



放眼市场 | 第14期年度能源报告

# 能源电气化新未来

**能源电气化新未来。**未来的主流愿景就是在太阳能、风能、输电和分布式能源存储提供动力下，让万物电气化。这一目标难以通过化石燃料达成，而是需要依托电动机和热泵提升能源效率来实现。虽然电网日益环保，但在化学、物理、成本、政治和人类行为等多种原因限制下，电气化的推进速度却远不及电网提升的步伐。我们的第14期年度能源报告对此进行了更深入的研究，其中还包括核能、中国、氢能、「净零石油」和加沙的能源未来等主题。

作者：岑博智(Michael Cembalest) | 摩根大通资产及财富管理市场及投资策略部主席

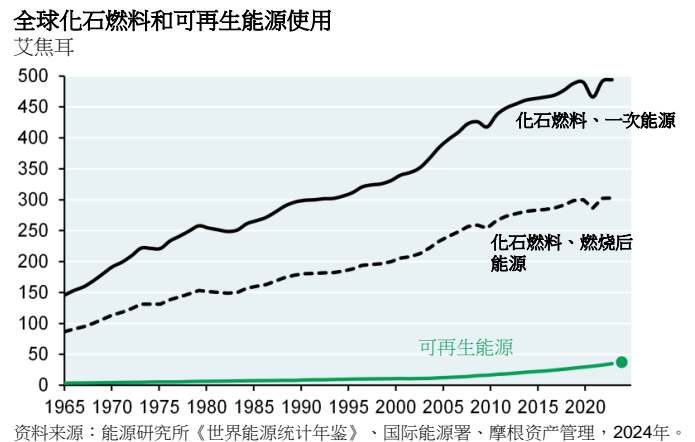
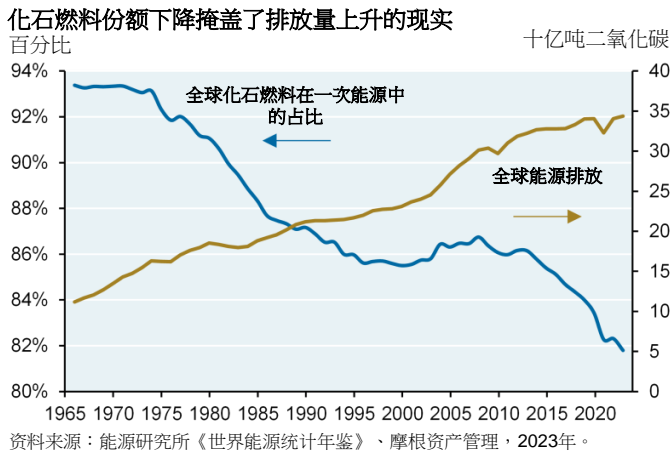


## 能源电气化新未来：《放眼市场》第14期年度能源报告

随着可再生能源转型的不断推进，化石燃料在全球能源使用中的占比正以每年约 0.40% 的速度下降。这与 1973 年至 1988 年核能建设热潮期间的脱碳步伐几乎完全一致。由于能源消耗不断上升，全球二氧化碳排放量毫无疑问并未下降；下降的是化石燃料在一次能源中的占比，而并非其消耗水平。

由于全球脱碳倡议呼声日益强烈，化石能源与可再生能源的差距（如第二张图表<sup>1</sup>所显示）应会以更快的速度缩小；全球能源转型支出已连续第四年超过化石燃料支出，且差距在持续扩大<sup>2</sup>。展望未来，美国能源法案的财政成本可能到 2030 年将高达 9,000 亿美元，并在 2035 年前达到 1.1 万亿美元<sup>3</sup>。但从目前来看，可再生能源几乎完全仅用于电网脱碳，其主要用途在于：空间冷却、照明、制冷、数据中心、电子设备以及部分空间加热。在工业生产和运输方面，电网使用依然很少。

人们普遍认为未来发展路径是「能源电气化」，即「万物皆可电气化」。理由：如果某件事情可通过电气化实现，则该事情最终可通过风能、太阳能和储能实现脱碳。虽然这类转型正在进行中，但由于受到化学、物理、成本、人类行为和政治等多种因素的影响，完成转型尚需时日。因此也可以看出，人类社会今日的繁荣和辉煌离不开天然气所做的贡献。为确保电力和天然气供应的持续稳定，天然气生态系统需要获得充足的投资，与此同时对于天然气生态系统中甲烷足迹的关注日益增加（这是去年讨论过的一个话题）。今年的报告深入探讨能源电气化新未来的细节，同时还讨论核电、中国、「脱碳油」、平准化成本、氢能、生物油、电动汽车排放、Vaclav Smil 的最新见解以及有关太阳能和加沙能源未来的总结性思考。附录载列有关全球石油和液化天然气市场的数据，以及因 Electrify America、Waymo 和 Jeep 引发的电动汽车事故见闻。



<sup>1</sup>能源分析（国际能源署、能源研究院、美国能源信息署）的标准惯例是以「输入当量」或「热当量」为基础来衡量可再生能源和核能，汇总计算这些电力来源，使其一次能源数据相对于化石燃料（在燃烧过程中的热损耗达 62%）更具可比性。美国能源信息署正在转向新的标准：他们将直接以太瓦时、艾焦耳或英热单位反映可再生能源及核能的电力输出而不进行汇总处理。

第一张图表使用标准的一次能源数据。第二张图表显示全球化石燃料使用的一次能源以及我们按「燃烧后化石燃料能源」计算的另一个系列数据。这根据石油、天然气和煤炭在运输、发电和工业/建筑供暖方面的实际使用计算得出，反映这些燃料的燃烧效率（分别为 30%、38%和 90%）。后一个系列的数据与可再生能源和核能更具可比性，因为该系列所表示的数值更接近电能所能完成的「工作」量。

<sup>2</sup>《2024 年能源转型投资趋势》，彭博新能源财经，2024 年 1 月，第 7 页

<sup>3</sup>《通胀削减法案气候条款的经济影响》，Bistline 等，引用美国电力研究协会的 REGEN 模型，2023 年 3 月 30 日





本报告主要以转型科学为相关依据，而非想象转型将以何种方式开展。当政治原因影响科学依据时，任何支持理性分析的人应该都会感到不安：

- 根据哥伦比亚大学维护的「沉默科学」(Silencing Science)追踪系统，在特朗普执政期间，联邦政府采取了 346 项反科学行动。行动的类别包括政府审查、自我审查、预算削减、人事变动、研究障碍以及偏见/失实陈述
- 近 400 名美国国家环境保护局科学家表示，他们在 2018 年下半年发现了违反该机构科学诚信政策的行为，但由于「害怕报复、认为报告不会有所作为、会受到机构领导层的压制或干涉，以及认为政治和政策重要性大于科学」而没有报告这些行为<sup>4</sup>
- 特朗普曾承诺重启一项计划，以对数千名联邦员工进行重新分类<sup>5</sup>。其中包括目前永久从事专业工作而不受政治影响的科学家。该计划更方便特朗普政府解雇反对其议程的「流氓官员」。该政府可任命与特朗普保持同样政治立场的人员接替，而不论其科学或技术专业知识的如何

要分清能源转型的虚虚实实，在没有此类干扰因素的情况下尚且举步维艰。而关于适当的能源转型政策，目前存在诸多各有理据的争论。举例来说，美国国家环境保护局将在今年春季敲定针对现有燃煤电厂和新建天然气电厂的标准，这些发电厂可能需要将碳捕集作为获批运营的先决条件。有人可能会对该限制的成本和技术准备程度展开争论。但是，从事能源和环境实证分析的科学家不应受到干扰。

岑博智(Michael Cembalest)

摩根资产管理

#### 缩略词

**BEV** 纯电动汽车；**BNEF** 彭博新能源财经；**BTU** 英国热单位；**CHP** 热电联供；**CCS** 碳捕集与封存；**CF** 容量因数；**DACC** 直接空气碳捕集；**DOE** 美国能源部；**DRI** 直接还原铁；**EI** 能源研究所；**EIA** 美国能源信息署；**EOR** 提高原油采收率；**EPA** 美国国家环境保护局；**EV** 电动汽车；**FERC** 联邦能源管理委员会；**FF** 化石燃料；**GHG** 温室气体；**GW** 吉瓦；**HGB** 水电、地热和生物质能；**HVAC** 采暖、通风与空调（暖通空调）；**ICE** 内燃机；**IEA** 国际能源署；**IRENA** 国际可再生能源机构；**kg** 千克；**km** 公里；**kW** 千瓦；**kWh** 千瓦时；**LBNL** 劳伦斯伯克利国家实验室；**LCOE** 平准化能源成本；**Li-Ion** 锂离子；**LNG** 液化天然气；**MJ** 兆焦；**MPG** 英里/加仑；**mtpa** 百万吨/年；**MW** 兆瓦；**MWh** 兆瓦时；**NERC** 北美电力可靠性公司；**NRC** 美国核能管理委员会；**NREL** 国家可再生能源实验室；**PHEV** 插电式混合动力汽车；**Quad** 万亿英热单位；**REE** 稀土元素；**SMR** 小型模块化反应堆；**TTF** 所有权转让设施；**TWh** 太瓦时；**UCS** 忧思科学家联盟；**UNCTAD** 联合国贸易和发展会议；**USGS** 美国地质调查局。[3月11日版本]。

<sup>4</sup> 《特朗普总统对科学的战争如何影响公共卫生环境监管》，Webb 和 Kurtz，刊于《分子生物学和转化科学进展》，2020 年

<sup>5</sup> 《特朗普向总统之位发起冲击再次引发对美国科学的担忧》，《自然》杂志，Jeff Tollefson，2024 年 1 月



## 目录

能源电气化新未来：勾勒电气化未来趋势.....	4
<b>Vaclav Smil 的最新见解</b> .....	15
聚焦中国：全球最大能源消费国各式各样的建设正如火如荼地进行.....	16
基本的能源转型图表.....	18
石油和天然气、可再生能源以及核能相关股票的投资回报.....	22
核电：难以捉摸的真实成本指标，德国停用设施／去工业化和纽约州的动向.....	24
<b>Lazard 研究的不足之处：平准化成本的缺漏（第二部分）</b> .....	29
电气化高阶主题：时机、温度、传输和涡轮机.....	30
「氢气疑团」后记：绿氢行业艰难的一年.....	35
「忽略 PUNI」：拥有独特自然能源资源的小国分散焦点.....	38
关于「净零石油」：如果能够接近非常激进的预估目标，便值得尝试.....	40
适当的掩埋：生物油的封存能否比二氧化碳捕获和封存更受青睐？.....	44
假设性问题：加沙重建和分布式太阳能作用的思想实验.....	46
附录一：美国和欧洲能源供需及全球液化天然气市场.....	50
附录二： <b>Electrify America</b> 、 <b>Waymo</b> 和吉普的电动汽车不幸遭遇.....	52

## 上一年能源主题

敬请访问我们的[《放眼市场》能源报告档案页面](#)，查阅去年讨论的主题：

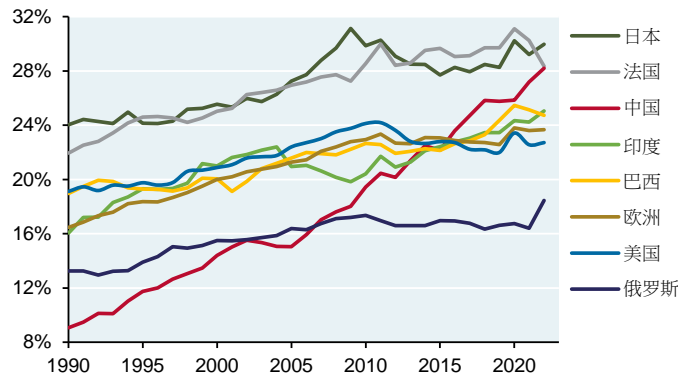
- 美国输电困境和日益增长的风能／太阳能项目联网队列
- 应用到可再生能源时，有缺陷的平准化成本概念
- 深入探讨关键矿物、地质资源丰富度以及中国在能源供应链中的角色
- 生物燃料替代传统航空燃料代价高昂
- 城市固体废物的效益和局限性，以及对欧洲固体生物质能的争议
- 碳封存进展缓慢以及烟气二氧化碳浓度的相关问题
- 电动飞机、核聚变、太空太阳能、直接空气碳捕获和全自动乘用车网络等如梦似幻的遐想
- 对美国甲烷排放的实地研究显示，排放量高于向美国国家环境保护局报告的水平



## 能源电气化新未来：电气化未来趋势

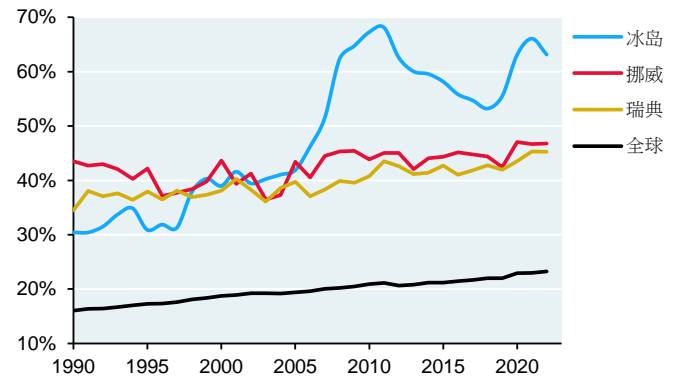
推进电气化的两大理由：**(a)**能电气化就能脱碳；及**(b)**电动机和电热泵的效率高于使用化石燃料的相应设备。在大部分国家，电气化占能源消耗总量的**20%-30%**。关于电气化占比较高的国家有大量的新闻报道，但真正了解挪威其中情况的人并不多，而右图所示的三个国家并不能很好地代表全球其他地区的情况。如果说有什么值得注意的事情正在发生，那就是中国的电气化程度在不断提高。

主要国家/地区：最终能源消费量中的电力份额  
百分比



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年。

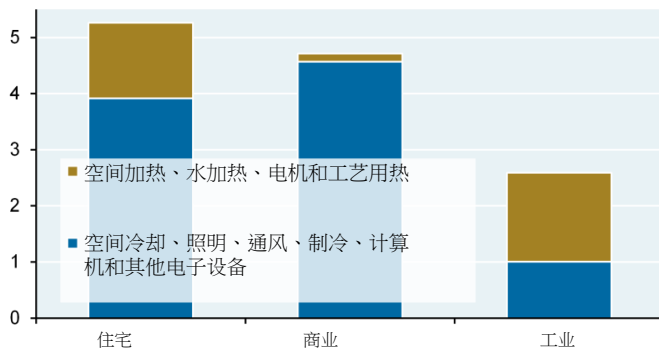
电气化程度最高：最终能源消费量中的电力份额  
百分比



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年。

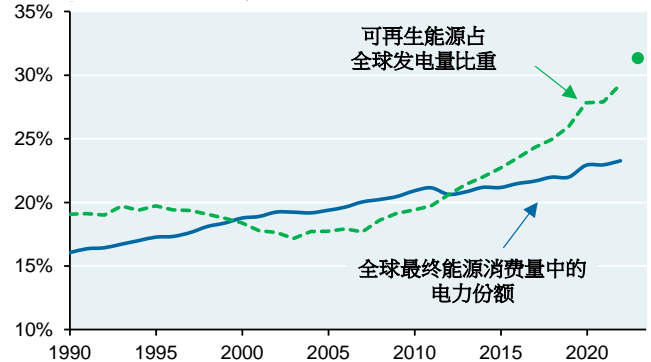
**电有哪些用途？**主要用于住宅、商业及工业的空间冷却、照明、数据中心、计算机设备、通风及部分空间加热。运输和工业部门的用电量一般非常小，热能仍是空间加热的主要形式。即右边的图表所示：**电网脱碳（绿线）的速度比电气化速度（蓝线）要快**。换言之，电网越来越环保，但电网用途的扩展速度却慢得多。

美国电力使用：主要是暖通空调  
千万亿英热单位



资料来源：美国能源信息署、摩根资产管理，2023年。交通运输的数值太小，无法以0.06万亿绘制。

电网脱碳速度超过能源使用电气化速度（全球），百分比



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、国际能源署、摩根资产管理，2023年。

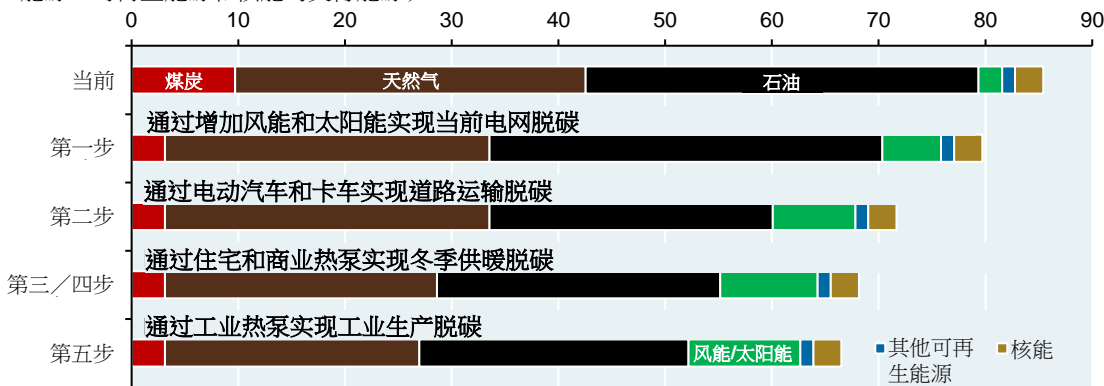


能源电气化新未来的运作方式。每个国家都设定了不同的路线图，但许多细节与下文概述的美国版本类似<sup>6</sup>：电网进一步脱碳，同时，公路运输、冬季供暖和工业生产的电气化程度也在增加。整体情况是：在考虑了电动机和电热泵的效率后，随着化石燃料能源从当前水平下降 34%，只需要 8-9 万亿英热单位的电能即可取代 27 万亿英热单位的化石燃料能源。

**挑战：**美国发电量需要增加约 34%（即与 1993 年至 2022 年这 30 年间的发电量增长百分比相同），风能和太阳能发电量增加约 400%，以及足够的后备热能和电池储能，以处理更大电网中 53% 的间歇性可再生能源发电量。后面几页将介绍每个步骤；电气化的全部增长都假设通过新增风能和太阳能来提供电力。从脱碳的角度来看，如果以额外的天然气来提供电力，电气化的意义不大。

**能源电气化新未来的代价有多高？**我不知道；彻底的评估须包括电费缴纳人和纳税人的成本增加。例如，它需要考虑对美国电价的影响（自 2019 年以来，电价的上涨速度超过了核心通胀、食品价格和汽油价格）以及对纳税人补贴的增量成本（即第一页提到的 8,000 亿到 1.1 万亿美元）。

美国电气化愿景路线图，一次能源（万亿英热单位），美国能源信息署新公约（化石燃料的一次能源，可再生能源和核能的交付能源）



资料来源：美国能源信息署数据、摩根资产管理假设，2024年。其他可再生能源主要是水力发电

	当前	电气化愿景	变动
交付的一次能源（万亿英热单位）	85.4	66.5	-22%
化石燃料一次能源使用（万亿英热单位）	79.4	52.2	-34%
风能+太阳能发电（万亿英热单位）	2.2	10.5	376%
风能+太阳能发电（太瓦时）	645	3,069	376%
总发电量（万亿英热单位）	14.7	19.7	34%
总发电量（太瓦时）	4,321	5,775	34%
风能+太阳能占发电量比重	15%	53%	38%
可再生能源占发电量比重	23%	59%	36%

资料来源：摩根资产管理，2024年对一次能源使用美国能源信息署新公约。

<sup>6</sup> 电气化设想存在差异。例如：麻省理工学院 Saul Griffith 发表《电气化：乐观主义者的清洁能源未来展望》。Griffith 在 2023 年 10 月发表了一篇文章，文中列举了短途航空电气化的可能性，而短途航空并不在我们的分析范围内。我们并未设想航运或航空的电气化。在去年的报告中，我们解释了短途航空旅行（200 英里内）如何做到仅占航空排放总量的不到 5%，因此即使加入短途航空，也不会对我们的设想造成太大的影响。



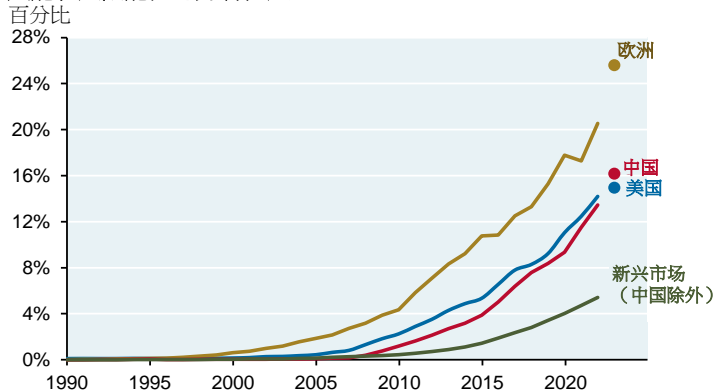
## 第一步：在提升电气化水平之前，通过增加风能和太阳能实现美国电网脱碳

- 目前：风能=10%的发电量，太阳能=5%的发电量
- 能源电气化新未来：风能占比上升至19%，太阳能占比上升至18%；限电5%
- 煤炭发电占比从20%降至5%，其余部分通过减少天然气实现

能源电气化新未来的第一阶段将是增加现有电网的风能和太阳能。切记，这可能不会导致天然气发电容量的广泛降低。「容量信用」估计电网每增加一兆瓦风能和太阳能可切断的天然气发电容量兆瓦数，而美国的比例仅为10%-25%（见第18页）。换言之，除新增发电容量、输电和储能成本外，能源电气化新未来的总成本还包括发电容量冗余。自2002年来，虽然风能和太阳能的发电容量大幅增加，但德国的热能并未下降。德国的二氧化碳排放量和热容量因子虽有所下降，但仍须建设与维护该国的火电厂。

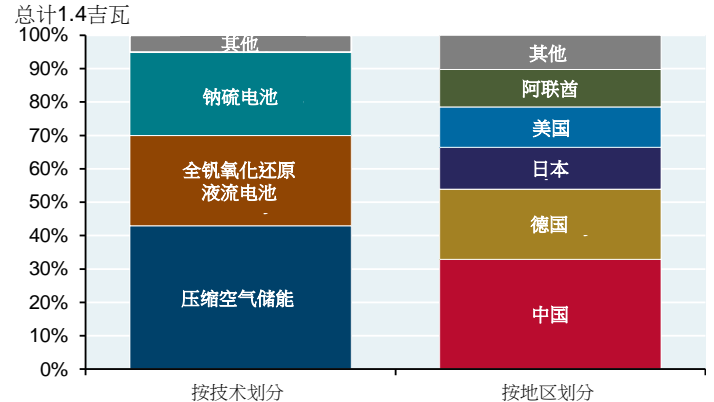
美国方面，抽水蓄能占公用事业规模储能的70%，而化学电池则占另外的28%。在化学电池中，几乎全部电量都是4-6小时的锂离子容量。如果风能/太阳能建设增加且天然气调峰电厂被淘汰，则长时间储能将成为能源电气化新未来的关键部分，因为4-6小时的锂离子电池储能不够使用。钒氧化还原和硫钠等新型化学长时间储能电池方法才开始与压缩空气储能一起部署。但需要明确的是，全球长时间储能容量依然十分有限，仅占所有储能形式的0.5%左右。造成低长时间储能容量的原因在于：高成本、低技术准备程度以及需要提高往返效率（即压缩空气为40%-60%、液流电池为65%-80%，而锂离子电池则为90%左右）。

风能和太阳能占电力消耗比重



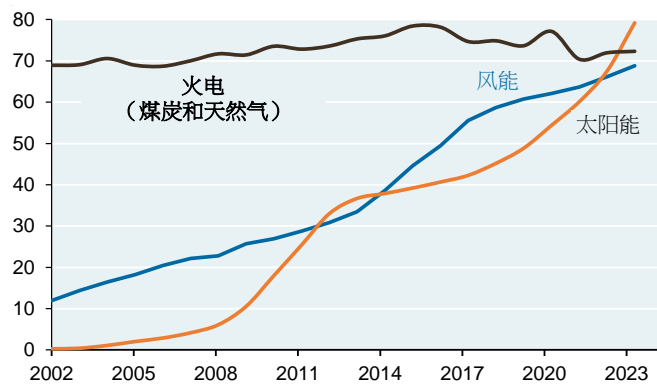
资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、国际能源署、摩根资产管理，2023年。

按技术和地区划分的长期储能



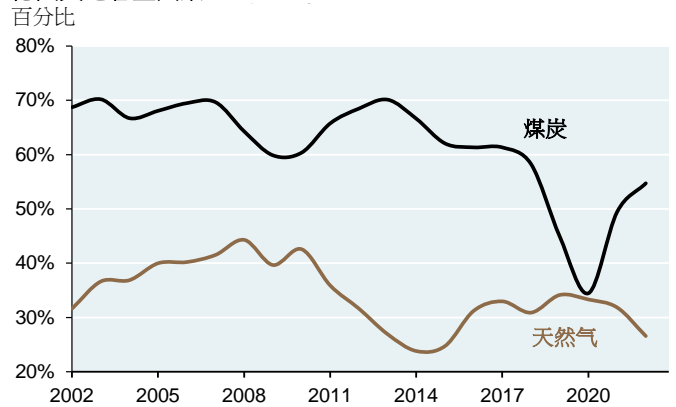
资料来源：「2023年全球长期储能更新」，彭博新能源财经，2023年9月

德国风能、太阳能和火力发电装机容量，吉瓦



资料来源：Fraunhofer Institute、摩根资产管理，2024年

德国火电容量因素



资料来源：能源研究所统计年鉴、Fraunhofer Institute、摩根资产管理，2023年





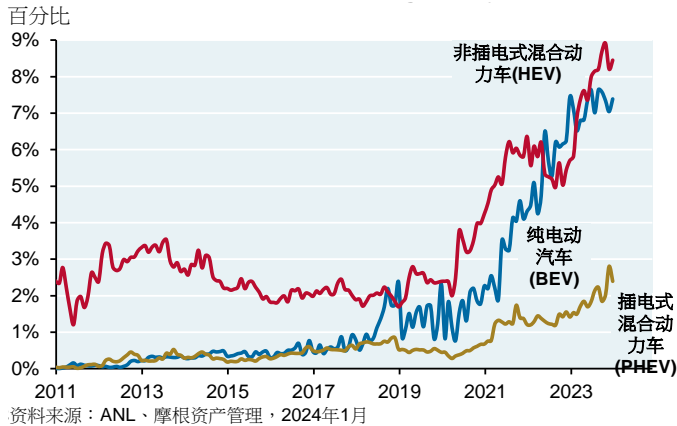
## 第二步：美国乘用车、轻型卡车和8级卡车脱碳：持续增长，但仍处于起步阶段

- 目前的车辆构成：电动汽车占乘用车和轻型车辆的1.5%，占8级卡车的0.6%
- 能源电气化新未来：假设内燃机汽车/轻型卡车是23英里/加仑和电动汽车是0.33千瓦时/英里，电动汽车将取代50%的乘用车能源石油使用量；假设内燃机卡车是6.5英里/加仑和电动汽车是1.7千瓦时/英里，电动汽车将取代50%的货运和商用轻型卡车能源石油使用量<sup>7</sup>

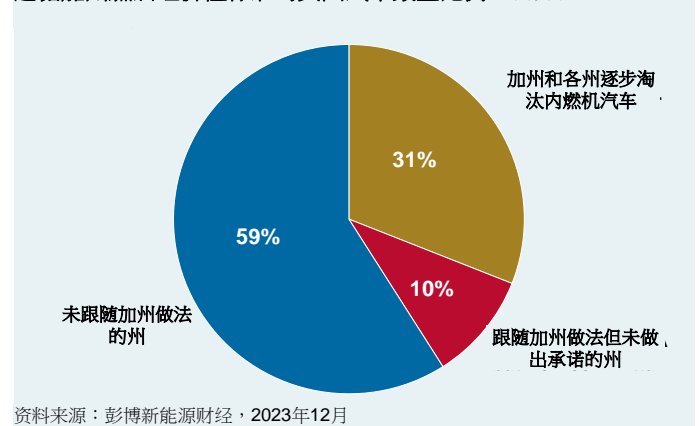
算上纯电动汽车和插电式混合动力汽车，美国电动汽车目前的销量占比为10%<sup>8</sup>，但电动汽车仅占小汽车构成的1.5%，而在8级卡车构成中的占比则更低；在车辆使用时间达到12年或以上的情况下，改变车辆构成需要时间。越来越多州份在效仿加州，逐步淘汰内燃机汽车；占现有汽车保有量三分之一的州份都制定了这样的计划。制造商的电动汽车资本承诺还表明，道路交通将迎来电动时代，但我好奇这将需要多长时间。

彭博新能源财经估计，到2037年，美国的汽车保有量中将有50%为电动汽车，但这需要在目前的水平上加速普及。对于以下情况，我想知道彭博新能源财经会如何评价：2023年12月，美国经销商的电动汽车库存达到114天的历史最高水平，是前一年水平的两倍（这些数据不包括直接向消费者销售的特斯拉和Rivian车辆）。福特和通用汽车正在削减电动汽车的生产，通用汽车和本田放弃了生产较低价格电动汽车的计划，以及一个由4,000家汽车经销商组成的联合体要求拜登政府停止电动汽车的授权。换言之，能源电气化新未来电动汽车的预测非常乐观，并可能将花费相当长的时间。

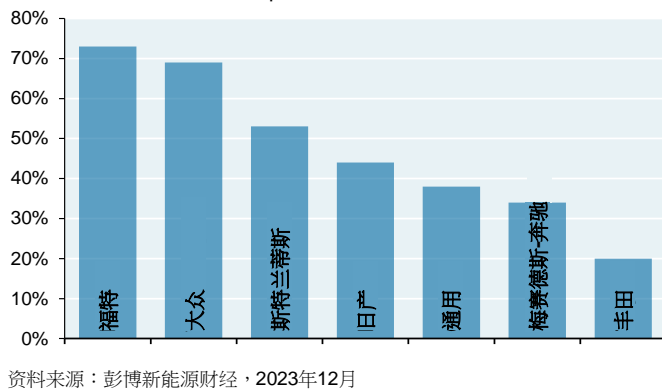
美国电动汽车销量占轻型汽车总销量的百分比



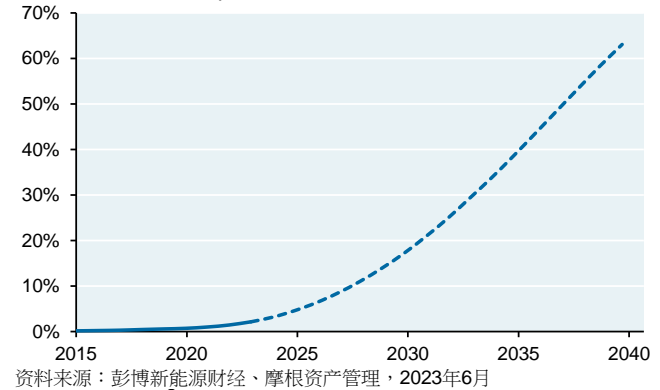
遵循加州燃油经济性标准的美国汽车数量比例，百分比



电动汽车和数字科技的研发和资本支出承诺  
占研发和资本支出总额的百分比



根据彭博新能源财经预测，电动汽车在美国汽车中所占比重  
纯电动汽车和插电式混合动力车占整体汽车百分比



<sup>7</sup> 内燃机汽车：美国车辆是23英里/加仑（美国交通部）；半挂式卡车是6.5英里/加仑（菲尼克斯卡车驾驶学院）；电动汽车：特斯拉Model X是0.33千瓦时/英里（美国能源部）；特斯拉半挂式8级全电动半挂式卡车是1.7千瓦时/英里（特斯拉）

<sup>8</sup> 类似丰田普锐斯这样的非插电式混合动力汽车通常不计入电动汽车总量，因为与内燃机汽车相比，这类汽车每英里的排放量仅减少20%左右，而电池续航里程仅有1-3英里





### 第三步和第四步：通过住宅和商业空气源热泵实现冬季供暖脱碳

	目前供热用途比例			未来热泵份额	性能系数	燃气炉效率
	热泵	化石燃料	电阻加热			
住宅	6%	74%	20%	50%	3.0	90%
商业	11%	75%	14%	65%	3.0	80%

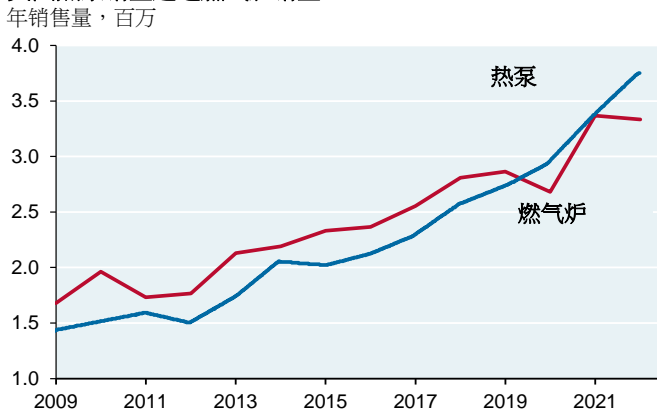
资料来源：「美国商业建筑向热泵屋顶机组过渡」，国家可再生能源实验室；摩根资产管理，2023年5月。

