

## 碳追踪——方法学

本文所述一致性评估方法和指标是对《气候行动 100+净零排放公司基准》披露框架指标 6 的补充。

作为气候行动 100+ (CA100+) 的研究合作伙伴，碳追踪 (Carbon Tracker Initiative) 开展了金融分析并开发了一系列一致性评估方法，以帮助投资者识别、量化和评估 69 家重点公司的资产搁浅风险，基于：

- 36 家上游石油和天然气勘探及生产公司的投资计划，以及
- 33 家公用事业公司公布的燃煤和燃气电厂退役计划，评估这些公司与《巴黎协定》目标的一致性。

如需了解碳追踪研究及方法的详细信息，以及公司层面具体参与情况，请访问：[www.carbontracker.org/company-profiles/](http://www.carbontracker.org/company-profiles/)。如有任何疑问或建议，请联系：[ca100@carbontracker.org](mailto:ca100@carbontracker.org)。

### 碳追踪——研究与分析

我们通过情景分析，研究和了解供给和需求的潜在变化如何影响具有化石燃料风险的公司和项目。分析旨在帮助投资者更深刻地了解应对气候变化的金融意义。

- 1) 我们的分析性研究可识别成本最高、风险最大的投资，帮助分析师、资产所有者、投资者、政策制定者和金融监管者加强审查。
- 2) 我们的监管研究为通过金融监管系统改革提高气候相关金融风险透明度提供了依据，并阐明了亟需作出的关键变革。
- 3) 我们也为对能源公司开展参与的投资者提供有关未来战略和资本支出的专家见解。

我们的研究以传统财务分析为基础，专注于前瞻性重大问题。作为一家非营利研究机构，我们不受商业化金融研究业务模式的限制。这使得我们能够改变那些在气候变化带来的前所未有的挑战下不可持续的“照常情景” (business-as-usual) 途径。

### 减排势在必行

要避免全球升温造成灾难性后果，就必须大幅减少温室气体排放。化石燃料是人类温室气体排放的最主要来源，减排约束将对化石燃料的供应和需求产生深远影响。

对于既有资产，随着社会在《巴黎协定》目标下，力图将全球气温升幅限制在 2°C 以内，同时寻求将气温升幅进一步限制在 1.5°C 以内，能源转型不可避免，而我们的研究可识别这一过程中搁浅风险最高的资产。目前已有部分煤矿、燃煤和燃气电厂，以及其他碳氢化合物储备在低碳转型中发生了搁浅。

对于潜在新增投资，我们的研究可识别全球脱碳过程中可能无法产生预期收益的资本投资，从而避免资产搁浅。因此，我们的重点是通过资本的尽责管理，在推进能源转型的同时防范资本浪费。

您可以通过我们的官网 [www.carbontracker.org](http://www.carbontracker.org)，或者彭博社、FactSet、路孚特、S&P Capital IQ 等研究平台免费查阅我们的研究刊物。

### 碳追踪的最低成本框架

碳追踪以市场为视角——评估化石燃料的哪些潜在发展在能源转型过程中非但没有经济意义，反而可能损害投资价值，并且会把地球气候进一步推向险境。

分析所遵循的逻辑是，在需求有限的世界中，成本最低的供应选项竞争力最强，成本更高的选项可能无法实现经济收益，也就是发生经济意义上的“搁浅”。

**上游油气勘探和生产资本支出 (CAPEX)**。在 2011 年以来的一系列报告中<sup>1</sup>，碳追踪探讨了国际气候承诺下的低碳经济转型会给油气行业带来的金融影响。我们研究了化石燃料资本支出风险，以及提供此类资本的投资者面临的风险。

借助经典的供需曲线，我们可以显示低碳世界所需的低成本项目，以及不再需要的高成本项目各自的潜在资本支出比例。对后者的投资更有可能带来价值损失。

**燃煤和燃气电厂退役**。在 2017 年以来的一系列报告中<sup>2</sup>，碳追踪探讨了国际气候承诺下的低碳经济转型对电力和公用事业行业的金融影响。我们评估了根据《巴黎协定》气候情景，必须首先逐步淘汰的无减排措施燃煤和燃气电厂<sup>3</sup>的退役数量和速度，并据此分析了化石燃料发电风险。

借助经典的供需曲线，我们可以显示燃煤或燃气发电资产的相对成本竞争力，从而说明在低碳世界中（到 2040 年和 2050 年分别完全淘汰燃煤和燃气电厂），哪些电厂能够更长久地保持经济效益。对高成本电厂的投资更容易带来资产搁浅和价值损失。

