰所有燃氣發電產能</p> |

第一組評估分析了《巴黎協定》的目標和願景是否已納入公司的發電戰略。這些評估顯示了公司宣佈的燃煤和燃氣發電產能退役計畫的全面性，表明公司已準備好向低碳電力系統轉型。

我們則審查這些公司是否已經制訂和揭露：

- 所有燃煤 / 燃氣發電產能的全面淘汰計畫，其指定的退役年限與 IEA B2DS 中概述的需求限制相一致，
- 退役年限不一致的完整退役計畫，
- 僅有的部分退役計畫，或
- 沒有提供任何或足夠用於評估的資訊。

第二組評估基於碳追蹤計畫的模型，顯示了公司當前和計畫與《巴黎氣候協定》目標和願景一致的燃煤或燃氣發電產能退役的份額。計算以兆瓦 (MW) 為單位的燃煤和燃氣產能以及發電機組數量進行的。一致的煤炭或天然氣退役時間表的份額越小，公司的轉型風險就越高。

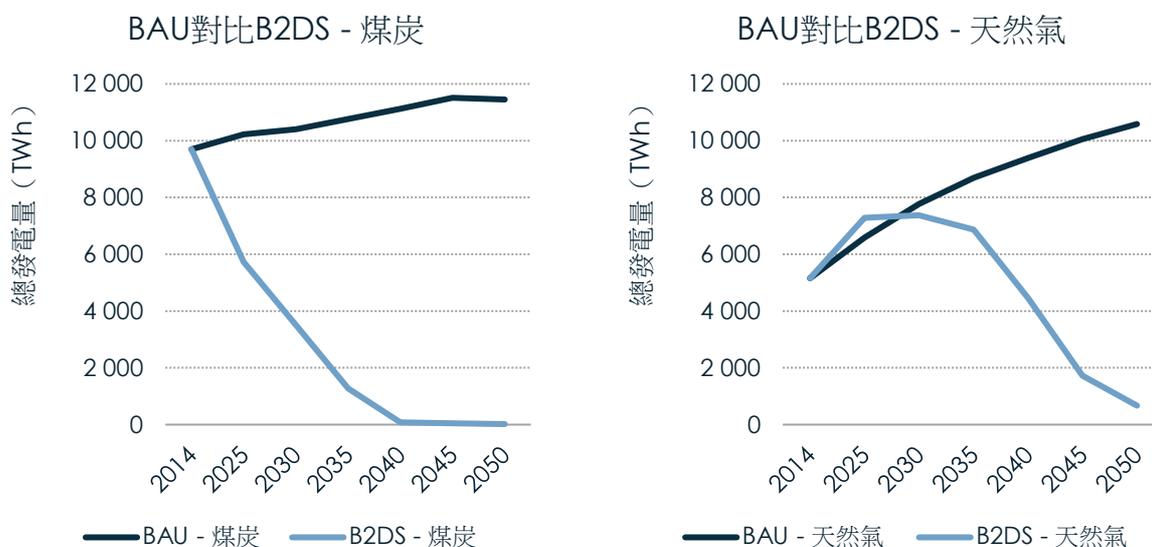
碳追蹤計畫的化石燃料發電退役分析

分析基於碳追蹤計畫的技術經濟資產模擬煤炭和天然氣模型，該模型使用關於商品價格（燃料、電力和碳）、可變和固定營運和維護成本 (O&M) 以及政策結果（市場外收入和技術成本）的合理假設：

- 全球煤電經濟模型 (GCPEM)。GCPEM 是一種專有的技術經濟模擬模型，涵蓋全球約 95% 的營運、在建和計畫燃煤發電能力⁶。
- 全球氣電經濟模型 (GGPEM)。GGPEM 是一個專有的技術經濟模擬模型，涵蓋了位於歐盟、英國和美國約佔全球 40% 的營運、在建和計畫中的燃氣產能⁷。在 2022 年第二季度，我們將為幾個亞洲國家添加天然氣建模。

我們的 B2DS 模型確定了煤炭或天然氣裝置需要退役的年份以及與保持機組運行有關的擱淺資產風險金額。資產主要庫存數據建立在全球能源監測 (GEM) 的全球燃煤電廠追蹤 (GCPT) 和普氏全球煤電 (WEPP) 數據庫之上⁸。

發電和公用事業——針對煤炭和天然氣按現況發展趨勢 (BAU) 對比 B2DS 路徑



資料來源：IEA 情境數據、碳追蹤計畫分析

我們將擱淺資產定義為按現況發展趨勢 (BAU) 情境中的經營現金流量淨現值與符合《巴黎協定》全球氣溫目標的情境（例如 IEA 的 B2DS）之間的差額。

⁶ 煤炭模型、方法和假設在 https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/06/Coal-Methodology-2021_June21.pdf 中進行了深入討論

⁷ 天然氣模型、方法和假設在 <https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/10/Gas-Methodology-2021.pdf> 進行了深入討論

⁸ 有關 GCPT 和 WEPP 的更多資訊，請分別參閱 <https://endcoal.org/global-coal-plant-tracker/> 和 <https://www.spglobal.com/platts/en/products-services/electric-power/world-electric-power-plants-database>。

