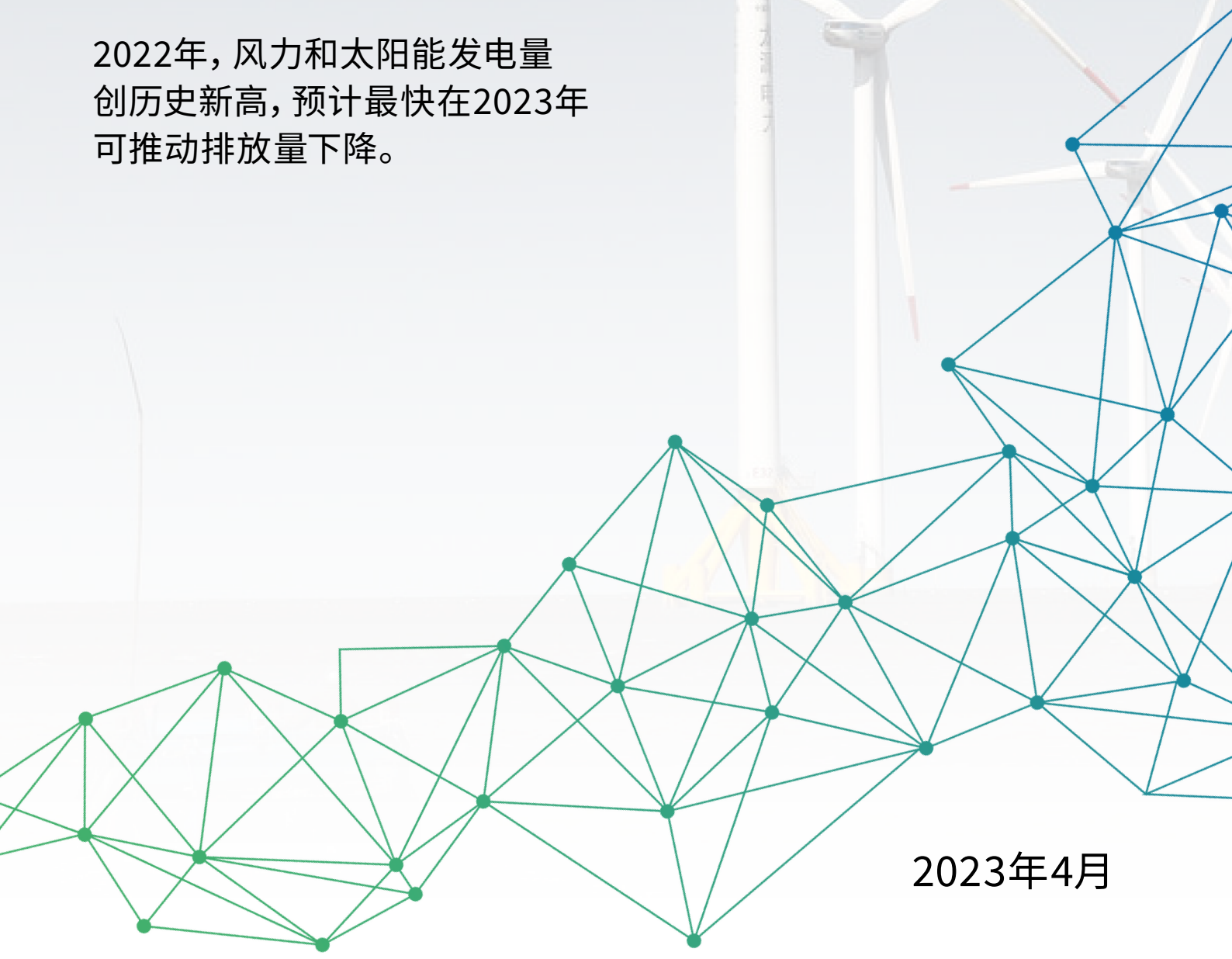


# 2023年 全球电力评论

---

2022年，风力和太阳能发电量  
创历史新高，预计最快在2023年  
可推动排放量下降。

A decorative graphic consisting of a network of green lines and dots, resembling a power grid or data network, positioned at the bottom of the page.