<sup>1</sup> 该系列研究和建模始于2015年发布的《[两万亿美元搁浅资产危险区：化石燃料公司如何威胁损害投资者收益](#)》（[The \\$2 trillion stranded assets danger zone: How fossil fuel firms risk destroying investor returns](#)），此后，我们从2017年《[2度分离](#)》（[2 Degrees of Separation](#)）起发布了五份公司资本支出年度分析报告，并在此过程中不断改进研究方法。

<sup>2</sup> 该系列研究和建模由碳追踪电力和公用事业团队于2016至2018年间开展，之后得到了不断发展和完善。模型提供了2°C情景下（短期和长期）边际成本、毛利润率、相对竞争力、淘汰年份和资产搁浅风险的当期及前瞻性估值。

<sup>3</sup> 未采取减排措施的电厂是指未采用任何减排技术的电厂。

## 碳追踪——一致性评估

碳追踪开发了八项一致性评估，旨在帮助投资者识别、量化和评价 69 家气候行动 100+重点公司的资产搁浅风险<sup>4</sup>，其中：

- 四项评估侧重 36 家上游油气勘探和生产公司在碳排放约束下的投资和资本配置方案；
- 两组评估（共四项）主要关注 33 家公用事业公司（各自）公布的燃煤和燃气电厂退役计划与《巴黎协定》目标和雄心是否一致。

这些评估可分析公司既有化石燃料发电和尚未获批的潜在新增油气勘探和生产活动的资本支出和经济产出，从而分析一系列气候变化限制情景下的碳排放资产。这些分析可为投资者提供更加丰富的见解，帮助投资者了解公司行动相对《巴黎协定》目标的充分性和一致性。

这些独立的一致性评估是对《气候行动 100+净零排放公司基准》披露框架指标 6 的补充，旨在帮助投资者评估油气公司公布的上游资本支出计划，以及公共事业公司公布的燃煤和燃气电厂退役计划。

**需求情景。**在构建油气、发电和公用事业模型时，我们采用了以下国际能源署（IEA）需求情景，代表不同程度的转型风险。

### 碳追踪采用的 IEA 需求情景

**超越 2°C 情景（B2DS）：**这是介于可持续发展情景和 2050 年净零排放情景（见下方）之间的快速转型情景，相当于在本世纪内将全球升温幅度控制在 1.6°C，有大约 50% 的概率在 2060 年实现净零排放。*资料来源：IEA，《能源技术展望》（Energy Technology Perspectives）（2017 年）。*

这是我们在《巴黎协定》目标及雄心下构建公司活动与需求路径一致性模型时采用的主要碳约束需求情景。

**可持续发展情景（SDS）：**IEA 构建了可持续发展情景下的 2050 排放轨迹模型，并指出一旦轨迹超过了这一时间点，则要到 2070 年才能实现净零排放。IEA 认为，如果排放量在达到净零后继续保持净零，则有 66% 的概率将温度升幅控制在 1.8°C 以内，或有 50% 的概率将温度升幅控制在 1.65°C 以内。*资料来源：IEA，《2020 年世界能源展望》（World Energy Outlook 2020）。*

**既定政策情景（STEPS）：**照常情景的替代情景。既定政策情景与升温 2.7°C（概率 50%）情景一致，并在假设已生效和已公布但尚未生效的气候变化法律继续有效、但不再进一步发展情况下，预测了未来的能源系统。*资料来源：IEA，《2020 年世界能源展望》。*

**2050 年净零排放情景（NZE）：**更快的脱碳路径，相当于将本世纪气温升幅限制在 1.5°C 且几乎没有过冲（即对 2050 年后负排放依赖有限）。顾名思义，在此情景中，2050 年将实现净零排放。*资料来源：IEA，《2050 年净零排放：全球能源行业路线图》（Net Zero by 2050）（2021 年）。*

*资料来源：适应才能生存：石油公司为何必须做好净零计划和避免资产搁浅（Adapt to Survive: Why oil companies must plan for net zero and avoid stranded assets）（碳追踪，2021 年）*

<sup>4</sup> 截至2021年11月。

## 上游油气勘探和生产评估

碳追踪根据《气候行动 100+净零排放公司基准》开发了四项评估，旨在帮助投资者评估在碳排放与《巴黎协定》目标一致的情况下，36 家上游油气勘探和开发公司的资本配置方案的一致性和韧性。