- 首先，我們確定滿足 B2DS 中發電需求所需的產能。在 B2DS 下，到 2040 年，全球將淘汰（約 99%）無碳捕集與封存的燃煤發電，到 2050 年將幾乎完全淘汰燃氣發電（約 94%）。
- 其次，我們根據負責維護供應安全的主管機構、地區或電網，對燃煤和燃氣發電機組進行排名，以制訂退役時間表。這些機組根據長期邊際成本 (LRMC) 或經營現金流量進行排名。
 - **煤炭：**具有最高 LRMC 或最低經營現金流量的煤炭機組將被淘汰，直到總資產水平發電達到 B2DS 中規定的限制。
 - **天然氣：**鑒於靈活的燃氣輪機發電對於滿足高峰負荷電力需求和其他電網平衡服務不可或缺，機組根據其渦輪機技術、產能因素和營運成本進行排名，以確定自身成為調峰發電廠（調峰機）的潛力。
- 第三，我們計算 B2DS 和 BAU 結果中每個營運和在建機組的現金流量，以了解擱淺資產風險。
 - **煤炭：**B2DS 下的擱淺資產風險定義為在 BAU 情境中經營現金流量淨現值（包括公司報告中宣布的退役或以其他方式假設最短壽命為 40 年）與 B2DS 中經營現金流量淨現值之間的差額。
 - **天然氣：**B2DS 下的擱淺資產風險定義為在 BAU 情境中經營現金流量淨現值（包括公司報告中宣佈的退役，或假設蒸汽輪機的使用壽命為 50 年，其他技術的使用壽命為 30 年；或 25 年，以較晚者為準）與 B2DS 中經營現金流量淨現值之間的差額。

碳價格。我們僅包括已實施或已批准並將在未來實施的碳價格。針對存在污染物排放嚴格限制的地區，我們假設那些不合規的工廠配備了污染控制技術以及相關的資本和營運成本。

均化能源成本，但沒有系統分析。為清楚起見，我們的模型基於均化能源成本 (LCOE) 來比較發電技術。我們還沒有進行系統分析，這需要對一段時間內移除（也可能更換）每項資產的影響進行詳細的逐個電網分析。雖然使用 LCOE 分析來理解發電經濟效益的局限性已得到充分證明，但這提供了一個簡單的代用標準，說明煤電新投資何時不再具有經濟意義，以及投資人和政策制定者何時應規劃和實施燃煤或燃氣發電淘汰。我們還注意到，許多公司自行開展此類分析，包括在他們的綜合資源計畫中。因此，從系統的角度詢問公司如何看待可能發生的事情或會有用。

總之，我們認為這項工作進一步調整了碳追蹤計畫的低碳轉型經濟學方法以符合投資人需求，並且針對個別發電廠提供更仔細和精準的評估，同時總體評估了公司藉助關停最碳密集的資產——煤炭和天然氣工廠——的轉型步伐。它有助於向公司提出一個簡單問題：*如果他們實際上打算實現減排和 / 或淨零排放目標，那麼他們需要減少煤炭和天然氣機組，現在是否可以具體說明多少以及何時？*

指標。碳追蹤計畫製訂了以下指標，以追蹤和監察公司宣佈的燃煤和燃氣發電產能退役是否符合與《巴黎協定》目標一致的可信氣候約束情境路徑。

- **絕對不一致（以吉瓦為單位）**——以吉瓦為單位的年總產能與 B2DS 的能源需求不一致。這是透過將公司在 BAU 情境和 B2DS 情境中的年煤炭產能之間的差額總計來計算的。該指標使我們能夠確定哪些公司面臨擱淺風險不一致的發電產能最多，哪些地方的政策變動或會最具影響力。
- **相對一致性（百分比）**——與 B2DS 能源需求保持一致的公司未來發電產能（包括退役和新增）佔比。*相對一致性越低，公司的轉型風險就越高。*這是透過將 2021 年至 2040 年與 B2DS 一致的煤炭（天然氣為 2021 年至 2050 年）總產能除以 BAU 情境下的總容量來計算的。公司的淘汰時間表可以是與 B2DS 時間表一致、落後或領先，顯示為 100% = 完全一致，落後於 B2DS 時間表則 <100%，領先於 B2DS 時間表則 >100%。該指標使我們能夠比較不同規模的公用事業公司。
- **已宣佈退役且與 B2DS 一致的已分析機組的佔比（佔所有機組的百分比）**——在公司已宣佈其發電機組退役年份的情況下，我們顯示了公司機組退役時間表與《巴黎氣候協定》目標一致的情況佔比。

有關碳追蹤計畫方法的進一步討論，請參閱我們最新的煤炭報告 [《不要重振煤炭：計畫中的亞洲燃煤電廠對巴黎協定構成威脅》](#)（僅英文版），以及最新的天然氣報告 [《將天然氣置於備用狀態》](#)（僅英文版）——均由碳追蹤計畫（2021 年）撰寫。

有關更多資訊，請參見以下碳追蹤計畫報告。

石油和天然氣（僅英文版）

- [低碳世界中的石油和天然氣兩度分隔及轉型風險，2017 年](#)
- [兩度分隔、公司層面轉型風險，2018 年](#)
- [破除習慣，2019 年](#)
- [斷層線，2020 年](#)
- [適者生存，2021 年](#)

電力和公用事業（僅英文版）

- [關停煤炭：煤電最後幾年的經濟和金融風險過渡，2018 年](#)
- [打造主流，2019 年](#)
- [關停煤炭：全球煤炭淘汰的經濟理由史無前例地有力，2019 年](#)
- [如何浪費超半萬億美元：通貨緊縮再生能源對煤電投資的經濟影響，2020 年](#)
- [不要重振煤炭：計畫中的亞洲燃煤電廠對巴黎構成威脅，2021 年](#)
- [將天然氣置於備用狀態，2021 年](#)

（本文件的中文翻譯僅供參考，如有歧異，概以英文版本為準）