在能源电气化新未来情景中，50%-65%的冬季供暖能源由电热泵满足，而目前的比例为 6%-11%。在欧洲和美国，虽说热泵是冬季供暖的边缘来源，但面临着与汽车一样的挑战：将现有燃烧设备替换为电气设备所需的时间。在美国和欧洲，新屋销售量不到现有住房存量的 1%。因此，如果热泵的销售主要局限于新屋或在熔炉停止工作时的替代（熔炉的已使用达到 20 年以上），则实现这种转型将需要极为漫长的时间。此外：第九巡回上诉法院驳回了伯克利禁止在新建筑中使用天然气的禁令，认为这与联邦法律相冲突；该裁决可能产生重大影响。

第四张图表展示另一个障碍：**成本**。天然气每单位能源较电力便宜，抵消了热泵效率为房屋所有者带来的效益。换言之，如果热泵的性能系数<sup>9</sup>是 3 倍，但用电成本是天然气的 3 倍，则采用热泵的经济效益可能有限。对于使用燃料油和丙烷的用户，热泵转换的激励较大（金色点）。

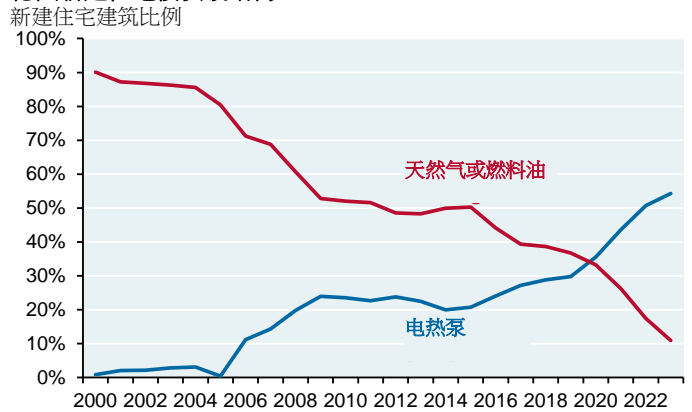
欧洲方面：热泵的采用意味着许多建筑将首次安装空调，这可能将减少欧洲从供暖电气化中获得的能源和排放净收益（见第 33 页）。

美国热泵销量超过燃气炉销量



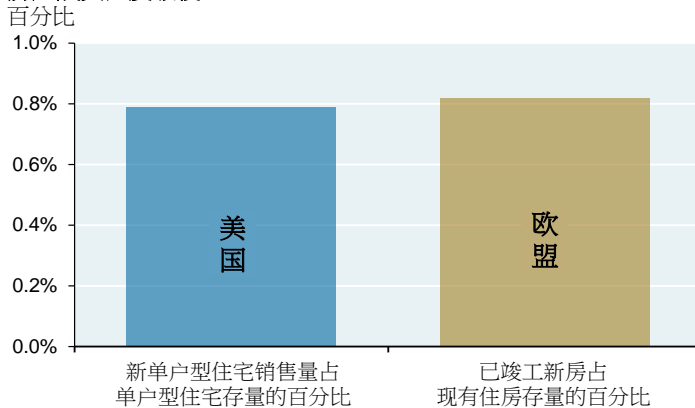
资料来源：空调、供暖和制冷协会，2023年。

德国新建住宅楼供暖结构



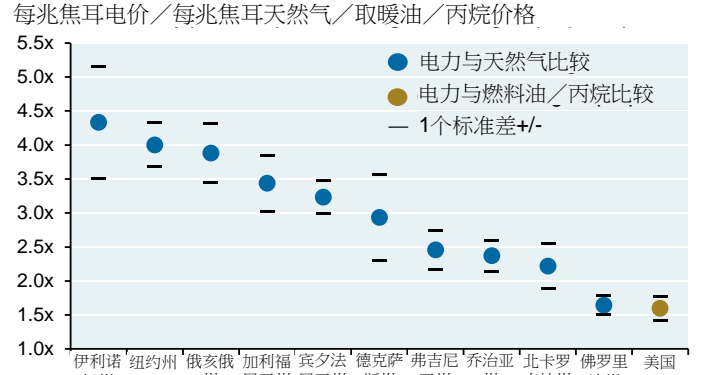
资料来源：AG EnergieBilanzen、摩根资产管理，2023年第二季度

房屋成交速度缓慢



资料来源：人口普查局、经合组织、摩根资产管理，2023年

冬季电价与供暖化石燃料价格比较



资料来源：美国能源信息署、摩根资产管理，2023年。用电量排名前10的州；假设燃气炉效率为90%。住宅定价。

<sup>9</sup>有关热泵性能系数的更多信息，请参阅[本页](#)查看我们的 2022 年能源报告



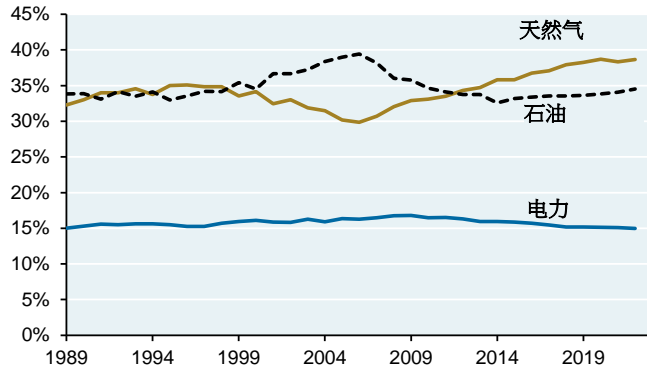
### 第五步：通过工业空气源或地源热泵实现工业生产脱碳

- 当前：14%的工业部门能源使用来自电力
- 能源电气化新未来：假设工业热泵性能系数为 2.0，将有 30%来自电力

30 多年来，电力在美国工业能源使用中的占比一直停滞在 15%左右。根据国家可再生能源实验室，全工业工艺用热中至少一半需要 200°C 或以下的温度。如果事实如此，为什么工业部门不更多地利用能量需求少于熔炉的工业热泵？换句话说，为什么电气化在工业能源使用中的占比没有上升？乐观者认为，我们正处于向工业热泵重大转型的风口浪尖。但在没有任何改变迹象的情况下，也许工业电气化翻倍是一个非常乐观的能源电气化情景。

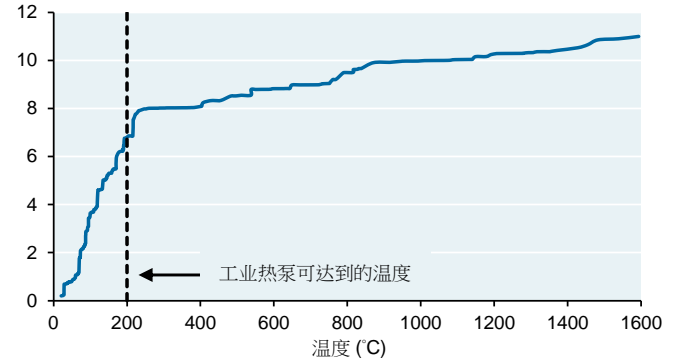
第三张图表或能解释变化速度缓慢的一个原因：就工业用户而言，每单位能量的电力成本高于天然气。换言之，虽然热泵的高效让所需的英热单位减少，但需要付出更高的成本。此外，很多工业设备已完全摊销，因此，在无法确定运营费用会大幅降低的情况下，高昂的前期成本可能会让公司放缓更替设备的步伐。

美国工业能源使用中的电力份额数十年不变，工业能源使用中的份额



资料来源：美国能源信息署、摩根资产管理。2023年。

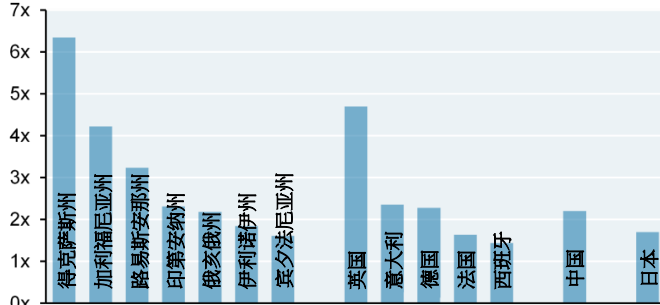
按温度划分的累计工业工艺流程热量使用  
千万亿英热单位



资料来源：「2014年制造业热能使用情况」，McMillan (NREL)，2019年

#### 电力：用于工业供热时成本是天然气的2-6倍

产生每兆焦耳的电力成本除以产生每兆焦耳的天然气的成本（工业用户，假设工业炉效率为85%）



资料来源：美国能源信息署、欧盟统计局、CEIC、摩根资产管理。2023年9月。所示各州是美国一次能源的最大工业用户。

#### 按板块和类型划分的工业能源消耗，万亿英热单位

	燃料	原料	总计
化工	2,815	4,326	7,141
石油/焦炭	3,342	903	4,245
纸	2,488	3	2,491
初级金属	1,734	307	2,041
食品	1,511	-	1,511
非金属矿产	1,161	-	1,161
所有其他类型	247	599	846
总计	13,298	6,138	19,436

资料来源：美国能源信息署，2018年

电热泵的替代方案：太阳能与热能储能协同，在此方案中，能量用于供热并在无需电化学电池的情况下实现储能。举例而言：在隔热钢容器内的砖块中实现长期储能；风扇带动空气从砖块中流动以获取热量。这很像 20 世纪的做法，但可能比电化学替代品更便宜且更具扩展性。



**第二种解释与化学在工业能源中的应用有关，劳伦斯伯克利国家实验室在一篇关于电气化的高低潜力的文章中对此进行了阐释。**

劳伦斯伯克利国家实验室指出，初级金属（钢铁除外）、二次钢<sup>10</sup>、机械、木制品、塑料和橡胶等行业具有**高电气化潜力**，因为化石燃料主要用于的工艺用热可被电热取代。与运输、挖掘、坑内破碎及带式输送系统有关的若干采矿活动同样具备高电气化潜力。如左侧的表格所示。

右侧：**低/中电气化潜力行业**。化学品、纸浆/造纸和食品利用以燃料燃烧余热（热电联供）为相关工艺提供动力的集成系统。热电联供密集型行业较难实现电气化，因为生产商将需要购买曾经以很少甚至无需成本即可获得的能源，及/或重新设计整个工艺。其他难以实现电气化的行业包括玻璃、砖和水泥等非金属矿物，这些矿物需要超过 1400°C 的温度，而且均为不导电固体（即较难实现不导电物体的电气化生产）。最后，石油/煤炭精炼利用了「自用」燃料的消耗，这种能源将在转型为电气化时损失掉。

如饼状图中所示，高电气化潜力行业使用了约 **23%** 的美国工业能源；中等电气化潜力行业使用 **33%**，而低电气化潜力行业使用 **28%**；其余未纳入分析。

**具有高电气化潜力的工业部门**

板块	热量需求	燃料消耗份额： 操作流程		
		暖通空调	加热	热电联产
初级金属（钢铁除外）	1200°C	6%	75%	7%
金属制品	430°C-680°C	20%	61%	7%
机械	730°C	46%	39%	4%
二级钢铁	1425°C-1540°C	4%	87%	0%
木制品	180°C	10%	50%	14%
车辆零部件（干燥）	150°C	31%	33%	12%
塑料及橡胶制品	260°C	20%	33%	24%

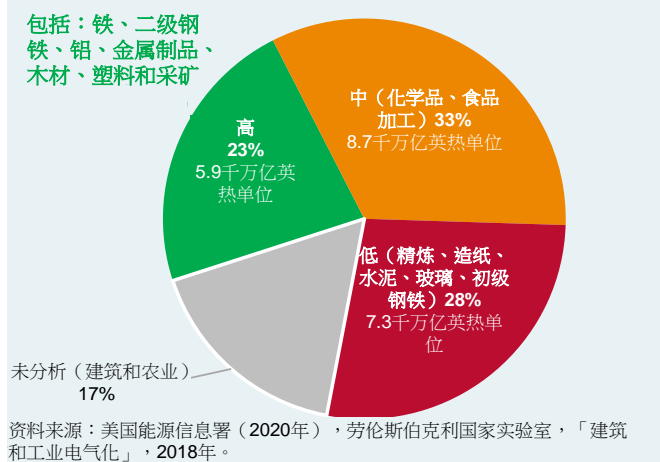
资料来源：劳伦斯伯克利国家实验室，「建筑和工业电气化」，2018年3月。

**具有中/低电气化潜力的工业部门**

板块	热量需求	燃料消耗份额： 操作流程		
		暖通空调	加热	热电联产
食品/饮料	120°C-500°C	4%	25%	40%
化工	100°C-850°C	1%	32%	43%
纸浆和造纸	650°C	2%	21%	63%
非金属矿产	870°C-1600°C	3%	90%	1%
石油/煤炭产品	220°C-540°C	0%	58%	22%

资料来源：劳伦斯伯克利国家实验室，「建筑和工业电气化」，2018年3月。

**美国工业能源使用电气化潜力**



**钢产量**

	一次能源： 高炉氧气炉	二次能源： 电弧炉	占全球钢铁产量的比重
全球	72%	28%	
中国	> 90%	< 10%	53.7%
印度	55%	45%	7.5%
日本	75%	25%	4.7%
美国	30%	70%	4.3%
俄罗斯	66%	34%	4.0%
韩国	68%	32%	3.7%

资料来源：钢铁气候影响基准报告，美国地质调查局，2022年4月

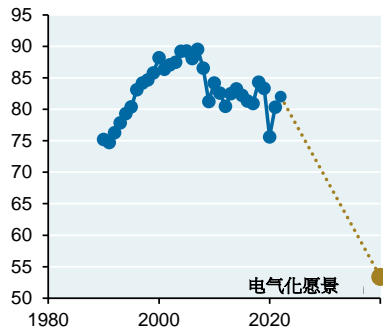
<sup>10</sup> **二次钢**指在电弧炉中熔化并再生的回收钢。在全球全部钢铁中，约有 **85%** 已被回收利用，这就是初级钢生产（由铁和焦炭炼成的铸铁生产）是主要生产方式的原因。使用绿色氢能作为还原剂从氧化铁中剥离氧（而不是使用碳）的试点项目仍处于起步阶段。



## 能源电气化新未来摘要：输电建设可能是最难的部分

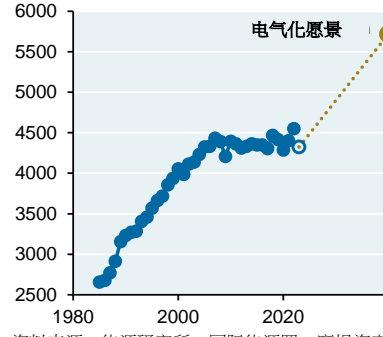
图表显示了能源电气化新未来在美国意味着什么：化石燃料消耗下降 34%、发电量实现相类似的增长以及风能/太阳能发电量增加 400%左右；在此之后，间歇性可再生能源将占更大电网中的 53% 电力。我没有在图表上标注结束日期，因为我不知道这需要多长时间才能完成。

美国化石燃料消耗  
千万亿英热单位



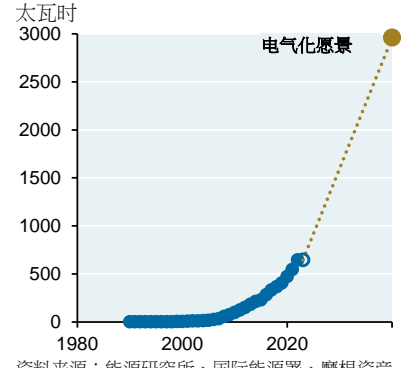
资料来源：能源研究所、摩根资产管理，2023年

美国发电  
太瓦时



资料来源：能源研究所、国际能源署、摩根资产管理，2023年

美国风能和太阳能发电  
太瓦时



资料来源：能源研究所、国际能源署、摩根资产管理，2023年

建设风能/太阳能发电容量并说服汽车、熔炉和其他设备的拥有者进行电气化，可能并非最难的部分。建设更多输电设施可能才是。公用事业在输电和配电上的支出几乎与在发电上的支出一样多。2023年10月，美国能源部发布了一份关于到2035年所需输电的报告，所述情况正如能源电气化新未来：「更高的负荷与高清洁能源增长」。美国能源部估计输电和区域间传输容量所需增长非常之大（见方框/表格），特别是与下一页显示的新增输电增长不断下滑相比。值得注意的是，美国能源部认为，更多的分布式储能未必会导致输电需求降低。

如果没有立法和文化上的转变，让输电系统复制州际高速公路系统、光纤电缆、国家铁路、民航、水路和其他基础设施的增长，那么能源电气化新未来仍将只是：一个愿景而已。

### 到2035年所需的输电增长

与2020年相比，高负载和高清洁能源情景的增长中位数

区域	增长	互连	增长
平原地区(PL)	408%	PL-TX	3519%
三角洲地区(DE)	231%	PL-SW	3238%
中西部(MW)	174%	MO-PL	2102%
山区(MO)	173%	DE-PL	1019%
新英格兰(NE)	126%	NE-NY	835%
西南地区(SW)	118%	MW-PL	730%
德克萨斯州(TX)	113%	DE-SE	572%
东南地区(SE)	102%	MA-MW	474%
中大西洋地区(MA)	61%	MW-SE	416%
纽约州(NY)	46%	MA-NY	412%
西北地区(NW)	31%	FL-SE	295%
佛罗里达州(FL)	24%	MO-NW	202%
加利福尼亚州(CA)	4%	MA-SE	140%
		CA-MO	130%
		MO-SW	129%
		CA-SW	102%
		DE-MW	30%
		CA-NW	25%

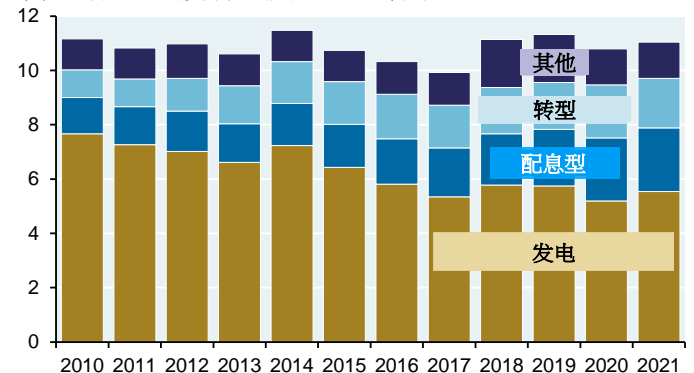
资料来源：「国家输电需求研究」，美国能源部，2023年10月

### 美国输电网，源自美国能源部 2023年10月的报告

目前的区域内输电：85,000 吉瓦英里  
到2030年所需的新增输电：33,000 吉瓦英里（增长39%）  
到2035年所需的新增输电：108,000 吉瓦英里（增长128%）

### 美国公用事业年度支出（按类别划分）

每千瓦时售电量的资本支出美分，2022年美元



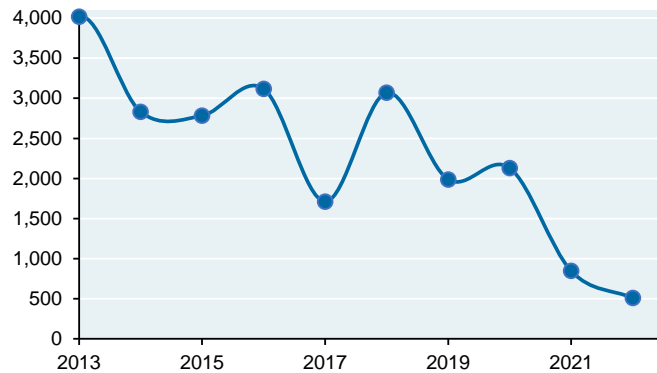
资料来源：美国能源信息署，2023年2月





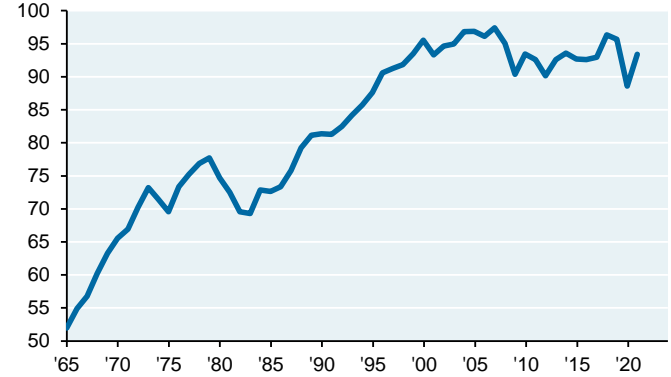
去年我们讨论了建设高压输电线路的困难和耗时的过程。虽然小于 150 英里的项目已在 5-10 年内完工，但超过 400 英里的项目（例如，从威奇托到圣路易斯）可能需要 15-20 年才能完成。另一个问题：不断上升的成本。在美国生产者价格通胀报告中的全部 47 类核心商品中，自 2019 年来的最高增长：变压器设备，增幅达 71%（见第 21 页）。调研机构 Wood Mackenzie 公司报告，发电机变压器和电力变压器的买家需要两年的交货时间，因此能源电气化新未来才刚刚开始。

美国输电线路增长  
每年增加的英里数



资料来源：标普全球、摩根资产管理，2024年。注：输电线路>100 kV。

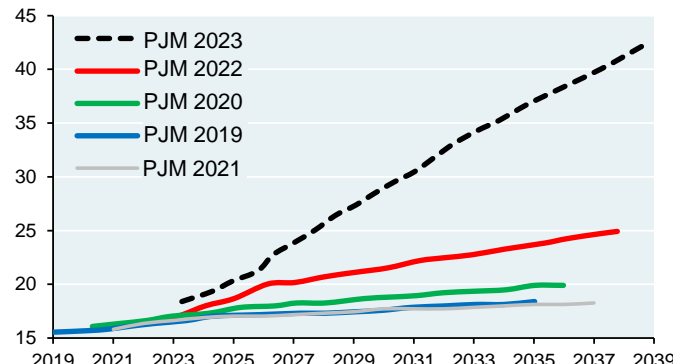
美国一次能源消耗  
千万亿英热单位



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

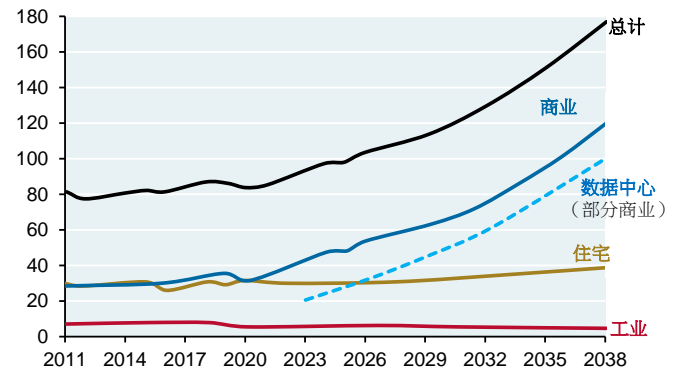
一个重要的警告：我们的能源电气化新未来情景假设，美国的能源需求总量在未来 20 年都不会有太大变化。美国的能源需求与过去几十年保持一致；不断增长的美国人口对能源的需求已被能源效率的不断改善所抵消。然而，人工智能的崛起可能会改变这种情况。举例说明：PJM（大西洋中部）地区已大幅上调对未来电力需求的预测。这些增长完全是由于数据中心的增加所致，旨在满足高级计算/人工智能的需求<sup>11</sup>。美国联合能源公司估计，美国人工智能革命需要的电力可能多于未来的电动汽车阵列<sup>12</sup>。若果情况真是如此，人工智能带来的生产力效益最好足够大，才能抵消电力负荷的增加。结论：人工智能的崛起可能会使通往能源电气化新未来的旅程变得更漫长、更艰难且成本更高。

PJM电力需求预测进展  
吉瓦



资料来源：PJM 2023年电力需求展望，2024年1月28日

按类型划分的PJM需求预测  
太瓦时



资料来源：Dominion Resources综合资源计划，2024年1月28日

<sup>11</sup> 耗电大户微软计划利用人工智能加速开发专用核裂变电站，并已投资多家核聚变初创企业。目前还不清楚这些努力是否会成功，而我对两者均持怀疑态度。一个更有可能的救星是：次二次标度方法和其他技术，最终降低大型语言模型等人工智能形式的计算强度。

<sup>12</sup> 《人工智能对能量如饥似渴。能得到满足吗？》，华尔街日报，2023年12月23日；美国联合能源公司



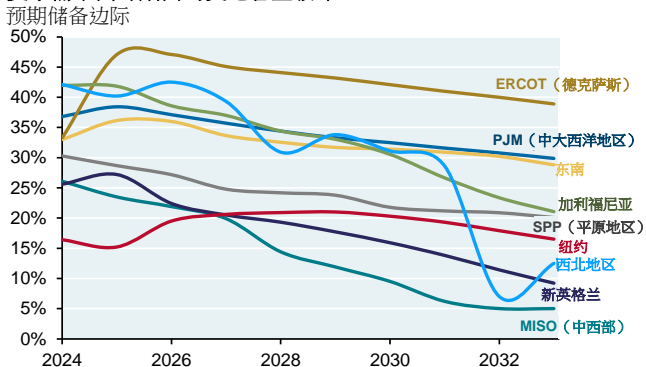
同时，在**第一线：北美电力可靠性公司和联邦能源管理委员会甚至在能源电气化发生之前就对电网发出警告。如果您认为停电很糟糕，不妨等到您读到有关天然气几近中断的报道再作评论吧。**

### 电网、停电风险和美国国家环境保护局提案

由于核电和可调度火电的淘汰以及间歇性太阳能和风能资源的增加，美国城市面临越来越高的停电风险。根据北美电力可靠性公司的表述，从明尼苏达州延伸到路易斯安那州的 MISO 地区，即使在正常情况下也面临最大停电风险。在更为极端的气候条件下，纽约、新英格兰和整个美国西部都有停电风险。北美电力可靠性公司表示，由于电气化，峰值荷载正以「惊人的速度」上升，与此同时，到 2033 年，将有更多的间歇性发电以及 80-110 吉瓦的核能和化石燃料停用（约占当前装机容量的 7%）。「储备边际」指应对夏季需求激增的缓冲，并在左侧图表中显示<sup>13</sup>。

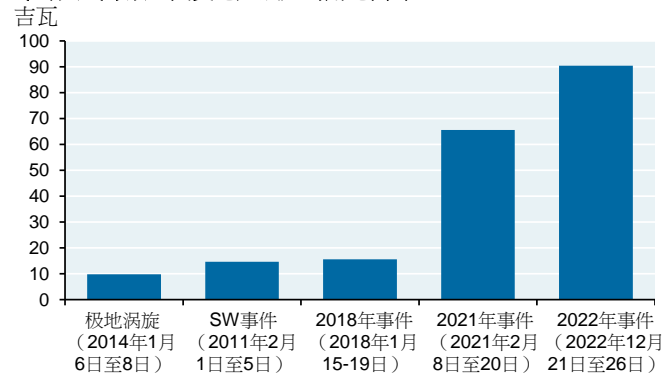
如右图所示，在风暴期间，意料之外的发电损失一直在增加。2022 年，90 吉瓦的备用发电容量约占美国东部预期发电资源的 13%。各位如果担忧风暴期间风电停电，请看饼状图：在 2022 年 12 月的冬季风暴期间，导致大部分意外停电的是天然气系统，而不是可再生能源，可再生能源在冬季的发电量预期很低。确切来说，北美电力可靠性公司并非在为支持更多的可再生能源而发声；他们主张在设备防寒、天然气储存和输电方面增加投资。

夏季需求高峰期间的发电容量缓冲



资料来源：「2023年长期可靠性评估」，NERC，2023年12月

寒冷天气导致全国发电无法应对用电高峰，



资料来源：「冬季风暴埃利奥特报告」，FERC、NERC，2023年10月

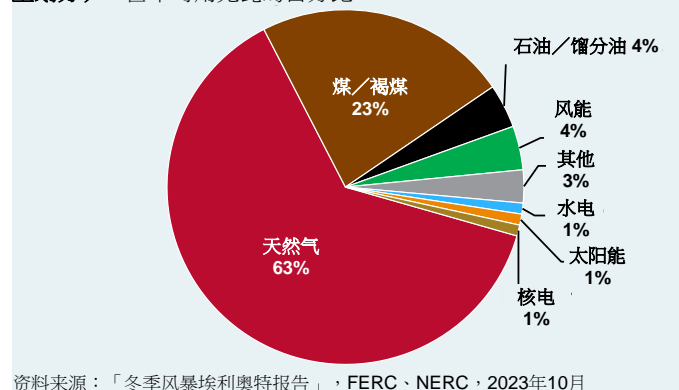
### MISO 对美国国家环境保护局提案的求助呼声

MISO 现在发出警告称，由于风能/太阳能具有间歇性，电网的可靠性面临「紧迫而严峻的挑战」，并披露，仅由于推迟了计划中的发电机组停用，该地区才避免了 2023 年的容量不足。需求因电气化而持续增长，但是新项目则因供应链和监管问题遭受延误。

MISO 的报告警告了当前美国国家环境保护局提案的不利后果，这些提案实际上要求所有燃煤电厂、部分现有天然气电厂和所有新建天然气电厂(a)在特定日期前停用、(b)通过碳捕集和封存进行改造或(c)与绿氢共燃。MISO 将成本和技术准备程度列为实施美国国家环境保护局提案的制约因素。

《MISO 对可靠性要求的回应》，2024 年 2 月

2022年风暴期间计划外发电中断、降载和启动失败（按燃料类型划分），占不可用兆瓦的百分比



资料来源：「冬季风暴埃利奥特报告」，FERC、NERC，2023年10月

关于北美电力可靠性公司预期储备边际的说明。风能和太阳能等可变资源的额定值被北美电力可靠性公司调降至预期峰值。就夏季风能而言，预期峰值容量通常仅为铭牌容量的 10%-20%。就夏季太阳能而言，预期值接近铭牌值的 60%。在冬季，风能调降至铭牌值的 5%-15%，而太阳能则调降至接近零。资料来源：北美电力可靠性公司可靠性评估主任



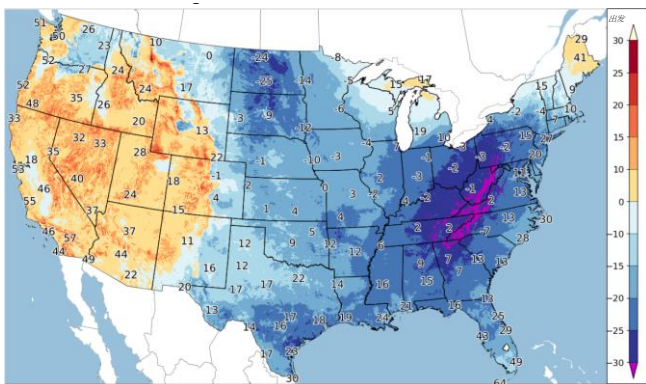
## 当地天然气输配系统

与停电一样糟糕的是，大城市的大范围天然气中断将会非常棘手。这是 2022 年 12 月发生过和几乎发生的情况<sup>14</sup>：

- 温度低于正常温度 20-30 度（见下方地图）导致了天然气生产井口、管道和输配系统出现故障。美国本土 48 个州的干气产量下降了 16%，其中 Marcellus 和 Utica 的产量下降了 23%-54%
- 2022 年圣诞节前夕早上，为 Con Edison 提供服务的州际天然气管道因生产损失和运行问题而出现压力下降。到了中午，管道通知 Con Edison，除非需求减少，否则压力不会改善
- Con Edison 差点就要切断客户的天然气供应，结果将导致客户无法在室外温度只有个位数的情况下为建筑供暖。直到整个系统的压力恢复正常，Con Ed 都是通过备用液化天然气设施来补充天然气供应，最终才勉强地避免了天然气系统的中断
- 如果发生天然气中断，当地的天然气输配公司将需要逐栋楼走访并关闭燃气阀门，确保残余天然气不会渗入指示灯熄灭的单位。在系统恢复过程中，将对主输配系统进行清洗；然后，工人们必须确保每个服务点的供暖和烹饪天然气管道都经过安全清洗并运行，才能恢复服务和重新点亮指示灯。在恢复天然气输配之前，存在安全隐患的房屋或建筑需要进行修复。**13 万名客户遭受服务中断，就可能需要五到七周(!!)才能恢复。**大规模停电还可能造成重大财产损失，因为水在结冰时会膨胀，导致房屋和建筑内的水管爆裂

联邦能源管理委员会/北美电力可靠性公司的解决方案包括天然气设备的冬化处理、增加液化天然气备用供应和增加固定不间断天然气供应合作<sup>15</sup>，这反过来又需要更多的天然气生产和输配。当全部目光都集中在可再生能源转型上时，天然气行业的再投资并不耀眼。但如果向能源电气化转型需时较预期长，这种投资可能无法避免。

