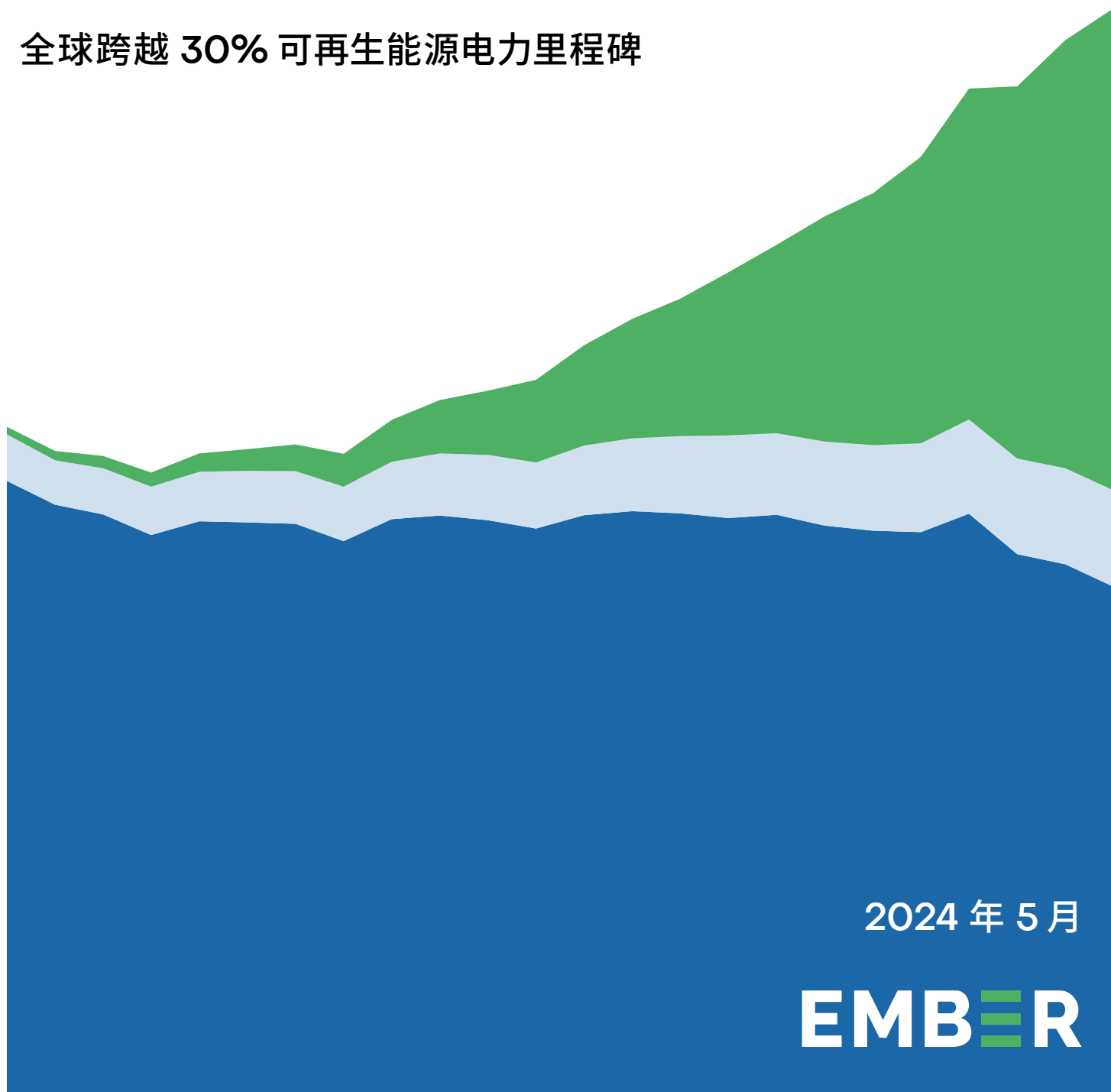


2024 年 全球电力 评论

全球跨越 30% 可再生能源电力里程碑



并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



简介

Ember 的第五份年度《全球电力评论》根据报告的数据，首次全面概述了 2023 年全球发电量的变化。本报告介绍了有关变化背后的趋势，以及在不久的将来对能源和电力行业排放量的可能影响。在这份报告中，Ember 还将发布首个全面、免费的 2023 年全球发电量数据集。

本报告分析了来自 215 个国家的电力数据，其中包括代表全球 92% 电力需求的 80 个国家的最新 2023 年数据。该分析还包括 13 个地理和经济分组的数据，如非洲、亚洲、欧盟和七国集团。其亦深入探讨了二氧化碳排放量最高的六个国家和地区，该等国家和地区电力行业排放量占全球的 72% 以上，附录则概述了其他 25 个主要污染国的情况。

我们免费提供所有数据，以便他人能够自行分析，并帮助加快向清洁电力的转变。

主要作者

Małgorzata Wiatros-Motyka、Nicolas Fulghum、Dave Jones。

其他作者

Katye Altieri、Richard Black、Hannah Broadbent、Chelsea Bruce-Lockhart、Matt Ewen、Phil MacDonald、Kostantsa Rangelova。

其他贡献者

Sarah Brown、Libby Copsey、Reynaldo Dizon、Sam Hawkins、Leo Heberer、Sanghyun Hong、Rosamond Hutt、Uni Lee、Aditya Lolla、Josie Murdoch、James Robinson、Neshwin Rodrigues、Chris Rosslowe、Oya Zaimoglu。

免责声明

据我们所知，本报告中的信息是完整和正确的，但如果您发现错误，请发电子邮件至 info@ember-climate.org。

知识共享

本报告根据创作共用相同方式共享许可证 (Creative Commons ShareAlike Attribution Licence) (CC BY-SA 4.0) 刊发。我们积极鼓励您分享和修改本报告，但您必须注明作者和标题，同时您也必须分享您在同一许可证下创作的任何材料。

版权所有 © Ember, 2024

目录

6	执行摘要	
10	第 1 章 · 2023 年电力转型	
11	1.1	可再生能源发电量达到全球发电量的 30%
15	1.2	需求增长低于趋势，但清洁电力增长仍然不足
18	1.3	碳强度下降，但排放量刚好创下历史新高
21	第 2 章 · 整体情况	
23	2.1	已过峰值：电力排放量下降的新时代
32	2.2	太阳能正在引领能源变革——未来还会有更多
39	2.3	2023 年需求增长低于趋势，但未来只会上升
47	2.4	各国展示如何快速过渡到清洁能源
55	第 3 章 · 全球电力行业数据	
56	3.1	发电量
60	3.2	电力需求
65	3.3	电力行业排放量
70	第 4 章 · 不同电力来源分析	
71	4.1	太阳能
77	4.2	风力
83	4.3	燃煤
89	4.4	天然气
95	4.5	水力
101	4.6	核能
107	4.7	生物能源

目录

113

第 5 章 · 电力行业主要排放国分析

114

5.1

中国

122

5.2

美国

130

5.3

印度

138

5.4

欧盟

145

5.5

俄罗斯

151

5.6

日本

158

结论

160

支持性资料

160

方法论

164

鸣谢

要点

+23%

2023 年太阳能发电量增长

+10%

2023 年风力发电量增长

+0.8%

2023 年化石燃料发电量增长

可再生能源的创纪录进展 推动全球迈向化石燃料 发电量缩减的新时代

2023 年，得益于太阳能和风力发电量的增长，可再生能源发电量在全球发电量中的占比达到了前所未有的 30%。随着这一年太阳能和风力发电项目的创纪录建设，化石燃料发电量即将迎来下降的新时代。2023 年或将成为电力行业排放量达到峰值的标志性转折点。

由太阳能和风力发电引领的可再生能源变革正在打破纪录，推动电力生产日益清洁化。太阳能和风力发电不仅减缓了排放量增长，而且实际上已经开始推动化石燃料发电量下降，全球目前正处于这样一个转折点上。

的确，清洁发电产能的扩张本来足以让全球电力行业的排放量在 2023 年实现下降。然而，干旱导致水力发电量降至五年最低点，所造成的电力短缺很大程度上由燃煤发电进行弥补。尽管如此，最新预测让人相信，2024 年将开启化石燃料发电量下降的新时代，标志着 2023 年电力行业的排放量可能已达到峰值。

01

可再生能源发电量首次达到全球发电量的 30%

2023 年，得益于太阳能和风力发电的增长，全球可再生能源发电量占比首次超过 30%。自 2000 年起，可再生能源在全球发电量中的占比已从 19% 持续扩大，这得益于太阳能和风能占比从 2000 年的 0.2% 跃升至 2023 年的创纪录水平 13.4%。中国在 2023 年居功至伟，贡献了全球新增太阳能发电量的 51% 和全球新增风力发电量的 60%。到 2023 年，全球近 40% 的电力来自包括核能在内的低碳能源。因此，全球发电的二氧化碳强度创下历史新低，比 2007 年的峰值低 12%。

02

太阳能是 2023 年电力增长的主要来源

太阳能正在引领能源变革。连续第 19 年成为增长最快的发电来源，并连续第二年超过风力成为最大的新增电力来源。事实上，2023 年新增太阳能发电量是新增燃煤发电量的两倍多。随着年底装机容量的大幅增长，2024 年太阳能发电量有望再创新高。

03

水力发电量降至五年低点，2023 年排放量未能实现下降

干旱条件导致水力发电量创纪录下降，降至五年低点。在正常情况下，2023 年新增清洁发电装机容量足以使化石燃料发电量下降 1.1%。然而，由于水力发电短缺，不得不通过增加燃煤发电量来弥补这一缺口，导致全球电力行业的排放量增加 1%。2023 年 95% 的新增燃煤发电发生在四个受干旱严重影响的国家：中国、印度、越南、墨西哥。

04

2023 年需求增长放缓，但未来只会上升

2023 年全球电力需求升至历史新高，增加 627 TWh，相当于加拿大的全部需求 (+607 TWh)。然而，由于经合组织国家需求明显下降，特别是美国 (-1.4%) 和欧盟 (-3.4%)，2023 年的增幅 (2.2%) 低于近年来的平均水平。相比之下，中国需求的快速增长 (+6.9%) 相当于 2023 年全球需求增长总量。2023 年超过一半的电力需求增长来自五项技术：电动汽车、热泵、电解槽、空调、数据中心。这些技术的普及将加快电力需求增长，但由于电气化比化石燃料效率高得多，总体能源需求将会下降。

05

电力行业排放量下降的新时代即将开启

Ember 预测，2024 年化石燃料发电量将略有下降，引发随后几年更大的降幅。2024 年的需求增长预计将高于 2023 年 (+968 TWh)，但清洁能源发电量的增长预计会更大 (+1300 TWh)，促使全球化石燃料发电量下降 2% (-333 TWh)。在过去的十年里，以太阳能和风力为主导的清洁能源发电部署，使化石燃料发电量的增长减缓近三分之二。因此，全球一半经济体的化石燃料发电量至少于五年前已经过峰值。经合组织国家在这方面走在前列，电力行业总排放量于 2007 年达到峰值，此后下降了 28%。

未来十年，能源转型将进入新阶段。目前，全球电力行业化石燃料使用量必然会持续下降，从而使该行业排放量下降。在未来十年内，预计清洁电力（以太阳能和风力为主导）的增加将超过需求增长，确保在需求因满足电气化和其他蓬勃发展技术不断增长的需要而加速的情况下，也足以满足需求，并有效减少化石燃料的使用和排放量。

这对实现国际气候变化目标来说至关重要。多项分析发现，电力行业应该是第一个实现脱碳的行业，在经合组织国家，这一目标将在 2035 年前实现，而世界其他地区则为 2045 年前。该行业目前在所有行业中排放量最高，产生了[超过三分之一](#)的与能源有关的二氧化碳排放量。清洁电力不仅能替代目前汽车和公共汽车发动机、锅炉、熔炉和其他应用中的化石燃料，而且是运输、供暖和很多行业脱碳的关键所在。加速向由风力、太阳能和其他清洁能源驱动清洁电气化经济转型，将同时促进经济增长、提升就业率、改善空气质量和增强能源主权，实现多重利益。

排放量下降的速度将取决于清洁能源建设的速度。全球已就减排所需的宏伟蓝图达成共识。在十二月的联合国 COP28 气候变化会议上，世界各国领导人达成一项历史性的协议，即到 2030 年将全球可再生能源发电产能增加两倍。该目标将使全球的可再生电力占比在 2030 年前达到 60%，使电力行业的排放量几乎减半，并使世界走上与 1.5 摄氏度气候目标一致的道路。各国领导人还在 COP28 大会上同意，在 2030 年前将年度能效提高一倍，这对于充分发挥电气化潜力和避免电力需求失控增长至关重要。

各国已经表明，宏伟的高层政府目标、激励机制、灵活方案等关键因素能够推动太阳能和风力发电量快速增长。该报告重点介绍三个国家——中国、巴西、荷兰——报告表明，尽管这几个国家的起点差异很大，但他们通过综合运用这些方法，正在实现其电力系统的快速转型，并为实现清洁电气化经济铺平道路。

“可再生能源的未来已经到来。尤其是太阳能，其发展速度超出任何人的想象。

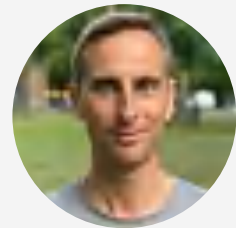
电力行业排放量的下降是大势所趋。2023 年很可能是转折点——电力行业的排放量达到峰值——这是能源史上的一个重大转折点。

但是排放量下降速度取决于可再生能源继续变革的速度。好消息是，我们已经知道有助于各国释放太阳能和风力全部潜能的关键因素。

对于选择走在清洁能源未来前沿的国家来说，这是一个前所未有的机会。清洁电力扩容不仅有助于电力行业实现脱碳，还能提供满足整个经济体电气化所需的增量供应，这才是应对气候变化的真正变革力量。”

Dave Jones

Ember 全球洞察计划总监



2023 年全球可再生能源电力达到 30%，推动碳强度创历史新低

风力和太阳能发电量的强劲增长推动可再生能源在全球电力结构中的占比超过 30%，清洁能源发电总量占比接近 40%。因此，全球电力的碳强度创历史新低。

然而，清洁能源无法满足所有需求增长，水电创纪录的下降导致电力进一步短缺，从而使化石燃料发电量得到增加，以填补缺口。因此，电力行业的总排放量创下新高。

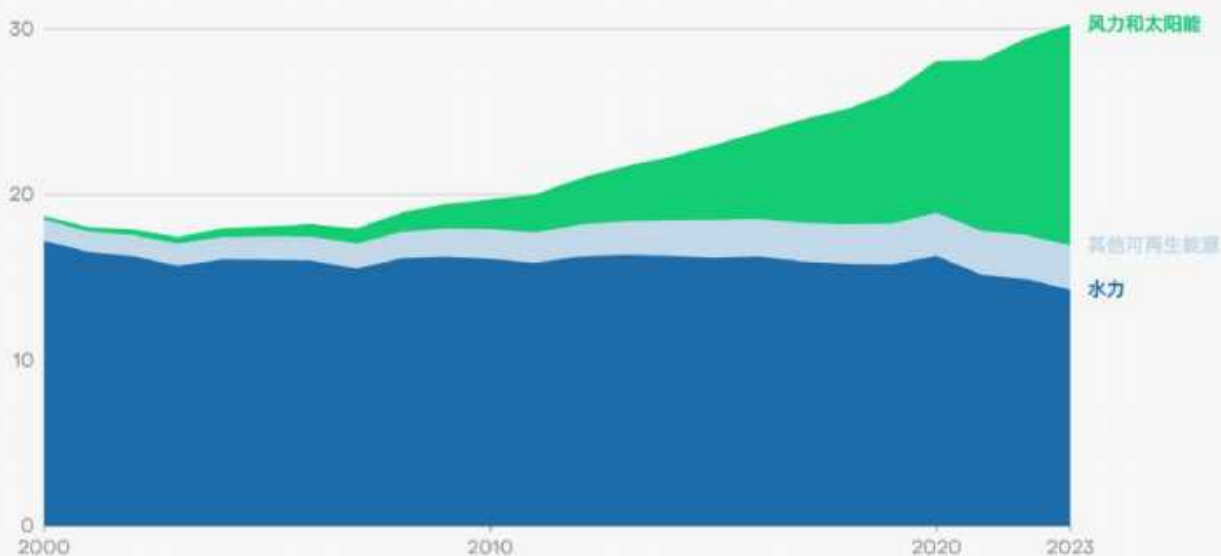
章节目录

11	1.1 可再生能源发电量达到全球发电量的 30%
15	1.2 需求增长低于趋势，但清洁电力增长仍然不足
18	1.3 碳强度下降，但排放量刚好创下历史新高

1.1 可再生能源 发电量达到全球 发电量的 30%

风力和太阳能发电量的强劲增长推动可再生能源在全球电力结构中的占比首次超过 30%。102 个国家的可再生能源发电量占比达到或超过 30%，而 2022 年为 98 个；69 个国家的可再生能源发电量占比超过 50%，而 2022 年为 66 个。加上核能，目前全球 39.4% 的电力来自低碳能源。

2023年全球风力和太阳能发电量的增长推动可再生能源占全球电力结构的30%以上
可再生能源在全球发电量中所占比重 (%)



来源: Ember年度电力数据

EMBER

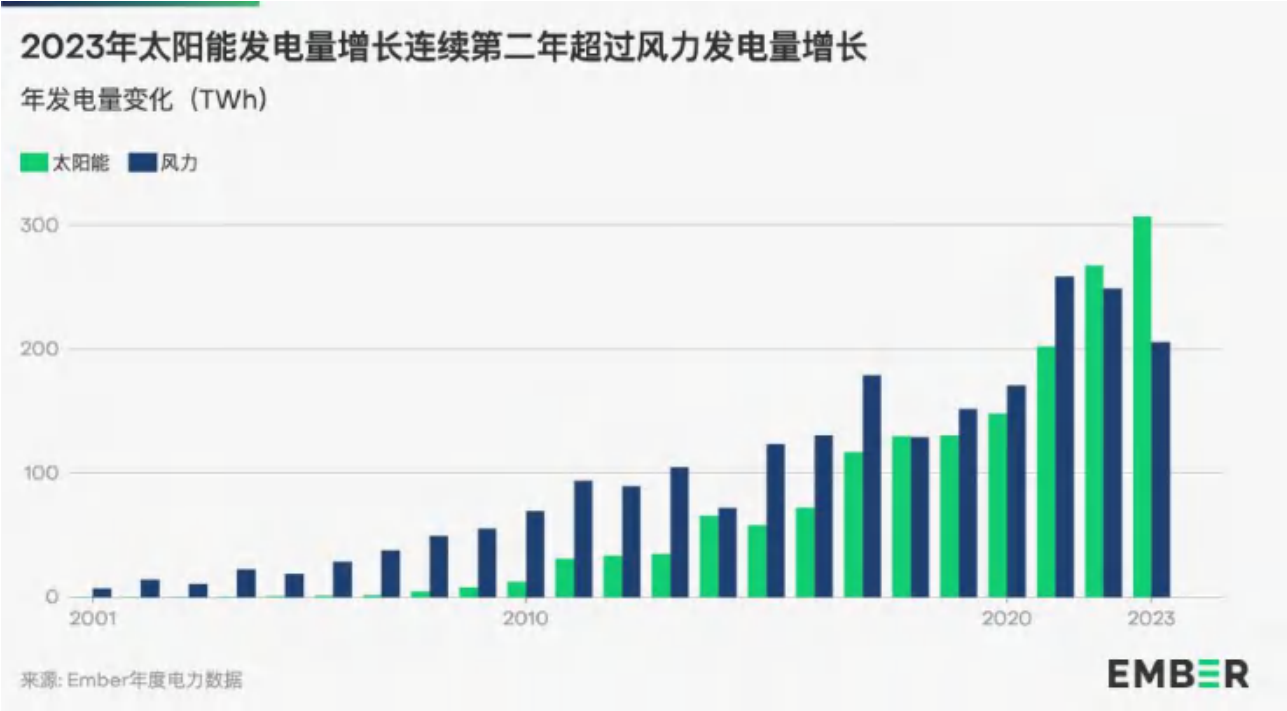
创纪录的太阳能和风力发电量

风力和太阳能发电量的增长速度继续超过任何其他电力来源。这两者在 2023 年合计达到 13.4% (3,935 TWh) 的历史新高，与 2022 年 (11.9%, 3,422 TWh) 相比，在全球电力结构中的占比增加 1.5 个百分点。

中国是 2023 年这项增长的主要贡献者，占全球新增太阳能发电量的 51%，占全球新增风力发电量的 60%。全球风力发电量增长的其他主要贡献者包括欧盟 (24%) 和巴西 (7%)，而全球其他太阳能发电量增长则主要来自欧盟 (12%) 和美国 (11%)。2023 年，四大太阳能增长经济体中国、欧盟、美国 and 巴西共同贡献了太阳能发电量增长的 81%。

太阳能增长速度超过风力，但两者均慢于预期

太阳能正在引领能源变革，2023 年新增太阳能发电量是新增燃煤发电量的两倍多。太阳能连续第 19 年成为增长最快的发电来源。2023 年，全球太阳能发电量增长 (+307 TWh, +23%) 连续第二年超过风力发电量增长 (+206 TWh, +9.8%)。太阳能发电量在全球电力结构中的占比达到 5.5% (1,631 TWh)，而 2022 年为 4.6%。风力发电量在全球电力结构中的占比仍然较高，2023 年为 7.8% (2,304 TWh)。



尽管创下历史新高，但风力和太阳能发电量的绝对增长(+513 TWh) 低于预期，并略低于 2022 年(+517 TWh)。这主要是由于风力发电量增长低于预期，较 2022 年 249 TWh 的增长低 18%。

美国是风力发电增长放缓的主要原因，至少自 2001 年以来首次出现风力发电量下降(-9.1 TWh, -2.1%)。低风力条件使负载系数接近过去五年最低水平，而在《通胀削减法案》的[预期提升](#)之前，装机容量增加有所放缓。这些可能是短期因素，因此[增长水平有望恢复](#)到与 2020 年至 2021 年相似的水平。

太阳能发电量增长也低于预期，落后于 2023 年创纪录的高装机容量增加(+36%)。最重要的原因(在第 2.2 章中进一步探讨)是 2023 年在装机容量增加占比较高的中国等地日照较少，以及一些国家对太阳能发电量的漏报。如果校正临时因素——漏报、光照和增加的时间——2023 年发电量的增长可能高达 29%，而非 23%，这增强了我们对 2024 年实现更高增长的信心。

全球水力发电量创纪录下降至五年低点

继创纪录的年度下降(-88 TWh) 后，全球水力发电量降至五年低点 4,210 TWh。尽管其仍为全球最大的清洁电力来源，但在全球电力结构中的占比下降 0.6 个百分点至 14.3%，为至少 2000 年以来的最低水平，仅比风力和太阳能发电量占比高 1 个百分点。尽管有新建大坝，而且[国际可再生能源署](#)认为 2023 年水力发电装机容量增加了 7 GW，但仍然发生了上述情况。

干旱影响不同地区的水力发电量，包括亚洲(-5.9%) 和北美(-7.4%)，尤其是墨西哥下降了 42%。与此同时，欧盟的水力发电量仅从 2022 年的几十年低点部分恢复(+14%)。

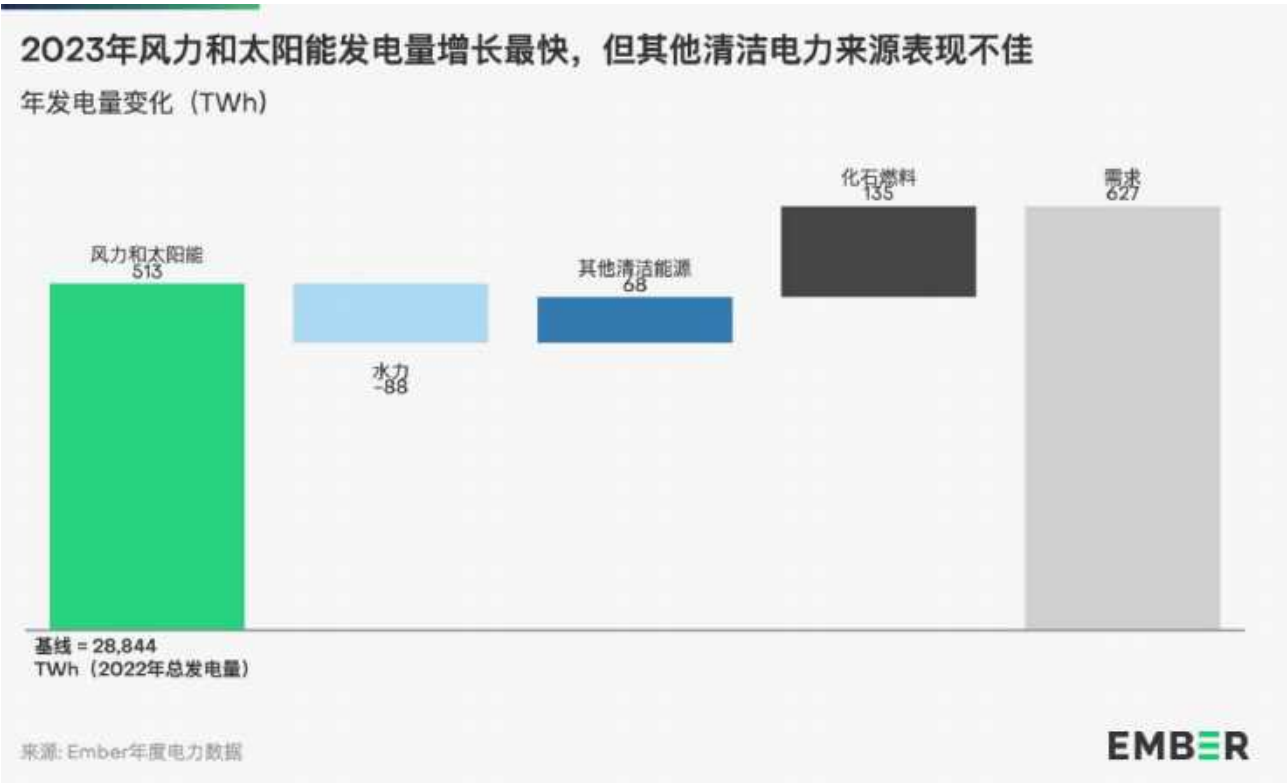
中国的水力发电量绝对降幅最大，为 59 TWh(-4.5%)，降幅集中在上半年，原因是发电厂按[指示](#)做好冬季蓄水保供工作。其他亚洲经济体受到的影响甚至更严重，印度的水力发电量下降 15%，越南下降 20%。

核能发电量保持不变

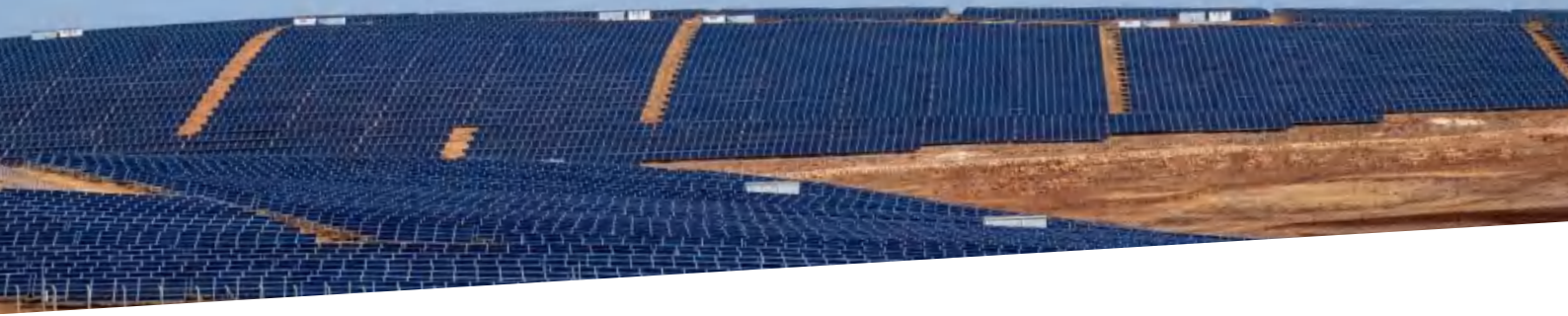
2023 年，核能提供全球 9.1% 的电力，与上一年持平。全球核能发电量小幅增长 46 TWh (+1.8%) 至 2,686 TWh，恢复量不到 2022 年降幅 (-123 TWh, -4.4%) 的 40%。自 2022 年起法国核能发电的部分恢复 (+41 TWh)，连同日本核电站的重启 (+26 TWh)，使得核能发电量实现强劲增长。在世界其他地方，芬兰、美国和中国的新反应堆投产，帮助抵消德国和比利时自愿提前关闭反应堆的影响。

生物能源发电量小幅增长

全球生物能源发电量增加 21 TWh (+3.1%)，主要是由于中国的增长 (+28 TWh, +15.6%)，而经合组织国家则下降 8.9 TWh (-2.6%)。因此，其在全球能源结构中的占比仅为 2.4%。排放风险，加上更广泛的社会和生态影响，对生物能源在电力行业脱碳方面的应用产生了限制（见第 4.7 章）。



1.2 需求增长低于趋势， 但清洁电力增长 仍然不足



2023 年的需求增长低于往常，但尽管如此，清洁电力增长仍无法满足所有增长需要，因此化石燃料发电量略有增长，以弥补短缺。

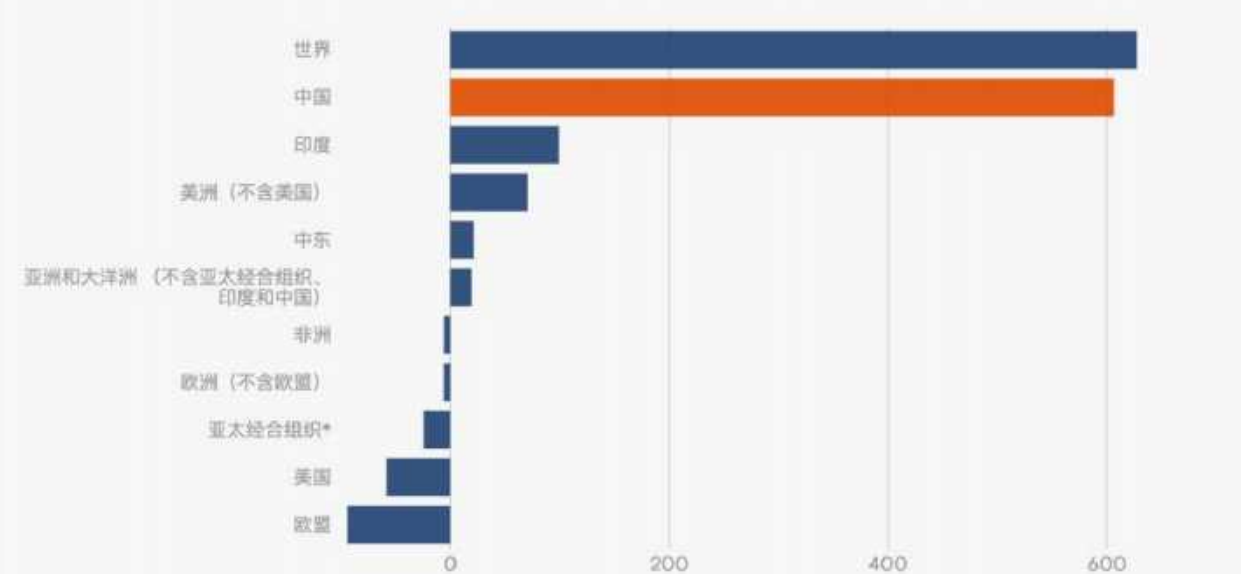
需求增长低于趋势

2023 年，全球电力需求增长 627 TWh (+2.2%)，相当于加拿大整体电力需求 (607 TWh)。这使得全球总需求创下 29,471 TWh 的新高。尽管如此，2023 年的增长率低于过去十年 (2012 年至 2022 年) 2.5% 的平均增长率。

中国仍然是全球电力需求增长的主要引擎。中国的快速增长 (+606 TWh, +6.9%) 仅比全球净增长低 21 TWh。印度的增长 (+99 TWh, +5.4%) 是第二大因素。

中国是全球电力需求增长的主要推动力，而欧盟和美国则大幅下降

2023年电力需求变化 (TWh)



来源: Ember年度电力数据

*韩国、日本、澳大利亚和新西兰

EMBER

全球电力需求的增长主要受经合组织国家明显下降所限制。由于天气转暖，以及（主要是在欧盟）工业活动暂时低迷和降需**措施**的实施，美国（-1.4%）和欧盟（-3.4%）需求下降幅度最大。由于制造业的经济下行压力和降需措施的实施，日本的需求也有所下降（-1.9%）。

随着电气化速度的加快，人工智能等技术带来的压力越来越大，对制冷的需求进一步增长（如第2.3章所述），预计未来需求将会加速增长，这就引发出一个问题，即清洁电力的增长速度是否能够满足这一需求。

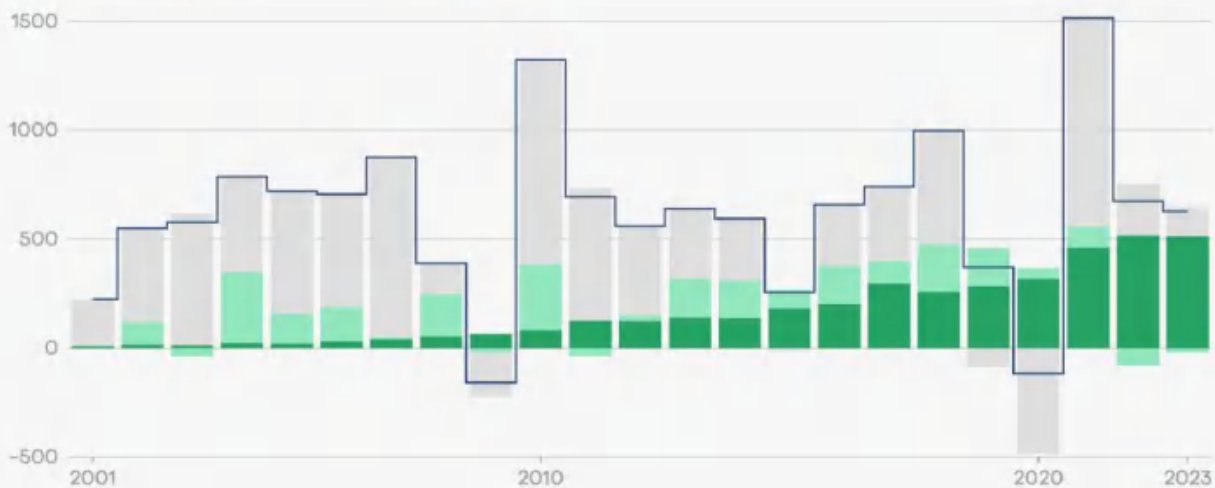
风力和太阳能发电量已满足大部分电力需求增长

风力和太阳能增长 513 TWh，略低于 2022 年 (+517 TWh)，但满足 2023 年全球电力需求增长的 82%，而 2022 年这一占比为 77%。较高的占比是由于 2023 年的需求增长 (+627 TWh) 低于 2022 年 (+674 TWh)。

2023年，风力和太阳能发电量的增长满足了全球电力需求增长的82%

年发电量变化 (TWh)

■ 风力和太阳能 ■ 其他清洁能源 ■ 化石燃料 ■ 需求



来源: Ember年度电力数据

EMBER

尽管太阳能和风力的增长低于预期，但它们仍是新增清洁电力的主力军。总的来说，所有其他清洁电力来源均有所下降——生物能源和核能的小幅增长不足以抵消大范围干旱导致的水力发电量大幅下降。所有清洁能源加在一起仅满足 79% 的电力需求增长，仍有缺口需由化石燃料发电量来弥补。

1.3 碳强度下降， 但排放量 刚好创下历史新高

2023 年，全球发电二氧化碳排放强度的降低令人瞩目，由 2022 年的 486 gCO₂/kWh 降至 480 gCO₂/kWh 的历史新低，下降 1.2%，清洁能源占比创历史新高。

然而，燃煤和天然气发电量略有增加，化石燃料发电量绝对增幅为 135 TWh (+0.8%)，以满足清洁能源无法满足的剩余需求增长。因此，2023 年全球排放量增加 1% (+135 MtCO₂)，达到 14,153 MtCO₂——创历史新高。

2023 年几乎成为电力部门排放下降新时代的元年。随着清洁电力的持续增长，我们越来越相信 2024 年清洁电力增长将会超过电力需求，并使得排放量下降（如第 2.1 章所述）。

燃煤和天然气发电量略有增长

全球燃煤发电量从 2022 年的 10,288 TWh 增长 1.4% 至 2023 年的 10,434 TWh，但其在全球电力结构中的占比从 35.7% 降至 35.4%，下降 0.3 个百分点。虽然下降幅度相对较小，但这是全球能源转型取得进展的积极迹象。如下文所述，2023 年成熟经济体的燃煤发电量正在迅速下降，而燃煤发电量的增加主要来自受干旱影响的四个新兴经济体。

全球天然气发电量仅略有增长 (+53 TWh, +0.8%)，在电力结构中的占比下降 0.3 个百分点至 22.5%。美国的增长 (+115 TWh, +6.8%) 是全球增长的 2.5 倍以上，但在很大程度上被欧盟 (-86 TWh, -16%)、英国 (-25 TWh, -20%) 和日本 (-27 TWh, -7.4%) 的大幅下降所抵消，在该等国家，需求下降和清洁能源的增加令燃煤和天然气发电量逐渐减少。欧盟的天然气发电量已经连续四年下降。

干旱和高需求推动主要新兴市场燃煤发电量上涨

2023 年的水电短缺是全球化石燃料发电量增加的主要因素。95% 的燃煤发电量增长发生在四个受干旱严重影响的国家，同时这些国家的需求增长也高于平均水平，部分原因是热浪频发和制冷需求增大。中国的燃煤发电量增加 319 TWh (+5.9%)，是迄今为止增幅最大的国家，其次是印度 (+100 TWh, +7.3%)、越南 (+24 TWh, +23%) 和墨西哥 (+12 TWh, +55%)。

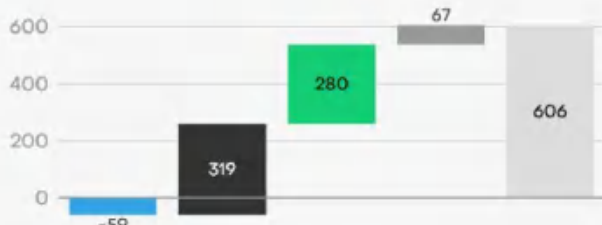
在中国和印度，水力发电量的减少导致燃煤发电量分别增长 18% 和 26%。这两个国家增加的其余燃煤发电量用于弥补额外的电力需求短缺。在越南，水力发电量降低导致其燃煤发电量增长 81%，该国已全力弥补需求增长，出现轮流停电现象。墨西哥则不得不增加燃煤和天然气发电量来弥补水力发电量短缺。

2023年全球燃煤发电量增长的95%发生在四个受干旱严重影响的国家

2023年发电量变化 (TWh)

■ 水力 ■ 燃煤 ■ 风力和太阳能 ■ 其他 ■ 需求

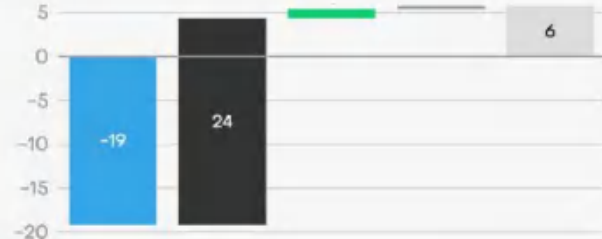
中国



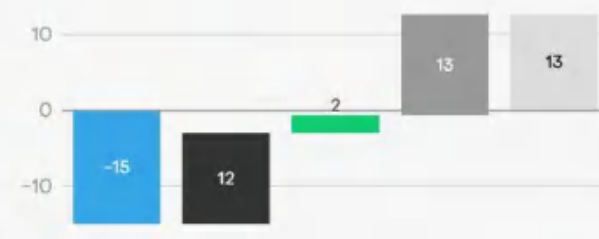
印度



越南



墨西哥



来源: Ember年度电力数据

“其他”包括天然气、生物能源、其他可再生能源、其他化石燃料发电和净进口; 墨西哥的“其他”发电量主要来自天然气发电的增长

EMBER

多个成熟经济体的燃煤发电量和排放量大幅下降

主要新兴市场燃煤发电量的增长部分被成熟经济体的大幅下降所抵消。全球燃煤发电量下降的86%来自经合组织经济体。降幅最大的是美国 (-156 TWh, -19%)、欧盟 (-113 TWh, -25%) 和日本 (-22 TWh, -6.3%)。需求减少和清洁发电导致燃煤发电量下跌。在欧洲, 这主要归功于风力和太阳能发电。在美国, 这归功于煤转气, 而在日本, 核能是主要因素。

2024 年电力转型的大趋势

本节探讨了定义当今电力转型的四个趋势。

世界正迈入一个电力行业排放量下降的新时代。本章首先探讨了电力行业排放量可能会在 2024 年下降的原因——2023 年化石燃料发电量将达到峰值——然后研究了随着政策制定者准备将全球可再生能源发电装机容量增加两倍并扩大其他清洁能源装机容量，这十年全球电力排放量可能会快速下降的情况。

太阳能正在引领能源变革，为实现三倍增长目标提供可能，同时推动电力行业朝着实现气候目标前进。我们来看看 2023 年新太阳能装机容量的增长如何超过预期，以及 2024 年将如何继续增长。

然后，我们将 2023 年电力需求的疲软增长——特别是在经合组织国家——与 2024 年及以后的大幅增长进行对比。电气化的未来扩张——中国在这方面处于领先地位——以及数据中心的生长和空调使用的增加，都将使电力需求大幅增加。我们强调避免浪费和低效的重要性，因为低效浪费会降低我们快速减排的能力。

最后，我们来看看在过去几年中帮助三个截然不同的国家——中国、巴西和荷兰——实现太阳能和风力发电量快速增长的政策案例研究。

通过这四种趋势，我们探索电力行业快速而深刻的变化背后的因素，并阐述这些变化在未来几年必然加速的原因。

章节目录

23	2.1 已过峰值：电力排放量下降的新时代
32	2.2 太阳能正在引领能源变革——未来还会有更多
39	2.3 2023 年需求增长低于趋势，但未来只会上升
47	2.4 各国展示如何快速过渡到清洁能源

2.1 已过峰值： 电力排放量下降的 新时代

2023 年，化石燃料发电量可能已经达峰，从而开启电力行业排放量下降的新时代。太阳能和风力发电量大大减缓了排放量增长，多个国家已经过了电力排放量峰值。我们预测，电力行业排放量可能会在 2024 年下降——如若不是干旱减少水力发电量，很可能在 2023 年便已经下降。在[去年的报告](#)中，Ember 估计 2023 年电力行业的排放量将减少 0.4%，但由于水力发电量的创纪录下降，排放量反而增长了 1%。

预计未来几年，即使在电力需求高增长的情况下，太阳能和风力发电量的增加足以减少电力排放量。太阳能和风力发电量将继续增加，这一事实让人们相信，电力行业的排放量不仅会保持平稳，而且还会下降。到 2030 年将全球可再生电力装机容量增加两倍可能会推动这一转变，并有可能帮助电力行业在 2030 年前将排放量减半。

是时候抛开峰值，转而关注清洁电力如何促进排放量快速下降了。

排放量下降是必然趋势

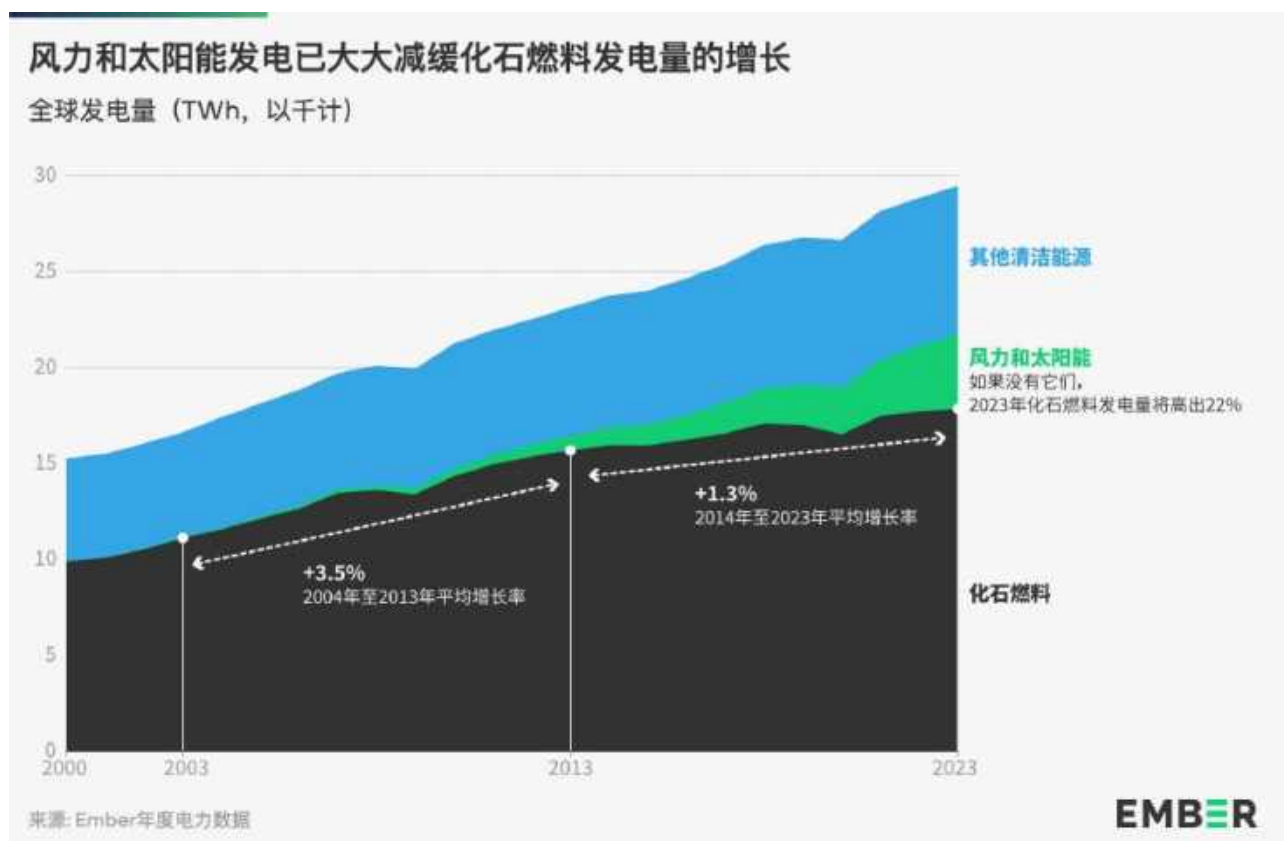
太阳能和风力发电量的增长为电力行业排放量到达峰值及下降创造了条件。太阳能和风力发电量已大大减缓排放量增长，很多国家已过峰值。

在过去的十年里，以太阳能和风力为主导的清洁电力进一步增长，推动化石燃料发电量的增长减缓近三分之二。2004 年至 2013 年，化石燃料发电量平均每年增长 3.5%，2014 年至 2023 年放缓至每年 1.3%。

太阳能和风力发电量减缓排放量的上升

2023 年，化石燃料发电量减少 22%，若非太阳能和风力发电量的增长，化石燃料发电量的减少幅度难以达到这一水平。2005 年至 2023 年，风力和太阳能发电减少 190 亿吨二氧化碳排放量，超过 2023 年全球二氧化碳[排放总量](#)的一半。

尽管电力行业的排放量在 2023 年达到历史最高水平，但得益于太阳能和风力发电，排放量的增速得以遏制。



全球超过一半的国家已过峰值

半数以上的经济体至少五年前就已达到化石燃料发电量峰值。在过去十年中，这 118 个国家的电力行业排放量下降了四分之一。总的来说，它们占全球电力需求的 43%。

很多发达经济体在十多年前已达到峰值。欧洲国家的降幅最大——英国的化石燃料发电量自 2008 年达到峰值以来下降 63%，希腊下降 57%（2007 年达到峰值），西班牙下降 59%（2005 年达到峰值），德国下降 42%（2007 年达到峰值）。随着太阳能和风力发电的加速发展，最大的降幅发生在过去几年。

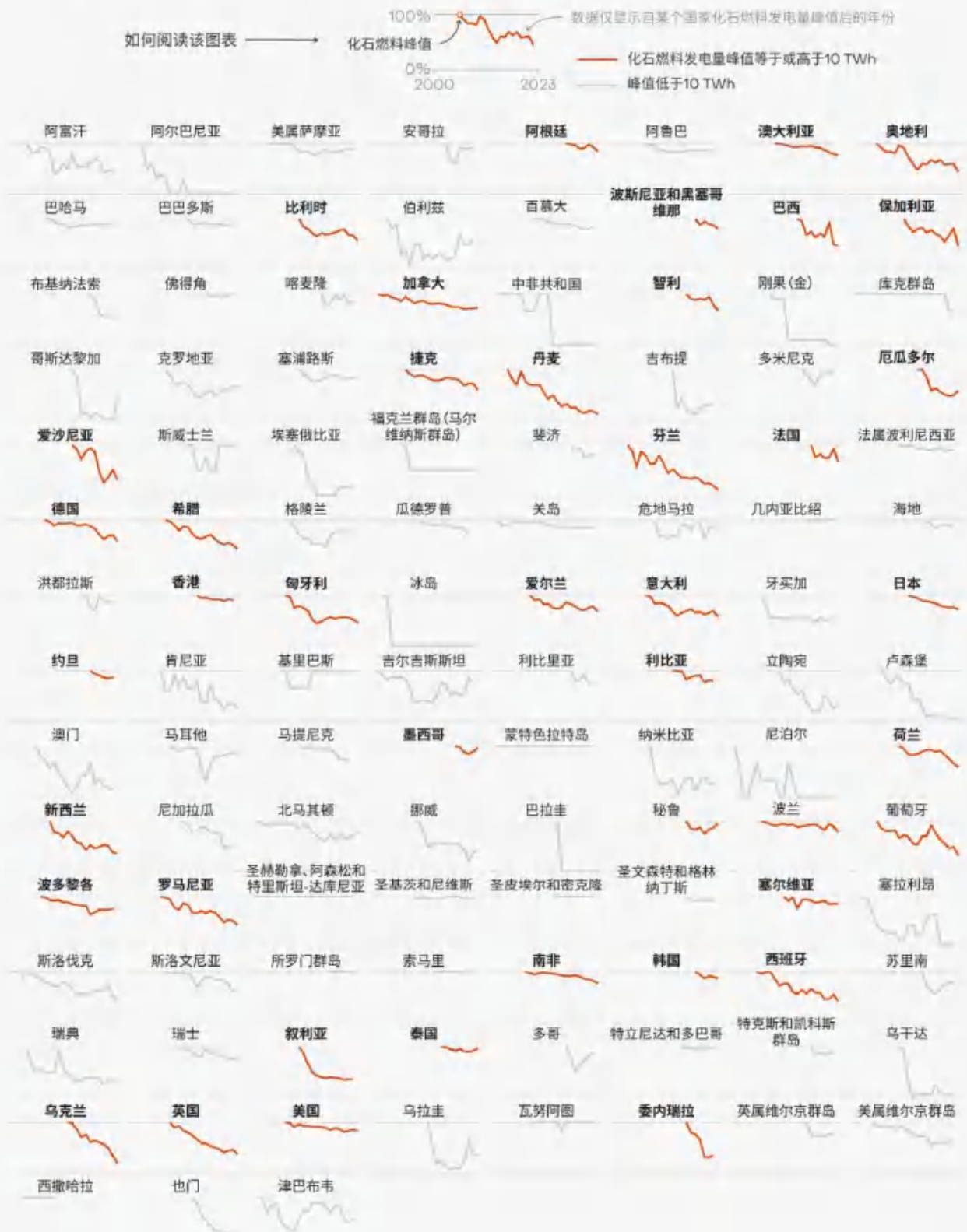
其他主要发达经济体已过峰值，跌幅较小。自 2007 年达到峰值以来，美国的化石燃料发电量下降 16%，加拿大下降 26%（2001 年达到峰值），澳大利亚下降 24%（2009 年达到峰值），日本下降 29%（2012 年达到峰值），韩国下降 13%（2018 年达到峰值）。

总体而言，经合组织国家的电力行业排放量在 2007 年达到峰值，此后下降 28%。

多个国家的电力行业排放量已实现下降，全球排放量开始下降已是必然趋势。

半数以上的经济体已经过化石燃料发电高峰至少五年

2000年至2023年期间化石燃料发电量占各国峰值的比重(%)



来源: Ember年度电力数据

图表不包括自2000年以后未使用化石燃料发电的国家

EMBER

全球已过峰值

回顾过往，2023 年的电力行业排放量很可能已达峰值。

2023 年，清洁电力装机容量的增长已足以促成排放量下降，但水力发电量的创纪录下降阻碍了这一趋势。我们预测，由于太阳能发电量激增和水力发电量反弹，即使电力需求回升，电力行业的排放量也可能在 2024 年下降。

从逐年变化的喧嚣中，一个信号逐渐出现：全球排放量已达峰值，即将进入电力行业排放量下降的新时代。

2023 年，清洁电力装机容量的增长已足以实现排放量下降，但水力发电量的下降阻碍了这一进程

2023 年清洁电力装机容量增长到达一个临界点，首次超过典型需求增长，并促成排放量下降。

2023 年新增清洁电力装机容量有所增长。2023 年新增太阳能发电装机容量比 2022 年高出 74%。新增风力发电装机容量则高出 47%。2023 年新增清洁电力装机容量本应以典型负荷率带来 930 TWh 的发电量增长。这一预期增长将超过近十年 2.5% 的电力需求年均增幅，即：2024 年本应增长 730 TWh。这意味着 2023 年新增的装机容量本应能使化石燃料发电量下降 1.1% (200 TWh)。

然而，2023 年的排放量非但没有下降，反而略有上升，因为实际清洁发电量仅达到原先预期增长量 (930 TWh) 的一半 (493 TWh)。这主要是因为水力发电量不足。尽管需求增长低于预期，但清洁电力增长仍不足以满足所有需求的增长，造成电力供应出现缺口，需由化石燃料发电量来弥补。

这些因素妨碍了 2023 年排放量下降，也掩盖了一个事实，即清洁电力增长速度已足够快，可实现排放量下降。

2023年清洁电力装机容量增长首次超过典型需求增长，并导致排放量下降

年变化 (TWh)



来源: *根据2013年至2023年全球电力需求平均增长2.5%计算 **Ember计算值基于BNEF的太阳能装机容量增加(假设为13%的负载系数)、GWEC的风力发电装机容量增加(假设为29%的负载系数); 水力、生物能源和核能发电量数据均来自国际能源署

EMBER

Ember 预测，电力行业的排放量将在 2024 年略有下降

由于清洁电力的大幅增长超过更高的电力需求增长，我们预测，2024 年电力行业的排放量可能会下降。

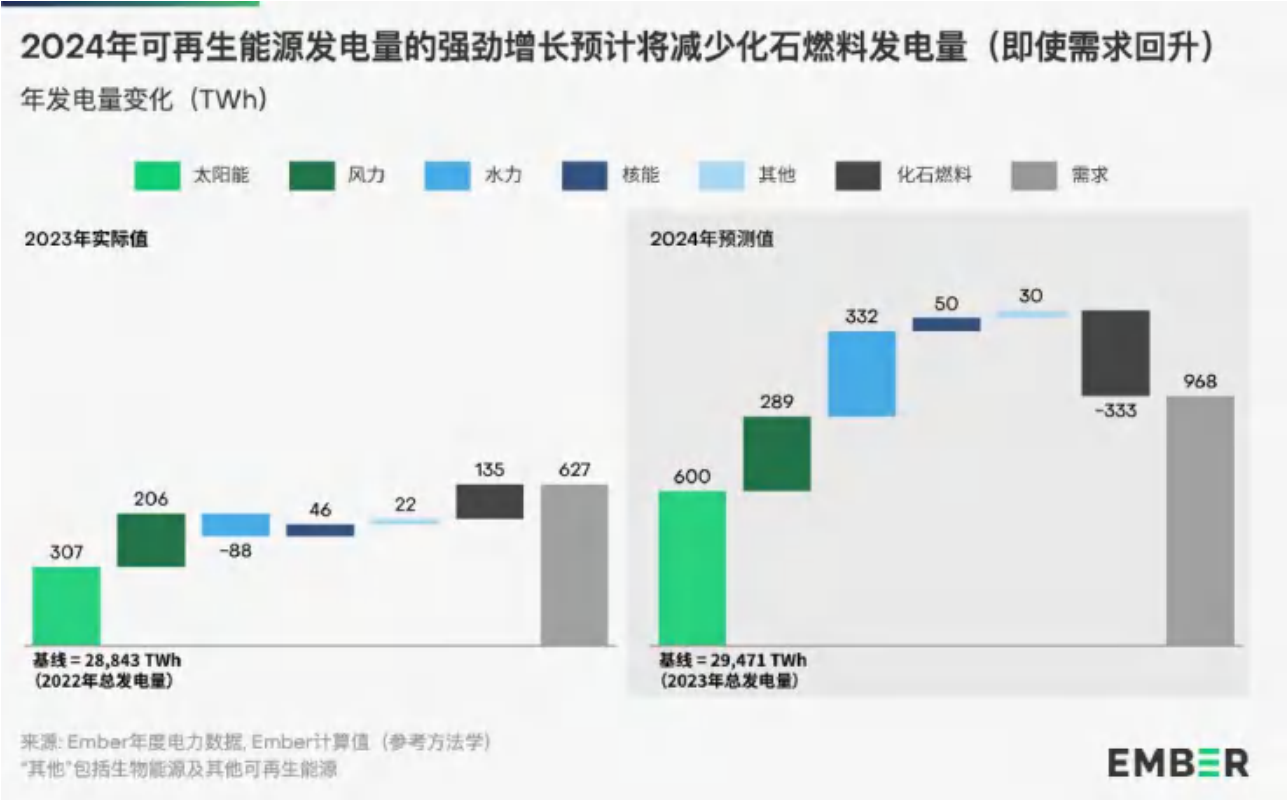
我们预测，2024 年电力需求将大幅增长 968 TWh。但清洁能源发电量可能会增长更快，预计 2024 年将增加 1300 TWh，是 2023 年增长 (+493 TWh) 的两倍多。因此，Ember 估计 2024 年化石燃料发电量将小幅下降 333 TWh 或 2%。

最新预测让人们对于 2024 年清洁能源发电量的预计增长充满信心。尽管气候变暖会增加未来几年干旱的风险，水力发电量仍然应该会大幅增长，尤其是在[中国](#)。正如 Ember 的[《年中洞察》](#)所示，水力发电装机容量因素的长期趋势因地区和年份而异。太阳能和风力发电量的增加将创下新纪录。BloombergNEF (BNEF) [预测](#)，太阳能发电量增加将从 2023 年的 444 GW 增至 2024 年的 574 GW，增长 29%，全球风能协会 (GWEC) [预测](#)，风力发电量增加将从 2023 年的 115 GW 增至 2024 年的 125 GW，增长 9%。

电力需求也将增长。2023 年的电力需求增长为 2.2% (+627 TWh)，我们预测 2024 年电力需求将增长约 3.3% (+968 TWh)，远高于过去 10 年 2.5% 的趋势增长率。预期增长是由经合组织电力需求从 2023 年低位反弹所推动，并得到电动汽车、热泵和数据中心的逐步增长以及中国和印度强劲工业增长的加持。Ember [预测](#)，欧盟电力需求将增长 2-3%，而 2023 年则下降了 3%。美国能源信息管理局 (EIA) [预测](#)，美国电力需求将增长 3%，而 2023 年下降了 1%。

Ember 对 2024 年的预测假设全球电力需求增长比 2023 年快得多 (+3.3%)，一月至二月的数据已经表明，中国工业生产强劲，印度 GDP 增长强于预期。随着国际货币基金组织和其他机构[上调](#) 2024 年中国和印度的工业增长预期，电力需求还有可能超过我们的预测，这可能导致电力行业的排放量在 2024 年再次小幅上升，特别是在干旱没有结束的情况下。

最重要的是，2024 年中国的化石燃料发电量将有所减少。2023 年最后几个月，中国太阳能和风力发电部署的强劲增长导致国际能源署[预测](#) 2024 年中国燃煤发电量将下降 3%，这与其之前预测的燃煤发电量增长相比是一个重大变化。仅在一月和二月，中国就新增 37 GW 的太阳能发电装机容量和 10 GW 的风力发电装机容量，超过此前的创纪录增幅。此外，[早期迹象](#)表明，2024 年干旱将有所缓解，应该有助于水力发电量的提升。这将使该国的新增清洁电力于 2024 年再创新高。