一致性评估：上游油气勘探和生产	指标	红绿灯系统：与《巴黎协定》目标不一致的程度
<b>公司近期行动：</b> 在最近一整年内（2020 年），公司是否批准了不符合 IEA 超越 2°C 情景的上游油气资本支出？	是或否	是，表示严重不一致 否，表示一致
<b>资本支出分析：</b> 在公司未获批潜在新增油气资本支出中，不符合 IEA 超越 2°C 情景的资本支出占多大比例？	不符合 IEA 超越 2°C 情景的未获批潜在新增油气资本支出占总资本支出的百分比	不符合情景的未获批资本支出超过 25%，表示严重不一致 不符合情景的未获批资本支出占 0-25%，表示高度不一致 不符合情景的未获批资本支出为 0%，表示轻度不一致
<b>减值价格评估：</b> （1）预计公司商品价格将上涨、下跌、还是持平？（2）预计公司商品价格最高将达到多少？（以 2020 年【最高价格年】布伦特原油美元实际价格表示）。“不适用”表示未识别到减值价格。	上涨、下跌或持平 2020 年（最高价格年）布伦特原油美元实际价格	价格持平或上涨超过石油均价，或未披露相关信息，均表示严重不一致 价格持平或下跌但仍超过石油均价，表示高度不一致 价格持平或下跌低于石油均价，表示轻度不一致
<b>净零分析：</b> 假设公司按 IEA 2050 年净零排放情景要求，不再批准新的油气项目，那么公司在 2030-2039 年的油气生产水平将会如何（对比 2021 年基线）？	假设公司不再批准新的油气项目，计算 2030-2039 年间的油气生产水平与 2021 年基线水平的百分比	2030-2039 年产量相对于 2021 年基线下降 25-100%，表示公司未来经营面临严重挑战 2030-2039 年产量相对于 2021 年基线下降 10-25%，表示公司面临很大挑战 2030-2039 年产量相对于 2021 年基线下降 0-10%，表示公司面临挑战

前两项评估基于碳追踪的最低成本供应框架，利用 Rystad Energy Group 的 UCube 数据库，识别公司对上游油气项目的投资计划和资本支出，并判断这些投资和支出是否符合 IEA 超越 2°C 情景的需求约束。

**第一项评估**分析公司在最近一个财年内是否批准了不符合超越 2°C 情景的新增油气项目，以此了解公司目前的项目审批流程。

**第二项评估**采用碳追踪的研究方法，显示公司在 2021 到 2030 年的潜在资本支出中，用于不符合超越 2°C 情景的未批准上游油气项目的百分比。这项分析不考虑因成本过高而不符合 IEA 既定政策情景的项目——具体方法见下文。*不符合气候情景的资本支出占比越高，公司投资和造成搁浅上游资产的风险越大。*

**第三项评估**通过分析公司的商品价格前景，识别公司将哪些商品风险纳入了上游资产基础定价。我们从最新年报中收集公司披露的商品定价曲线和用于固定资产减值测试的绝对价格假设，并以此替代公司管理层制定战略规划时使用的内部商品价格假设。为便于比较，石油价格被换算为 2020 年布伦特原油美元实际价格。*公司的商品价格假设越激进（例如，预测未来石油和天然气价格长期保持高位），就越有可能批准在碳排放约束条件下发生搁浅的项目。*

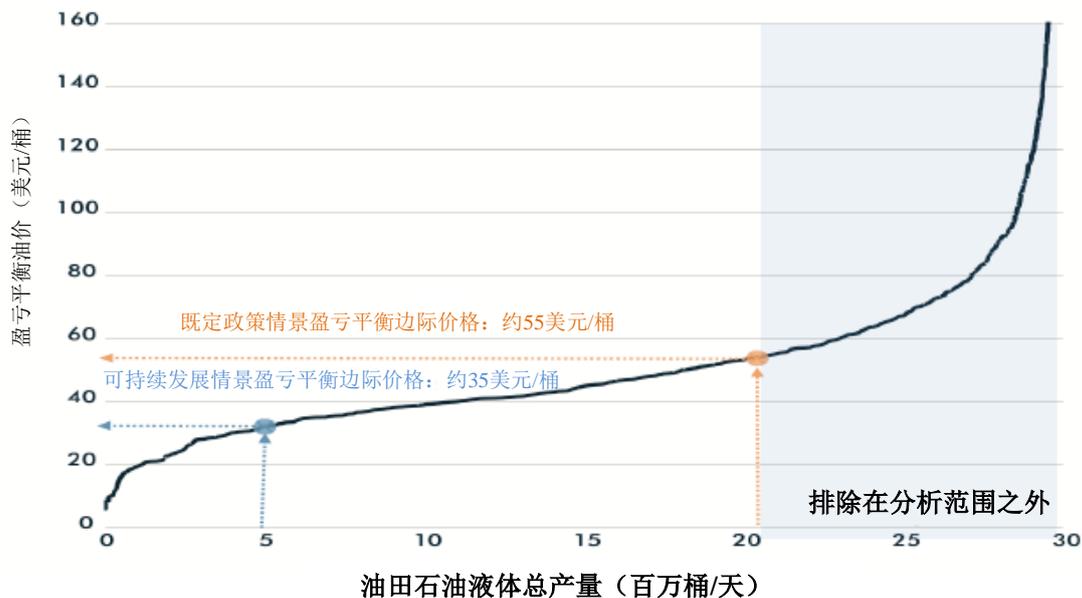
**第四项评估**分析在与 IEA 2050 年净零排放情景一致的环境中（即 2021 年后不再批准新的油气项目），公司面临的生产和运营风险。我们根据 Rystad Energy 预测的产量下降率，得出目前已获批项目在 2030 年代的平均油气产量，并将其与 2021 年油气产量进行比较。*在《巴黎协定》目标及雄心下的全球转型过程中，公司当前油气产量的削减程度越高，改变收益来源和现金流来源时面临的战略挑战就越大。*