从2022年12月24日平均每日最低气温出发，华氏度



资料来源：「冬季风暴埃利奥特报告」，FERC、NERC，2023年10月

## Con Edison平均仪表站入口压力

每平方英寸的磅数



资料来源：「冬季风暴埃利奥特报告」，FERC、NERC，2023年10月

<sup>14</sup> 「冬季风暴埃利奥特报告：2022 年 12 月期间大容量电力系统运营调查」，FERC、NERC 和地区实体工作人员报告，2023 年 10 月

<sup>15</sup> 当天然气客户签订约束性合同时，管道和供应的设计都是为了满足客户的需求。相比之下，可中断客户支付的价格远低于固定费率，因为他们并没有获得预留的管道容量。即便如此，签订可中断合同的客户有时会在不被允许的情况下获取天然气，特别是在严重风暴期间。虽然会牵涉经济处罚，但这并不能解决上游客户消费超过指定输配量的实时问题，从而为下游客户带来严重的问题。这就是 Con Ed 在冬季风暴艾略特期间的遭遇。



## Vaclav Smil 的最新见解

多年来，Vaclav 一直担任本报告的技术科学顾问。他的见解和建议极具价值，有机会向他学习是我在摩根大通 36 年职业生涯的其中一大重点。Vaclav 已于去年迎来八十大寿，而我们仍就各种话题保持通信。我收到了一篇他刚写完的文章，并获得允许于[此处](#)与您分享这篇文章。以下段落摘录自该文章引言（我加粗了部分内容）：

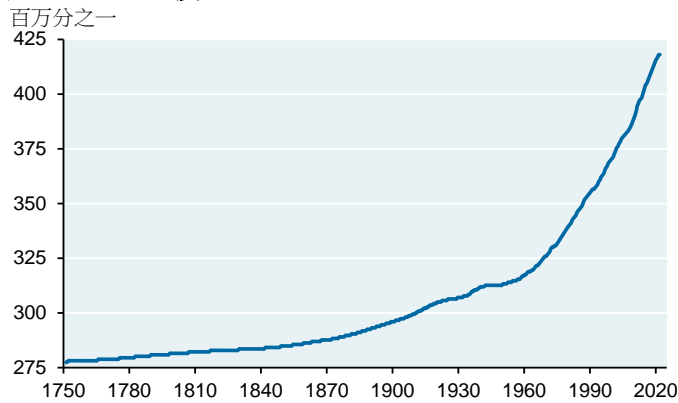
「从数量上讲，我们永远不会耗尽化石燃料：在我们停止使用煤炭和碳氢化合物之后，还会有大量煤炭和碳氢化合物留在地下，因为开采的成本太高了。尽管 2020 年代初我们不会马上面临化石燃料耗尽的危险，但从长远来看，**即使与全球变暖没有任何联系，化石燃料也必须被取代。**化石燃料的转化使现代文明成为了可能，但它们的生产、加工和运输通常会对环境造成破坏，导致包括土地荒废和水污染等影响；它们的燃烧不仅产生二氧化碳，还会产生一氧化碳、氮氧化物（一氧化氮、二氧化氮）、硫氧化物（二氧化硫、三氧化硫）以及颗粒物等污染物；它们高度不均衡的分布造成全球经济不平等，对安全化石燃料供应的追求导致了許多有害政策，并引起周而复始的冲突」

「有史以来，森林砍伐、大规模种植和畜牧业一直伴随着我们，但在过去两个世纪，不断增加的化石燃料燃烧是产生二氧化碳的最大因素，其次是甲烷（产生自稻田、垃圾填埋场、牛和天然气生产）和一氧化二氮（主要产生自氮肥）。人类认识到这些微量气体可能会影响气候已有超过 150 年历史」

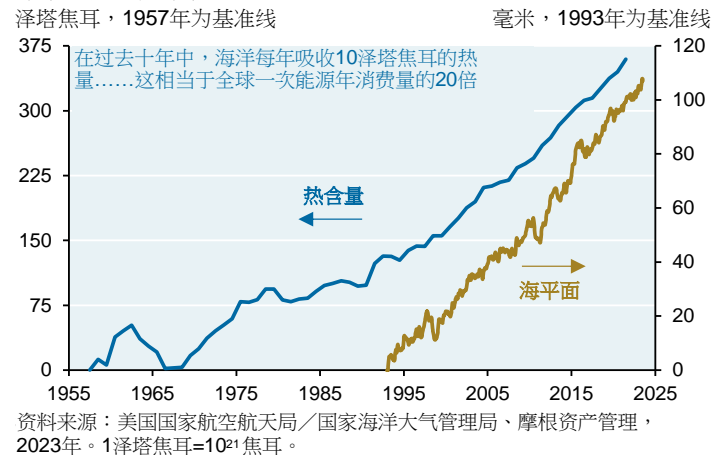
「对全球气候变化的关注已呈指数级增长。我们从中积累很多经验，其中亦存在很多不确定性，但基本事实无可争辩。冰芯分析显示，在前工业化时代，二氧化碳浓度接近百万分之 270；在 1958 年开始监测莫纳罗亚火山时，浓度达到百万分之 313；到 2000 年，浓度达到百万分之 370 并在 2023 年底达到百万分之 420，较 18 世纪末的水平高 50% 以上……这种上升态势，加上甲烷和一氧化二氮的推波助澜，已转化为较 19 世纪平均值上升 1°C 的全球变暖。所有大陆都受到了影响，最近十年的变暖幅度一直在稳步上升，2015 年至 2022 年是有记录以来最热的八年」

Vaclav 文章的其余部分回顾了迄今为止能源转型过程中的成就与挫折、未来的能源需求、用于钢铁生产的绿色氢能、风能与天然气每兆瓦发电量所需的材料、新增输电容量的能源强度、转型成本以及一系列其他主题。如果有读者希望从世界上最杰出的能源科学家之一了解更多关于能源转型信息，Vaclav 的文章很值得一读。

大气二氧化碳浓度



海洋热含量和海平面



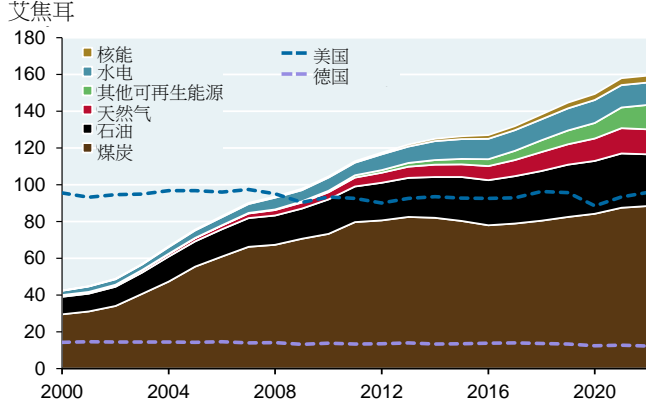




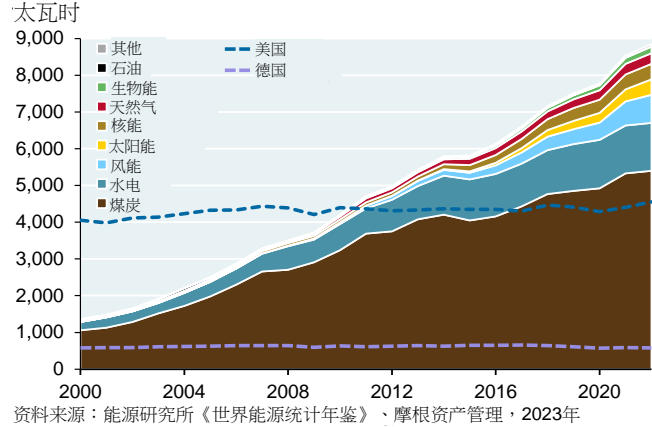
## 聚焦中国：全球最大的能源消费国各式各样的建设正在如火如荼地进行

二十年前，中国的能源消费仅为美国的一小部分，并不比德国高多少。如今，中国的一次能源和电力消费超过了美国与德国的总和。这就是为什么中国在脱碳方面取得如此令人瞩目的进展。

中国一次能源消费（按类型划分）



中国发电量（按来源划分）

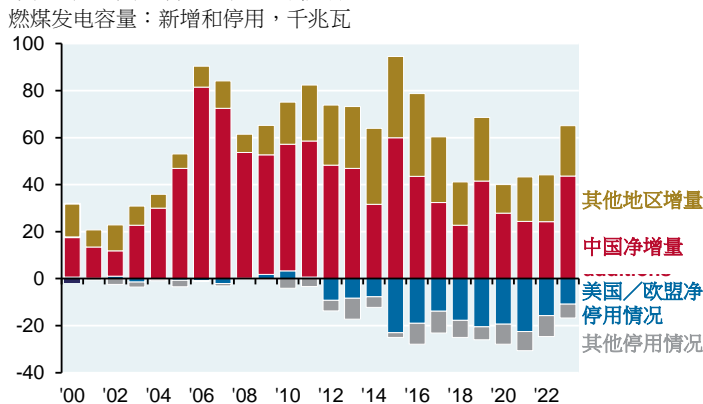


中国持续建设新燃煤电厂广受关注，我们在下文图表显示多年来的进展。中国在 2023 年批准了 106 吉瓦的新建燃煤电厂，其煤炭管道总量增加至 200 吉瓦。中国和印度的煤炭消费量于 2023 年分别增长 5% 和 8%，抵消了美国/欧盟的 20% 降幅，推动全球煤炭消费量在 2023 年增长 1.4%，创下历史新高。

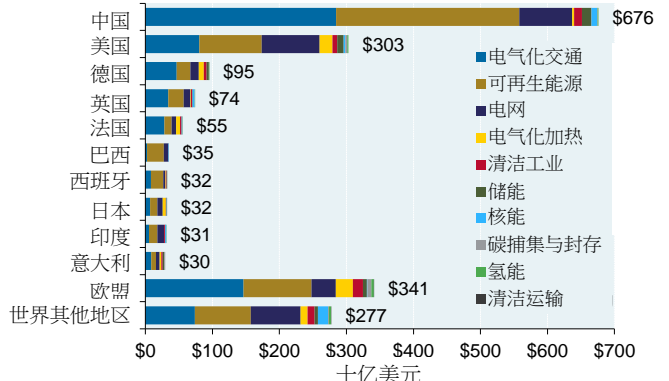
尽管如此，中国同样在建设大量的可再生能源和核能：

- 2023 年，中国新增风能和太阳能装机容量约为 230 吉瓦，同比增长率约为 100%
- 如第 4 页所示，中国能源使用的电气化已超过了美国和欧洲，并且仍在上升之中
- 中国纯电动汽车目前在汽车销售中的占比约为 25%，另有 10% 的占比来自插电式混合动力汽车，比例远高于美国
- 截至 2023 年 2 月，中国运营、在建、拟建及处于远期规划阶段的核电装机容量分别为 57 吉瓦、30 吉瓦、46 吉瓦和 175 吉瓦
- 自 2011 年来，煤炭在中国一次能源消费中的占比从 70% 降至 55%，每年下降约 1.3%
- 中国的电网投资使其太阳能弃光率从 2020 年的 10% 降至仅为 2%<sup>16</sup>
- 右下角图表显示中国如何成为推动全球能源转型投资的主要力量

中国对全球燃煤发电容量的影响



2023年最大的转型投资国家

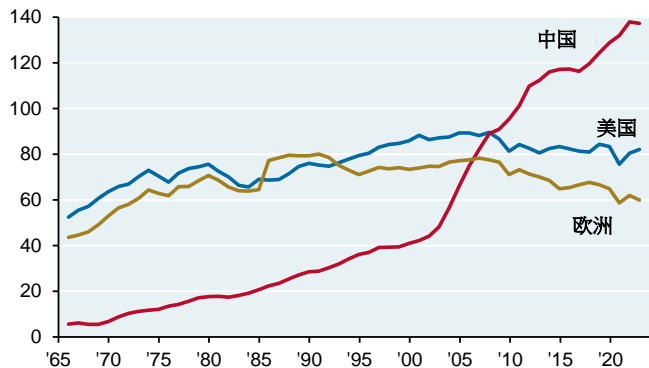


<sup>16</sup> 《中国如何成为全球可再生能源的领导者》，Wood Mackenzie，2023年11月20日



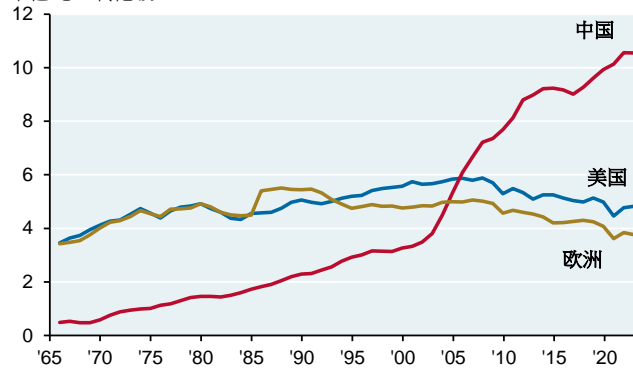
这是一个好消息，但中国的能源需求一直在增长，不像西方的能源消费那样停滞不前。因此，可再生能源在中国能源和电力使用中的占比，并不像发达国家那样可作为排放量下降的衡量指标。下方图表显示了排放量和化石燃料消耗的绝对水平。中国的排放量是否接近停滞状态？由于中国在可再生能源和核能领域的持续投资，很容易让人认为可能接近停滞状态。我们将会在未来3-4年看清需要了解的情况；请谨记，之前在2013年至2017年处于停滞状态最终只是一个假象。

化石燃料消耗  
千万亿英热单位



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

能源产生的二氧化碳排放  
十亿吨二氧化碳

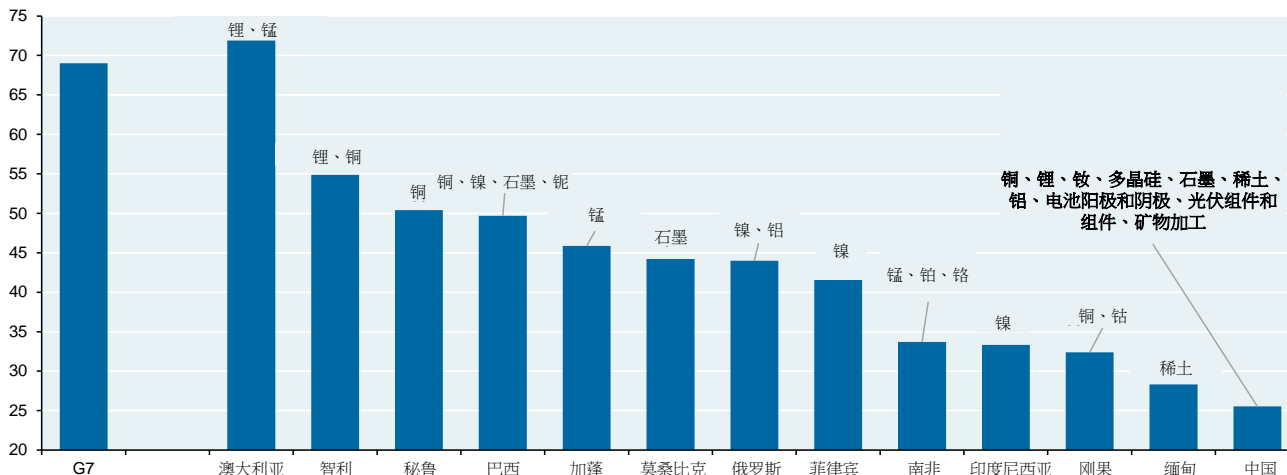


资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

在去年的报告中，我们很详细地讨论了可再生能源供应链和中国。下文将阐述七国集团面临的挑战。Y轴显示了按国家划分的环境健康和腐败指数（数值越低，说明各国的环境越差并且相关政策越不健全），同时还描述了各国在可再生能源供应链中的情况。除澳大利亚外，这些国家大多得分很低，特别是中国。因此，虽然七国集团可以尝试为可再生能源开发自身的天然资源和加工供应链，但这些国家将与中国等国家竞争，而后者几乎总是能够以更低的成本和更少的监管来实现。往期《放眼市场》文章中有两个例子：据报道，中国不受监管的稀土元素行业占其稀土总产量的40%以上；以及中国的多晶硅工厂（主导着全球太阳能供应链）经常向河流和湖泊倾倒有毒废物，因此中国70%的河流和湖泊不适合人类使用。

转型矿产一般在环境保护较差、政策较为不健全的国家采购和加工

指数，环境健康得分（75%）+政策不足得分（25%）；0=最不环保且政策最不足



环境健康：PM2.5、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、重金属、臭氧、铅、饮用水、生物多样性等

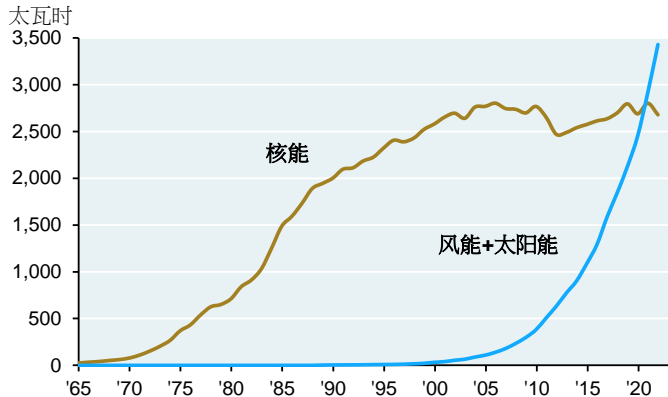
资料来源：耶鲁EPI环境指数、透明国际、摩根资产管理，2023年。



### 基本的能源转型图表

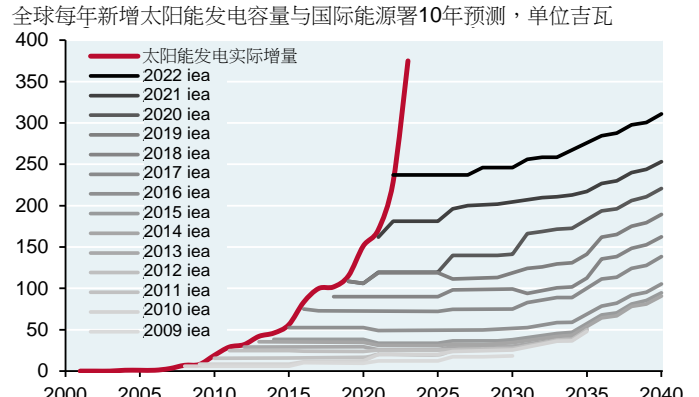
每年，我们都会收录跟踪能源转型的进展、成本和挑战相关的图表。本页内容：全球风能/太阳能发电量超过核能；国际能源署一直低估太阳能的新增容量；ISO 容量信用表明，由于风能/太阳能具有间歇性，当电网增加 1 兆瓦风能/太阳能时，热气/动力煤的需求浸会下降 10%-25%；在中国和欧洲，化石燃料在一次能源中的占比下降速度快于美国；全球水电容量因子一直在下降；以及除越南和印尼外，煤炭在一次能源中的占比一直持平或不断下降。

#### 全球核电与风能+太阳能发电



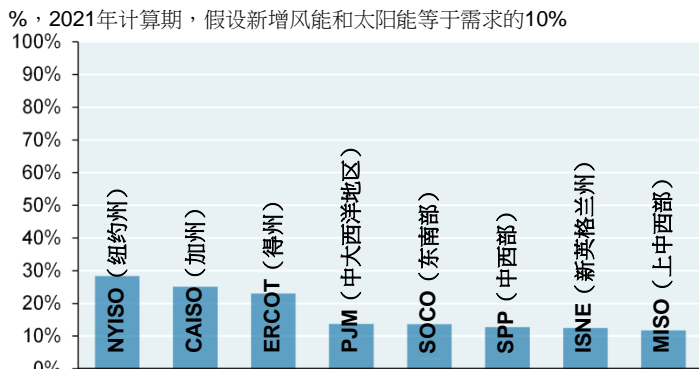
资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

#### 国际能源署一贯低估太阳能发电容量的增长



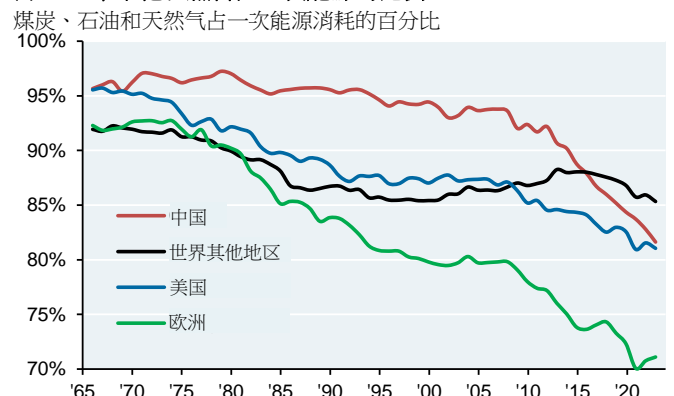
资料来源：碳简报、彭博新能源财经。2023年。IEA=国际能源署。

#### 每兆瓦新增风能和太阳能电力可减少多少天然气发电容量？



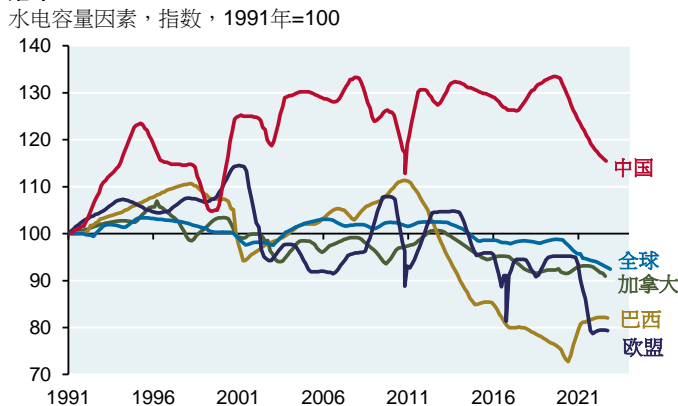
资料来源：美国能源信息署数据、摩根资产管理计算，2022年

#### 自1965年来化石燃料占一次能源的比例



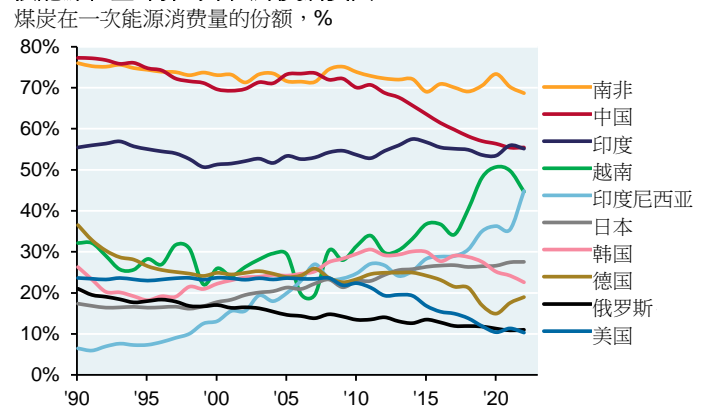
资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

#### 落水



资料来源：美国能源信息署、摩根资产管理，2023年

#### 按能源含量计算的十大煤炭消费国



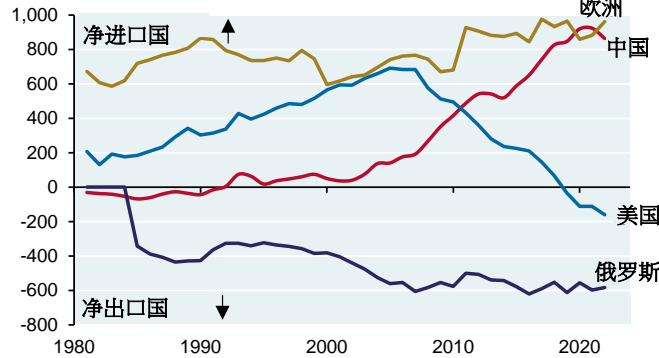
资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理。2023年。



本页内容：美国 40 年来首次实现了美国能源独立，而欧洲和中国则在竞争全球能源资源；能源密集型制造业一直在向发展中国家转移，原因与发达国家的外包和发展中国家自身的消费有关；可再生航空燃料替代品非常昂贵，因此如果美国军方试图实现航空能源使用的脱碳，将会面临成本和供应方面的挑战<sup>17</sup>。根据最后两张图表，碳捕集与封存面临着一个基本的物理挑战：虽然燃煤电厂和天然气电厂占工业排放量的大头，但它们的烟气中二氧化碳浓度最低，从而增加二氧化碳捕集与隔离的成本和复杂程度。

### 能源依赖和独立程度

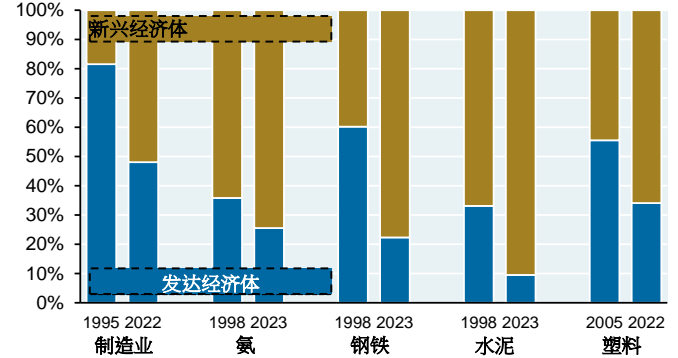
石油、天然气和煤的净进口量，以百万吨石油当量计。



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

### 能源密集型制造业向新兴世界转移

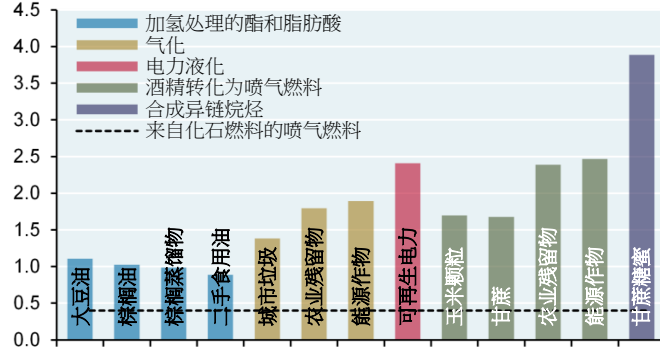
占全球产量的百分比



资料来源：联合国经济与社会事务部、国际钢铁协会、泛欧塑料工业协会、美国地质调查局、摩根资产管理，2024年

### 可再生喷气燃料成本估算

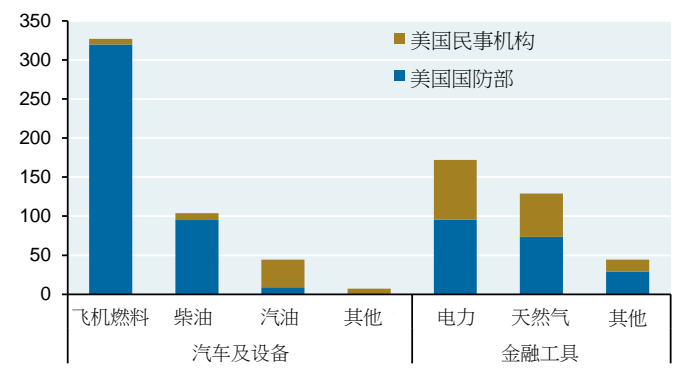
成本（欧元/升）



资料来源：皇家学会政策简报，2023年2月。能源作物包括油籽、芒草和杨树。

### 联邦政府能源消耗

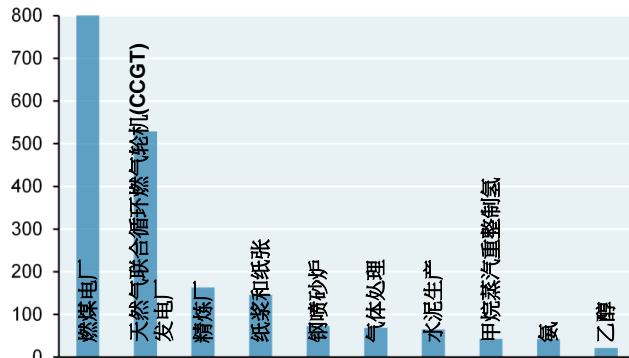
万亿英热单位



资料来源：美国能源部、摩根资产管理，2022年

### 美国工业部门每年的温室气体排放量

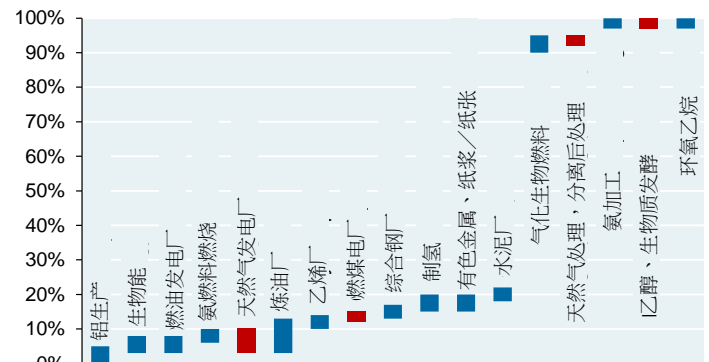
百万吨二氧化碳当量



资料来源：能源期货倡议，2023年2月。

### 烟道气流中的二氧化碳浓度

百分比（按体积）



资料来源：IPCC、瑞典科学环境研究院、宾夕法尼亚州立大学、摩根资产管理，2022年。

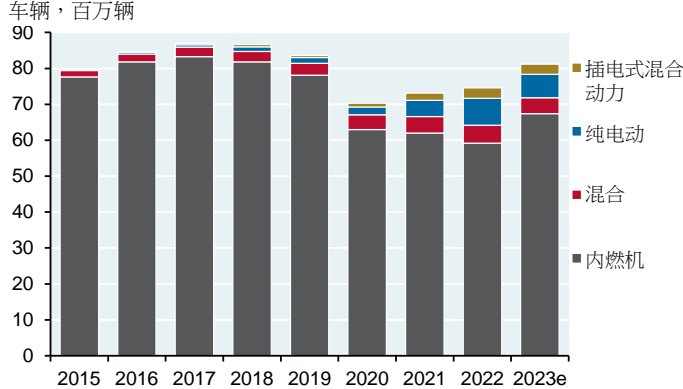
<sup>17</sup>需要明确的是，推出 60 吨 M1 艾布拉姆斯坦克的电动版本怪诞不经；要达到 250 英里的续航里程，电池重量须达到坦克自重的三分之二





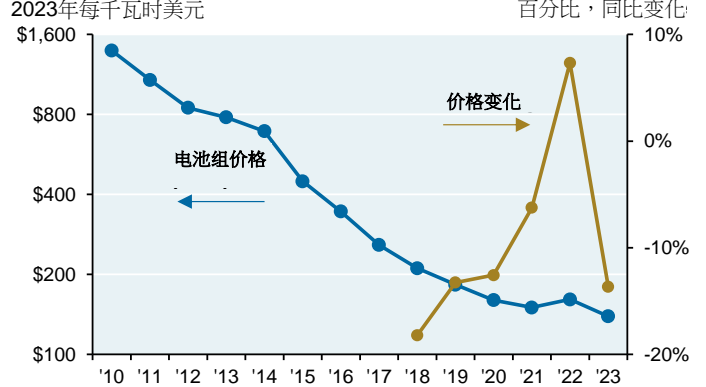
本页内容：**2023** 年全球内燃机乘用车销售反弹；锂离子电池组价格在 **2022** 年短暂飙升后持续下跌；每种电池类型的电动汽车金属成本解释了汽车制造商为什么首选磷酸铁锂电池（即不含钴或镍）；中国和欧洲的电动汽车在汽车销售中的占比居世界首位；美国汽油需求似乎已经见顶，因为行驶里程已经达到了新冠疫情前的水平，而汽油需求则尚未达到；以及按车型划分，内燃机汽车的行驶里程继续上升。  
注：全球汽油需求已升至超过 **2019** 年的峰值，与美国的数据形成鲜明对比；而由于部分购车补贴到期，德国的电动汽车销量的份额有所下降。