2023年4月



## 关于本报告

Ember 的第四版年度全球电力评论旨在为 2022 年全球发电变化提供最透明和最新的概述，并对电力转型如何“步入正轨”以将全球升温限制在 1.5°C 进行现实总结。

该报告分析了来自 78 个国家/地区（占全球电力需求的 93%）的电力数据，并概述了剩余发电量的估计变化。它还深入研究了二氧化碳排放最多的十个国家和地区（占全球二氧化碳排放量的 80% 以上）。

我们免费提供所有数据，以便其他人能够亲自分析并帮助加快向清洁电力的转型。

## 首席作者

Małgorzata Wiatros-Motyka

## 其他作者和贡献者

Dave Jones、Hannah Broadbent、Nicolas Fulghum、Chelsea Bruce-Lockhart、Reynaldo Dizon、Phil MacDonald、Charles Moore、Alison Candlin、Uni Lee、Libby Copsey、Sam Hawkins、Matt Ewen、Bryony Worthington、Harry Benham、Michele Trueman、Muyi Yang、Aditya Lolla、Achmed Shahram Edianto、Paweł Czyżk、Sarah Brown、Chris Rosslowe、Richard Black

## 顾问委员会的同行评审员

Marion Bachelet (PIE - 国际能源汇集基金)、Kingsmill Bond (RMI)、Krzysztof Bolesta (欧洲委员会)、Toby Lockwood (清洁空气特别工作组)、Lauri Myllyvirta (能源与清洁空气研究中心)、Oliver Then (vgbe energy e.V.)、Scott Smouse (Enerconnex Global, LLC)。

---

## 封面照片

一艘渔船从中国东部江苏省南通市海上风力发电场旋转发电的风力涡轮机旁驶过。

作者: [Imagechina Limited](#) / Alamy Stock

## 免责声明

据我们所尽知，本报告所载资料完整准确，但如果您发现任何错误，请发送电子邮件至 [info@ember-climate.org](mailto:info@ember-climate.org)。

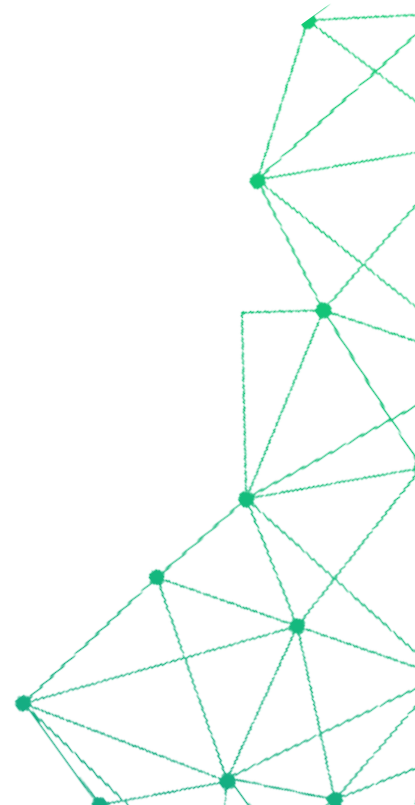
## 知识共享

本报告依据创作共用许可证 Creative Commons ShareAlike Attribution Licence (CC BY-SA 4.0) 发布。我们积极鼓励您共享和改编本报告，但您必须注明作者和标题，并且必须使用和原始作品相同的许可证来分发您的衍生作品。

版权所有 © Ember, 2023

# 目录

6	序言
9	执行摘要
13	实现1.5°C温升控制目标的路径
18	2022年的电力转型
25	整体状况
25	风能和太阳能将成为推动世界未来的超级动力
35	世界上最大的清洁电力来源表现不佳
43	清洁能源已接近满足所有需求增长的临界点
48	电力行业排放下降的新时代
57	全球电力趋势
58	发电
63	需求
68	排放量
73	电力来源趋势
74	太阳能
79	风能
84	水力
89	燃煤
94	生物能源
99	天然气
104	核能
109	国家和地区深入研究
110	中国
115	美国
120	印度
125	欧盟