## 碳追踪油气项目资本支出分析

**核心指标=不符合超越 2°C 情景需求约束的未获批资本支出占既定政策情景中照常情景下未获批资本支出总额的百分比**

- 我们利用经济模型，将资产层面的潜在油气供应量（数据来自 Rystad Energy）与 IEA 不同碳约束情景下的需求路径挂钩。
- 已获批油气项目未来产量和给定情景下油气需求量之间的差值即为符合该情景的未获批项目的新增产量。
- 利用 Rystad Energy 对项目的经济估值，按盈亏平衡成本对潜在新增供应选项排序，并根据项目的相对经济竞争力，判断项目是否符合给定情景。
- 公司汇总所有符合给定情景项目的资本支出，并将其与照常情景下的潜在项目资本支出进行比较。比值表示照常情景资本支出中符合或不符合给定情景的部分所占百分比。
- 不符合给定情景项目资本支出占照常情景资本支出的百分比越高，公司与同行相比转型风险就越大，资产开发时搁浅比例也越高。

下图为说明性成本曲线示例，该曲线基于 RystadEnergy 的基本情形供给曲线，显示了未获批油田的潜在累计供应量（2021-2040），以及可持续发展情景和既定政策情景下的供应缺口（在超越 2°C 情景下不允许批准新油田）。



资料来源：Rystad Energy，IEA，碳追踪分析。

注：盈亏平衡价格假设内部收益率（IRR）为15%。关于不同供应价格应用案例的详细信息，请参考脚注14和附录中的分析方法。

资料来源：[适应才能生存：石油公司为何必须做好净零计划和避免资产搁浅](#)（碳追踪，2021年）

**排除不符合 IEA 既定政策情景的项目。**鉴于近年来石油价格不断波动，油气公司重新将重心从增长转移回价值，一些项目的可行性也因此减小。在 IEA 既定政策情景下，高成本项目被排除在外。这一中间情景假设除已生效或已公布的政策外不再出现其他气候政策变化，且与全球升温 2.7°C（概率为 50%）保持一致。

本项分析假设任何超过该情景要求的高成本项目均不会获批，因此被排除在分析范围之外。这一方法实际上是假设公司已经与既定政策情景一致，并重点关注可持续发展情景和超越 2°C 情景需求层面的“意外”或“误判”差异。分析体现了公司为满足既定政策情景需求而进行集体投资（可能非有意为之），却因需求减少而面临风险资本。

**关注项目的相对位置，而非油气的绝对价格。**我们强调，对于气候约束情景分析来说，项目的相对位置（以及公司间的相对差距）比油气的绝对边际价格更为重要。正如我们近几年所看到的，供给曲线波动会影响边际价格，但不一定影响项目成本排序。

同样，公司或许可以称其项目成本低于我们的估算数据，但项目成本的绝对值并非关键（即使是假设在同类比较的基础上对比成本估值），重要的是项目相对于竞争者的所处位置。公司排名必有先后；利用第三方提供的全球数据库，可以在相似基准上对项目进行比较，继而了解公司的相对转型风险。

**市场细分。**石油市场可以被近似地视为全球市场。天然气需求市场高度区域化，且输送主要依靠管道，而液化天然气的输送能力更为有限，因此，我们将天然气市场划分为五大市场（欧洲、北美、俄罗斯、澳大利亚和全球其他地区），分别分析各市场的供需情况。我们假设液化天然气市场为全球市场，并根据 IEA 液化天然气交易需求数据分析项目供应情况。