**全球乘用车销量（按传动系统划分）**



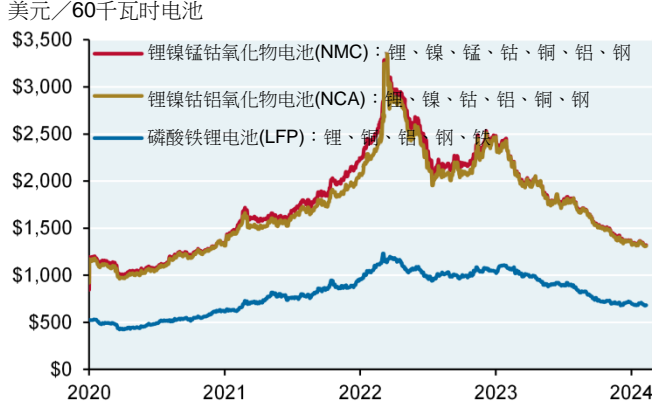
资料来源：彭博新能源财经，2023年12月

**锂离子电池组体积加权平均价格**



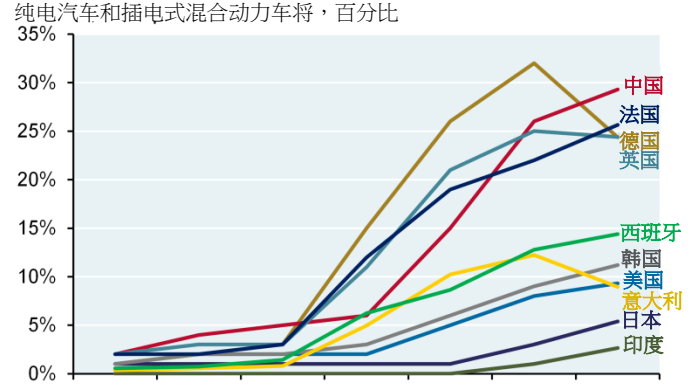
资料来源：彭博新能源财经，2023年12月

**每种电动汽车电池类型的估计金属成本**



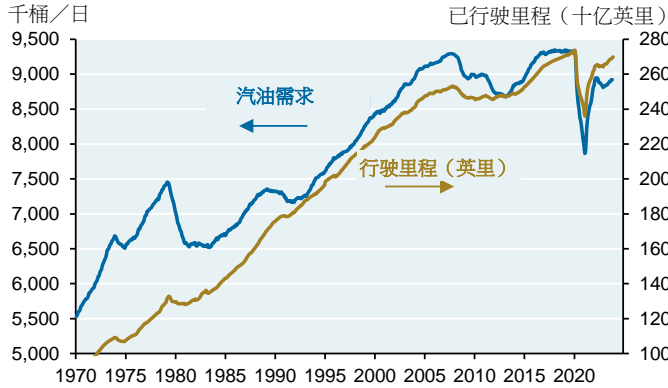
资料来源：伯明翰大学（英国）、ANL、彭博财经、摩根资产管理，2024年2月13日

**电动汽车占乘用车销量的份额，最大的汽车市场**



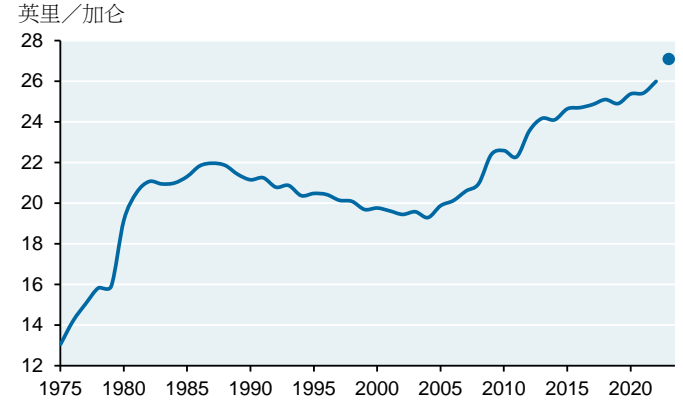
资料来源：彭博新能源财经、彭博财经、摩根资产管理，2023年第三季度

**美国汽油消耗量vs车辆行驶里程**



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2023年12月

**美国真实世界平均燃油经济性（按车型年份）**



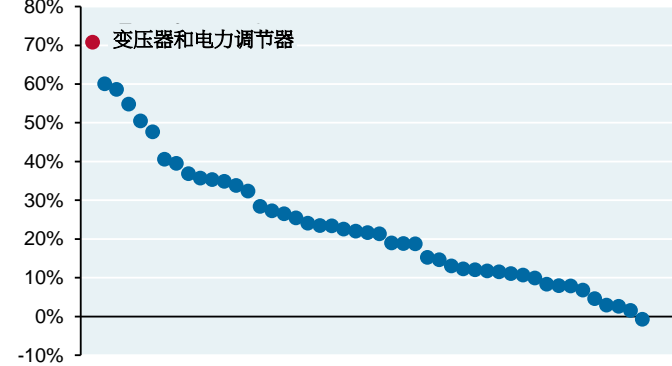
资料来源：美国国家环境保护局、摩根资产管理，2023年



本页内容：自 2019 年来，在所有用于生产的商品中，变压器和其他输电设备的通胀最高；除巴西和印尼外，以玉米、甘蔗和棕榈油生产的生物燃料通常很少，仅占一次能源的 1%；水力压裂油气生产在美国能源供应中所占的比重越来越大，目前占一次能源消费的 50%以上；在美国和欧洲，计划的碳捕集与封存容量占当前排放量的 6%-7%，但碳捕集与封存项目的完成率一直很低，因此预测含有推测的成分。最后一张图表：生产合成燃料导致的巨大能源赤字，以从大气二氧化碳和绿色氢能中生成绿色甲烷的萨巴捷尔反应堆为例。除能源赤字外，还需要考虑碳捕集设备和电解槽的成本。明年，我们将更为详细地讨论合成燃料。

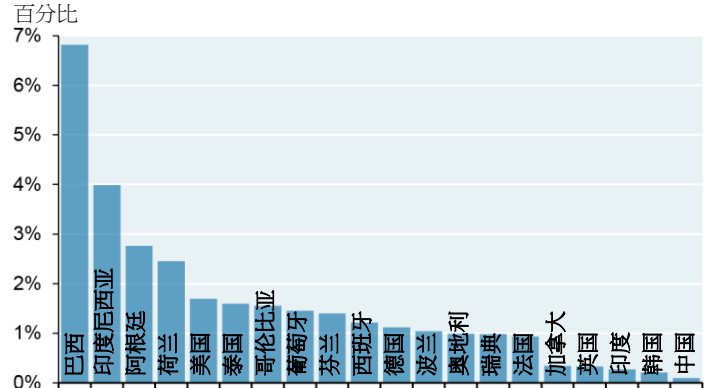
核心商品生产物价指数组成通胀

47个核心商品类别与2018年相比增长百分比



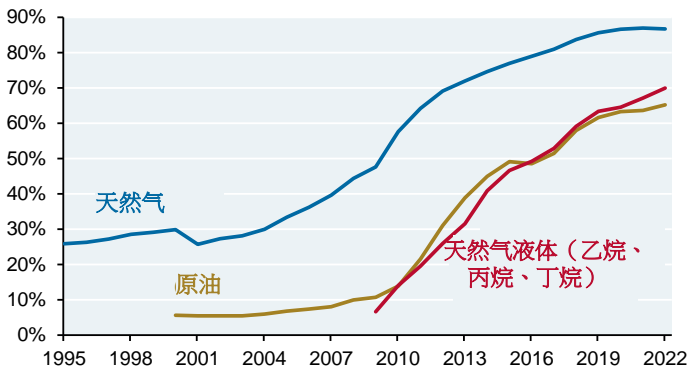
资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月

生物燃料产量占一次能源的百分比



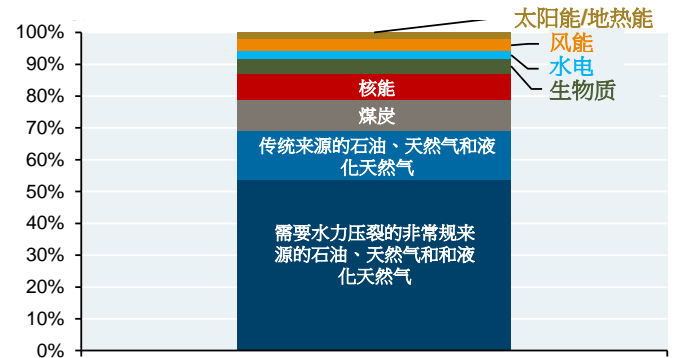
资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

到2022年底，美国石油和天然气产量中来自水力压裂的百分比



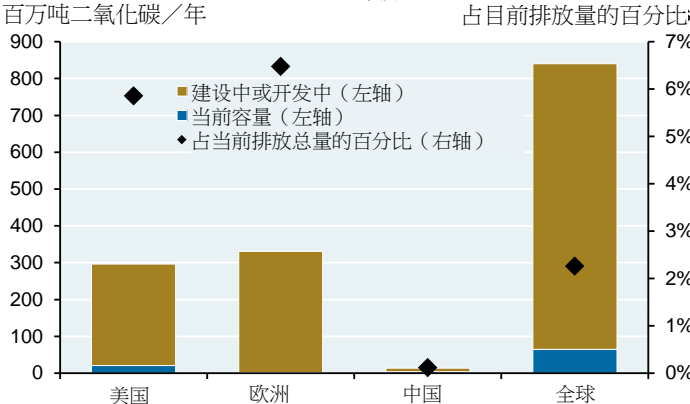
资料来源：美国能源信息署、美国能源部、摩根资产管理，2022年

2022年水力压裂占美国一次能源消耗总量的53%



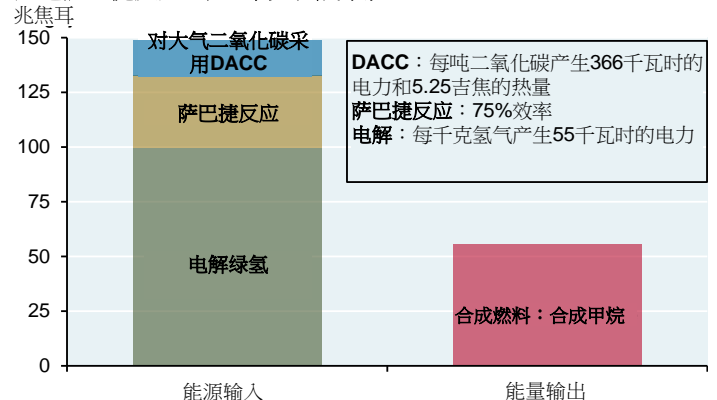
资料来源：美国能源信息署、英国石油、石油工程师协会、标普普氏、摩根资产管理，2022年。

目前碳封存vs计划到2030年实现的碳封存



资料来源：全球碳捕获和储存研究院、OWID、摩根资产管理，2024。

通过萨巴捷反应生产1千克合成甲烷



资料来源：Spitfire Research, Keith等人(DACC)、摩根资产管理，2024年

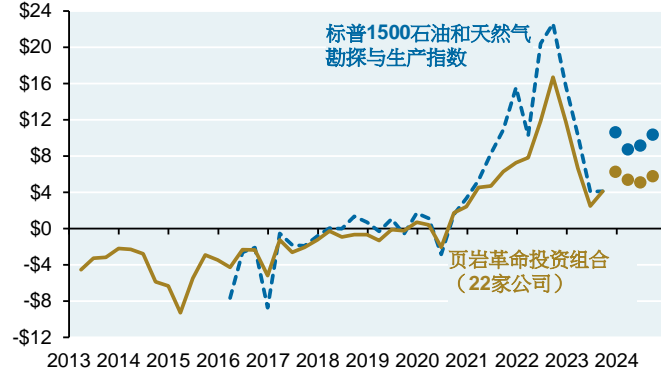


## 石油和天然气、可再生能源以及核能相关股票的投资回报

在经历 2013 至 2020 年的无盈利期后，传统能源行业的盈利能力大幅改善。但由于担忧搁浅资产风险及一些机构投资者不能或不愿投资该行业的程度，能源行业的估值倍数仍处于低位。2021 年至 2023 年 11 月，最好的能源交易是做多传统能源行业，并做空可再生能源。美联储在 2023 年 11 月的政策转向使可再生能源估值回升；我认为 2024 年不会出现显而易见的赢家，因为无利可图的能源商业模式已承受了大部分损害。请注意，底部图表显示美国油气生产的飙升过程。

### 石油和天然气于2021年结束亏损的十年

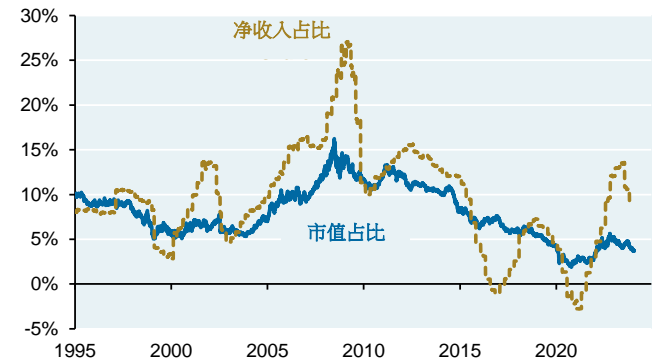
自由现金流，十亿美元



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2023年第三季度

### 标普500指数中能源股占总市值和净收入的份额

百分比



资料来源：Factset、摩根资产管理，2024年2月12日

### 能源行业估值相对于标普1500指数的百分位排名（截至2024年1月的可用数据）

	企业价值现金流比率 (EBITDA)		自由现金流收益率	
	过去12个月	未来12个月	过去12个月	未来12个月
石油和天然气勘探	0	3	73	95
石油和天然气设备和服务	1	0	96	98
综合石油和天然气	4	2	87	84
石油和天然气勘探和生产	4	8	85	83
石油和天然气精炼和市场营销	6	17	91	90
石油和天然气储存和运输	8	5	81	82
能源	2	4	87	85

资料来源：FactSet、摩根资产管理，2024年1月

### 投资回报：可再生能源与传统能源比较

指数（100 = 2019年1月）



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月9日

### 美国石油和天然气产量飙升

百万桶/日

万亿立方英尺/月

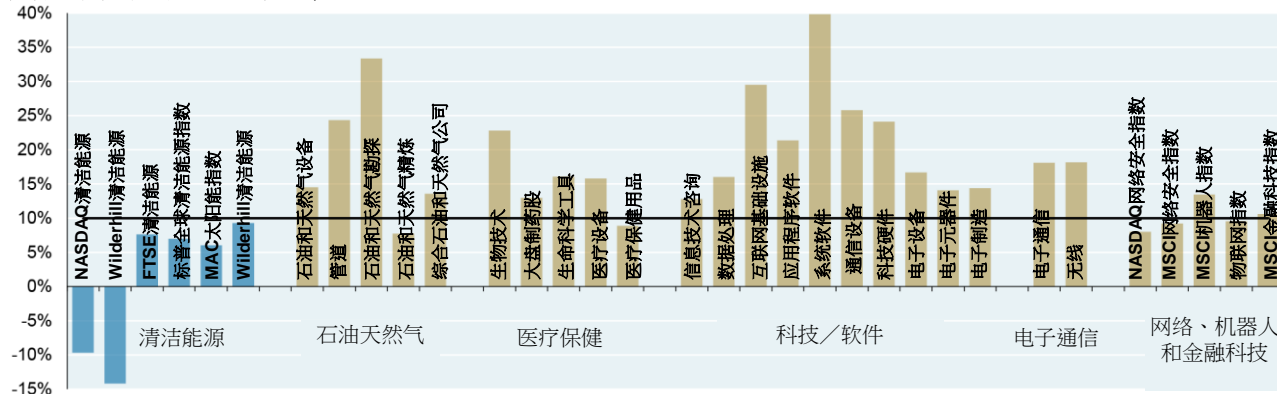


资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2023年11月



可再生能源指数表现不如许多投资者预期的一个主要原因是：虽然被视为成长型股票，但它们的经营利润率普遍低于各种成长型行业 and 传统油气行业。

按行业和指数划分的营业利润率



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年3月1日

另一个值得注意的趋势：与核能挂钩的公司**在2023年反弹**。如我们在下一节所讨论的，西方有很多关于核能复兴的讨论。迄今为止，几乎没有证据表明这一点，但中国、印度和俄罗斯有很多在建或处于规划阶段兆瓦级核电项目（见表格）。MVIS全球铀和核能指数追踪铀和核能行业中至少有**50%收入**来自核能的公司的表现。铀的现货价格已达到福岛核事故后的高位，这一水平可能将刺激更多的开采项目。表格中表现最佳的前三位均为铀生产商。

全球能源ETF价格

指数（100=2022年1月）



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月13日

全球铀和核能ETF的十大持仓

名称	国家/地区	自2023年1月1日起以美元计价回报
全球铀及核能ETF	-	43%
Cameco Corp	加拿大	93%
Nexgen Energy	加拿大	73%
NAC Kazatomprom	哈萨克斯坦	60%
Constellation Energy	美国	51%
中国广核集团公司	中国	37%
CEZ AS	捷克共和国	20%
Endesa Sa	西班牙	10%
PG&E Corp	美国	1%
Public SVC Enterprise	美国	1%
Fortum Oyj	芬兰	-22%

资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月12日

正在筹划中的核电，总吉瓦数

	建设中	建议	规划
新兴国家	61	95	304
其中中国	30	46	175
发达国家	9	13	48

资料来源：世界核协会，2024年



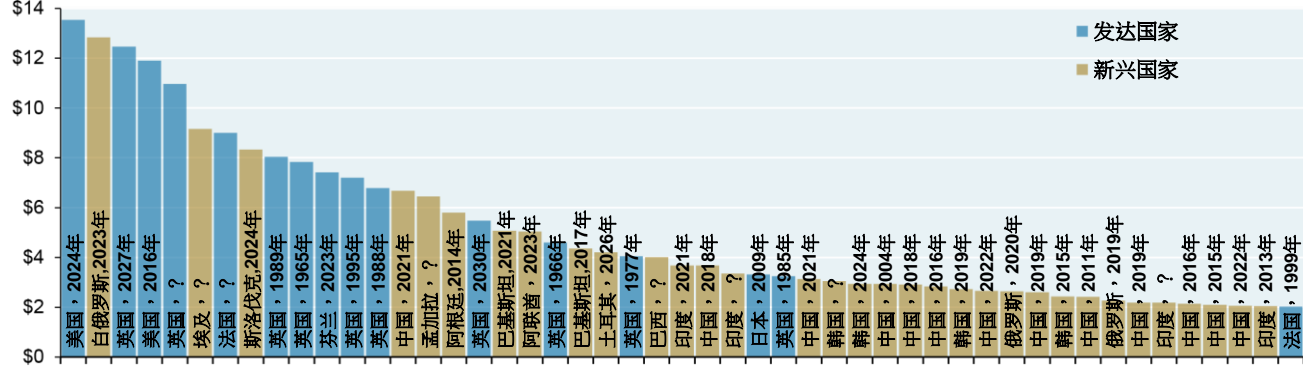


## 核电：难以捉摸的真实成本指标，德国停用设施/去工业化和纽约州的动向

除与商业化核聚变有关的问题外<sup>18</sup>，能源领域最难以捉摸的问题都围绕建造核裂变电站的实际成本而展开。2023年12月，来自22个国家的领导人宣布了到2050年前将核电容量增加两倍并延长现有核电站寿命的计划。建造新核电站的开销有多大？这取决于以哪些国家为例。地区差异解释以下大部分差异，而这些差异不大可能消失。裂变核电站的规模和类型（沸水或轻水、加压水、高速增殖反应堆等）并没有以任何有意义的方式解释成本差异。对于在西方建造的任何核电站，最近美国、英国、法国和芬兰的成本大幅超支是符合逻辑的计算起点<sup>19</sup>。

按国家和完成年份划分的核资本成本

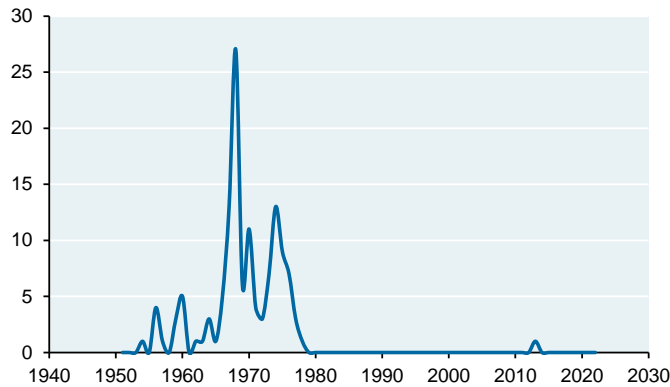
2023年每兆瓦数百万美元



资料来源：Britain Remade、世界核新闻、路透社、彭博财经、美联社新闻、能源经济与金融分析研究所，2023年

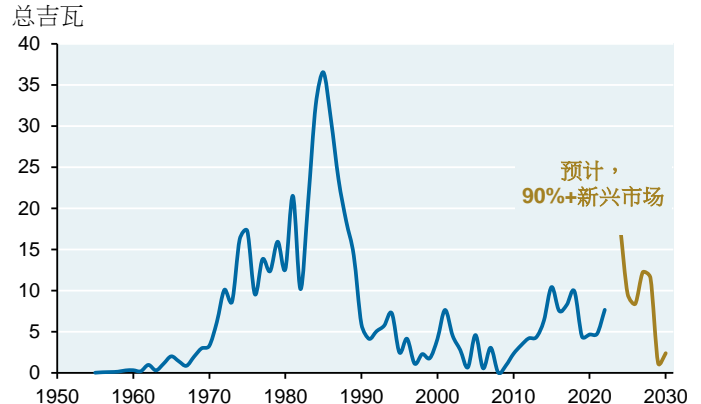
「只要我们建造多些，价格就会下降」的论点如何成立？在美国，为了实现这个效果，必须切实地重新激活核电建设。我甚至无法确定一年5个核电站能否达成这一目标；为了实现这种协同效应，建造步伐可能需要达到每年5-10座核电站。

按开工年份划分的美国核电站数量



资料来源：动力堆系统数据库、摩根资产管理，2023年12月

全球核电站竣工年份



资料来源：动力堆系统数据库、摩根资产管理，2023年12月

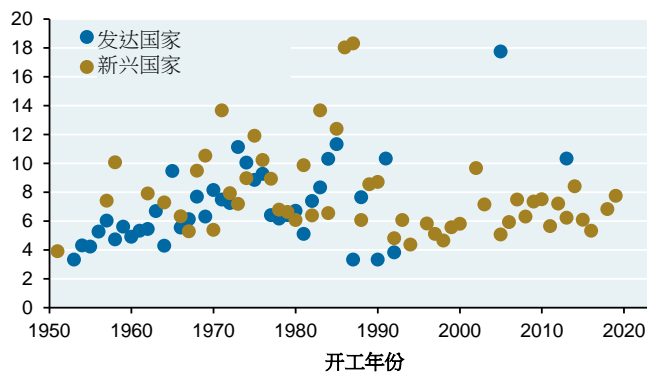
<sup>18</sup> 全球对私营核聚变公司的投资现已达到62亿美元。四家公司预期在2030年供电，另外19家预期在2035年供电。希望永存。

<sup>19</sup> Flamanville (法国) 于2007年开始建造；到2020年，已超出预算5倍。项目经理必须在现场解决结构异常、冷却焊缝故障和火灾/爆炸等问题。经过更多的延期和成本超支，现在计划于2024年投入运营。Hinkley Point (英国) 的建造将额外花费130亿美元，继在8年来第5次增加预算后，将较计划多花几年时间。两个反应堆的总成本现在估计达460亿美元，是最初预测的两倍。Vogtle 3 (美国乔治亚州) 推迟了7年，并较最初的140亿美元预算高160亿美元。Olkiluoto (芬兰) 计划在2009年完工；该核电站于2023年竣工，最终耗资120亿美元，达到最初估计的三倍



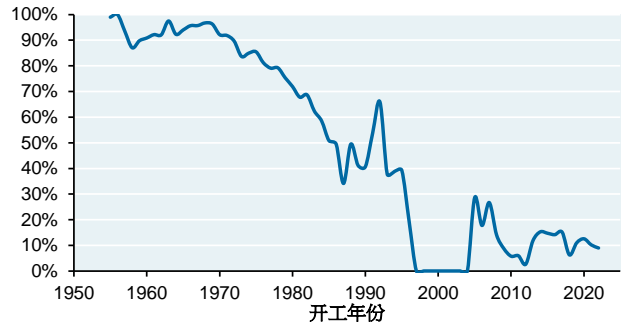
如果一个国家愿意建造核裂变电站，那么至竣工需要多长时间？左边图表显示，对于发达国家来说，这个问题有多难回答。在发达国家，于1960年至1990年期间开始建造的核电站平均需要4至10年的时间完工<sup>20</sup>，但自1990年以来，有关发达国家的观察数据凤毛麟角，因此不得而知。中国、印度和俄罗斯等发展中国家的核电站6至8年竣工，但这与西方能够实现的速度毫无关系。

按年份和地区划分的平均核电站完工时间



资料来源：动力堆系统数据库、摩根资产管理，2023年12月

20世纪80年代，全球核电建设从发达国家转向发展中国家  
全球新建核电兆瓦的发达市场份额，5年滚动平均值



资料来源：动力堆系统数据库、摩根资产管理，2023年12月

### NuScale 及其小型模块化反应堆项目怎么了？

NuScale 占尽天时地利：与美国能源部达成 14 亿美元的成本分摊协议，并获得美国核能管理委员会的设计批准，绕开了通常冗长的场地许可程序，因为它的六个小型模块化反应堆设计建在美国能源部的爱达荷国家实验室场地上。NuScale 声称，建设成本将低于每兆瓦 300 万美元，将在 5 年左右落成，并将以 95% 的容量系数运行。

最终，部分由于钢筋混凝土价格上涨，成本估计飙升至每兆瓦 2,000 万美元，因此 NuScale 被迫放弃其建造小型模块化反应堆的计划；与传统反应堆相比，NuScale 的设计每兆瓦发电量需要较多钢筋混凝土。即使在成本超支之前，电力购买承诺的覆盖范围也不到 NuScale 发电量的 25%。然后，随着成本预测的上升，电力买家向 NuScale 发出最后通牒：将承诺提高到 80%，否则终止项目。2023 年 11 月，NuScale 承认无法实现这一目标，各方决定终止该项目。2021 年，对小型模块化反应堆的吹捧无处不在，但现在已悄无声息。

### 纽斯凯尔电力股价

价格，SPAC 合并日期 2022 年 5 月



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月16日

正如我去年所写，我一直不理解小型模块化反应堆背后的逻辑。核电是所有工业项目中资本最密集的项目之一，并且不论其容量规模，资本成本的很大一部分都是每个电厂的固定成本。因此，缩小核裂变电厂的规模为何会产生任何经济效益？

<sup>20</sup>平均完工时间可掩盖个别项目的大规模延迟。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）



总而言之，有理由对西方增加基本荷载核电所需的成本和时机保持谨慎。尽管如此，让现有的核裂变电站停用完全是另一码事。这让我们联想到德国及其对俄罗斯能源的依赖：如果德国没有停用核电，在2022年俄乌冲突爆发时，德国会承担多少来自俄罗斯的风险？

首先，我们回顾那时发生了什么。在2022年俄乌冲突后，欧洲的电力和天然气成本飙升，原因是俄罗斯的管道进口被挪威的管道进口和昂贵的液化天然气进口所替代。虽然电力价格现已从峰值水平下降，但仍比战前水平高2倍左右。

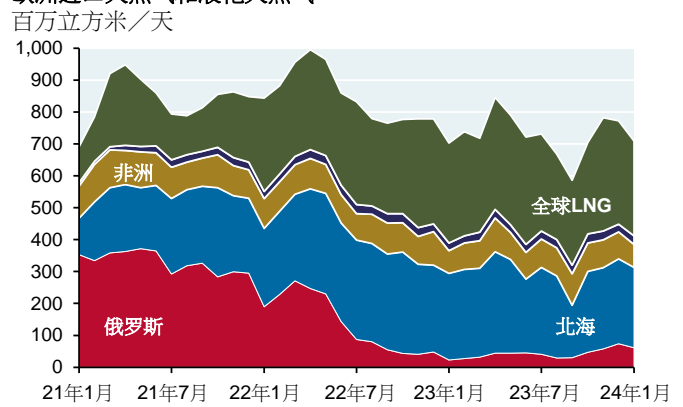
关于欧洲因能源成本上升而去工业化的文章有很多。影响包括德国能源密集型产品的产量下降以及高天然气价格对德国工业企业造成不利影响。约三分之一的德国工业企业计划搬迁或已搬迁<sup>21</sup>，其石化工厂仅达到产能的75%。国际能源署指出，2022/2023年欧洲工业电力需求将以每年6%左右的幅度下降（化学品、钢铁和铝的需求崩溃），这是欧洲电力需求降至20年前才能见到的水平的主要原因<sup>22</sup>。好消息是：随着电价下跌，一些被削减的生产已重新启动。

欧盟天然气与德国电价



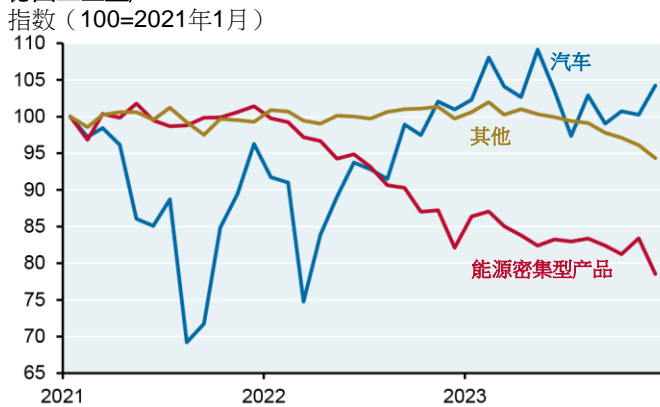
资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年2月12日

欧洲进口天然气和液化天然气



资料来源：摩根大通大宗商品研究部，2024年1月

德国工业生产



资料来源：Greg Fuzesi、摩根大通经济部，2023年12月

德国工厂受到高天然气成本的影响

每年受影响的产能（千吨）

工厂	影响
巴斯夫路德维希港：己内酰胺(95)、环己酮(279)、己二酸(270)、氨(880)、三聚氰胺(65)、甲苯二异氰酸酯(300)、纯碱、环己醇	因生产成本低而停产
Yara Brunsbuettel：氨(750)	利用率65%
Dow Leuna, Schkopau：聚乙烯(385)	利用率降低15%
Oxxynova：对苯二甲酸二甲酯(240)	关闭

资料来源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

<sup>21</sup>三菱日联 2024年能源展望，2023年12月

<sup>22</sup>《电力市场报告更新：2023年和2024年展望》和《电力2024》，国际能源署

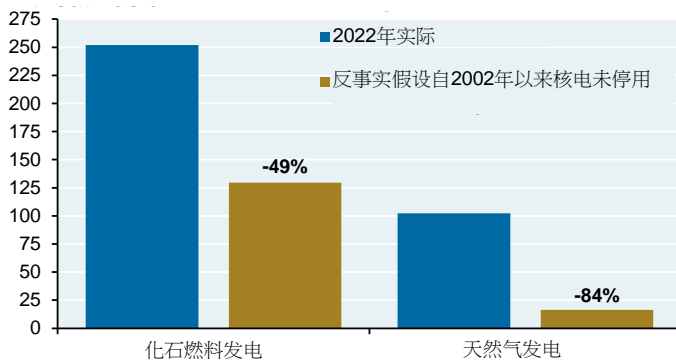


现在，我们假设如果德国没有停用核能，结果可能会怎样。2002年，德国拥有24吉瓦和164太瓦时的核能发电量，满足其28%的电力需求。2011年日本福岛核泄漏后，德国逐步停用本国的核电站。到2021年底，德国仅有4.1吉瓦的核电容量仍在运行（此后降至零）。假设其核电站从未停用，我们能够估计德国2022年所需化石燃料的容量和发电量。由于德国自己生产煤炭，我们也可以估计德国发电所需的进口天然气。

假如德国没有停用其核电，我们估计，在2022年，德国所需的化石燃料发电量将减少50%，天然气发电量将减少84%。右图显示，对天然气容量的需求也出现违背事实的大幅下降。德国拥有更多核电的话，2022年会不一样吗？2022年，德国是欧洲最大的天然气进口国；在此情况下，其天然气需求将会低得多。边际需求的下降是否足以降低地区天然气和电力价格？不清楚，但德国的政治决策、国内补贴支出和经济调整似乎没有那么痛苦<sup>23</sup>。

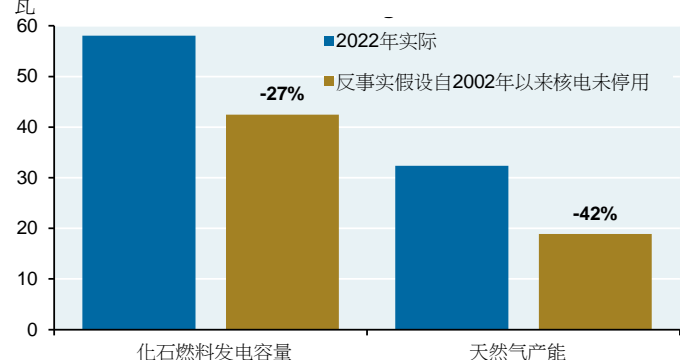
图表：假设德国没有淘汰核电，那么在2022年，德国会承担多少来自俄罗斯的风险？

德国2022年所需化石燃料发电量，无论是否停用核电，太瓦时



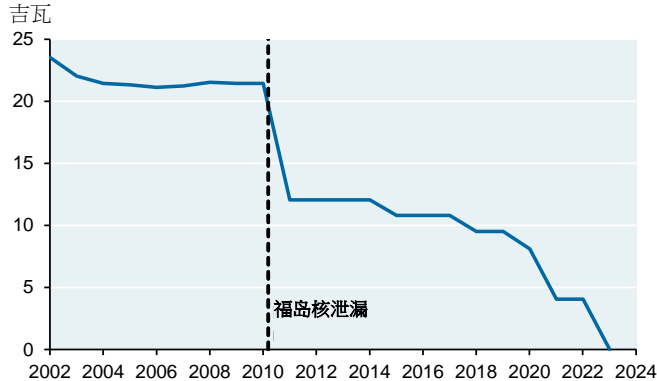
资料来源：Fraunhofer Institute、能源研究所、摩根资产管理，2023年