# 目录

130	日本
135	俄罗斯
140	韩国
145	沙特阿拉伯
150	印度尼西亚
155	伊朗
<b>160</b>	<b>结语</b>
<b>162</b>	<b>支持材料</b>
162	方法
162	鸣谢

# 亮点

**+19%**

全球风力和太阳能发电量的变化

**+1.1%**

全球燃煤发电量的变化

**-0.2%**

全球天然气发电量的变化



## 序言

# 清洁电力新时代—— 不能再找借口

智利能源部长 Diego Pardow 与 **Ember 非执行主席** Baroness Bryony Worthington 及 Harry Benham，就《全球电力评论》的调查结果以及全球向清洁电力转型的未来之路进行了思考。

“跟踪电力生产的进展至关重要，因为其不仅是温室气体的巨大来源，而且是整体上更清洁、更高效能源体系的推动者。”

Ember 非执行主席  
**Baroness Bryony Worthington**



“我们要走的路仍然很长，并面临诸多挑战，但我们目标明确：必须迅速行动，始终以人为本。不能再找借口。”

智利能源部长  
**Diego Pardow**



## 重大进展

### 来自 Ember 非执行主席的序言

我们很高兴介绍 Ember 的《2023 年全球电力评论》，这已经是第四年了，在该报告中，我们再次强调全球清洁电力的持续激增。

该报告展示了在向可持续和脱碳能源体系转型方面取得的重大进展，以及实现电力行业排放峰值这一关键里程碑的光明前景（可能就在明年）。风力和太阳能发电量正在十年平均水平上以每年 15-20% 的速度增长，预计到 2023 年底，将超过电力需求年度增长。

世界各地拥有丰富的风能和太阳能储备，该报告记录了如何通过技术创新和政策落实，将这种丰富的能源转化为地面能源的过程。该等能源成本通常比化石燃料低，而速度比其他清洁电力来源快。

其他清洁的非化石燃料发电技术也在发挥自身的作用——核电可能在一些国家复兴，但也因为异常天气影响水电站和核电站而遭受挫折。

跟踪电力生产的进展至关重要，因为其不仅是温室气体的巨大来源，而且是整体上更清洁、更高效能源系统的推动者。随着交通和供暖行业越来越多地实现电气化，需求将会增加，从而为新的清洁电力提供更坚定的投资理由。但化石燃料发电仍是许多大型经济体电力体系的支柱，我们需要了解并复制快速脱碳的潜在成功因素。

Ember 致力于使用数据分析来讲述向清洁电力转型的过程，并提供可以加快转型速度的见解。我们希望您仔细阅读这份报告和有关公共数据集，并向我们提供反馈，以便我们能够继续改进这份报告。

## 不能再找借口

### 来自智利能源部长 Diego Pardow 的序言

去年 9 月，在我担任智利能源部长两周时，我不得不前往该国南部的洛斯拉各斯地区。在行程的一项活动中，我有机会认识了 Rodrigo Castillo，他是一家医疗用品公司的老板，由于一项政府计划，他得以购买一辆用于送货的电动汽车。

2019 年，Rodrigo 和绝大多数智利人一样，面临化石燃料价格大幅上涨。除此之外，通货膨胀的加剧导致人们生活成本总体增加。

如今，多亏了电动交通工具，Rodrigo 得以将开支减少三分之一，这使其公司在当地更具竞争力。这是一个说明转型（在本案例中是通过电动汽车）不仅可以提供更清洁的城市和更好的工作，还可以为市民带来具体改善的具体实例。这就是绿色经济的意义所在。

近年来，智利在转型方面取得了重要进展。最新的成就使智利成为投资可再生能源的最佳新兴国家，这提升了清洁能源在我们电力体系中的占比，去年的里程碑表明，太阳能和风力发电量首次超过燃煤发电量。