**供给曲线数据。**我们根据全球供给成本曲线分析搁浅资产，标的资产和项目数据均来自 Rystad Energy Group 的 UCube 数据库<sup>5</sup>，该数据库覆盖了全球 3,000 余家公司的 85,000 余项油气资产。我们公布的分析结果涵盖了标普全球能源指数（子类别：综合以及勘探和生产指数）涉及的 60 至 70 家大型上市油气公司，以及其他特定公司（如沙特阿美）。如需了解最新分析资料，请参考我们的第五次年度报告——[适应才能生存：石油公司为何必须做好净零计划和避免资产搁浅](#)，碳追踪（2021）。

**最低预期资本回报率 15%。**各公司的分析结果均来自完全市场供给曲线，该曲线显示了每个生产成本水平的潜在产量（包括非商业性资产）。在衡量成本时，我们采用了盈亏平衡价格——在给定贴现率为 15% 的条件下，使每个项目的未来现金流产生零净现值所需的石油或天然气价格。也可将其视为使每个项目实现 15% 内部收益率（IRR）所需的石油或天然气价格。鉴于成本超支和项目延期等风险，以及向投资者交付最低收益的需要，项目只有达到这一最低回报率才有理由获批。

如需进一步探讨碳追踪的研究方法，请访问：[www.carbontracker.org](http://www.carbontracker.org)。如需了解最新油气资本支出和气候信息，请参阅：[《适应方可生存：石油公司为何必须做好净零计划和避免资产搁浅》](#)，碳追踪（2021 年）。

<sup>5</sup> 如需了解更多信息，请参考：<https://www.rystadenergy.com/energy-themes/oil--gas/upstream/u-cube/>

## 电力和公用事业公司化石燃料电厂退役

碳追踪的四项评估旨在帮助投资者评估，33 家气候行动 100+重点公司已公布的燃煤和燃气电厂退役计划，是否与实现《巴黎协定》目标及雄心所需的碳排放约束一致。

所有评估都基于碳追踪专有的《巴黎协定》一致性资产淘汰计划内部模型，这些模型可识别每个燃煤和燃气电厂可经济有效地退役的年份。我们的模型强调了高成本碳密集型项目和可再生能源成本变化给投资者带来的风险，以帮助投资者判断何时新建可再生能源资产比继续运营既有燃煤燃气电厂成本更低——方法如下所述：

为了与《巴黎协定》保持一致，碳追踪要求电力和公用事业公司公布以下内容：

- 与可信的气候情景（如 IEA 超越 2°C 情景）一致的燃煤和燃气电厂退役计划；
- 每个燃煤和燃气电厂的退役日期（年份）。

燃煤和燃气发电活动是公用事业行业碳排放的最主要来源。目前，燃煤发电的碳排放量最高，占行业碳排放总量的 80% 左右，燃煤燃气发电共占 90% 以上——因此，要实现气候目标就必须淘汰这两类发电活动。

燃煤和燃气电厂退役计划是确保公司集体实现《巴黎协定》全球气温目标的关键，因为：

- (i) 气候变化受绝对排放量影响，而非排放强度；
- (ii) 长期退役计划可能会最大限度地减少市场外支付；
- (iii) 在不淘汰化石燃料电厂的情况下增加清洁发电容量，未来有可能形成负投资信号；
- (iv) 公开宣布退役日期较难反悔。

我们的分析假设公司无法利用碳捕集与封存（CCS）技术延长燃煤和燃气电厂的使用寿命，因为该等技术成本可能过高，仅在能够获得税务补贴、且没有碳排放收费的情况下才可行。

因此，我们仅分析未采取减排措施（不使用碳捕集与封存技术）的燃煤和燃气电厂。在 IEA 超越 2°C 情景下，全球将在 2040 年淘汰无减排措施的燃煤电厂（约 99%），在 2050 年淘汰无减排措施的燃气电厂（约 94%）。但是，不同地区的燃煤和燃气电厂淘汰期限和路径并不相同，我们的模型也考虑到了这点。

## 燃煤和燃气电厂退役评估

我们根据《气候行动 100+净零排放公司基准》开发了两组（共四项）评估，分别用于评估燃煤和燃气电厂的退役计划，及其与实现《巴黎协定》目标及雄心所需需求约束的一致性。