德国2022年在核电停用和未停用情况下所需的化石燃料容量，吉瓦



资料来源：Fraunhofer Institute、能源研究所、摩根资产管理，2023年

德国核电装机容量



资料来源：Fraunhofer Institute、摩根资产管理，2023年

<sup>23</sup>一些分析师将德国淘汰核电和增加对俄罗斯天然气依赖的决定与「东方政策」（旨在加强与俄罗斯经济联系、以使其融入欧洲为目标的缜密计划）联系起来。「普京支持者」以德国前总理施罗德(Gerhard Schroder)为首，他们因促进俄罗斯能源公司的利益而从中赚取了数百万美元费用。在「东方政策」明显失败后，施罗德在2022年4月接受《纽约时报》采访，表示「我不会自责。这不是我的错。」

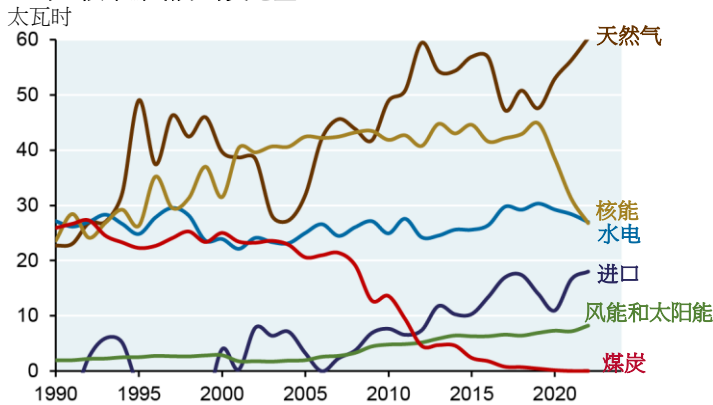




最后再讨论一次核能停用，这次是纽约。在 2020 年和 2021 年，纽约州关闭了印第安角的核电站，意图用可再生能源取代其发电。到目前为止，情况并非如此：三家新建天然气电厂（Bayonne Energy Center、CPV Valley Energy Center 及 Cricket Valley Energy Center）填补了关闭核电站的空白，同时还从宾夕法尼亚等州进口了燃气电力为主的电力。下文有关温室气体排放的图表说明，印第安角电厂的关闭是如何推动纽约市每兆瓦时区域排放量高于美国平均水平并高于 ERCOT。因此，虽然德克萨斯州是比纽约市更「红」的州，但该州现在也更「绿」了。

Champlain Hudson Power Express（加拿大水电）和 Clean Path 项目（纽约州北部的风能/太阳能）应取代印第安角缺失的发电量。虽然 Champlain Express 预期将在 2025 年开始为纽约市供电，而 Clean Path 要到 2027 年才开始供电。如下图所示，只要加拿大水电容量因素保持稳定，并且假设 CPNY 的风能/太阳能容量因素与纽约现有项目相等，这两个新的大型项目预计将超过印第安角缺失的发电量。[注：本文先前的版本错误地估计了这些数字，并已进行了相应的修改]。纽约州相对于马萨诸塞州和其他需要新清洁能源容量的东部各州更具优势，因为它与加拿大接壤，可单方面决定批准类似 CHPE 的项目。正如我们前几年撰写的文章所述，马萨诸塞州已有两个加拿大水电进口项目因邻近各州反对建设高压直流线路而以失败告终。这些州正试图建设海上风电，但也遇到了挑战（见第 34 页）。

纽约：按来源划分的发电量



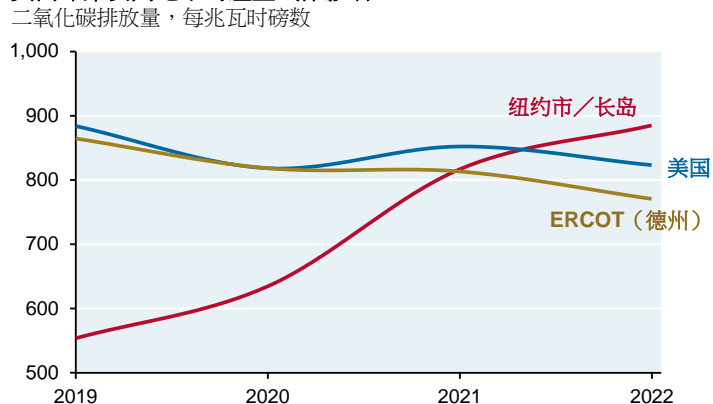
资料来源：美国能源信息署、摩根资产管理，2023年

按州划分的风能和太阳能容量因素

风能				太阳能				
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	内布拉斯加州	46%	西弗吉尼亚州	27%	犹他州	29%	马萨诸塞州	18%
2	北达科他州	43%	新罕布什尔州	26%	内华达州	28%	纽约州	17%
3	爱荷华州	43%	马萨诸塞州	25%	亚利桑那州	28%	宾夕法尼亚州	17%
4	南达科他州	43%	内华达州	24%	新墨西哥州	27%	威斯康辛州	17%
5	堪萨斯州	42%	纽约州	24%	加利福尼亚州	27%	佛蒙特州	17%
6	蒙大拿州	39%	俄勒冈州	23%	德克萨斯州	26%	罗德岛州	17%
7	伊利诺伊州	38%	犹他州	21%	阿肯色州	25%	新泽西州	17%

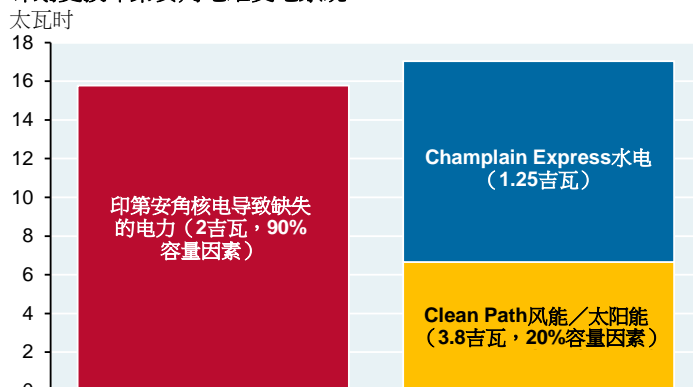
资料来源：美国能源信息署表格860/923、摩根资产管理，2023年。所有拥有超过50兆瓦太阳能和超过100兆瓦风能的州

关闭印第安角电站的温室气体影响



资料来源：环境保护署排放与发电资源集成数据库数据，2022年

计划更换印第安角电站发电系统



资料来源：摩根资产管理，2024年



## Lazard 研究的不足之处：平准化成本的缺漏（第二部分）

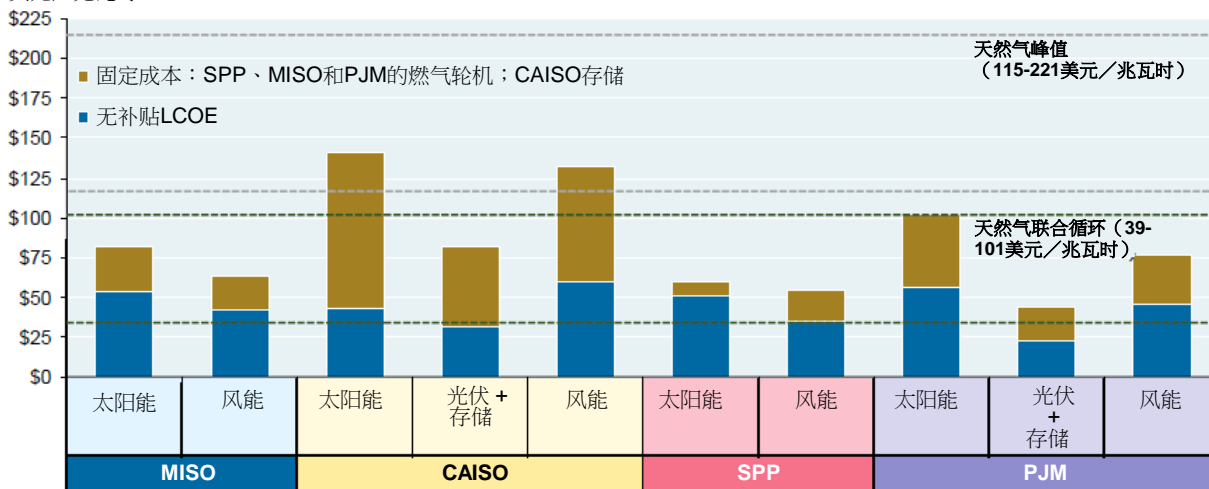
去年，我写了很长的一个章节，详述适用于可再生能源平准化能源成本的问题。我将平准化能源成本(LCOE)描述为能源数学<sup>24</sup>的鸡尾酒餐巾(cocktail napkin, 指简明扼要的信息)，并引用了在十多年前开始写这方面文章的麻省理工学院 Paul Joskow (见文本框)。除了越来越多分析师逐渐认识到，在比较可再生能源和基本负载电力时，LCOE 基本上是一无是处的衡量标准，除此之外情况并无多大变化。

过去二十年，LCOE 最忠实的追随者是 Lazard 的能源团队，他们是 LCOE 年度报告的传播者。16年后，Lazard 团队发现研究的不足之处了：虽然 Lazard 并未将其纳入仍没有什么实际用途的基准情况数据，但目前已包括了一个新的补充图表，考虑了「解决」风能和太阳能发电「间歇性」问题所涉及的成本。换言之，在没有足够的风力或阳光来满足负载需求时，提供电力所需的成本。就 MISO、SPP 和 PJM 地区而言，Lazard 将调峰燃气轮机的成本纳入风能和太阳能成本中；在 CAISO 地区，则纳入了公用事业规模储能的成本，大概是由过度建设的太阳能提供电力的。在他们的新图表中，一些修订后的风能和太阳能 LCOE 估算等于或高于联合循环天然气发电厂的成本中位数（固定成本由金色柱显示）。需要明确的是，如果储能和太阳能成本继续下降，Lazard 在 CAISO 等地区各自的固定成本(firming costs)也会随之下降。

Lazard 的报告中还有一些奇怪的地方。Lazard 假设新的天然气联合循环和燃气轮机发电厂的运行寿命仅为 20 年<sup>25</sup>。这很奇怪，特别是因为美国能源信息署报告现有天然气发电厂的平均已运营 22 年，而美国能源信息署假设新发电厂的成本回收期为 30 年。Sargent & Lundy 就 LCOE 估算向美国能源信息署提供咨询服务，并确认他们假设天然气发电厂的运营寿命为 30-40 年。更长的假设运行寿命将降低天然气 LCOE 估算值。这一假设再次表明，Lazard 有时会在分析中有所偏向，这也解释了为何固定成本在 16 年后才出现在他们的报告中。

平准化能源成本：纳入备用火电和储能成本

美元/兆瓦时



资料来源：「Lazard的平准化能源成本分析-版本16.0」，Lazard，2023年4月。

**Paul Joskow (麻省理工学院)：** LCOE 「不适合将风能和太阳能等间歇性发电技术与可调度发电进行比较……并且与可调度基本负载发电相比，也高估了间歇性发电技术」……「基本负载与间歇性、不可调度发电的 LCOE 比较没有什么意义；相反，我们需要的是一个系统范围的模型，而不是简单的 LCOE 计算」

<sup>24</sup> 「成长的烦恼」，2023 年能源报告，第 14-18 页

<sup>25</sup> 「LCOE+」，Lazard，2023 年 4 月，第 39 页



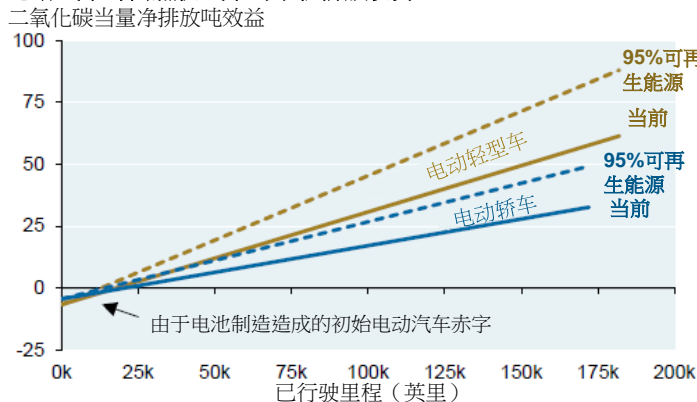
### 电气化高阶主题：时机、温度、传输和涡轮机

能源电气化新未来不仅仅需要建设新的可再生能源发电容量和输电线路。电力消费者可能必须适应新的电力定价模式，因为他们一天何时用电将比现在重要得多。此外，估算能源电气化新未来电动汽车和热泵普及带来的排放效益将需要比当前模型更精确的分析。本章节讨论电气化高阶主题：现实世界的电动汽车排放；根据驾驶员和房主用电情况决定容量和传输要求；以及美国海上风电开发的挑战。

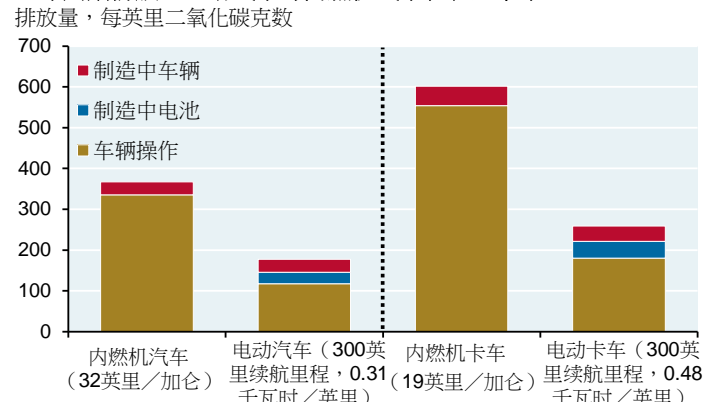
#### [a]采用电动汽车带来的预计减排量可能过于乐观，除非它们反映的是「边际」排放率而非「平均」排放率

很多研究将电动汽车与内燃机汽车的生命周期排放进行比较。总体结论：经过大约两年的运行，电动汽车的平均碳强度与内燃机汽车或轻型卡车的平均碳强度相匹配。此后，电动汽车将累积净碳效益直至其使用寿命结束。最初的电动汽车碳赤字反映了电池制造的碳强度。实例：忧思科学家联盟 (UCS) 2022年的一篇文章<sup>26</sup>。第一张图表显示了 UCS 估计的电动汽车和轻型卡车的终生净排放效益，假设前提是当前人口加权电网的排放强度以及未来电网包括 95%的可再生能源。根据 UCS 的估计，在行驶 15,000 至 20,000 英里（大约行驶两年）后，电动卡车和汽车与内燃机汽车相比会产生净排放效益。这是许多研究的一致发现<sup>27</sup>。

电动汽车与内燃机汽车的累积排放优势



生命周期排放，电动汽车与内燃机汽车和轻型卡车



然而：有一个问题需要进一步探讨。UCS 电动汽车二氧化碳估算基于当前电网的平均排放率：即发电产生的所有二氧化碳排放量之和除以总兆瓦时。但对于下一个新加入到电网的电动汽车，重要的是**边际排放率**（即当电动汽车实际充电时电网状况）而非平均排放率。UCS 意识到了这一区别，但由于无法「假设充电行为或发电单元对需求增加的反应」，因此仍使用平均排放率。我们同意前者很难实现，但一些分析师在后者取得了进展。这一点对未来尤为重要，因为预计未来电动汽车将在汽车领域占更大比例。

<sup>26</sup> 「驾驶清洁机器：电动汽车和皮卡如何在终生全球排放方面击败燃油车」，忧思科学家联盟，Reichmuth 等人，2022年7月

<sup>27</sup>与 UCS 结果类似的发现：「中型纯电动汽车和内燃机汽车的生命周期温室气体排放比较」，来自国际能源署、彭博新能源财经的电动汽车展望；以及欧洲运输与环境联合会的一项研究



Convergent Science 的研究人员估计了美国地区边际排放率的上下限，具体根据既定年份中每小时计算所得。每个估计值均反映了与边际需求变化最相关的能源来源。如图所示，美国的估计边际排放率比平均排放率<sup>28</sup>高 1.5 至 1.8 倍。

平均与边际排放率，每兆瓦时二氧化碳千克数

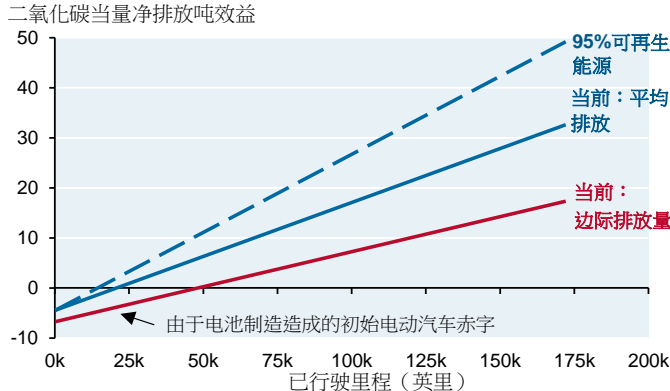
地理区域	平均值 排放率	下限 利润率 排放率（化石燃料和 可再生能源）	上限 利润率 排放率 （仅限化石燃料）	边际利率与 平均利率之比
西北太平洋	186	92	584	0.5 - 3.1
加利福尼亚州	196	396	469	2.0 - 2.4
得克萨斯州	401	508	529	1.3 - 1.3
新英格兰	216	408	433	1.9 - 2.0
中西部 / 南部	560	749	766	1.3 - 1.4
纽约	174	478	520	2.7 - 3.0
中大西洋地区	395	690	724	1.7 - 1.8
南部	454	687	704	1.5 - 1.5
中西部	492	523	762	1.1 - 1.5

资料来源：Tristan Burton和Kelly Senecal（Convergent Science），2022年4月13日

**边际排放率将如何影响 UCS 分析？**我们假设，在全国人口加权的基础上，边际排放率比平均排放率高 1.5 倍（这并未纳入中国电池制造而导致的较高排放率）。下一张图表显示，假设在计算边际排放率情况下，电动汽车与内燃机轿车的经修正净排放效益。结果：轿车的终生净排放效益大约减少了一半，从 32 吨二氧化碳减少至 17 吨。

红线基于全年平均边际排放率；因此，它假设没有能力通过定价激励来影响电动汽车的充电时间。此外，它使用现有电网，并且并未考虑风能和太阳能增加速度，而这些增速快于电动汽车普及速度。**电动汽车排放的结论：风能和太阳能增加、分时电价激励措施、集中充电计划（见方框）以及更多与太阳能发电高峰同时使用的公共/私人充电基础设施，将使电动汽车净排放效益接近 UCS 假设的水平。**

电动汽车与内燃机汽车的累积排放优势



资料来源：UCS、Convergent Science、摩根资产管理，2022年7月

### 集中式电动汽车充电优化

美国七家领先的公用事业公司正在开展试点计划，远程控制电动汽车的分时充电，以减少峰值负载和输电需求。远程访问可通过充电设备或与车辆无线连接进行。很多公用事业公司也在试点分布式能源管理系统，该系统可远程控制表后温度调节器、热水器和电池

资料来源：Darcy Insights「基准研究，管理型电动汽车充电计划」，2024年2月

<sup>28</sup> 「用于车辆比较的数据驱动型温室气体排放率分析」，Burton 和 Senecal，2022 年





### [b]充电行为的聚集将大大增加高峰负载和对输电的需求

丹麦科技大学的研究人员进行了以下分析：如果电动汽车（BEV+PHEV）（目前在丹麦汽车中占 10%）的比例达到 90%以上，电网将会发生什么变化<sup>29</sup>。例如，如果所有电动汽车充电在全天均匀分布，增量容量需求将仅为 1 吉瓦，峰值负载只将增加 17%。在另一个极端情况下，如果每个电动汽车车主在一天中的同一时间以尽可能高的功率<sup>30</sup>充电，峰值负载将增加 550%，并需要额外的 33 吉瓦容量。这是一个极其悲观的情况，但第一个情况则过于乐观。

丹麦：电动汽车普及率达到100%时容量和峰值负载将增加

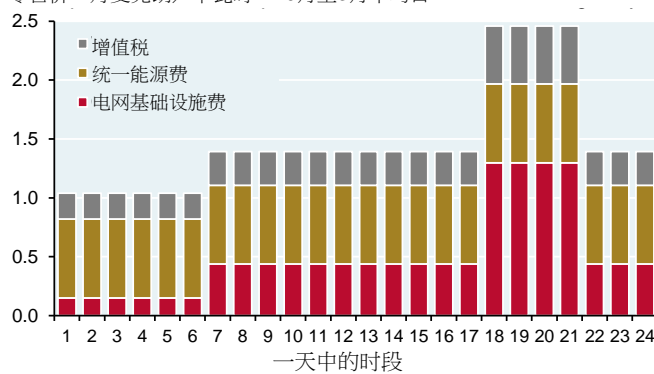
电动汽车充电汇流	需要额外电力	高峰消费增加	关键假设
均匀分布充电	1.0 GW	17%	每辆车每年行驶15,000公里 电动汽车 里程=5公里/千瓦时 丹麦电力消耗=36太瓦时 丹麦峰值功耗=6吉瓦 丹麦当前发电容量=18吉瓦
3.7千瓦@30%重合系数	3.3 GW	55%	
3.7千瓦@100%重合系数	11.1 GW	185%	
11千瓦@100%重合系数	33.0 GW	550%	

资料来源：Mattia Marinelli，丹麦技术大学，2023年11月

现实情况介于两者之间，强调电动汽车充电定价政策的必要性不仅反映剩余可再生能源的可用性，而且还反映电动汽车充电对峰值负载、容量需求和输电基础设施的影响。这正是丹麦目前正在做的；住宅客户支付的电费包括四个独立组成部分：取决于日前市场情况的现价；取决于所在月份/一天时段的电网影响费；固定能源费；和增值税。第二个组成部分是关键，与美国形成鲜明对比，无论电力何时被消耗，美国电费中的电网/基础设施部分通常是固定的。右侧：请注意丹麦的电价会因一天的不同时段而有大幅上涨，从而最终改变消费行为。芬兰电力管理公司 Synergi 也报告了类似的结果：使用智能充电的电动汽车车主通常将充电推迟至晚上 11 点至凌晨 3 点，这样可将每年能源费用减少 70%。

丹麦电网基础设施费用取决于一天中充电时段

零售价，丹麦克朗/千瓦时，10月至3月平均日



资料来源：Marinelli（丹麦技术大学），2023年8月25日

丹麦客户对电价上涨的反应

电力消耗同比变化（2023年上半年）



资料来源：Marinelli（丹麦技术大学），2023年8月25日

<sup>29</sup>Mattia Marinelli（丹麦技术大学），丹麦技术大学风能系统，2023年11月

<sup>30</sup>提醒一下，瓦特=伏特乘以安培。3.7 千瓦情况基于 230 伏（欧洲的典型电压）乘以 16 安培（家用电器的典型最大值）乘以 1 相。11 千瓦情况基于 230 伏乘以 16 安培乘以 3 相。三相和单相电源指不同的接线配置；在美国，大多数住宅使用单相，而三相通常留给负载较大的商业和工业用户。但在欧洲，许多北欧和德国的住宅也使用三相电来烹饪和取暖。



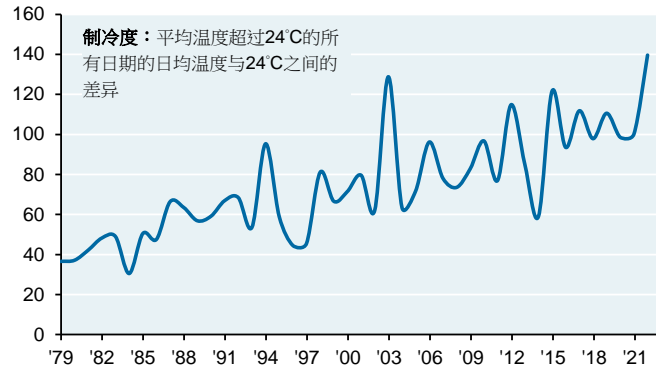
**[c]欧洲采用热泵带来的好处可能将因空调使用量增加而部分减少**

欧洲的气候比美国更冷。美国只有 8% 的人口生活在北纬 44 度线以上，而欧洲却有 82% 的人口生活在北纬 44 度线以上。这就是欧洲空调使用率历来远低于美国的原因之一。欧洲只有十分之一的家庭拥有空调，而在美国这一比例为 90%；空调仅占欧洲建筑能源使用的 1%，而美国则为 16%。

但有两件事正在改变。首先，如第一张制冷降温日天数持续的图表所示，欧洲变得越来越热。其次，欧洲正在安装更多的热泵用于冬季供暖，其中大部分也可用于空调。重要的是要监测空调使用量的增加，在多大程度上抵消了欧洲更高效、排放强度更低的冬季供暖带来的部分好处。

欧盟制冷需求增加

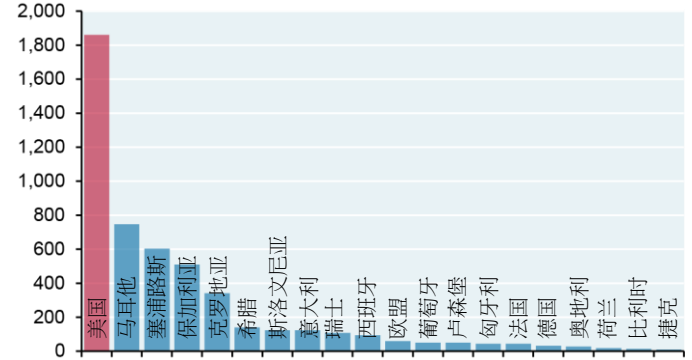
年累计制冷度数，摄氏度



资料来源：欧盟统计局、摩根资产管理，2022年

家庭空调用电

每户住宅千瓦时



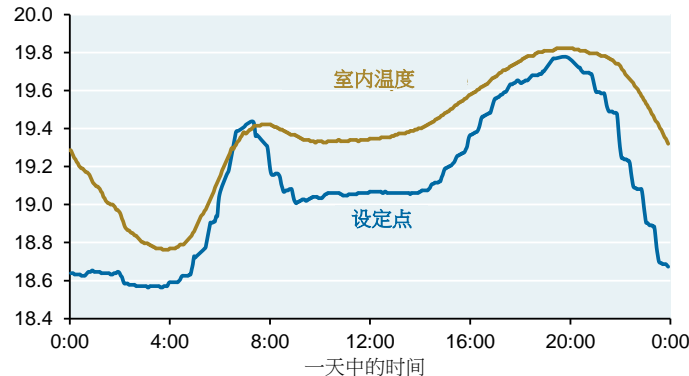
资料来源：美国能源信息署、OdysseMure、摩根资产管理，2019年

**[d]智能温度调节器鼓励人们在家里没人或睡觉时减少使用暖气和空调，从而有助于节约能源。但如果太多智能温度调节器设定点相同，可能会出现集中爆发的电力需求，电网的设计必须能够配合需求<sup>31</sup>**

研究人员对装有智能温度调节器的房主使用的时间设定点进行研究。图表显示平均冬季设定点和室内温度。增加热量的设定集中集中在上午 7 点左右，这可能反映默认设置而非用户选择。从负载角度来看，设定时间很重要，因为将温度升高至既定水平所需的功率要大于将温度维持在既定水平所需的功率。并且：智能温度调节器的峰值需求往往集中在可再生资源可用性较低的时间（上午 7 点、晚上 8 点）。智能温度调节器需要辅以避免一天中使用时段集中的政策。一些涉及价格信号的实际试验显示出很高的响应速度；但必须对重新进入的负载进行适当管理，否则就会将同样的峰值问题推到一天中的另一个时段。

智能温度调节器用户的冬季工作日平均设定点和室内温度

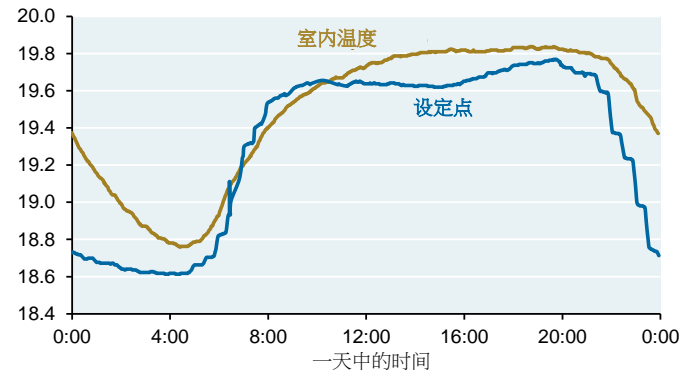
摄氏度



资料来源：康奈尔大学，Lee和Zhang，2022年9月15日

智能温度调节器用户的冬季周末平均设定点和室内温度

摄氏度



资料来源：康奈尔大学，Lee和Zhang，2022年9月15日

<sup>31</sup> 「智能温度调节器在向电气化供暖过渡过程中的意外后果」，康奈尔大学，Lee 和 Zhang，2022 年



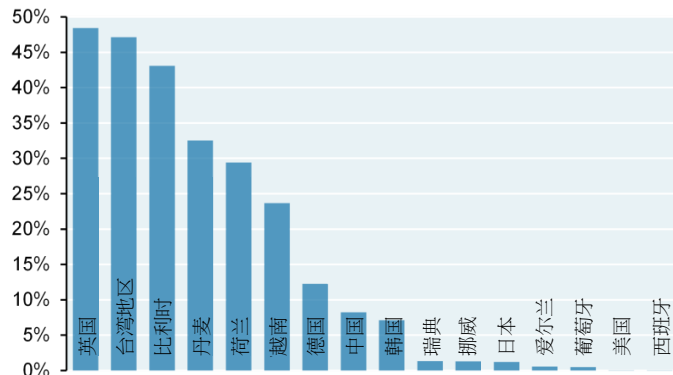
**[e]美国海上风电的动荡与其他地区增长较快的风电装机容量形成鲜明对比**

虽然美国拥有 146 吉瓦的陆上风电，但几乎没有海上风电。由于进口加拿大水电项目失败，东北部的部分州计划开发自己的海上风电。但在过去 12 个月，美国海上风电开发商因组件成本上涨高达 50%后撤回最初的投标文件，最终放弃了 8.5 吉瓦的风电项目。这些项目可能将继续进行，但需要更多的时间并导致更高的电力成本。与以下国家相比，美国在海上风电方面表现不佳。NREL 强调了到 2030 年实现拜登政府 30 吉瓦海上风电目标所需的供应链建设：大量新工厂和约 220 亿美元的资本投资<sup>32</sup>。

全球风力涡轮机市场分为两类：约有 15 家中国制造商主要供应国内市场，而西方企业则供应其他市场（通用电气、Vestas、Nordex 和西门子歌美飒）。随着西方涡轮机制造商面临成本和利润挑战，中国企业在西方市场的竞争力日益增强。如下文所示，标普全球估计中国的涡轮机价格要便宜 70%。

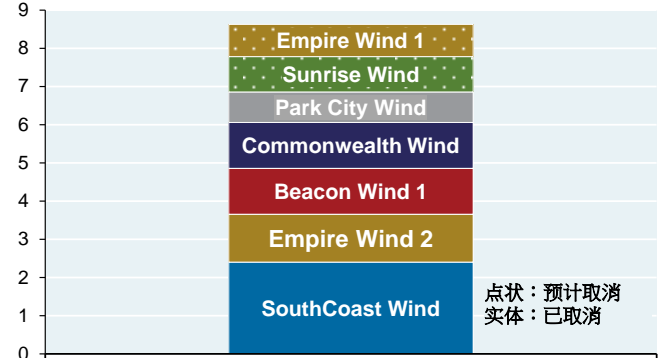
关于海上风电的另一件事。欧洲的研究表明，海上风电场会产生「尾流」，从而降低邻近风电场的风速，甚至远至 55 公里。海上风电装机容量下降幅度可达 20%，导致生产和收入损失<sup>33</sup>。研究显示，北欧大多数海上风电场距离最近的风电场都不到 50 公里。

海上风电占总风电容量的比例



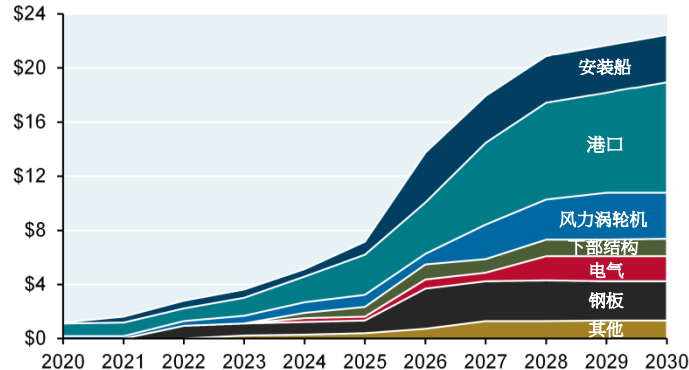
资料来源：IRENA Energy、摩根资产管理，2022年

美国8.6吉瓦海上风电装机容量：已取消或预计将取消



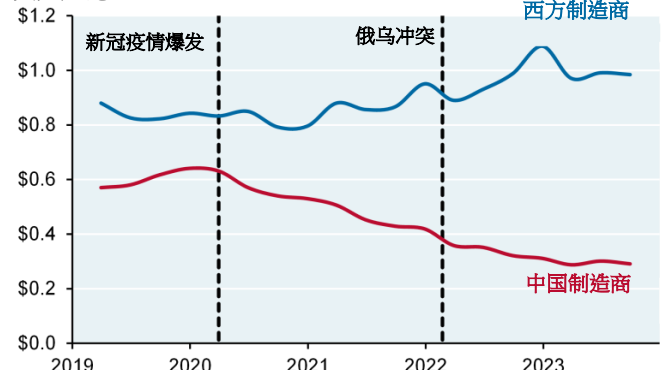
资料来源：Intelatus Global Partners、个别项目报告、摩根资产管理，2024年