在此方面，尤其是因为本报告的预测表明，电力行业的排放可能从今年开始减少，因此，在全球范围内，2023 年似乎是充满希望的一年。我们要走的路仍然很长，并面临诸多挑战，但我们目标明确：必须迅速行动，始终以人为本。不能再找借口。



## 执行摘要

# 2022年，风能和太阳能 占全球电力的比重 达到创纪录的12%

风能和太阳能有望在 2023 年将世界推向减少化石能源发电的新时代，从而降低电力行业的排放量。

全球电力行业是第一个需要脱碳的行业，与此同时，电力需求也在不断上升，因为电气化推动了整个经济的减排。[国际能源署的《净零排放方案》](#)指出，电力行业须在 2040 年实现净零排放；比 2050 年实现净零经济的目标提前 10 年。因此，跟踪电力转型对评估我们的气候进展至关重要。

电力行业脱碳正密锣紧鼓地进行，风能和太阳能的创纪录增长使世界电力的排放强度在 2022 年降至历史最低水平。当电力行业的排放量开始同比下降时，这将是一个令人印象深刻的时刻，但世界还没有到那个时候，排放量需要快速下降。

## 01

### 最清洁的电力是风能和太阳能，占全球电力的 12%

2022 年，全球发电的碳强度降至创纪录的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh，这是有史以来最清洁的电力。这是得益于风能和太阳能的创纪录增长，两者在全球电力结构中的占比从 2021 年的 10% 上升到 12%。所有清洁电力（可再生能源

和核电) 合计占全球电力的 39%，创历史新高。太阳能发电量增长 24%，连续 18 年成为增长最快的电力来源；风力发电量增长了 17%。2022 年全球太阳能发电量的增长可以满足南非一年的电力需求，而风力发电量的增长可以为几乎整个英国提供电力。目前，超过 60 个国家/地区 10% 以上的电力来自风能和太阳能。然而，其他清洁电力来源录得自 2011 年以来的首次下降，原因是核电产量下降，新核电和水电站投产数量减少。

## 02

### 燃煤发电增长有限，天然气发电与之前持平

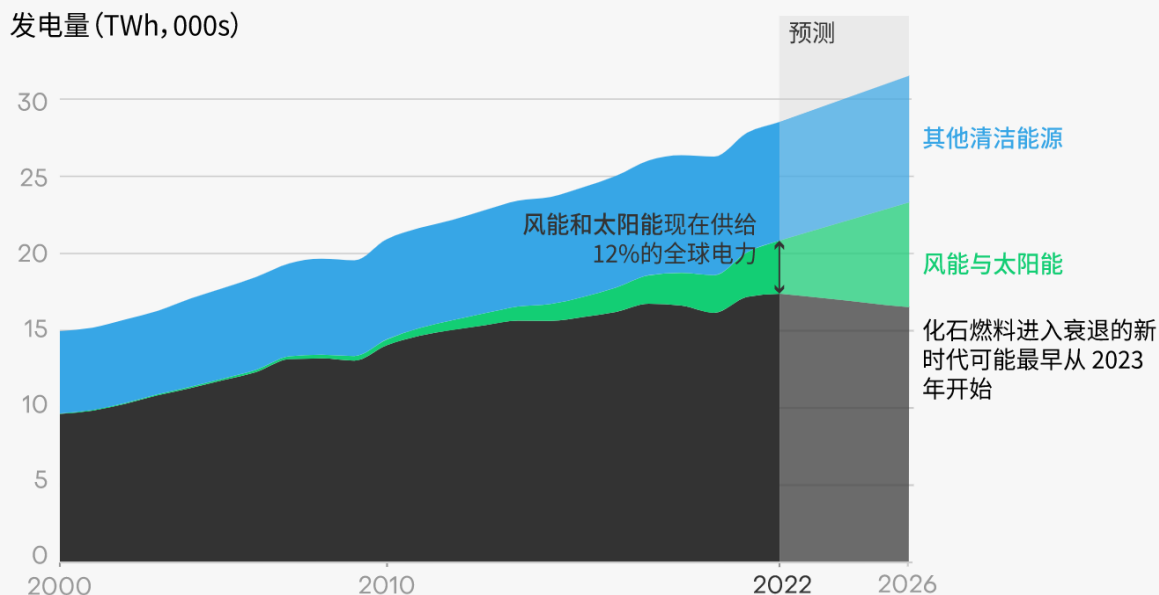
2022 年，电力行业的排放量上升了 1.3%，达到历史最高水平。电力比以往任何时候都更清洁，但我们的用电量也大幅增加。燃煤发电量增长了 1.1%，与过去十年的平均增长持平。在 2021 年 COP26 上达成的“逐步淘汰煤电”可能并没有在 2022 年开始，但能源危机也没有像许多人担心的那样导致燃煤大幅增加。由于全球天然气价格高企，2022 年天然气发电量小幅下降 (-0.2%)，这是三年来的第二次。由于 2021 年天然气已经比煤炭更贵了，2022 年气转煤受限。2022 年仅新建了 31 GW 的天然气发电厂，是 18 年来的最低水平。但 2022 年关闭的燃煤电厂数量是七年来最低的，因为尽管转型速度加快，但各国都希望保持备用产能。