我们现在做出的选择将决定排放量下降的速度

电力行业的排放量将会下降，但下降速度取决于全球接纳清洁电力的速度。

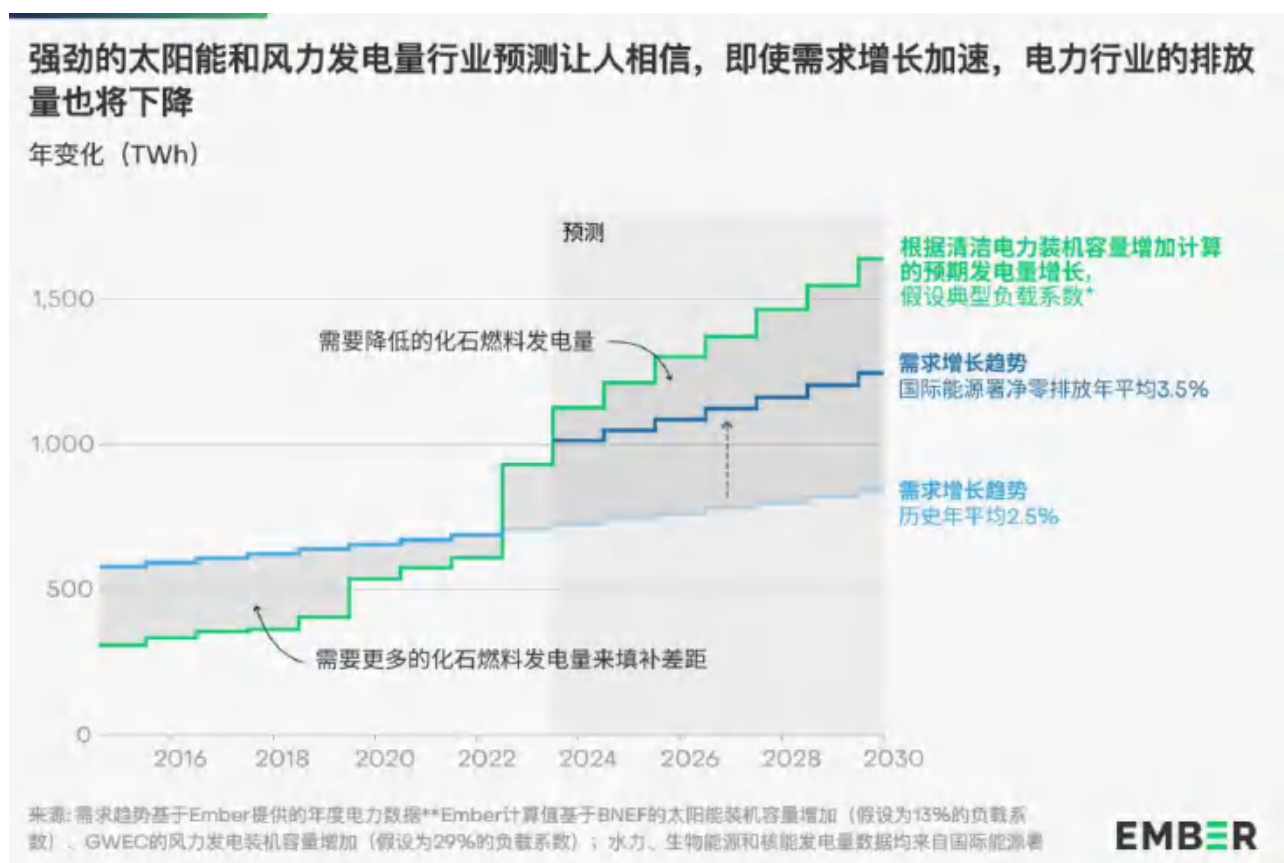
鉴于目前对太阳能和风力发电量的预测，电力行业的排放量必将减少，但如果可再生能源的使用量能增至三倍，排放量几乎可以减少一半。

预测的太阳能和风力发电量足以使排放量下降

最新的行业预测让人相信，清洁电力部署将提供足够的发电量，以满足这十年加速增长的电力需求。

来自 BNEF 的最新太阳能发电量[预测](#)和来自 GWEC 的最新风力发电量[预测](#)认为，未来十年的年度增长量将从 2023 年的创纪录水平继续上升。清洁能源发电量预测增长的近 90% 是由太阳能和风力发电量增长所推动，其余大部分来自核能、水力、生物能源和地热发电。

即使需求的年增长率从过往的每年 2.5% 升至[国际能源署净零排放方案](#)中设想的到 2030 年的 3.5%，清洁能源发电量预计还会上升更多，从而减少化石燃料消耗和电力行业的排放量。



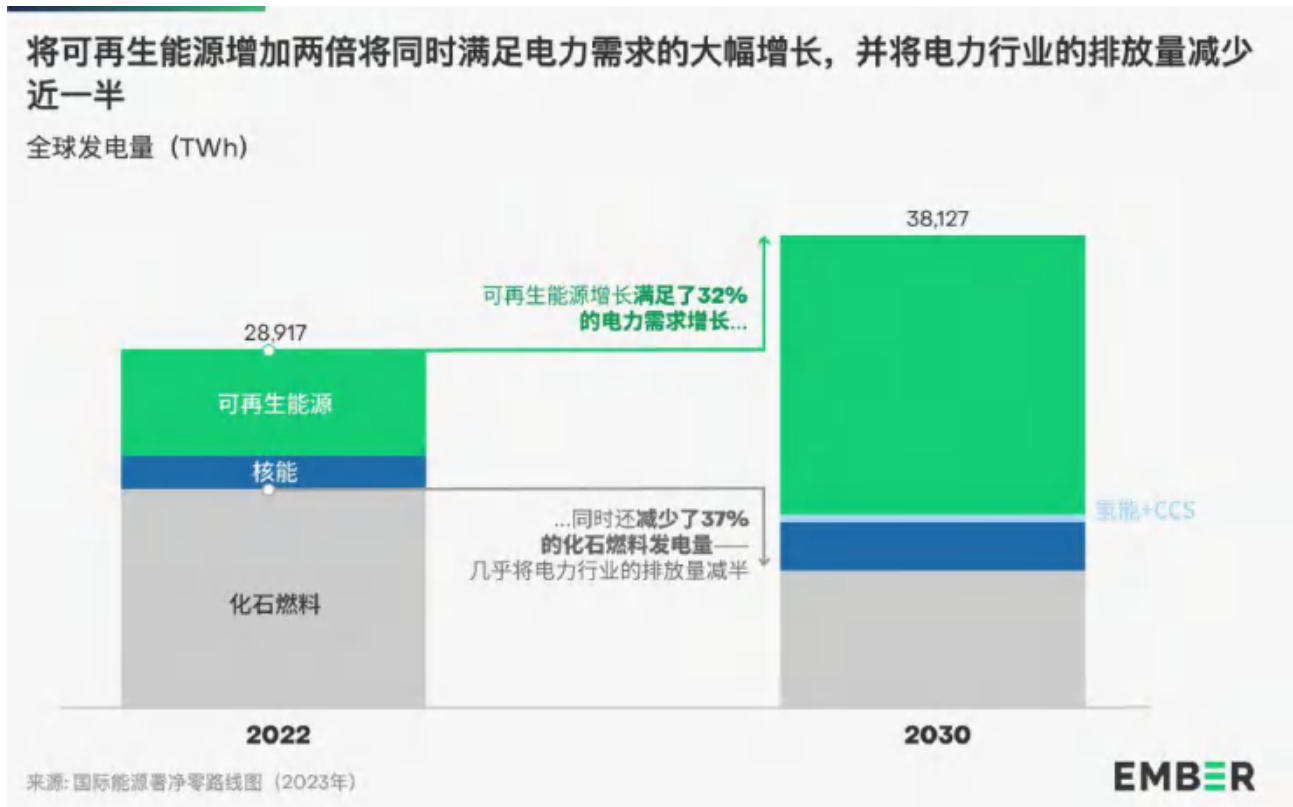
可再生能源发电量增加两倍将使排放量曲线弯曲

到 2030 年将全球可再生能源电力装机容量增加两倍——正如各国在 2023 年 COP28 大会上所承诺——有可能在 2030 年前将电力行业的排放量减少近一半。

与 2022 年相比，到 2030 年，可再生能源发电量增加两倍意味着年发电量增加 14,000 TWh。这将有助于将化石燃料发电量减少 6,570 TWh (-37%)。

根据[国际能源署净零排放方案](#)，由于碳密集型化石燃料煤炭的发电量下降最快，促使电力行业排放量下降 45%——几乎减半。

此外，可再生能源不仅将在电力行业取代化石燃料，还将在整个能源系统取代化石燃料。根据国际能源署的方案，新增可再生能源发电量有一半以上用于满足 32% 的电力需求增长，到 2030 年，全球电力需求将增加 9,000 TWh。这在很大程度上要归功于电气化，可再生能源电力将减少交通和建筑等行业对石油和天然气的依赖，从而减少电力行业以外的二氧化碳排放量。



将可再生能源发电装机容量增加两倍，将极大地推动清洁能源的发展。在国际能源署净零排放方案中，到 2030 年，可再生能源将超越石油、煤炭和天然气，从目前的第四位升为全球最大的一次能源来源。可再生能源已是仅次于煤炭的第二大电力来源。

Ember 的[研究](#)表明，政府到 2030 年的计划已经与全球可再生能源装机容量翻倍目标保持一致。分析表明，很多国家计划落后于当前可再生能源增长曲线，需要更新才能跟上；这样才能使全球可再生能源增长两倍成为现实。很多经合组织国家——包括美国、加拿大、英国、荷兰和德国——已经将目标设定为到 2035 年实现净零电力。

2023 年，电力是排放量最大的能源行业。电力行业有可能成为首个实现净零排放的行业，同时随着全球步入清洁电力的未来，随着世界向清洁、电动化的未来发展，它将释放出全球经济范围内的减排潜力。电力行业的排放量将在这十年下降，但下降速度取决于目前所采取的行动。

2.2 太阳能正在引领 能源变革—— 未来还会有更多



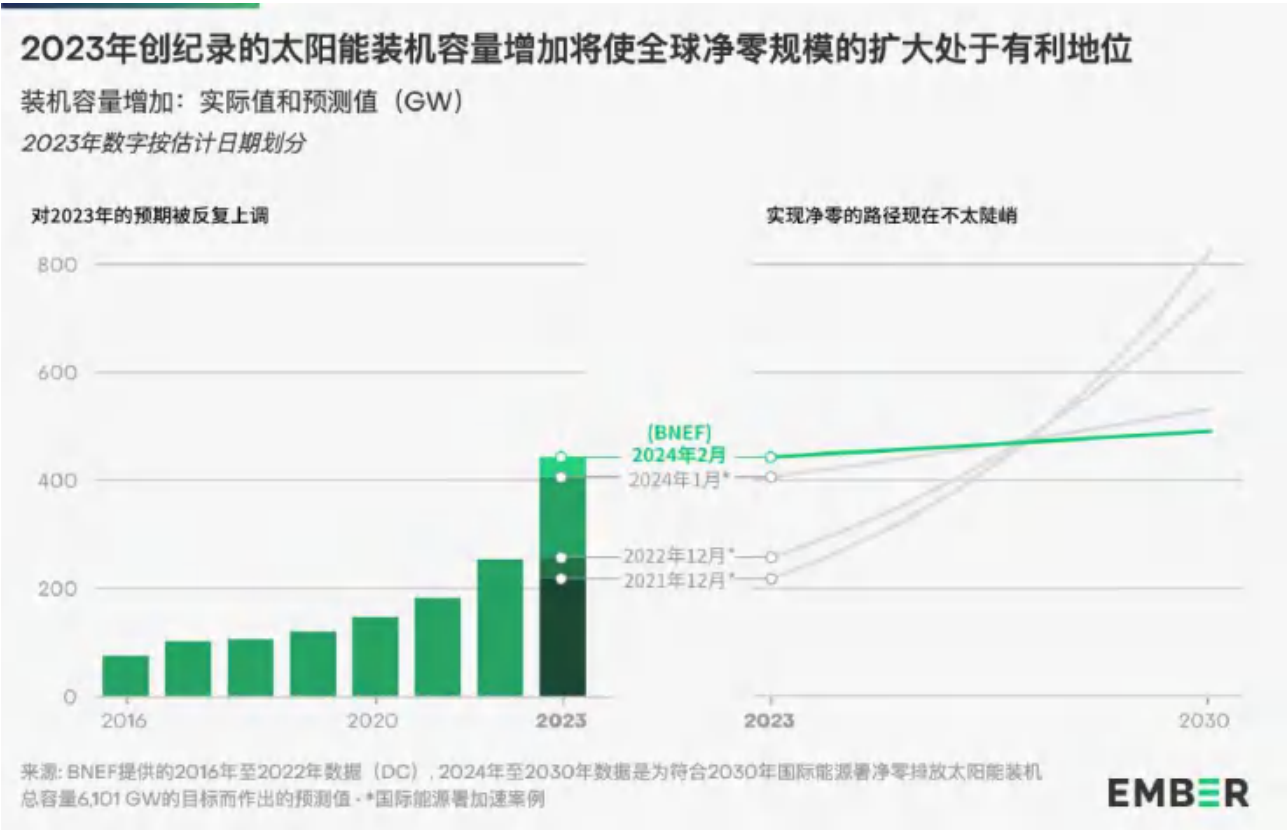
近年来，太阳能发电装机容量的快速增长超出所有人预期，使其处于清洁能源变革的前沿。2023 年，太阳能发电量的增长速度低于装机容量，但预计太阳能发电量 2024 年将大幅增长，迎来丰收年。2023 年，太阳能电池板的供应量出现前所未有的增长（价格也出现下降），这使得其比以往任何时候都更廉价、更充足。鉴于供应量过剩以及[电池存储成本快速下降](#)，限制太阳能发展的因素只剩下并网速度。

太阳能发电装机容量一直在快速增长

太阳能的快速增长让全世界都感到意外。自 2000 年以来，新增太阳能发电装机容量一直呈指数级增长。2000 年至 2010 年，全球累计装机容量每两年翻一番，然后自 2010 年至 2023 年，该速度放缓至每三年翻一番。尽管这种指数级增长速度有所放缓，但这一趋势并不令人担忧，实现全球可再生能源发电量增长两倍或符合 2030 年[国际能源署净零排放方案](#)并不需要维持指数级增长。2023 年至 2030 年间，太阳能发电装机容量每 3.8 年翻一番，与国际能源署净零排放方案一致。

2023 年创纪录的新增太阳能发电装机容量超出预期

2023 年创纪录的年装机容量增加比 2022 年高出 [76%](#)，并继续超于预测。国际能源署每年都会升级预测：按国际能源署的加速案例方案，2021-2023 年预测的 2023 年增加量分别为 [218 GW](#)、[257 GW](#)、[406 GW](#)。根据 [BNEF](#) 纳入中国最新数据后的统计，2023 年实际新增 444 GW。要知道，太阳能发电装机容量的年新增量直到 2022 年才突破 200 GW，而 2022 年本身就是创纪录的一年。



由于成本大幅下降、政策扶持、技术效率提高和制造能力增强，[太阳能发电装机容量大幅增长](#)。快速增长的一个关键在于[莱特定律](#)——技术学习曲线，即该项技术部署越多价格越便宜，越便宜则部署得越多。部署的增加是显而易见的，目前有 33 个国家的太阳能发电量占比超过 10%，包括智利 (20%)、澳大利亚 (17%) 和荷兰 (17%)，以及美国加利福尼亚州 (28%) (本身为世界第五大经济体)。

年新增太阳能发电量的增长开启了一条将可再生能源发电量增加两倍的合理路径

根据[国际能源署净零排放方案](#)，自 2022 年至 2030 年，全球可再生能源装机容量增加两倍，意味着全球太阳能发电装机容量增加四倍，从 2022 年的 1,223 GW 增至 2030 年的 6,101 GW。太阳能发电如此成功，以至于其在 2030 年对可再生能源发电装机容量的贡献从国际能源署净零排放方案中 [2021 年的 48%](#) 上调至 [2023 年更新的 55%](#)。

鉴于 2023 年创纪录的新增规模，实现该目标意味着到 2030 年，太阳能发电量年新增量需要以 9% 的复合年增长率增长，这刚刚超过前十年（2012 年至 2022 年）23% 的历史增长率的三分之一。根据[国际能源署净零排放方案](#)，支持这一增长水平所需的土地资源只是可用适宜土地的一小部分。

2023 年太阳能发电量增长低于预期，但 2024 年将大幅增长

2023 年，太阳能发电量增长速度不及太阳能发电装机容量，主要是因为新增的位置和越来越多的漏报所致。尽管如此，2024 年的太阳能发电量应会体现出今明两年装机容量的大幅增长。

2023 年，全球太阳能累计装机容量增长 36%，但太阳能发电量仅增长 23%

2023 年全球太阳能发电量增长 23% (+307 TWh)，使太阳能发电量占比达到 5.5% (1,631 TWh)，而 2022 年则为 4.6% (1,324 TWh)。虽然令人印象深刻，但鉴于装机容量巨大，该增长速度不及预期。

在过去的七年里，装机容量和发电量之间有很强的线性关系，即 1 GW 的太阳能发电装机容量产生 1.09 TWh 的发电量。在这种强大关系的基础上，2023 年的发电量较预期少 182 TWh。

这些缺口主要是因为新增装机容量的地点、发电量漏报、装机时间及天气等原因。

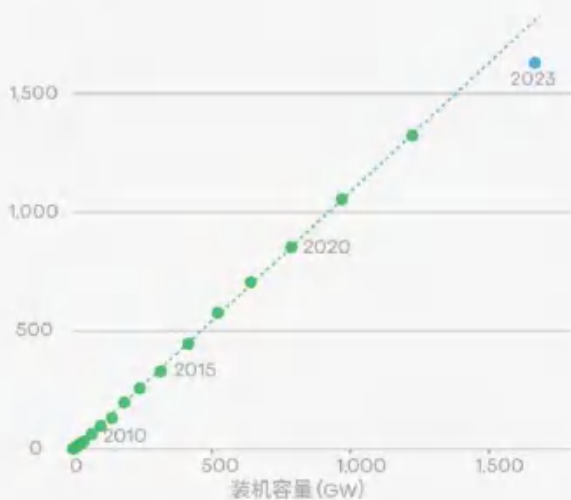
1. 60% 的太阳能装机容量来自中国，14% 来自欧洲。按照全球标准，该等地区日照量相对较少。
2. 有些国家尚未报告最新发电量，但是新增装机容量较多，特别是亚洲、中东和北非。报告分散式发电量也面临越来越大的挑战，包括电表后端屋顶太阳能，同时还存在欧盟和日本等大型市场的漏报问题。

3. 2023 年的装机时间异常滞后，因此对当年发电量的贡献较小。其中一些影响将是持久的：中国的装机容量总是在十二月猛增，以实现目标。然而，2023 年尤其极端，中国近四分之一的新增装机容量发生在十二月。
4. 太阳辐射每年都在变化，特别是在欧盟，2023 年的日照量低于平均水平。
5. 多个因素共同导致了剩余的短缺。部分市场的缩减有所增加，特别是在日本、荷兰和澳大利亚，尽管与近年来中国和大多数欧盟国家的情况一致。其他可能的解释包括中国屋顶太阳能比例的增加、与温度相关的效率改变、不太理想的使用地点以及装机地点和时间模式，这些因素均无法从现有数据中测得。

2023年全球太阳能发电量因装机容量大幅增加而相对较低

太阳能发电量远低于趋势水平...

发电量 (TWh)

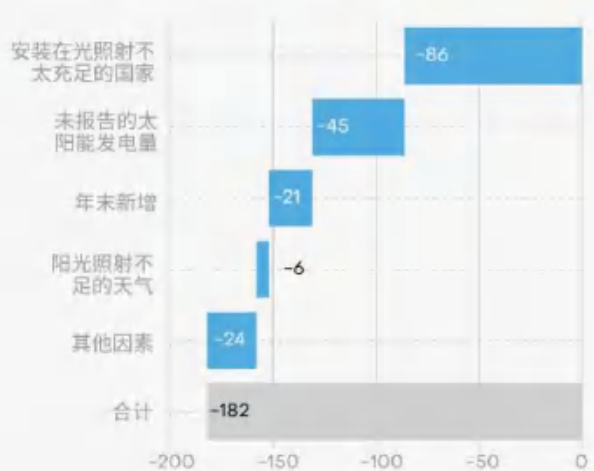


来源: Ember 年度电力数据, BNEF

年末的增加包括区域内和区域间的影响。其他因素包括缩减、屋顶太阳能效率降低、场地可用性以及无法测量的位置和安装时间的影响

...但这种影响大多是暂时的

按原因划分的对太阳能发电量的模拟影响 (TWh)



EMBER

发电量仍在增长，但要更深入地整合太阳能，还需要积极主动的规划

尽管 2023 年发电量增长低于预期，但 2024 年的发电量将会增加。2023 年年底安装的电池板新增发电量 (+21 TWh)、日照较少天气产生的发电量 (+6 TWh) 和漏报的发电量 (+45 TWh) 本可以使 2023 年的太阳能总发电量达到 1,703 TWh，比 2022 年增加 29%。

根据 2023 年的增加量和 [BNEF 对 2024 年第一季度太阳能](#) 发电装机容量的展望，我们预计，2024 年记录的太阳能发电量将在 2,150 至 2,350 TWh 之间，这取决于对装机容量预测的准确程度。该变化表明与 2023 年相比至少增长 32%，并可确保太阳能仍按实现净零目标所需的 26% 的平均增长率前进。

然而，面临的挑战亦须解决。[电网拥堵已是全球太阳能部署的主要瓶颈](#)，合适的并网接入点越来越少。2024 年，由于储存能力不足，预计[中国](#)和[加州](#)将进一步缩减太阳能。由于建造周期长，目前投资新的输电能力将最大限度地发挥太阳能的优势。同时，对于规划采用[连接与管理](#)方法——确保快速并网，以一定的缩减风险作为交换——可以确保拥堵不会不必要地减缓能源转型。

充分利用太阳能的潜力

2023 年，太阳能电池板的供应量出现前所未有的增长，但很多国家——甚至很多日照充足的国家——太阳能发电量仍然很低。

全球太阳能供电量可实现增加两倍的目标，而且还远不止如此

预计到 2024 年年底，全球太阳能光伏制造能力将达到 [1,100 GW](#)。根据[国际能源署 2023 年六月的市场更新](#)，这足以符合[国际能源署净零排放方案](#)的需求。这表明，如果需要，太阳能可以在全球清洁能源转型中发挥更大的作用。

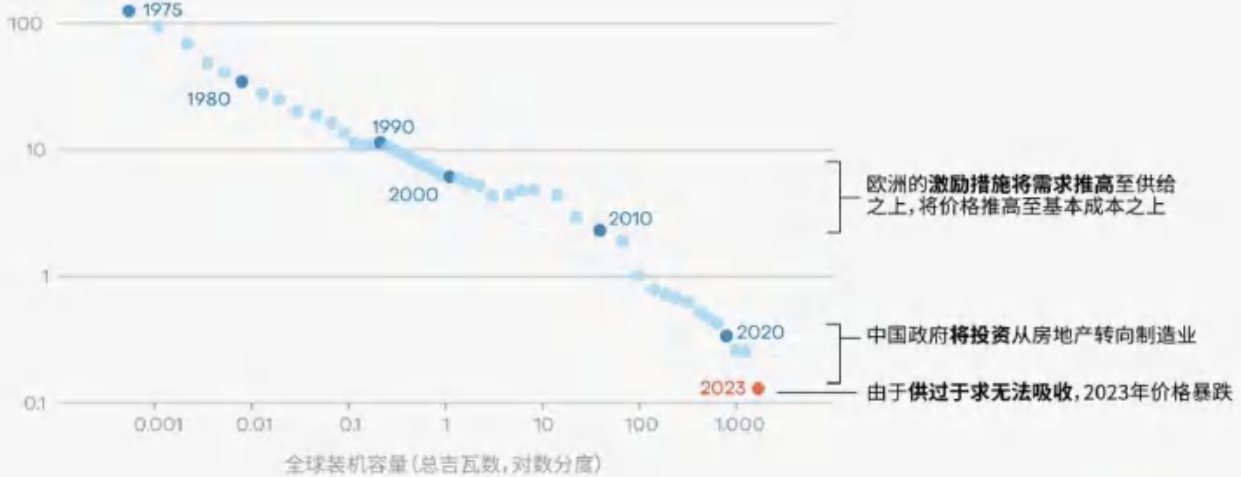
2023 年，中国的太阳能组件产量超过全球需求，下半年组件现货价格[暴跌 50% 以上](#)，推动国内装机容量[越来越高](#)。根据[莱特定律技术学习曲线](#)，太阳能组件的价格目前大幅低于预期。随着中国政府贷款[越来越多地从住宅领域转向制造业](#)，中国目前的太阳能组件产量占全球的 80-85%。

组件供过于求的情况将持续到 2024 年。欧盟需求仍然很大，但随着库存高企、电价下降和[安装壁垒](#)，对欧盟的出口[不太可能超过](#) 2023 年。同时，随着价格下跌，[中国对印度的太阳能出口](#)在 2023 年最后四个月快速增长，但由于自四月份起，任何受政府支持的太阳能项目均需使用印度[国产太阳能电池板](#)，因此中国对印度的太阳能出口量将大幅萎缩。中国需要寻找新的出口市场，这对世界各国来说是一个巨大的机会，各国可以对比太阳能与其他发电资源的成本竞争力和可用性，然后加以利用。

2023年的太阳能发电价格下跌速度远快于历史趋势

根据莱特定律，随着太阳能光伏组件制造的增加，价格一直在下降*

价格(每千瓦美元, 对数分度)



来源: Our World in Data, Infolink Consulting, BloombergNEF

*莱特定律也被称为技术学习曲线, 即一项技术部署越多价格越便宜, 越便宜则部署的越多。

EMBER

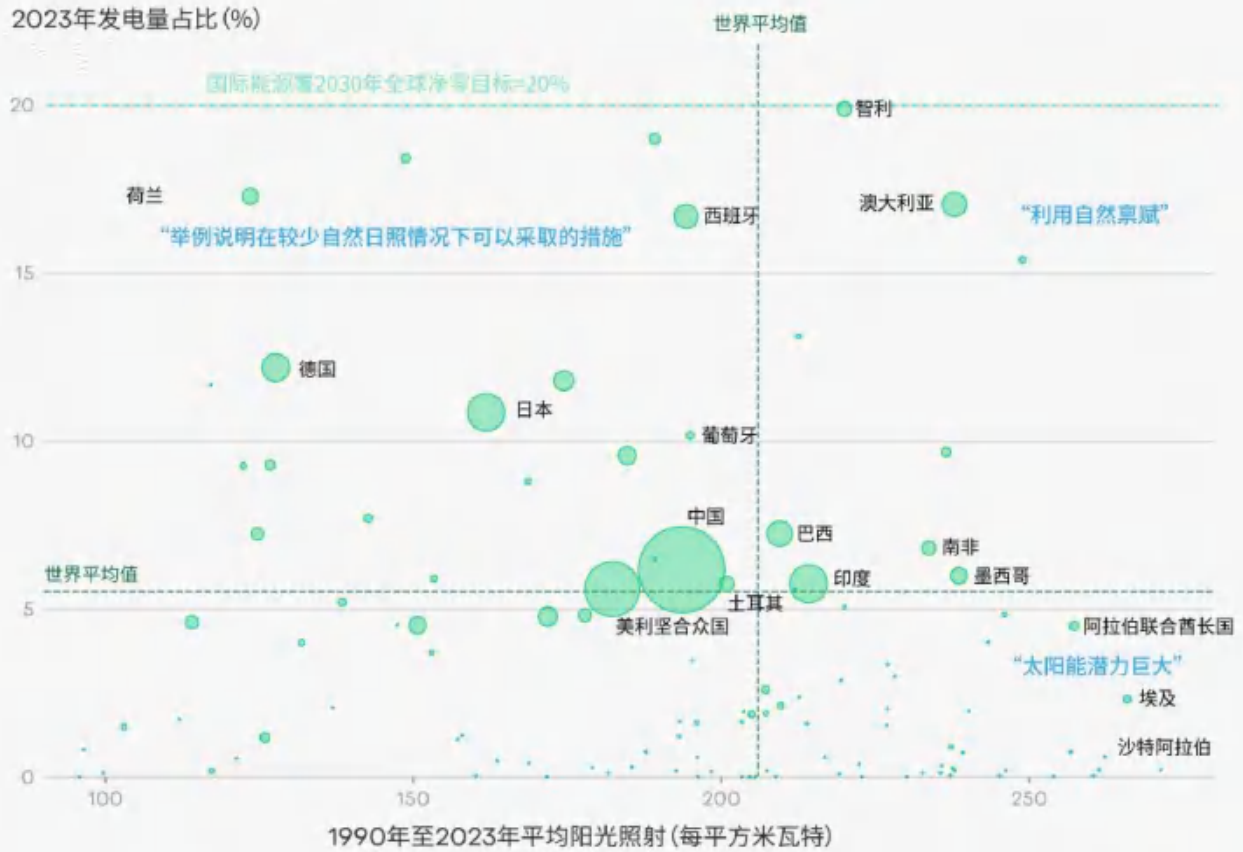
有些具有良好的太阳能发展前景的地区仍未开发

日照和太阳能利用之间没有明确关系, 很多日照充足的国家尚未挖掘太阳能的潜力。虽然澳大利亚和西班牙等少数领先国家近 20% 的电力来自太阳能, 但仍有 66% 的国家太阳能电力占比不足 5%。有些国家即使日照相对较差, 但其太阳能发电量也很高, 如德国 (12%) 和荷兰 (17%)。这表明, 不论自然资源状况如何, 太阳能在满足发电量需求方面都具有潜力。

在某些地区出现令人鼓舞的迹象, 2023 年中东的太阳能组件进口量[出现增长](#)。全球很多国家面临财务困难和物流难题, 重要的是通过适当融资和风险消除机制促进太阳能在高潜力国家的发展。非洲人口占全球人口的五分之一, 拥有巨大的太阳能潜力, 但该地区目前仅吸引[全球 3% 的能源投资](#)。

未开发的太阳能发电潜力

气泡大小代表2023年的总电力需求



Source: Ember年度电力数据, 国际能源署净零方案 (2023年), 自Teal摘录的ERA5再分析数据
图表仅包括2023年需求超过10 TWh的国家或地区

EMBER

2.3 2023 年需求增长 低于趋势， 但未来只会上升



2023 年初，全球电力需求增长尤其疲软，主要原因是经合组织国家的需求有所下降，但最新的月度证据表明，增长已开始回升。

电动汽车、热泵、绿氢电解槽、数据中心和空调这五项快速增长的技术占需求增长的一半以上，而且所有这些技术均可通过重视效率而受益。随着电气化加速，经合组织国家的需求增长将在 20 年内首次开始上升。但截至 2023 年，中国在开始经济电气化方面领先于世界。

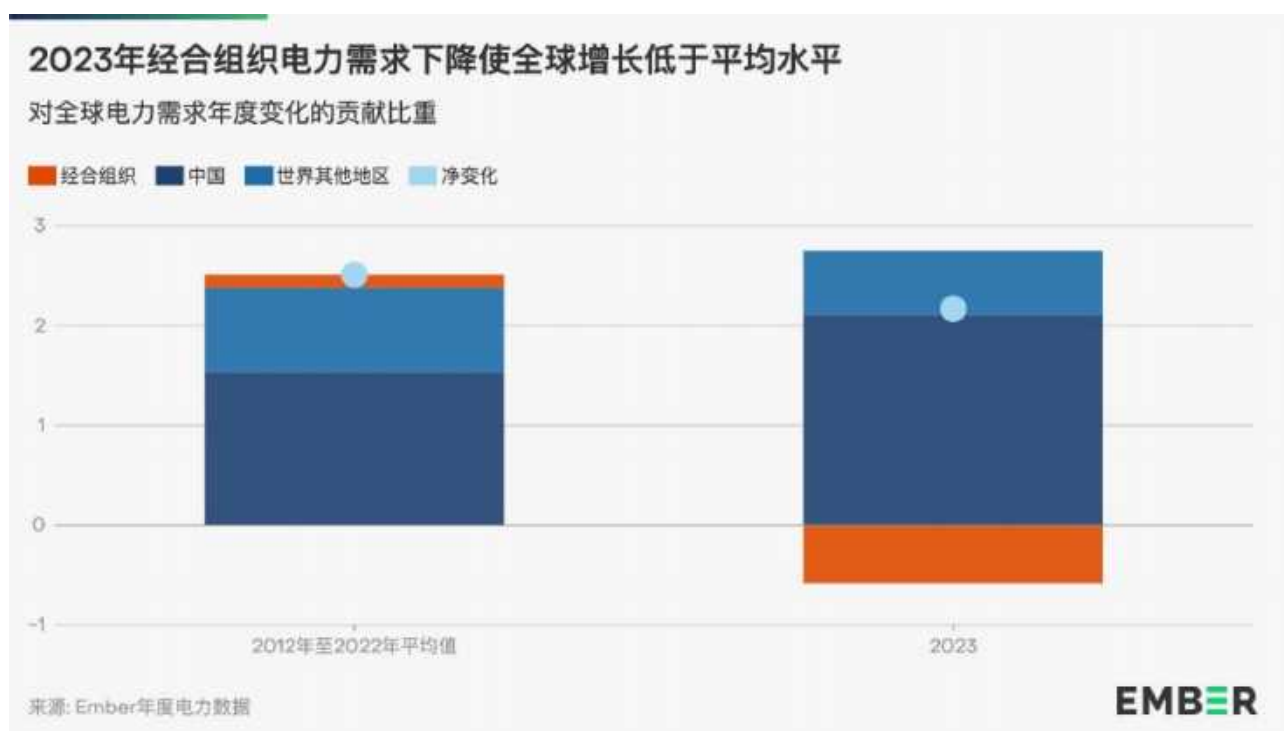
需求增长不仅会从 2023 年的疲软水平反弹，还会进入一个更快增长的新时期——只是增长速度将部分取决于对效率的重视。

2023 年全球需求增长低于趋势，但已开始加速

2023 年全球电力需求增加 627 TWh，这主要是由于中国和其他发展中国家的强劲增长。经合组织国家的下降是由于短期的非结构性因素，最新月度证据表明，增长已开始回升。

由于经合组织国家电力需求下降，2023 年全球电力需求疲软

2023 年全球电力需求增长 2.2%，比过去十年的年均增幅 (+2.5%) 低 0.3 个百分点。经济放缓的主要原因是经合组织国家的电力需求下降，全球需求因此下降 0.6 个百分点。



欧盟电力需求的下滑是由[多种因素](#)所导致，包括工业用电量下降、气候温和及节能增效。美国的天气状况发生巨大变化，2022 年的冬季特别寒冷，夏季特别炎热，而 2023 年的气温异常温和。在亚太地区经合组织国家中，尤其是在日本，高昂的能源价格促使人们采取节能措施，并为工业消费带来压力。

很多南亚国家出现经济下行和电力短缺，特别是[巴基斯坦](#)和[孟加拉国](#)，两国的天然气严重短缺，逐渐恶化为电力短缺。

这使得中国成为全球需求增长的主要驱动因素，对 2023 年全球需求增长贡献 2.1 个百分点。

到年底，电力需求已经开始回升

压制全球电力需求的主要因素于年底已经减弱，导致需求增长于 2023 年下半年逐步加速。2023 年一月至八月全球电力需求较 2022 年同期高 1%。2023 年最后四个月，需求较 2022 年同期高 4.5%。



在欧盟，俄罗斯入侵乌克兰后的能源危机已经得到缓解，电价降至战前水平，重工业开始复苏；因此，自 2023 年十月以来，需求一直处于温和复苏中。

在美国，极端天气导致需求波动。[2022 年一月](#)比往常更冷，而后春季和夏季极热，特别是在[五月份](#)，导致电力需求激增，而 2023 年的冬季比往常更温和。

与此同时，世界其他地区的需求增长在年初相对缓慢后开始加速。尽管十一月和十二月气温低于平均水平，导致电力需求增长幅度特别大，但在新冠肺炎疫情限制放宽后，经济活动有所增加，[国家主管部门预测](#)，中国将在 2023 年第四季度实现强劲增长。

证据表明，全球需求增长放缓现在可能已经结束。

电气化、数据中心和空调正在推动需求增长

电动汽车、热泵、绿氢电解槽、数据中心和空调这五项快速发展的技术已显著促进电力需求的增长，占 2023 年全球需求增长的一半以上。所有这些技术都需要高度关注效率，以在清洁电力有限的地区避免不必要的需求增长。

全球电力需求增长的 29% 来自交通运输和供暖电气化以及绿氢

用电力取代化石燃料的关键电气化技术已在全球层面做出重大贡献。预计 2023 年电动汽车和热泵已为全球电力需求增加 0.6%，占总增长的 27%。

热泵对全球电力需求的贡献较大，尽管在 2023 年略有放缓——估计为 100 TWh，而 2022 年为 103 TWh，主要是由于[美国](#)和[欧盟](#)的热泵销售放缓，天然气价格下跌以及政策支持的不确定性。同时，电动汽车的贡献也有所增加，因为电动汽车在[中国](#)、[欧洲](#)、[美国](#)、[日本](#)和[印度](#)的强劲销售创造约 72 TWh 的额外电力需求，较 2022 年增长 50%，使电动汽车在全球电力需求中的占比从 [2022 年的 0.5%](#) 增至约 0.7%。

电动汽车和热泵带来的电力需求增长加速，不仅有助于减少电力行业以外的化石燃料需求，还有助于大幅提高效率 and 节省二氧化碳。如果用于内燃机车辆，2023 年电动汽车新增的 72 TWh 需求足以取代每天超过 260,000 桶油当量的燃烧量。这与[澳大利亚 2021 年的汽油总消耗量](#)相当。如果在传统锅炉中燃烧以产生相同的热量，2023 年新增热泵销售带来的额外 100 TWh 需求大约需要 300 TWh 的天然气。这与[法国的天然气总消耗量](#)相当。

随着世界继续电气化，提高效率将意味着即使电力需求增加，能源总需求量也会减少。电气化还有多种优势：除了减少排放量之外，还能减少能源浪费、节省成本。

五项快速发展的技术已显著促进电力需求的增长

全球电力需求增长占比 (%)



来源: Ember 计算值 (参考方法学)

EMBER

28% 的电力需求增长来自空调和数据中心

全球电力需求增长的另一个主要来源来自两个关键行业——空间制冷和数据中心。这两个行业的效率对于确保能源转型的成功尤为重要。

假设按 2000 年以来年均增长 4% 的水平 (2022 年为 5%) 持续, 预计 2023 年空调将为全球电力需求增加 0.3%。

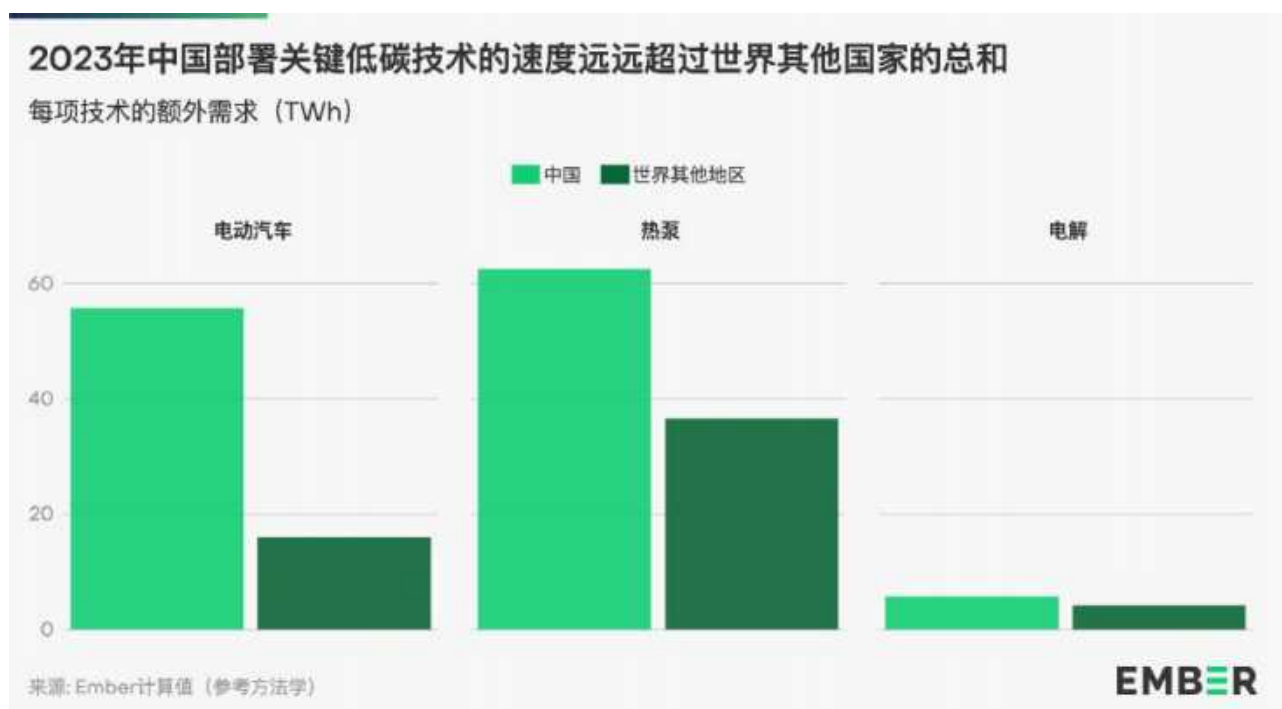
这些高增长率受到低效率标准的影响: 尽管成本差异有限, 但全球销售的大多数空调的效率往往仅达到[现有最佳技术的一半](#)。

2023 年, 数据中心对全球需求增长的贡献不亚于空调 (+90 TWh, +0.3%), 自 2019 年以来, 该行业电力需求的年均增长率[接近 17%](#)。最先进的冷却系统可将数据中心的能效提高[至少 20%](#)。

即使是电气化, 也需要关注效率, 因为市场上效率最低的电动汽车, 其[能耗是效率最高的车型的两倍](#)。根据制冷剂的不同, 热泵效率可提高 [10% 或更多](#)。

中国的电气化走在前列，但即使在这里，电气化仍处于起步阶段

中国在供暖和交通运输电气化以及建设电解槽产能方面处于领先地位。2023 年，中国充电和[电池更换](#)服务行业的电力需求增长 [78%](#)，估计为中国电力需求增加 56 TWh，是世界其他地区的 3.5 倍。虽然中国占[电动轻型汽车销量的 60%](#)，但在 56 TWh 的需求增长中，该行业估计仅占 18 TWh，其余则来自中国占全球主导地位的电动货车、卡车、公共汽车和两轮车。中国也是全球最大的热泵市场，[年安装量比任何其他国家都多](#)。电解槽主要用于化工和石化公司的示范工厂，在中国的增长速度也快于世界其他地区。因此，2023 年中国[占全球电解槽产能的 50%](#)。

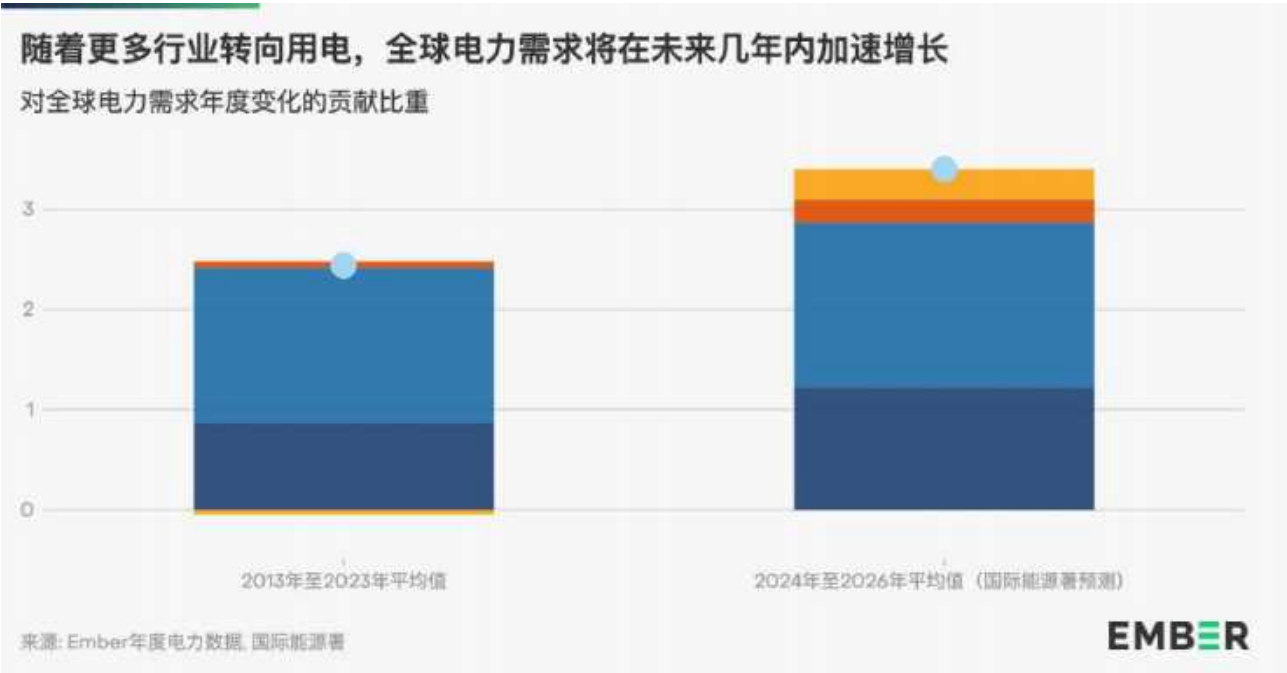


即使在中国，电气化仍处于起步阶段。2023 年中国电力需求增长中仅五分之一 (606 TWh 中的 124 TWh) 来自三大电气化技术，但这一占比将随着时间的推移而上升。这些技术为 2023 年中国电力需求增加 1.4%，高于 2022 年的 1.1%。同时，在世界其他地区，电气化于 2022 年增加了 0.25% 的电力需求，于 2023 年增加了 0.28% 的电力需求。

随着中国进一步加快关键电气化技术的部署，以及世界各国继续迎头赶上，电气化的贡献将进一步扩大。

需求正进入快速增长时期

随着电气化继续加速，全球电力需求正在进入更强劲增长的新时代，[2024 年至 2026 年年增长率为 3.4%](#)，甚至有望超过全球的 GDP 增长率 ([+3.1%](#))。



美国和欧盟等成熟经济体的电气化将为更强劲的电力需求增长提供支撑，从而为全球增长做出更大贡献。在需求增长最快的新兴经济体，风力和太阳能发电是加速电力供应和经济增长的最佳推动因素，[中国的经验已经证明了这一点](#)。尽管全球电力需求因交通、建筑和工业的电气化而增加——[在国际能源署净零排放方案](#)中，到 2030 年将占需求增长的 54%——但这将导致整体能源需求因效率大幅提高而降低。

国际能源署净零排放方案预测，假设各行业和技术的效率大幅提高，到 2050 年的年需求增长率为 3.5%，因此如果效率提高不及预期，那么需求增长甚至可能会更快。在清洁发电有限的世界，浪费性的需求增长将减缓电力行业的二氧化碳减排。

如果不大力采用现有的最佳空气冷却技术，该行业电力需求以每年 4% 的速度持续增长，截止 2030 年，每年将增加 117 TWh。从 2023 年的基准算起，将累计增加 730 TWh，相当于巴西的电力需求总量。与此同时，如果该行业继续快速扩张，而不致力推出更高效的冷却解决方案，数据中心的电力需求可能会在未来三年内翻一番，达到 [1,050 TWh](#)。

全球正在向电力经济转型，政府需要接纳电气化，规划可再生能源的快速增长以满足电力需求，并通过高度关注效率来防止浪费。

2.4 各国展示如何快速过渡到清洁能源



改造电力系统需要采取各种行动，但一些共同的关键因素正在推动全球太阳能和风力发电的快速增长：高层政策目标、开启住宅和公用事业规模部署的激励机制，以及消除部署过程中的技术障碍。中国、巴西及荷兰这三个国家的以下实例表明，尽管起点差异很大，但这些方法的结合正在推动其电力系统的快速转型。

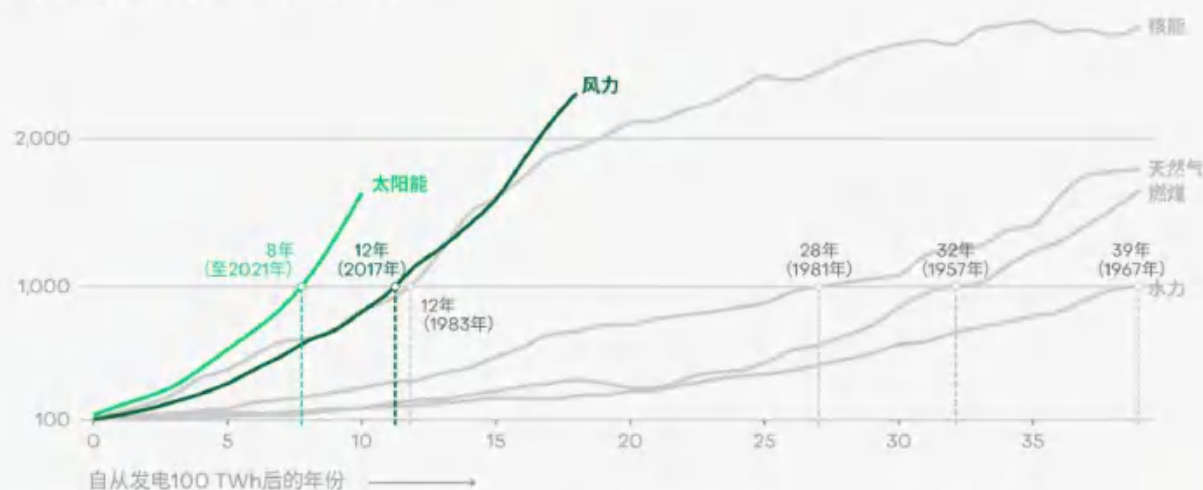
不同的路径，共同的推动因素

很多国家的电力行业正在迅速变化，这主要是由于风力和太阳能发电量的增加。自 2015 年《巴黎协定》签署以来，风力和太阳能发电量在全球电力结构中的总占比从 4.5% 增至 13.4%。这一进展使得风力和太阳能发电成为[应对气候变化的关键解决方案](#)。

除了风力和太阳能之外，没有其他电力来源能够以更快的速度将发电量从 100 TWh 提升至 1000 TWh。太阳能和风力发电分别只用了 8 年和 12 年，远远领先于天然气 (28 年)、燃煤 (32 年) 和水力 (39 年) 发电。像风力和太阳能发电一样，核能发电量在 1971 年首次超过 100 TWh 后也有了快速增长，用了 12 年才超过 1000 TWh。然而，现在我们有两种清洁能源增长更快，而且是同时增长。

风力和太阳能比历史上任何其他电力来源都发展得更快

全球发电量（按技术划分）（TWh）



来源: 来自Ember年度电力数据的风力和太阳能发电量数据; Pinto等人提供的核能、天然气、燃煤和水力发电量数据。(2023年)

本图基于Nat Bullard提供的图表<https://www.nathanielbullard.com/presentations>

EMBER

不同地理位置、不同经济发展阶段和不同政治制度的国家已实现风力和太阳能发电量的快速扩大，这表明我们拥有在全球电力行业实现这一快速变化的所有必要工具。

电力行业的成功转型有多种途径，每个国家都有不同的挑战需要克服。然而，有效的方法有很多共同点。地理位置可能很重要，但其本身并不能决定风力和太阳能发电部署的能力。快速大规模部署是由国家或区域政策目标的引导、激励机制对需求的拉动以及技术障碍的消除以融入电力结构所共同推动的。

雄心壮志

雄心壮志通常通过设定目标或做出承诺来展现。无论是在区域还是国家层面，这些均可成为指导长期规划和推动可再生能源部署的有效工具。这些工具让客户、企业和投资者对风力和太阳能发电充满信心。

激励机制

鼓励采用风力和太阳能发电的政策能够推动对这些技术的需求和投资。电网回购和净计量方案对超额发电的客户给与奖励的，在推动住宅太阳能采用方面特别有效。大规模装机容量的招标和竞标带来竞争，并压低价格。税收优惠和电力购买协议（PPA）使得公用事业规模的部署更具吸引力。

消除障碍

实现快速转型需要克服多项技术障碍。将大量可变发电的可再生能源整合到电力系统中需要高效的规划流程和并网，并确保注重灵活性。最大限度地提高灵活性意味着制定一系列行动方案，包括确保化石燃料发电厂的灵活性、储能建设、建设更强大、更高效和更智能的电网、重新设计电力市场规则以及鼓励需求侧参与。

此外，有效利用自然资源意味着在条件更适宜的地区通过长距离传输促进风力和太阳能发电的发展。随着交通运输、供暖和工业的电气化，智能需求战略（例如：用于电动汽车充电或热泵）可将需求与风力和太阳能发电模式相匹配，实现轻松整合。

案例研究

快速部署风力和太阳能发电的三个领先国家——中国、巴西和荷兰——就各国如何成功应用这些工具提供了重要见解。

1. **中国**是风力和太阳能发电的全球领导者，拥有十多年来最大的绝对发电量和最高的年增加量。其以极快的速度增加风力和太阳能发电量，改变全球最大的电力系统
2. **巴西**正在利用风力和太阳能发电来满足日益增长的电力需求。该国正在利用风力和太阳能发电的低成本，使其电力系统更具弹性，并成为可再生电力的领导者，同时避免在电力需求上升时对天然气或燃煤发电的依赖。
3. **荷兰**已重塑其电力系统，寻求迅速淘汰燃煤发电并逐步减少天然气发电。在短短五年内，风力和太阳能发电的快速发展将化石燃料发电量从占电力结构的 80% 以上减少至不到 50%，使该国走上快速脱碳的道路。

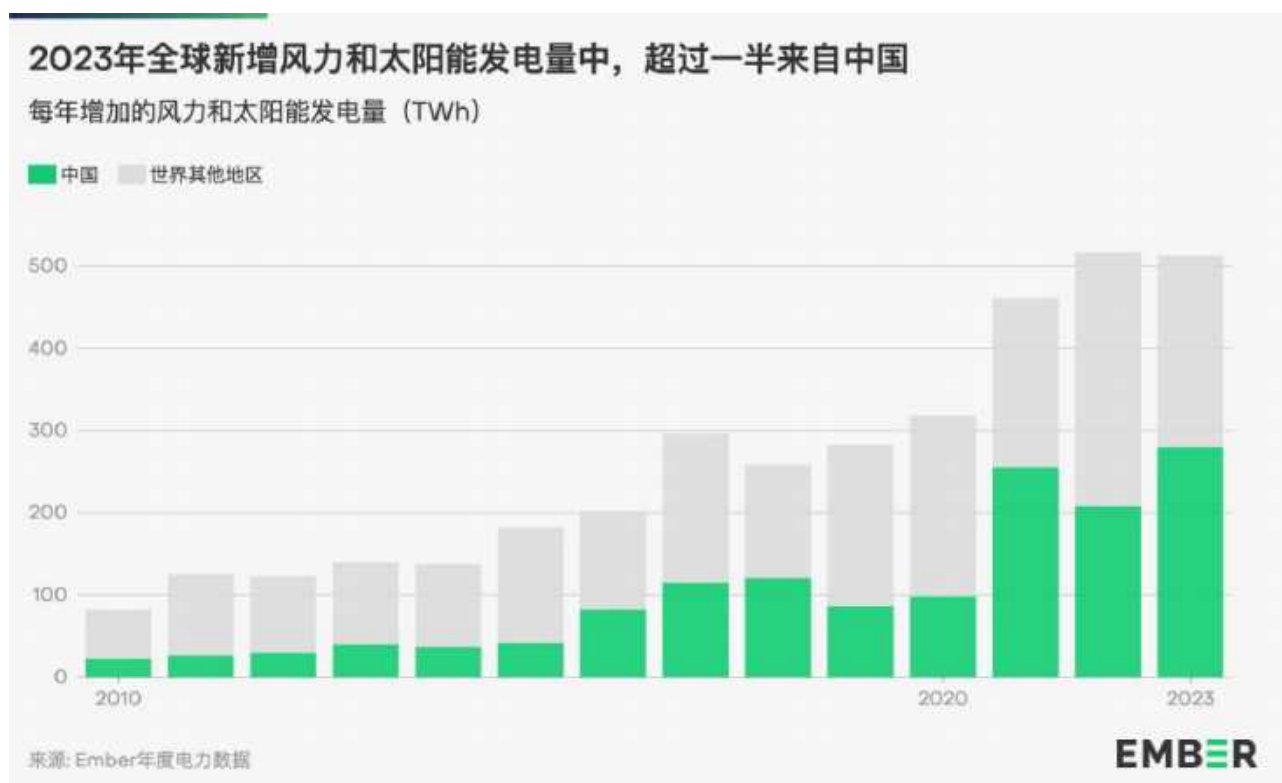
这三个国家均利用风力和太阳能发电来实现电力行业的转型。

中国

取得了什么成就？

中国是风力和太阳能发电部署的全球领导者。2023 年全球新增风力和太阳能发电量中，超过一半来自中国。中国的风力和太阳能发电量占比从 2015 年的 3.9% 增至 2023 年的 15.6%。考虑到中国电力系统的规模，这一点尤其引人注目。风力和太阳能发电量目前达到 1,470 TWh，占全球风力和太阳能总发电量的 37%，超过 2023 年日本的全部电力需求或印度电力需求的 75%。

这种转型速度近年来有所加快，从 2020 年到 2023 年，风力和太阳能发电量在短短三年内翻了一番。自 2015 年以来，风力和太阳能发电量的增加有助于满足电力需求的强劲增长。这减少了化石燃料发电量的增长，从而避免了该期间超过 40 亿吨的排放量。这相当于美国、印度和欧盟电力行业的年排放量总和。



促成因素是什么？

- 清洁能源在最高层得到战略优先考虑，特别是太阳能发电、电动汽车和蓄电池这三个所谓的“新三样”产业，导致清洁能源投资大幅激增。这不仅是出于对气候和污染的担忧，也是出于减少中国对能源进口依赖和建立未来出口市场的愿望。2023 年，清洁能源已成为中国经济增长的[最大驱动力](#)。

- 中国已出台有针对性的激励政策推动风力和太阳能发展。享有**税收优惠**的**电网回购**和补贴导致更高的投资和更快的采用。
- **长距离输电**线路等**电网基础设施**的建设对于减少限电和利用中国内陆丰富的风力和太阳能资源尤为重要。在过去十年中，中国建设了新增全球输电网的**三分之一以上**。结合优先考虑从风力和太阳能生产商购电的市场改革，尽管并网设备比以往任何时候都多，但中国近年来仍设法**减少**了弃风弃光量。
- 可再生能源部署的目标已成功推动大规模的快速安装。中国经常在国家层面超额完成目标，**有望**在 2025 年实现其原定于 2030 年达成的风力和太阳能部署目标，而其**地方设定的目标**则更为宏大。“整县光伏”等计划要求将太阳能光伏安装在一定比例的屋顶上，有助于在 2022 年和 2023 年快速建成屋顶太阳能。

巴西

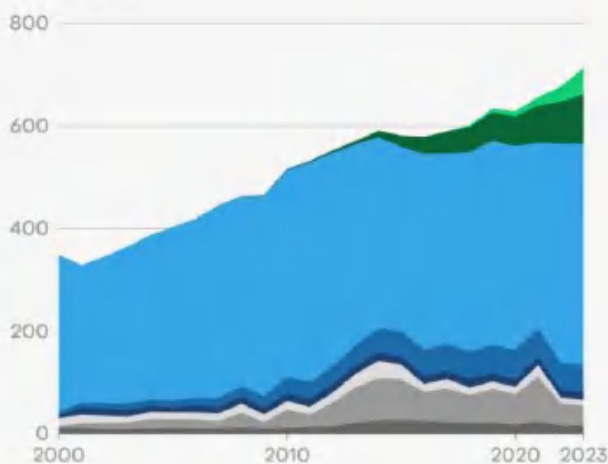
取得了什么成就？

2023 年，巴西的风力和太阳能发电量占总发电量的 21%，高于 2015 年的 3.7%。巴西是风力和太阳能领域的全球领导者，2023 年增加量位居世界第二，而 2022 年位居世界第四，且清洁电力占比在 G20 国家中位居第二。尽管水力发电量并未增长，但由于风力和太阳能发电在过去十年中满足了所有新增需求，因此该国避免了排放量的大幅增加。

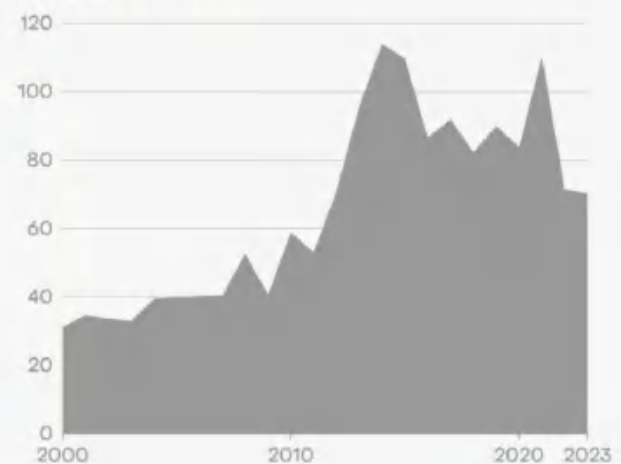
在巴西，风力和太阳能发电量满足过去10年不断增长的需求，阻止了电力行业排放量的增长