一致性评估：燃煤和燃气电厂	评估指标及评估结果与《巴黎协定》目标不一致的程度
<p><b>淘汰燃煤电厂：</b>公司是否宣布到 2040 年完全淘汰燃煤机组，该计划是否符合碳追踪对 IEA 超越 2°C 情景的阐释？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 燃煤电厂全部退役，符合碳追踪对《巴黎协定》一致路线的阐释</li> <li><input type="checkbox"/> 燃煤电厂全部退役，但尚不符合碳追踪对《巴黎协定》一致路线的阐释</li> <li><input type="checkbox"/> 部分退役</li> <li><input type="checkbox"/> 未公布退役数据/退役数据不充分</li> </ul>
<p><b>淘汰燃气电厂：</b>公司是否宣布到 2050 年完全淘汰燃气机组，该计划是否符合碳追踪对 IEA 超越 2°C 情景的阐释？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 燃气电厂全部退役，符合碳追踪对《巴黎协定》一致路线的阐释</li> <li><input type="checkbox"/> 燃气电厂全部退役，尚不符合碳追踪对《巴黎协定》一致路线的阐释</li> <li><input type="checkbox"/> 部分退役</li> <li><input type="checkbox"/> 未公布退役数据/退役数据不充分</li> </ul>
<p><b>燃煤电厂退役计划的一致性：</b>公司运营中和规划内燃煤发电容量中，符合碳追踪对 IEA 超越 2°C 情景阐释部分所占百分比。“不适用”表示未发现燃煤电厂。</p>	<p>无减排措施燃煤发电容量所占百分比（无减排措施燃煤机组所占百分比）</p> <p>公司运营中和规划内燃煤发电容量的 0-75%符合《巴黎协定》目标</p> <p>公司运营中和规划内燃煤发电容量的 75-99%符合《巴黎协定》目标</p> <p>公司运营中和规划内燃煤发电容量 100%符合《巴黎协定》目标，或者公司已经淘汰全部燃煤发电容量</p>
<p><b>燃气电厂退役计划的一致性：</b>公司运营中和规划内燃气发电容量中，符合碳追踪对 IEA 超越 2°C 情景阐释部分所占百分比。“不适用”表示未发现燃气电厂。</p>	<p>无减排措施燃气发电容量所占百分比（无减排措施燃气机组所占百分比）</p> <p>公司运营中和规划内燃气发电容量的 0-75%符合《巴黎协定》目标</p> <p>公司运营中和规划内燃气发电容量的 75-99%符合《巴黎协定》目标</p> <p>公司运营中和规划内燃气发电容量 100%符合《巴黎协定》目标，或者公司已经淘汰全部燃气发电容量</p>

**第一组评估**分析公司是否将《巴黎协定》的目标及雄心纳入了电厂发展战略。评估结果体现了公司公布的燃煤和燃气电厂退役计划的全面性，进而反映公司向低碳电力系统转型的准备就绪程度。

我们会查看公司是否制定并披露了以下内容：

- 涵盖所有燃煤/燃气电厂的完全退役计划，且计划确定了符合IEA超越2℃情景需求约束的退役年份；
- 完全退役计划，但是退役年份不符合需求约束；
- 部分退役计划；或
- 未提供可用于评估的信息或提供的信息不充分。