美国海上风电供应链需要至少220亿美元的投资才能实现2030年目标，累计投资，十亿美元



资料来源：美国国家可再生能源实验室(NREL)，2023年1月

陆上风机平均售价



资料来源：标普全球，2023年第三季度

<sup>32</sup> 「美国海上风能供应链路线图」，NREL、Shields 等，2023 年 1 月

<sup>33</sup> 「风电场引起的尾流和监管差距」，卑尔根大学（挪威），Finseras 等人，2023 年 10 月

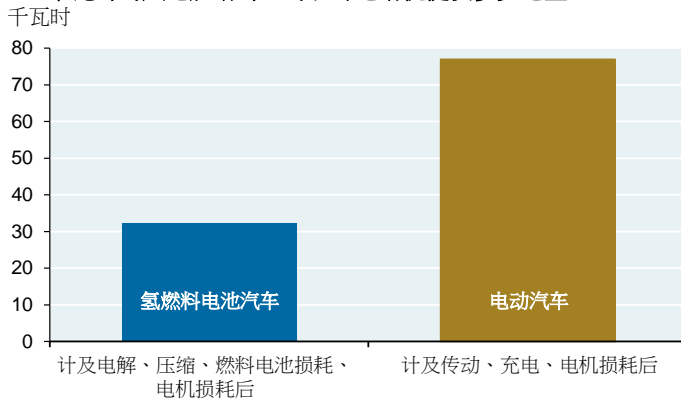


## 「氢气疑团」后记：绿氢行业艰难的一年

2021年，我写了一篇充满怀疑论的长篇文章，题为「氢气疑团」，分析了有关绿氢生产、传输和消费的所有未解答问题。从那时起，氢经济取得了一些进展：沙特阿拉伯基于风能/太阳能的2.2吉瓦NEOM氨/氢项目，以及壳牌基于海上风电的200兆瓦荷兰氢项目目前正在建设中。在美国，计划每年生产1,000万吨绿氢/蓝氢，如果最终建成，将足以替代美国目前几乎所有由天然气和煤炭生产的氢气消耗量……

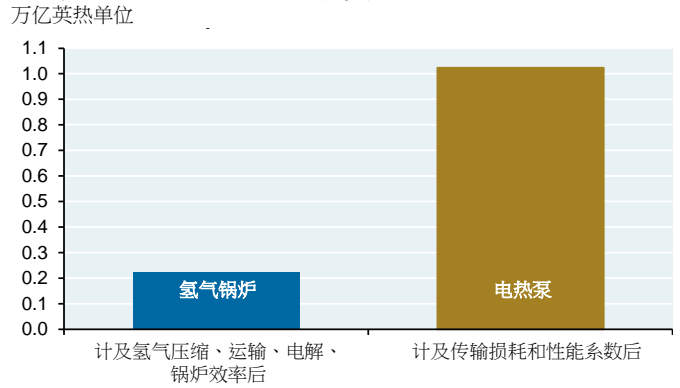
但由于认识到**每单位能源、用于道路运输或冬季供暖的氢，效率远低于直接电气化的替代方案**，因此也有许多项目被取消。虽然开发商在排队等候公共资金补贴，2023年全球氢补贴规模为3,500亿美元<sup>34</sup>（税收抵免、补助金和研发资金），但能源数学分析结果则反对这么做，除非绿氢可取代目前用于合成氨/化肥、炼油和将铁矿石直接还原成金属铁的化石燃料氢气。本章节介绍最新进展，其中大部分暗示「无氢」是「为何是氢气」的常见答案。

### 100千瓦时的风电启动时，可以为电动机提供多少电量？



资料来源：EIA、能源部、DIW Berlin、摩根资产管理，2023年

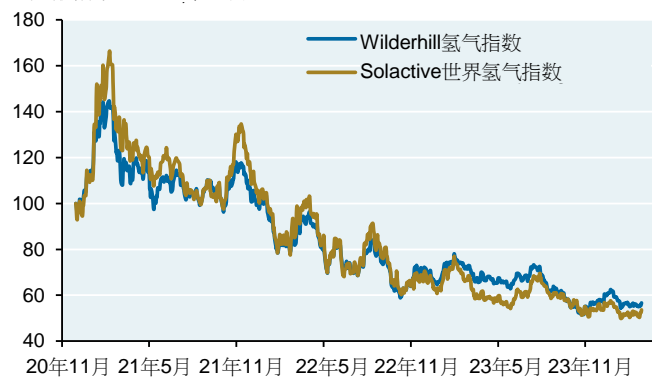
### 100千瓦时的风电启动时可获得多少热值？



资料来源：EIA、能源部、DIW Berlin、摩根资产管理，2023年

### 氢指数回报

总回报指数，2020年11月=100



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年3月1日

<sup>34</sup>彭博新能源财经氢补贴追踪，2024年1月25日





## 电解槽和绿氢需求低

- 由于政策延迟和绿氢需求不足，部分电解槽制造商正在下调产能计划<sup>35</sup>。仅 5% 的绿氢项目已达运营状态；已公布的绿氢产能中只有 10% 已确认买家<sup>36,37</sup>。受此影响，部分电解槽制造商的股价较 2021 年水平下跌了 95% (Plug Power、ITM Power、McPhy Energy)
- 欧盟规定，到 2030 年，以绿氢为原料的合成航空燃料的掺混率要达到 1.2%，到 2050 年为 35%(!!)。合成燃料生产商指出，航空公司不愿意支付绿色溢价，并且正在努力与航空公司达成承购协议<sup>38</sup>

## 电解槽成本持续上升和技术问题

- 2024 年 3 月对碱性和 PEM 电解槽的调查发现，自 2022 年以来价格上涨了 46%-65%，部分原因是市场规模扩张速度慢于预期<sup>39</sup>
- 由于技术问题，在中国新疆建设的全球最大的绿氢项目目前运营规模仅占装机容量的不到三分之一。到 2023 年下半年，这座 260 兆瓦电解槽预计将生产约 9,500 吨绿氢；相反，实际上只生产了约 2,000 吨。除了这些技术问题外，该工厂还缺少合同中承诺的部分安全性和灵活性功能
- 尽管中国电解槽价格远比西方电解槽低廉，但对西方项目开发商而言，所节省的电解槽成本不太可能抵消其对质量、融资问题和政策风险的担忧

## 绿氢成本上升、税收抵免的匹配要求和补贴需求

- 波士顿咨询公司将 2030 年预计最低绿氢价格目标从 3 欧元/公斤上调至 5 欧元/公斤<sup>40</sup>
- 2020 年，安赛乐米塔尔大张旗鼓地宣布新建绿色钢铁厂；他们最终将使用绿氢代替碳作为铁矿石的还原剂。安赛乐目前承认，即使考虑了欧洲补贴，绿氢的使用成本仍太高，并且会导致其钢铁缺乏竞争力。该公司将在直接还原铁 (DRI) 反应器中使用化石气体或从其他地方进口绿色 DRI，之后这两种方法都将依赖电弧炉来生产钢铁
- 美国财政部规定，氢气项目必须在 2028 年之前采用每小时匹配氢气生产和绿色能源采购的方式，才有资格获得税收抵免。这立即引发了氢气行业的抱怨，该行业显然希望获得税收减免，以制造棕氢，同时声称这是绿氢
- 彭博新能源财经估计，要实现氢能源部长级会议的 2030 年目标，氢工业将需要超过 2 万亿美元的补贴<sup>41</sup>

## 被高估的温室气体效益

- 美国能源部得出结论，大多数蓝氢项目（棕氢 + 碳捕集与封存）的排放足迹过高，无法获得税收抵免<sup>42</sup>
- 由于对压缩站的需求增加以及氢气泄漏，天然气管道中 30% 的绿氢混合物可能只会带来 6% 的温室气体下降<sup>43</sup>

<sup>35</sup> 「绿氢电解槽制造商遏制产能扩张」，Hydrogen Insight，2023 年 9 月

<sup>36</sup> 「优化电化工项目的五种策略」，波士顿咨询公司和牛津全球项目，2023 年 9 月

<sup>37</sup> 「氢需求：微小但正在崛起」，彭博新能源财经、美国政府问责署，2023 年 11 月

<sup>38</sup> 「航空公司不愿意为绿氢绿色合成煤油支付溢价」，Hydrogen Insight，2024 年 1 月

<sup>39</sup> 「2024 年电解槽价格调查：成本上升，技术故障」，彭博新能源财经，2024 年 3 月 1 日

<sup>40</sup> 「将欧洲绿氢梦想变成现实：行动号召」，波士顿咨询公司，2023 年 10 月

<sup>41</sup> 「清洁氢缺失的数万亿美元」，Michael Liebrich，彭博新能源财经，2023 年 12 月

<sup>42</sup> 「由于上游排放量较高，蓝氢不太可能有资格获得美国税收抵免」，Hydrogen Ins.，2023 年 12 月

<sup>43</sup> 「天然气管道中的氢气混合因泄漏而面临限制：美国能源部实验室」，标普全球，2023 年 10 月 27 日



## 道路，氢气与直接电气化替代品相比并无竞争力

- 马士基旗下马士基集装箱码头(APM Terminals)部门发现，由于更大的效率损失、更高的燃料成本和更复杂的设备，集装箱装卸设备（牵引车、运输车和堆垛机）的氢气成本比电池供电设备高25%-60%；并得出结论，这些成本差距将持续存在<sup>44</sup>
- 氢能卡车制造商 Hyzon 和 Nikola 因股价持续低于 1 美元而面临纳斯达克退市

## 氢能运输面临的挑战

- 绿氢可以说是最好的新用例——海运，但它面临着巨大的障碍。如果将氢气压缩并冷却到绝对零度以上 20°C（这将消耗氢气中 33%的能量），氢气的体积能量密度仍比船用燃料低 4 倍；如果将氢气转化为氨燃料，能量转换成本高昂；如果在密闭的船舶机舱内使用，存在安全隐患<sup>45</sup>；由于氢气对全球变暖的影响比二氧化碳产生的影响高 12 倍，任何氢气泄漏均可能对臭氧层造成负面影响<sup>46</sup>。航运的成本挑战：即使考虑到氢气的能量密度比柴油高，绿色氢气的成本仍可能是船用燃料的 5-6 倍<sup>47</sup>

## 取消和暂停的氢能项目<sup>48</sup>

- **电解槽**：ATCO（加拿大）、石勒苏益格-荷尔斯泰因州（德国）。引用原因：制氢设施与最终用途之间的距离破坏了商业可行性<sup>49</sup>、建设成本高
- **公共汽车/卡车**：利物浦（英国）、格拉斯哥（英国）、蒙彼利埃（法国）。引用原因：绿氢供应不可靠，氢动力汽车比纯电动汽车贵 6 倍
- **火车**：德国、荷兰。引用原因：更便宜的电池电动车型，开发商没有投标
- **蓝氢/氨**：Nutrien（路易斯安那州），壳牌—英国国家电网。引用原因：资本成本高于预期、清洁氨的未来需求不确定、不支持加热/混合
- **住宅供暖**：英国。引用原因：绿氢供应不足
- **绿氢制甲醇**：比利时。引用原因：成本不断上升、无长期买家

明年我们将研究天然存在的「白色」或「金色」氢沉积物的问题。届时，已经开始寻找这些沉淀物的 50 多家公司大概都会确认它们是否存在。美国地质勘探局认为，大西洋沿岸平原、美国中部、大平原部分地区和中西部上游地区可能存在这些沉淀物。美国地质调查局已承诺在今年晚些时候发布其全球资源潜力模型以及最有可能含有地质氢资源的地区的初步地图<sup>50</sup>。

关于**航运和化石燃料**。2021 年，按重量计算，在全部海运吨位中，有 36%是运输石油（15%）、煤炭（11%）、天然气（5%）和精炼石油产品（5%）。因此，一些分析师指出，如果道路运输、供暖和工业生产的能源使用大幅脱碳，那么航运的能源使用也将同步下降。确实如此，但正如引言所示，几乎没有迹象表明全球化石燃料消耗量正在下降。由于脱碳，海运燃料的需求可能需要在几十年后才能大幅下降。

<sup>44</sup>「电池电动集装箱装卸设备达到临界点」，马士基集装箱码头，2023 年 10 月

<sup>45</sup>谎言泄漏和致命性：氨是船舶的安全燃料吗？」，The Lodestar，2023 年 8 月 6 日

<sup>46</sup>「新研究估计氢气的全球变暖潜力」，CICERO，2023 年 6 月 7 日

<sup>47</sup>「氢气的片面事实使运输燃料希望渺茫」，Michael Barnard，《福布斯》，2023 年 12 月 29 日

<sup>48</sup>Hydrogen Insight、Renew Economy、Glasgow Live、Recharge

<sup>49</sup>由于氢气非常难以运输，约 85%的氢气在制造时被消耗

<sup>50</sup>「地质氢作为下一代能源的潜力」，美国地质学会，2023 年 4 月 13 日

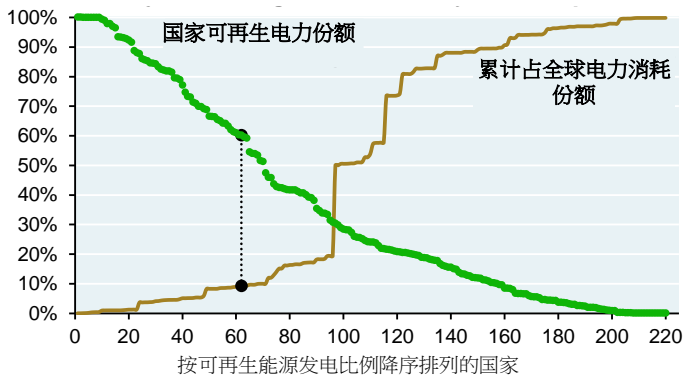


### 「忽略 PUNI」：拥有独特自然能源资源的小国分散焦点

尽管中国的能源转型值得关注，但一些非常小的国家却不然。实例：有的新闻报道称，一些国家在一年中的某一小时或某一天产生了大量可再生能源，但却只字不提如何满足一年中其余时间的能源需求。或者：有的文章强调拥有独特自然资源的国家的可再生转型，却不承认这些国家往往与世界其他国家无关。缩写词「PUNI」指巴拿马、乌干达、挪威和冰岛，它们是这种现象的典型例子。让我们一探究竟。

第一张图表显示了每个国家的可再生能源在绿色发电中所占的份额以及全球电力消耗的累计统计。图表要点：**有 62 个国家的可再生能源电力占比超过 60%，但它们仅占全球电力消耗的 9%**（巴西和加拿大约占这一组别电力消耗的一半）。现在让我们看看这一组别是如何实现如此高水平的可再生能源发电。提示：并非风能或太阳能。

可再生电力占比超过60%的62个国家仅占全球电力消耗的9%



资料来源：国际能源署、IRENA、世界银行、Harvard ECI、ESMAP、摩根资产管理，2022年

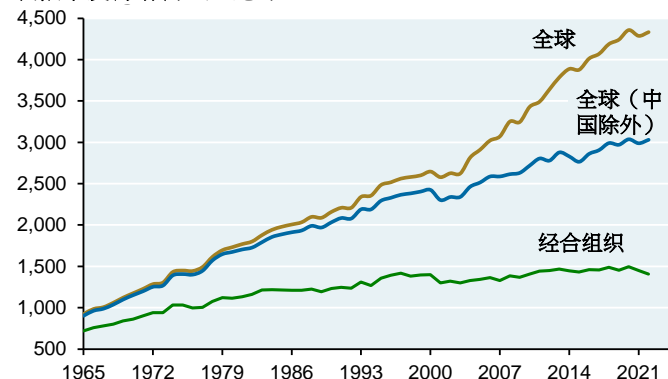
**完全来自水电。**该表显示了这 62 个国家如何严重依赖水力发电；风能加太阳能只占了 11%。是否有发展更多水力发电的潜力？国际水电协会估计全球发电能力可能增长 3 倍<sup>51</sup>。但正如我们在 2016 年曾回顾，美国等国家已开发了大部分现成的水电资源。大多数水电潜力研究都是在地形勘察层面上进行，并未考虑到与成本、当地政治或环境影响相关的现实世界限制。这或许可解释为何在剔除中国的情况下全球水力发电量每年仅增长约 1%，以及为什么经合组织自 2000 年以来水力发电根本没有增长。

该群体的总发电量  
60%以上电力来自可再生能源的国家

资料来源	太瓦时	太瓦时份额
水力发电	1,673,644	63%
化石燃料	363,855	14%
风能	230,857	9%
核能	198,100	7%
生物质/沼气	126,528	5%
太阳能	60,363	2%
地热能	9,691	0%

资料来源：IRENA、摩根资产管理，2022年

除中国外，自2000年以来全球水电每年以1%的速度增长；经合组织根本没有增长，太瓦时



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

<sup>51</sup> 「2050 年水电：确定下一个通往净零的 850+ 吉瓦机会」，国际水电协会，2021 年



是否有可再生能源份额较高的国家不仅仅依赖水电、地热能和生物质能(HGB)? 仅有一些：纳米比亚、乌拉圭、丹麦、立陶宛和葡萄牙的风力和太阳能发电量至少占30%<sup>52</sup>。请注意，这些国家也大幅受益于生物质能的贡献。

**可再生能源和风电/太阳能发电份额**

该群体：至少60%发电来自可再生能源的所有国家

排名	国家/地区	可再生能源份额	风电/太阳能份额	排名	国家/地区	可再生能源份额	风电/太阳能份额	排名	国家/地区	可再生能源份额	风电/太阳能份额	排名	国家/地区	可再生能源份额	风电/太阳能份额
1	斯威士兰	100%	0%	13	纳米比亚	98%	35%	25	萨尔瓦	86%	25%	37	喀麦隆	80%	0%
2	莱索托	100%	0%	14	格林兰	97%	0%	26	吉尔吉斯斯坦	86%	0%	38	马拉维	79%	0%
3	不丹	100%	0%	15	中部	97%	0%	27	卢森堡	85%	43%	39	奥地利	79%	16%
4	尼泊尔	100%	0%	16	伯利兹	93%	2%	28	莫桑比克	85%	1%	40	哥伦比亚	77%	1%
5	冰岛	100%	0%	17	安道尔	93%	1%	29	乌拉圭	85%	34%	41	塞拉利昂	75%	2%
6	巴拉圭	100%	0%	18	赞比亚	93%	1%	30	委内瑞拉	84%	0%	42	危地马拉	73%	4%
7	埃塞俄比亚	100%	5%	19	塔吉克斯坦	93%	0%	31	巴拿马	83%	12%	43	马里	73%	3%
8	阿尔巴尼亚	100%	1%	20	厄瓜多尔	92%	0%	32	新西兰	83%	7%	44	津巴布韦	71%	1%
9	哥斯达黎加	100%	13%	21	托克劳	92%	92%	33	丹麦	82%	60%	45	老挝	71%	0%
10	挪威	99%	10%	22	肯尼亚	89%	5%	34	安哥拉	82%	0%	46	尼加拉瓜	70%	16%
11	民主党	99%	0%	23	几内亚	88%	0%	35	格鲁吉亚	82%	1%	47	法属圭亚那	70%	6%
12	乌干达	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%

资料来源：IRENA、摩根资产管理，2022年

这五个国家是否是全球最大能源消费国的相关范例？并不是。它们的能源消耗和人口规模都很小。与较大的国家相比，纳米比亚的太阳辐照度要高得多；丹麦和乌拉圭的风能潜力要高得多；乌拉圭和纳米比亚的人口密度要低得多，经济复杂性也较低。后者数据衡量了每个国家生产不同行业复杂产品的能力，这反过来会推动对更发达的能源系统的需求。有些还受益于靠近大国来实现电网稳定（乌拉圭/巴西、丹麦/德国）。如果进行评分，就会发现六个单独的因素降低了乌拉圭与较大国家的相关性。葡萄牙是五个国家中唯一没有独特自然资源优势的国家之一。

PUNI 国家在开发风能、太阳能和生物质能资源，以及减少对化石燃料发电的依赖方面值得称赞。但对于较大型发达国家和发展中国家的转型来说，它们大多是不恰当的范例。如果您遇到有任何 PUNI 的文章，您或许可以直接跳过。

国家/地区	风电份额 占电力百分比	太阳能页岩 占电力百分比	生物质能页岩 占电力百分比	一次能源消耗 拍焦耳	人口 百万	人口 密度 每平方英里	经济 复杂性 0-100范围	太阳能 辐照度 百分位	风能 潜在 千瓦/人均
<b>可再生电力占比&gt;60%，风电/太阳能电力占比&gt;30%</b>									
纳米比亚	2%	34%	63%	80	3	8	29	100	285
丹麦	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
乌拉圭	31%	3%	50%	234	3	50	62	40	80
<b>一次能源消费大国</b>									
中国	9%	5%	17%	157,034	1,412	385	87	24	2
美国	10%	5%	7%	89,555	332	91	90	30	16
德国	23%	11%	12%	12,055	83	605	98	6	2
法国	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
韩国	1%	4%	3%	12,216	52	1,340	98	20	12
印度尼西亚	0%	0%	19%	9,858	274	371	52	36	1
土耳其	11%	5%	27%	6,675	84	280	70	35	1

资料来源：国际能源署、IRENA、世界银行、Harvard ECI、ESMAP、摩根资产管理，2022年

<sup>52</sup>我们不分析新西兰的太平洋岛屿属地托克劳，人口为 1,500；或卢森堡大公国（人口为 60 万），大多数商店每天下午 6 点停止营业。





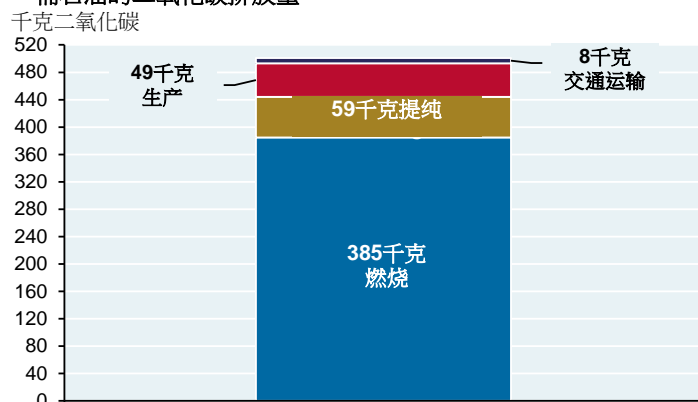
### 关于「净零石油」：如果能够接近非常激进的预估水平，便值得尝试

净零石油基于以下概念：生产一桶石油，同时从大气中吸收足够的二氧化碳，从而大大抵消燃烧石油产生的约 500 公斤二氧化碳排放，以及所选择的封存方法所产生的任何额外排放。听起来很简单；其实并非如此。

去年五月，在摩根大通举办的首届「可持续发展峰会」上，一位出席的能源首席执行官指出，他们在开发「净零石油」方面的努力没有得到任何讨论或支持。我认为是不跟潮流，因为我在演讲中没有提及任何相关内容，而且我重复了我长期以来的观点，即科学史上最高的比率是关于碳封存的科学论文的数量除以实际的碳封存量。尽管我从未听说过净零石油，这是我的不是，但我被视作净零石油的反对者。

峰会结束后，我同意与公司的工程师共同花时间研究，并为我们的首席执行官杰米·戴蒙(Jamie Dimon)和摩根大通运营委员会的其他成员撰写一份有关净零石油的简报。接下来的三页是这份简报逐字记录的内容。结论：存在很多技术障碍需要克服，脱碳石油的成本可能非常高；但对于难以减排的行业，随着时间的推移，直接空气碳捕获和其他相关成本可能会下降，我对此持开放态度。

一桶石油的二氧化碳排放量



资料来源：IHS Markit，2019年



## 能源简介：净零石油和直接空气碳捕获

净零石油是一个关于通过捕获和地质封存二氧化碳以提高石油采收率的概念，涉及利用足够的封存来抵消生产过程中产生的石油生命周期排放和封存产生的排放。其中一个例子是将直接空气碳捕集（DACC）作为二氧化碳的来源，使用零排放能源为 DACC 过程提供动力。本简报讨论了所涉及的碳数学研究。

### 西方方法：DACC 主要使用零排放能源来提高石油采收率

Oxy 正在建设其第一座 DACC 工厂，因此应相应地判断预测和估计<sup>53</sup>。Oxy 计划在 DACC 中使用大部分零碳能源，这些能源来自(a)专用太阳能、(b)通过衍生品合同获得来自电网的零碳电力，以及(c)来自天然气的电力/热量，产生的排放量被捕获/封存。后者一个例子是，NET Power (NPWR) 预计将利用天然气与纯氧燃烧发电，其二氧化碳捕获成本低于传统的天然气发电厂和同地碳捕获。NET Power 也是一家新企业，目标是在 2026-2027 年交付第一批商业化发电厂。因此，我们的能源数学分析估算属于预估性质，并需要在 Oxy DACC 和 NET 发电厂建设过程中进行概念验证/成本发现。

### 净零石油/使用电网电力的 DACC 的碳数学分析

目前，美国的大多数二氧化碳气驱强化采油（CO<sub>2</sub>-EOR）项目都依赖于自然产生的地下二氧化碳沉积物和一些人为源的点源捕获。因此，明确分配这些 CO<sub>2</sub>-EOR 系统中所产出石油的温室气体减排效益是一项复杂的工作，涉及假设反事实的温室气体排放基线和常规石油生产置换率。然而，如果通过 DACC 将大气中的二氧化碳完全用于 CO<sub>2</sub>-EOR，那么将温室气体排放效益归因于所生产的石油就更加简单明了。利用大气中的二氧化碳开采每桶 CO<sub>2</sub>-EOR 石油对排放的影响需要对以下方面进行估算：

假设	价值	假设类型	资料来源
注入二氧化碳以生产一桶石油	0.46 公吨	有限的观察集	Azzolina <sup>54</sup>
一桶石油生命历程的二氧化碳排放量	0.5 公吨二氧化碳	稳健的观察集	多个来源 <sup>55</sup>
DACC 的能量强度，包括压缩	每公吨二氧化碳产生 366 千瓦时的电力和 5.25 吉焦的热量	理论；首批工厂正在建设中	Keith <sup>56</sup>
天然气发电的碳强度	每兆瓦时 0.44 公吨二氧化碳	稳健的观察集	美国能源信息署 <sup>57</sup>
天然气燃烧的碳强度	每吉焦 50.3 千克二氧化碳	稳健的观察集	美国能源信息署 <sup>58</sup>
零排放电力和天然气的分割	美国中部各州的零碳源比例为 40%	稳健的观察集	美国能源信息署 <sup>59</sup>
天然气生产和分配的上游甲烷排放	每兆焦耳天然气产生 13 克二氧化碳	稳健的观察集	Littlefield <sup>60</sup>

<sup>53</sup>根据 2023 年与 Oxy 工程师的对话，与采用固体吸附剂 DACC 技术的设施对钢铁、混凝土和其他材料的依赖相比，其 DACC 材料投入通常更便宜，挥发性更低（碳酸钙、碱钾盐和 PVC）

<sup>54</sup>「与二氧化碳强化采油相关的二氧化碳封存」，Azzolina 等人，《国际温室气体控制杂志》，2015 年 6 月

<sup>55</sup>卡内基基金会、能源期货倡议和清洁空气工作组

<sup>56</sup>「从大气中捕获二氧化碳的过程」，David Keith（哈佛）等人，Joule，2018 年 6 月

<sup>57</sup>「2021 年美国净发电量和由此产生的二氧化碳排放量」，美国能源信息署

<sup>58</sup>「天然气与环境」，美国能源信息署

<sup>59</sup>「按州和来源划分的净发电」，美国能源信息署

<sup>60</sup>「美国天然气输送路径的生命周期温室气体分析」，《环境科学与技术》，Littlefield 等人，2022 年 11 月



使用上述假设，我们估计 **Oxy** 每桶 DACC-EOR 油的净二氧化碳排放量将为 **0.22 公吨**。与原油生命周期排放量 **0.5 吨** 相比，这代表「**脱碳 55%**」。在计算过程中，每公吨二氧化碳的捕获量只有 **79%** 计入减排量，因为必须捕获一些二氧化碳来抵消上游和热电网的排放。表中的假设适用于第 **N** 个工厂，而不是第一个工厂，因此此时是理想的情况。

**DACC-EOR 石油如何实现比 55%基准情况下更高的脱碳率？**

1. 仅使用零碳电力将使 EOR 石油脱碳率提高到 **67%**。这种影响并不大，因为在典型的 DACC 工艺中，电力只占能量的 **20%**（其余是气体燃烧）
2. 如果传感器将上游甲烷排放量减少一半，EOR 石油脱碳率将上升至 **70%**
3. 如果每桶石油多注入 **20%** 的二氧化碳，EOR 石油脱碳率将上升至 **84%**
4. 最后，如果 DACC 的能量负载下降  $1/3$  (可能由于使用工业热泵供热)，EOR 石油脱碳率将上升至 **92%**。换言之，「**92%脱碳石油**」。

**DACC-EOR石油脱碳情形**

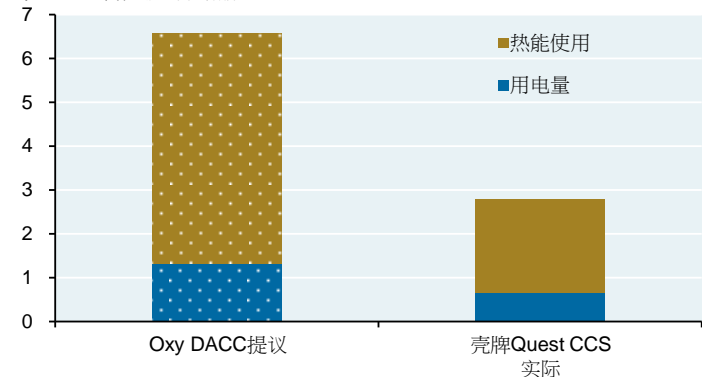
情形	净排放量，每桶二氧化碳公吨	EOR石油脱碳%
传统石油生产、精炼和燃烧	0.50	不适用
使用电网电力的Oxy工艺流程	0.22	55%
使用100%零碳电力的Oxy工艺流程	0.17	67%
Oxy工艺流程，100%零碳发电，上游甲烷排放减少50%	0.15	70%
Oxy工艺流程，100%零碳发电，上游甲烷排放量减少50%，每桶二氧化碳注入量增加20%	0.08	84%
Oxy工艺流程，100%零碳发电，上游甲烷排放量减少50%，每桶二氧化碳注入量增加20%，DACC每吨二氧化碳能源强度下降1/3	0.04	92%

资料来源：美国能源信息署、哈佛大学、卡内基基金会、Energy Futures Initiative、北达科他州大学、美国地质调查局、Occidental、摩根资产管理，2023年6月

**挑战。** DACC 的热力学非常具挑战性，特别是与点源 CCS 相比。值得注意的是，二氧化碳仅占大气的 **0.04%**，而发电厂烟气中的浓度为 **10%-15%**，某些工业烟气中的浓度为 **80%** 以上。上述分析中使用的 DACC 能源假设是基于 **2018 年** 的一篇学术论文；Oxy 目前正在试图证实或改进这些估计。

如果我们从表面上看 **Oxy** 的假设，**DACC** 将比 **CCS** 多消耗 **2.4 倍** 的能量。但这现实吗？壳牌 Quest 蒸汽甲烷改造项目在埃德蒙顿采用 **CCS** 技术，每年捕获和掩埋约 **100 万公吨** 的二氧化碳。二氧化碳的来源：制氢过程中产生的浓合成气，其分压是大气中二氧化碳分压的 **10,000 倍**；合成气中约 **78%** 的二氧化碳被捕获<sup>61</sup>。据壳牌公司称<sup>62</sup>，其 **CCS** 项目每吨二氧化碳需要 **2.8 吉焦** 的能量，包括压缩的能量。**Oxy** 的 **DACC** 工艺真的可以仅以高于壳牌 Quest **2.4 倍** 的能源溢价完成吗？考虑到热力学方面的挑战，这一点需要得到证明。

**DACC与CCS所需的能量**  
每公吨二氧化碳的吉焦能量



资料来源：Quest CCS项目，Keith (哈佛大学) 等人，2022年。

<sup>61</sup>需要明确的是，壳牌 Quest 只从合成气中捕获二氧化碳，而不是从烟囱中捕获。考虑到 **CCS** 的能源需求，壳牌 Quest 仅捕获了项目总二氧化碳排放量的 **35%**