■ 燃煤 ■ 天然气 ■ 其他化石燃料 ■ 核能 ■ 生物能源 ■ 水力 ■ 风力 ■ 太阳能

发电量 (TWh)



电力行业排放量 (MtCO₂)



来源: Ember年度电力数据

EMBER

促成因素是什么？

- 巴西成为该地区风力和太阳能的早期采用者。2001 年能源危机后，干旱严重限制水电的可用性，该国推出“替代能源激励计划”（PROINFA），以促进风力和太阳能等其他可再生能源发展。这包括 21 世纪中期开始的风力和太阳能项目竞标，使得固定价格合同成为可能，并刺激了可再生能源领域的投资和增长。这得益于巴西开发银行（BNDES）对私营公司的财政支持。
- 巴西正在**有效地利用自然资源**。由于所处纬度，该国拥有巨大的风力和太阳能发电潜力。该国还计划开发更多的[海上风力发电](#)，主要是在该国东北部条件最适合开发的地区。此外，大型水力发电厂和水库提供了将可变可再生能源纳入电网所需的灵活性。
- 该国国家电力局（ANEEL）推出并随后扩大了符合**净计量**条件的装置规模。这一举措极大地推动了分散式发电的采用，其中太阳能光伏构成此类装置的绝大多数。

荷兰

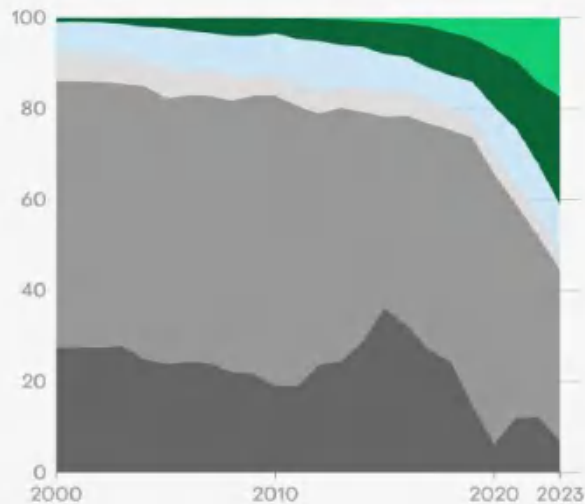
取得了什么成就？

荷兰是全球最快采用风力和太阳能发电的国家之一。风力和太阳能发电量占比从 2015 年的 8% 增至 2023 年的 41%。这使得该国对化石燃料发电量的依赖从 2015 年的 84% 降至不到一半（49%）。因此，自 2015 年以来，发电的排放强度减半（-48%），排放量下降 46%。近年来，太阳能发电量的增加速度尤其快。尽管地处高纬度，但荷兰目前的人均太阳能发电量位居世界第二，仅次于澳大利亚。

自2015年以来，风力和太阳能已增长至荷兰发电量的40%，令排放强度减半

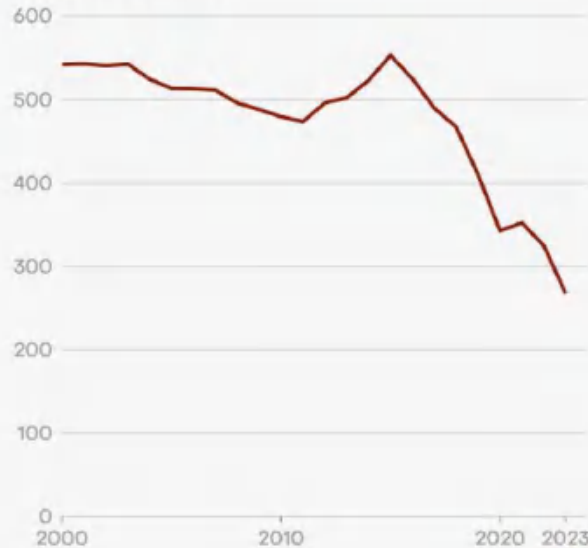
■ 燃煤 ■ 天然气 ■ 其他化石燃料 ■ 其他清洁能源 ■ 风力 ■ 太阳能

占发电量比重 (%)



来源: Ember年度电力数据

排放强度 (gCO₂/kWh)



EMBER

促成因素是什么？

- 政府在 2017 年[宣布](#)，将在 2030 年前淘汰燃煤发电，以实现其气候目标。2019 年，荷兰政府决定设立**具有法律约束力的** 2030 年前二氧化碳减排目标，强制逐步减少天然气发电量。该决定包括陆上和海上风力以及太阳能发电目标。这些目标自上而下地体现出雄心壮志，确保政策制定者采取进一步行动，推动可再生能源更快增长。
- 通过其《可持续能源生产和气候转型激励计划》(SDE、SDE+ 及 SDE++) 的长期**财政激励措施**，激励生产商通过风力和太阳能发电实现二氧化碳减排，并为可再生能源投资创造**稳定的环境**。
- 为了鼓励屋顶太阳能的采用，荷兰于 2004 年推出**净计量计划**。结合能源价格的高涨和太阳能光伏安装成本的降低，该政策使屋顶太阳能成为对业主具有吸引力的投资。[荷兰政府最近决定](#)将目前的净计量计划至少持续到 2025 年。

中国、巴西和荷兰的风力和太阳能发电量出现大幅增长，快速改变了它们的电力系统。表现出雄心壮志可以营造一个让风力和太阳能发电蓬勃发展的环境，增强投资者的信任和信心。选择一套适当的激励机制来推动对风力和太阳能发电系统的需求，同时选择制度性解决方案来克服技术障碍并促进风力和太阳能融入电力结构，这比单纯依赖一个国家的现有经济或地理条件更为重要。

当然，即使是目前为止已经成功转型的国家仍然面临诸多挑战。例如，在荷兰，新增风力和太阳能发电装置受到电网拥堵问题的阻碍，而这些问题本来可以通过更合理的长期规划来避免。同样，净计量等政策为住宅太阳能的采用提供了巨大的激励，但确保额外的电网成本不会转移到低收入家庭是实现公正转型的重要考虑因素。此外，风力和太阳能部署对当地社区产生的影响，突显了确保制定充足保障措施的必要性。

至关重要的是，中国、荷兰和巴西在过去已经克服了转型过程中的障碍。而当前的政治、经济和工程难题同样可以得到解决。我们拥有所需的一切工具，让已经开始转型的国家实现起飞，让最需要转型的国家加快速度，并推动引领全球转型的国家取得更大进展。

2023 年全球 电力行业数据

本章涉及 2023 年全球电力行业数据以及近二十年来的变化及趋势。

章节目录

46	3.1 发电量
50	3.2 电力需求
56	3.3 电力行业排放量

3.1 发电量

关键点

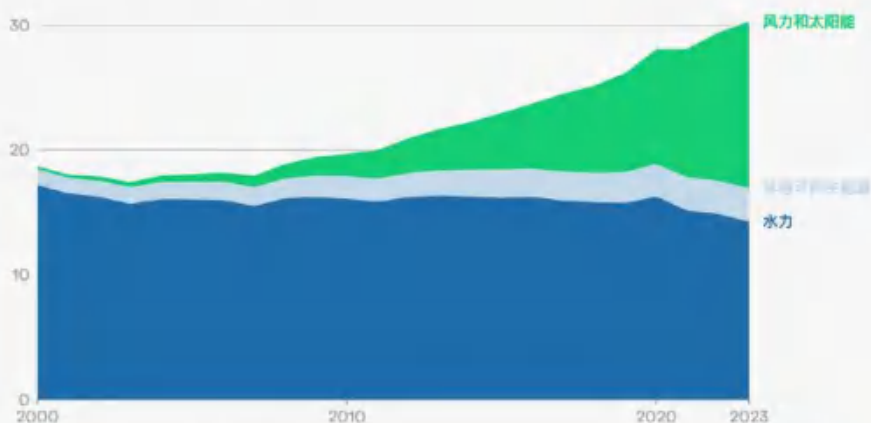
01 2023 年，可再生能源占全球发电量的比例达到创纪录的 30%

02 2023 年，清洁电力占发电量的近 40%

03 受太阳能和风力发电快速增长的推动，可再生能源占比从 2000 年的 19% 增长到 2023 年的 30%

2023年全球风力和太阳能发电量的增长推动可再生能源占全球电力结构的30%

清洁能源在全球发电量中所占比重 (%)



来源: Ember 年度电力数据
其他可再生能源包括生物能源、地热、波浪和潮汐

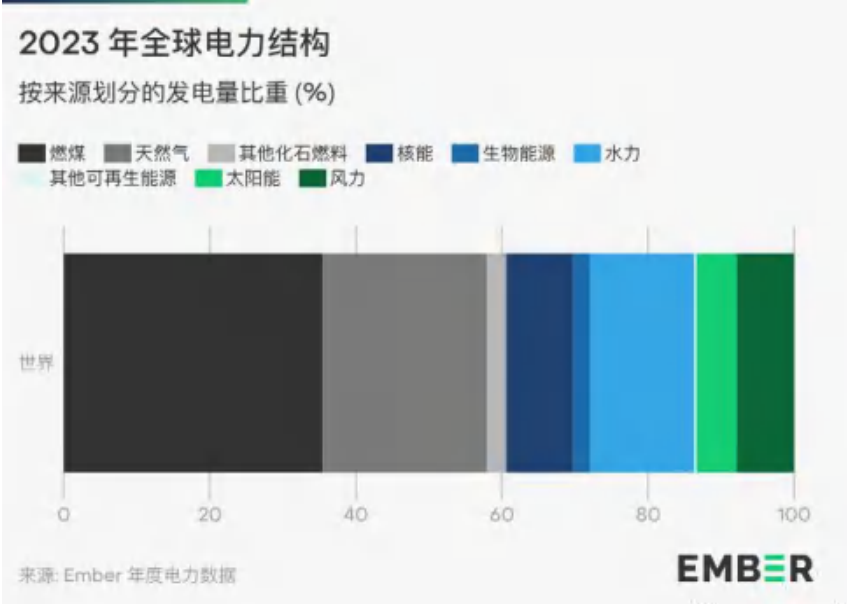
EMBER

发电量：现状

2023 年，可再生能源占全球发电量的 30%，但化石燃料仍占主导地位

2023 年，燃煤和天然气等化石能源发电量占全球电力的 61%。煤炭是最大的单一燃料，燃煤发电量占全球发电量的 35% (10,434 TWh)。天然气发电量占 23% (6,634 TWh)，其他化石燃料发电量占 2.7% (786 TWh)。

2023 年，可再生能源发电量首次达到全球发电量的 30%。水力仍然是最大的低碳电力来源，水力发电量占 14% (4,210 TWh)。9.1% 的电力来自核能 (2,686 TWh)，清洁能源发电量占全球电力构成的 39%。风力发电量占 7.8% (2,304 TWh)，太阳能发电量占 5.5% (1,631 TWh)。太阳能和风力发电量共占 13.4% (3,935 TWh)。生物能源发电量占 2.4% (697 TWh)，但由于其在离网发电中的使用，实际发电量可能会更高。最后，其他可再生能源发电量仅占 0.3% (90 TWh)。这主要是指地热发电，潮汐和波浪能发电量占比微乎其微。



发电量：长期趋势

风力和太阳能在全球电力结构中占比越来越大，但化石燃料发电量却在增加

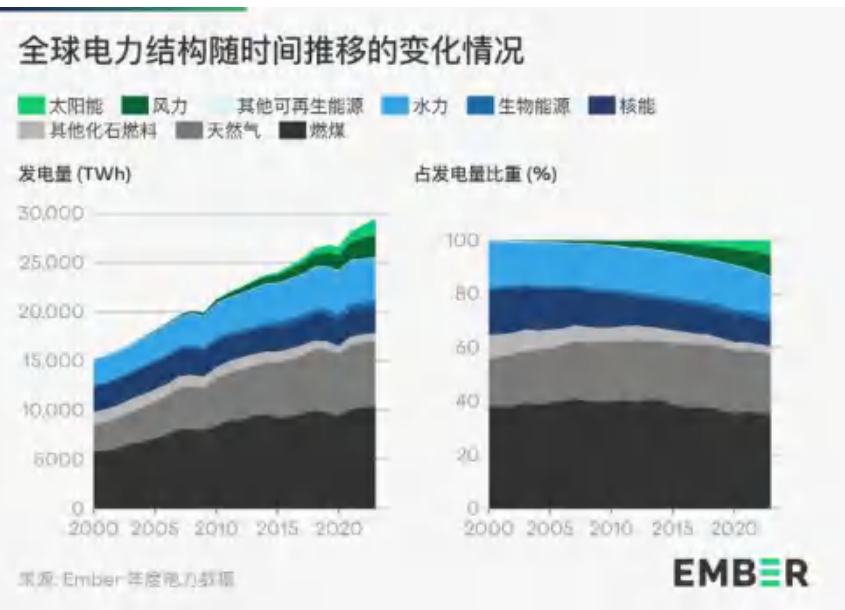
化石燃料发电量占比在 2007 年达到 68% 的峰值，此后由于化石燃料增长速度低于全球电力需求，占比下降至 61%。

虽然化石能源在全球电力结构中的占比正在下降，但化石燃料发电量的绝对值仍在上升，燃煤和天然气发电量都在 2023 年达到创纪录水平。燃煤发电量几乎翻了一番，从 2000 年的 5,809 TWh 增至 2023 年的 10,434 TWh。天然气发电量增加了一倍多，从 2000 年的 2,745 TWh 增至 2023 年的 6,634 TWh。受石油发电量下降的推动，其他化石燃料发电量从 2000 年的 1,324 TWh 降至 2023 年的 786 TWh。

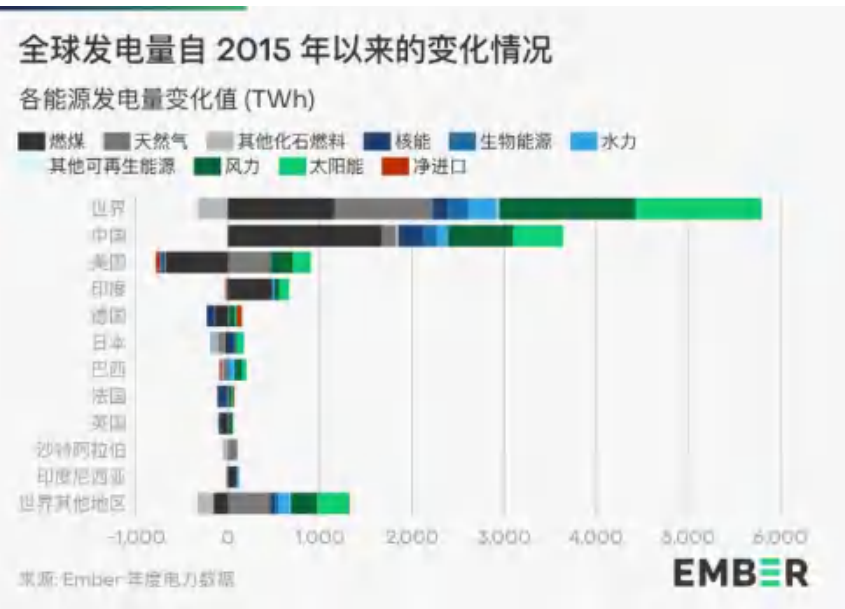
风力和太阳能发电量在过去二十年中大幅增长，在风力和太阳能发电量快速增长的推动下，可再生能源发电量占比从 2000 年的 19% 增至 2023 年的 30%。2023 年，风力和太阳能发电量占全球发电量的 13.4%，远高于 2000 年的 0.2%。该增长大部分发生在最近数年。自 2018 年以来，风力和太阳能发电量在五年内的增长 (+2,092 TWh) 超过了此前 17 年的增长 (+1,811 TWh)。

水力发电量在 2000 年至 2023 年间增长了 60%，但由于未能跟上不断增长的需求，其在电力结构中的占比从 17% 降至 14%。事实上，2023 年，非水力可再生能源发电量以 16% 的占比首次超过水力发电量。

核能发电量基本保持稳定，欧洲和日本发电量的减少在很大程度上被中国的增长所抵消。因此，随着电力需求在过去二十年中几乎翻了一番，核能发电量占比从 2000 年的 16.6% 降至 2023 年的 9.1%。



自 2015 年以来，几乎所有的电力来源均有所增长。最大的增长来自风力 (+1,475 TWh, +178%) 和太阳能 (+1,375 TWh, +537%)，2023 年太阳能发电量增至 2015 年水平的六倍以上。燃煤 (+1,153 TWh, +12%) 和天然气 (+1,080 TWh, +19%) 发电量增长略有放缓。生物能源 +220 TWh, +46%、水力 (+326 TWh, +8.4%) 和核能 (+153 TWh, +6%) 发电量的增幅较小。石油等其他化石燃料的发电量下降 333 TWh (-30%)。



在燃煤、核能、生物能源、水力、风力和太阳能发电量方面，中国的变化在所有国家中最大。自 2015 年以来，由于同期美国和其他国家的燃煤发电量大幅下降，中国燃煤发电量的增长 (+1,670 TWh) 超过全球总体增幅。然而，自 2015 年至 2023 年，中国也贡献了全球风力发电量增长的近一半 (47%, 700 TWh) 和太阳能发电量增长的 40% (545 TWh)。

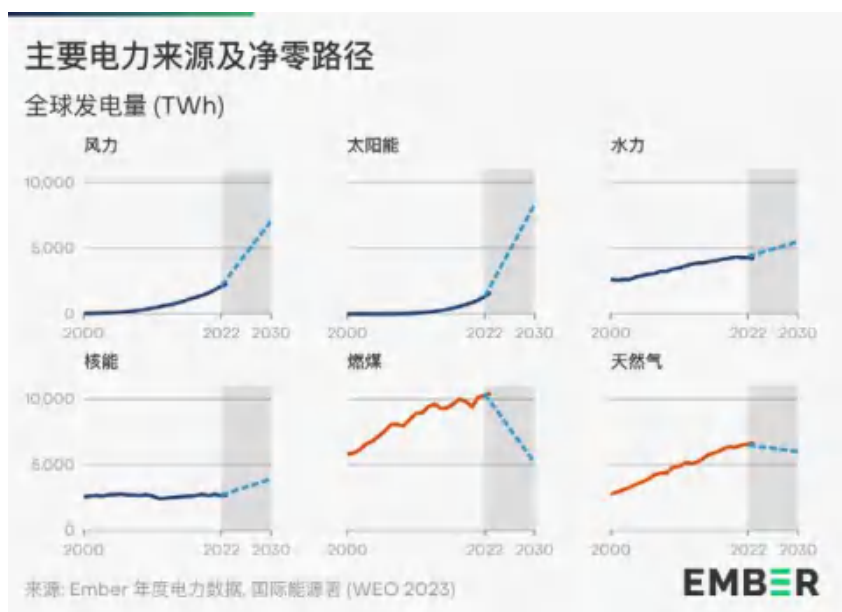
美国是全球天然气增长的主要驱动力,也是唯一一个从燃煤发电转向天然气发电的主要经济体。自2015年以来,美国的天然气发电量增长469 TWh,占同期全球增加量的43%。相比之下,中国正计划从燃煤发电直接过渡到清洁能源发电,而非通过天然气发电过渡。

发电量: 实现净零目标的进展

太阳能和风力发电量的持续快速增长是实现减排的关键

全球电力行业必须脱碳,才能将全球变暖控制在1.5摄氏度以下。近年来风力和太阳能发电量的强劲增长让人粗略看到未来的清洁电力体系,但化石燃料的持续增长(如果放缓的话)仍在阻碍1.5摄氏度温控目标的实现。在COP28大会上,世界各国达成一个全球目标,即到2030年将可再生能源发电容量增加两倍,这将使电力行业的排放量几乎减半。

为了与[国际能源署的净零排放方案](#)保持一致,风力发电量必须在2022年至2030年间增加两倍(每年增加16%)。太阳能发电量需增长至目前的五倍以上(每年增加26%)。2023年,太阳能发电量增加23%,风力发电量增加10%。



水力发电量的增长需要恢复,甚至超过过去二十年的增长,但近年来水电站的发电量停滞不前。在过去二十年中,全球核能发电量保持不变,但可能需要在2023年的水平上大幅增长47%。2023年,核能发电量仅增长1.8%,水力发电量则下降2%。

根据国际能源署的方案,燃煤和天然气发电量均需下降,而燃煤发电量占所需减排的大部分。自2023年至2030年,燃煤发电量需要减半,由风力、太阳能和水力发电量所取代。

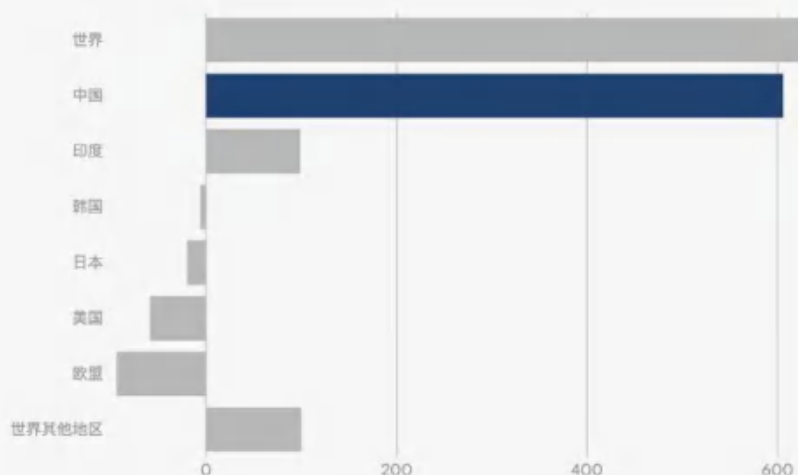
天然气发电量需从2023年的6,634 TWh适度减少至2030年的6,007 TWh。2023年,燃煤和天然气发电量均有所增加。

3.2 电力需求

关键点

- 01 2023 年全球电力需求创历史新高
- 02 欧盟、美国、日本及韩国等成熟高收入经济体的需求有所下降，但中国和印度两国的需求有所上升
- 03 自 2000 年至 2023 年，全球电力需求几乎翻了一番，并将继续增长

中国是全球电力需求增长的主要推动力，而高收入经济体的需求有所下降
2023年电力需求变化 (TWh)



来源: Ember 年度电力数据

EMBER

需求：现状

2023 年全球电力需求创历史新高

2023 年，全球电力需求创下 29,471 TWh 的历史新高，较 2022 年上升 627 TWh(+2.2%)。然而，年增长率却低于平均水平（第 2.3 章对此进行了进一步探讨）。

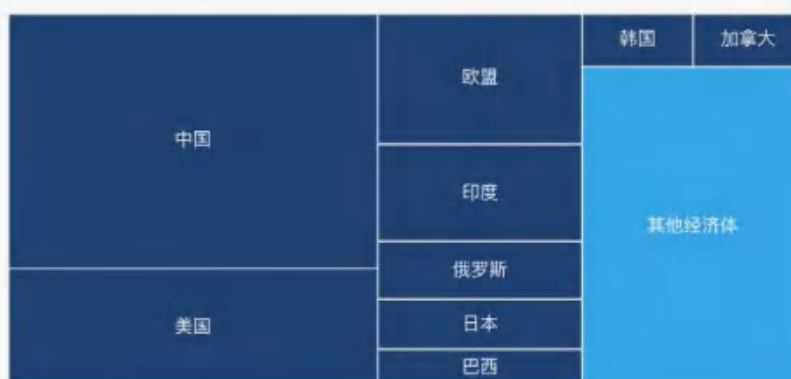
2023 年，全球超过一半 (52%) 的电力需求位于亚洲，由于该地区拥有世界 55% 的人口，该比例仍然相对较低。中国是需求最大的国家，为 9,441 TWh，占亚洲电力需求的 62%，占全球电力需求的 32%。

美国的电力需求位居第二，占全球需求的 14.5% (4,270 TWh)。

尽管非洲国家人口占世界人口的 18%，但需求仅占全球电力需求的 3%。

2023 年全球电力需求细分

占全球电力需求比重 (%)



来源: Ember 年度电力数据
所指经济体电力需求量占全球比重超过 2%

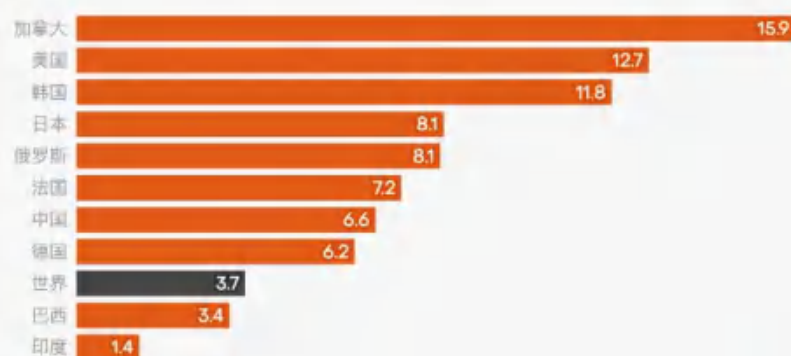
EMBER

2023 年全球人均需求为 3.7 MWh。人均需求相似的国家包括阿根廷或南非。由于生活水平的提高，人均需求在过去二十年中稳步上升，比 2000 年增长了近 50% (2.5 MWh)。

在十大电力消费国中，加拿大和美国的人均电力需求最高。加拿大 2023 年人均需求为 15.9 MWh，是全球平均水平的四倍多。美国人和加拿大的人均需求也是西欧最大工业国的两倍，法国 (7.2 MWh) 和德国 (6.2 MWh) 的人均需求明显较低。

2023 年电力需求大国人均需求情况

MWh



来源: Ember 年度电力数据
图表显示电力需求量最大的前十个国家

EMBER

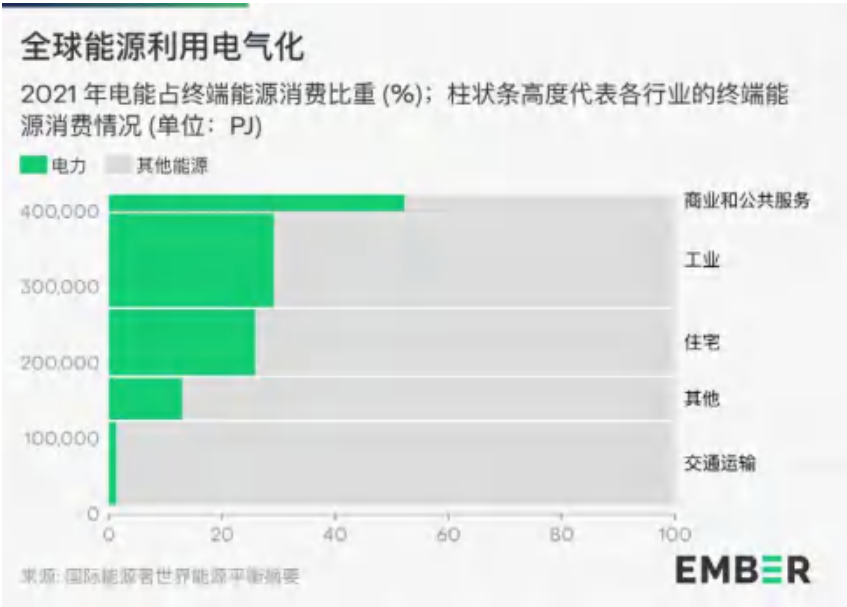
自 2000 年以来,中国的人均需求增长了 6 倍多(1.1 MWh),到 2023 年达到 6.6 MWh,首次超过德国。2012 年,中国的人均需求只有德国的一半。

尽管电力需求大幅增长,但印度 1.4 MWh 的人均需求仍不到世界平均水平的一半。

随着全球电力供应变得更加清洁,电气化将成为撬动各个行业脱碳的关键杠杆。截至 2021 年(有数据可查的最近一年),全球 21% 的最终能源消耗来自电力。随着电气化技术的推出,该数字将开始大幅增加。

预计电气化程度将会提高的关键行业将包括交通运输、住宅用能(例如供暖)和工业。

商业和公共服务目前在电力提供的最终能源消耗中占比最高,为 52%。相反,交通运输行业只有 1.3% 的能源消耗来自电力。随着纯电动汽车市场份额的增加,该数字预计将快速增长。同样,热泵的更快采用将使住宅行业的电气化率较 2021 年的 26% 有所提升。

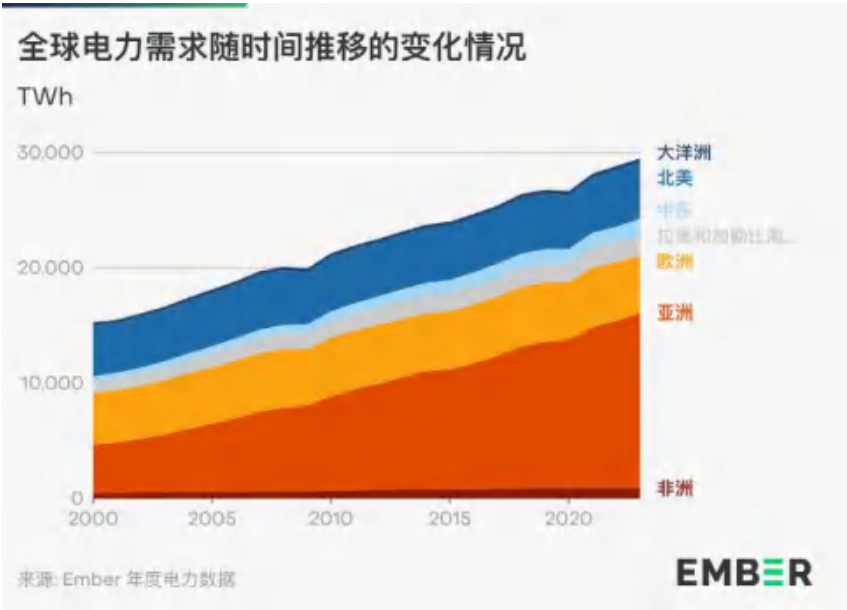


需求：长期趋势

自 2000 年至 2023 年,全球电力需求几乎翻了一番,并将继续增长

在过去二十年中,全球电力需求几乎翻了一番,从 2000 年的 15,277 TWh 增加到 2023 年的 29,471 TWh。

电力需求增长主要由亚洲经济增长所推动，亚洲的需求从 2000 年的 4,199 TWh 增至 2023 年的 15,228 TWh，增长了两倍多。从这个角度来看，亚洲 2023 年的电力需求几乎与 2000 年的全球电力需求总量一样高。



为了降低排放量，清洁电力的增长需要满足并超过新的电力需求。自世纪之交以来，这种情况只发生过两次。2015 年和 2019 年，风力、太阳能和其他清洁能源的清洁电力增长超过电力需求增长，导致化石燃料发电量略有减少。因此，2015 年是化石燃料发电量唯一下降的一年，不包括 2009 年金融危机和 2020 年新冠肺炎疫情隔离导致的需求下降。



2022 年及 2023 年，清洁电力容量的增加意味着发电量的增加接近满足电力需求增长，但 2022 年核能发电量的下降和 2023 年水力发电量的下降使发电量增长低于需求增长，导致化石燃料发电量小幅增长。

随着电气化推动未来几年电力需求的增长（如第 2.3 章所述），清洁电力容量的快速增加对于满足新需求和现有发电脱碳变得更加重要。

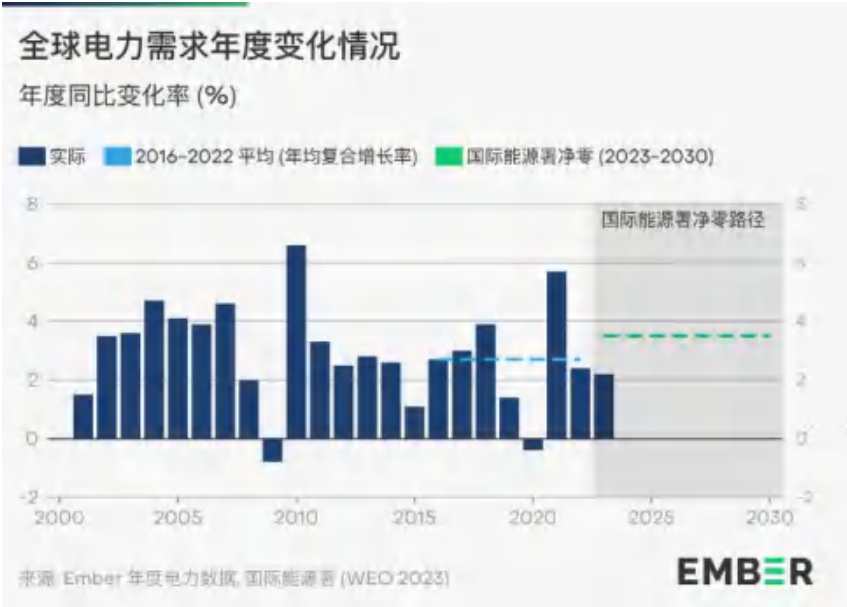
需求：实现净零目标的进展

随着清洁能源电气化开启整个经济体范围内的减排，需求增长成为脱碳的关键

由于清洁能源电气化有助于减少交通运输、供暖和工业等行业的排放量，因此，电力需求增长是实现净零排放目标的关键。

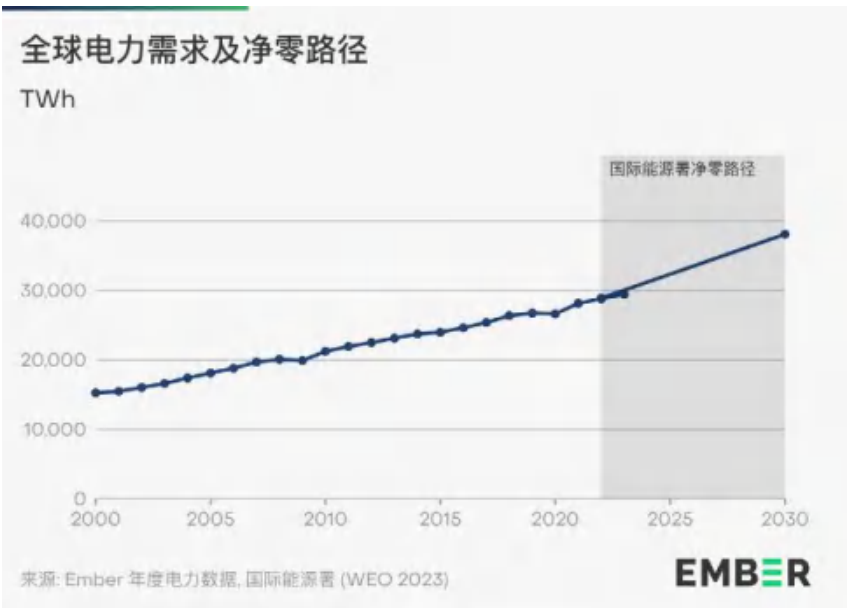
在[国际能源署的净零排放方案](#)中，2023 年至 2030 年间，电力需求每年增长 3.5%，高于 2016 年至 2022 年间 2.7% 的年均增长率。2023 年，电力需求同比增长 2.2% (+627 TWh)。电气化的推进增加了电力需求，而能效的提升则抑制了电力需求。

电气化推动需求增长(见第 2.3 章)，而随着数据中心、空调和工业需求的增长，对效率的高度关注对于实现气候目标至关重要。



电力行业是最终能源需求增长最快的来源，随着全球应对气候危机，以及世界人口的增长和生活水平的提高，在电气化的推动下，电力行业将实现大幅增长。根据国际能源署净零排放方案，到 2030 年，电力在最终能源消耗中的占比将从目前的 21% 增至 27%，从而实现交通运输和工业的电气化。

很明显，围绕清洁电力重建能源体系的更高目标方案，将需要比当前轨迹高得多的电力需求。在国际能源署净零排放方案中，预计需求将从 2023 年的 29,471 TWh 增至 2030 年的 38,127 TWh。



3.3 电力行业排放量

关键点

01 为满足日益增长的电力需求，化石燃料发电量攀升，导致电力行业排放量于 2023 年创下新高

02 由于清洁能源占比增加，碳强度创历史新低

03 自 2000 年以来，电力行业排放量几乎翻了一番，但近年来增速有所放缓



排放量：现状

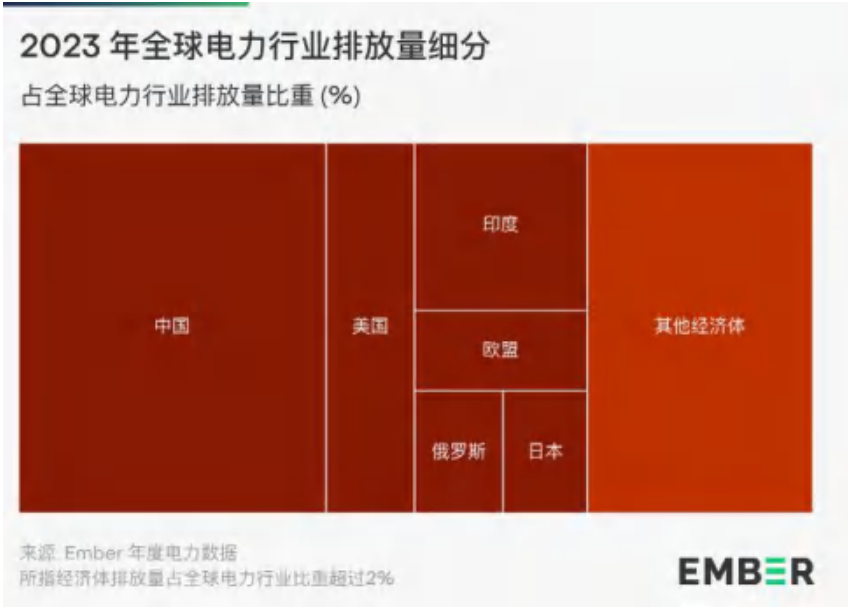
2023 年，电力行业排放量创下历史新高，但碳强度正在下降

2023 年，全球电力行业的排放量上升至 14,153 MtCO₂，较 2022 年增加 1% (+135 MtCO₂)。

亚洲为 8,966 MtCO₂，占全球电力行业排放量的 63%。中国为 5,491 MtCO₂，是全球电力行业排放量最高的国家，占全球电力行业排放量的 39%。中国电力行业 95% 的排放量是燃煤所致。

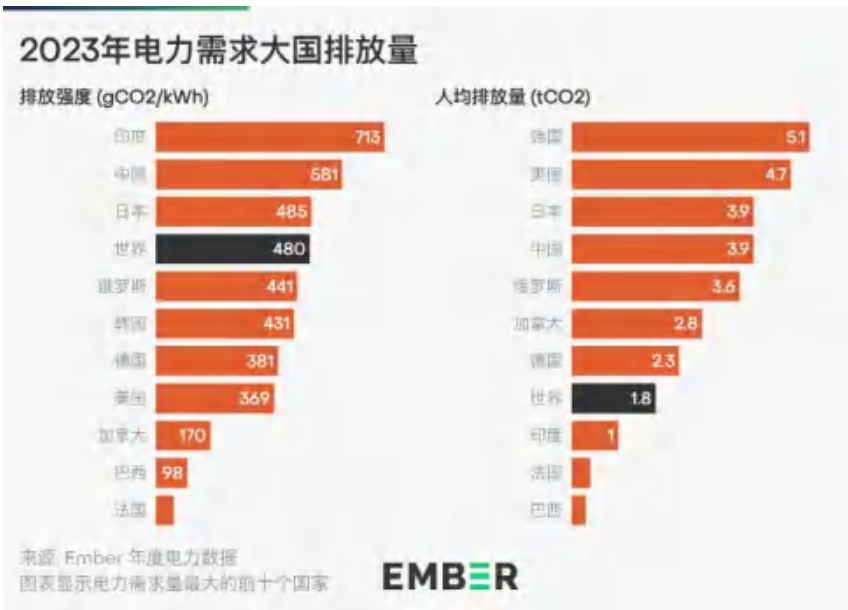
2023 年，美国是第二大排放国，排放量为 1,570 MtCO₂ (占全球电力行业排放量的 11%)，其次是印度，排放量为 1,404 MtCO₂ (9.9%)。

仅占全球电力行业排放量 2% 或更少的经济体仍占全球电力行业排放量的 28%。



2023 年，全球排放强度降至至少二十年来的最低点。2023 年的平均发电量为 480 gCO₂/kWh，比至少 2000 年以来的任何时候都要清洁。

在需求最大的十个国家中，加拿大、巴西和法国的碳强度最低。这三个国家的大部分电力都来自清洁能源。加拿大 2023 年的发电量中，58% 来自水力发电，14% 来自核能发电。巴西的水力发电量占比为 60%。此外，巴西 21% 的发电量来自风力和太阳能发电。以往，法国的电力主要来自核能发电，到 2023 年核能发电占比仍有 65%，而风力和太阳能发电占比则为 14%。



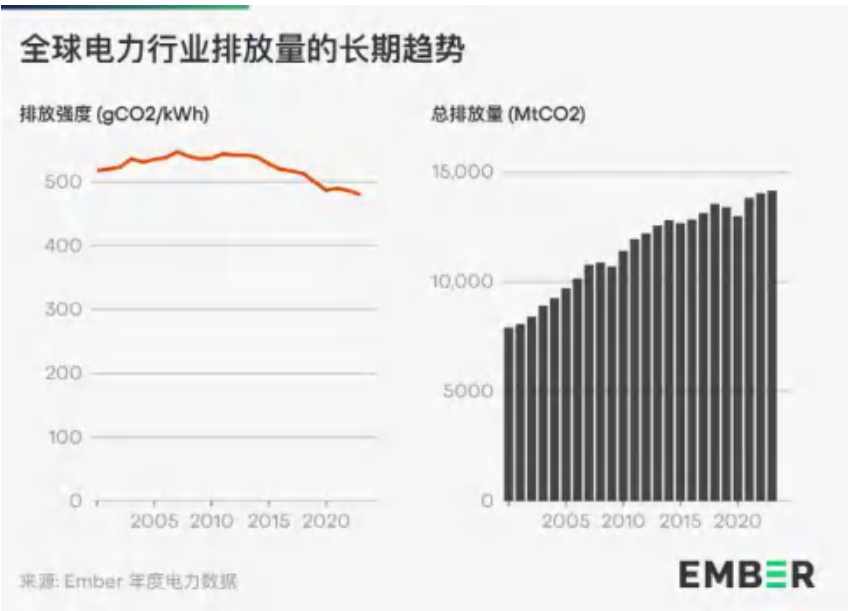
印度 (713 gCO₂/kWh) 和中国 (581 gCO₂/kWh) 是 2023 年全球十大电力生产国中仅有的两个排放强度高于全球平均水平的国家。这可以归因于他们大量使用燃煤发电——2023 年，印度和中国的燃煤发电量占比分别为 75% 和 60%。

然而，中国和印度的人均排放量均低于其他主要排放国。在最大的电力消费国中，人均排放量最多的是韩国和美国。事实上，印度电力行业的人均排放量比全球平均水平低 1.8 倍。

排放量：长期趋势

自 2000 年以来，电力行业排放量几乎翻了一番，但近年来增速有所放缓

自 2000 年以来，电力行业的绝对排放量几乎翻了一番，从 2000 年的 7,911 MtCO₂ 增加到 2023 年的 14,153 MtCO₂。这相当于年均增长 2.6%。尽管全球电力需求上升，但仍然严重依赖化石燃料，因此，在很多地区，经济的快速增长推动了这一增长。然而，近年来增长有所放缓，2022 年年增长率为 1.5%，而 2023 年为 1%。在此之前，2021 年，新冠肺炎疫情后的经济复苏导致排放量快速增长 6.3%。



与 2007 年 547 gCO₂/kWh 的峰值相比，排放强度已大幅下降。2023 年，全球电力生产的排放强度降低 12%，为 480 gCO₂/kWh。除 2013 年和 2021 年外，由于清洁电力（主要以风力和太阳能发电的形式）比化石能源发电增长更快，自 2011 年以来，排放强度每年都在下降。

在过去的二十年里，电力行业排放量只有四年出现下降。2009 年全球金融危机期间，电力行业排放量下降了 1.5%。2015 年，中国燃煤发电量的减少导致全球排放量暂时下降 1%。2019 年，全球需求增长低迷，加上美国进行煤转气，导致排放量下降 1.1%。2020 年，新冠肺炎疫情的影响导致排放量创纪录下降 3.1%。

与 21 世纪的头十年相比，过去十年的排放量大幅增长。2003 年至 2012 年间，排放量平均每年增长 3.8%。2013 年至 2022 年间，该增长率放缓至 1.4%。2023 年的增长率为 1%，进一步低于该平均水平。

2023 年的电力行业排放量很可能达到峰值（见第 2.1 章），从 2024 年开始，将迎来排放量下降的新时代。

全球电力行业排放量的年度变化情况

年度同比变化率 (%)



来源: Ember 年度电力数据

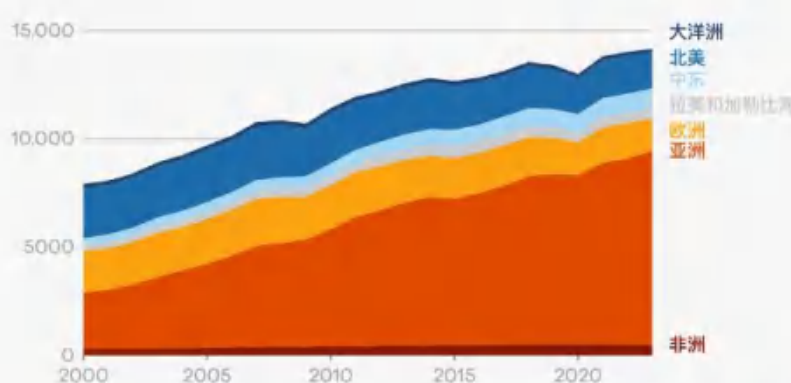
EMBER

并非所有地区的排放量均在上升。经合组织（包括美国和欧盟）的电力行业排放量于 2007 年达到峰值，此后下降了 28%。拉丁美洲的排放量于 2015 年达到峰值。

在过去二十年中，亚洲电力行业的排放量增幅最大，这主要是因为随着该地区新兴经济体的快速增长，发电用煤量有所增加。亚洲电力行业的排放量增加了两倍多，从 2000 年的 2,623 MtCO₂ 增至 2023 年的 8,966 MtCO₂。由于其他主要排放地区排放量的停滞和下降，亚洲在全球电力行业排放量中的占比从 2000 年的 33% 上升至 2023 年的 63%。然而，由于亚洲在全球人口中的占比较大，全球经济增长的大部分发生在亚洲。

全球电力行业排放量随时间推移的变化情况

MtCO₂



来源: Ember 年度电力数据

EMBER

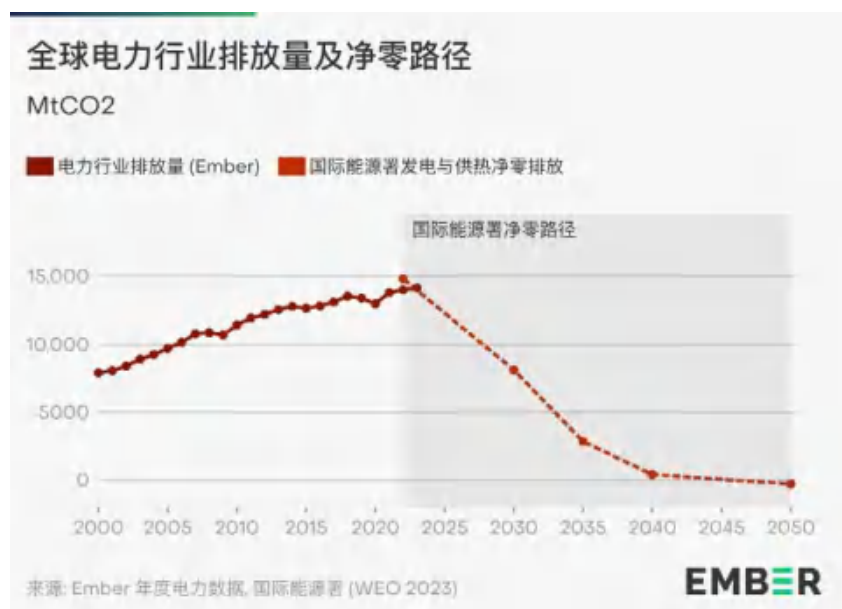
尽管自 2000 年以来，非洲国家的电力行业排放量增加了 75%，但 2023 年其仍仅占全球排放量的 3.4%——与日本所占比重相同。非洲有机会采用清洁能源满足其日益增长的需求，跨越化石燃料阶段，避免历史上经济发展带来的排放量增长问题。

排放量：实现净零目标的进展

电力行业的排放量需要在十年内减半，才能实现净零排放目标

为了与[国际能源署的净零排放方案](#)保持一致，成熟（经合组织）经济体须在 2035 年前实现发电脱碳，而世界其他地区须在 2045 年前实现发电脱碳。为实现该里程碑，电力行业在 2023 年至 2030 年间每年的排放量至少需下降 7.6%，然而，目前我们尚未观察到这一必要的下降趋势。

2023 年，排放量增加了 1% (+135 MtCO₂)，而 2016 年至 2022 年间的年均排放量增加了 1.5%。将首先实现脱碳的经合组织经济体，电力行业排放量已开始下降，2023 年下降 6.8%。



全球电力行业排放量即将出现下降，但各国需要更快地采取行动，以实现所需的大幅下降。根据国际能源署净零排放方案，如果实现在 COP28 大会上宣布的将可再生电力容量增加两倍的全球目标，有可能在 2030 年前将电力行业的排放量减少近一半。到 2030 年，太阳能和风力发电将占全球发电量的 40% 左右。

2023 年不同电力来源分析

本章涉及 2023 年全球太阳能、风力、燃煤、天然气、水力、核能和生物能源发电量数据以及近二十年来的变化和趋势以及每种能源在实现净零目标中的作用。我们已根据增长最快的电力来源对各部分进行了排序。

章节目录

61	4.1 太阳能
67	4.2 风力
73	4.3 燃煤
79	4.4 天然气
85	4.5 水力
91	4.6 核能
97	4.7 生物能源

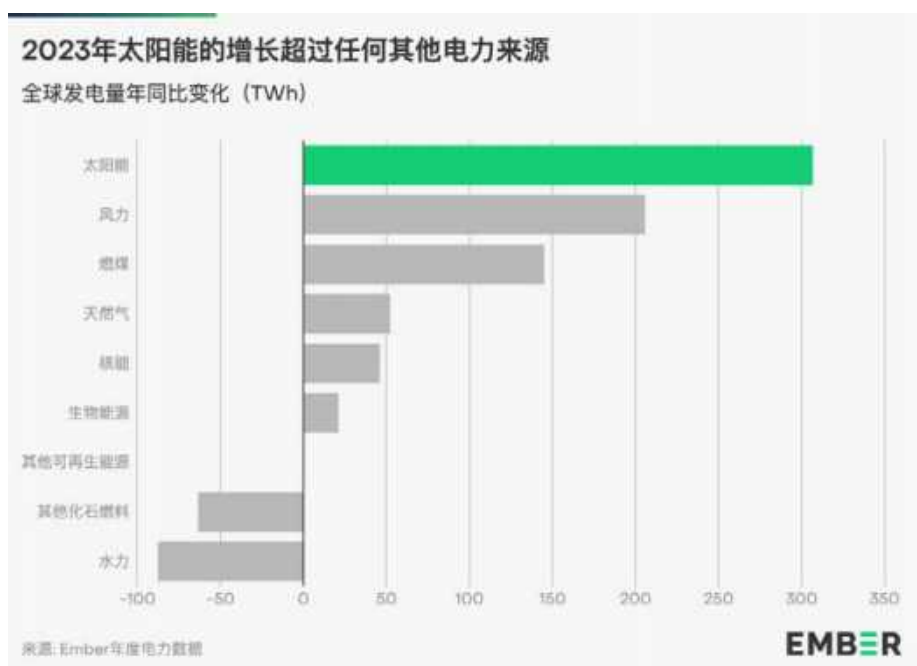
4.1 太阳能

关键点

01 2023 年，太阳能发电量占全球发电量的比例达到创纪录的 5.5%

02 在 2023 年太阳能发电量创纪录的增长中，中国占一半以上

03 2023 年，太阳能新增电力是燃煤新增发电量的两倍

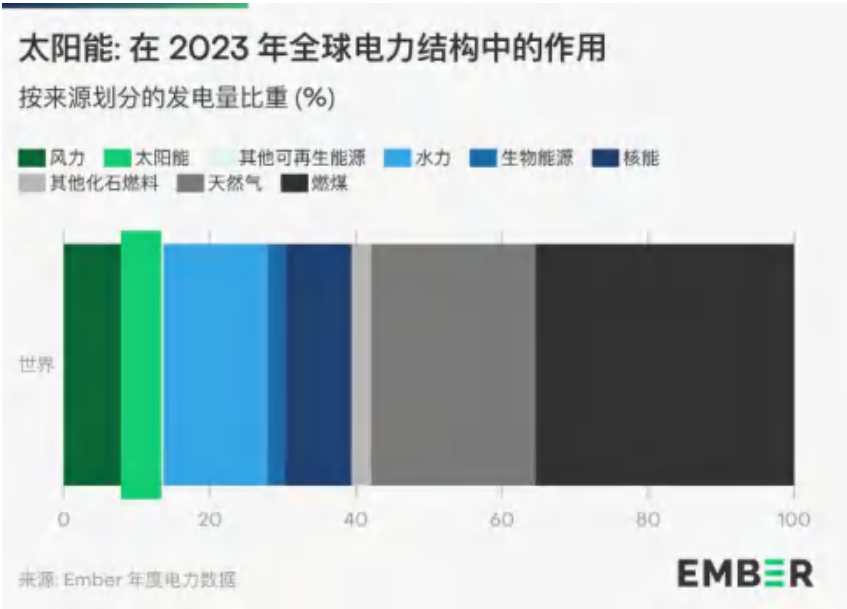


太阳能：现状

2023 年，太阳能发电量占全球发电量的比例达到创纪录的 5.5%

2023 年，太阳能发电量占全球发电量的比例达到创纪录的 5.5% (1,631 TWh)。截至 2023 年, 33 个国家超过十分之一的电力来自太阳能。

太阳能可提供清洁电力，并快速地在当地部署到需求源。根据[国际能源署](#)的数据，新太阳能发电产生的电力价格为史上最低。因此，太阳能将与风力发电一起成为未来电力体系的支柱，到 2050 年将提供全球近 70% 的电力。



2023 年，中国来自太阳能的发电量为全球最多 (584 TWh)，领先于美国 (238 TWh)。中国的太阳能发电量占全球太阳能发电量的三分之一以上 (36%)。2023 年，印度超过日本成为第三大太阳能发电国 (113 TWh)。

在电力结构中，智利的太阳能发电量占比仍为最高，从上一年度的 17% 增至 2023 年的 20%。该排名不包括太阳能发电量低于 5 TWh 的国家。希腊的太阳能发电量占比位居第二 (19%)，其次是匈牙利 (18%) 和荷兰 (17%)。



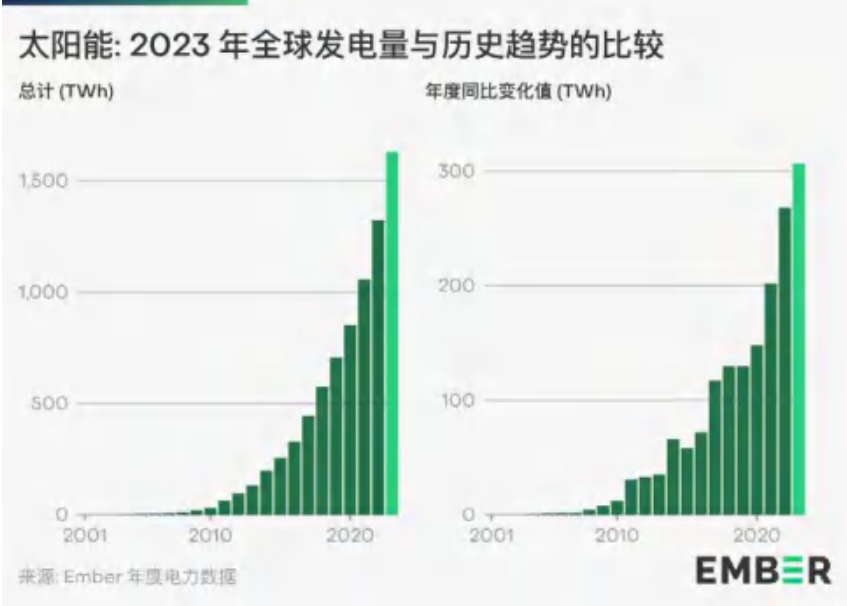
按人均太阳能发电量计算，澳大利亚为 1,810 kWh，位居第一，荷兰为 1,208 kWh，位居第二。按人均太阳能发电量计算，西班牙于 2023 年位居第三，而 2022 年则位居第五。

太阳能：现状

在 2023 年太阳能发电量创纪录的增长中，中国占一半以上

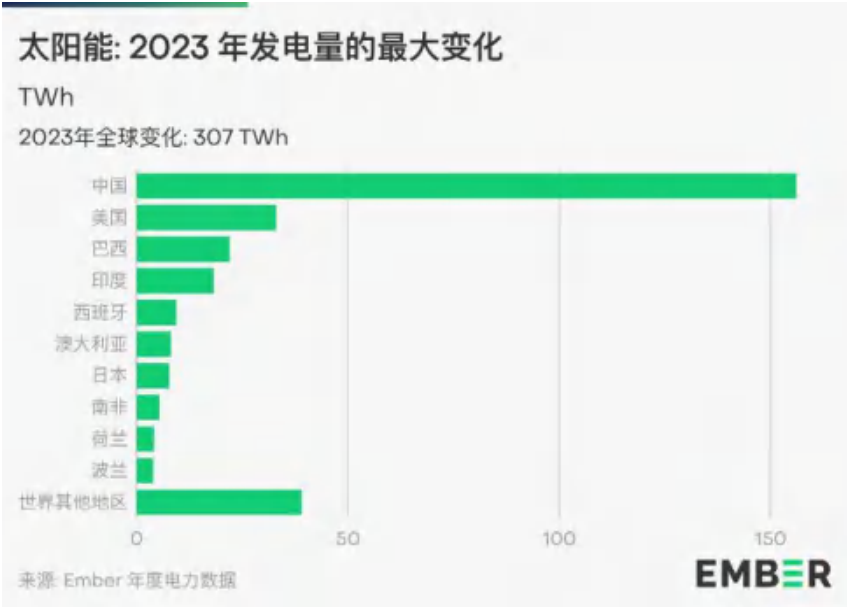
2023 年，太阳能发电量的绝对增长创下 307 TWh 的纪录，在所有电力来源中增幅最大，新增电力是燃煤发电量的两倍多。2023 年，全球太阳能发电量连续第八年创下 TWh 增长纪录。新增太阳能总发电量升至新高，为 1,631 TWh。这意味着同比增长 23%，仅略低于 2022 年 25% 的增幅。2023 年发电量的创纪录增长是太阳能产能创纪录增加的结果，特别是在中国。

太阳能发电量在全球发电量中的占比从 2022 年的 4.6% 上升至 2023 年的 5.5%。



全球太阳能发电量创纪录的增长在很大程度上由中国推动，中国的太阳能发电量增长了 156 TWh (+37%)。2023 年，中国的增长占全球太阳能发电量增长的一半以上 (51%)。

美国 (+33 TWh, +16%)、巴西 (+22 TWh, +72%) 和印度 (+18 TWh, +19%) 的太阳能发电量也出现了大幅同比增长。由于新的法规和电网回购，巴西的太阳能发电量几乎翻了一番。2023 年，太阳能发电量增长最快的四个国家合计占增长的 75%。

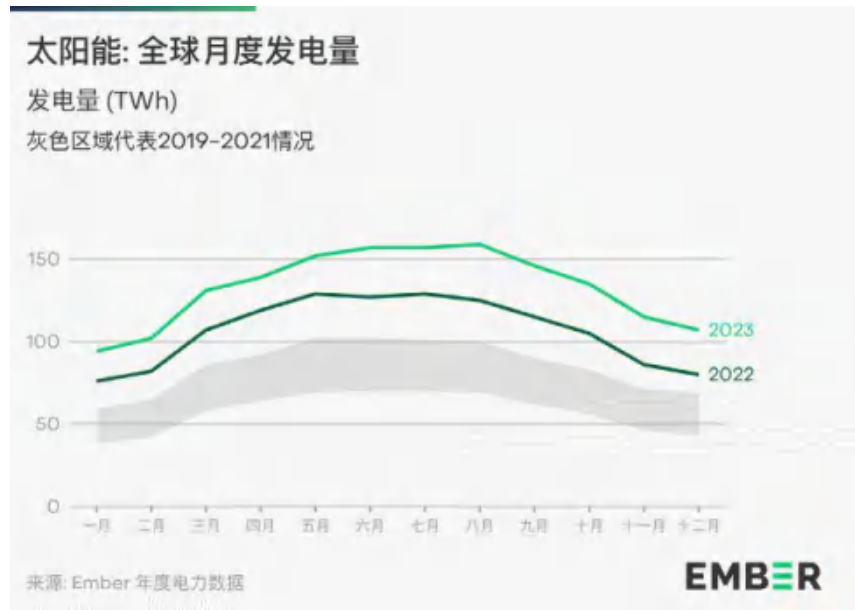


其余的太阳能发电量增长分布较为广泛，前十名以外的国家贡献了全球增长的 13% (39 TWh)。

2023 年，全年每个月的太阳能发电量均出现大幅增长并创下新纪录。最高的月发电量出现在 5 月至 8 月，此时北半球的太阳辐射量最高，而北半球是世界上大多数太阳能装置的所在地。