**第二组评估**基于碳追踪模型，显示公司既有和规划燃煤或燃气发电容量退役计划中，符合《巴黎协定》目标及雄心部分的占比。评估时计算发电容量（兆瓦）和机组数量。符合《巴黎协定》目标及雄心的燃煤或燃气退役计划占比越小，公司面临的转型风险就越大。

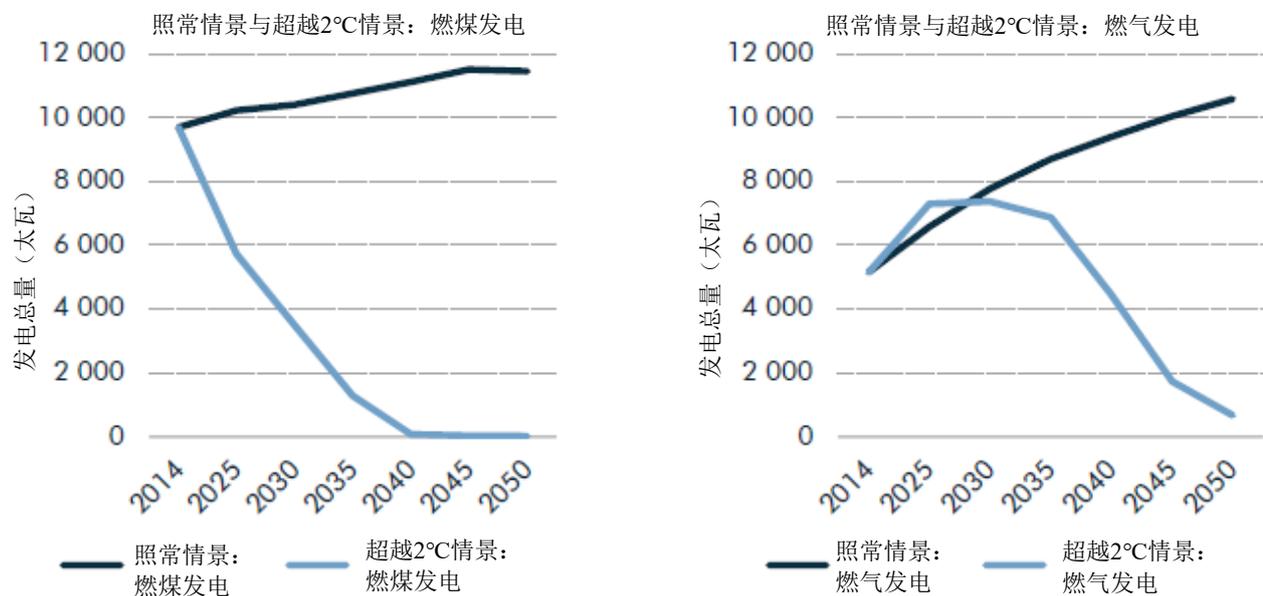
## 碳追踪化石燃料电厂退役分析

这项分析基于碳追踪针对燃煤和燃气电厂构建的资产层面技术经济仿真模型。该等模型使用一系列合理假设，涉及商品价格（燃料、电力和碳），变动及固定运维成本，以及政策结果（市场外收入和控制技术成本）：

- 全球煤电经济模型（GCPEM）。全球煤电经济模型是碳追踪专有的技术经济仿真模型，覆盖全球约95%的运营中、建设中及规划内燃煤发电容量<sup>6</sup>。
- 全球气电经济模型（GGPEM）。全球气电经济模型是碳追踪专有的技术经济仿真模型，覆盖欧盟、英国和美国约40%的运营中、建设中及规划内燃气发电容量<sup>7</sup>。2022年第二季度，我们还将增加针对多个亚洲国家的燃气模型。

我们的超越 2°C 气候情景模型可确定燃煤或燃气机组需要退役的年份，以及持续经营可能造成的资产搁浅风险。资产层面的原始库存数据来自全球能源监测（GEM）的全球燃煤电厂追踪器（GCPT）和普氏全球电厂数据库（WEPP）<sup>8</sup>。

### 电力和公用事业——照常情景（BAU）与超越 2°C 情景下的燃煤燃气发电路径



资料来源：IEA 情景数据，碳追踪分析

我们将搁浅资产定义为，照常情景和另一符合《巴黎协定》全球升温目标的情景下（如 IEA 超越 2°C 情景），营业现金流净现值之差。

- 首先，我们识别满足超越 2°C 情景电力需求所需增加的发电容量。在超越 2°C 情景下，全球到 2040 年淘汰无减排措施燃煤电厂（约 99%），到 2050 年淘汰无减排措施燃气电厂（约 94%）。
- 其次，按照负责保障供电安全的当局、地方或电网，对燃煤和燃气机组排序并制定退役计划。排序基于长期边际成本（LRMC）或营业现金流。
  - **燃煤电厂**：淘汰长期边际成本最高或营业现金流最低的燃煤机组，直到资产层面的发电总量达到超越 2°C 情景规定的限值。

<sup>6</sup> 如需了解关于燃煤电厂模型、方法和假设的更多信息，请参考：[https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/06/Coal-Methodology-2021\\_June21.pdf](https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/06/Coal-Methodology-2021_June21.pdf)

<sup>7</sup> 如需了解关于燃气电厂模型、方法和假设的更多信息，请参考：<https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/10/Gas-Methodology-2021.pdf>

<sup>8</sup> 如需了解关于全球燃煤电厂追踪器和普氏全球电厂数据库的更多信息，请分别参考：<https://endcoal.org/global-coal-plant-tracker/>和 <https://www.spglobal.com/platts/en/products-services/electric-power/world-electric-power-plants-database>。

- **燃气电厂：** 鉴于灵活的燃气轮机发电对满足尖峰负载用电需求及其他电网均衡服务不可或缺，我们按照轮机技术、容量因子和营业成本对燃气机组进行排序，判断其成为尖峰负载发电厂（尖载电厂）的可能性。
- 最后，计算每个运营中及建设中机组在超越 2°C 情景和照常情景下的现金流，以了解资产搁浅风险。
- **燃煤电厂：** 我们将超越 2°C 情景下的搁浅资产定义为，照常情景下（包括公司报告宣布的退役年份，或假设最低使用寿命为 40 年）营业现金流的净现值，与超越 2°C 情景下营业现金流的净现值之差。
- **燃气电厂：** 我们将搁浅资产定义为，照常情景下（包括公司报告宣布的退役年份，或假设蒸汽轮机的使用寿命为 50 年，其他技术为 30 年；或者 25 年，以较晚者为准）营业现金流的净现值，与超越 2°C 情景下营业现金流的净现值之差。