<sup>62</sup> Quest 温室气体和能源报告，2021 年



**最后一个地质问题：二氧化碳重铺。**任何意外重新出现的二氧化碳都需要重新捕获、重新压缩和重新注入，所有这些都是需要额外的能源；或者需要从 DACC-EOR 石油的净碳效益中扣除。大型封存项目通常会根据实际的地质二氧化碳保留率进行跟踪，特别是当项目符合 45Q 税收抵免时。

### DACC 作为难减排部门减排方法的影响

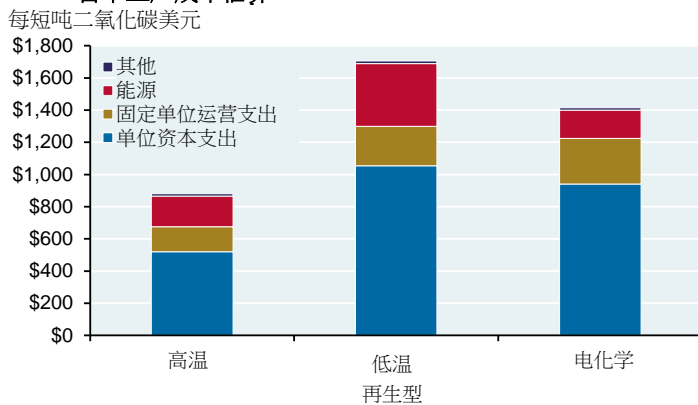
各种能源技术的学习曲线都很陡峭，从而降低了单位成本并提高效率。风能、太阳能、电动汽车电池和公用事业规模的存储成本就是显著的例子。其他例子包括天然气联合循环电厂、住宅和工业热泵以及内燃机效率的提高；以及风力发电能力因涡轮机/转子尺寸和海上位置而提高。但其他方面的改进则较难实现，例如交通领域使用的电解/氢燃料电池的往返效率较低（仍仅为约 26%<sup>63</sup>），同时晶体硅光伏电池效率的提升则可以忽略不计（从 2000 年的 24% 到 2023 年的 26%）。

是否会有一个陡峭的 DACC 学习曲线<sup>64</sup>？如果有的话，DACC 可以用来抵消航空、初级钢铁生产、水泥、化工和农业等难以减排行业的排放。但如果不是，这将是一种非常昂贵的减排形式。如下图所示，对首个同类 DACC 工厂的最新估计是每吨二氧化碳超过 800 美元。即使这些成本下降了三分之二，它们也可能是碳减排成本曲线上最昂贵的解决方案。

### DACC-EOR 结论：

- 即使 DACC 和 Net Power 发电厂按计划竣工，「净零石油」可能指显著但未完全脱碳的石油
- 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况下，净零油计划才能实现 100% 脱碳
- DACC 目前非常耗能；如果/当建成 5-8 个 DACC 工厂时，我们就能更好地了解资本成本和每吨二氧化碳能耗的学习曲线下降情况

### DACC 首个工厂成本估算



资料来源：波士顿咨询公司、世界经济论坛，2023年6月

<sup>63</sup> 可持续道路货运中心（英国）；该数字包括 AC/DC 转换、电解、压缩、传输和燃料电池损耗

<sup>64</sup> Oxy/Carbon Engineering 的 DACC 假设为每吨二氧化碳约 1,800 千瓦时（包括工艺热量），低于我们从国际能源机构、世界资源研究所和 Climeworks 所看到的其他估计值。Feron 在 2022 年国际温室气体技术会议上发表的一篇文章中估计，与 Oxy 水平相比，能耗强度将进一步降低约 1/3。该方法涉及使用氨基酸、冷却塔和工业热泵，并且没有直接的热能需求。





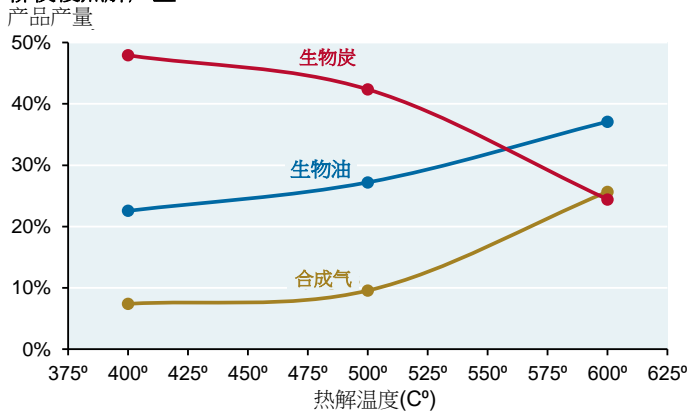
## 适当的掩埋：生物油的封存能否比二氧化碳捕获和封存更受青睐？

2023年，摩根大通宣布了一项2亿美元的碳去除计划，旨在抵消其第一类碳排放，预计未来十年将达到约80万吨。摩根大通的大部分碳清除计划依赖于现有的点源CCS技术，但公司还使用另一种封存方法。

摩根大通与 Charm Industrial 签订了一份碳去除合同，该公司将玉米秸秆（茎、叶和棒）和野火预防处理过程中产生的废木料转化为「生物油」。生物油通过热解生产，热解是指将生物质分解成固体炭、液体生物油和气态合成气。为了避免燃烧，该过程在没有任何氧气的高温下进行。富含碳的液态生物油随后被封存在地下，因为碳的来源是「生物源」，所以可以算作碳去除；换言之，在玉米植物通过光合作用吸收二氧化碳之前，这些碳最近还在大气中。掩埋生物油似乎是最好的选择，因为其能量密度太低，无法用作运输或加热燃料。

如下文所示，以常见的柳枝稷为例，热解的产物产量随热解发生的温度而变化。据 Charm Industrial 称，其热解过程产生约50%的生物油，以及各25%的生物炭和合成气。

柳枝稷热解产量



资料来源：分析与应用热解杂志，2011年

### Charm Industrial 工艺流程

生物油：被封存和掩埋。每生产一立方米生物油，相关的二氧化碳减排约为1.8吨。与运输、热解和注入相关的排放使这一数字减少了约20%

合成气：用于产生热解过程的能量

生物炭：与生物油一起掩埋或施用到土壤中，以提高养分保持力，改善土壤结构

作为点源CCS和直接空气碳捕获的虔诚怀疑论者，生物油会有什么不同吗？

- 生物油由卡车运输，单位体积含碳量是压缩二氧化碳的2.3倍，因此不需要生物油管道<sup>65</sup>
- 生物油可以埋藏在以前用于处理工业废物或开采石油的普通油井中，或油气勘探留下的旧盐洞中。换言之，生物油不需要CCS/DACC通常所需的更专门的地质构造

尽管如此，热解、泵送、混合和卡车运输都会产生碳足迹，需要进行适当的核算。Charm表示，在最近为摩根大通生产和封存的一批生物油中，净碳去除率约为80%<sup>66</sup>。此外，通过生物油进行封存的成本现在也非常高，每吨二氧化碳的成本在500-600美元之间。截至2023年12月，Charm仅拥有三座热解装置，并计划在2024年建造更多。最后一点：生物油与高温多孔岩石接触后，会变得更加粘稠和聚合，从而限制岩洞吸收更多注入流体的能力，其中亦存在风险。

<sup>65</sup>假设生物油的密度为每毫升1.2克，生物油中碳的重量占42%；压缩二氧化碳的密度=每立方米0.8公吨；二氧化碳中碳的重量占27%

<sup>66</sup>Isometric公司对这一净碳去除率进行了检查和确认，并推出了一套生物油封存方案，用于测量、报告和验证



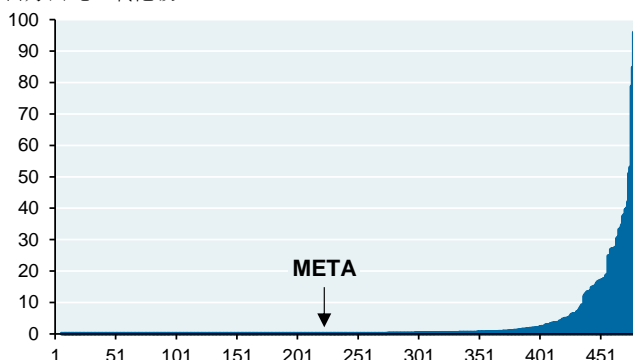
**最大的问题当然是规模。**据报道，到目前为止，Charm 已经封存了 7,000 吨二氧化碳，并计划在未来几年达到每年 2 万吨。背景介绍：Charm 公司的其中一个客户是 Meta，这是一家碳排放量相对较低的公司，2021 年的范围 1 二氧化碳排放量仅为 66,000 吨。在通信服务和信息技术领域，Meta 远远低于排放量较高的公司。请注意，该群体中大约一半的人实际上根本没有范围 1 排放。一些科技公司支付非常高的价格来减少其范围 1 的足迹，这在排放量较低时很容易做到。Carbon Gap 的 Robert Hognlund 做了一些有趣的研究，表明温室气体排放量与每吨温室气体的利润几乎完全成反比。换言之，与大多数科技公司相比，大型排放国在每吨缓解措施支付的价格方面的价格弹性可能要小得多。

Meta 的范围 1 排放仅包括其建筑物、飞机和车辆的燃料消耗<sup>67</sup>。其总碳足迹为 850 万吨二氧化碳，与标普 500 指数和整个美国经济的排放量相比，Meta 只是沧海一粟。我们将继续关注这一领域，但我不确定生物油如何比 CCS 更具可扩展性，甚至可能更难扩展。Charm 的商业模式可能为其支持者带来利润；但这与生物油能否为脱碳大业做出有意义的贡献是两码事。

	公吨 二氧化碳当量	当前Charm Industrial封存的 倍数
迄今为止的Charm Industrial	7,083	
Charm Industrial扩大目标(年度)	18,667	3倍
Meta范围1排放	66,934	9倍
Meta范围1、2和3排放	8,533,471	1,205倍
标准普尔500指数范围1排放	1,476,977,428	208,524倍
美国能源产生的二氧化碳排放	5,586,000,000	788,649倍

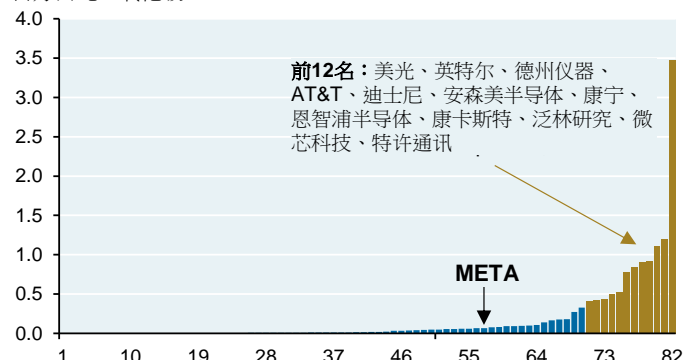
资料来源：彭博财经、美国国家环境保护局、个别公司文件、摩根资产管理，2023年

标准普尔500强公司的范围1排放  
百万公吨二氧化碳



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年1月3日

标准普尔500指数信息技术和通信服务的范围1排放  
百万公吨二氧化碳



资料来源：彭博财经、摩根资产管理，2024年1月3日

<sup>67</sup>范围 1 排放来自组织控制或拥有的排放源，如与组织锅炉、熔炉和车辆燃料燃烧相关的排放

范围 2 排放主要指暖通空调和数据中心的用电量，反映了电网的二氧化碳排放强度。摩根大通使用直接可再生电力和可再生能源信用额来抵消其部分范围 2 排放

范围 3 排放指员工出行/通勤等活动。摩根大通使用「基于自然」的信用额来抵消其部分范围 3 排放。大多数基于自然的信用额来自造林、草原和造林项目。后者是指近期在没有森林的地方努力发展森林；这可能具有挑战性，因为如果某个生物群落有利于森林生长，那么那里通常已经存在森林。泄漏、合规和验证问题一直是基于自然的信用额用户面临的挑战



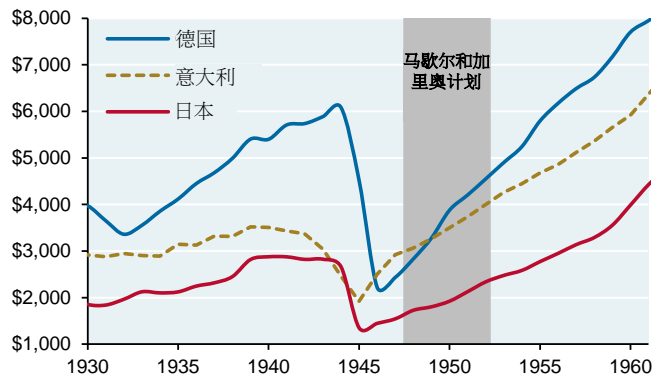
## 假设性问题：加沙重建和分布式太阳能作用的思想实验

第二次世界大战期间，德国耗尽了被征服的欧洲领土的资源和劳动力来养活其战争机器，并以牺牲当地人口为代价强行调整工业和农业的方向。1943年2月的斯大林格勒战役扭转了局势，100万俄军在战役中丧生。战争结束时，德国已是一片混乱：40%的住房被摧毁或损坏，食物产量和热量摄入量下降了一半，工业生产下降了30%，1916年至1924年出生的男性中有三分之一死于战争<sup>68</sup>。意大利：桥梁、工业企业和数十万房屋首先被盟军轰炸机摧毁，之后又被撤退的德国军队摧毁。日本：250万人在战争中丧生，东京和其他城市的大部分地区化为灰烬，全国三分之一的财富被毁。

当美国国务院设计马歇尔计划以振兴德国和欧洲其他国家时，非常不受欢迎，超过50%的美国人反对该计划。最终该计划被通过，促进了欧洲的复苏。人们普遍认为，这是20世纪政策的成功：战争结束后，政策制定者将注意力集中在未来，并试图影响未来事件的进程。这与德国在第一次世界大战后根据《凡尔赛条约》的要求进行赔偿后的余震形成了鲜明对比。

二战后轴心国电力恢复情况

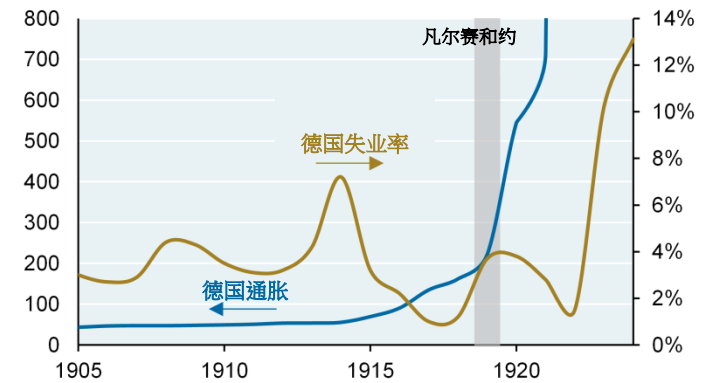
人均GDP，1990年美元



资料来源：Angus Maddison，世界经济历史统计，2024年

第一次世界大战后的凡尔赛条约及其对德国的影响

指数 (100=1950年)

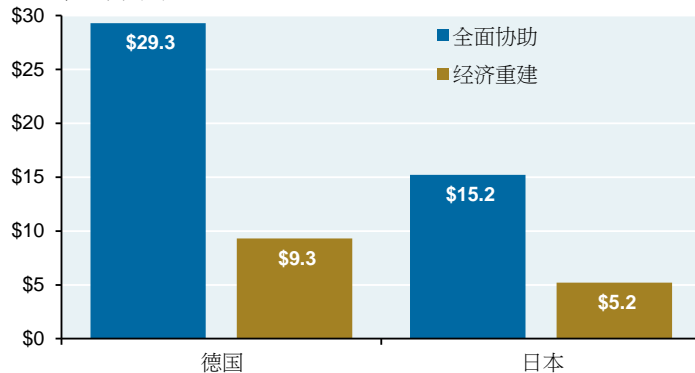


资料来源：Angus Maddison，世界经济历史统计，2024年

如果说美国人在战后对帮助德国的态度是矛盾的，那么日本在1941年12月袭击美国本土时，他们的心情可想而知。即便如此，虽然没有明确的日本马歇尔计划，美国仍然向日本提供了大约相当于德国一半的经济援助。美国还通过设定360日元兑1美元的有利汇率，帮助日本实现经济复苏。得益于低廉的汇率，日本开始了贸易顺差时代，并一直持续到21世纪。

美国对德国和日本的援助，1945年至1952年

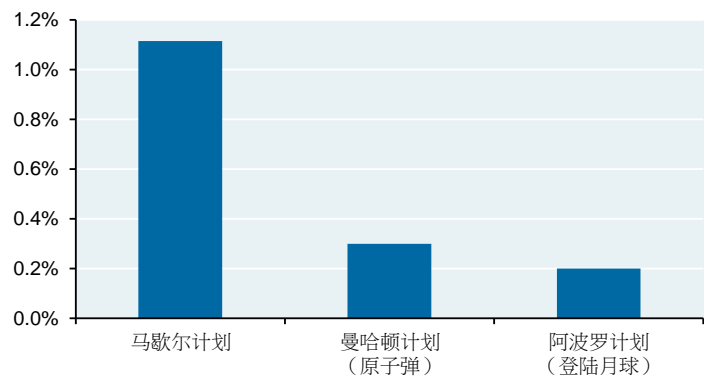
2005年，十亿美元



资料来源：国会研究服务处，2006年3月

特定政府计划的成本

占GDP的百分比



资料来源：Vaclav Smil (曼尼托巴大学)、Eichengreen (伯克利分校)、摩根资产管理，2024年

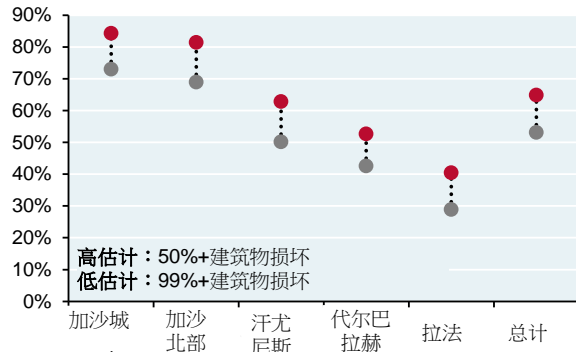
<sup>68</sup> 「二战造成的德国性别比例失衡及其对生育率的影响」，《欧洲经济评论》，Kesternich 等人，2020年9月



鉴于加沙的局势，我想起了这段历史。根据卫星分析，到2024年2月2日，加沙55%-65%的建筑物可能已被以色列损坏或摧毁，以应对10月7日哈马斯的袭击和劫持人质事件。附图展示了研究人员Jamon Van Den Hoek和Corey Scher的空间研究结果，白色方框表示受损和被毁地区。另外，耶路撒冷希伯来大学发现，以色列已摧毁了其计划沿以色列-加沙边界维持的一公里缓冲区内40%的建筑物<sup>69</sup>。

### 加沙的建筑物受损情况

可能受损或毁坏的建筑物百分比



资料来源：Sentinel-1卫星数据的损坏分析，Van Den Hoek（俄勒冈州）和Scher（纽约州立大学），2024年2月2日



### 其他损害评估

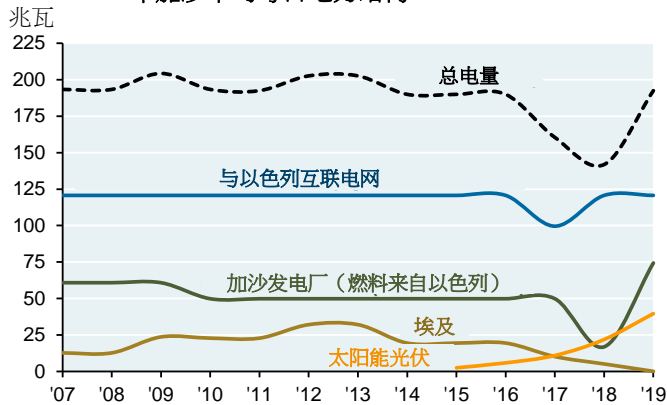
- 90%的学校
- 全部7所大学
- 2/3的医院
- 22%的农业用地，包括温室和橄榄园
- 超过一半的面包店
- 所有供水/卫生设施的一半
- 其余污水处理厂和污水泵站因断电而无法运营

BBC、外交政策、CSIS、France24、UNOCHA

如果建筑物重建后西方国家资助加沙地带的电网重建会怎样？如果这项努力以屋顶太阳能为中心，以提高加沙的能源独立性，结果会怎样呢？这并不是一个未来主义的想法：2022年中国新增了61吉瓦分布式太阳能发电容量，甚至超过了新增的45吉瓦公用事业规模太阳能<sup>70</sup>。这种情况有无数的注意事项，但在过于纠结注意事项之前，请记住德国、意大利和日本在1946年的样子。前一页的教训是：战时破坏之后，协调国际投资可以大有作为。

此外，到上个十年末，加沙已成功在其电力结构中增加了8,000多个屋顶太阳能站点。在如下所示的太阳能光伏发电中，超过90%是屋顶太阳能，其余的是地面太阳能。尽管融资条件不利、与以色列持续冲突、加沙内部党内冲突、以色列对加沙的海上封锁、经济增长率低于1%、失业率达到45%以及以色列对农业和工业实施限制，但还是迎来屋顶太阳能的增长。在进一步讨论之前，我要指出的是，这些信息的来源是耶路撒冷希伯来大学三位教授的论文<sup>71</sup>。

### 2007-2019年加沙平均每日电力结构



资料来源：「面板尽头的光明」，新政治经济学，2022年

截至2021年，加沙地带的能源主要依赖以色列。以色列几乎100%为加沙唯一的发电厂提供化石燃料，该发电厂提供60至80兆瓦的电力。以色列还通过其互联电网提供了120兆瓦的电力。由于加沙能源需求估计为450兆瓦，因此短缺250-270兆瓦。能源短缺严重影响了加沙的基本服务（健康、水、卫生设施），并损害了其经济，主要是制造业和农业（Fischhendler等人，耶路撒冷希伯来大学，2022年）

<sup>69</sup>France24（2024年2月2日）引用耶路撒冷希伯来大学的Adi Ben Nun成果

<sup>70</sup>「中国将气候斗争推向屋顶」，彭博新闻，2023年3月23日

<sup>71</sup>「面板末端的灯：加沙地带以及地缘政治冲突与可再生能源之间的相互作用」，新政治经济学，2022年，Fischhendler、Herman和David，耶路撒冷希伯来大学



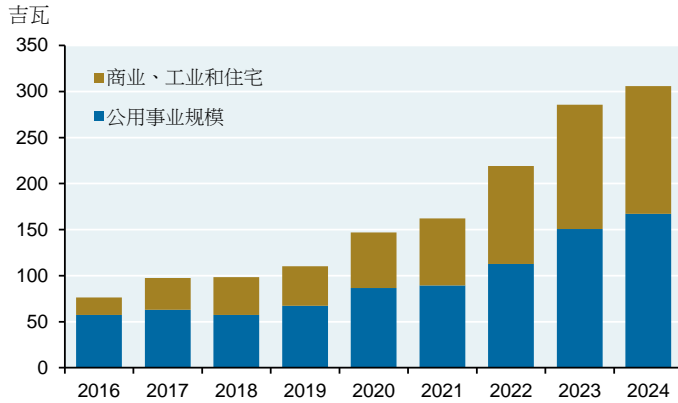


虽然加沙的屋顶太阳能始于难民营和密集的城市地区，但最终开发了更高效的大型站点。对加沙太阳能发展的支持来自世界银行、联合国开发计划署、欧佩克和欧盟。CSIS 估计加沙已开发出世界上最密集的屋顶太阳能系统<sup>72</sup>；2023年3月，加沙至少有三分之一的人口和超过50%的企业使用了太阳能电池板。加沙在屋顶太阳能建设方面的成功是全球趋势的一部分：在过去几年中，全球屋顶太阳能光伏发电新增量大致与新的公用事业规模太阳能装置相当。

### 重建后加沙屋顶太阳能的潜力

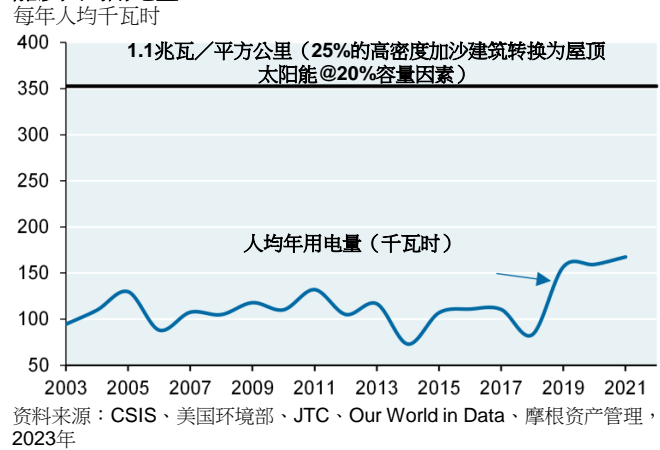
下图（右）显示了加沙的电力消耗以及对重建电网的估计。战前，加沙365平方公里的土地中有18平方公里是高密度建筑物<sup>73</sup>。在漫长的重建期之后<sup>74</sup>，如果我们假设将相关屋顶空间的25%改造为屋顶太阳能，每平方米约90瓦<sup>75</sup>，容量系数为20%<sup>76</sup>，每瓦成本为1美元，那么太阳能发电每年可为提供人均约350千瓦时的电力，前期资本成本约为5亿美元。换言之，为重建后的加沙提供适量的国际援助，就能大大改善能源供应和能源安全。

全球太阳能光伏产能新增



资料来源：国际能源署，2023年

加沙人均用电量



资料来源：CSIS、美国环境部、JTC、Our World in Data、摩根资产管理，2023年

哈马斯挪用国际援助的历史及其成立宪章,可能会<sup>77</sup>使任何激励国际社会援助加沙的努力变得更加困难。自2007年哈马斯在加沙地带掌权以来，它通过对埃及的贸易征税、新的进口税、营业税和对在以色列工作的巴勒斯坦人的收入征税来为其活动提供资金。虽然卡塔尔的援助导致了房屋和基础设施的重建，但据报道，建筑材料的黑市最终也被哈马斯用于军事目的。1994年至2020年，向加沙和约旦河西岸提供的400亿美元国际援助中，欧洲和美国占75%<sup>78</sup>，但这个数字不包括伊朗。美国国会估计伊朗对哈马斯的财政支持每年在1亿美元到3.5亿美元之间。至于哈马斯成立宪章及其核心原则，您可以在此处阅读并自行判断<sup>79</sup>。

<sup>72</sup> 「战时加沙的太阳能」，CSIS，WillTodman 等人，2023年11月21日

<sup>73</sup> 「2023年加沙土地/覆盖利用情况」，He Yin 博士，肯特州立大学地理系

<sup>74</sup> UNCTAD 预计加沙经济可能需要数十年时间才能恢复到战前水平

<sup>75</sup> 「建筑物和停车场：准备充电」，摩根士丹利研究部，2022年5月6日

<sup>76</sup> 「以色列光伏应用国家调查报告」，国际能源署，2017年

<sup>77</sup> 「西方如何无意中资助哈马斯」，《华尔街日报》，2023年10月19日

<sup>78</sup> 「对巴勒斯坦人的国际援助」，2022年8月4日，OmarShaban，Arab Center DC

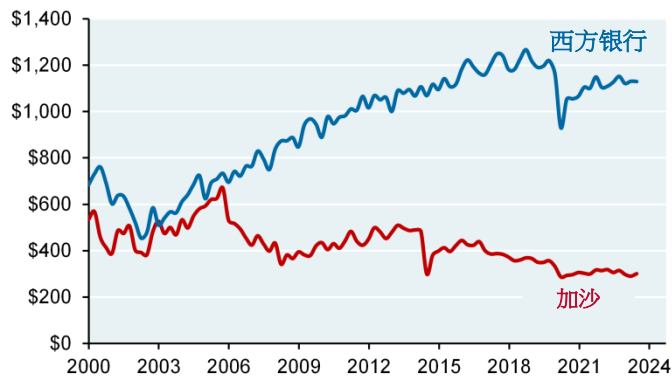
<sup>79</sup> 「理解哈马斯的种族灭绝意识形态：仔细阅读哈马斯的成立文件可以清楚地看出其意图」，BruceHoffman（乔治城，外交关系委员会），《大西洋月刊》，2023年10月。快速摘要：摧毁以色列，建立以伊斯兰教法为基础的伊斯兰国家，拒绝一切政治解决和谈判



无论国际援助水平如何，它们都无法阻止加沙在最近一次战争之前存在的严重经济状况，具体如下文所示。请注意，以色列和加沙之间的收入差距在所有毗邻国家中位居世界第三，仅次于也门/沙特阿拉伯和朝鲜/韩国。造成这种情况的无数原因远远超出了本分析的范围。

在去年文章的末尾，我讨论了核聚变、天基太阳能和电动飞机面临的不可能成功的情况。目前，西方资助的加沙太阳能重建似乎也是不可能的。有一点可以肯定：就像1919年一战后的德国一样，故事几乎肯定不会在目前的情况下画上句点。结局可能会变得更好，也可能会变得更糟。

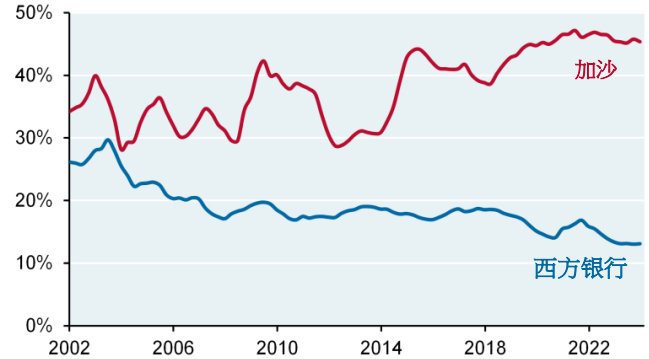
### 人均本地生产总值 2015年美元



资料来源：巴勒斯坦中央统计局、摩根资产管理，2023年第三季度

### 失业率

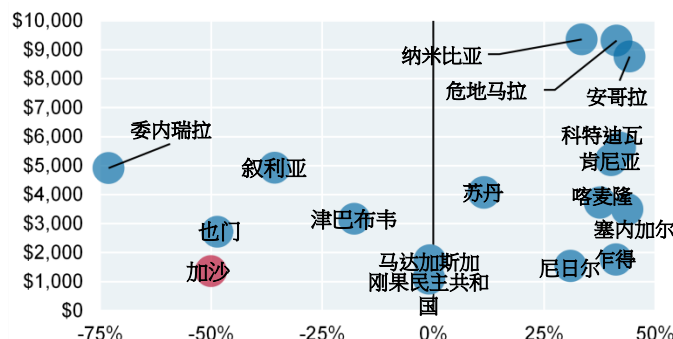
百分比，平滑4个季度



资料来源：巴勒斯坦中央统计局、摩根资产管理，2023年第三季度

### 最低人均收入和收入增长，1994-2022年

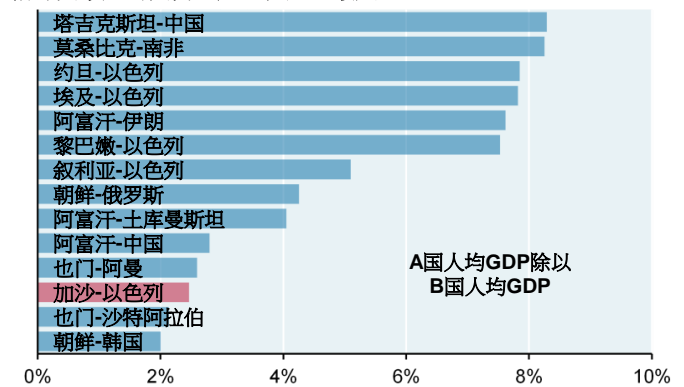
2022年人均收入，购买力平价美元



实际人均收入变化，1994-2022年

资料来源：经济咨商局、国际货币基金组织、摩根资产管理，2024年

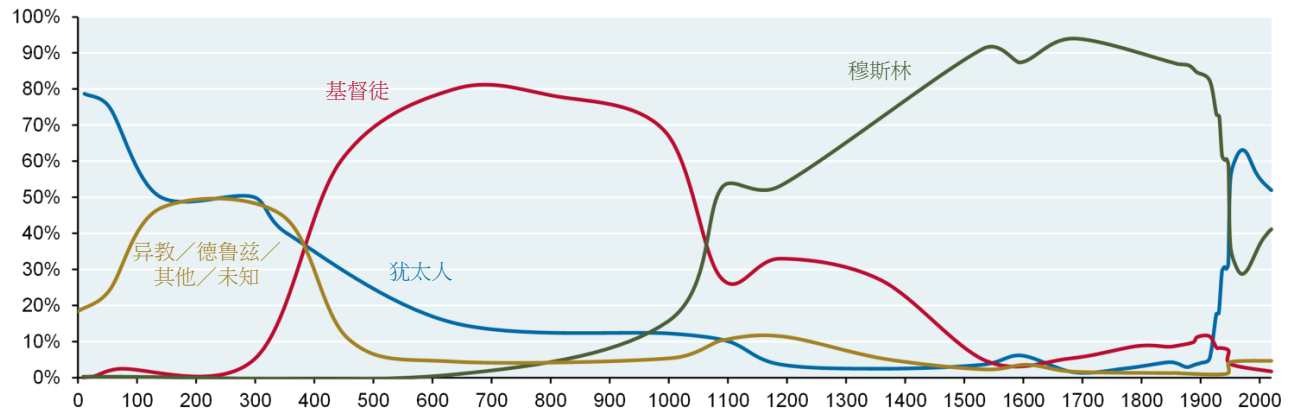
### 相邻国家人均国内生产总值差距最大



资料来源：国际货币基金组织、世界银行、摩根资产管理，2023年

### 自公元1年以来以色列-巴勒斯坦地区的宗教人口统计

占人口百分比



资料来源：Lyman Stone、人口统计情报/麦吉尔大学，2023年



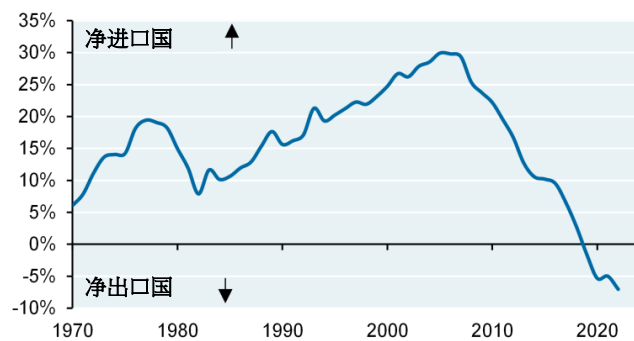
## 附录一：美国和欧洲能源供需及全球液化天然气市场

尽管苏伊士运河集装箱船吞吐量几乎全部下降，但 2024 年 2 月的西德克萨斯中质原油价格实际上低于以色列-哈马斯冲突开始时的价格。与 1970 年代相比，美国受石油价格变化的影响较小。这可以通过以下部分来解释：