2023 年 8 月，太阳能发电量创下上月最高纪录 159 TWh。这比 2022 年 8 月的发电量高出 28%，比 2022 年 7 月的前纪录 129 TWh 高出 23%。

2023 年 3 月至 10 月期间，每个月的太阳能发电量均高于 2022 年的任何一个月。



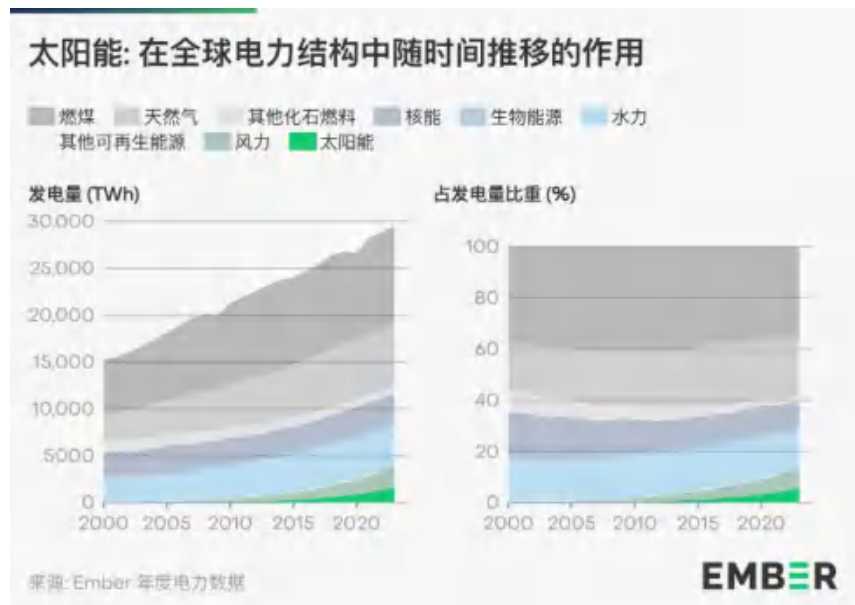
太阳能：长期趋势

2023 年的太阳能发电量比 2015 年高出 6 倍多

在过去二十年中，全球太阳能发电量大幅增长，从 2000 年的区区 1 TWh 增长至 2023 年的 1,631 TWh。2023 年，太阳能连续第 19 年成为同比增幅最大的能源。

因此，太阳能发电量占比从 2015 年的只有 1.1% 增至 2023 年的 5.5%。

大部分增长发生在最近几年。2023 年的太阳能发电量是 2015 年的 6 倍多 (256 TWh)。太阳能仍在继续加速发展，自 2019 年以来增长一倍多 (+131%, +925 TWh)。太阳能产能的部署一直在快速增长，部分原因是成本从 2010 年到 2020 年下降了 87%。



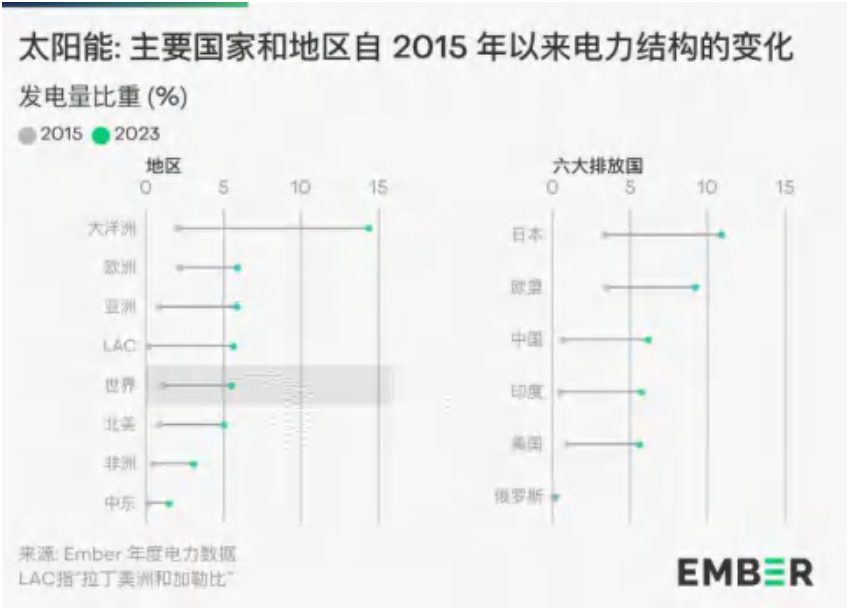
很多国家的太阳能发电量占比均有所增加。中国于 2023 年的占比为 6.2% (584 TWh)，高于世界平均水平，而 2015 年只有 0.7% (39 TWh)。同期，美国的太阳能发电量占比从 1% (39 TWh) 增至 5.6% (238 TWh)，日本从 3.4% (35 TWh) 增至 11% (110 TWh)。

在所有地区，太阳能发电量在电力结构中发挥着更加突出的作用。

在拉丁美洲，巴西的太阳能发电量占比从 2015 年的微不足道 (0.01%, 0.06 TWh) 增至 2023 年的 7.3%(52 TWh)。在智利，太阳能发电量占比从 2015 年的 1.9%(1.4 TWh) 增至 2023 年的 20%(17 TWh)。

整个欧洲也出现大幅增长。在西班牙，太阳能发电量占比从 2015 年的 5% (14 TWh) 增至 2023 年的 17% (45 TWh)。在德国，太阳能发电量占比从 2015 年的 6% (38 TWh) 增至 2023 年的 12% (62 TWh)，增长了一倍。

中东和非洲仍然较为落后，但南非 (2015 年为 1.1%，2023 年为 6.8%) 和阿联酋 (2015 年为 0.2%，2022 年为 4.5%) 等国家近期有所增长。



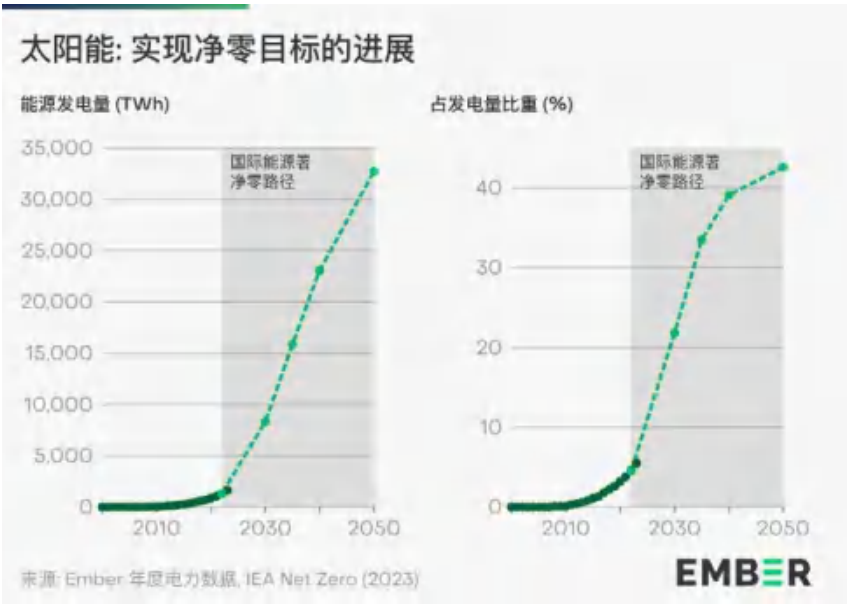
太阳能：实现净零目标的进展

太阳能发电量的增长趋势符合净零目标方案

根据[国际能源署的净零排放方案](#)，全球太阳能发电量需要增长五倍以上，即从目前 2023 年的 1,631 TWh 增至 2030 年的 8,316 TWh。这将使太阳能发电量在全球发电量中的占比从 2023 年的 5.5% 上升至 2030 年的 22%。尽管近年来新增太阳能发电量迅速增长，但是仍然需要加快当前太阳能的实际部署速度才能跟上方案中的太阳能发展占比轨迹。

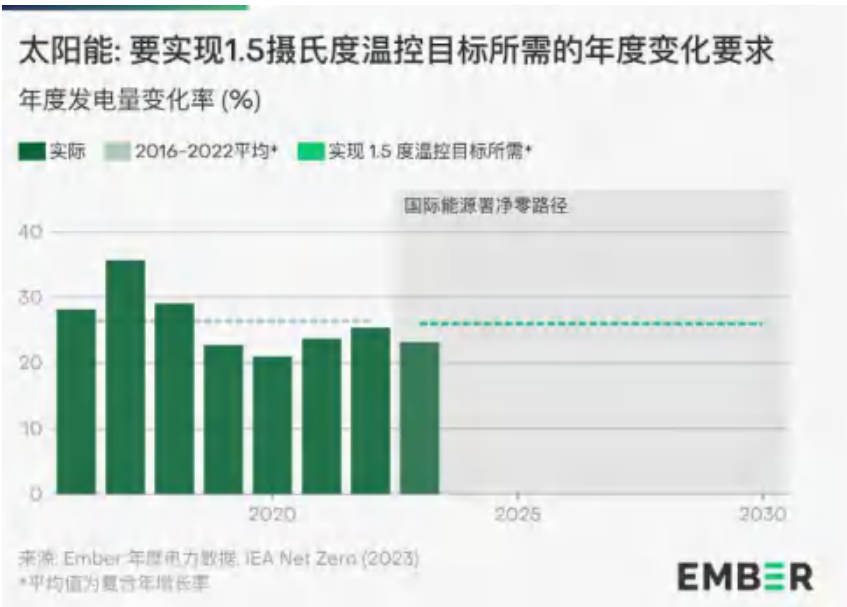
在国际能源署的净零排放方案中，太阳能发电量将在 2030 年后继续增长，到 2050 年将占总发电量的 43%。

尽管全球太阳能发电量将需要大幅增长，但各国的发展轨迹必然会有所不同。澳大利亚、中国或美国等太阳能条件良好的国家可能会远远超过全球平均水平，而其他国家在电力行业转型时将更多地依赖风力、水力和核能等其他清洁能源。



2023 年，太阳能发电量增长了 23%。这略低于 2015 年以来 26% 的平均增长率。然而，2016 年至 2022 年的增长率符合净零目标，如第 2.2 章所述，2023 年的增长放缓并不代表结构性放缓。为了与国际能源署净零排放方案中概述的太阳能发电量目标保持一致，从 2023 年到 2030 年需要保持 26% 的年均增长率 (CAGR)。

该增长率意味着每年的绝对增长量将越来越大。这要求到 2030 年每年增加 1,000 TWh 以上的发电量，而 2023 年为 314 TWh。



4.2 风力

关键点

01 全球风力发电量创下新高，增加的电力足以为整个波兰供电

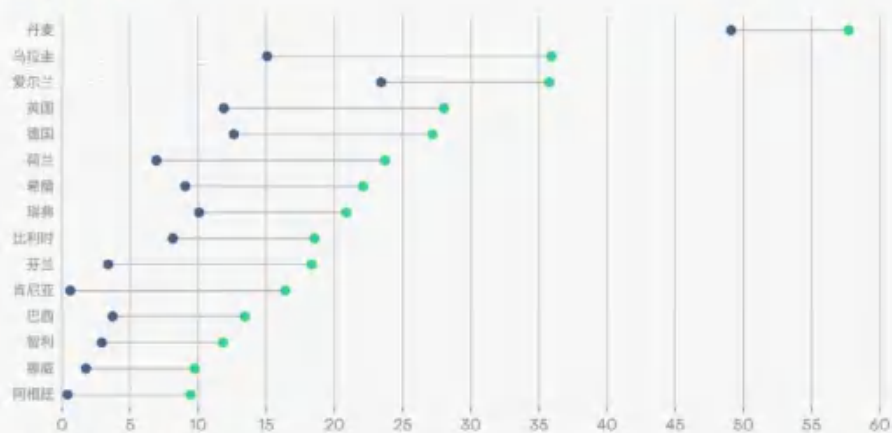
02 2023 年，32 个国家超过十分之一的电力来自风力发电

03 自 2015 年以来，风力发电量已增加近两倍

2015年至2023年间风力发电量占比增幅最大的经济体

发电量比重 (%)

年份 ● 2015 ● 2023*



来源: Ember年度电力数据

*2023年或最近年份

图表显示增长最快的前15个国家; 分析仅包括电力需求至少为10 TWh及电力进口少于需求50%的国家。

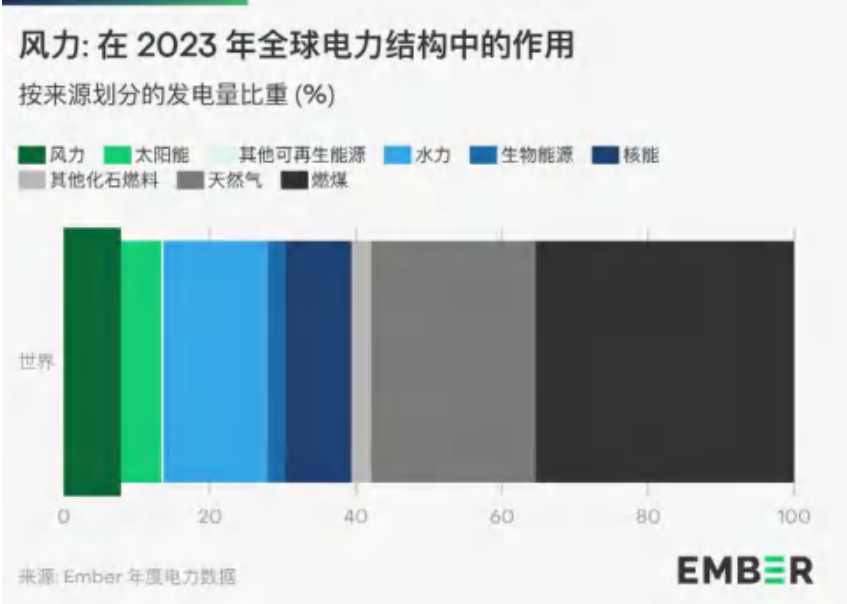
EMBER

风力：现状

2023 年, 32 个国家超过十分之一的电力来自风力发电

2023 年, 风力发电量占全球电力的 7.8% (2,304 TWh)。

风力和太阳能是减少电力行业排放量的关键。这两种能源将成为未来电力体系的支柱, 到 2050 年将提供全球近 70% 的电力。因此, 这十年内需要快速扩大规模。



中国在风力发电方面走在世界前列。2023 年, 中国的风力发电量为 886 TWh, 是美国 (425 TWh) 的两倍多, 是德国 (137 TWh) 的六倍。

2023 年, 32 个国家超过十分之一的电力来自风力发电。2023 年, 丹麦的风力发电量在电力结构中占比最高, 为 58%, 高于 2022 年的 54%, 创下历史新高。爱尔兰的占比位居第二, 为 36%。

瑞典 (3,317 kWh)、丹麦 (3,316 kWh)、挪威 (2,769 kWh) 和芬兰 (2,643 kWh) 等斯堪的纳维亚国家的人均风力发电量领先世界。

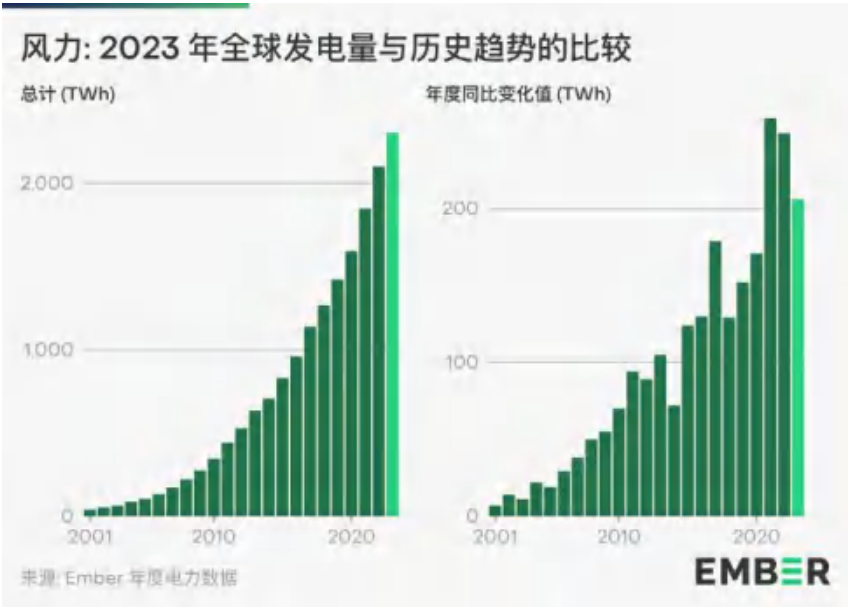


风力:2023 年的变化

全球风力发电量创下新高，增加的电力足以为整个波兰供电

2023 年，全球风力发电量创下 2,304 TWh 的历史新高，比 2022 年的 2,099 TWh 增加 206 TWh (+9.8%)。因此，风力发电量在全球电力结构中的占比从 2022 年的 7.3% 增加到 2023 年的 7.8%。

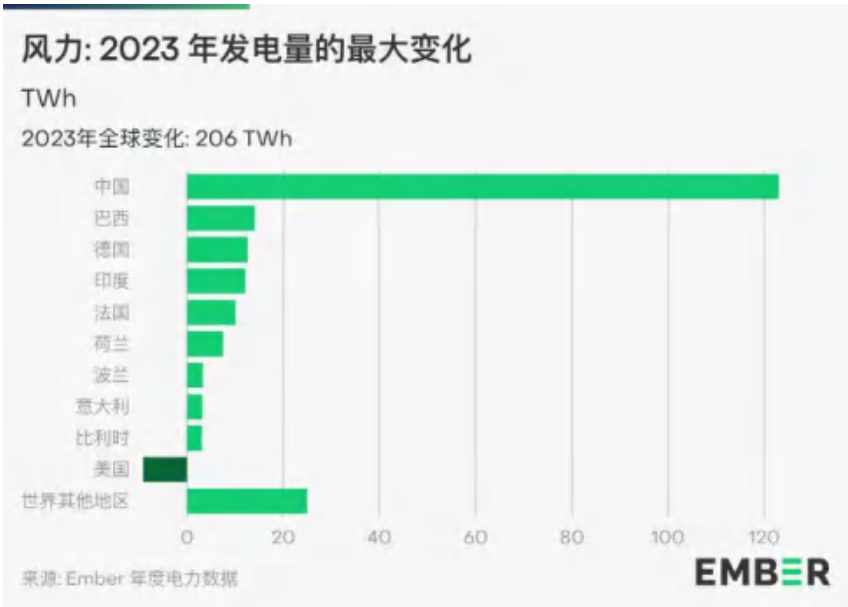
2023 年风力发电增长 206 TWh，是继 2021 年和 2022 年之后的第三大电力增长。



2023 年中国风力发电量增加 123 TWh (+16%)，占全球风力发电量增加的 60%。这比巴西记录的第二高增加量 14 TWh (+17%) 高出八倍多。

在欧盟，风力发电量增加 50 TWh (+12%)，其中德国、法国和荷兰增幅最大。

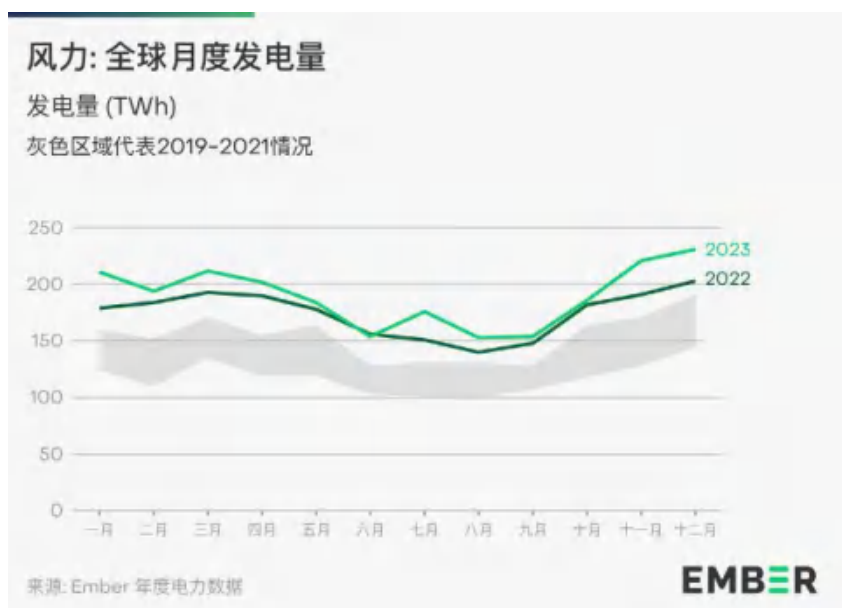
尽管装机容量有所增加，但由于不利的风力条件，美国的风力发电量下降 9 TWh (-2.1%)。预计 2024 年发电量将再次上升。



在整个 2023 年，全球每月风力发电量大多保持在 2022 年的水平以上。

2023 年 12 月的风力发电量创下 231 TWh 的新月度历史纪录，较 2022 年 12 月增加 14%。

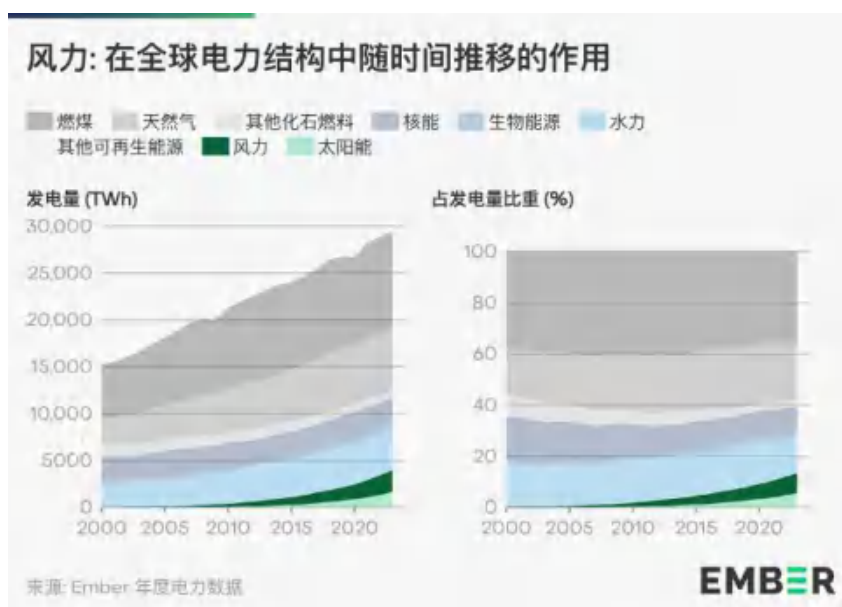
北半球冬季的风力发电量通常最高，目前风力发电装机容量主要集中在欧洲、美国和中国。



风力: 长期趋势

自 2015 年以来，风力发电量已增加近两倍

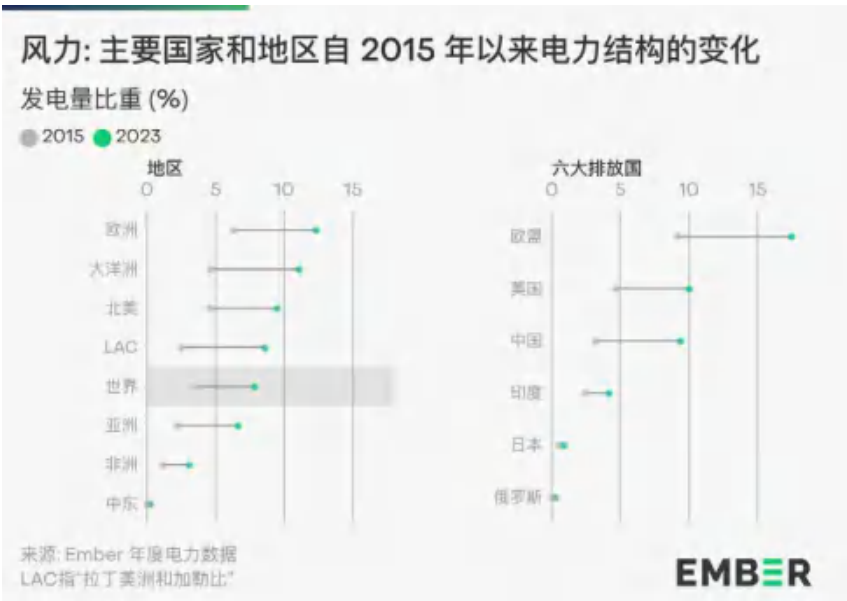
风力和太阳能是目前全球电力结构中仅有的两种大幅增长的能源。2000 年，风力发电量仅为 31 TWh，占总发电量的 0.2%。2015 年，这一数字已增至 830 TWh，占总发电量的 3.5%。自 2015 年以来的短短八年时间里，风力发电量增加近两倍，达到 2,304 TWh，其占比在 2023 年增加一倍多，达到 7.8%。



欧洲的风力发电量占比最高。这主要由欧盟的增长所推动，其风力发电量的占比在 2023 年达到创纪录的 17%，几乎是 2015 年 9% 的两倍。同期，英国的占比从 12% 上升到 28%，丹麦的占比从 2015 年的 49% 上升到 58%。

美洲、亚洲和大洋洲的一些国家也在快速发展风力发电。在澳大利亚，风力发电量占比从 2015 年的 4.7% 增至 2023 年的 12.1%。同期，中国的占比从 3.2% 上升至 9.4%。美国的风力发电量占比从 2015 年的 4.7% 增至 2023 年的 10%，而巴西的占比从 3.7% 增至 2023 年的 13%。

非洲和中东的风力发电装置近期有所增加，但占比仍然较为落后。2015 年至 2023 年，摩洛哥的风力发电量占比从 8.4% 增至 14.8%，表现较为突出。

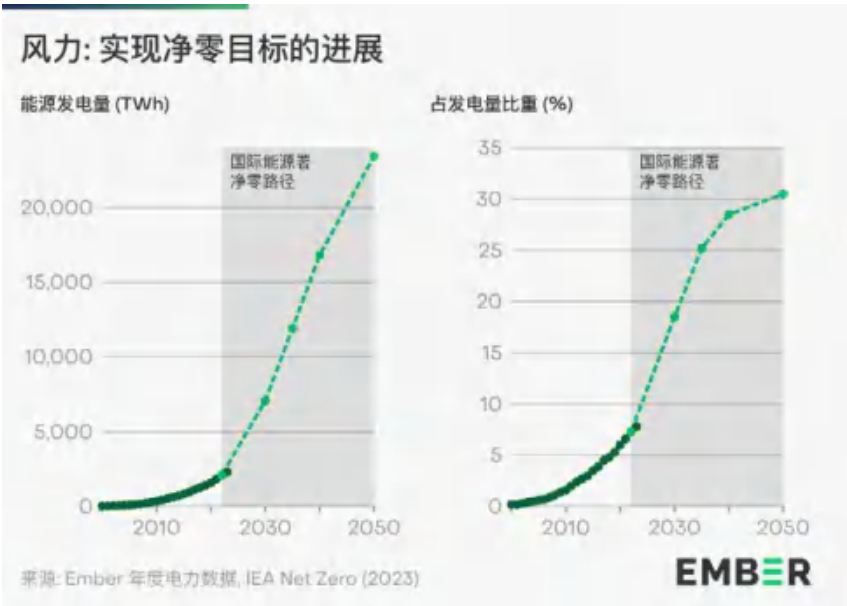


风力: 实现净零目标的进展

要实现净零目标，风力发电量需以比 2023 年增长快两倍的速度增长。

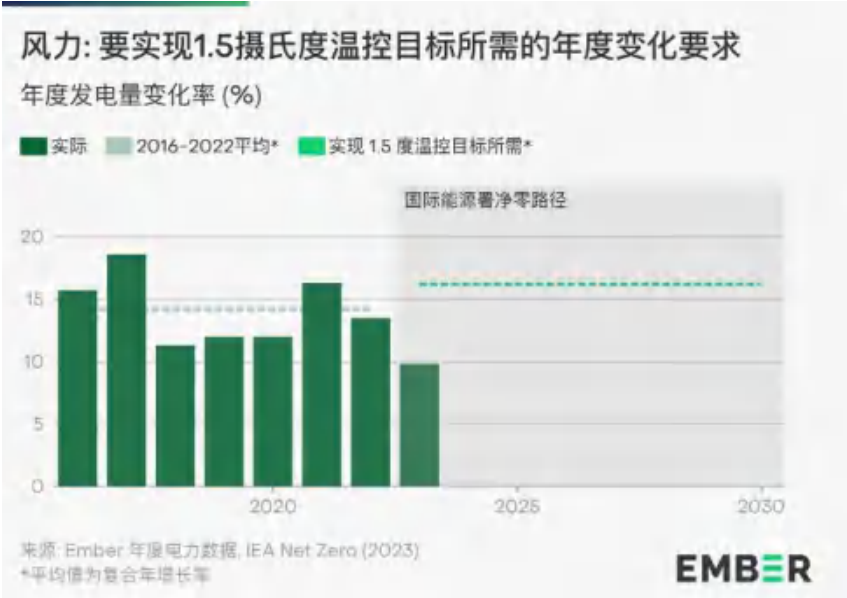
根据[国际能源署净零排放方案](#)，全球风力发电量需要从目前的 2,304 TWh 增至 2030 年的 7,070 TWh，以满足不断增长的需求并取代化石燃料。这要求风力发电量在电力结构中的占比将从 7.8% 增至 18.5%。根据国际能源署净零排放方案，到 2050 年，风力发电量将进一步增至占全球电力结构的 31%。

风力发电量预计不会在全球范围内统一增长。预计最大[增长](#)来自中国、美国及欧洲。



2023 年全球风力发电量增长 9.8%。这大幅低于 2016 年至 2022 年间 14.2% 的年均增长率，部分是由美国的临时天气条件所造成。此外，装机容量增加——虽然每年的绝对值都在增加——但增长速度还不足以保持高增长率。

为了与国际能源署净零排放方案保持一致，到 2030 年，全球风力发电量需以平均每年 16.2% 的速度增长。这几乎是 2023 年的两倍，比 2015 年至 2023 年的平均增长率高出两个百分点。



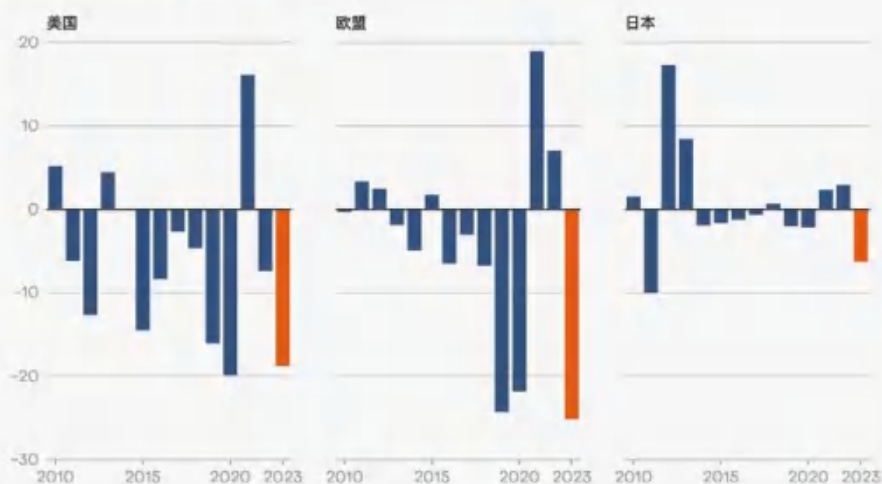
4.3 燃煤

关键点

- 01 2023 年，燃煤发电量占全球发电量的 35%，其中中国占全球发电量的一半以上
- 02 全球燃煤发电量的增长在很大程度上仅由水力发电量较低的四个国家所推动
- 03 包括欧盟、美国和日本在内的经合组织经济体出现大幅下跌

2023年美国、欧盟及日本燃煤发电量出现大幅下跌

燃煤发电量的年度变化率 (%)



来源: Ember年度电力数据

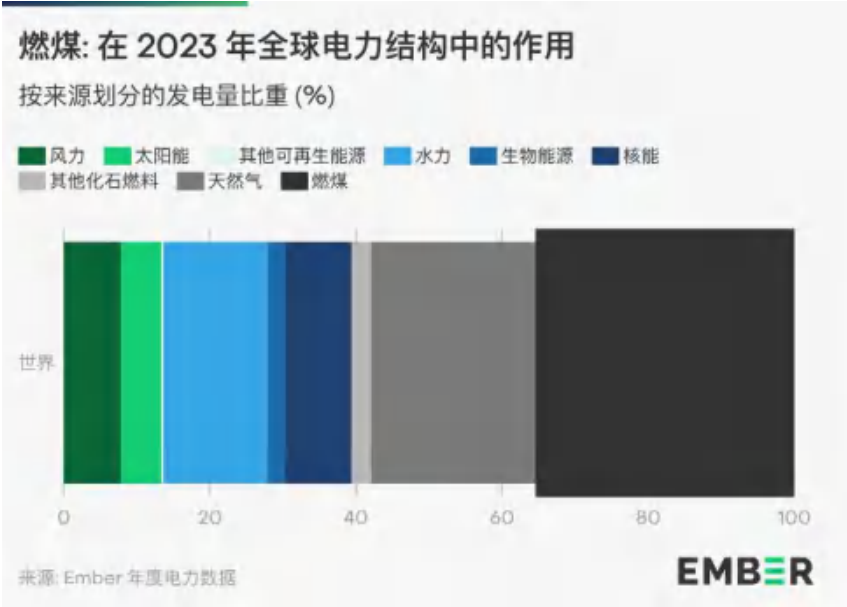
EMBER

燃煤：现状

2023 年，燃煤发电量占全球发电量的 35%，其中中国占全球发电量的一半以上

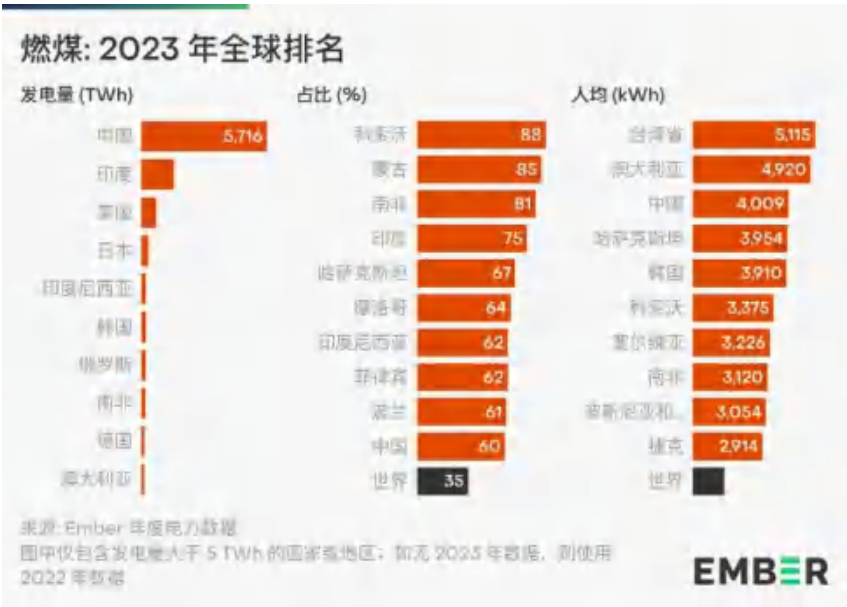
2023 年，燃煤发电量占全球发电量的 35% (10,434 TWh)，仍为最大的电力来源。

燃煤发电是电力行业排放量最大的来源，实际上也是整个全球经济体排放量最大的来源。世界各国须迅速采取行动，在未来 20 年内减少燃煤发电量，才有机会将全球变暖限制在 1.5 摄氏度以内。根据[国际能源署净零排放方案](#)，2030 年前，成熟经济体须逐步淘汰有增无减的燃煤电厂，而 2045 年前，新兴经济体须逐步淘汰燃煤电厂。



2023 年，中国的燃煤发电量远超其他国家。其 5,716 TWh 的发电量占 2023 年全球燃煤总发电量的一半以上 (55%)。印度的燃煤发电量为 1,480 TWh，位居第二，仅占中国燃煤发电量的四分之一。

国内电力一半以上来自燃煤发电的国家仅有 13 个。科索沃的燃煤发电在其电力结构中占比最高 (88%)。蒙古(85%) 和南非(81%) 的占比分别位居第二和第三。中国和印度的燃煤发电量占比也排在前十名，分别有 60% 和 75% 的电力来自燃煤发电。



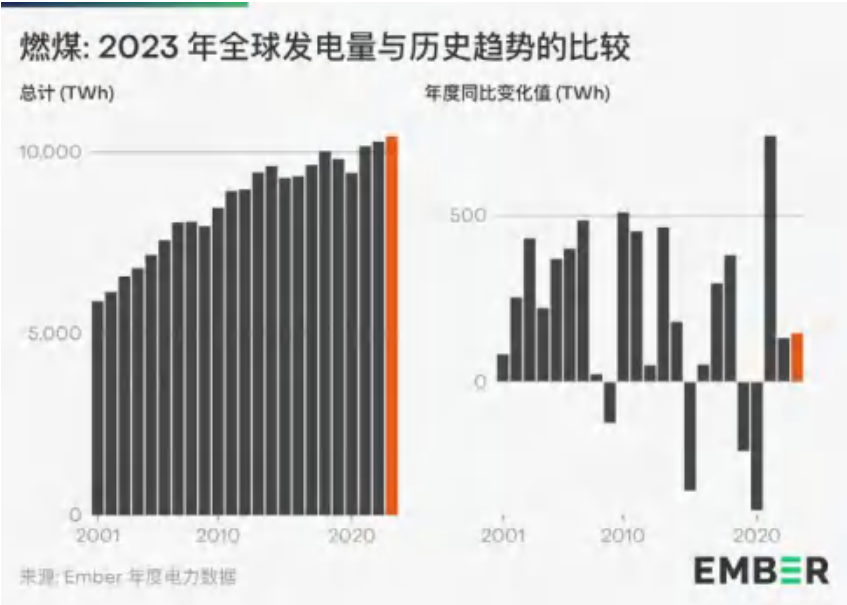
中国台湾 (5,115 kWh) 和澳大利亚 (4,920 kWh) 的人均燃煤发电量最高，是世界平均水平 1,319 kWh 的三倍多。

燃煤: 2023 年的变化

全球燃煤发电量的增长主要是由于四个国家的水力发电量较低所致，但包括欧盟、美国和日本在内的经合组织经济体出现大幅下跌

2023 年的燃煤发电量再创新高。去年，全球燃煤发电量为 10,434 TWh。

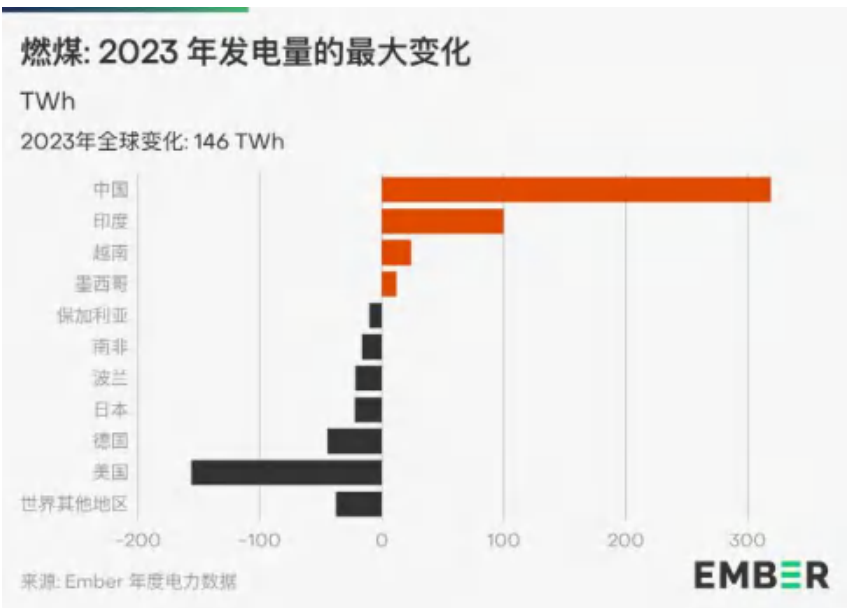
与 2022 年相比，发电量增加 146 TWh (+1.4%)，略高于 2021 年至 2022 年 131 TWh (+1.3%) 的年度增长。然而，尽管全球总发电量有所增加，但燃煤发电量在全球电力结构中的占比实际上略微下降 0.3 个百分点，从 2022 年的 35.7% 降至 2023 年的 35.4%。



在可提供 2023 年数据的国家中，38 个国家的燃煤发电量有所下降，仅 14 个国家有所增加。仅四个国家的增幅超过 10 TWh，这在很大程度上是由于干旱状况导致水力发电量较低所致。

中国 (+319 TWh, +5.9%) 和印度 (+100 TWh, +7.3%) 的燃煤发电量增幅最大。越南 (+24 TWh, +23%) 和墨西哥 (+12 TWh, +55%) 的增幅较小。

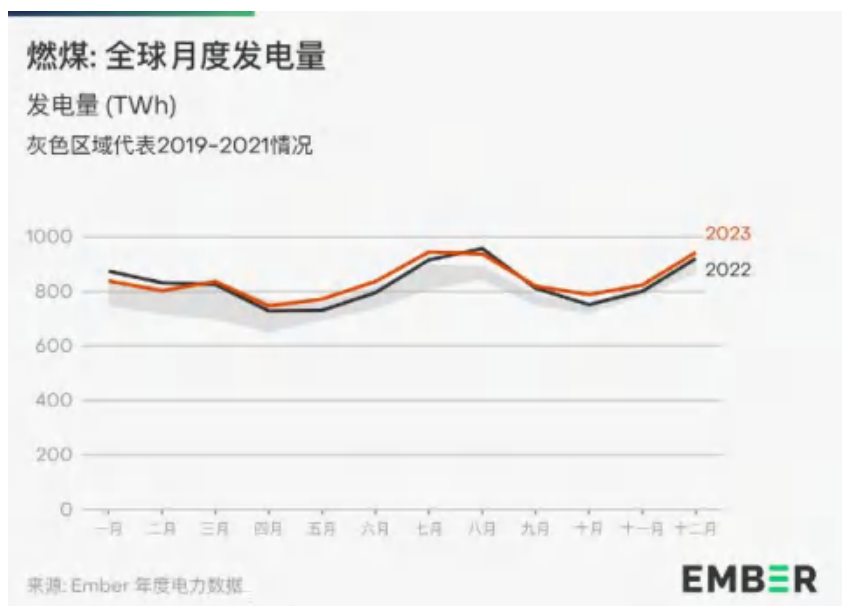
美国燃煤发电量下降 156 TWh (-19%)。德国燃煤发电量下降 45 TWh (-25%)。整个欧洲燃煤发电量下降 113 TWh (-25%)。



2023 年 1 月及 2 月的燃煤发电量仍低于 2022 年同期水平。然而，由于中国的干旱减少了水力发电量，燃煤发电量从 3 月到 7 月出现更大的增幅。

下半年，随着中国水力发电量恢复到之前水平，燃煤发电量仅略高于 2022 年。中国占全球燃煤发电量的一半以上，中国的变化将对全球发电量产生巨大影响。

在北半球的冬季和夏季，由于供暖和空调需求增加，电力需求达到峰值，发电量往往会较高。

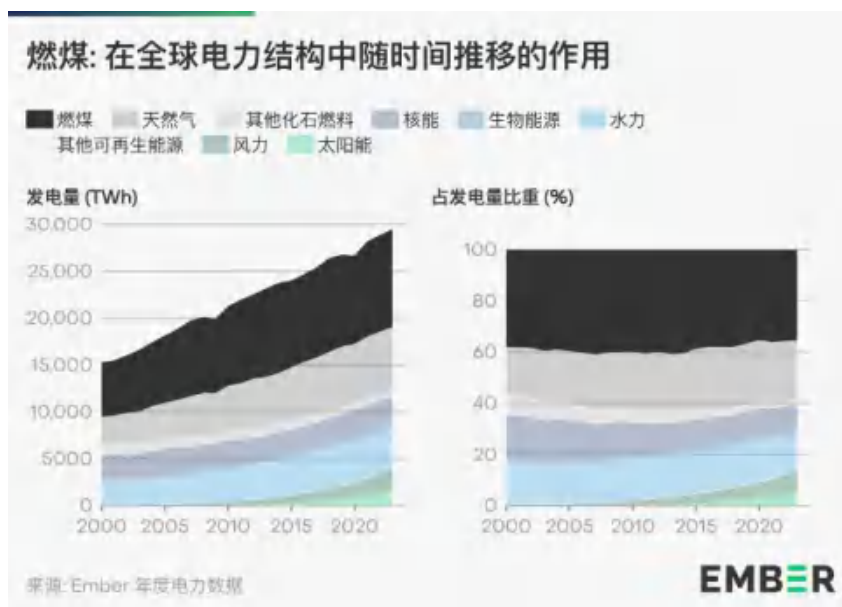


燃煤: 长期趋势

自 2013 年达到峰值以来，燃煤发电量在电力结构中的占比有所下降

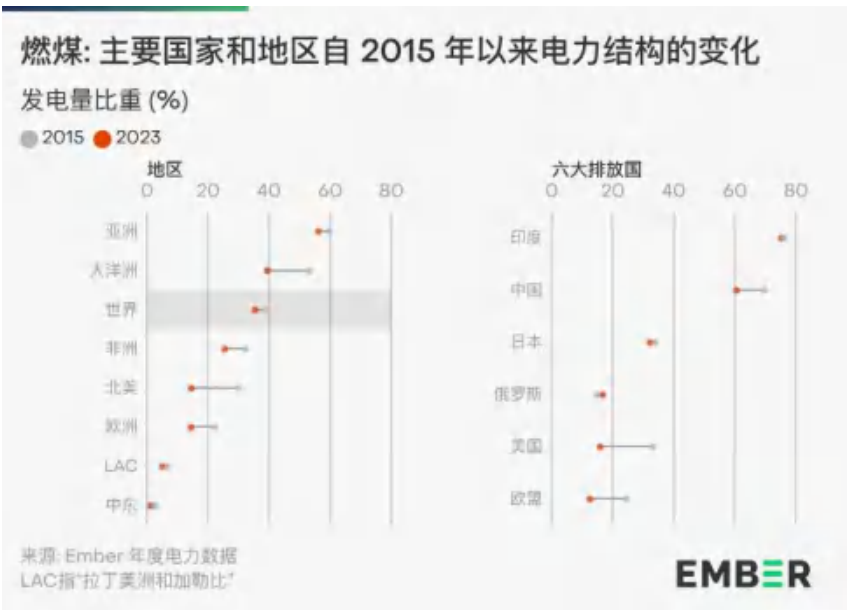
在过去的二十年里，燃煤发电一直在持续增长。发电量几乎翻了一番，从 2000 年的 5,809 TWh 增至 2023 年的 10,434 TWh。

与此同时，燃煤发电量在电力结构中的占比略有下降，从 2000 年的 38% 降至 2023 年的 35%。燃煤发电量占比在全球范围内不断增长，直到 2013 年达到 41% 的峰值。尽管燃煤发电量在 2013 年后继续增长，但增长速度低于整体电力需求增长，导致占比下降。特别是，过去十年太阳能和风力发电量的增加导致燃煤发电量在电力结构中的占比较 2013 年的峰值下降 6 个百分点。



自 2015 年以来，所有地区的燃煤发电量占比均有所下降。由于美国天然气增长的推动，燃煤发电正在被淘汰，北美成为燃煤发电量降幅最大的地区。因此，该地区的燃煤发电量占比从 2015 年的 30% 降至 2023 年的 14%。同期，全球的燃煤发电量占比从 39% 降至 35%。

在最大的排放国中，中国、美国和欧盟的燃煤发电量占比均出现大幅下降。在美国，该占比下降一半以上，从 33% 降至 16%，下降 17 个百分点。

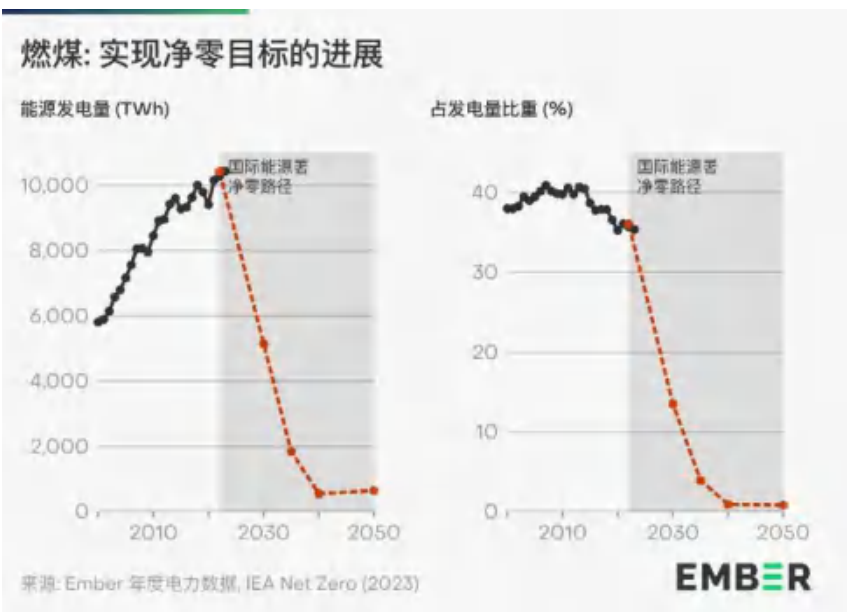


燃煤: 实现净零目标的进展

净零路径使得近十年的燃煤发电量减半，这是对持续增长的急剧逆转

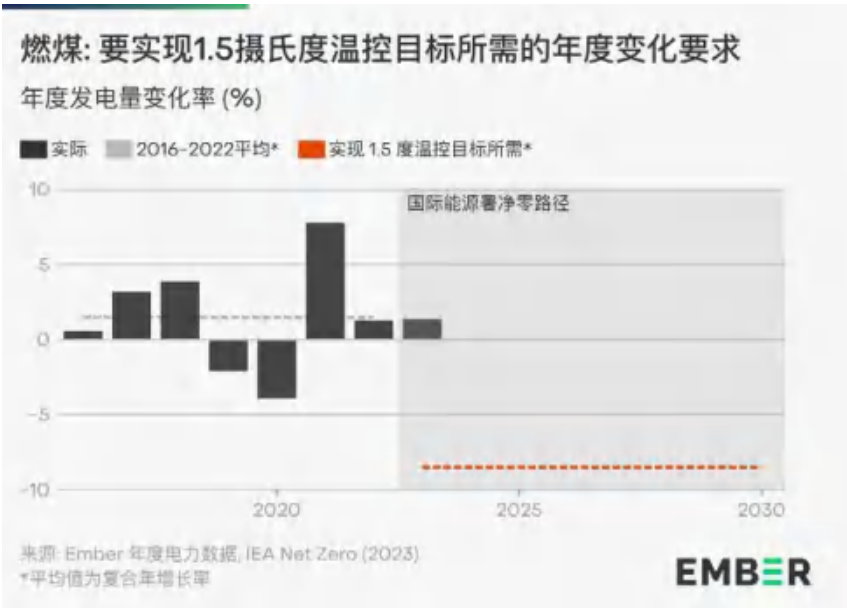
根据[国际能源署净零排放方案](#)，到 2040 年，燃煤发电需要几乎完全被淘汰。到 2030 年，该路径需要将燃煤发电量减半，从 2023 年的 10,434 TWh 降至 5,144 TWh。因此，到 2030 年，燃煤发电量在全球电力结构中的占比将从现在的 35% 降至 14%。

按照该路径，欧洲和北美国家，以及澳大利亚、日本和韩国等对排放量负有更大历史责任的其他经合组织国家，将在 2035 年前逐步淘汰煤炭。对于中国、印度和印度尼西亚等燃煤发电量较大的欠发达国家，下一步是不再增加并开始逐步减少燃煤发电量。



从现在到 2030 年，国际能源署净零排放方案要求燃煤发电量平均每年减少 8.5%。2023 年发电量增长 1.4%，而自 2015 年《巴黎协定》以来的年均增长率为 1.5%。

然而，经合组织出现令人鼓舞的迹象。自 2016 年至 2022 年，经合组织国家的燃煤发电量平均每年下降 5%。到 2023 年，降幅扩大至 13%。



4.4 天然气

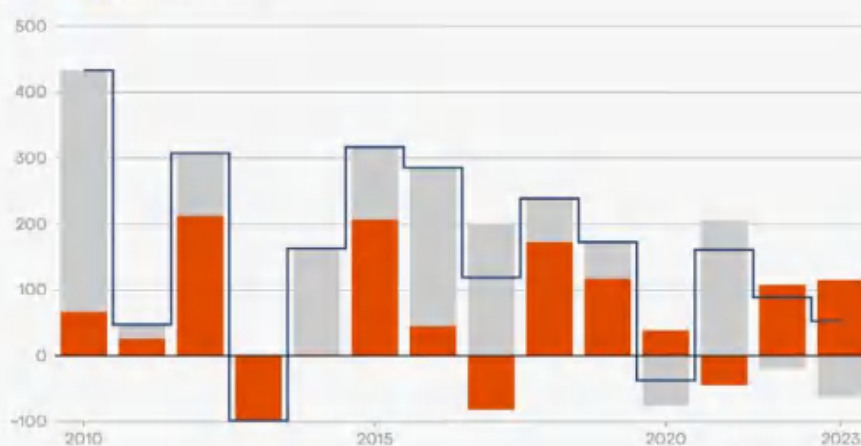
关键点

- 01 2023 年，美国天然气发电量占全球的四分之一，是第二大天然气发电国俄罗斯的三倍多
- 02 2023 年，全球天然气发电量因美国天然气发电量的增长而止稳
- 03 全球电力行业人均排放量最高的三个国家均高度依赖天然气：巴林、卡塔尔和科威特

如果没有美国，过去两年全球天然气发电量将会下降

天然气发电量年度同比变化 (TWh)

■ 世界 ■ 美国 ■ 世界其他地区



来源: Ember年度电力数据

EMBER

天然气：现状

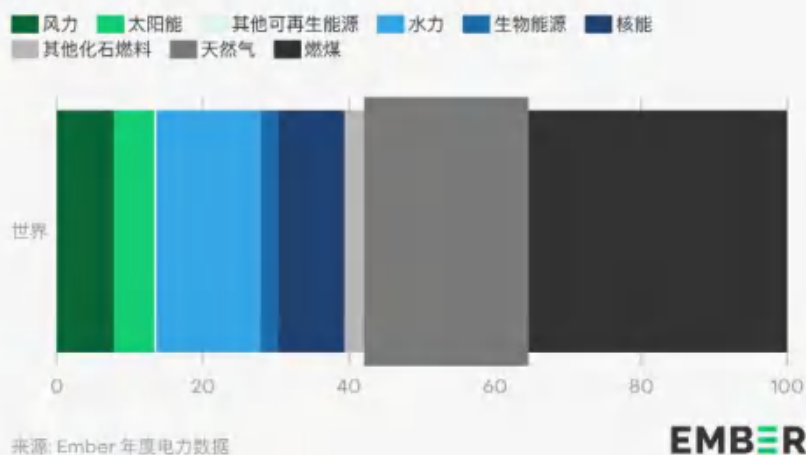
2023 年，美国天然气发电量占全球的四分之一，是第二大天然气发电国俄罗斯的三倍多

2023 年，化石天然气发电量占全球电力的 23% (6,634 TWh)，是全球第二大能源。

天然气仅次于燃煤，是电力行业第二大排放源。尽管其将在中期发挥作用，有助于提升电力体系的灵活性，以适应占比更大的风力和太阳能，但随着各国转向清洁电力体系，天然气的使用将受到限制。

天然气：在 2023 年全球电力结构中的作用

按来源划分的发电量比重 (%)

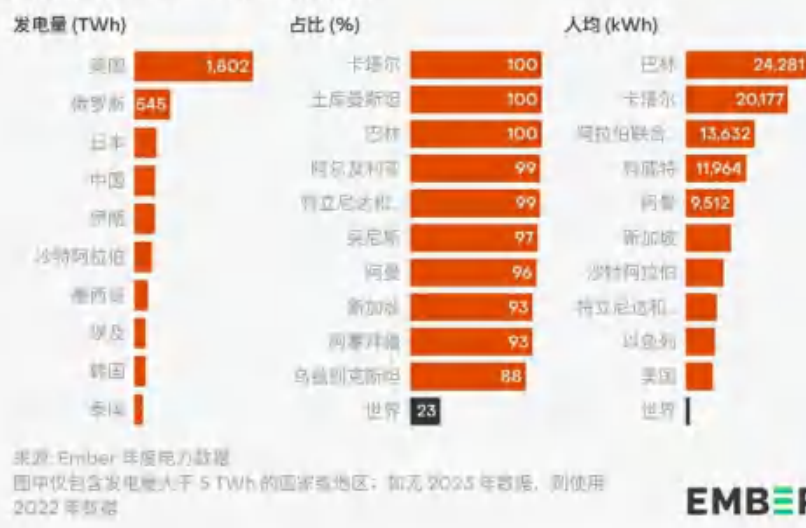


2023 年，美国的天然气发电量最高，为 1,802 TWh (占总发电量的 42%)。比位居第二的俄罗斯高三倍多，俄罗斯为 545 TWh (占总发电量的 46%)。美国天然气发电量占全球总发电量的四分之一以上 (27%)。

土库曼斯坦、巴林和卡塔尔几乎所有电力都来自天然气。在全球范围内，15 个国家的天然气发电量占比超过 80%。

电力需求高、电力结构以天然气为主的中东国家的人均天然气发电量为全球最高。巴林达到人均 24,281 kWh，领先于卡塔尔 (20,177 kWh) 和阿联酋 (13,632 kWh)。

天然气：2023 年全球排名



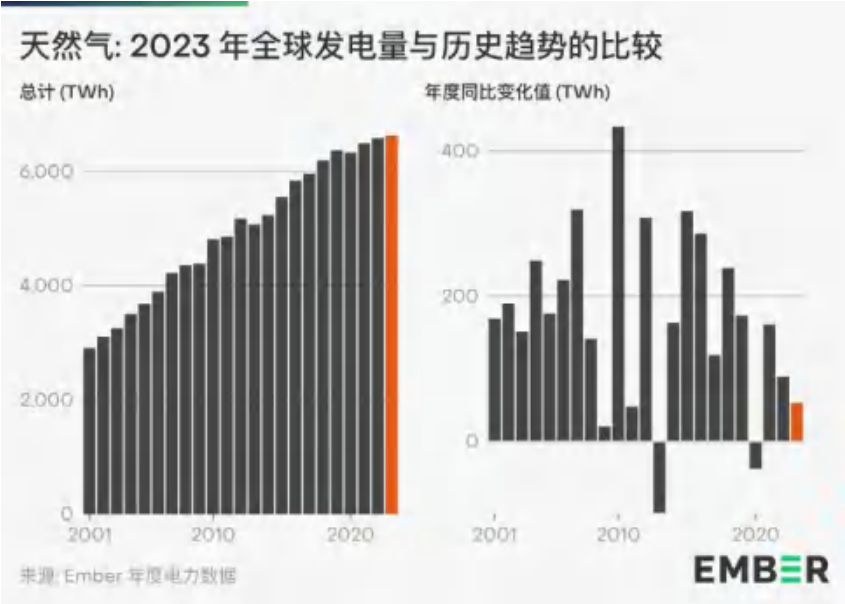
全球电力行业人均排放量最高的三个国家均高度依赖天然气：巴林、卡塔尔和科威特。

天然气:2023 年的变化

2023 年，全球天然气发电量因美国天然气发电量的增长而止稳

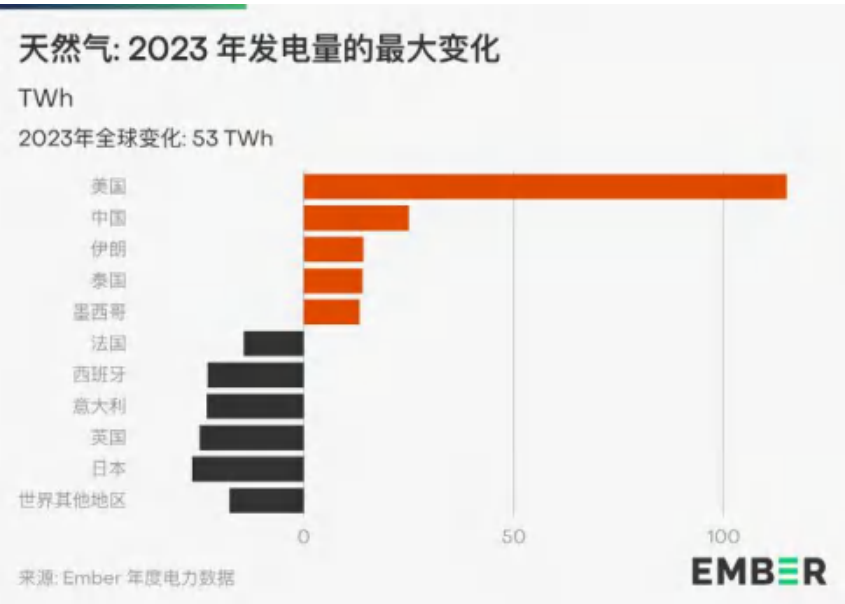
2023 年，天然气发电量创下 6,634 TWh 的新高。天然气发电量从 2022 年的 6,582 TWh 增加 53 TWh (+0.8%)。