## 03

### 2022 年可能是电力行业排放的“峰值”

风能和太阳能正在减缓电力行业排放的增长。如果所有来自风能和太阳能的电力都来自化石燃料发电，那么 2022 年电力行业的排放量将增加 20%。仅风力和太阳能发电的增长 (+557 TWh) 就满足了 2022 年全球电力需求增长的 80% (+694 TWh)。2023 年，清洁能源的增长可能会超过电力需求的增长；这将是第一次在经济衰退之外实现这一目标。根据电力需求和清洁能源的平均增长，我们预测 2023 年化石燃料发电量将小幅下降 (-47 TWh, -0.3%)，而随着风能和太阳能的进一步增长，未来几年将出现更大的下降。这也意味着 2022 年的排放量已达到“峰值”。电力行业排放下降的新时代即将到来。

## 风能与太阳能占全球电力的12%；化石燃料衰退的时代即将开始



来源： Ember年度电力数据 · 2023-2026 年的数据为基于 Ember 的预测；详情请参阅完整报告（2023 年全球电力评论）

**EMBER**

2022 年将作为世界向清洁能源过渡的转折点而录入史册。随着俄乌冲突爆发，由于化石燃料价格飙升，出于对依赖化石燃料进口的安全担忧，许多国家政府不得不重新考虑自己的计划。它还加速了电气化：更多的热泵，更多的电动汽车，更多的电解槽。这将推动其他行业减少排放，给加快建设清洁能源带来更大压力。

得益于风能和太阳能这两个超级电力来源，电力行业排放下降的新时代已经近在咫尺。风能和太阳能即使成熟，也需要在这十年保持高速增长。所有其他清洁电力来源都需要进一步增长，同时需要更加关注效率，以避免电力需求的失控增长。在确保风能和太阳能能够融入电网方面，迫切需要开展的工作包括：规划许可、电网连接、电网灵活性和市场设计。

化石燃料发电的减少不仅意味着煤电的逐步淘汰将会发生，而且——这是第一次——逐步淘汰天然气发电已指日可待。然而，电力行业的排放量将以多快的速度下降尚无法确定。

“在这个对气候具有决定性意义的十年里，化石燃料时代开始走向终结。我们将进入清洁能源时代。煤电的逐步淘汰将会发生，逐步淘汰天然气发电也指日可待。风能和太阳能将迅速崛起，成为电力行业的领头羊，重塑整个能源行业。变更即将来临。我们应该抱有希望，但在这十年的执行中仍有许多艰苦的工作要做。世界能否在 2040 年转型至清洁能源，取决于政府、企业和公民现在采取的行动。”