- 美国现在是能源净出口国，而 1970 年代是能源净进口国。美国原油净进口量比 2005 年的峰值下降了 75%，2005 年的净成品油进口量为 400 万桶/天，到 2019 年，成品油净出口量为 400 万桶/天。如第 21 页所示，这主要是页岩革命的结果
- 美国 GDP 增长的石油强度比 1970 年代低 65%
- 全球石油消费的年增长率已从 1970 年代的 8%-10% 降至目前的 0%-2%（虽然从图表 4 中可见，石油消费还没有见顶）
- 石油禁运给欧佩克带来的地缘政治利益现在不太明显：沙特石油出口的 75% 销往亚洲，中国一半的石油来自中东，美国的大部分进口石油来自加拿大、墨西哥和其他非欧佩克国家
- 如果需要的话，沙特阿拉伯也有备用产能。备用产能有不同的衡量方式；如下图所示，在非衰退时期，它处于较高水平

### 美国能源依赖和独立程度

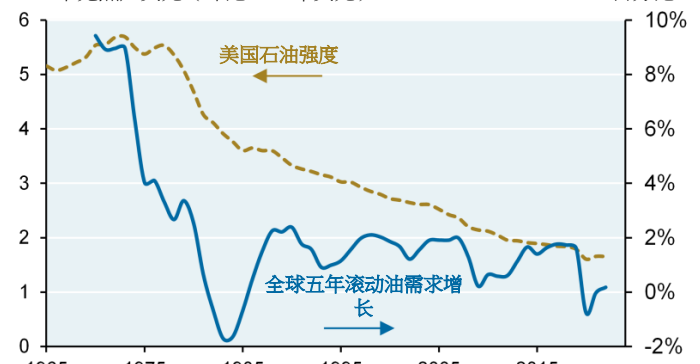
石油、天然气和煤炭净进口量占一次能源消费总量的比重



资料来源：能源研究所《世界能源统计年鉴》、摩根资产管理，2023年

### 石油强度和消耗

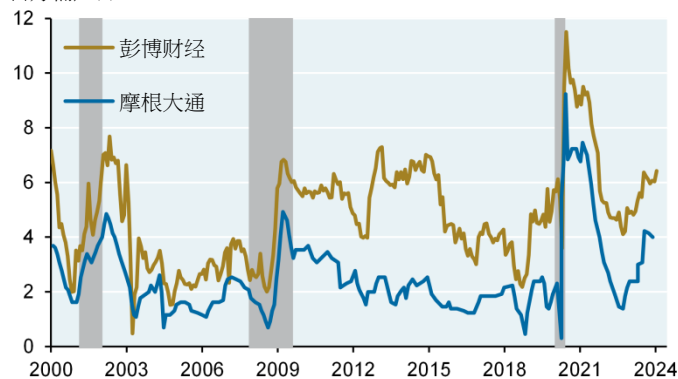
GDP中兆焦/美元（环比2017年美元）



资料来源：彭博财经、能源研究所、摩根资产管理，2023年

### 石油输出国组织预计闲置产能

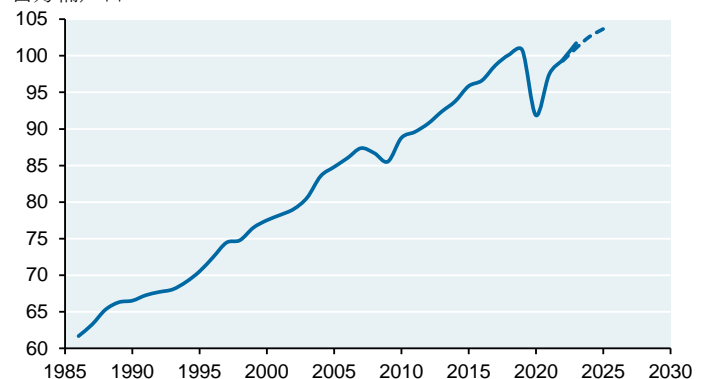
百万桶/日



资料来源：彭博财经、摩根大通，2024年1月

### 全球石油需求

百万桶/日



资料来源：国际能源署、摩根大通全球商品研究部，2024年1月



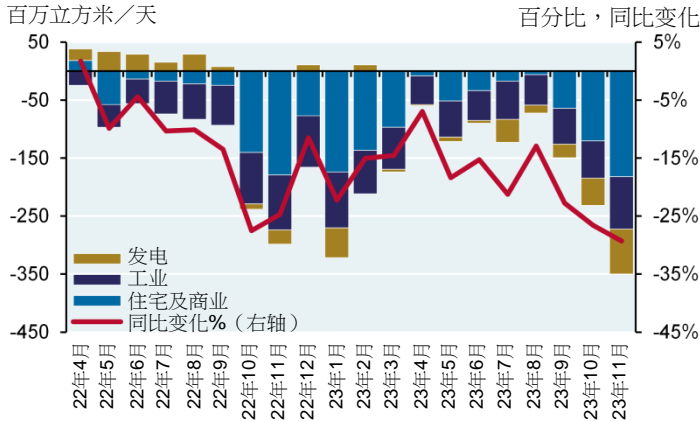
至于欧洲，幸存下来的原因是暖冬天气、能源效率提高、能源消耗减少以及进口液化天然气数量增加：

- 2023年天然气消耗量较2022年下降15%
- 到2023年12月，液化天然气进口量比2021年1月增加两倍
- 2023年液化天然气再气化能力新增46吨/年，较2022年1月水平增加25%

在2025年供应大幅增加之前，全球液化天然气市场可能将持续紧张，部分取决于美国最近宣布的液化天然气出口限制的结果。

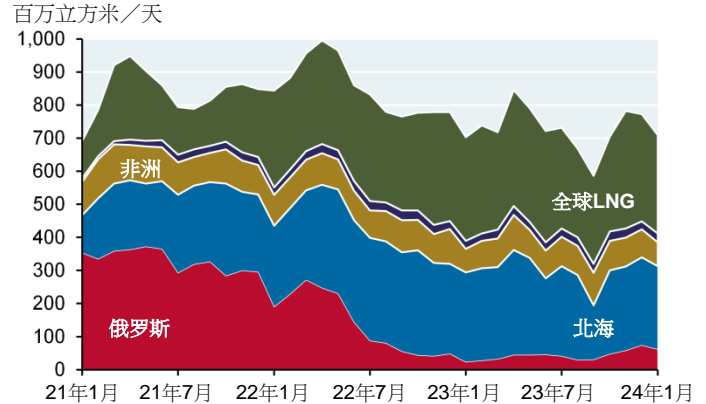
**更新：**2024年1月，拜登政府冻结了向没有与美国签订自由贸易协定的国家出口美国液化天然气的新液化厂的批准（请注意，美国和欧盟之间没有此类协定）。需要明确的是，目前的液化天然气出口和在建设项目不会受到影响，并且在紧急情况下美国盟友可获得豁免。换言之，短期或中期不会对美国向欧洲或亚洲的液化天然气出口产生影响。鉴于对气候或国家安全的影响微乎其微，该禁令在选举年看来主要是具政治性。美国能源部审批队列中只有四个项目会受到影响（Sempra、Commonwealth LNG和Energy Transfer）。Venture Global在路易斯安那州的一个项目也可能受到影响；该项目正等待美国联邦能源管理委员会的批准，并需要在能源部审议之前获得批准。

### 欧洲天然气需求



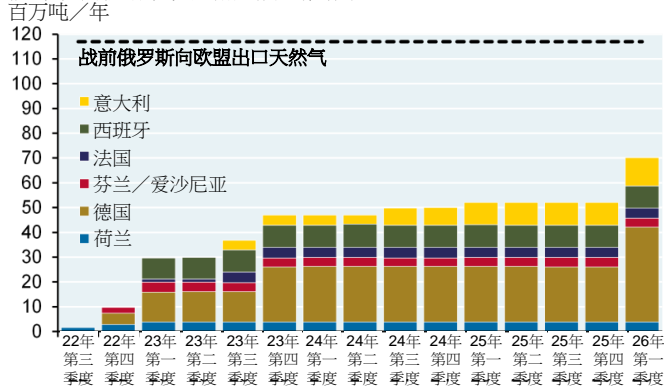
资料来源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

### 欧洲进口天然气和液化天然气



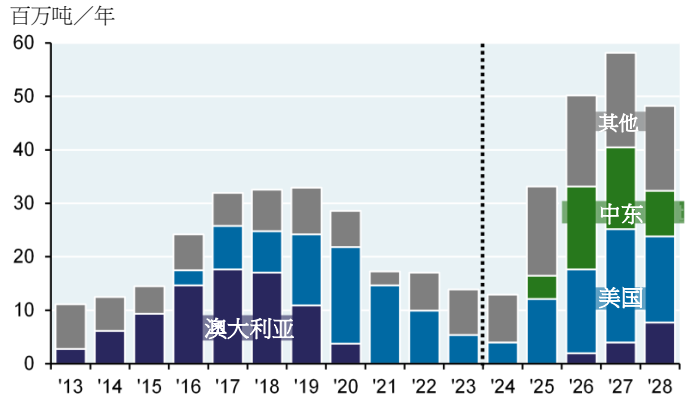
资料来源：摩根大通大宗商品研究部，2024年1月

### 预计欧洲新增液化天然气再气化能力



资料来源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月

### 全球液化天然气供应



资料来源：Mitsubishi UFJ Financial Group，2023年12月





## 附录二：Electrify America、Waymo 和吉普的电动汽车不幸遭遇

### Electrify America：是的，但只是部分时间

MotorTrend 发表了一位福特 F-150 Lightning 电动汽车新车主的游记。接到紧急通知后，一家人挤进充满电的 F-150，沿着 5 号州际公路的推荐路线向北行驶。之所以选择这条路线，是因为该路线有 Electrify America 充电网络。

- 不幸的是，指定站点的 6 座 Electrify America 充电塔中有 4 座无法正常运行，两座正常工作充电塔需要长时间等待
- Electrify America 无法远程修复损坏的充电塔，福特的软件显然无法相应地调整行程。结果，这家人去了当地的另一个充电站，尽管充电站的充电速率更低，然而那个充电站也坏了
- 这家人回到原来的 Electrify America 充电站，等了两个小时才给他们的 F-150 充上电，充电功率为 33 千瓦，是电站宣传容量的 10%。充电一小时后，电池电量已达到 64%，因此他们计划在北边 100 英里处再次停靠，但却发现另一座充电塔的充电功率低于标准，充电功率仅为 40kW。25 分钟后他们放弃了，预订了酒店过夜并整夜充电

「我们上次的福特 F-150 Lightning 电动皮卡公路旅行是一场噩梦」，MotorTrend，ChristianSeabaugh，2023 年 12 月 22 日。这篇游记与加州大学伯克利分校和 JD Power 的数据一致：旧金山湾区近 30% 的充电器无法使用，对全国范围内的充电站实地探访结果显示 20% 导致司机无法充电<sup>80</sup>。同类最佳：特斯拉，全球充电站可靠率高达 99% 以上。

### Waymo：电动汽车也可以使用「煤气灯」

去年 12 月，在凤凰城，两辆 Waymo 自动驾驶汽车撞上了由拖车拖走的同一辆皮卡车。据 Waymo 称，这是由于「极其罕见」的事件组合造成的：拖车以向后姿势拉着皮卡车，并部分占用了另一条车道。这些条件显然过于复杂和非同寻常，Waymo 车辆无法破译。一辆 Waymo 电动汽车从后面驶来，撞上了皮卡车。拖车继续行驶，几分钟后，第二辆 Waymo 电动汽车撞上了同一辆皮卡车，也是从后方驶来。乔治-梅森大学机器人与自动驾驶中心主任对 Waymo 将这些事件描述为不寻常表示异议，他现在「被该公司的『煤气灯操纵』弄得精疲力竭」<sup>81</sup>。美国国家公路交通安全管理局召回：#24E-013

### 吉普：内燃（自燃）发动机

在两次召回我的 2021 款 Jeep 牧马人插电式混合动力 4xe 车后，我对 Jeep 牧马人的喜爱度受到了严峻的考验。第一次召回是因为「电机功率损失」，而第二次召回是因为「温度调节器垫圈故障导致冷却液泄漏」。此外，电池加热器也出现故障，缺货数周。

现在出现再次召回。根据 2023 年 12 月的召回通知，「您车辆上的高压电池可能会出现内部故障。该缺陷尚未确定，根本原因仍在调查中。电池内部故障可能导致车辆在点火或熄火状态下起火」。召回仍在继续：「建议客户不要给这些车辆充电，并且在车辆完成最终维修之前不要将其停放在建筑物或构筑物内或其他车辆附近。」还有最精彩的部分：「目前还没有针对这种情况的补救措施」。吉普召回通知 B9A/NHTSA237-787

<sup>80</sup>「开放式公共电动汽车直流快速充电器的可靠性」，加州大学伯克利分校，Rempel 等人，2022 年 4 月，以及「JD Power 2023 年美国电动汽车体验(EVX)公共充电研究」，JD Power，2023 年 8 月

<sup>81</sup>M. Cummings 教授领英内容，乔治梅森大学，2024 年 2 月 20 日。煤气灯操纵：操纵他人质疑自己对现实的想法，来自 1944 年的电影《Gaslight》



## 重要信息

### 主要风险

本文件仅供一般说明之用，可能告知您 JPMorgan Chase & Co.（「摩根大通」）旗下的私人银行业务提供的若干产品及服务。文中所述产品及服务，以及有关费用、收费及利率均可根据适用的账户协议而可能有变，并可视乎不同地域分布而有所不同。所有产品和服务不一定可在所有地区提供。如果您是残障人士并需取得额外支持以查阅本文件，请联系您的摩根大通团队或向我们发送电邮寻求协助（电邮地址：[accessibility.support@jpmorgan.com](mailto:accessibility.support@jpmorgan.com)）。**请参阅所有重要信息。**

### 一般风险及考虑因素

本文件讨论的观点、策略或产品未必适合所有客户，可能面临投资风险。**投资者可能损失本金，过往表现并非未来表现的可靠指标。**资产配置/多元化不保证录得盈利或免招损失。本文件所提供的资料不拟作为作出投资决定的唯一依据。投资者务须审慎考虑本文件讨论的有关服务、产品、资产类别（例如股票、固定收益、另类投资或大宗商品等）或策略是否适合其个人需要，并须于作出投资决定前考虑与投资服务、产品或策略有关的目标、风险、费用及支出。请与您的摩根大通团队联络以索取这些资料及其他更详细信息，当中包括您的目标/情况的讨论。

### 非依赖性

本公司相信，本文件载列的资料均属可靠；然而，摩根大通不会就本文件的准确性、可靠性或完整性作出保证，或者就使用本文件的全部或部分内容引致的任何损失和损害（无论直接或间接）承担任何责任。我们不会就本文件的任何计算、图谱、表格、图表或评论作出陈述或保证，本文件的计算、图谱、表格、图表或评论仅供说明/参考用途。本文件表达的观点、意见、预测及投资策略，均为本公司按目前市场状况作出的判断；如有更改，恕不另行通知。摩根大通概无责任于有关资料更改时更新本文件的资料。本文件表达的观点、意见、预测及投资策略可能与摩根大通的其他领域、就其他目的或其他内容所表达的观点不同。**本文件不应视为研究报告看待。**任何预测的表现和风险仅以引述的模拟例子为基础，且实际表现及风险将取决于具体情况。前瞻性的陈述不应视为对未来事件的保证或预测。

本文件的所有内容不构成任何对您或对第三方的谨慎责任或与您或与第三方的咨询关系。本文件的内容不构成摩根大通及/或其代表或雇员的要约、邀约、建议或咨询（不论财务、会计、法律、税务或其他方面），不论内容是否按照您的要求提供。摩根大通及其关联公司与雇员不提供税务、法律或会计意见。您应在作出任何财务交易前咨询您的独立税务、法律或会计顾问。

### 就摩根资产管理客户而言：

「摩根资产管理」是摩根大通及其全球关联公司从事资产管理业务的品牌名称。

在适用法例所容许的范围内，我们可进行电话录音及监察电子通讯记录，藉以遵从我们的法律及监管规例和内部政策。摩根资产管理将会根据我们的隐私政策收集、储存及处理个人资料（详情可浏览：<https://am.jpmorgan.com/global/privacy>）。

### 可访问性

仅适用于美国：如果您是残障人士并需取得额外支援以查阅本文件，请致电我们寻求协助（电话：1-800-343-1113）。

本通讯文件由下列实体发行：

在美国，由摩根大通投资管理有限责任公司(J.P. Morgan Investment Management Inc.) 或摩根大通另类资产管理有限责任公司 (J.P. Morgan Alternative Asset Management, Inc.)发行，两家公司均须受美国证券交易委员会监管；在拉美，由当地摩根大通实体（视情况而定）发行并仅供指定收件人使用；在加拿大，由摩根资产管理（加拿大）有限责任公司(JPMorgan Asset Management (Canada) Inc.)发行并仅供机构客户使用，该公司乃加拿大所有省份及地区的已注册投资组合经理及获豁免市场交易商（除了育空），同时也是卑诗省、安大略省、魁北克省以及纽芬兰和拉布拉多等地的已注册投资基金经理。在英国，由摩根资产管理（英国）有限公司(JPMorgan Asset Management (UK) Limited)发行，该公司须受英国金融行为监管局授权及监管；在其他欧洲司法管辖权区，由摩根资产管理（欧洲）有限责任公司(JPMorgan Asset Management (Europe) S.à r.l.)发行。在亚太地区，由以下发行实体在其主要受监管的司法管辖权区内发行：摩根资产管理（亚太）有限公司(JPMorgan Asset Management (Asia Pacific) Limited)，或摩根基金（亚洲）有限公司(JPMorgan Funds (Asia) Limited)，或摩根实物资产管理（亚洲）有限公司 (JPMorgan Asset Management Real Assets (Asia) Limited)发行，各自均受香港证券及期货事务监察委员会监管；摩根资产管理（新加坡）有限公司(JPMorgan Asset Management (Singapore) Limited)（公司注册编号：197601586K），本广告或公告未经新加坡金融管理局审阅；摩根证券投资信托股份有限公司 (Jpmorgan Asset Management (Taiwan) Limited)；摩根资产管理（日本）有限公司(JPMorgan Asset Management (Japan) Limited)，该公司乃日本投资信托协会(Investment Trusts Association of Japan)、日本投资顾问协会、第二类金融工具商同业公会及日本证券业协会的成员，须受日本金融管理局监管（注册编号：330(Kanto Local Finance Bureau (Financial Instruments Firm)）；在澳大利亚，由摩根资产（澳大利亚）有限公司(JPMorgan Asset Management (Australia) Limited (ABN 55143832080) AFSL 牌照号码：376919)，仅供按照公司法第2001 第761A 条及第761G条（《公司法》）赋予的定义的「批发客户」发行。在亚太所有其他市场，则仅向指定收件人发行。

### 就摩根大通私人银行客户而言：

#### 关于您的投资及潜在利益冲突

在摩根大通银行或其任何附属机构（合称「摩根大通」）管理客户投资组合的活动中，每当其有实际或被认为的经济或其他动机按有利于摩根大通的方式行事时，就可能产生利益冲突。例如，下列情况下可能发生利益冲突（如果您的账户允许该等活动）：(1)摩根大通投资于摩根大通银行或摩根大通投资管理有限公司等附属机构发行或管理的共同基金、结构性产品、单独管理账户或对冲基金等投资产品时；(2)摩根大通旗下实体从摩根大通证券有限责任公司或摩根大通结算公司等附属机构获取交易执行、交易结算等服务时；(3)摩根大通由于为客户账户购买投资产品而收取付款时；或者(4)摩根大通针对就客户投资组合买入的投资产品所提供的服务（服务包括股东服务、记录或托管等等）收取付款时。摩根大通与其他客户的关系或当摩根大通为其自身行事时，也有可能引起其他冲突。

投资策略是从摩根大通及业内第三方资产管理人处挑选的，它们必须经过我们的管理人研究团队的审批流程。为了实现投资组合的投资目标，我们的投资组合建构团队从这些策略中挑选那些我们认为最适合我们的资产配置目标和前瞻性观点的策略。

一般来说，我们优先选择摩根大通管理的策略。以现金和优质固定收益等策略为例，在遵守适用法律及受制于账户具体考虑事项的前提下，我们预计由摩根大通管理的策略占比较高（事实上可高达百分之百）。

虽然我们的内部管理策略通常高度符合我们的前瞻性观点，以及我们对同一机构的投资流程、风险和合规理念的熟悉，但是值得注意的是，当内部管理的策略被纳入组合时，摩根大通集团收到的整体费用会更高。因此，对于若干投资组合我们提供不包括摩根大通管理的策略的选择（除现金及流动性产品外）。





Six Circles 基金是一只由摩根大通管理并于美国注册成立共同基金，由第三方担任分层顾问。尽管被视为内部管理策略，但摩根大通不保留基金管理费或其他基金服务费。

### 法律实体、品牌及监管信息

在美国，银行存款账户及相关服务（例如支票、储蓄及银行贷款）乃由**摩根大通银行(JPMorgan Chase Bank, N.A.)**提供。摩根大通银行是美国联邦存款保险公司的成员。

在美国，投资产品（可能包括银行管理账户及托管）乃由**摩根大通银行(JPMorgan Chase Bank, N.A.)**及其关联公司（合称「**摩根大通银行**」）作为其一部分信托及委托服务而提供。其他投资产品及服务（例如证券经纪及咨询账户）乃由**摩根大通证券(J.P. Morgan Securities LLC)**（「**摩根大通证券**」）提供。摩根大通证券是**金融业监管局**和**证券投资者保护公司**的成员。保险产品是透过 Chase Insurance Agency, Inc（「**CIA**」）支付。CIA 乃一家持牌保险机构，以 Chase Insurance Agency Services, Inc.的名称在佛罗里达州经营业务。摩根大通银行、摩根大通证券及 CIA 均为受 JPMorgan Chase & Co.共同控制的关联公司。产品不一定于美国所有州份提供。

在德国，本文件由**摩根大通有限责任公司(J.P. Morgan SE)**发行，其注册办事处位于 Taunustor 1 (TaunusTurm), 60310 Frankfurt am Main, Germany am Main, 已获德国联邦金融监管局 (Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht, 简称为「**BaFin**」) 授权，并由 BaFin、德国中央银行 (Deutsche Bundesbank) 和欧洲中央银行共同监管。在**卢森堡**，本文件由**摩根大通有限责任公司卢森堡分行**发行，其注册办事处位于 European Bank and Business Centre, 6 route de Treves, L-2633, Senningerberg, Luxembourg, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司卢森堡分行同时须受卢森堡金融监管委员会 (CSSF) 监管，注册编号为 R.C.S Luxembourg B255938。在**英国**，本文件由**摩根大通有限责任公司伦敦分行**发行，其注册办事处位于 25 Bank Street, Canary Wharf, London E14 5JP, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司伦敦分行同时须受英国金融市场行为监管局以及英国审慎监管局监管。在**西班牙**，本文件由**摩根大通有限责任公司 Sucursal en España (马德里分行)**分派，其注册办事处位于 Paseo de la Castellana, 31, 28046 Madrid, Spain, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司马德里分行同时须受西班牙国家证券市场委员会 (Comisión Nacional de Valores, 简称「**CNMV**」) 监管，并已于西班牙银行行政注册处以摩根大通有限责任公司分行的名义登记注册，注册编号为 1567。在**意大利**，本文件由**摩根大通有限责任公司米兰分行**分派，其注册办事处位于 Via Cordusio, n.3, Milan 20123, Italy, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司米兰分行同时须受意大利央行及意大利全国公司和证券交易所监管委员会 (Commissione Nazionale per le Società e la Borsa, 简称为「**CONSOB**」) 监管，并已于意大利银行行政注册处以摩根大通有限责任公司分行的名义登记注册，注册编号为 8076，其米兰商会注册编号为 REA MI 2536325。在**荷兰**，本文件由**摩根大通有限责任公司阿姆斯特丹分行**分派，其注册办事处位于 World Trade Centre, Tower B, Strawinskylaan 1135, 1077 XX, Amsterdam, The Netherlands。摩根大通有限责任公司阿姆斯特丹分行已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司阿姆斯特丹分行同时须受荷兰银行 (DNB) 和荷兰金融市场监管局 (AFM) 监管，并于荷兰商会以摩根大通有限责任公司分行的名义注册登记，其注册编号为 72610220。在**丹麦**，本文件是由**摩根大通有限责任公司哥本哈根分行**（即德国摩根大通有限责任公司附属公司）分派，其注册办事处位于 Kalvebod Brygge 39-41, 1560 København V, Denmark, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司哥本哈根分行（即德国摩根大通有限责任公司附属公司）同时须受丹麦金融监管局 (Finanstilsynet) 监管，并于丹麦金融监管局以摩根大通有限责任公司分行的名义注册登记，编号为 29010。在**瑞典**，本文件由**摩根大通有限责任公司斯德哥尔摩分行**分派，其注册办事处位于 Hamngatan 15, Stockholm, 11147, Sweden, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司哥本哈根分行同时须受瑞典金融监管局 (Finansinspektionen) 监管，并于瑞典金融监管局以摩根大通有限责任公司分行的名义注册登记。在**比利时**，本文件由**摩根大通有限责任公司——布鲁塞尔分行**分派，其注册办事处位于 35 Boulevard du Régent, 1000, Brussels, Belgium, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司布鲁塞尔分行同时须受比利时国家银行 (NBB) 及比利时金融服务及市场管理局 (FSMA) 监管，并已于比利时国家银行行政注册处登记注册，注册编号为 0715.622.844。在**希腊**，本文件由**摩根大通有限责任公司——雅典分行**分派，其注册办事处位于 3 Haritos Street, Athens, 10675, Greece, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管。摩根大通有限责任公司雅典分行同时须受希腊银行监管，并已于希腊银行行政注册处以摩根大通有限责任公司的名义登记注册，注册编号为 124。雅典商会注册号为 158683760001；增值税注册号为 99676577。在**法国**，本文件由**摩根大通有限责任公司巴黎分行**分派，其注册办事处位于 14, Place Vendôme 75001 Paris, France, 已获德国联邦金融监管局 (BaFin) 授权，并由 BaFin、德国中央银行和欧洲中央银行共同监管，注册编号为 842 422 972，摩根大通有限责任公司巴黎分行亦受法国银行业监察委员会 (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR)) 及法国金融市场管理局 (Autorité des Marchés Financiers(AMF)) 监管。在**瑞士**，本文件由 **J.P. Morgan (Suisse) S.A.** 分派，其注册办事处位于 rue du Rhône, 35, 1204, Geneva, Switzerland, 作为瑞士一家银行及证券交易商，在瑞士由瑞士金融市场监督管理局 (FINMA) 授权并受其监管。

就金融工具市场指令 (MIFID II) 和瑞士金融服务法 (FINSA) 而言，本通讯属广告性质。除非基于任何适用法律文件中包含的信息，这些文件目前或应在相关司法管辖区内提供（按照要求），否则投资者不应认购或购买本广告中提及的任何金融工具。

在**香港**，本文件由**摩根大通银行香港分行**分派，摩根大通银行香港分行受香港金融管理局及香港证监会监管。在香港，若您提出要求，我们将在不收取您任何费用的情况下停止使用您的个人资料以作我们的营销用途。在**新加坡**，本文件由**摩根大通银行新加坡分行**分派。摩根大通银行新加坡分行受新加坡金融管理局监管。交易及咨询服务及全权委托投资管理服务由摩根大通银行香港分行/新加坡分行向您提供（提供服务时会通知您）。银行及托管服务由摩根大通银行香港分行/新加坡分行向您提供（提供服务时会通知您）。本文件的内容未经香港或新加坡或任何其他法律管辖区的任何监管机构审阅。建议您审慎对待本文件。假如您对本文件的内容有任何疑问，请必须寻求独立的专业人士意见。对于构成《证券及期货法》及《财务顾问法》项下产品广告的材料而言，本营销广告未经新加坡金融管理局审阅。摩根大通银行 (JPMorgan Chase Bank, N.A.) 是依据美国法律特许成立的全国性银行组织；作为一家法人实体，其股东责任有限。

关于**拉美**国家，本文件的分派可能会在特定法律管辖区受到限制。我们可能会向您提供和/或销售未按照您祖国的证券或其他金融监管法律登记注册、并非公开发行的证券或其他金融工具。该等证券或工具仅在私下向您提供和/或销售。我们就该等证券或工具与您进行的任何沟通，包括但不限于交付发售说明书、投资条款协议或其他发行文件，在任何法律管辖区内对之发出销售或购买任何证券或工具要约或邀约为非法的情况下，我们无意在该等法律管辖区内发出该等要约或邀约。此外，您其后对该等证券或工具的转让可能会受到特定监管法规和/或契约限制，且您需全权自行负责确定和遵守该等限制。就本文件提及的任何基金而言，基金的有价证券若未依照相关法律管辖区的法律进行注册登记，则基金不得在任何拉美国家公开发售。



在澳大利亚，摩根大通银行(ABN 43 074 112 011/AFS 牌照号码：238367)须受澳大利亚证券及投资委员会以及澳大利亚审慎监管局监管。摩根大通银行于澳大利亚提供的资料仅供「批发客户」。就本段的目的而言，「批发客户」的涵义须按照公司法第 2001 (C)第 761G 条(《公司法》)赋予的定义。如您目前或日后任何时间不再为批发客户，请立即通知摩根大通。

摩根大通证券是一家在美国特拉华州注册成立的外国公司(海外公司)(ARBN 109293610)。根据澳大利亚金融服务牌照规定，在澳大利亚从事金融服务的金融服务供应商(如摩根大通证券)须持有澳大利亚金融服务牌照，除非已获得豁免。**根据公司法 2001 (C) (《公司法》)，摩根大通证券已获豁免就提供给您金融服务持有澳大利亚金融服务牌照，且根据美国法律须受美国证券交易委员会、美国金融业监管局及美国商品期货委员会监管，这些法律与澳大利亚的法律不同。**摩根大通证券于澳大利亚提供的资料仅供「批发客户」。本文件提供的资料不拟作为亦不得直接或间接分派或传递给澳大利亚任何其他类别人士。就本段目的而言，「批发客户」的涵义须按照《公司法》第 761G 条赋予的定义。如您目前或日后任何时间不再为批发客户，请立即通知摩根大通。

本文件未特别针对澳大利亚投资者而编制。文中：

- 包含的金额可能不是以澳元为计价单位；
- 可能包含未按照澳大利亚法律或惯例编写的金融信息；
- 可能没有阐释与外币计价投资相关的风险；以及
- 没有处理澳大利亚的税务问题。

应收件人要求及为收件人之便，本文件收件人可能已同时获提供其他语言版本。尽管我们提供其他语言文件，但收件人已再确认有足够能力阅读及理解英文，且其他语言文件的使用乃出于收件人的要求以作参考之用。若英文版本及翻译版本有任何歧义，包括但不限于释义、含意或诠释、概以英文版本为准。

「摩根大通」是指摩根大通及其全球附属公司和联属公司。「摩根大通私人银行」是摩根大通从事私人银行业务的品牌名称。本文件仅供您个人使用，未经摩根大通的允许不得分发给任何其他人士，且任何其他人士均不得使用，分派或复制本文件的内容供作非个人用途。如您有任何疑问或不欲收取这些通讯或任何其他营销资料，请与您的摩根大通团队联络。

© 2024 年。摩根大通。版权所有。



J.P.Morgan