尽管天然气总发电量创下纪录，但 53 TWh 的增幅是本世纪初以来记录的最低增幅之一。虽然发电量有所增加，但由于整体电力需求以更快速度增长，天然气发电量占比从 2022 年的 22.8% 降至 2023 年的 22.5%，略微下降 0.3 个百分点。



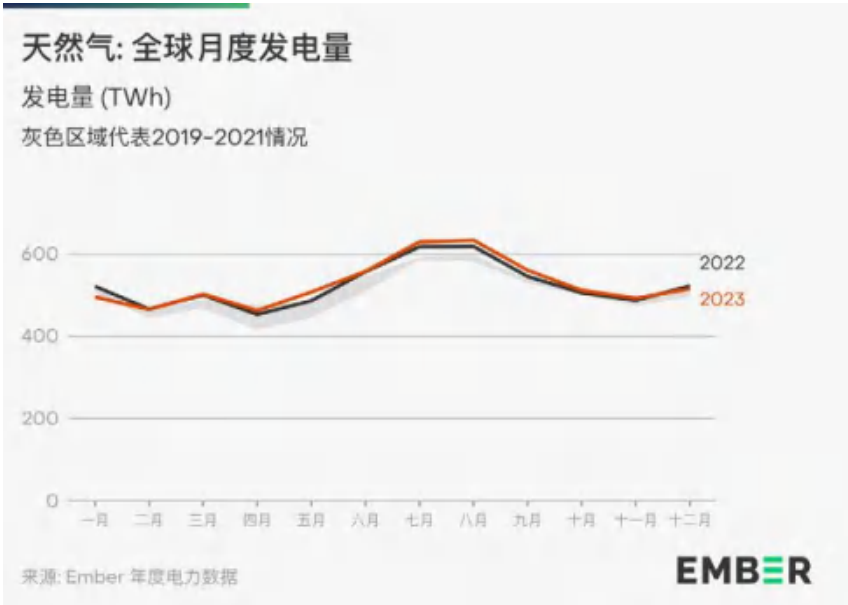
2023 年天然气发电量的增长主要由美国所推动，增长 115 TWh，是全球增长量的两倍多，是中国 25 TWh 增长量的四倍多。2023 年，伊朗的天然气发电量增幅位居第三 (+14 TWh)。

在其他大型经济体，天然气发电量正在下降。2023 年，日本的降幅最大，为 27 TWh，其次是英国 (-24 TWh)，部分是因为天然气价格高企和电力需求下降所致。意大利 (-23 TWh)、西班牙 (-23 TWh) 和法国(-14 TWh) 也出现大幅下降。



2023 年全球天然气月发电量与 2022 年基本相似。月度波幅较小。

7 月和 8 月连续两个月创下单月天然气发电量的历史新高，分别为 629 TWh 和 633 TWh，打破 2022 年 8 月创下的 618 TWh 的纪录。



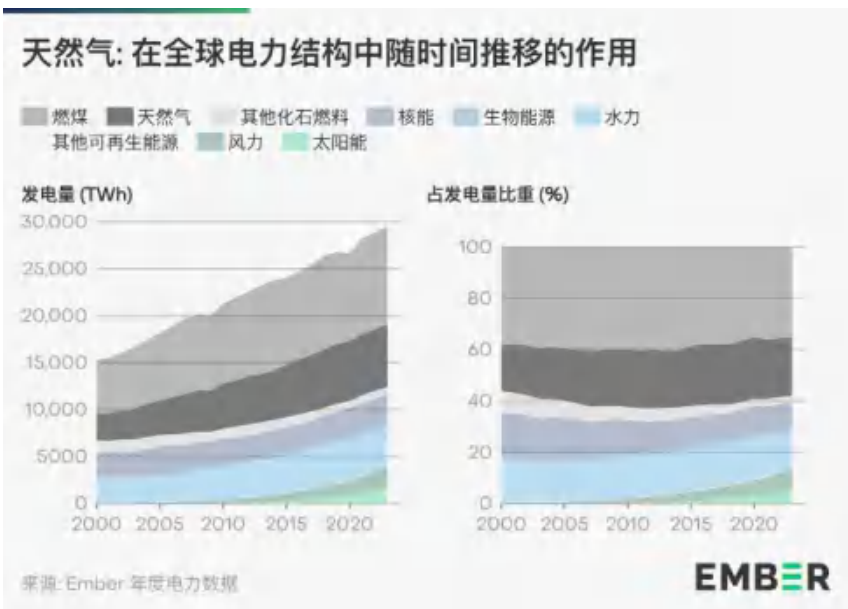
天然气: 长期趋势

自 2000 年以来，天然气发电量翻了一番，但增长速度正在放缓

在过去的二十年里，全球天然气发电量大幅增长。发电量从 2000 年的 2,745 TWh 增至 2023 年的 6,634 TWh，增加了一倍多。

然而，近期增长一直在放缓。自 2015 年至 2019 年的四年间，天然气发电量增加了 816 TWh。在此后的四年里，发电量仅增加了三分之一 (+265 TWh)，表明全球天然气增长有所放缓。

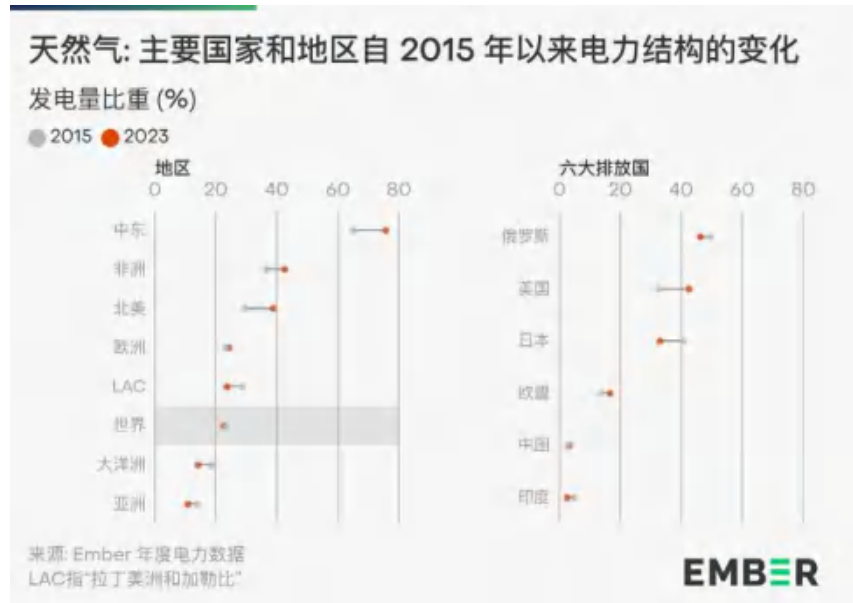
天然气发电量在全球电力结构中的占比从 2000 年的 18% 增至 2023 年的 23%，增加 4 个百分点。天然气发电量占比在 2019 年达到 24% 的峰值。



2015 年至 2023 年，中东和非洲的天然气发电量占比有所增加，但欧洲停滞不前，而拉丁美洲、大洋洲和亚洲则有所下降。

由于美国经历了从燃煤发电到天然气发电的重大转变，天然气发电量占比从 2015 年的 33% 增至 2023 年的 42%。2015 年至 2023 年，美国天然气发电量的增长占全球总增幅的 43%。

中国和印度的天然气在发电方面所起作用较小。与美国不同的是，中印两国并未计划从燃煤发电过渡至天然气发电，而是专注于可再生能源部署。

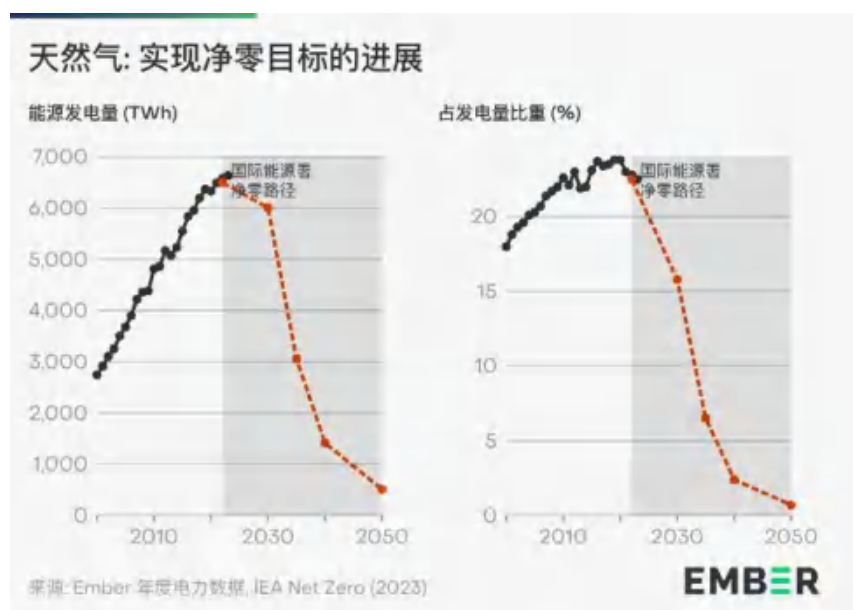


天然气: 实现净零目标的进展

天然气增长正在放缓，但应该会下降

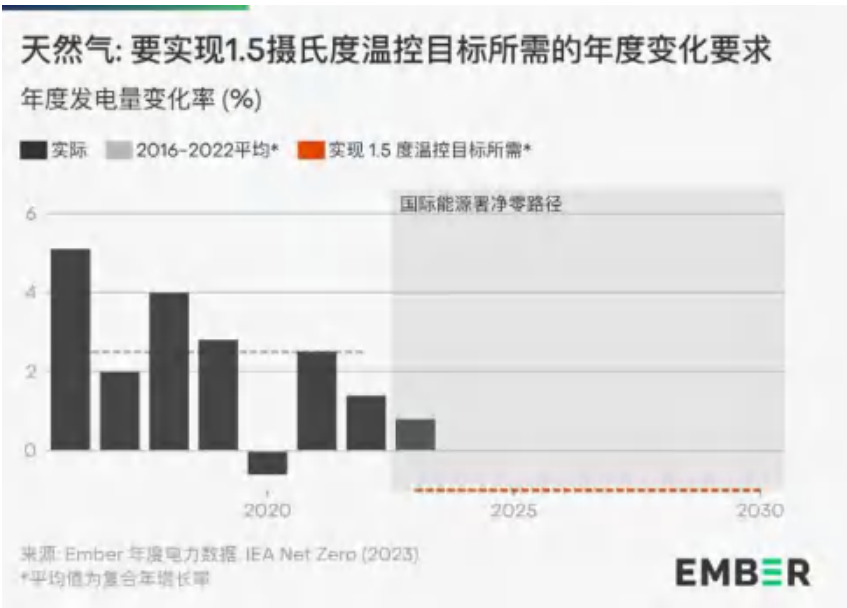
根据[国际能源署净零排放方案](#)，天然气发电量需要在 2030 年前适度下降，从 2023 年的 6,634 TWh 降至 6,007 TWh，且在接下来的十年到 2040 年将有更大幅度的下降。尽管近年来增长持续放缓，但这将代表着与当前趋势背道而驰。

按照该路径，有增无减的天然气发电量占全球发电量的比重将从 2023 年的 23% 降至 2030 年的 16%，并在 2040 年进一步降至 2.4%。



天然气发电量需要平均每年下降1%，到2030年才会减少。2016年至2022年，天然气发电量平均每年增长2.5%。

2023年0.8%的增幅虽然低于近期平均水平，但仍代表着错误方向的趋势。然而，过去两年的全球能源危机和天然气价格高企导致欧洲和一些亚洲国家的天然气发电量大幅下降，突显出趋势可能会出现快速变化。



4.5 水力

关键点

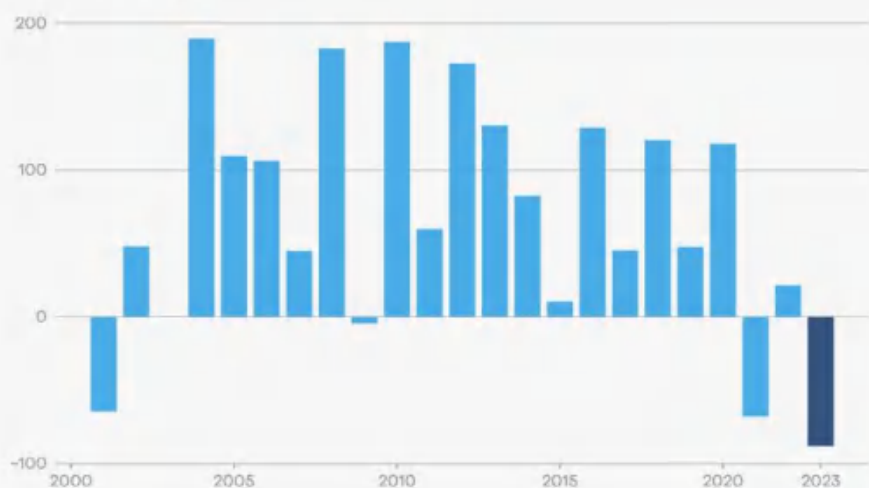
01 水力发电仍然是全球最大的清洁能源

02 2023 年，由于上半年干旱影响发电量，全球水力发电量创纪录下降至五年低点

03 自 2019 年以来，水力发电量始终较为平稳，在转型的关键时刻，清洁电力的占比有所减少

2023年全球水力发电量呈创纪录式下降

年同比变化 (TWh)



来源: Ember年度电力数据

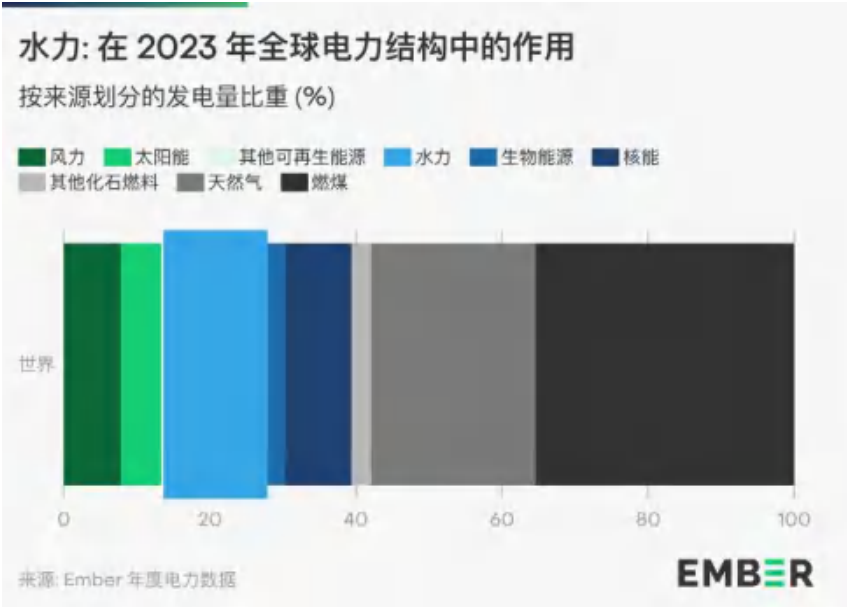
EMBER

水力：现状

水力发电仍然是全球最大的清洁能源

2023 年，水力发电量占全球发电量的 14% (4,210 TWh)。

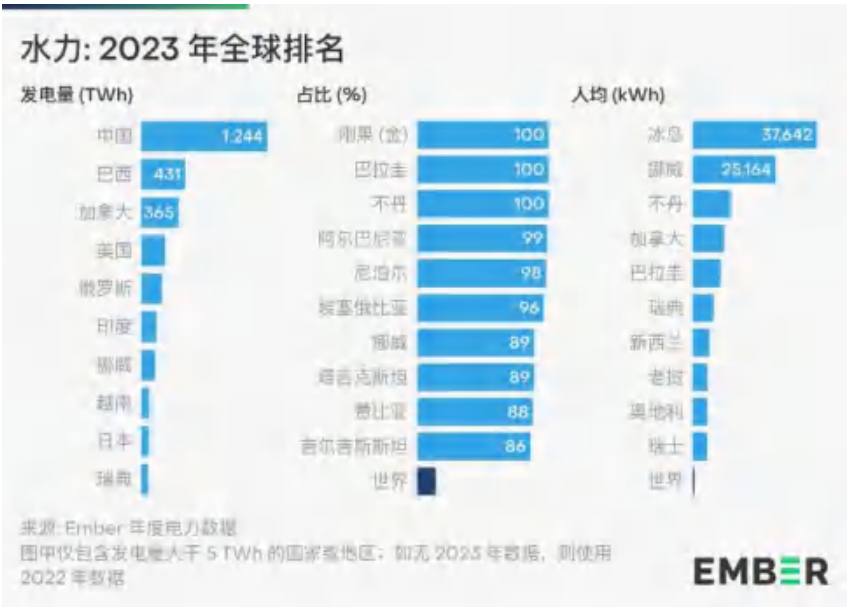
水力发电在当前的能源结构中发挥着重要作用。其不仅是清洁电力的最大来源，而且还可提供灵活性，有助于调节大量增加的风力和太阳能发电量。世界各国需要新的水力发电厂，但在很多地区，水力资源已得到最大限度的利用，而在其他有潜力的地区，这些项目可能会带来过高的生态成本。



2023 年，中国水力发电量最多，为 1,244 TWh (占其总发电量的 13%)，领先于巴西 (431 TWh) 和加拿大 (365 TWh)，这两个国家约 60% 的发电量依赖水力发电。

不丹、巴拉圭和刚果民主共和国 100% 的电力来自水力发电。很多其他拥有合适地形的国家也非常依赖水力发电。

冰岛和挪威的人均水力发电量位于前列，分别为 37,642 kWh 和 25,164 kWh。

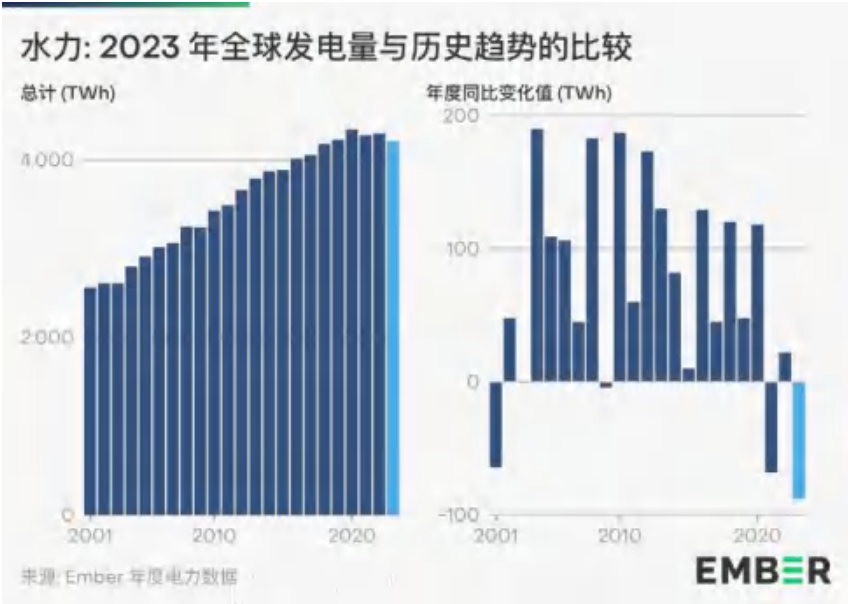


水力:2023 年的变化

2023 年，由于上半年干旱影响发电量，全球水力发电量创纪录下降至五年低点

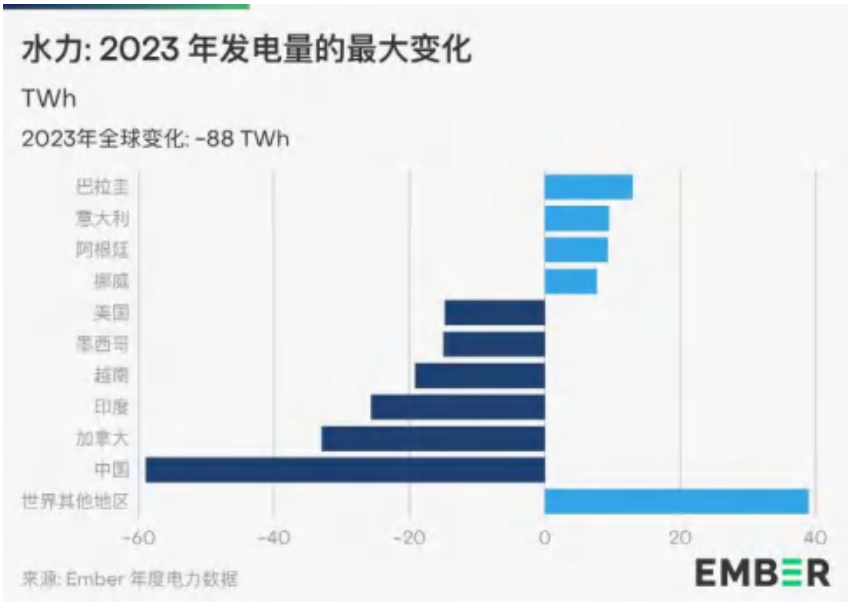
尽管水力发电装机容量不断新增，但发电量增长自 2019 年以来一直停滞不前。2023 年的发电量为 4,210 TWh，低于 2019 年的 4,226 TWh，也明显低于 2020 年的 4,344 TWh。

2023 年的水力发电量出现创纪录下降 (-88 TWh, -2.0%)。至关重要，2023 年的下跌发生在 2021 年的类似大幅下跌和 2022 年的温和复苏之后。这导致水力发电量在全球电力结构中的占比从 2022 年的 15% 降至 2023 年的 14%。



2023 年水力发电量增幅最大的国家是巴拉圭 (+13.0 TWh, +30%)、意大利 (+9.5 TWh, +34%)、阿根廷 (+9.3 TWh, +39%) 和挪威 (+7.7 TWh, +6%)。由于 2022 年水力状况不佳，这些国家的发电量均出现反弹，而不是随着装机容量的增加而增加。

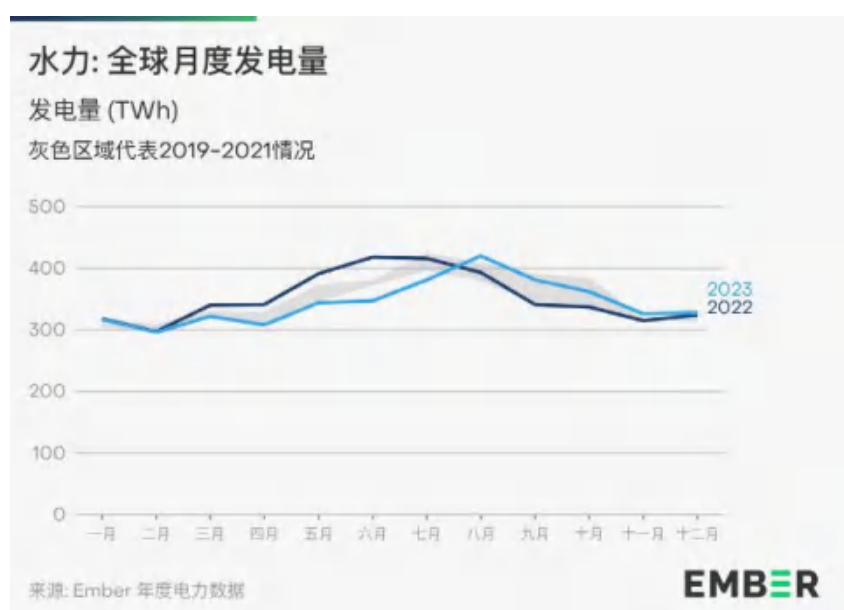
2023 年全球水力发电量的下降主要受中国影响，中国水力发电量下降 59 TWh，占全球下降量的 67%。这导致燃煤发电量大幅增加。



由于水力状况不佳，加拿大、印度、越南、墨西哥和美国的水力发电量也出现大幅下降。尽管 2023 年世界其他地区水力发电量有所增长，但中国等国的下降足以导致与 2022 年相比 88 TWh 的全球水力发电量严重缺口。

全球水力发电量低于预期，尤其是 2023 年上半年。这一点在 5 月和 6 月尤为明显，这两个月是中国受干旱影响最大的时期。直到 8 月份，发电量仍低于 2022 年的水平，甚至在上半年的大部分时间里低于 2019 年至 2021 年的发电量水平。

下半年发电量部分得以恢复，其中三个月的发电量创下五年新高。

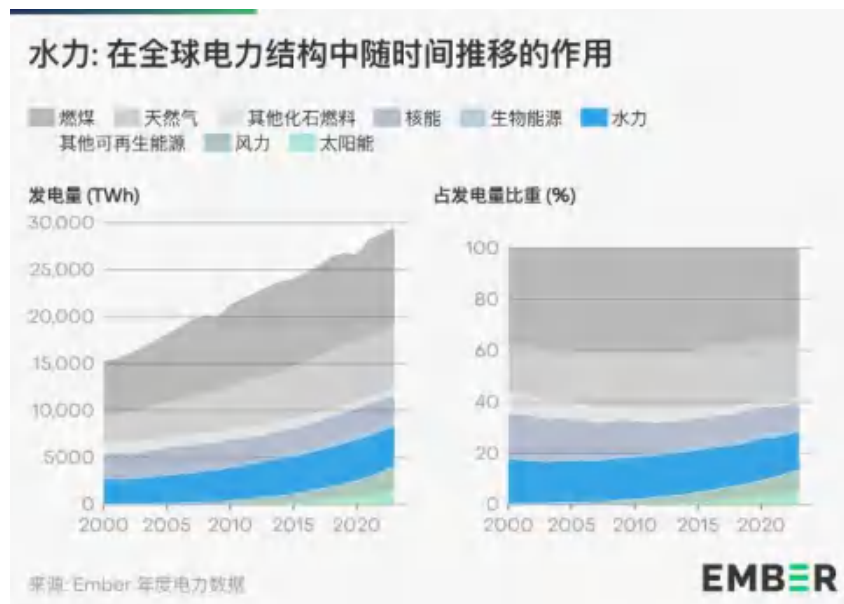


水力: 长期趋势

自 2019 年以来，水力发电量始终较为平稳，在转型的关键时刻，清洁电力占比有所减少

在过去的二十年里，水力发电量在电力结构中的作用已经变小。虽然水力发电量从 2000 年的 2,629 TWh 增至 2023 年的 4,210 TWh，但由于同期全球总需求几乎翻了一番，占比从 17% 降至 14%。

在过去二十年中，水力发电装机容量持续增长，导致水力发电量持续增长，直至 2020 年。然而，过去几年的情况表明，拉丁美洲、中国、美国 and 欧洲的水力状况不佳导致发电量停滞不前，甚至出现小幅下降。



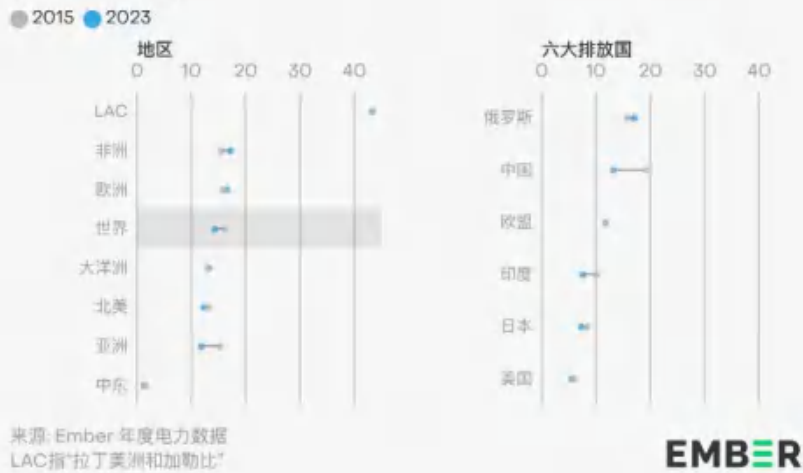
尽管干旱等个别事件可能是暂时的，但自 2019 年以来，水力发电量实际上一直保持平稳，这意味着在能源转型的关键时刻，清洁电力的占比有所减少。

自 2015 年以来，水力发电量在大多数国家和地区的电力组合中保持稳定，相对较少的国家和地区经历了水力发电量的结构性转变。

水力发电量往往每年都会大幅波动。因此，一些欧洲国家的水力发电量出现小幅下降，如挪威从 2015 年的 96% 降至 2023 年的 89%，并不一定代表水力发电量的结构性下降。

美洲、亚洲和欧洲的水力发电量占比最高。非洲只有少数国家的大部分电力依赖水力发电。在尼日利亚，水力发电量占比从 2015 年的 19% 增至 2023 年的 20%。2023 年，中东水力发电量的平均占比仅为 1.3%，略低于 2015 年的 1.5%。

水力: 主要国家和地区自 2015 年以来电力结构的变化
发电量比重 (%)



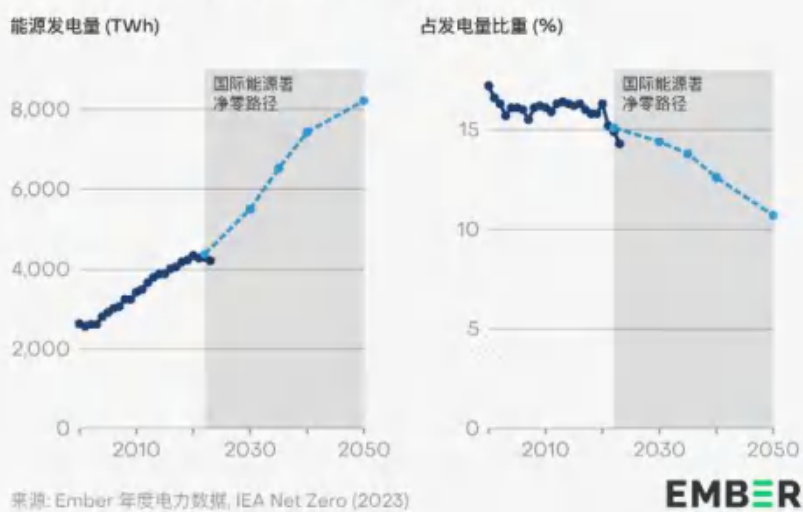
水力发电: 实现净零目标的进展

水力发电量需要恢复增长，以实现净零目标

根据[国际能源署净零排放方案](#)，水力发电量需要从目前的 4,210 TWh 增至 2030 年的 5,507 TWh，然后在 2050 年进一步增至 8,225 TWh。由于电力需求的快速增长，预计到 2050 年，水力发电量的占比将降至 11%。

虽然增加的大多数清洁电力预计将来自风力和太阳能，但水力和核能等其他低排放能源是电力转型成功的关键部分。

水力: 实现净零目标的进展

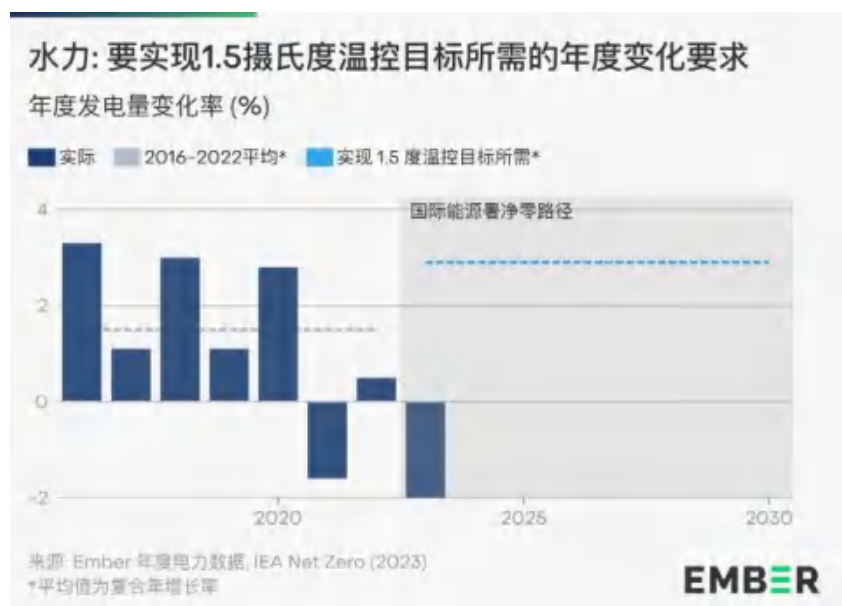


2023 年，水力发电量出现至少二十年来最大的绝对值降幅和第二大百分比降幅。因此，2% 的降幅与 2016 年至 2022 年 1.5% 的年均增长率明显不协调。

为了使水力发电量的增长符合国际能源署净零排放方案，2030 年前的年增长率需要在 2023 年至 2030 年间平均达到 2.9%——是 2016 年至 2022 年间的两倍。2023 年的下降是朝着错误方向迈出的一步。

国际能源署假设，新增装机容量产生的水力发电量将继续保持历史

水平。然而，由于气候变化对水力发电潜力的影响因地理位置而异，气候变化对全球水力发电量的长期影响充满[不确定性](#)。如果水力发电量并未以所需的速度增长，可能需要太阳能和风力发电进行补偿。



4.6 核能

关键点

01

2023 年美国、中国和法国占全球核能发电量的一半以上

02

核能发电量从 2022 年的五年低点略有反弹

03

自 2000 年以来，核能发电量在电力结构中的占比减少近一半

2023年美国、中国和法国占全球核能发电量的一半以上
发电量 (TWh)



来源: Ember年度电力数据
只有全球核能发电量占比超过2%的经济体才会被贴上标签

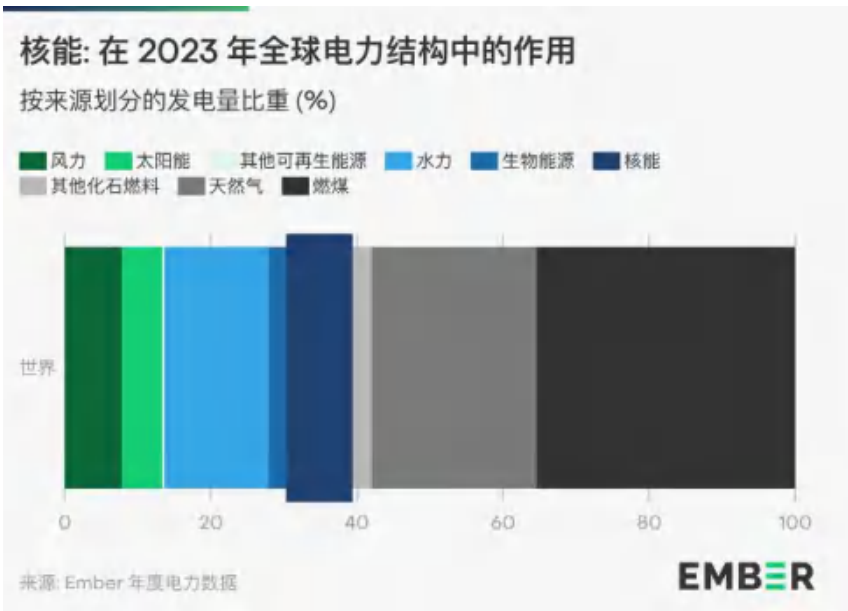
EMBER

核能：现状

2023 年美国、中国和法国占全球核能发电量的一半以上

2023 年，核能发电量占全球电力结构的 9.1% (2,686 TWh)。

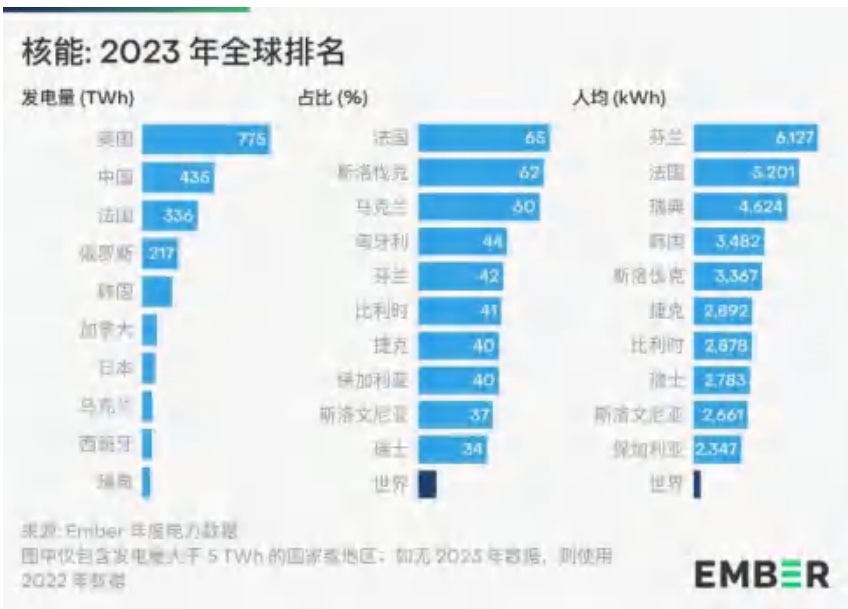
核能发电是低碳能源的重要来源。很多方案预测，随着电力需求的不断增长，未来几十年核能发电装机容量将大幅增加。



2023 年，美国是最大的核电生产国，发电量为 775 TWh，领先于中国 (435 TWh) 和法国 (336 TWh)。这三个国家合计占全球核能发电量的一半以上 (58%)。

占比最高的是欧洲国家，包括法国 (65%)、斯洛伐克 (62%) 和匈牙利 (44%)。根据估计数据，2023 年乌克兰 60% 的电力来自核能。

芬兰 (6,127 kWh) 和法国 (5,201 kWh) 的人均核能发电量最高。

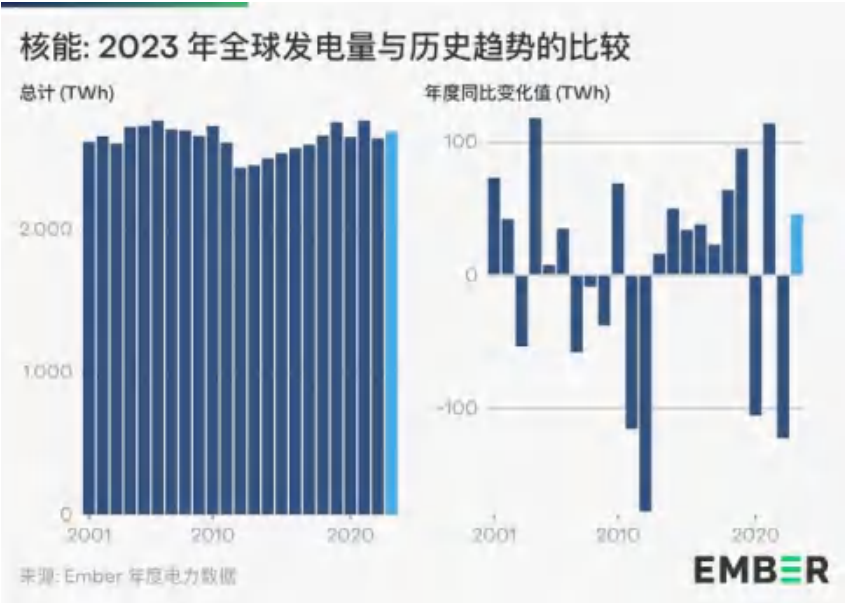


核能:2023 年的变化

2023 年，核能发电量从 2022 年的五年低点略有反弹

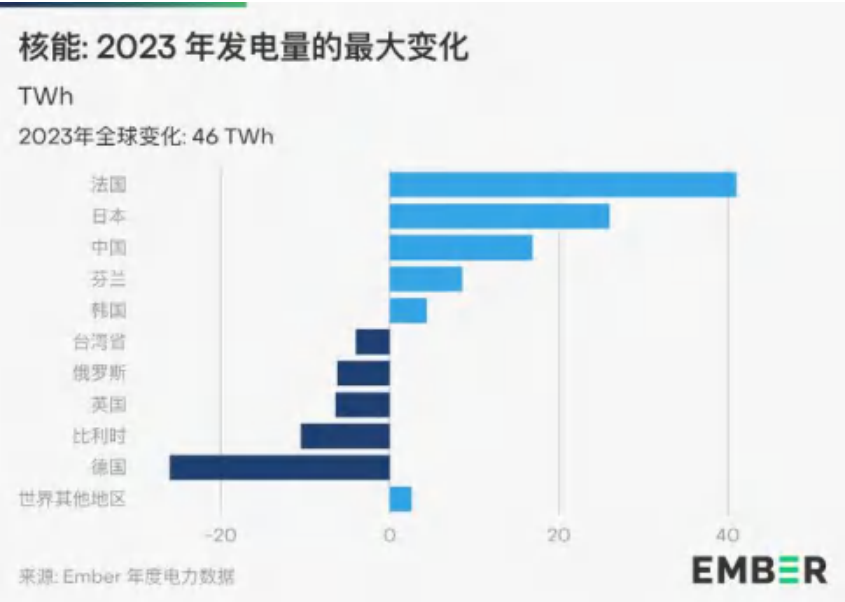
2023 年，核能发电量小幅上升至 2,686 TWh，比 2022 年的五年低点高出 46 TWh (+1.8%)。与此同时，核能发电量在电力结构中的占比与 2022 年相比基本保持不变，为 9.1%。

自 2013 年以来，经过一段时间的持续增长，过去五年全球核能发电量出现大幅波动。一些欧洲经济体的核电站已经退役，法国和日本对核电站进行维护，中国核能进一步增长，造成核能发电量不断波动。



2023 年，法国核能发电量增幅最大 (+41 TWh)，领先于日本 (+26 TWh) 和中国 (+17 TWh)。法国核电的增加是由于前一年反应堆可用性的恢复。同样，日本的发电量也因反应堆经过维护后恢复运行而有所增加。中国核能发电量的增加代表着该国核电站数量出现新的增长。

降幅最大的是德国 (-26 TWh)，该国在 2023 年完成其逐步淘汰核电的计划。由于反应堆退役，比利时的核能发电量也出现显著减少 (-10 TWh)。



尽管今年年初低于 2022 年 1 月的水平，但从 4 月起，2023 年的核能发电量有所上升。

核能发电量传统上不会出现大的季节性波动。维护安排在夏季，以尽量减少冬季电力需求较高时的中断。这也解释了为何大多数核设施所在的北半球夏季发电量相对较低。

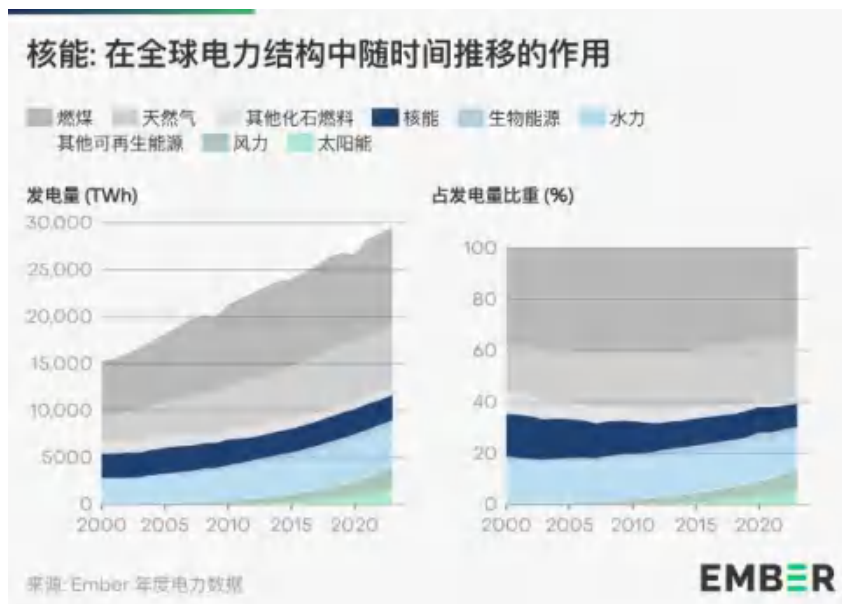


核能: 长期趋势

自 2000 年以来，核能在电力结构中的作用已有所下降

2023 年的核能发电量仅略高于 2000 年，从 2,541 TWh 增至 2,686 TWh，增加了 145 TWh (+6%)。然而，2023 年的水平是 2011 年福岛灾难后下降及恢复的结果，福岛灾难导致 2011 年和 2012 年的发电量大幅下降（主要是在日本）。

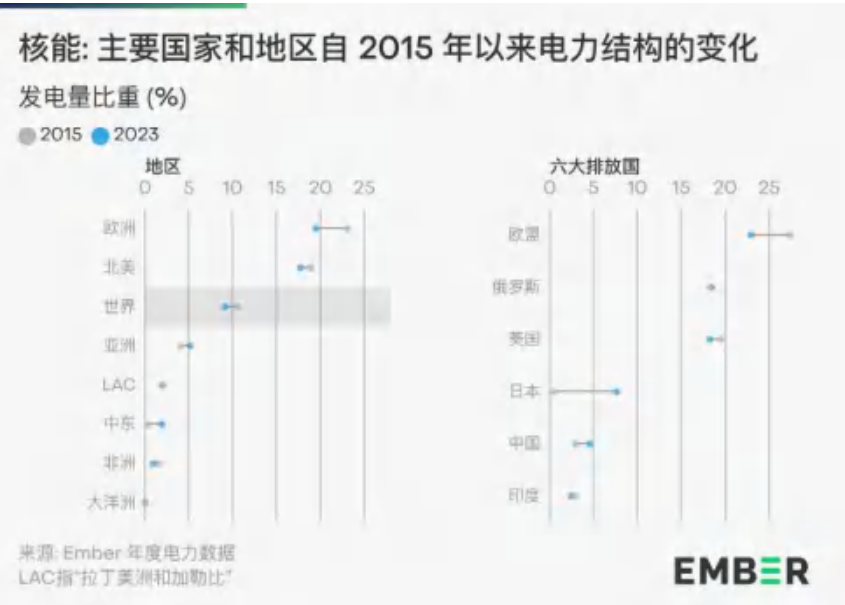
由于同期全球电力需求几乎翻了一番，核电在全球电力结构中的占比大幅下降。2000 年，全球 16.6% 的电力来自核能。到 2023 年，该比例已降至 9.1%。



核能发电量的全球占比从 2015 年的 10.6% 降至 2023 年的 9.1%。亚洲和中东是仅有的两个核能占比出现增加的地区，阿联酋、日本和中国都有新的反应堆上线。

由于德国逐步淘汰核能以及法国发电量有所下降，欧洲的降幅更大。

随着日本重启反应堆，日本的核能占比从 2015 年的仅占 0.4% 迅速增至 2023 年的 7.6%。2011 年福岛核灾难后，日本所有核反应堆均被关闭。



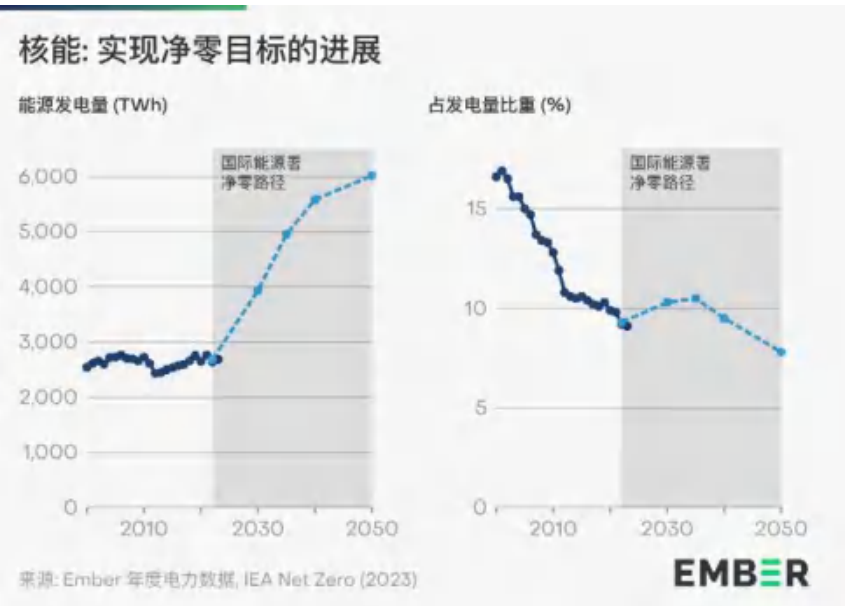
核能: 实现净零目标的进展

核能需要比 2023 年的增长速度快近三倍才能实现净零目标

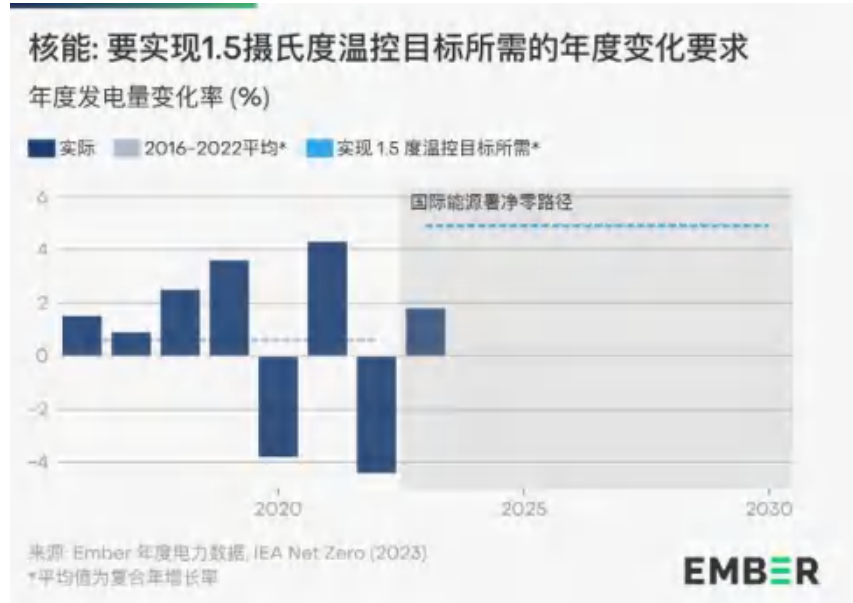
[国际能源署净零排放方案](#)预计核能发电量将大幅增长，从 2023 年的 2,686 TWh 增至 2030 年的 3,936 TWh 和 2050 年的 6,015 TWh。

随着电力需求的不断增长，核能发电的占比将在未来三十年保持大致稳定。到 2030 年，该占比将达到 10.3%，略高于 2023 年的 9.1%，而到 2050 年将降至 7.8%。

新核电站建设缓慢可能意味着需要额外的风力和太阳能发电量增长，以满足净零方案所需的清洁电力增加量。



根据国际能源署的方案，到2030年，核能发电量将每年增长4.9%。2016年至2022年的年均增长率明显低于这一水平，为0.6%。即使2023年1.8%的增长率也比方案中要求的速度慢三倍多。2021年增长4.3%，几乎达到要求的水平，但这是在2020年从低发电量反弹背景下的结果。



4.7 生物能源

关键点

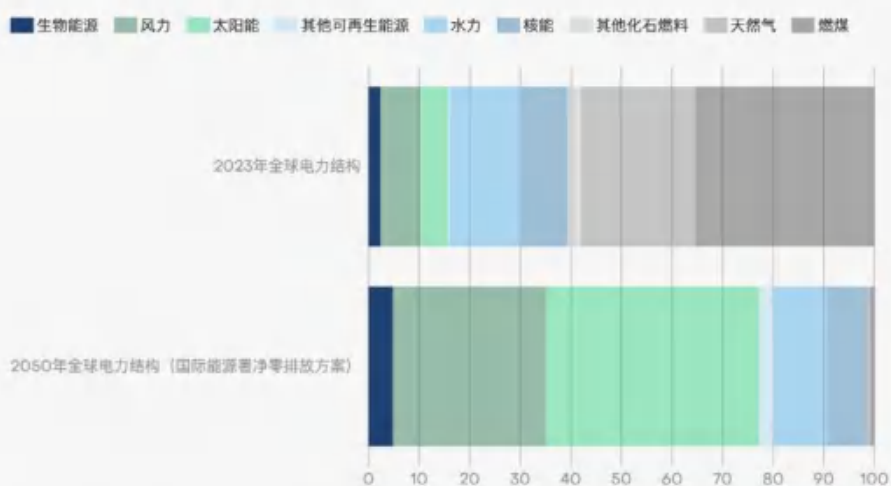
01 自 2000 年以来，生物能源的占比增加一倍多，但仍处于 2.4% 的低位

02 2023 年，中国和日本的生物能源发电量增幅最大，美国降幅最大

03 生物能源在净零路径中的进一步扩展带来排放风险

生物能源在净零电力行业的作用仍为有限

占全球发电量比重 (%)



来源: Ember年度电力数据, 国际能源署净零排放 (2023年)

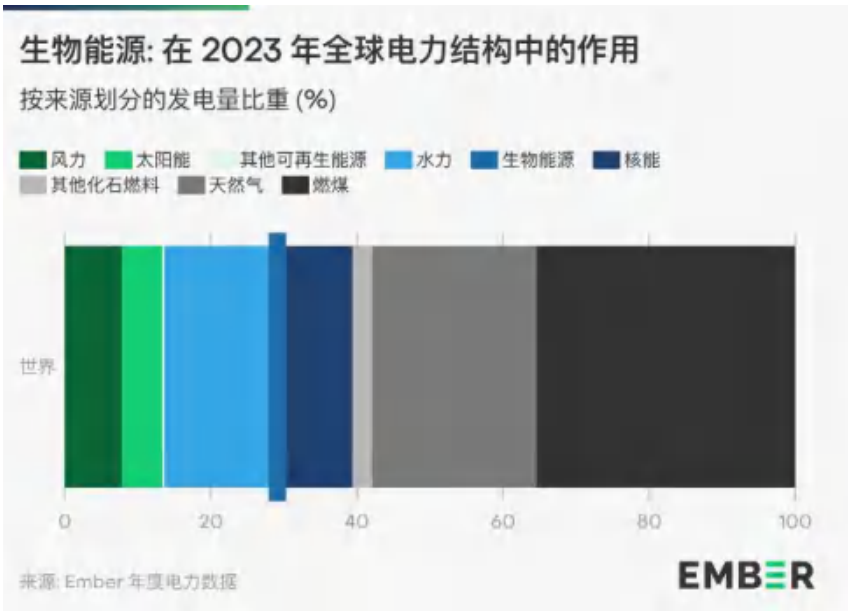
EMBER

生物能源：现状

生物能源发电量占全球电力的 2.4%

2023 年，生物能源发电量占全球发电量的 2.4% (697 TWh)。

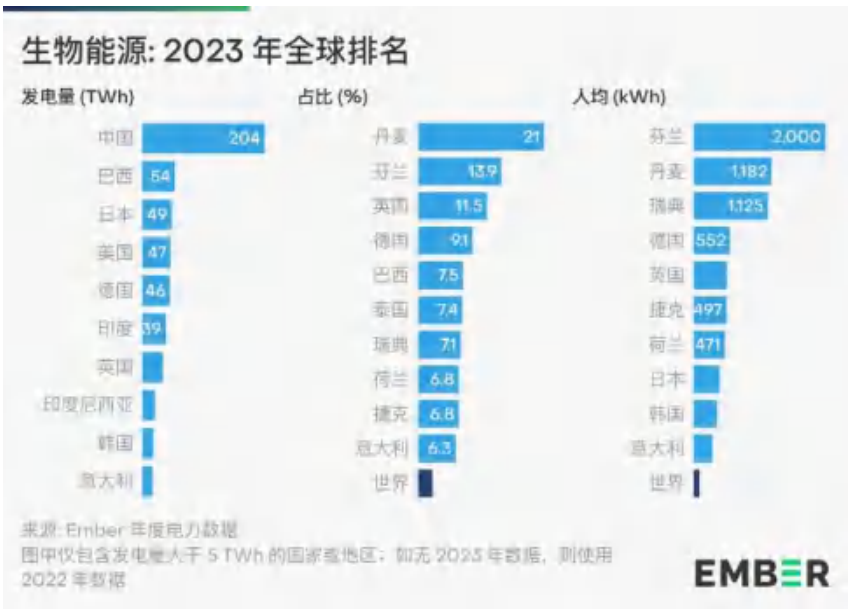
虽然生物能源在本报告中被归类为可再生能源，但其气候影响在很大程度上取决于所用原料的类型及来源。越来越多的科学证据表明，在若干情况下，利用生物能源发电会导致气候变化。生物能源的使用会受到更广泛的社会和生态因素的制约，所以其作为电力行业脱碳的一种手段还具有不确定性。其他清洁发电可能是更为可行的选择。



2023 年，中国的生物能源发电量最多，为 204 TWh，占全球生物能源发电量的四分之一以上，其次是巴西(54 TWh) 和日本(49 TWh)。

2023 年，18 个国家超过 10% 的电力来自生物能源。丹麦的生物能源在其电力结构中占比最高，为 21%，领先于芬兰 (14%) 和英国 (12%)。

芬兰的人均生物能源发电量最高，为 2,000 kWh，领先于丹麦 (1,182 kWh) 和瑞典 (1,125 kWh)。



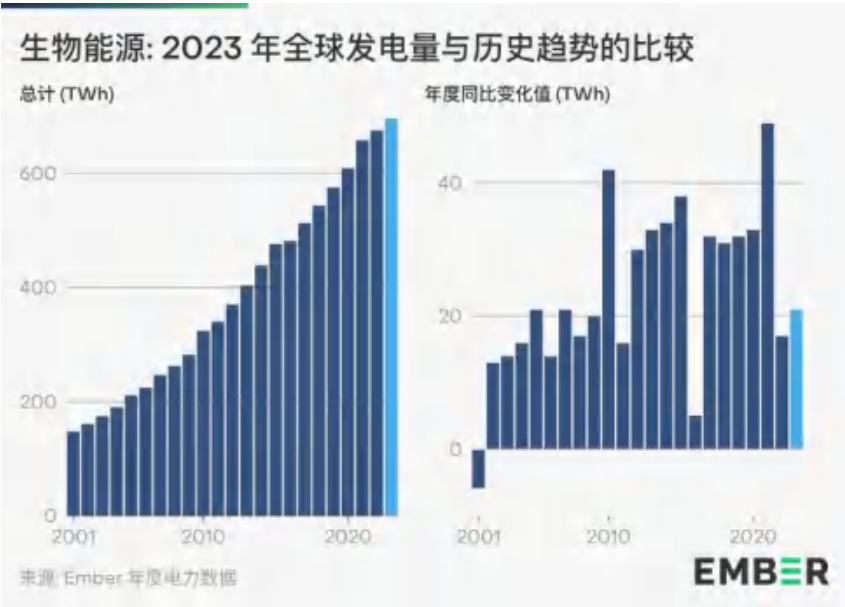
生物能源:2023 年的变化

2023 年，中国和日本的生物能源发电量增幅最大，美国降幅最大

2023 年，生物能源发电量创下 697TWh 的新高。

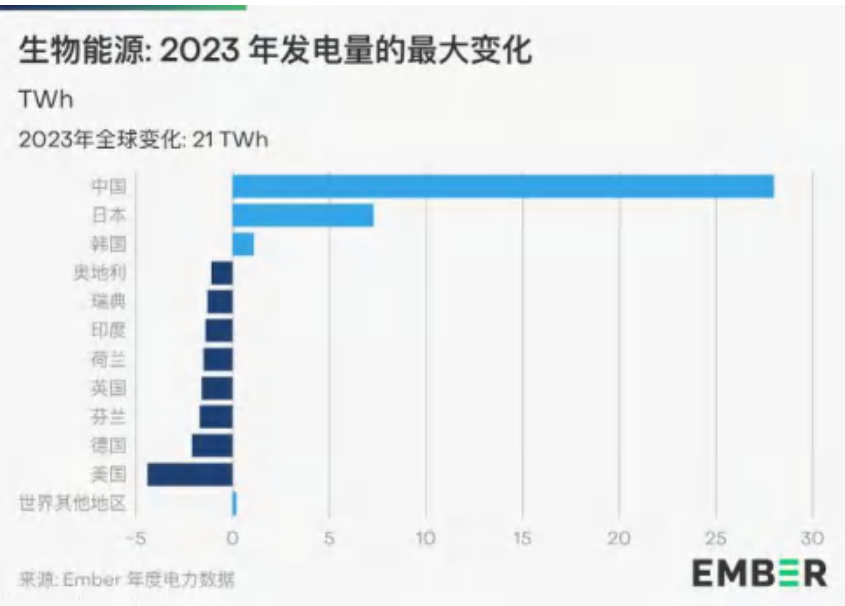
生物能源发电量比 2022 年 (676 TWh) 增加 21 TWh(+3.1%)。生物能源在全球电力结构中的占比保持不变，为 2.4%。