**碳价。** 仅当碳价已经实施，或者已获批并将要实施的情况下，我们才将碳价因素纳入分析。在实施严格污染物排放量限制的地区，我们假设不合规电厂需采用污染控制技术并承担相关资本及运营成本。

**使用均化能源成本，不开展系统分析。** 为明确起见，我们的模型采用均化能源成本（LCOE）对比各种发电技术。我们不进行系统分析，因为此类分析需要逐一分析每项资产的移除或替换对每个电网的影响。虽然很多研究都阐述了利用均化能源成本分析理解电厂经济学特点的局限性，但均化能源成本作为一个简易的替代性指标，有助于我们了解对燃煤电厂新增投资何时将失去经济意义，以及投资者和政策制定者应于何时制定并实施燃煤或燃气电厂退役计划。此外，许多公司已自行开展了系统分析，并将其纳入了综合资源计划，因此，询问公司如何从系统的角度看待相关可能性应该会有所帮助。

整体而言，我们相信这项工作有助于我们根据投资者需求进一步优化低碳转型经济分析方法，从而提供更详尽的电厂信息，同时从更广泛的角度评估公司以何种速度淘汰碳密集程度最高的燃煤和燃气电厂资产，实现转型。这样，就只需向公司提出一个简单问题：*如果公司切实希望实现减排目标和/或净零排放目标，就必须淘汰燃煤和燃气电厂，那么公司现在能否说明具体的淘汰数量和时间？*

**指标。** 碳追踪开发了以下指标，用于追踪和监测公司公布的燃煤和燃气发电容量退役计划，与满足《巴黎协定》目标的可行气候约束情景的路径是否一致。

- **绝对不一致（吉瓦）：** 年度总发电容量（吉瓦）与超越 2°C 情景能源需求不一致。该指标计算公司在照常情景下和超越 2°C 情景下年度总燃煤发电容量的差值。利用这项指标，我们可以识别不一致发电容量最高，面临搁浅风险的公司，从而发现政策的最有效着力点。
- **相对一致（百分数）：** 公司未来发电容量中（包括退役和新增发电容量）与超越 2°C 情景能源需求一致的部分所占百分比。*相对一致程度越低，公司转型风险越高。* 该指标计算 2021 年至 2040 年总燃煤发电容量（2021 年至 2050 年总燃气发电容量）中与超越 2°C 情景一致的部分，再除以照常情景下的总发电容量。公司退役计划可能符合、落后或超过超越 2°C 情景所需退役计划，100% 表示完全一致，小于 100% 表示落后，大于 100% 表示超过。利用这个指标，我们可以对规模上差距较大的公用事业公司进行比较。
- **分析范围内，已公布符合超越 2°C 情景退役计划的机组所占份额（占全部机组的百分比）**——如果公司已经公布了机组退役年份，我们将显示退役计划符合《巴黎协定》目标的机组所占份额。

如需深入探讨碳追踪的分析方法，请参阅我们 2021 年最新发布的燃煤发电报告 [别让煤炭复燃：亚洲规划燃煤电厂威胁《巴黎协定》（Do Not Revive Coal: Planned Asia coal plants a danger to Paris）](#) 和燃气发电报告 [让天然气随时待命（Put Gas on Standby）](#)。

如需了解更多信息，请参考碳追踪报告：

## 石油和天然气

- [2度分离——低碳世界的油气业转型风险（2 degrees of separation – Transition risk for oil and gas in a low carbon world）， 2017](#)
- [2度分离——公司转型风险（2 Degrees of Separation, Company-level transition risks）， 2018](#)
- [打破习惯（Breaking the Habit）， 2019](#)
- [断层线（Fault Lines）， 2020](#)
- [适应才能生存（Adapt to Survive）， 2021](#)

## 电力和公用事业

- [关闭煤电：在煤电的最后几年避免经济和金融风险（Powering down coal: Navigating the economic and financial risks in the last years of coal power）， 2018](#)
- [主流投资者工具（Making it Mainstream）， 2019](#)
- [关闭煤电：全球淘汰煤电的经济理由不容置疑（Powering down Coal: The economic case for a global coal phase-out is stronger than ever）， 2019](#)
- [如何浪费 5,000 亿美元：可再生能源通货紧缩对煤电投资的经济影响（How to waste over half a trillion dollars: The economic implications of deflationary renewable energy for coal power investments）， 2020](#)
- [别让煤炭复燃：亚洲规划燃煤电厂威胁《巴黎协定》（Do Not Revive Coal: Planned Asia coal plants a danger to Paris）， 2021](#)
- [让天然气随时待命（Put Gas on Standby）， 2021](#)

中文版仅供参考，若有出入，以英文版为准。