2023 年生物能源发电量的增幅略高于 2022 年，但小于 2017 年至 2021 年的年增幅。然而，这并不代表结构性放缓，而是对 2021 年能源危机期间创纪录增长的修正，当时高企的化石燃料价格导致生物能源有所增加。



2023 年，生物能源发电量增幅最大的是中国，增加 28 TWh (+16%)，其次是日本 (+7.3 TWh, +18%)。

生物能源发电量降幅最大的是美国，下降了 4.4 TWh (-8.5%)。德国的生物能源发电量下降 2.1 TWh (-4.4%)。



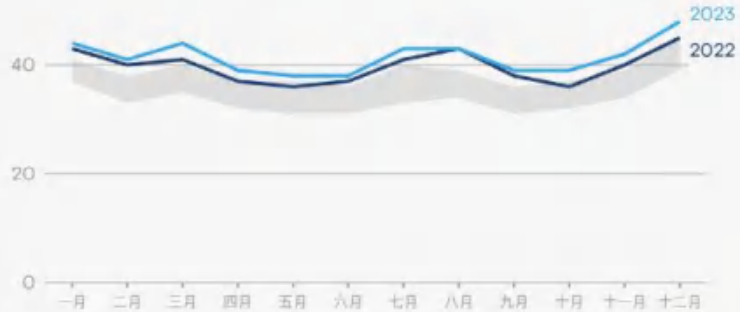
2023 年，全球生物能源发电量每个月均高于过往年度同期水平。2023 年 12 月，生物能源发电量达到 48 TWh，创下月度历史纪录。

生物能源在发电量上仅显示出较小的季节性变化。12 月高峰期的发电量仅比 6 月（发电量最低月份）高 9.1 TWh。

生物能源: 全球月度发电量

发电量 (TWh)

灰色区域代表2019-2021情况



来源: Ember 年度电力数据

EMBER

生物能源: 长期趋势

自 2000 年以来，生物能源的占比增加一倍多，但仍处于 2.4% 的低位

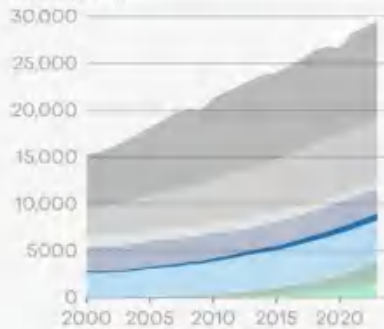
自 2000 年以来，生物能源发电量翻了两倍多，从 154 TWh 增至 2023 年的 697 TWh。

虽然发电量大幅增加，但生物能源仍然只占全球电力结构的一小部分。生物能源发电量占比从 2000 年的 1% 增至 2023 年的 2.4%。

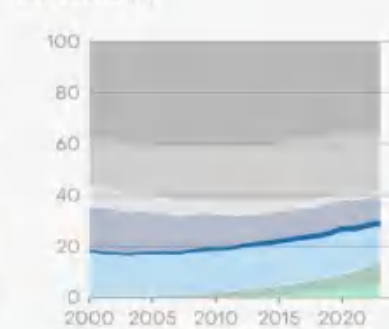
生物能源: 在全球电力结构中随时间推移的作用

■ 燃煤 ■ 天然气 ■ 其他化石燃料 ■ 核能 ■ 生物能源 ■ 水力
■ 其他可再生能源 ■ 风力 ■ 太阳能

发电量 (TWh)



占发电量比重 (%)



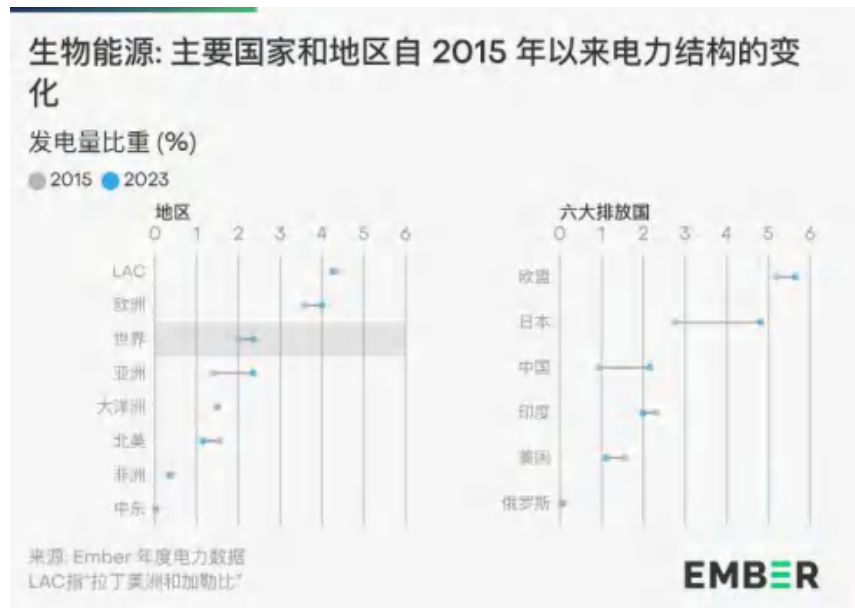
来源: Ember 年度电力数据

EMBER

在大部分地区，生物能源占比略有增加。增幅最大的是亚洲，占比从 1.4% 上升到 2.4%。

日本的生物能源占比大幅增加，从 2015 年的 2.8% 增至 2023 年的 4.8%。

同期，中国的生物能源发电量占比从 0.9% 略微增加至 2.2%。

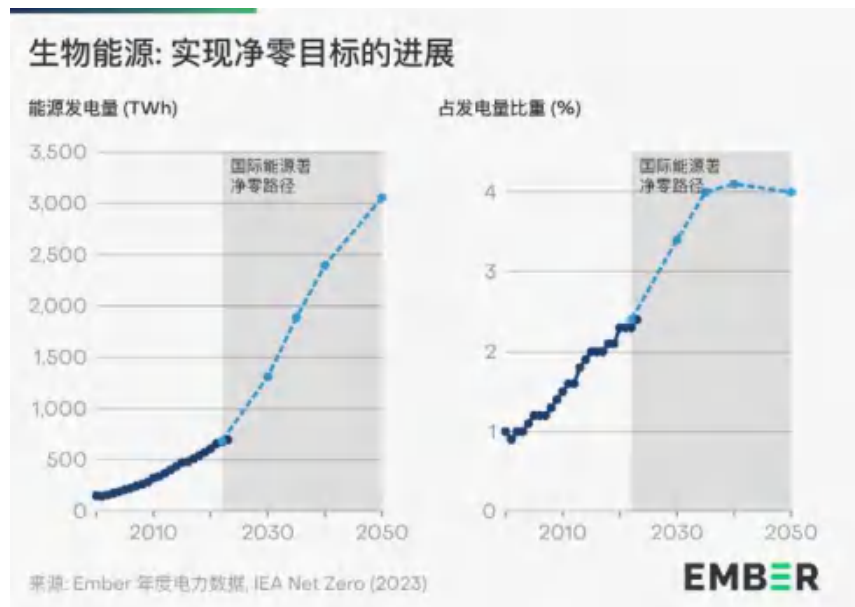


生物能源: 实现净零目标的进展

在净零路径中对生物能源的依赖会带来排放风险

尽管人们担心生物能源发电产生的排放，但[国际能源署净零排放方案](#)认为，生物能源作为一种灵活的电力来源，在电力结构中的作用有所增加。有些模型通过生物质能 - 碳捕集与封存技术 (BECCS) 实现负排放。在国际能源署的方案中，2050 年 BECCS 将只占生物能源发电量的 17%。

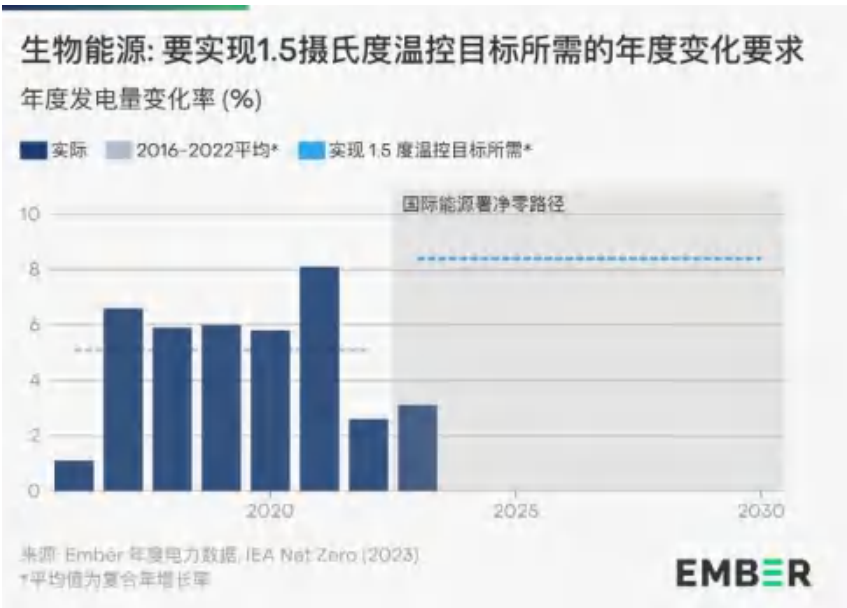
在该路径中，生物能源发电量在电力结构中的占比将从目前的 2.4% 增至 2030 年的 3.6% 和 2050 年的 4%。这将使生物能源发电量从目前的 697 TWh 增至 2030 年的 1,313 TWh 和 2050 年的 3,056 TWh。



为与国际能源署净零排放方案保持一致，生物能源发电量须在 2023 年至 2030 年间以年均 8.4% 的速度增长。

该增长率不仅大大高于 2023 年 3.1% 的增长率，也高于 2016 年至 2022 年间观察到的 5.1% 的长期增长率。

排放风险，加上更广泛的社会和生态影响，对生物能源在电力行业脱碳方面的应用产生了限制。



2023 年电力行业 主要排放国分析

本章对全球电力行业六大排放国或地区的情况进行更加深入的分析。
总的来说，这些国家或地区占全球电力行业排放量的 72% 左右。

本章各部分按给定国家或地区电力部门在 2023 年产生的排放量进行排序。

附录《国家概况》对全球二氧化碳排放大国中的 25 个国家或地区目前的
电力转型情况进行了总结分析。

章节目录

104	5.1 中国
112	5.2 美国
120	5.3 印度
128	5.4 欧盟
135	5.5 俄罗斯
141	5.6 日本

5.1 中国

关键点

01

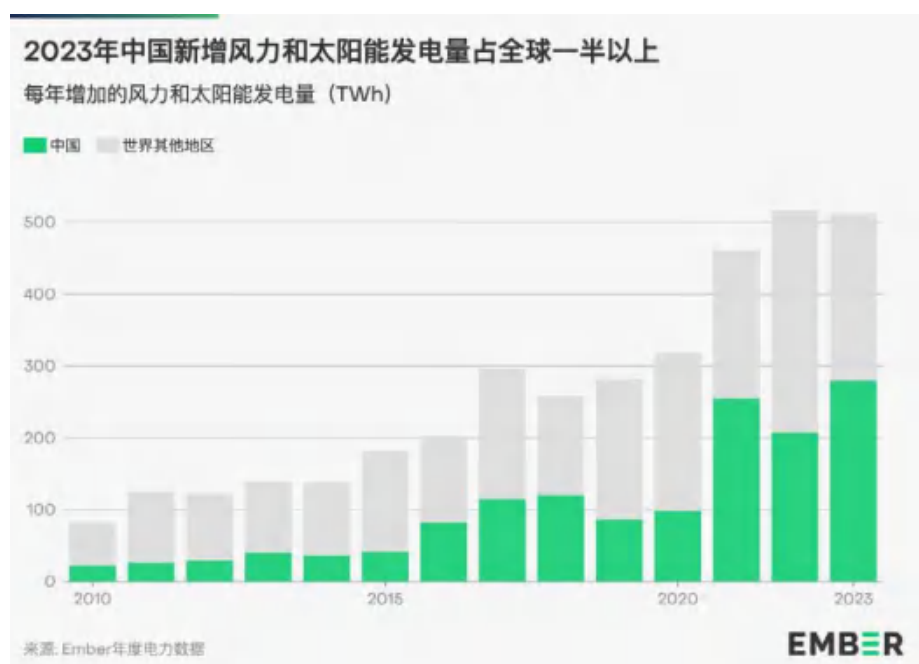
2023 年，中国的太阳能和风力发电量占全球的 37%，
燃煤发电量占全球的一半以上

02

2023 年中国新增风力和太阳能发电量占全球一半以上

03

如果没有自 2015 年以来风力和太阳能发电量的增长，
2023 年中国电力行业的排放量将会提高 21%

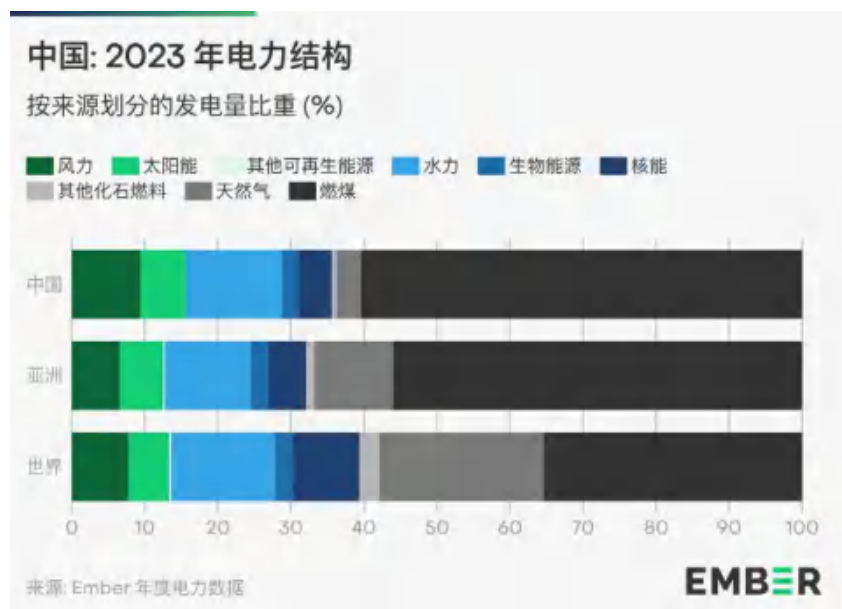


中国：现状

2023 年，中国的太阳能和风力发电量占全球的 37%，燃煤发电量占全球的一半以上

2023 年，中国是全球最大的电力行业排放国，来自发电的排放量为 54.91 亿吨二氧化碳 (MtCO₂)，是美国 (1,570 MtCO₂) 和印度 (1,404 MtCO₂) 的三倍多。中国的排放很大程度上是由于高度依赖燃煤发电所致。

2023 年，中国 65% (6,102 TWh) 的电力来自化石燃料。60% 的发电量来自燃煤。中国的燃煤发电量占比高于亚洲 56% 的地区平均水平，也明显高于 35% 的全球平均水平。2023 年，中国的燃煤发电量占全球的一半以上 (55%)。



清洁电力占中国电力结构的 35% (3,353 TWh)，水力仍是清洁电力的最大单一来源，占 13% (1,244 TWh)。

由于中国快速建设新的风力和太阳能发电装机容量，2023 年，风力和太阳能发电量占比创下 16% (1,470 TWh) 的历史新高，这一占比超过了水力发电量的占比。2023 年，中国太阳能和风力发电量占全球的 37%，现在这两种能源产生的电力足以为整个日本供电。

中国发电的碳强度为 581 gCO₂/ 千瓦时，远高于全球平均水平 480 gCO₂/ 千瓦时。

中国的电力需求在过去十年中快速增长，而人口增长却停滞不前。2023 年，中国的人均需求为 6.6 MWh，几乎是世界平均水平 (3.7 MWh) 和亚洲平均水平 (3.5 MWh) 的两倍。

中国人均发电排放量 (3.9 tCO₂) 是世界平均水平 1.8 tCO₂ 的两倍多。

2022 年，电力占中国最终能源消耗的 28%，而世界平均水平则为 21%。中国推动多部门 and 行业实现电气化方面处于领先地位，部署电动汽车和热泵等关键技术速度比任何其他国家都快。这使其 2023 年的电力需求增加近 120 TWh，而世界其他地区的电力需求总和不到 90 TWh。



中国: 2023 年的变化

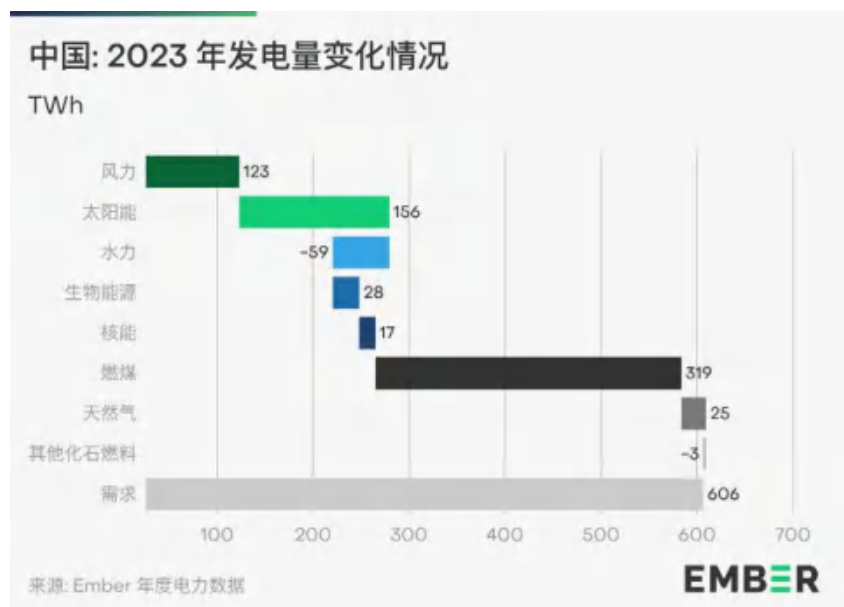
2023 年中国新增风力和太阳能发电量占全球一半以上

2023 年中国电力需求持续增长，较上一年度增长 6.9% (+606 TWh)。这高于 2013 年至 2022 年间 5.9% 的平均年需求增长率，也远高于 2022 年 3.7% 的低需求增长率 (+314 TWh)。

风力 (+123 TWh, +16%) 和太阳能 (+156 TWh, +37%) 满足 46% 的需求增长。它们仍是发电量相对增长最快的来源。2023 年，中国的太阳能发电量增长占全球的 51%，风力发电量增长占全球的 60%。

燃煤发电量 (+319 TWh, +5.9%) 满足大部分的剩余增长 (53%)。

水力状况欠佳意味着水力发电量下降 59 TWh (-4.5%)，导致化石燃料的使用有所增加。全球其他地区燃煤发电量增长 146 TWh，中国燃煤发电量的增长是其两倍多。

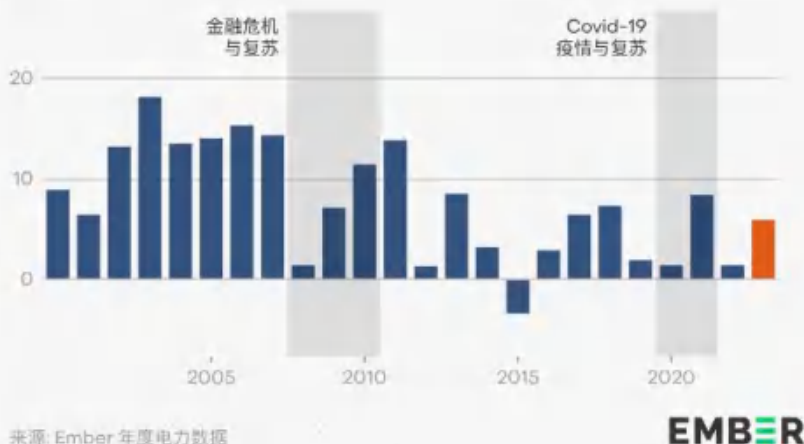


随着 2023 年燃煤发电量的增加，中国电力行业的排放量增加 5.9% (+307 MtCO₂)，是全球平均水平 1% 的六倍。2016 年至 2022 年间，中国的年均排放量增长率为 4.2%。

2023 年的排放量增长是在 2022 年接近平台期之后，当年仅增长 1.4%。这是由于中国“动态清零”政策的持续影响导致 2022 年需求增长有所下降 (+314 TWh)。此外，风力和太阳能满足了 2022 年中国三分之二的电力需求增长，而 2023 年为 46%，从而减少了对额外燃煤发电的需求。

中国: 电力行业排放量年度变化情况

发电排放量同比变化率 (%)

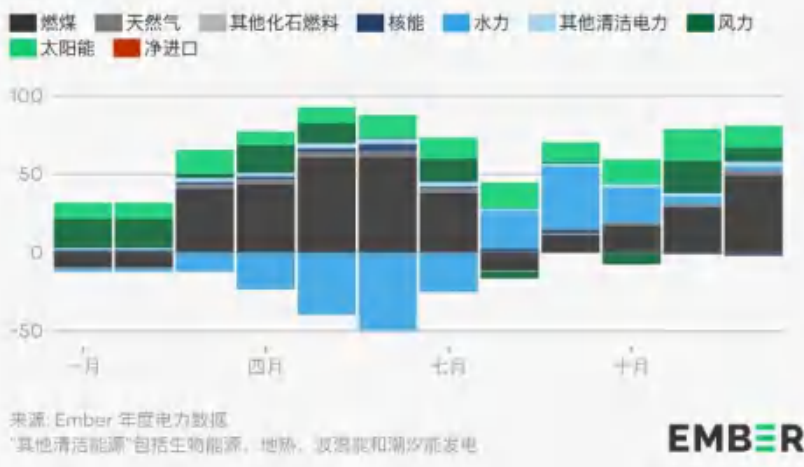


3月至7月，由于干旱导致水库水位下降和输出功率下降，中国水力发电量大幅下降。因此，在此期间，燃煤发电量增长最快。今年下半年，水力发电量略有反弹，部分原因是因为 2022 年同期出现干旱，导致当时水力发电量不高。

太阳能和风力发电量全年持续增长。11 月份的增幅最大。与 2022 年 11 月相比，太阳能发电量增长了 20 TWh，超过荷兰每年的太阳能发电量。

中国: 2023 年发电量变化情况

年度同比变化值 (TWh)



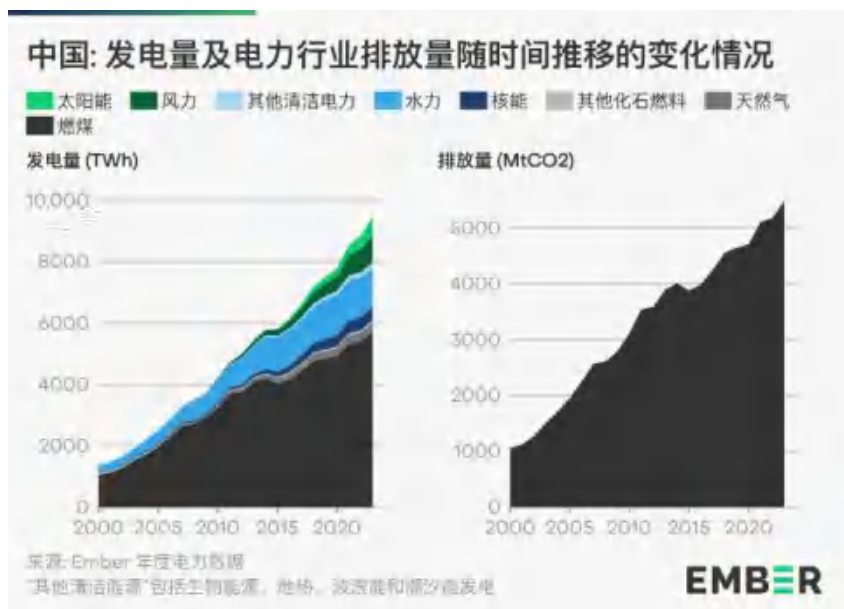
中国：长期趋势

自 2000 年以来，中国的燃煤发电量已增长五倍，满足一半以上的需求增长

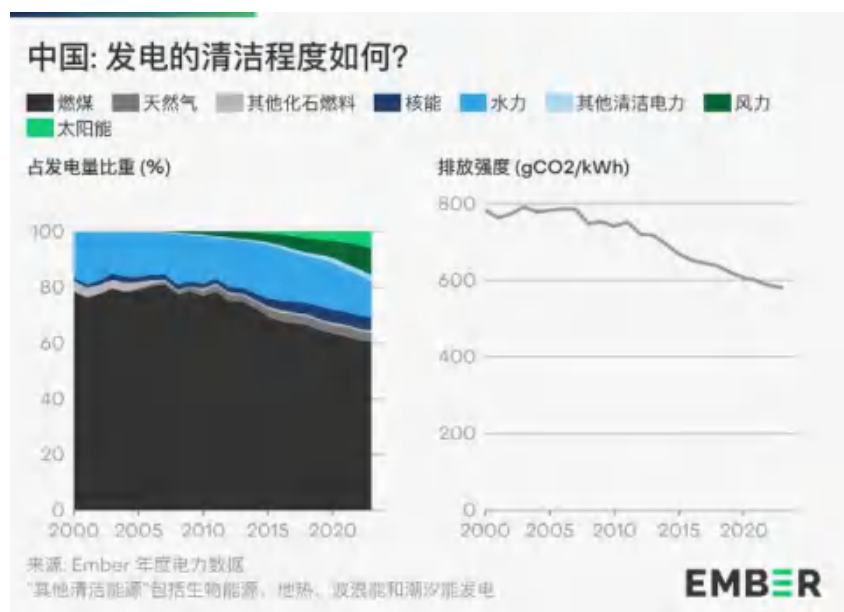
随着电力需求的持续强劲增长，中国电力行业的排放量在过去二十年中也大幅增加。快速的经济增长意味着 2023 年的电力需求 (9,441 TWh) 比 2000 年 (1,347 TWh) 高出 7 倍多。

同期，燃煤发电量增长五倍多，从 1,060 TWh 增至 5,716 TWh，以满足一半以上的需求增长。这导致排放量从 2000 年的 1,062 MtCO₂ 增至 2023 年的 5,491 MtCO₂。

然而，近年来排放量的增长已经放缓。虽然 2001 年至 2015 年间排放量平均每年增长 9%，但该增长率在 2016 年至 2023 年间降至 4.4%。自 2000 年以来，清洁能源的发电量增加了 13 倍以上，2023 年达到 3,353 TWh，近年来风力和太阳能发电量的增长尤为强劲。事实上，如果风力和太阳能发电量自 2015 年以来没有增加，而是由燃煤发电满足需求，那么 2023 年的排放量将增加 20%。



2000 年，中国 18% (242 TWh) 的电力来自清洁能源。此后，该占比增加了一倍，于 2023 年达到 35%。清洁能源占比的大部分增长发生在最近几年。自 2015 年以来，风力、太阳能以及核能发电的快速增长使清洁电力的占比增加了 9 个百分点。

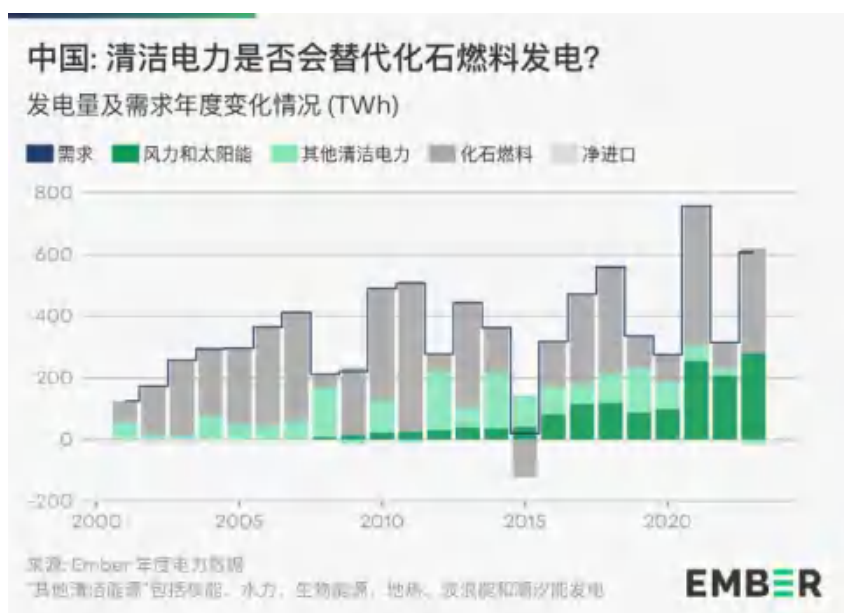


风力和太阳能发电量从 2015 年的 3.9% 增至 2023 年的 15.6%。这意味着中国的风力和太阳能发电量首次超过水力发电量。

由于清洁发电量在电力结构中占比较高，中国电力的碳强度从 2000 年的 783 gCO₂/kWh 降至 581 gCO₂/kWh。

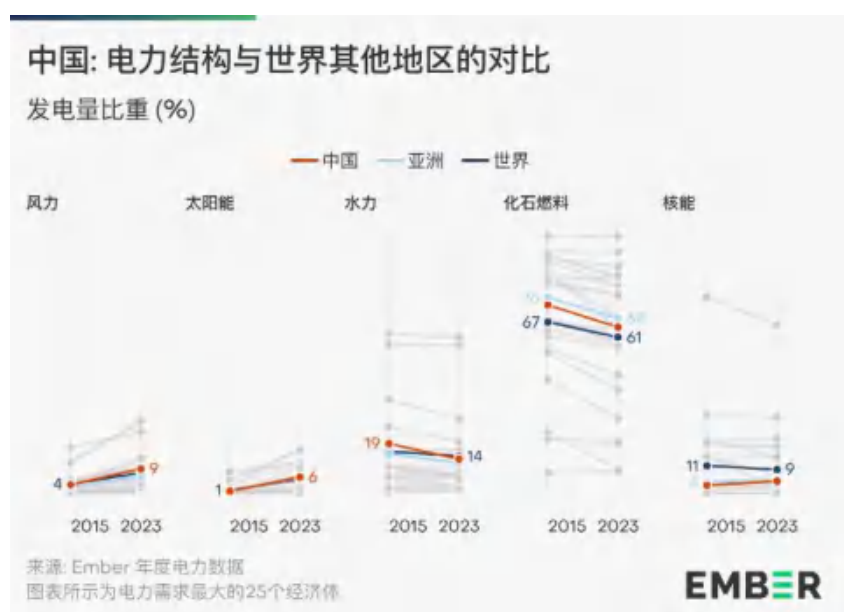
尽管风力和太阳能发电量大幅增加，但清洁电力的增长尚未取代化石燃料，而只是满足了部分新的电力需求。除 2015 年电力需求增长异常低外，中国尚未出现某个单一年份清洁电力增长超过需求增长的情况。

近年来，风力和太阳能发电量的强劲增长使中国更接近于电力行业的排放峰值。但其他清洁能源发电量的下降，加上强劲的需求增长，阻止这种情况在 2023 年出现。此次下降的主要原因在于，尽管水力发电装机容量有了大幅的提升，但干旱导致水力发电不足。此外，2021 年及 2022 年，除风力和太阳能以外的清洁能源增长处于十年来的最低水平。



自 2015 年《巴黎协定》以来，中国电力结构的趋势与全球趋势相似。与此同时，中国电力行业因规模庞大，对全球电力行业发展趋势有深刻影响。

中国的风力发电量占比从 2015 年的 3.2% 增至 2023 年的 9.4%，而全球则从 3.5% 增至 7.8%。同样，中国的太阳能发电量占比从 2015 年的 0.7% 增至 6.2%，而全球则从 1.1% 增至 5.5%。



在此期间，中国水力发电量占比的下降速度快于全球趋势。与此同时，中国是核能发电量占比出现增长的少数几个国家之一，占比从 3% 增至 4.6%。全球核能发电量占比从 11% 降至 9%。

中国的化石燃料发电量占比从 2015 年的 73% 降至 2023 年的 65%，而同期全球则从 66% 降至 61%。

中国：实现净零目标的进展

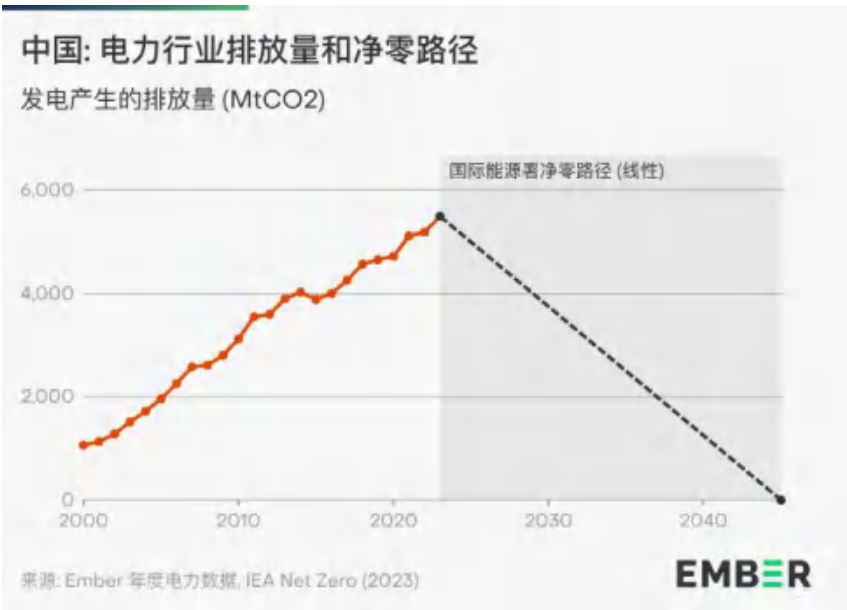
中国的电力行业排放可能在 2023 年达到峰值

根据[国际能源署净零排放方案](#)，到 2045 年，中国和其他新兴经济体的电力行业排放量须降至零。这就要求迅速扭转当前排放量上升的趋势。

然而，由于建设清洁能源的速度和规模，特别是风力和太阳能，中国在 2023 年可能已经达到电力行业排放峰值，或者将在 2024 年或 2025 年达到该里程碑。在 2023 年最后几个月，中国的太阳能和风力发电部署实现强劲增长，水力发电量实现预期复苏，因此，国际能源署[预测](#)，2024 年中国的燃煤发电量将下降 3%。

这与一年前相比是一个巨大的变化，当时国际能源署预测 2024 年中国燃煤发电量将出现增长。

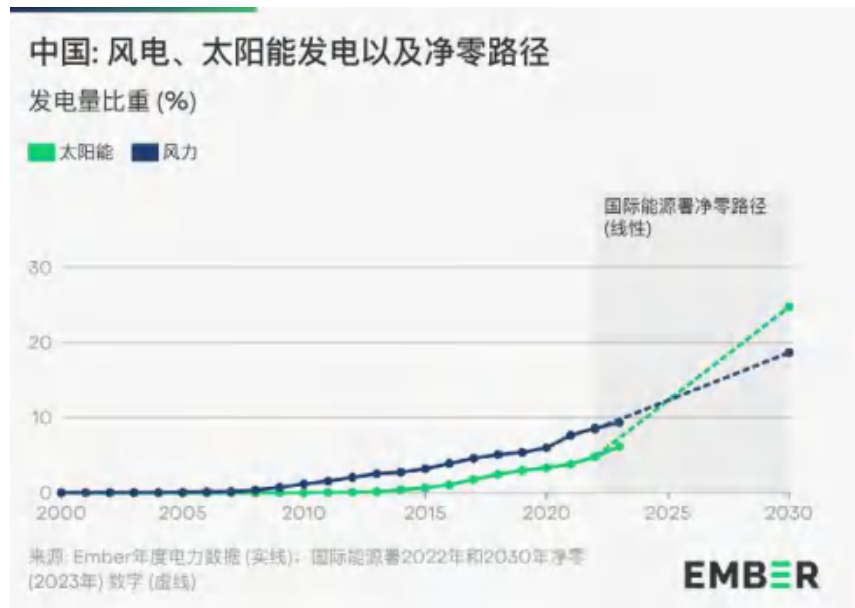
2023 年，中国的电力行业排放量占全球的 39%。中国电力行业排放达到峰值及下降将极大地推动全球实现净零排放目标。



国际能源署净零排放方案认为，中国的风力和太阳能发电量将继续快速增长，到 2030 年，太阳能发电量将占电力结构的四分之一，风力发电量占比将上升至 19%。

尽管 2023 年中国的风力和太阳能发电量将大幅增长，但增长速度需要继续加快，以实现该等目标。

根据 [Ember 的可再生能源目标追踪器](#)，中国并未提供到 2030 年可再生能源装机容量的官方最新目标，但国家模型预测，到 2030 年太阳能发电装机容量为 1,025 GW，风力发电装机容量为 800 GW。



5.2 美国

关键点

01

由于高需求和对天然气的依赖，美国电力行业的人均排放量比全球平均水平高出近三倍

02

2023 年，全球天然气发电量因美国天然气发电量的增长而止稳

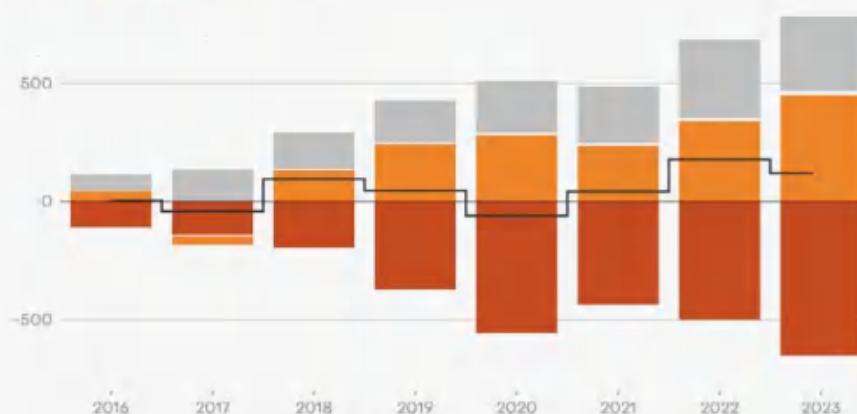
03

美国电力行业的排放量在 2007 年达到峰值，此后下降了 33%

在美国，化石天然气正在取代燃煤发电

2015年以来发电量累计变化 (TWh)

需求 燃煤 天然气 其他来源



来源: Ember年度电力数据

其他来源包括风力、太阳能、水力、核能、生物能源、其他可再生能源、石油和净进口

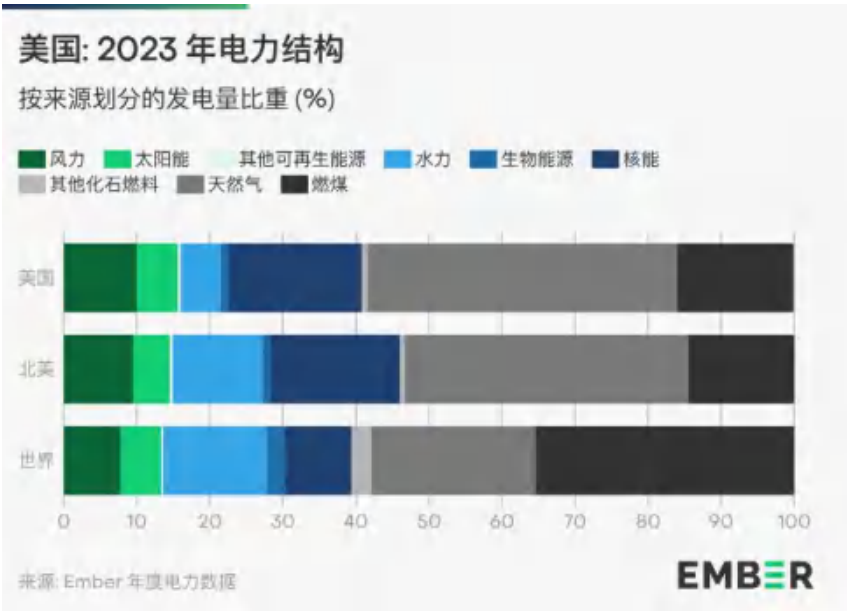
EMBER

美国：现状

由于高需求和对天然气的依赖，美国电力行业的人均排放量比全球平均水平高出近三倍

2023 年，美国是全球第二大电力行业排放国，发电排放量为 1,570 MtCO₂，仅次于中国 (5,491 MtCO₂)。这主要是由于高度依赖化石燃料发电（主要是天然气），以及人均电力需求较高。

2023 年，美国 59% (2,510 TWh) 的电力来自化石燃料，与全球平均水平 61% 相近。天然气发电量占比最大，为 42% (1,802 TWh)，其次是燃煤发电量 (16%，675 TWh) 和其他化石燃料发电量 (0.8%，33 TWh)。



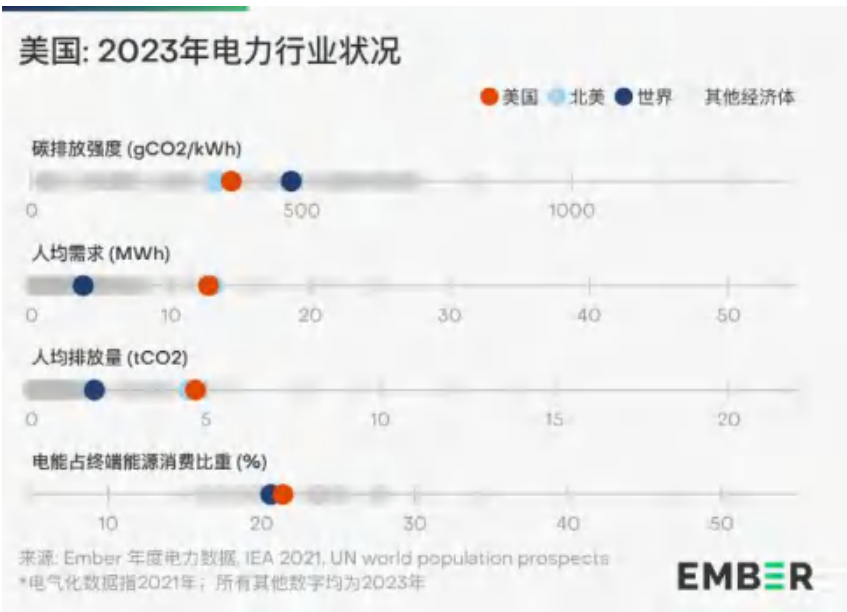
清洁电力占美国电力结构的 41%，与全球平均水平 39% 相近。

风力和太阳能发电量占比达到创纪录的 16% (663 TWh)，略高于全球平均水平 13%。

由于对燃煤发电的依赖程度较低，美国的发电碳强度 (369 gCO₂/kWh) 低于全球平均水平 (480 gCO₂/kWh)。

然而，美国电力行业人均排放量 (4.7 tCO₂) 比全球平均水平 (1.8 tCO₂) 高出近三倍。这是因为美国的人均电力需求高达 12.7 MWh，是全球平均水平 3.7 MWh 的三倍多。

2021 年，电力占美国最终能源消耗的 21%，与世界平均水平 21% 持平。随着交通和工业等行业的电气化，这一数字预计将会增加。

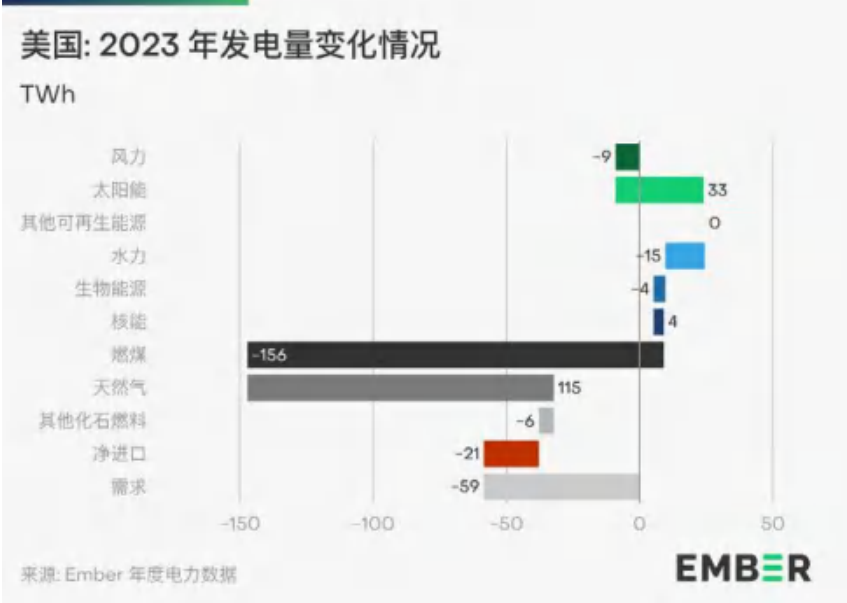


美国: 2023 年的变化

2023 年，全球天然气发电量因美国天然气发电量的增长而止稳

2023 年，美国电力需求下降 1.4% (-59 TWh)，而全球需求增长 2.2%。美国 2013 年至 2022 年间的需求有所增长，平均增长率为 0.6%。2023 年的下降主要是由于住宅行业的需求下降 3.6%(Ember 根据[美国电力销售额](#)计算)，这主要是由于公用事业价格上涨、通货膨胀和相对温暖的冬季所致。

由于美国持续关闭燃煤发电厂，2023 年的燃煤发电量急剧下降 19% (-156 TWh)。因此，与 2022 年 (19%) 相比，燃煤发电量在美国电力结构中的占比 (16%) 下降了 3 个百分点。按照美国天然气替代燃煤发电的趋势，2023 年，在所有发电来源中，天然气发电量的绝对增长量最大，增长了 6.8% (+115 TWh)。

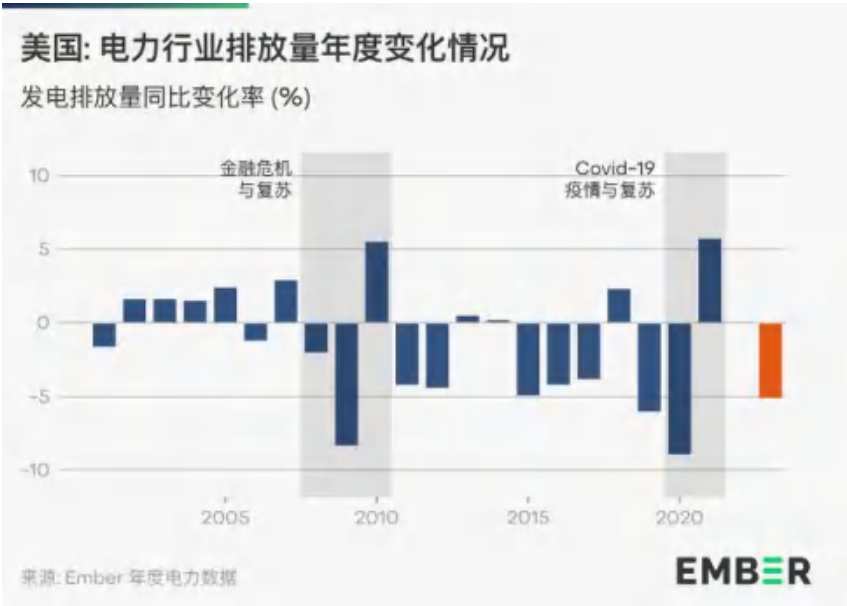


2023 年，全球天然气发电量因美国天然气发电量的增长而止稳。2023 年，世界其他地区 (不包括美国) 的天然气发电量下降 62 TWh，而美国的增幅几乎是该数字的两倍 (+115 TWh)。

2023 年，美国太阳能发电量增长 33 TWh (+16%)，绝对增长量位居第二，仅次于中国。美国的太阳能发电量增长占全球增长的 11%。由于风力条件较差，风力发电量下降 2.1% (-9.1 TWh)，但 2023 年及之后不断增长的装机容量表明，[2024 年将会实现增长](#)。

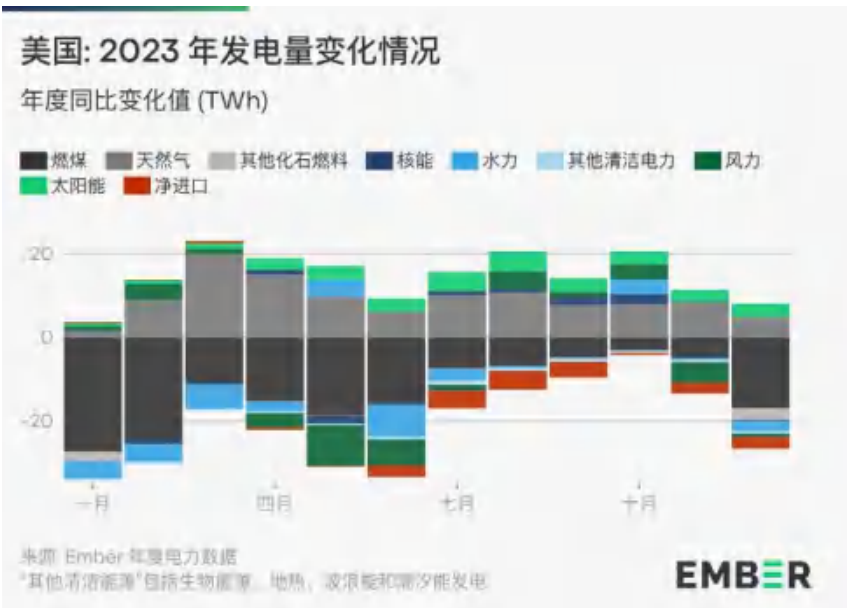
与 2022 年相比，2023 年美国电力行业的排放量下降 5.1% (-85 MtCO₂)，与日本的降幅 (-7.3%) 相近，但低于欧盟 (-19%)。该减少是由于燃煤发电量急剧下降、太阳能发电量增加以及总体电力需求下降所致。这与全球 1% 的排放量增长和七国集团 7.6% 的排放量增长形成鲜明对比。

2023 年，美国电力行业的排放量在过去 10 年中第七次出现年度下降。2023 年的排放量下降幅度是 2013 年至 2022 年十年间平均年排放量降幅 (-2%) 的两倍。



与 2022 年上半年相比，美国的燃煤发电量下降幅度最大，燃煤发电量在很大程度上被额外的天然气发电量所取代。由于干旱状况，该年度上半年大部分月份的水力发电量也有所下降。

太阳能发电量全年持续同比增长，其中美国夏季期间增幅最大。恶劣的风力条件意味着该年大部分时间月风力发电量保持在 2022 年的水平以下。风力发电量的最大降幅出现在 5 月份 (-9.9 TWh)。



美国：长期趋势

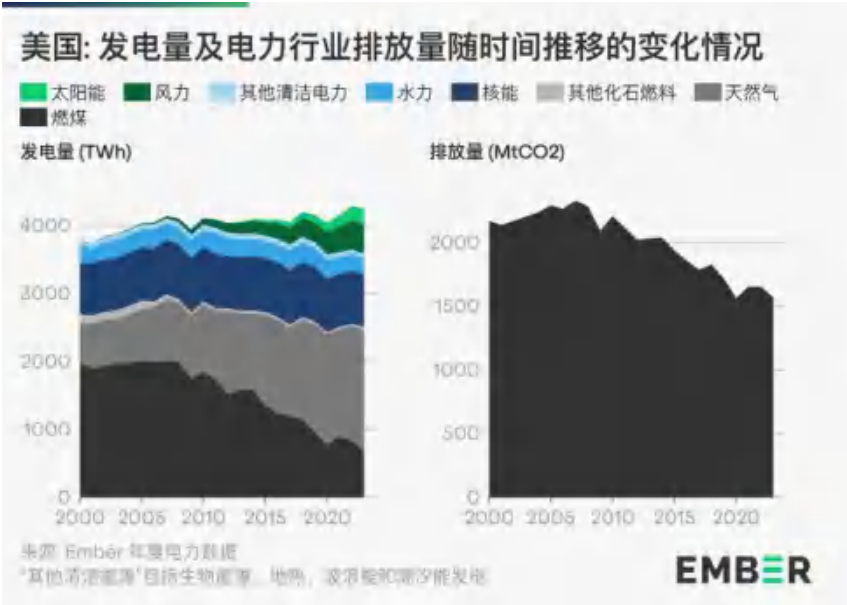
由于燃煤发电量的下降，美国电力行业的排放量在 2007 年达到峰值，此后下降了 33%

自 2007 年达到峰值以来，美国电力行业的排放量一直在下降。2023 年，排放量为 1,570 MtCO₂，比峰值水平 2,331 MtCO₂ 低约 33%。自 2007 年以来，美国电力行业排放量的减少是由风力和太阳能发电量的增长以及天然气取代燃煤发电所推动。尽管电力需求有所增加，但排放量还是实现了下降。2023 年，电力需求保持在 4,270 TWh，比 2000 年高出约 11%。

2015 年前，美国的主要电力来源一直是燃煤。然而，随着燃煤发电在经济上变得越来越不可行，且监管越来越严格，越来越多的燃煤发电厂在整个 2010 年代退役。

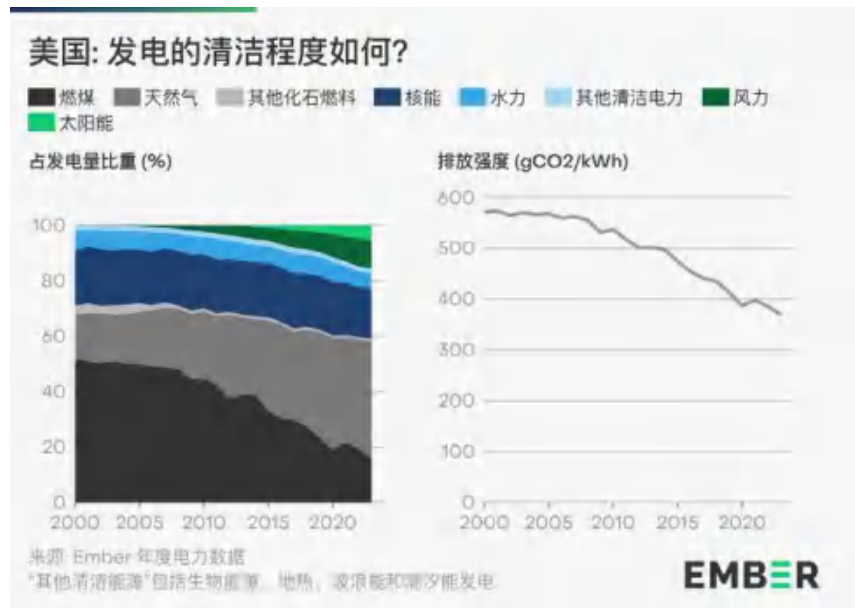
随着风力和太阳能发电量的增加，大部分退役发电厂的发电量被天然气发电量所取代。到 2015 年，天然气已经取代燃煤成为美国最大的电力来源。事实上，自 2015 年以来，燃煤发电量下降的 69% 由天然气发电量的增加所弥补。在此期间，美国天然气发电量的增长占全球天然气发电量总增长量的 43%。

在清洁能源中，风力发电量自 2000 年以来增长最快，其次是太阳能发电量。风力发电量从 2000 年的 5.6 TWh 增至 2023 年的 425 TWh。与此同时，太阳能发电量在 2023 年创下 238 TWh 的历史新高，高于 2000 年的 0.5 TWh。



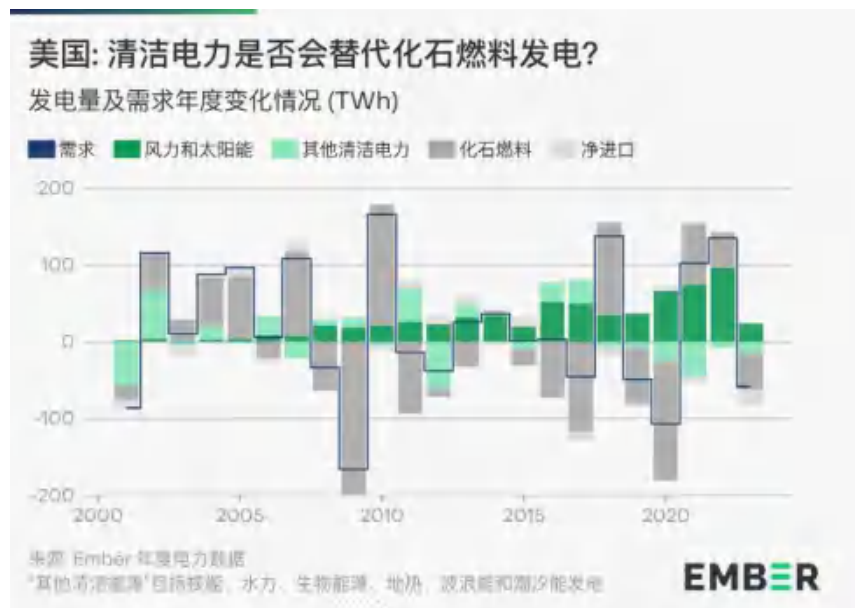
自 2000 年以来，清洁能源发电量在美国电力结构中的占比大幅增加。2000 年，风力和太阳能发电量仅占该国发电量的 0.2%，但到 2023 年，这一比例已达到 16%。

2023 年，美国电力行业的排放强度大幅下降至 369 gCO₂/kWh，比 2000 年的水平 (571 gCO₂/kWh) 下降 35%。这是由于多种因素所导致，而太阳能和风力发电部署的增加以及燃煤发电量的减少是主要原因。



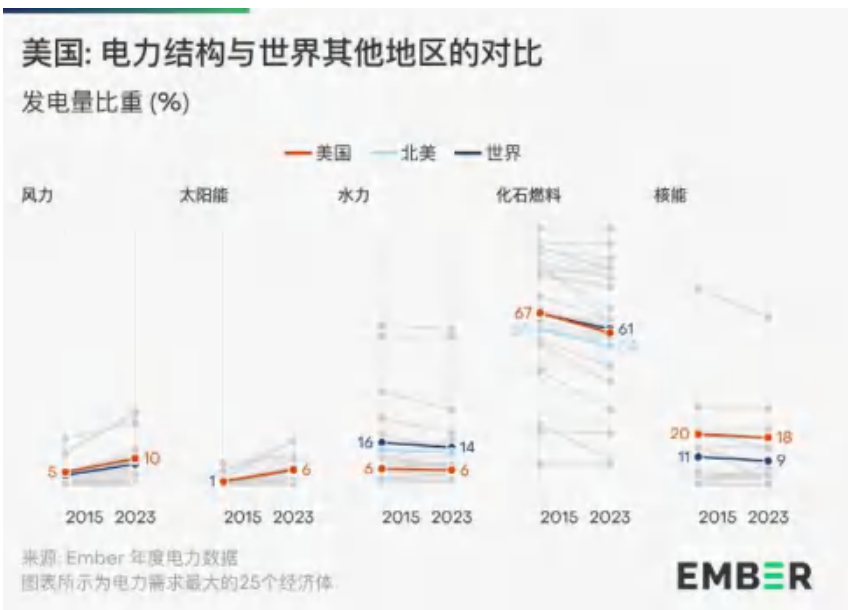
2023 年，由于电力需求下降，美国化石燃料发电量下降。太阳能发电量的增加进一步减少对化石燃料发电量的需求，但如果其他清洁能源（主要是水力和风力）发电量未减少，降幅可能会更大。事实上，自 2018 年以来，除风力和太阳能以外的清洁能源发电量每年都在下降，这主要是由持续干旱导致的水力发电下降所造成。

此外，2016 年是电力需求增加的最后一年，同时化石燃料发电量出现下降。由于交通和工业的电气化，电力需求预计将增加。加快风力和太阳能发电的部署，并避免其他清洁能源发电量的进一步下降，是减少化石燃料发电量和排放的关键。



自 2015 年签署《巴黎协定》以来，美国的电力结构变得更加清洁。化石燃料发电量在电力结构中的占比下降 8 个百分点，从 2015 年的 67% 降至 2023 年的 59%。

在同一时间段内，美国风力和太阳能发电量从 2015 年的 5.6% 增至 2023 年的 15.6%，增长 10 个百分点，这比同期的全球变化要快。全球的风力和太阳能发电量从 2015 年的 4.5% 增至 2023 年的 13.3%（增长 8.8 个百分点）。其他清洁能源发电量的占比有所下降，水力和核能发电量分别下降 0.5 和 1.3 个百分点。

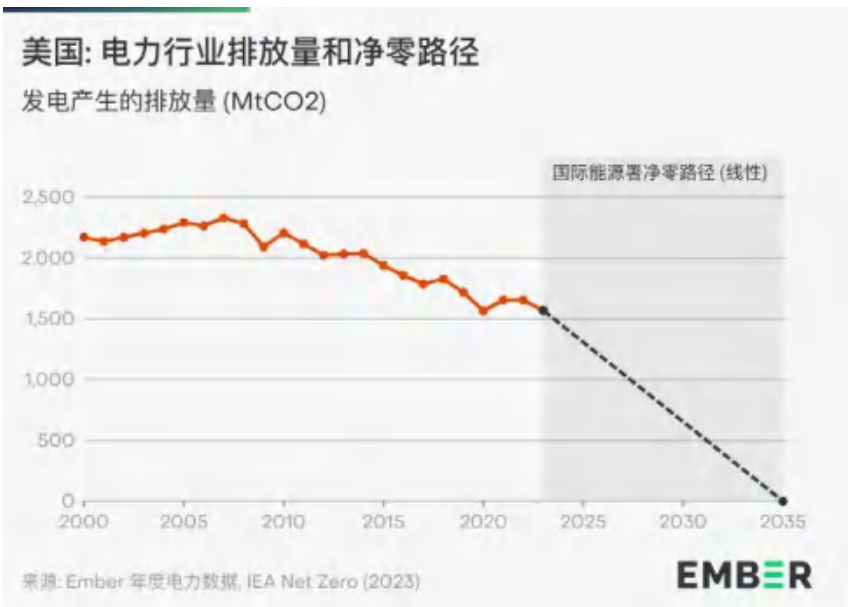


美国: 实现净零目标的进展

美国电力行业排放量的下降速度要提高三倍才能实现净零排放目标

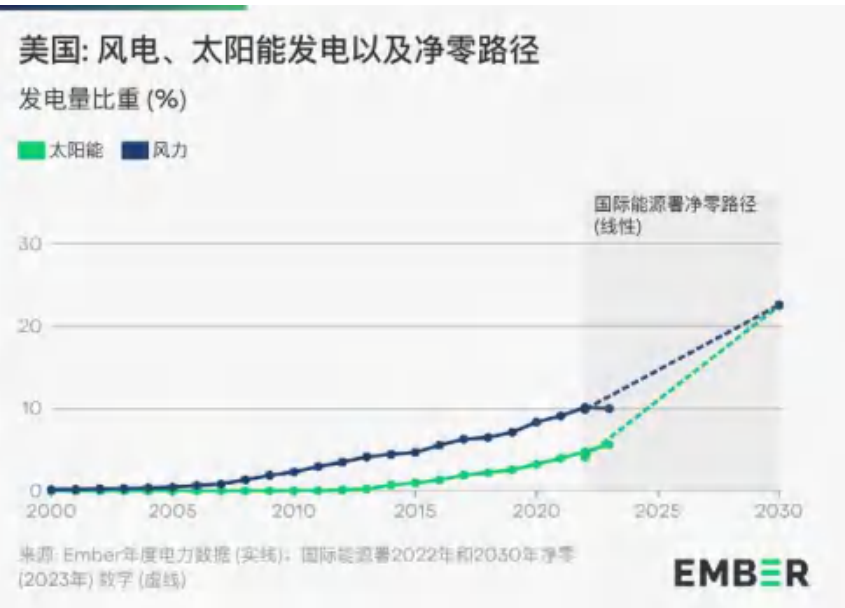
根据[国际能源署净零排放方案](#)，美国和其他发达经济体的电力行业排放量需要在 2035 年降至零。

自 2015 年以来，排放量平均每年下降 50 MtCO₂。为了与国际能源署净零排放方案保持一致，从 2024 年起，该排放量须加速至每年减少 139 MtCO₂。



国际能源署估计，风力发电量占比需在 2030 年达到美国电力结构的 22.6%，比 2023 年的 10% 增加一倍多。同样，太阳能发电量需达到 22.5%，而 2023 年的占比为 5.6%。

《通胀削减法案》及《两党基础设施法》等其他支持清洁能源的政策，预计将就 [2030 年前实现 938 GW 的可再生能源发电装机容量](#) 为美国设定航向。为了实现这一隐含目标（定义见 [Ember 的可再生能源追踪器](#)），美国需要在 2030 年前平均每年增加 73 GW 的可再生能源发电装机容量，这是 2022 年新增装机容量的三倍。



5.3 印度

关键点

01

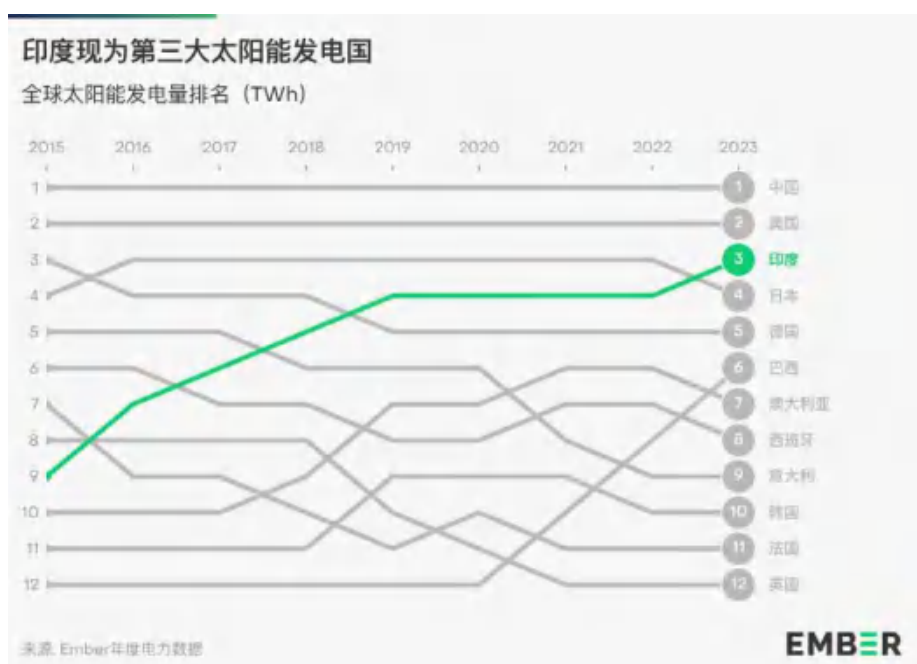
2023 年，印度超过日本成为第三大太阳能发电国，太阳能发电量占全球增长的 5.9%

02

2023 年的太阳能发电量是 2015 年的 17 倍，但印度的大部分需求增长仍然依靠燃煤发电量来满足

03

尽管印度对燃煤发电的依赖程度很高，但其电力行业的人均排放量在 20 国集团中为第四低

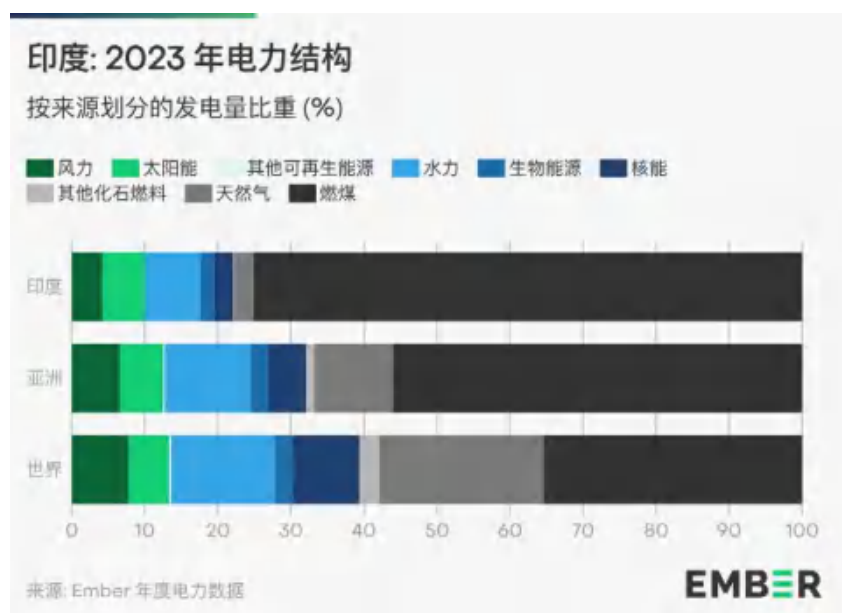


印度：现状

尽管印度对燃煤发电的依赖程度很高，但其电力行业的人均排放量在 20 国集团中为第四低

2023 年，印度是全球第三大电力行业排放国，发电排放量为 1,404 MtCO₂，仅次于中国 (5,491 MtCO₂) 和美国 (1,570 MtCO₂)。

2023 年，印度 78% (1,536 TWh) 的电力来自化石燃料，高于 61% 的全球平均水平和 68% 的亚洲地区平均水平。燃煤发电量的占比最大，为 75% (1,480 TWh)，在 20 国集团中仅次于南非，位居第二。天然气发电量占比为 2.6% (51 TWh)，而其他化石燃料发电量占比为 0.2% (4.0 TWh)。

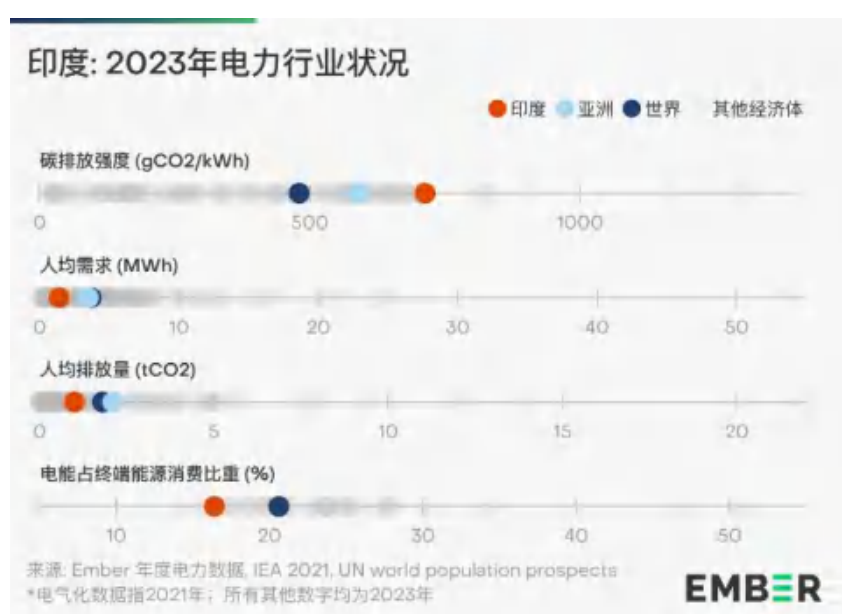


清洁能源发电量占印度电力结构的 22%，而全球平均水平为 39%，亚洲为 32%。

尽管印度的风力和太阳能发电量占比达到创纪录的 9.9% (196 TWh)，但仍比 13.4% 的全球平均水平低 3.5 个百分点。在亚洲，中国 (16%)、日本 (12%) 和越南 (13%) 的风力和太阳能发电量在其各自的电力结构中占比较高。

印度的发电碳强度 (713 gCO₂ per kWh) 比全球平均水平 (480 gCO₂/kWh) 高，2023 年燃煤发电量占其总发电量的四分之三。

然而，印度电力行业的人均排放量 (1.0 tCO₂) 仅略高于全球平均水平 (1.8 tCO₂) 的一半，甚至比亚洲平均水平 (2.1 tCO₂) 更低。该数字在 20 国集团中也为第四低。



这是因为印度的人均电力需求 (1.4 MWh) 明显低于全球平均水平 (3.7 MWh)，不到亚洲平均水平 (3.5 MWh) 的一半。

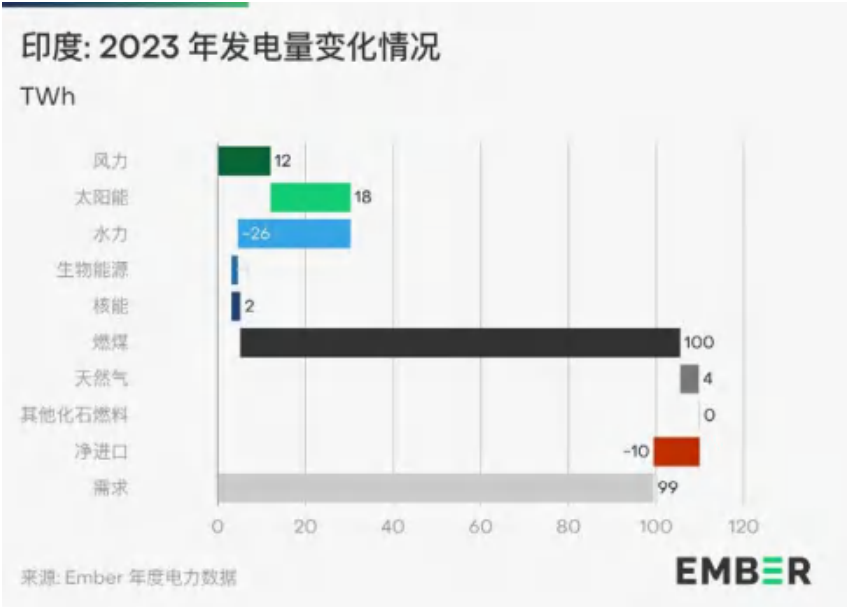
2022 年，电力占印度最终能源消耗的 16%，远低于世界平均水平 21%。随着印度经济的电气化，该数字预计还会增加。

印度: 2023 年的变化

2023 年，印度超过日本成为第三大太阳能发电国，太阳能发电量占全球增长的 5.9%

与上一年相比，2023 年印度的电力需求增长 5.4% (99 TWh)，是全球增长速度 (+2.2%) 的两倍多。这与该国过去十年的平均年需求增长率 (+5.4%) 一致，并低于 2022 年的水平，当时由于经济从新冠肺炎疫情中反弹，需求增长率大幅上升 (+8.3%)。

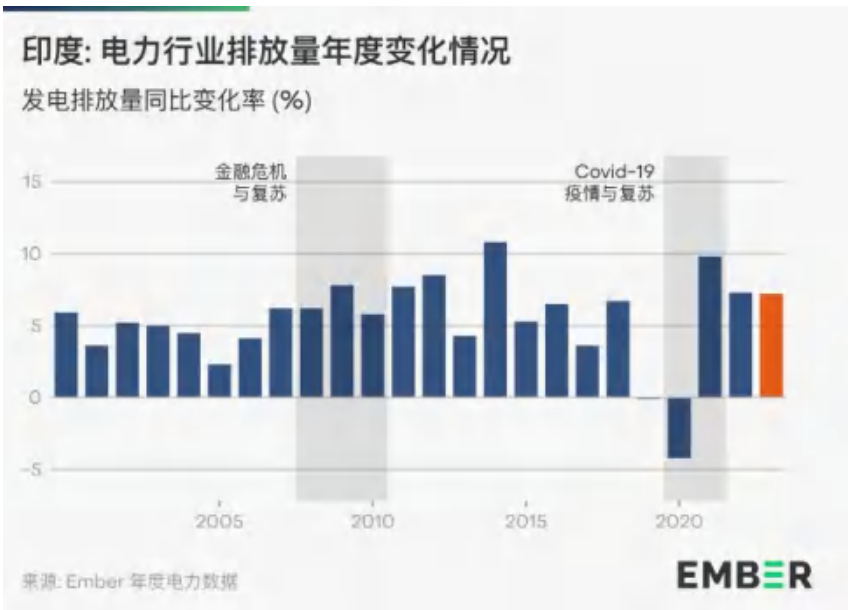
风力和太阳能发电量合计增加 30 TWh。这满足了印度 30% 的需求增长。印度的风力和太阳能发电量增长位居全球第三，仅次于中国和巴西。仅太阳能发电量就增长了 18 TWh，占 2023 年全球太阳能发电量增长的 5.9%。因此，印度在 2023 年超过日本成为第三大太阳能发电国。



在印度的发电来源中，燃煤发电量的绝对增幅最大 (+7.3%, +100 TWh)。印度的燃煤发电量增幅也位居全球第二，仅次于中国，是仅有的四个增幅超过 10 TWh 的国家之一。印度燃煤发电增长量的 26% 是由于干旱导致的 26 TWh 水力发电量缺口所造成。因此，2022 年至 2023 年，燃煤发电量在印度发电量中的占比上升了一个百分点，达到 75%。

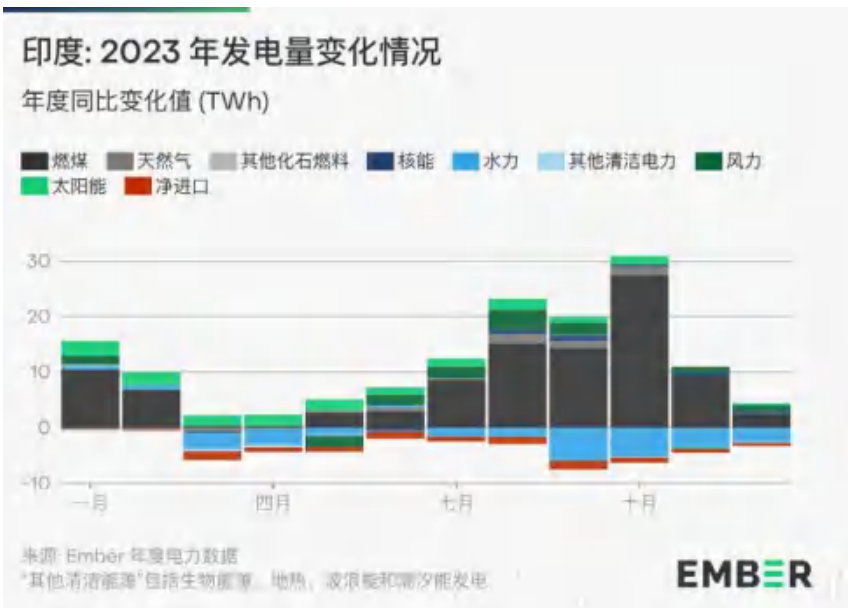
由于燃煤发电量的增加，与 2022 年相比，2023 年印度电力行业的排放量增加了 7.2% (+94 MtCO₂)。这远高于全球 1% 的增幅，也高于包括中国 (+5.9%) 在内的大多数 G20 国家。2023 年，G20 国家中唯一一个相对排放量增幅较大的国家是墨西哥 (+11%, +17 MtCO₂)。

自新冠肺炎疫情及其引发的电力需求下滑使 2020 年排放量减少 4.2% 后，印度电力行业排放量已连续三年回升。



与 2022 年相比，印度的水力发电量在 2023 年大部分时间均有所下降，而且由于干旱，2023 年下半年尤其如此。因此，燃煤发电量的增加更大程度上弥补了水力发电量的下降。8 月至 10 月，燃煤发电量增长最快，2023 年 10 月的发电量比 2022 年 10 月高出 27 TWh。

太阳能发电量全年也有所增加，1 月份增幅最大，为 2.7 TWh。

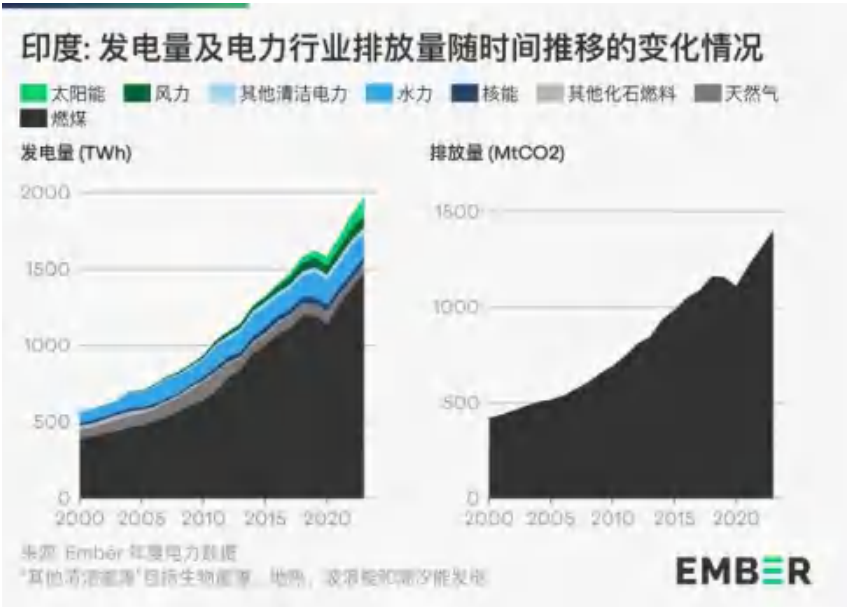


印度：长期趋势

2023 年的太阳能发电量是 2015 年的 17 倍，但印度的大部分需求增长仍然依靠燃煤发电量来满足

印度的太阳能发电量在过去二十年中大幅增长，从 2000 年的仅 0.01 TWh 增至 2023 年的 113 TWh。大部分增长发生在过去五年。2023 年的发电量是 2015 年的 17 倍 (6.6 TWh)。自 2019 年以来，太阳能发电量增加了一倍多 (+145%, +67 TWh)。

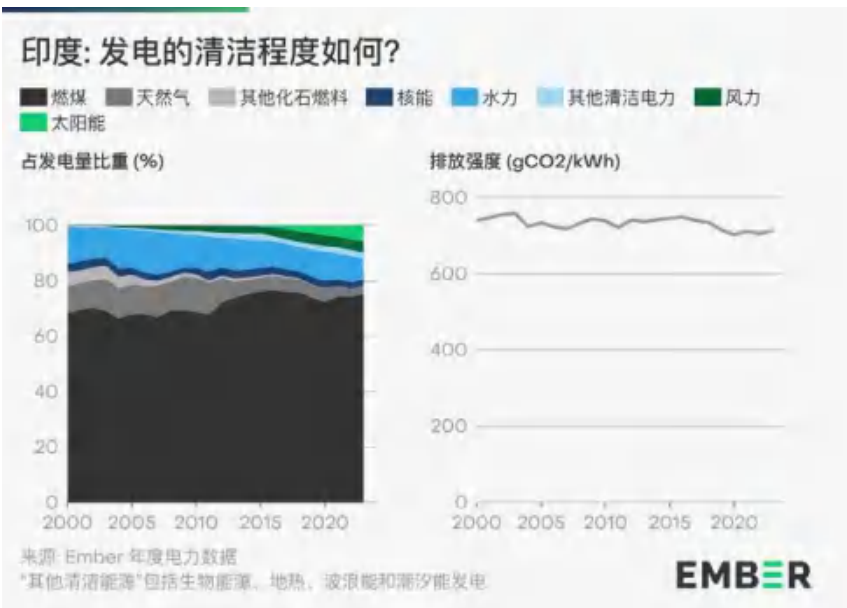
然而，燃煤发电量出现自 2000 年以来的最大涨幅，从 2000 年的 390 TWh 增至 2023 年的 1,480 TWh，增加了近四倍 (+1,090 TWh)。因此，2000 年以来，印度的电力行业排放量也增加了两倍多。然而，如果风力和太阳能发电量在过去二十年中没有增长，而这一需求由燃煤发电满足，则印度电力行业 2023 年的排放量将会高出 13%。鉴于目前电力需求和燃煤发电量的增长，排放量不太可能很快达到峰值。



虽然印度电力行业的总排放量有所增加,但电力的排放强度略有下降。

燃煤发电量占比从 2000 年的 68% 增至 2023 年的 75%。天然气和其他化石燃料的发电量有所下降。

2000 年，风力和太阳能发电量仅占印度发电量的 0.3%,但 2023 年，这一比例已跃至 9.9%。其他清洁能源发电量有所下降，其中水力发电量的占比从 13% 降至 7.6%。核能发电量仍占印度发电量的 2-3%。

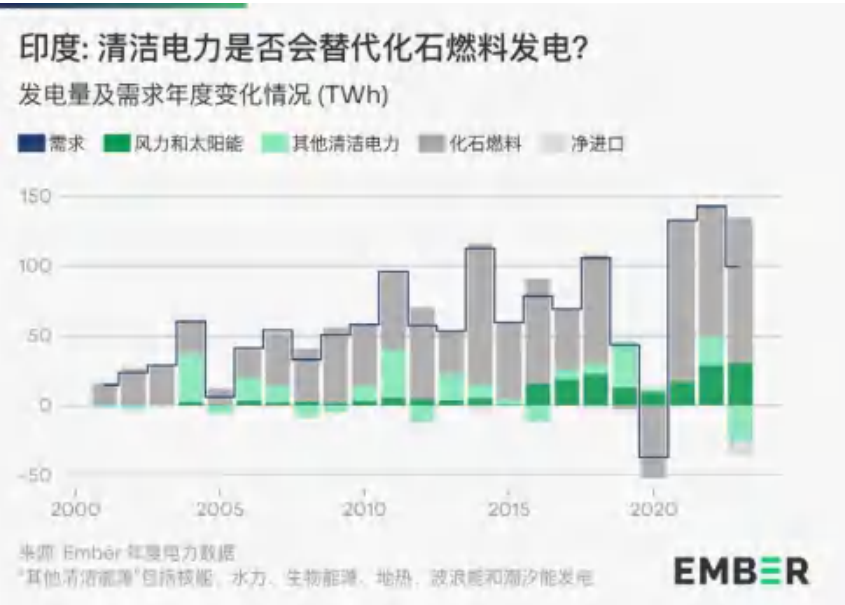


然而，风力和太阳能发电量的增加足以将清洁电力的总体占比从 2000 年的 17% 增至 2023 年的 22%。

因此，印度电力行业的排放强度略微下降至 713 gCO₂/kWh，低于 2000 年的水平 (740 gCO₂/kWh)。

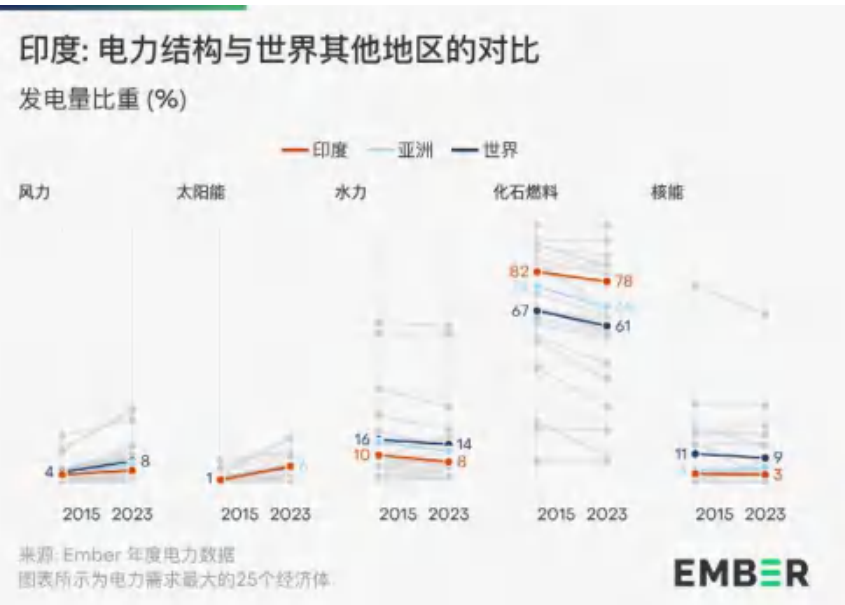
尽管有所进展，但风力、太阳能和其他低碳能源的增长速度仍不足以满足印度快速增长的电力需求，导致电力行业的排放量持续上升。

2023 年，清洁能源发电量的增长仅满足印度需求增长的 5.2%。虽然太阳能和风力发电量满足 30% 的增长，然而由于水力发电量的不足，仍出现了电力短缺的现象。仅有两年清洁电力的增长超过了需求增长：2019 年是因为水力条件良好且需求增长缓慢，而 2020 年则是由于疫情导致需求下降。



加快清洁电力的增长将是满足不断增长的电力需求的关键。近期水力条件的波动更加突出增加风力和太阳能等其他清洁能源发电量的重要性。

尽管清洁电力的增长速度不足以满足需求增长，但自 2015 年《巴黎协定》签署以来，印度的电网已经变得更加清洁。化石燃料发电量在印度电力结构中的占比从 82% 降至 78%，下降 4 个百分点。然而，相比之下，化石燃料发电量在全球电力结构中的占比下降更快，下降了 6 个百分点。



在此期间，印度的水力发电量占比有所下降（2.5 个百分点），但低于亚洲的平均降幅（3.4 个百分点）。

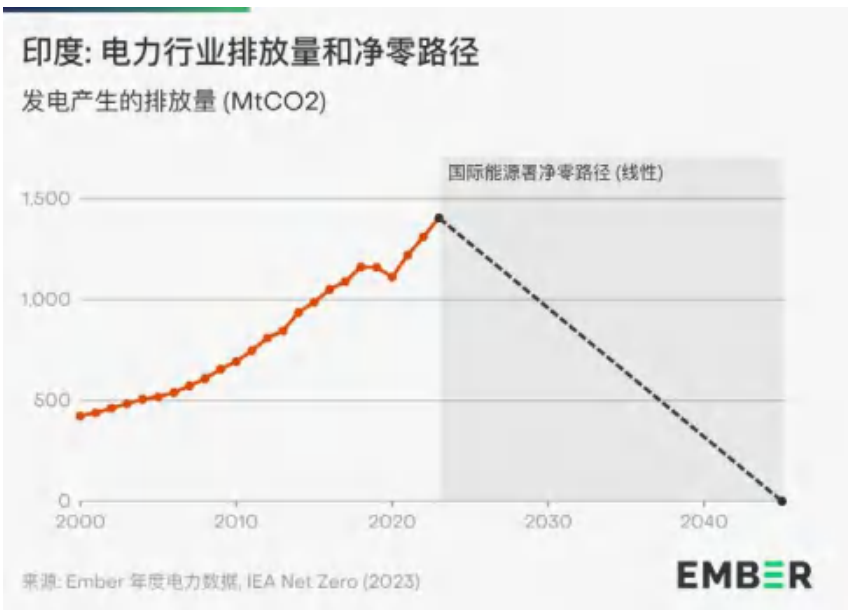
风力和太阳能发电量在总发电量中的占比均有所增加。太阳能发电量从 2015 年的仅 0.5% 增至 2023 年的 5.8%。这符合全球和亚洲的趋势。印度的风力发电量从 2.5% 小幅增长至 4.2%，但落后于全球风力发电量的增幅。

印度：实现净零目标的进展

随着需求增长超过清洁能源发电量增长，印度的排放量继续增加

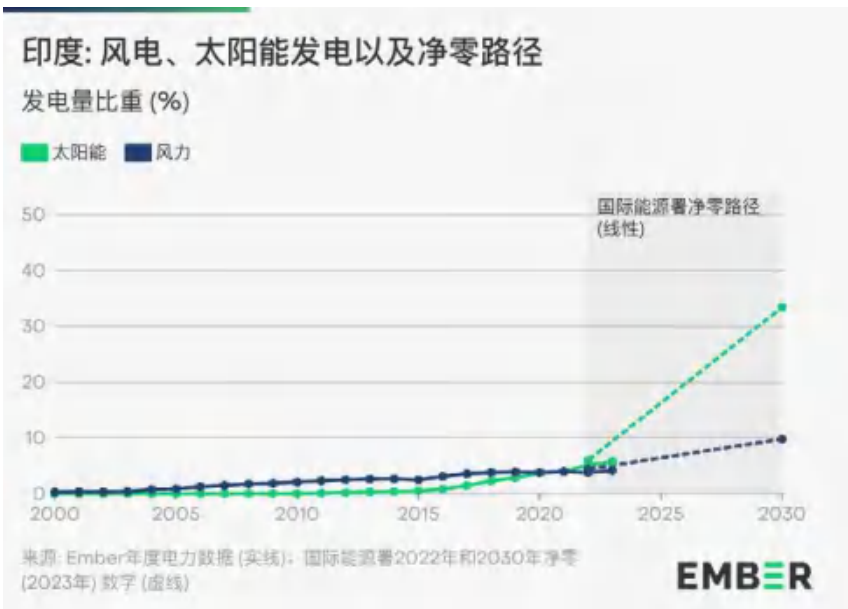
印度电力行业的排放量预计将在未来几年内增加，直到清洁能源增长足够快，能够满足电力需求的所有增长，这将促成化石燃料排放量达到峰值，并开始下降。

然而，为了与国际能源署的净零排放方案保持一致，电力行业需要在 2045 年前实现脱碳。这需要扭转印度目前的排放轨迹。



印度政府已制定雄心勃勃的可再生能源发电量目标，到 2030 年，太阳能发电量将达到 602 TWh，风力发电量将达到 237 TWh。实现该等目标需要太阳能和风力发电量的年增长率分别达到 27% 和 16%，而这一目标在 2023 年已实现。

根据 [Ember 的计算](#)，该等目标需要进一步提高，以符合国际能源署净零排放方案，这需要 1,010 亿美元的额外融资。



太阳能发电量需要增至 819 TWh，风力发电量需要增至 259 TWh，才能达到国际能源署为印度设定的 2030 年目标，即太阳能发电量占 33%，风力发电量占 9.8%。

印度是少数几个计划[到 2030 年将可再生能源发电装机容量增加两倍](#)的国家之一，目标是 509 GW。根据[Ember 分析](#)，印度需要大幅增加年装机容量才能实现这一目标。

5.4 欧盟

关键点

01

2023 年，风力发电以 17.5% 的比例超过天然气成为欧盟第二大电力来源，是全球平均水平 7.8% 的两倍多

02

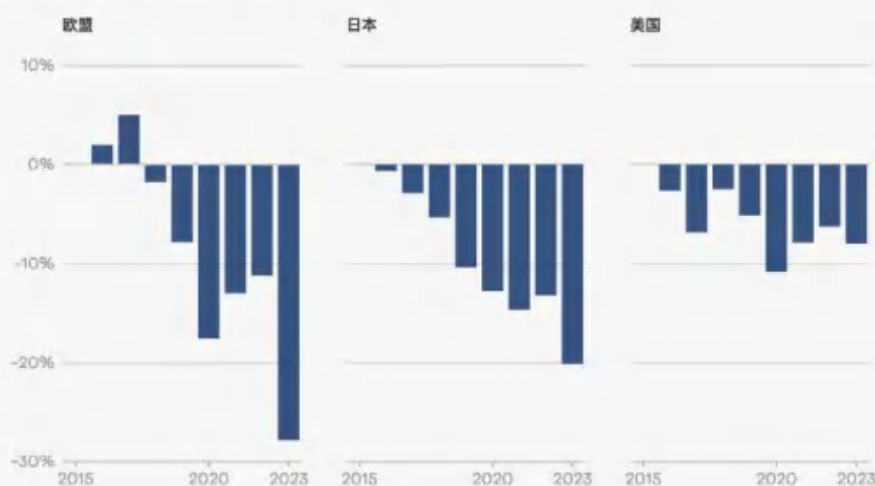
2023 年，欧盟的太阳能和风力发电量增长占全球增长的 17%

03

在过去的十年中，欧盟的燃煤发电量降幅位居第二，仅次于美国，这推动了排放量的降低

在经合组织的主要排放国中，欧盟从化石燃料的转型力度最大

2015年以来化石燃料发电量的变化



来源: Ember年度电力数据

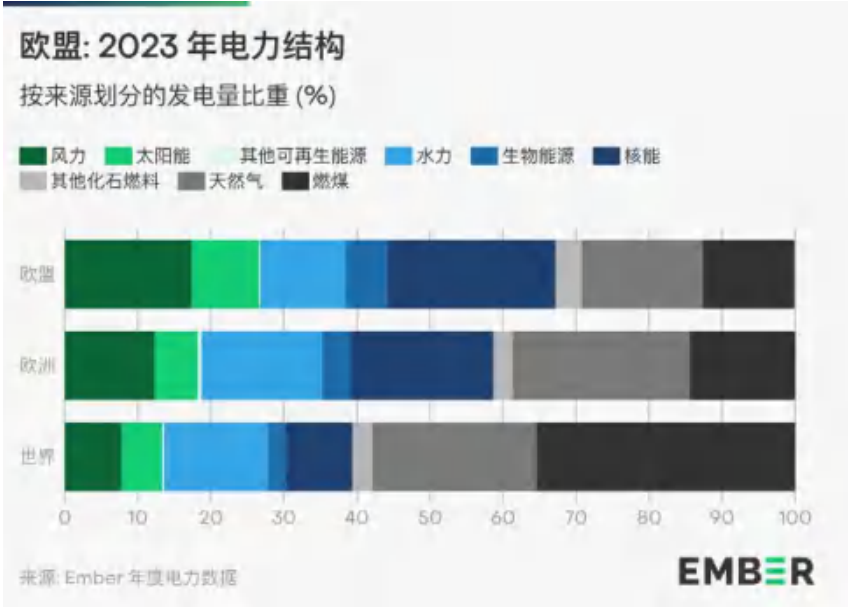
EMBER

欧盟：现状

2023 年，风力发电以 17.5% 的比例超过天然气成为欧盟第二大电力来源，是全球平均水平 7.8% 的两倍多

2023 年，欧盟的电力行业排放量为 657 MtCO₂，位居全球第四，仅次于中国、美国和印度。

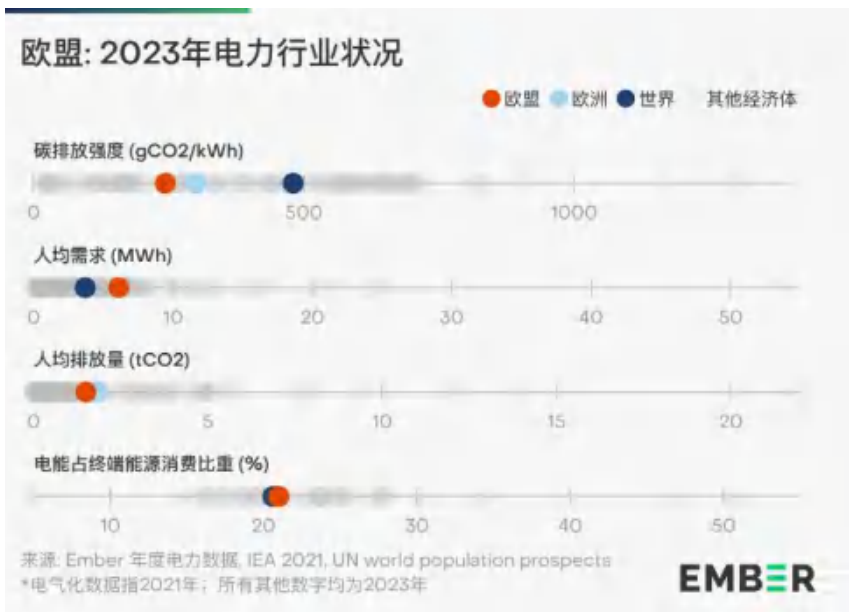
在四大排放国中，欧盟的化石燃料发电量在电力结构中占比最低，仅为 33%。这大约是化石燃料发电量在全球电力生产中占比（61%）的一半。在欧盟，天然气发电量的作用（16.7%，449TWh）比燃煤发电量（12.5%，336TWh）更大。与整个欧洲（包括俄罗斯和土耳其等国）相比，欧盟对化石燃料的依赖性更小。



清洁能源发电量占欧盟电力结构的 67%。核能仍然是最大的单一电力来源（23%，619 TWh）。风力以 17.5% 的占比成为欧盟第二大电力来源，首次高于天然气的 16.7%。风力和太阳能发电量的占比在 2023 年达到创纪录的 26.6%（718 TWh），几乎是全球占比 13.4% 的两倍。

欧盟发电的碳强度为 244 gCO₂/kWh，几乎是全球平均水平（480 gCO₂/kWh）的一半。这是因为欧盟的清洁电力占比高于全球平均水平。

欧盟电力行业的人均排放量为 1.5 tCO₂，低于世界平均水平 1.8 tCO₂。



同时，欧盟的人均电力需求（6.1 MWh）几乎比世界平均水平（3.7 MWh）高出三分之二。

2021 年，电力占欧盟最终能源消耗的 21%，与世界平均水平相近。随着成员国进一步电气化，预计该数字还会增加。

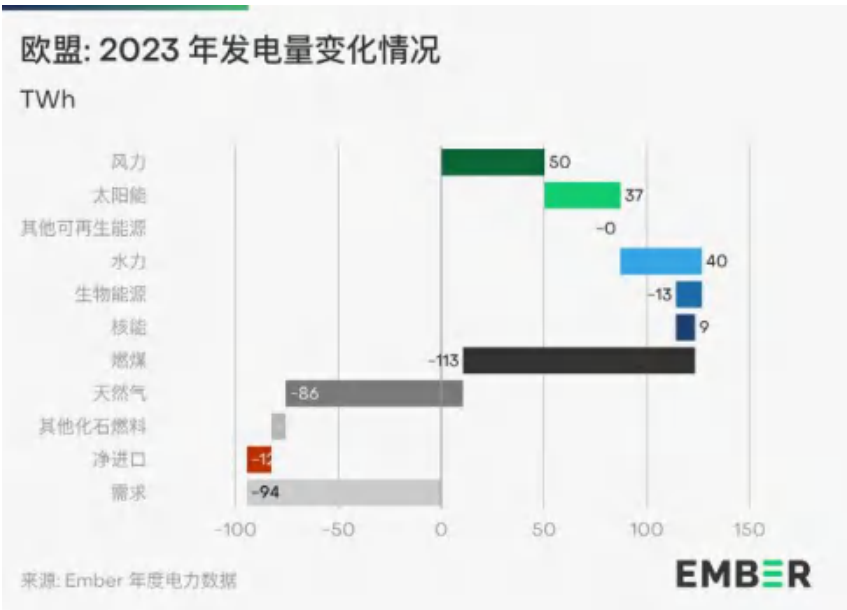
欧盟：2023 年的变化

2023 年，欧盟的太阳能和风力发电量增长占全球增长的 17%

2023 年欧盟电力需求下降 3.4% (-94 TWh)。该下降主要是由能源密集型行业的产出减少所致。在过去十年中，欧盟的电力需求以年均 0.4% 的速度下降。2023 年的下降百分比与 2022 年相近，当时欧盟开始努力应对俄罗斯入侵乌克兰引发的天然气危机。

由于清洁电力的强劲增长 (+123 TWh, +7.3%)，燃煤和天然气发电量均大幅下降，分别下降 25% (-113 TWh) 和 16% (-86 TWh)。这是至少自 2000 年以来欧盟化石燃料发电量的最大绝对降幅。风力发电量的绝对增幅达到欧盟历史最高水平，增长 50 TWh (+12%)。太阳能发电量也大幅增长 37 TWh (+18%)。

风力和太阳能发电量增长最快的是法国 (+14 TWh)、德国 (+13 TWh)、西班牙 (+12 TWh) 和荷兰 (+12 TWh)。因此，2023 年，欧盟的太阳能和风力发电量增长占全球增长的 17%。



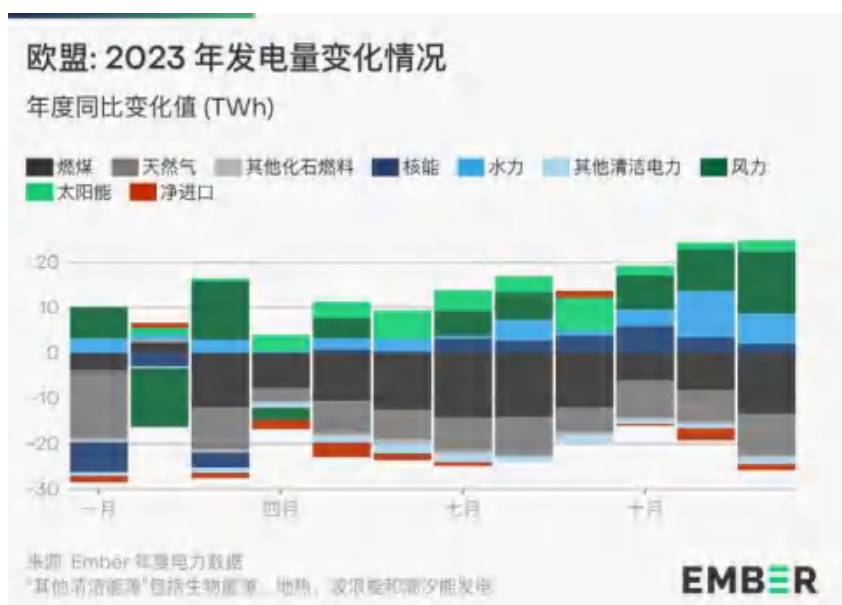
由于燃煤和天然气发电量下降、总电力需求下降以及清洁发电量增长，与 2022 年相比，2023 年欧盟电力行业的排放量减少 19% (-154 MtCO₂)。这与全球及 20 国集团形成鲜明对比，全球及 20 国集团电力行业的排放量均增加了 1%。

这是欧盟自 2000 年以来电力行业排放量的最大绝对降幅。排放量的同比百分比变化 (-19%) 是 2013 年至 2022 年间平均排放量降幅 (-2.8%) 的近 7 倍。



欧盟较低的电力需求以及风力和太阳能发电量的强劲增长导致整个 2023 年的燃煤和天然气发电量有所下降。由于良好的风力和水力条件，欧盟化石燃料发电量在 12 月份下降最多，与 2022 年 12 月相比下降 23 TWh (-24%)。

太阳能发电量夏季增幅最高，9 月 (+7.1 TWh) 和 6 月 (+6.2 TWh) 同比增幅最大。



欧盟：长期趋势

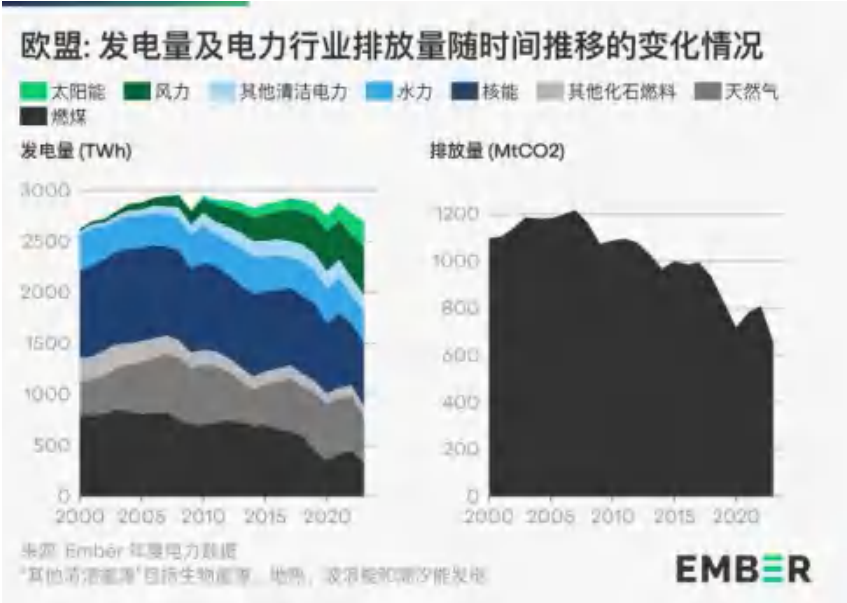
在过去的十年中，欧盟的燃煤发电量降幅位居第二，仅次于美国，推动排放量降低

21 世纪初，欧盟的电力需求呈上升趋势，年均增长率为 1.5%。然而，自全球金融危机以来，该趋势已经逆转，2008 年至 2023 年间平均每年下降 0.6%。

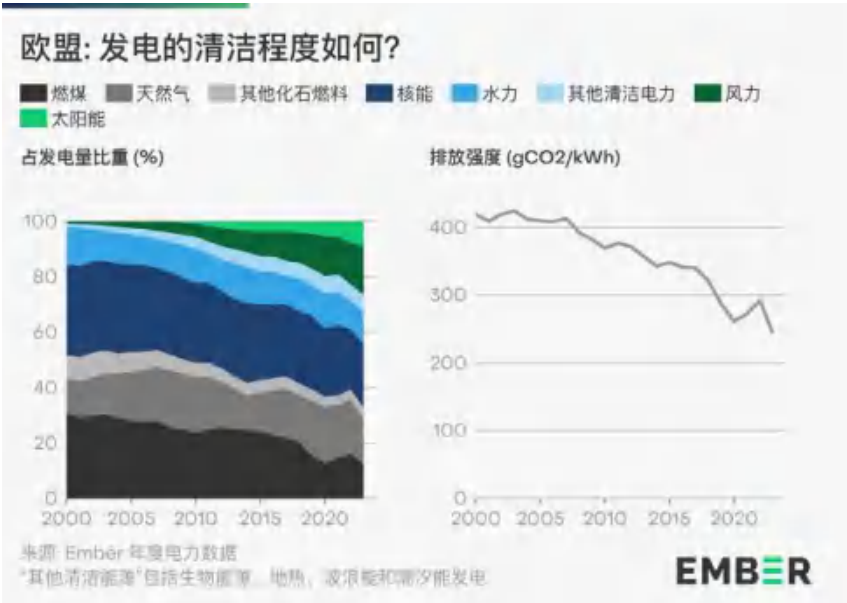
由于新冠肺炎疫情，2020 年电力需求也大幅下降。欧盟的电力需求在 2021 年反弹至 2019 年的水平，但在 2022 年和 2023 年均下降 3% 以上。

相比之下，清洁能源发电量大幅增长，2000 年至 2023 年间增长了 43%。风力和太阳能发电量是清洁能源发电量增长的最大贡献者，尤其是在过去十年中。风力发电量从 2013 年的 209 TWh 增至 2023 年的 470 TWh。太阳能发电量从 2013 年的 84 TWh 增至 2023 年的 248 TWh，增长了两倍。

在过去十年中，欧盟的燃煤发电量下降 393 TWh，降幅位居第二，仅次于美国 (-906 TWh)。欧盟电力行业的排放量在 2007 年达到峰值，此后一直呈下降趋势，并在 2023 年达到最低水平，比峰值低 46%。



虽然 2000 年至 2023 年间欧盟的水力发电量占比保持稳定在 10-14%，但核电在欧盟结构中的占比在 2010 年后开始逐渐下降，从 2010 年的 29% 降至 2023 年的 23%。2000 年至 2023 年，风力和太阳能发电量占总电力结构的比例从 0.8% 增至 27%。化石燃料发电量有所下降，从 2000 年的占总发电量 52% 降至 2023 年的 33%。



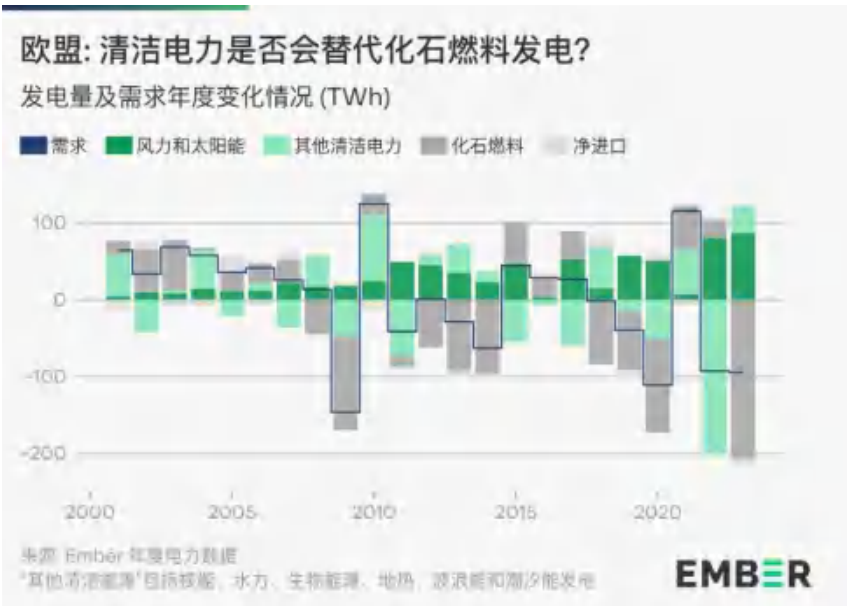
2023 年，欧盟电力行业的排放强度降至 244 gCO₂/kWh，比 2000 年（419 gCO₂/kWh）低 58% 同期，世界平均水平下降 7%。

由于清洁电力增幅大到足以取代化石燃料发电量，欧盟电力行业的排放量在 2007 年达到峰值。因此，欧盟电力行业正在快速脱碳。

然而，这主要是在欧盟电力需求下降的背景下实现的。2008 年是欧盟电力需求唯一增长的一年，清洁电力增幅高于需求增长，导致化石燃料发电量有所降低。除了 2008 年，化石燃料发电量的减少只发生在需求下降的年份。

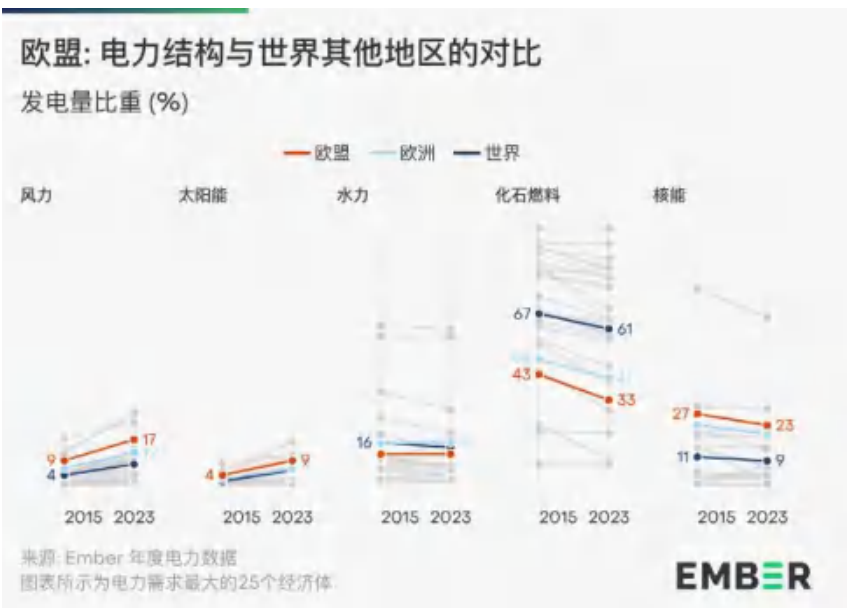
2023 年，欧盟清洁能源发电量的绝对增长 (+123 TWh)，加上需求下降 (-94 TWh)，足以推动化石燃料发电量的大幅下降 (-206 TWh)。

2022 年，尽管风力和太阳能发电量出现创纪录的增长，干旱导致的水力发电量不足意味着化石燃料发电量有所增加。2023 年，发电量恢复至正常水平。由于极端天气和状况恶化，尚不清楚水力发电量是否会趋于稳定。



自 2015 年签署《巴黎协定》以来，欧盟的电网变得更加清洁。化石燃料发电量占比从 43% 降至 33%，下降了 10 个百分点，是全球化石燃料发电量下降百分点的两倍。

风力发电是欧盟电力中占比最大的来源，占比从 2015 年的 9.2% 增至 2023 年的 17.5%，增长 9 个百分点。



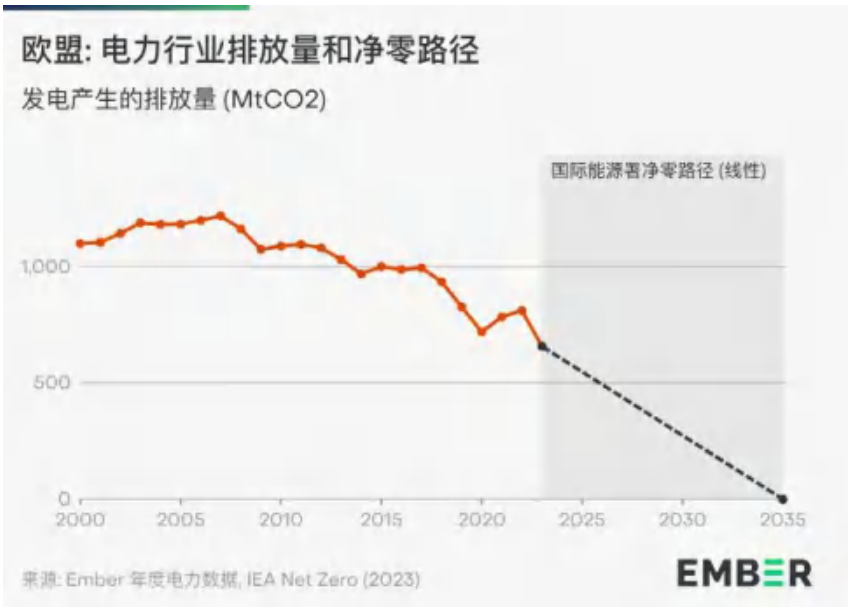
太阳能发电量占比从 2015 年的 3.5% 增至 2023 年的 9.2%，增长 5 个百分点。与世界平均水平相比，欧盟风力发电量占比的增幅要大得多，而太阳能发电量占比的增长与全球趋势一致。

欧盟：实现净零目标的进展

欧盟风力和太阳能发电量的增长有望实现目标

根据[国际能源署净零排放方案](#)，欧盟和其他成熟经济体需要在 2035 年前将电力行业的排放量降至接近零。

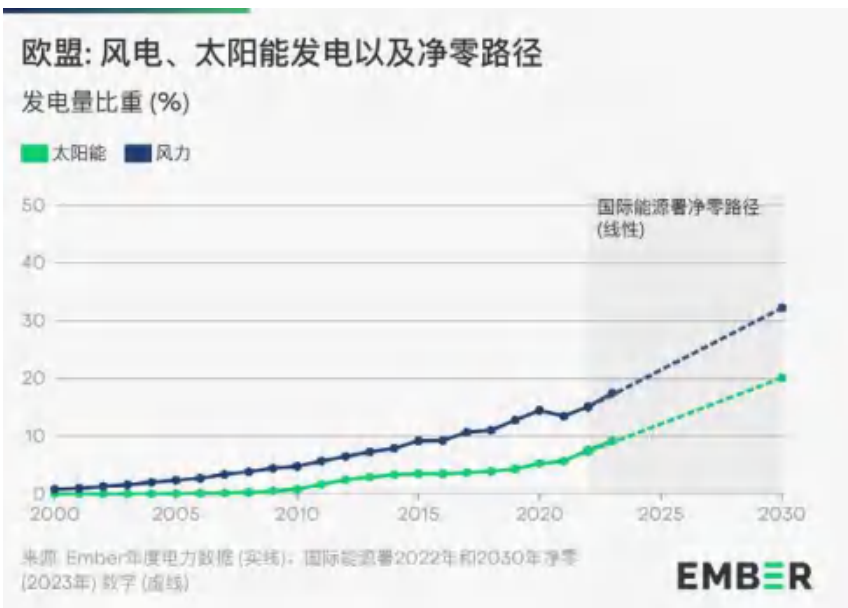
自 2015 年以来，欧盟的年均减排量为 43 MtCO₂。为了与国际能源署的净零排放方案保持一致，年均降幅需达到 54 MtCO₂。如果欧盟继续以目前的速度扩大清洁能源的部署，特别是风力和太阳能，该轨迹则可实现。



在国际能源署的净零方案中，风力和太阳能发电量占比将在整个 2020 年代迅速增加。到 2030 年，风力发电量占比将增至 32%，太阳能发电量占比将增至 20%。到 2030 年，这两种能源加起来将占欧盟发电量的一半以上。

近年来，风力和太阳能发电量的增长也与该轨迹一致。

如 [REPowerEU](#) 计划所建议，欧盟的目标是到 2030 年可再生能源发电装机容量达到 1,236 GW，可再生能源发电量在总发电量中的占比达到 72%。如果年装机容量增长继续保持近期的增长轨迹，则可实现该目标。



5.5 俄罗斯

关键点

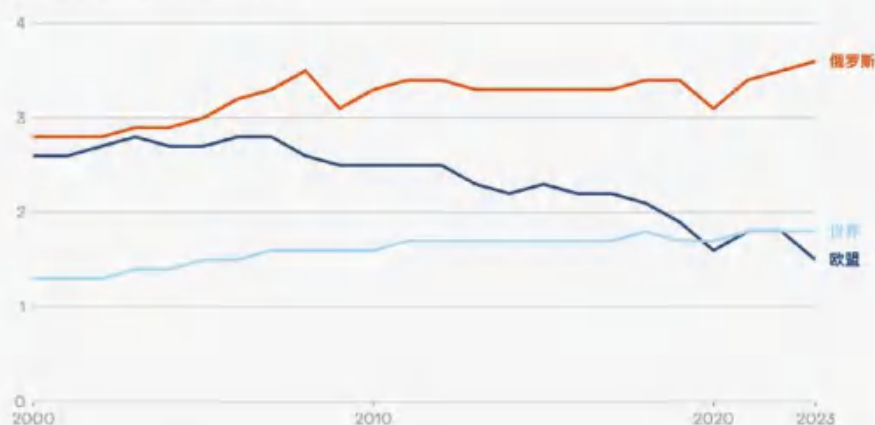
01 2023 年，俄罗斯电力行业的排放量增长 2%，高于全球平均水平

02 2023 年，俄罗斯人均排放量是全球平均水平的两倍

03 与 20 年前相比，俄罗斯的电力结构几乎保持不变

欧盟电力行业人均排放量低于世界平均水平，而俄罗斯的人均排放量继续增长

发电产生的人均二氧化碳吨数



来源: Ember年度电力数据
排放量为CO2当量

EMBER

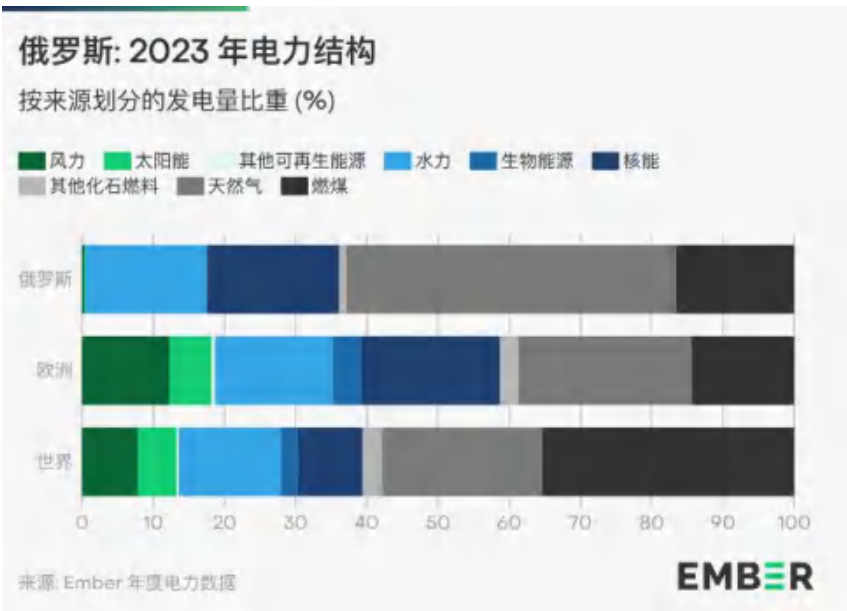
俄罗斯：现状

2023 年，俄罗斯人均排放量是全球平均水平的两倍

2023 年，俄罗斯电力行业的排放量为 519 MtCO₂, 位居全球第五。

化石燃料发电量占该国电力结构的 64%。天然气发电量在化石燃料发电量中占比最大，为 46% (545 TWh)，其次是燃煤发电量 (17%, 196 TWh)。

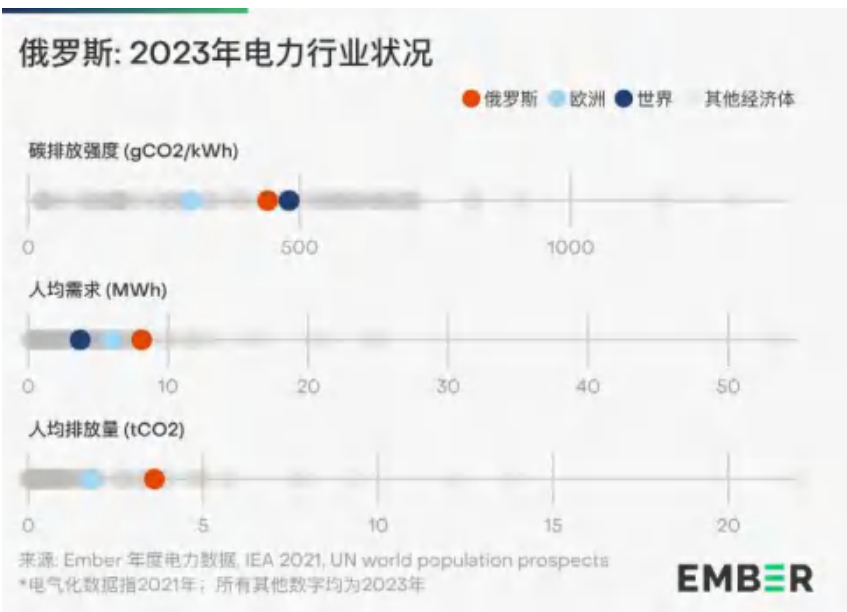
清洁电力在电力结构中的占比为 36%，其中 18% (217 TWh) 来自核能, 17% (201 TWh) 来自水力发电。风力和太阳能发电量仅占 0.5% (5.4 TWh)。相比之下，欧盟的风力和太阳能发电量是俄罗斯的 133 倍 (718 TWh)。



俄罗斯电力行业的碳强度为 441 gCO₂/kWh，略低于全球平均水平 (480 gCO₂/kWh)，但明显高于欧洲各国的平均水平 300 gCO₂/kWh。

俄罗斯人均排放量为 3.6 tCO₂，是全球平均水平 1.8 tCO₂ 的两倍。

2023 年，俄罗斯的人均需求为 8.1 MWh，是世界平均水平 3.7 MWh 的两倍多。



俄罗斯: 2023 年的变化

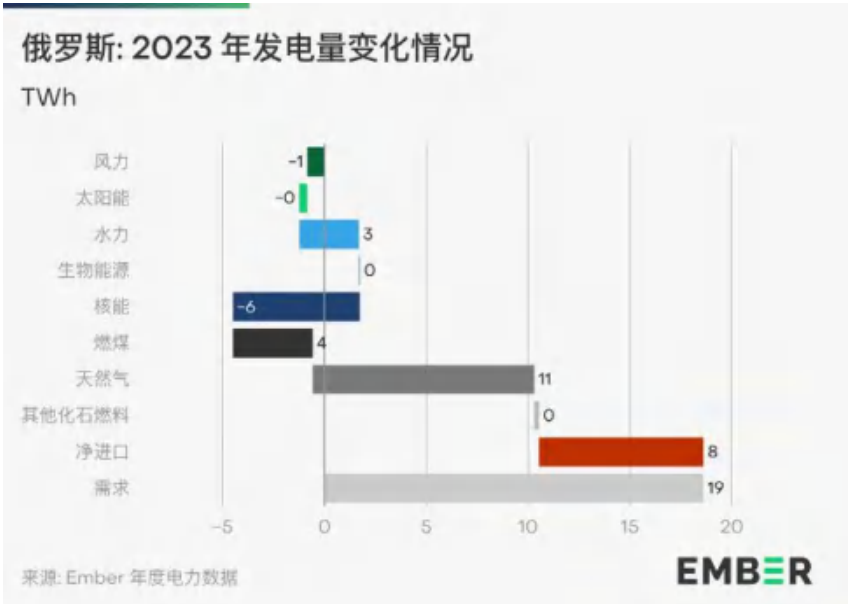
2023 年，俄罗斯电力行业的排放量增长 2%，高于全球平均水平 1%

2023 年，俄罗斯电力行业的变化微乎其微。电力需求增长 19 TWh，温和增长 1.6%。

天然气发电量满足该增长的大部分，与 2022 年相比增长 11 TWh (+2%)。出口的减少（净进口增加）满足大部分额外的电力生产需求。

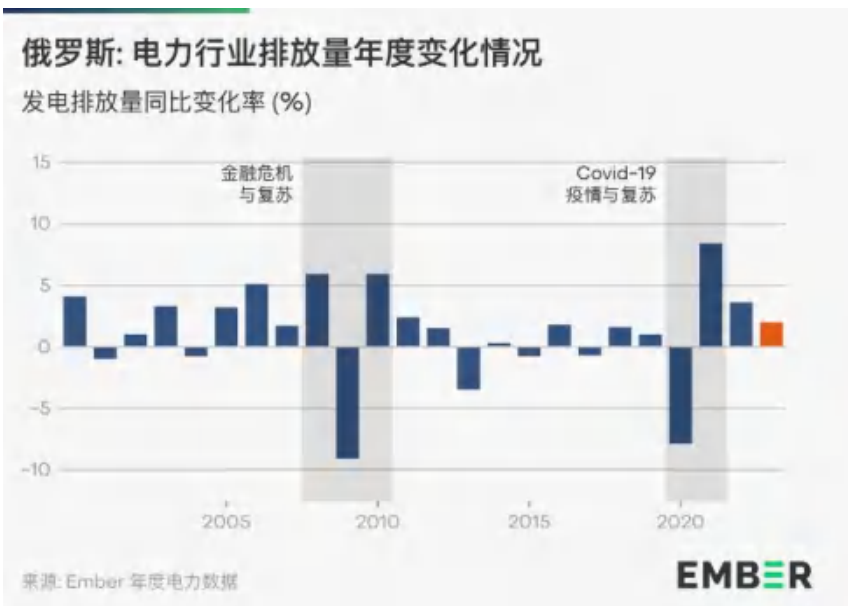
核能发电量小幅下降 6.2 TWh (-2.8%)，而燃煤和水力发电量分别增长 3.9 TWh 和 2.9 TWh。

由于恶劣的天气条件，风力和太阳能发电量合计小幅减少 1.2 TWh，而 2022 年的基线已经很低，仅为 6.6 TWh。



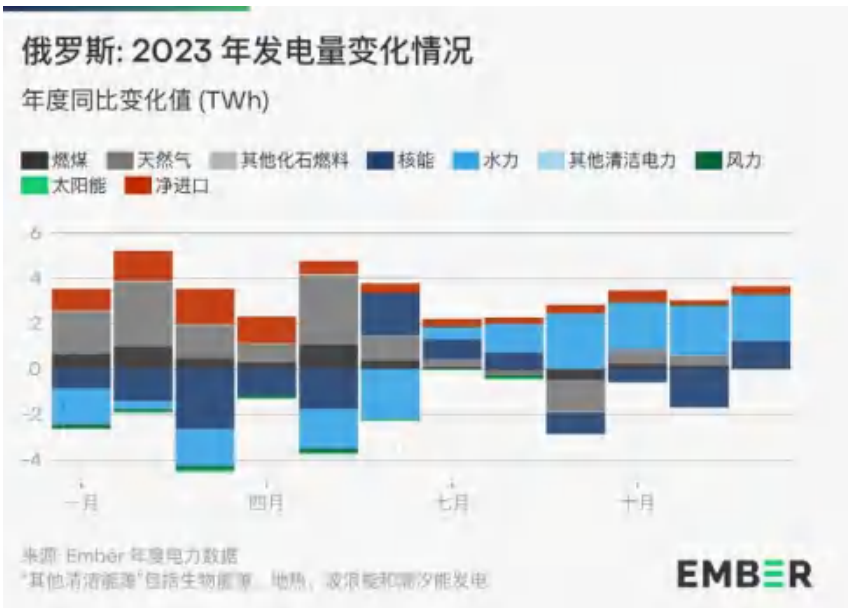
由于需求（主要由燃煤和天然气发电量满足）温和增长，2023 年，俄罗斯电力行业的排放量增加 2%。

2023 年 2% 的增长标志着俄罗斯的排放量连续第三年增长，与欧盟形成鲜明对比，欧盟的排放量前所未有地下降了 19%。俄罗斯电力行业排放量的增长速度快于全球 1% 的增长速度。



尽管 2023 年发电量相对于 2022 年的变化仍然很小，但上半年和下半年之间存在明显的模式差异。与 2022 年相比，上半年核电厂和水力发电厂的发电量较低，导致燃煤和天然气发电量增长强劲，出口下降（净进口增加）。例如，5 月份核能发电量下降 1.8 TWh，水力发电量下降 1.7 TWh。这是由燃煤发电量增长 1.1 TWh、出口减少和天然气发电量增长 3 TWh 所致，天然气发电量增长是 2023 年任何月份同比最大增幅。

与 2022 年相比，下半年水力状况有所恢复，7 月至 12 月发电量同比持续增长。



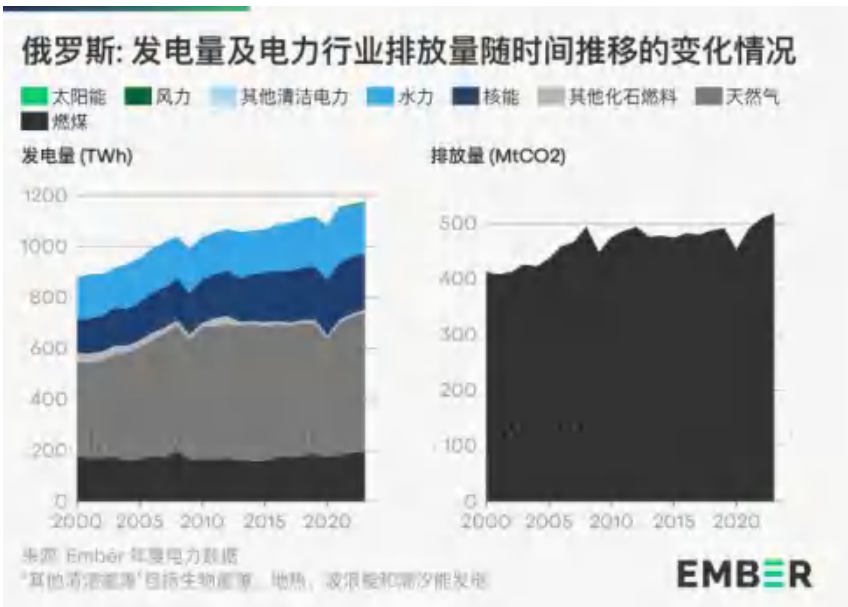
俄罗斯: 长期趋势

与 20 年前相比，俄罗斯的电力结构几乎保持不变

俄罗斯的电力需求在过去二十年中一直在增长，只有 2008 年金融危机和 2020 年新冠肺炎疫情导致短暂中断。2023 年的电力需求 (1,169 TWh) 比 2000 年 (864 TWh) 高出 35%。

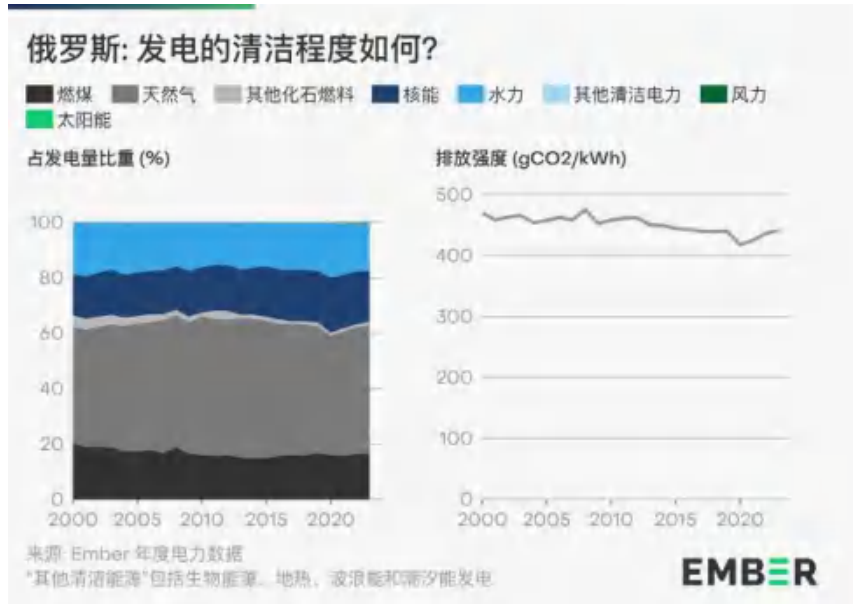
同样，2000 年至 2023 年，化石燃料（主要来自天然气）的发电量增加 29%。在 583 TWh 的基础上增加 170 TWh，达到 753 TWh，该增长满足俄罗斯在此期间电力需求增长的一半以上 (56%)。其余部分通过水力和核能发电量的适度增长来满足。

由于化石燃料发电量的增加，排放量从 2000 年的 413 MtCO₂ 增至 2023 年的 519 MtCO₂，增加了 26%。



与 20 年前相比，俄罗斯的电力结构几乎保持不变。因此，2023 年发电排放强度为 441 gCO₂/kWh，仅比 2000 年 (470 gCO₂/kWh) 低 6.2%。相比之下，同期欧盟的排放强度下降 42% 至 244 gCO₂/kWh。

俄罗斯持续依赖化石燃料的部分原因是国内煤炭和天然气资源充足。然而，俄罗斯不仅落后于欧盟。还有阿拉伯联合酋长国和沙特阿拉伯等中东国家，虽然这些国家化石燃料丰富，但也已经开始实现其电力结构的多元化。



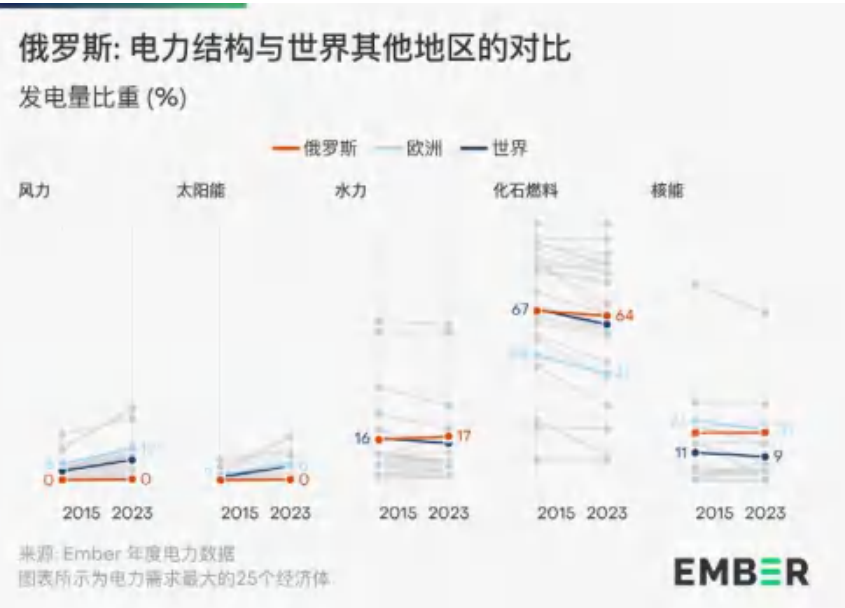
清洁电力的增加主要是由于水力和核能发电量的变化。不断增长的电力需求主要通过增加化石燃料发电量来满足。相反，化石燃料发电量的大幅下降通常是由于电力需求下降所致。

化石燃料发电量的上一次大幅下降是由于 2020 年新冠肺炎疫情期间需求减少所致。



自 2015 年《巴黎协定》签署以来，俄罗斯的电力结构基本保持不变。尽管俄罗斯宣布到 2030 年整个经济体的减排目标为比 1990 年减少 70%，但是自 2015 年以来，化石燃料发电量的占比仅下降两个百分点，从 66% 降至 64%。

其他来源也基本保持在 2015 年的水平。至关重要的是，俄罗斯对风力和太阳能的采用落后于世界及其邻国。2023 年，风力和太阳能发电量仍分别仅占 0.3% 和 0.2%。自 2015 年以来，整个欧洲风力发电量的占比从 6.3% 上升到 12.3%，太阳能发电量的占比从 2.2% 上升到 5.9%，全球范围也有类似的趋势。

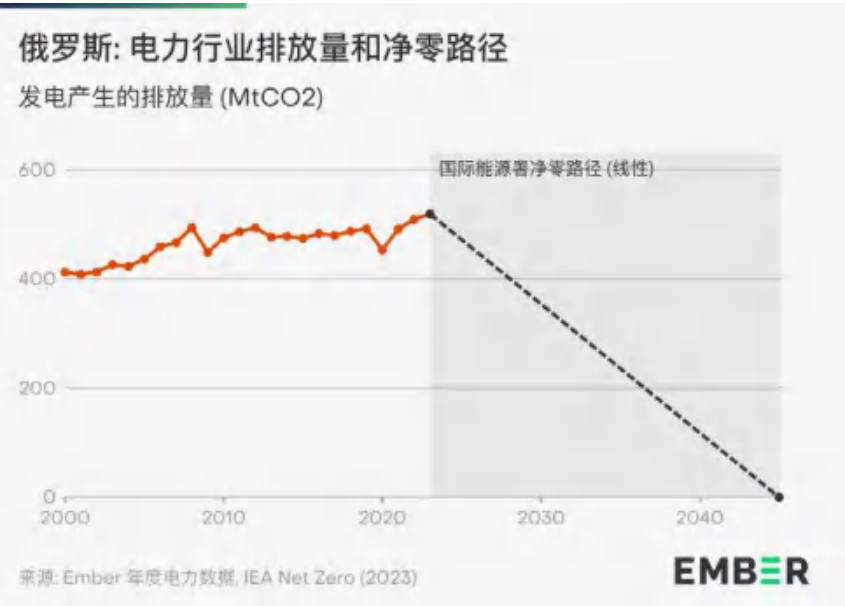


俄罗斯: 实现净零目标的进展

俄罗斯电力行业的排放量在本应下降时却在上升

根据[国际能源署净零排放方案](#)，俄罗斯需要在 2045 年前将电力行业的排放量降至接近零。

2016 年至 2023 年间，俄罗斯电力行业的排放量平均每年增加 5.6 MtCO₂。该趋势需要逆转为每年减少 24 MtCO₂ 才能符合国际能源署的净零排放方案。随着清洁能源的增长，特别是风力和太阳能发电落后于其他国家，如果俄罗斯不加快该等技术的部署，其目前可能在很大程度上无法实现气候目标。



5.6 日本

关键点

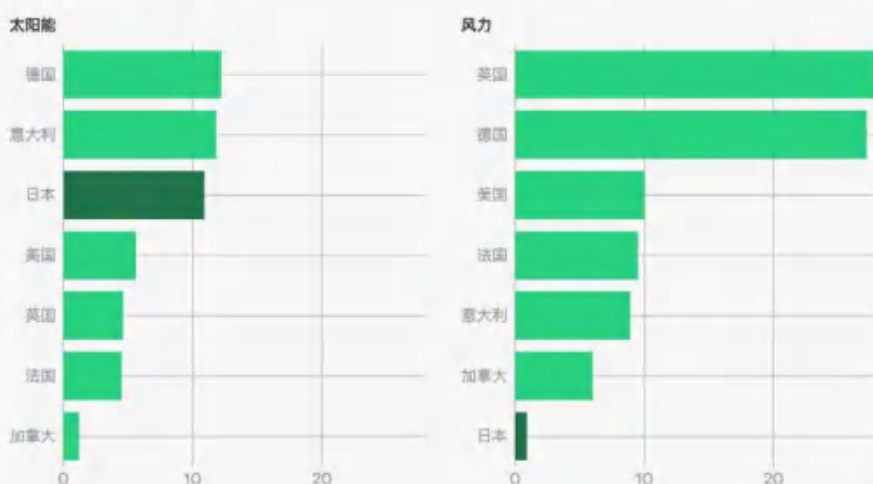
01 2023 年，太阳能发电量占日本总发电量的 11%，是全球平均水平两倍，但风力发电量仍然很低，仅占总发电量的 0.9%

02 2023 年日本电力行业的排放量下跌 7.3%，仅低于七国集团平均水平 7.6%

03 2023 年日本的电力排放强度比 2000 年高出 14%，而其他 G7 国家均有所下降

日本在G7中是太阳能发电的领头羊，但在风力发电方面较为落后

2023年发电量占比 (%)



来源: Ember年度电力数据

EMBER

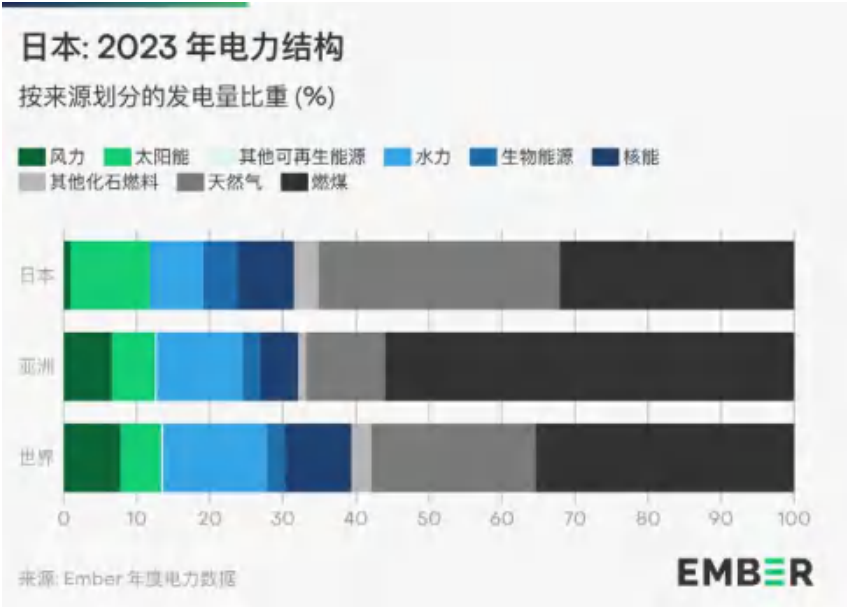
日本：现状

2023 年，太阳能发电量占日本发电量的 11%，是全球平均水平的两倍，但风力发电量的占比仍然很低，仅为 0.9%

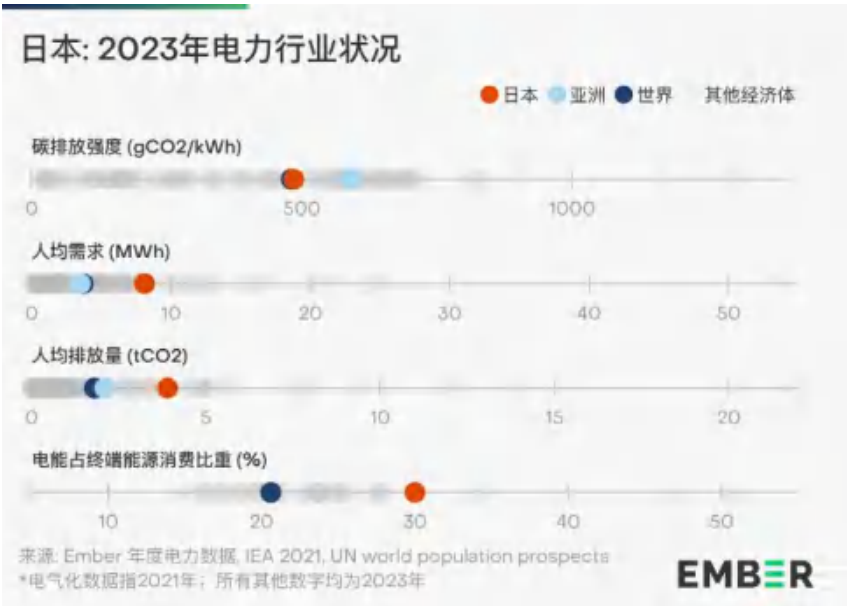
2023 年，日本为全球第六大电力行业排放国，发电排放量为 491 MtCO₂，位于中国、美国、印度、欧盟和俄罗斯之后。日本的高排放量主要因其对化石燃料的依赖所造成。在 G7 国家中，其化石燃料发电量占比最高 (69%)。这比全球化石燃料发电量占比 (61%) 还高出 8 个百分点。燃煤 (32%) 和天然气 (33%) 都是日本的主要发电来源。

2023 年，清洁电力占日本电力结构的不足三分之一 (31%)，比世界清洁电力占比 39% 低 8 个百分点，也低于亚洲平均水平 (32%)。

过去十年，日本大部分清洁电力增长来自太阳能，2023 年达到创纪录的 11%，使日本的太阳能发电量占比在全球排名第九，是全球平均水平 5.5% 的两倍。尽管[潜力巨大](#)，但风力发电量仍然很低，仅占总发电量的 0.9%。2023 年，核能发电量占日本发电量的 7.6%，水力发电量占 7.3%。



2023 年，日本电力行业的碳强度为 485 gCO₂/kWh，与全球平均水平 480 gCO₂/kWh 相近。然而，日本人均排放量 (3.9 tCO₂) 是世界平均水平 (1.8 tCO₂) 的两倍多。这是因为日本的人均电力需求为 8.1 MWh，是亚洲和全球人均需求的两倍多。



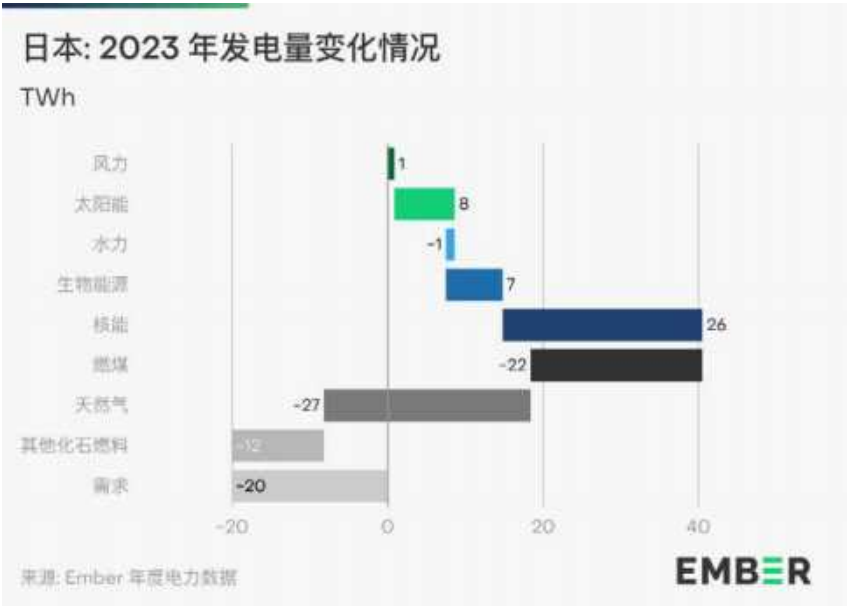
2021 年，电力占日本最终能源消耗的 30%，远高于世界平均水平 21%。随着日本经济的电气化，该数字预计还会增加。

日本: 2023 年的变化

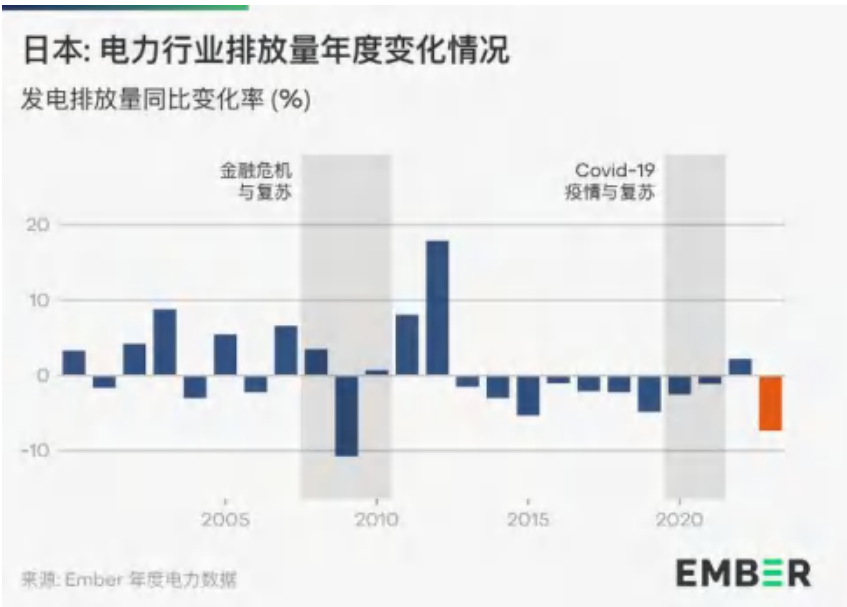
2023 年日本电力行业的排放量下跌 7.3%，仅低于七国集团平均水平 7.6%

2023 年，日本电力需求在 2021 年和 2022 年连续两年增长后下降 1.9% (-20 TWh)。需求下降，加上清洁电力的增加，导致天然气发电量下降 (-27 TWh, -7.4%) 和燃煤发电量下降 (-22 TWh, -6.3%)。2023 年化石燃料发电量的下降 (-61 TWh, -8%) 是日本自 2009 年以来最大的绝对降幅。

近年来，日本的核能淘汰政策被 2023 年生效的“绿色转型”(GX) 政策所逆转。GX 政策寻求增加清洁电力的使用，包括延长核电站的寿命。随着一些最老旧的核反应堆在 2023 年重新开始运行，日本的核能发电量增长 50% (+26 TWh)。核能发电量占总发电量的 7.6%，比 2022 年上升 2.6 个百分点。



2023 年，日本电力行业的排放量为 491 MtCO₂，比 2022 年下降 7.3% (-39 MtCO₂)。该下降是由于清洁能源发电量增加而需求下降，导致煤炭和天然气使用减少所致。相比之下，全球电力行业排放量上升 1%。2023 年，G7 国家电力行业的排放量下降 7.6%。

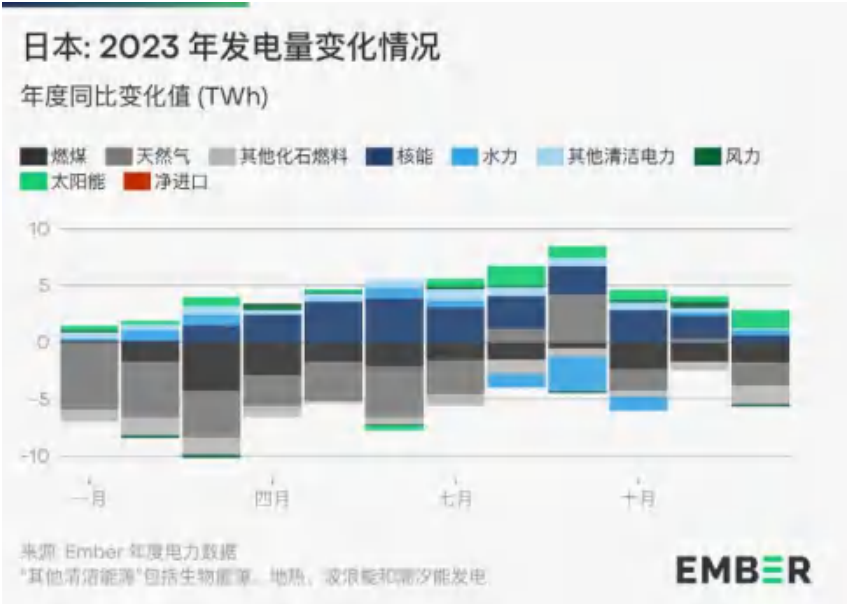


2023 年，日本排放量的绝对值和占比达到过去十年中最大降幅。排放量占比的同比下降（-7.3%）明显高于过去十年的年均排放量降幅（-2.1%）。

该年上半年，日本化石燃料发电量降幅最大。与 2022 年相比，第四季度化石燃料发电量的降幅较小。

与上年同期相比，除 1 月份外，燃煤发电量每月都在下降，而由于反应堆可用性提高，核能发电量全年都在增加。

太阳能发电量 7 月至 10 月增长最多，但总体增幅不大。

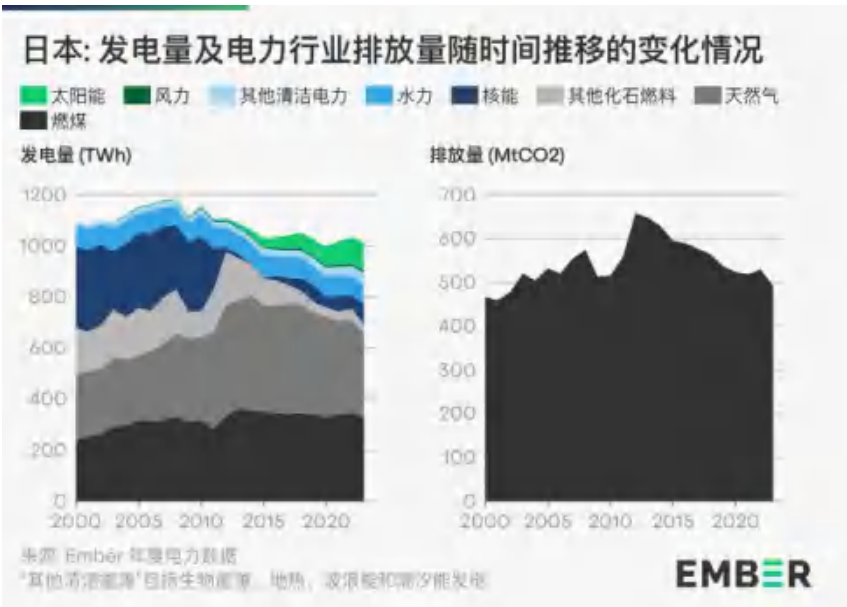


日本：长期趋势

2023 年日本的电力排放强度比 2000 年高出 14%，而其他 G7 国家均有所下降

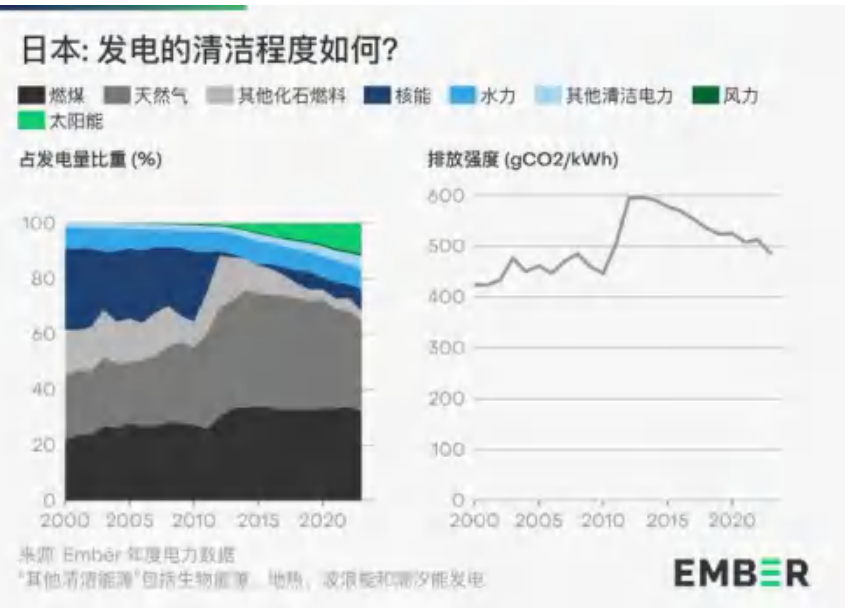
日本电力行业的排放量在 2012 年达到峰值。2011 年和 2012 年，福岛核灾难以及随后关闭核电站的决定，导致化石燃料发电量急剧上升，以弥补电力不足，排放量因此迅速增加。近年来，核能发电量再次增加。

2010 年代太阳能发电量的增长取代核能发电量的部分下降。然而，日本尚未利用其[风力发电潜力](#)，过去十年风力发电量一直停滞在不足 1% 的水平。



本世纪初，日本 38% 的电力来自清洁能源，其中大部分来自核能（29%）。如今，日本的清洁电力占总发电量的 31%。清洁电力占比的下降主要是由 2011 年福岛核事故后核能发电中断以及除太阳能以外的可再生能源发电量增长缓慢所造成。

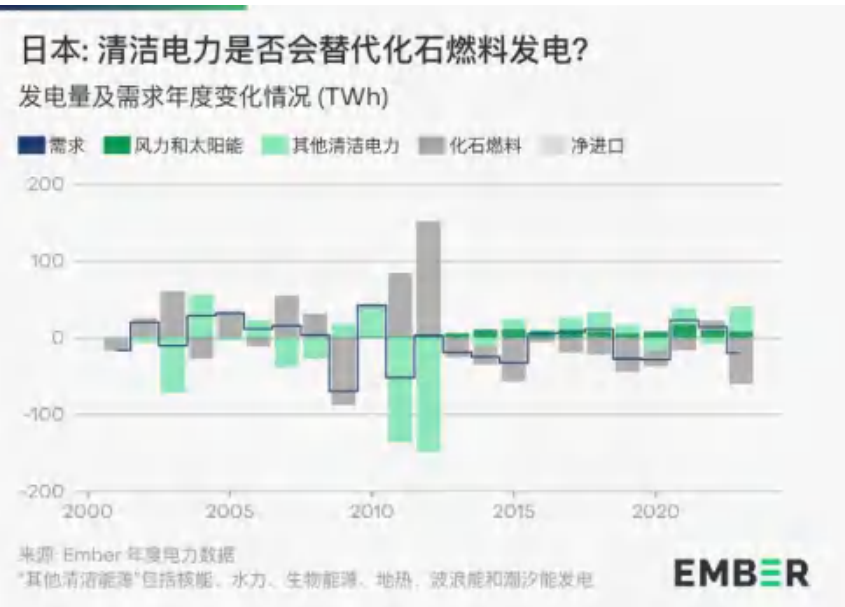
2011 年至 2012 年期间，清洁能源发电量占比的下降导致日本电力行业排放强度急剧增加。随着日本扩大太阳能和重新启用核能，电力排放强度自 2012 年达到峰值以来一直在稳步下降。尽管如此，2023 年电力排放强度比 2000 年高出 14%，而所有其他 G7 国家在此期间的排放强度均有所下降。



2023 年，清洁能源发电量的绝对增长 (+40 TWh)，加上需求下降 (-20 TWh)，足以推动化石燃料发电量的大幅下降 (-61 TWh)。

太阳能在日本发展迅速，在过去的 10 年里，年均增长率为 24%。高增长是由于福岛核事故后加强对太阳能的补贴（电网回购和溢价补贴）所推动。

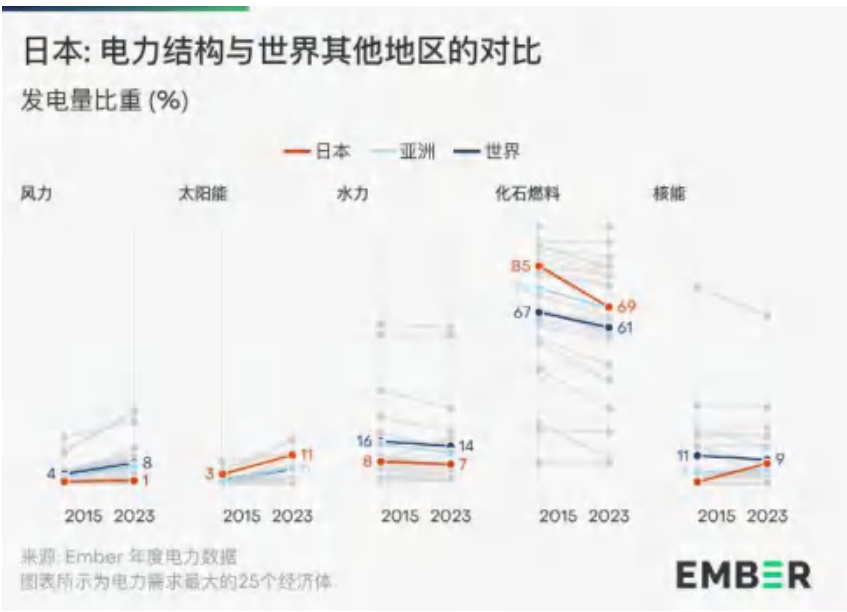
然而，随着日本逐步取消补贴，太阳能发电量增长率近年来有所放缓，2023 年降至 7.6%。同时，风力发电量几乎没有增长。



需要加速清洁电力的增长，以进一步取代电力结构中的化石燃料发电量。预计交通运输和工业的电气化也将导致需求增加。为满足甚至高于新的需求，同时降低排放量，清洁能源发电量增长面临更大的压力。

自 2015 年签署《巴黎协定》以来，日本的电网变得更加清洁。化石燃料发电量在日本电力结构中的占比从 85% 降至 69%，下降 16 个百分点。这比全球下降的百分点都要多。

太阳能和核能发电量在单一发电来源中的占比增幅最大。太阳能发电量从 2015 年的 3% 增至 2023 年的 11%。随着核电站恢复运营，核能发电量的占比从 2015 年的仅 0.4% 增至 2023 年的 7.6%。太阳能和核能发电量占比的增长速度超过了亚洲或世界。然而，风力发电量并未增长，而世界风力发电量占比从 2015 年的 3.5% 增至 2023 年的 7.8%。

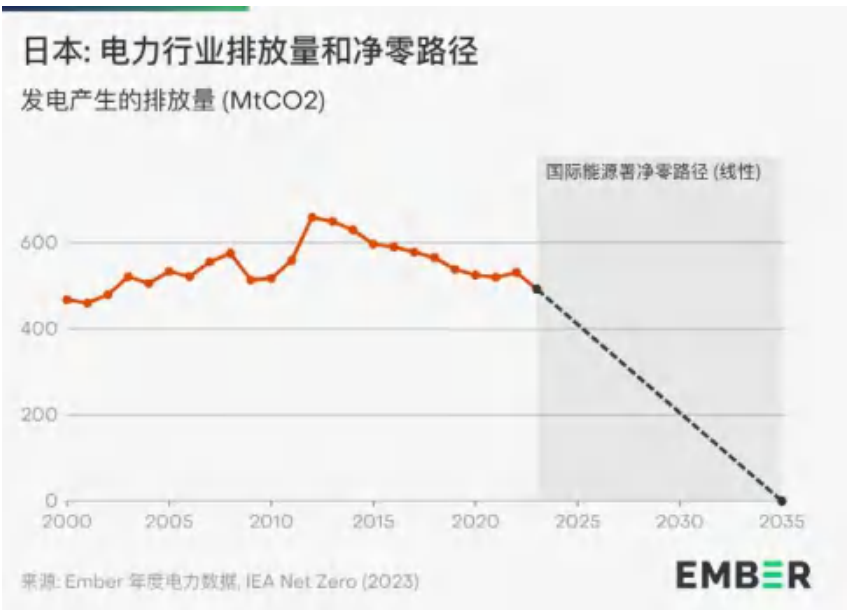


日本: 实现净零目标的进展

如需在 2035 年前实现清洁电力，年减排量需增加两倍

根据[国际能源署的净零排放方案](#)，日本电力行业的排放量需在 2035 年前降至净零。

在 2012 年达到峰值后，日本电力行业的排放量平均每年下降 15 MtCO₂。为了符合国际能源署净零排放方案，到 2035 年，年减排量须增加两倍（每年减少 41 MtCO₂）。尽管 2023 年日本电力行业排放量创下过去 20 年来的第二大降幅，但 39 MtCO₂ 的减排量仍低于实现净零目标所需的水平。

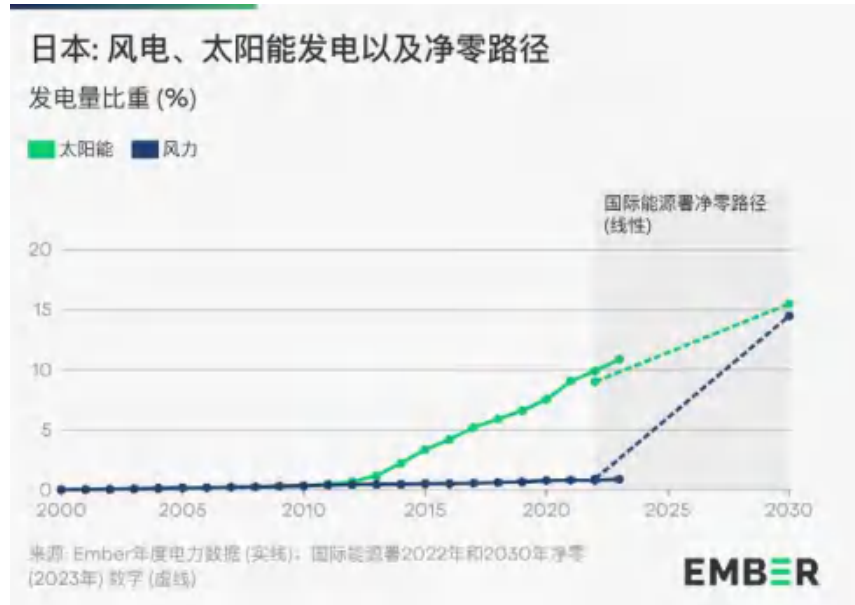


日本和七国集团承诺到 2035 年建立一个以清洁电力为主的电力系统，但尚未为该目标制定清晰的路径。

如果要在 2035 年实现净零排放目标，日本需大幅提升风力和太阳能发电量占比。根据国际能源署的净零排放方案，日本太阳能发电量占比预计将从 2023 年的 11% 增至 2030 年的 16%。这将需要太阳能发电量的增长延续其目前的趋势。

风力发电量也需要经历更快的转变，占比从 2023 年的仅 0.9% 攀升至 15%。

根据 Ember 的 [2030 年全球可再生能源目标追踪器](#)，日本仅将 [2030 年前太阳能和风力发电量的占比目标设为 21%](#)，远低于国际能源署净零排放方案中的 30%。新的核能计划为清洁电力提供一条可能的替代路径。



清洁能源， 未来可见

2023 年的数据表明，向清洁电力的转型势不可挡

正如我们在本期《全球电力评论》中所示，风力和太阳能引领的可再生能源发电量的增长，可能已经促使电力行业对化石燃料的使用达到峰值。

这对地球来说是个好消息，因为要减轻全球变暖带来的最严重影响，在全球范围内建设清洁电力系统是至关重要的一步。随着交通运输、供暖和工业的快速电气化，全球可以向各国政府在 2015 年巴黎峰会上商定的 1.5 摄氏度气候目标迈进。

太阳能和风力发电、蓄电池储能、电动汽车和其他关键技术成本的持续降低表明，清洁能源的未来也是 [更廉价](#) 能源的未来。俄罗斯入侵乌克兰造成的供应及价格冲击，以及 [OPEC+ 供应削减](#) 导致国际油价居高不下，证明继续依赖化石燃料存在更广泛的风险。向清洁能源世界的快速转型将为 [空气质量](#)、[就业](#) 和摆脱进口依赖等方面带来额外好处，同时降低化石燃料资产搁浅的风险。

政府目标、行业预测和经济逻辑均表明，风力和太阳能发电量的增长可能会继续加速。七国集团和国际能源署成员国政府承诺，到 2035 年，其电力系统将基本实现脱碳。国际能源署 [预测](#)，可再生能源将在中国取得快速发展，使 2024 年煤炭消耗量减少 3%。兑现在 COP28 大会上做出的承诺，即到 2030 年将可再生能源发电量增加两倍，意味着我们在七年内的电力有 60% 由可再生能源生产。这对使用化石燃料的影响是显而易见的，因为到 2030 年，电力行业将减少三分之一以上的化石燃料需求，同时还会波及其他行业。

然而，全球电力系统脱碳的进展速度并不确定，挑战依然存在。在很多兼容 1.5 摄氏度目标的方案中，核能和水力发电量并未以设想的速度增长。按照 COP28 商定的路线，到 2030 年，全球能源效率提高速度需要翻一番才能充分释放化石燃料萎缩带来的潜力，推动整个经济体的电气化。支持风力和太阳能高装机容量所需的电网基础设施建设和系统灵活性落后于风力和太阳能发电的部署，导致出现瓶颈。很多发展中国家面临可再生电力项目的高额融资成本，为了更快推出项目，利用发展机遇，他们急需资金支持。

然而，2023 年的主要收获是，太阳能和风力发电正在重塑全球能源系统，标志着化石燃料时代的终结已经开始。

从现在开始，不断增长的电力需求将主要通过风力和太阳能发电量的加速增长来满足。尽管这一转型在不同国家处于不同发展阶段，但其正在全球每个地区发生。社会将在用电量增加的基础上继续发展，但发展将由可再生能源推动，因为对煤炭和天然气的需求最终将缩减至接近于零。

自 2023 年起，由于风力和太阳能发电以及清洁电气化的兴起，能源的未来看起来确实很不一样。这一年可能会作为全球从化石燃料转向清洁电力的转折点而载入史册。

支持性资料: 方法论

发电量、进口量及需求量

2000 年至 2022 年的年度数据为总发电量，主要来自英国能源学会[《世界能源统计年鉴》](#)、[美国能源信息署 \(EIA\)](#)、[欧盟统计局](#)及国际可再生能源署。2023 年的总发电量数据根据每月收集的发电量数据估算得出的。通过将每月发电量的绝对变化应用于最近的年度基线进行估算。

1990 年至 2022 年的净进口量数据来自美国能源信息署和欧盟统计局，最近的数据估算方式与发电量相同。发电量和净进口量相加得到需求量，并在可能的情况下根据公布的直接需求数字进行验证。因为计算使用了总发电量，而且不包括输配电损耗，所以计算结果往往会高于最终用户需求量。

我们自 70 个来源收集了 80 个国家的月度数据，包括国家输电系统运营商和统计机构，以及[欧洲输电运营商联盟](#)等数据汇总机构。在某些情况下，数据发布存在一个月的延迟；这里我们根据我们的发电量模型估算了最近几个月的数据。这些案例在数据集中已作标记。

每月公布数据通常是临时报告，且远非完美。我们已尽一切努力确保准确性，并在可能的情况下比较多个来源，以确认其一致性。完整详细的方法论请参考[这里](#)。

排放量

Ember 对排放量的计算正在不断改进，但可能因以下原因而较为保守或存在其他不确定性。该等数字旨在包括整个生命周期的排放量，包括上游甲烷、供应链和制造排放量，并包括在 100 年的时间范围内转换为二氧化碳当量的所有气体。

由于发电站效率的变化以及所用燃料质量的不同，排放量会随着时间的推移而变化。因此，我们按燃料类型报告排放量数值，按国家报告排放强度。将我们的发电量乘以多个来源的排放系数得出这些数值，详见下文。我们的目标是尽可能获取不同地区和不同燃料排放强度随时间变化的差异。我们最近更新了这种方法，并且正在积极努力对其改进。如果您有任何改进意见或建议，请发送电子邮件至 data@ember-climate.org。

我们不同燃料的来源和方法论如下所述。我们使用的所有系数均针对净发电量。当我们报告总发电量时，我们按照标准转换方法，对热燃料来源按 6% 调整系数，对其他来源按 1% 调整系数。

燃煤

数据来自 [Gibon 等人, 的报告 \(2022\)](#) (联合国欧洲经济委员会) 及 [全球能源监测燃煤电厂追踪器 \(GEM\)](#)。联合国欧洲经济委员会为每个 [REMIND 区域](#) 提供 2020 年不同燃料类型的生命周期排放系数。联合国欧洲经济委员会报告了使用烟煤的不同技术所产生的值。我们根据国际气候变化专门委员会 2005 年的直接燃烧排放系数推导出不同煤炭品位的系数。使用国家级年度技术和来自 GEM 装机容量数据的煤炭品位组合, 我们估计了每个国家每年燃煤的混合排放系数。

天然气

国家层面的系数来自 [Jordaan 等人 \(2022\)](#), 适用于 2017 年的发电量。在提供的两组系数中; 我们采用了试图考虑热电联产的系数。对于未提供数据的较小国家, 则使用全球平均数。

核能和风力

我们使用联合国欧洲经济委员会的区域数据。

生物能源、水力、太阳能、其他可再生能源和其他化石燃料

我们使用来自 [国际气候变化专门委员会 AR5 WG3 Annex III \(2014\)](#) 的数据。该等数据为 2020 年的全球估计数据; 我们使用中点生命周期系数。包括:

- 生物能源: 230 g/kWh
- 水力: 24 g/kWh
- 太阳能: 48 g/kWh
- 其他可再生能源: 38/kWh
- 其他化石燃料: 700/kWh

说明

该方法试图解释排放系数的一些地理和时间差异。这是一项正在进行的工作, 由于多种原因, 数字可能与实际不同。其中一些列示如下:

- **燃煤:** 联合国欧洲经济委员会的基本系数是针对 2020 年燃煤电厂的。这些系数没有考虑旧发电厂相关的运营效率损失或技术内效率差异。最后, 我们通过假设推导出除褐煤以外的煤炭品位系数, 包括相同燃烧效率和每兆瓦时产生的上游排放量。

- **天然气:** 我们的天然气系数针对 2017 年, 因此未考虑发电厂效率或甲烷泄漏率的时间变化。[Jordaan 等人 \(2022\)](#) 提出的方法也倾向于低估有疑问的甲烷排放量。总的来说, 甲烷排放率存在很大的不确定性, 即使在优先收集该等数据的国家亦是如此。一些作者认为, 实际排放率明显高于我们系数中假设的水平。
- **时间范围:** 天然气和燃煤发电的上游甲烷排放量按长期基准计算, 并假设甲烷的效力是二氧化碳的 21 倍。然而, 甲烷的短期影响实际上高出二氧化碳 4 倍, 效力是二氧化碳的 86 倍。获取更多信息请参考[本页面](#)。
- **太阳能和风力:** 由于能源输出相对于制造业的排放量有所增加, 最近的效率提高导致风力和太阳能发电排放强度有所下降。因此, 我们的数字可能高于实际数字。此外, 我们目前也未考虑到 REMIND 区域内排放强度的地理差异; 这可能会产生重要影响, 因为年太阳能发电装机容量系数较低的国家, 其生命周期排放量相应较高。
- **生物能源:** 我们的数值很可能大大低估了生物能源发电量导致的实际排放量。生物能源的排放强度高度依赖于原料、原料来源以及如果原料未被作为能源燃烧而原本会产生的结果。我们使用的 IPCC 数据是针对专用能源作物和作物残留物, 而非更常用的木本或森林生物质, 后者已被证明具有[更大的高碳后果风险](#)。在若干情况下, 生物能源的碳强度可能[远远大于燃煤](#)。生物能源也经常与化石燃料混合燃烧。我们尽可能对这些能源进行分类, 但在某些情况下, 记录的生物能源发电量可能包括一些混合燃烧发电量。在这种情况下, 实际排放量将高于我们的估算值。
- **水力及其他可再生能源:** 水电排放量通常非常低, 但会因施工期间的排放量和生物源排放量而异, 因此在少数情况下可能会远远高于我们的数值。同样, 地热等其他可再生能源[在极少数异常情况下](#)也会产生高排放量。
- **总发电量和净发电量:** 在欧盟, 对于月度数据, 我们报告净发电量, 对年度数据, 我们报告总发电量。对于总发电量, 我们执行上述换算, 这可能会引入一些误差。
- **热电联产 (CHP):** 在很多情况下, 热力发电厂既产热又发电。我们的燃煤系数仅基于此类电厂产生的电力, 忽略产热。在考虑到有用的总能量输出时, 共燃电厂的实际效率高于报告的效率, 因此将所有归因于共燃电厂的排放量都纳入我们的数据集可能并不公平。我们的天然气系数考虑了热电联产。

2024 年发电量及需求预测

2024 年需求和发电量预测基于以下假设:

- **需求:** 根据国际能源署的预测, 较 2023 年增长 3.3%。

- 太阳能：BNEF 地区 2024 年新增装机容量预测（中期方案）。所用区域平均负载系数基于 5 年平均天气和新增容量的时机。预测范围基于不同装机容量部署和面板性能的蒙特卡罗分析。
- 风力：根据全球风能理事会的数据，全球装机容量将增加 115 GW。假设全球平均装机容量系数为 27%。
- 水力发电：假设装机容量系数恢复到 2021 年前全球平均水平的一半。
- 核能：根据 EIA 数据计算美国 2024 年的数据，而中国的数据则根据装机容量增加量计算。世界其他地区则基于预期装机容量增加量计算。
- 其他可再生能源：遵循历史趋势。

太阳能细分数据缺失

缺失少的太阳能细分数据如下：

- 在有数据的多个国家计算国家日照和时间效应（即一个国家日照较少或安装异常晚的变化），计算结果覆盖了全球装机容量的 75%，再按比例外推到全球。全国日照效应记录为“光照较少的天气”。
- 计算全球日照和时间效应（即全球装机容量向光照较少或通常在年末安装的国家转移所导致的变化）。全球日照效应记录为“在光照较少国家的装机容量”。
- 全球和国家时间效应被合并为“年末增加量”。
- “漏报太阳能发电量”仅指边际漏报——即：这是对为什么 2023 年偏离历史趋势的解释，而非对漏报的全面估计。数据估算来自：
 - 据我们所知属太阳能发电量部分漏报的国家（如西班牙）
 - 未报告最新发电量的国家（主要是中东和亚洲）的装机容量。

需求细分

- 电动汽车的电力需求根据售出汽车数量乘以主要车型（乘用车、轻型商用车、卡车、公共汽车和两轮车）的年均耗电量估算，包括电池电动和插电式混合动力汽车。有关电动汽车销售的主要资料来源：中国（[乘用车](#)、[轻型商用车](#)、[卡车](#)、[公共汽车](#)、[两轮车](#)）、[印度](#)、[欧盟](#)、[美国](#)、[日本](#)、[世界其他地区](#)。
- 热泵的电力需求根据售出的单位数量乘以年平均用电量估算。有关热泵销售的主要资料来源：[欧洲热泵协会](#)、[美国空调供热制冷协会](#)、[Rosenow 等人](#)、[日本冷冻空调工业协会](#)、[国际能源署](#)。

鸣谢

作者及其他贡献者

Małgorzata Wiatros-Motyka、Nicolas Fulghum、Dave Jones、Katie Altieri、Richard Black、Hannah Broadbent、Chelsea Bruce-Lockhart、Matt Ewen、Phil MacDonald、Kostantsa Rangelova、Sarah Brown、Libby Copsey、Reynaldo Dizon、Rosamond Hutt、Sam Hawkins、Leo Heberer、Sanghyun Hong、Uni Lee、Aditya Lolla、Josie Murdoch、James Robinson、Neshwin Rodrigues、Chris Rosslowe、Oya Zaimoglu。

审稿人

Harry Benham (Ember)、Kingsmill Bond (RMI)、Nathaniel Bullard (Business Climate Pte. Ltd)、Duncan Burt (Reactive Technologies Limited)、Kanika Chawla (SEforALL)、Toby Lockwood (清洁空气任务组织)、Hannah Ritchie (Our World in Data)、Oliver Then (vgbe energy e.V)、Bryony Worthington (Ember)。

附录——国家概况

本附录独立于正文，汇总分析了全球最大的二氧化碳绝对排放国中 25 个国家及地区以及《第 5 章——主要国家和地区》中列出的前 6 个国家和地区的当前电力转型状况。



Ember

The Fisheries,
1 Mentmore Terrace,
London Fields,
E8 3PN

电子邮箱

info@ember-climate.org

Twitter

[@EmberClimate](https://twitter.com/EmberClimate)

Instagram

[@emberclimate](https://www.instagram.com/emberclimate)

Facebook

[/emberclimate](https://www.facebook.com/emberclimate)

LinkedIn

[/company/ember-climate](https://www.linkedin.com/company/ember-climate)