**Malgorzata Wiatros-Motyka**

Ember 高级电力分析师



第 1 章 | 实现 1.5°C 温升控制目标的路径

# 到 2040 年 实现全球清洁电力

全球电力行业是最大的二氧化碳排放行业，也是世界上第一个需要脱碳以实现净零排放的行业，因为它有助于开启其他行业的清洁电气化。若要了解气候目标的进展，我们还必须密切跟踪电力转型。

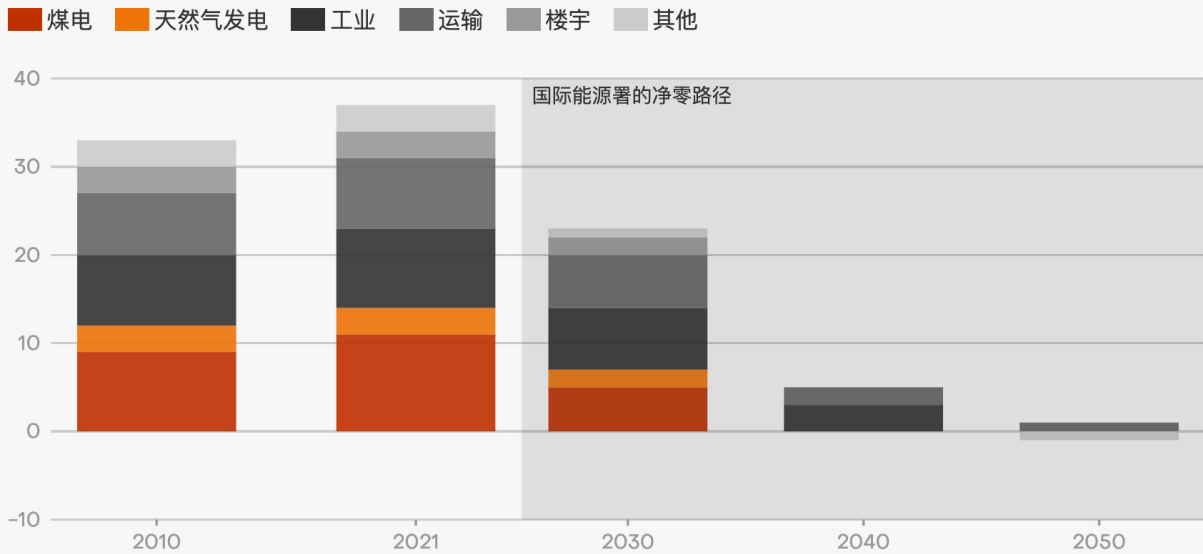
## 第一个实现净零排放的行业

电力行业需要在 2040 年之前从排放最高的行业转变为[第一个实现全球净零排放的行业](#)，这样世界才有机会在 2050 年实现全经济的净零排放。

发电是全球二氧化碳排放的最大单一来源，[占](#) 2021 年全球能源相关排放总量的三分之一以上。截至 2021 年，电力行业约四分之三的排放来自煤炭，近四分之一来自天然气。由于已经有行之有效的解决方案来应对这一挑战，电力行业脱碳是实现快速减排的最具成本效益的途径之一。

## 电力部门如何从目前最大的碳排放源转变为首个实现净零排放的行业

按行业划分的排放量 (GtCO<sub>2</sub>)



来源：国际能源署的2022年世界能源展望

EMBER

国际能源署 (IEA) 在 2021 年 5 月发布开创性报告《[2050 年净零排放](#)》，并在其净零排放 (NZE) 情景中详细阐述了全球电力行业遵循《巴黎协定》的路径。该路径在 2022 年的《[世界能源展望](#)》报告 (NZE 是该报告的核心情景) 中进行了更新。该情景将在本报告全篇提述，我们认为这是全球电力行业实现 1.5°C 温升控制目标的现实途径。

尽管电力行业有许多可能的方法可以减少排放，以符合实现 1.5°C 温升控制目标的路径，但国际能源署的 NZE 情景备受行业利益相关者推崇，它提供了详细的基准，也在很大程度上符合[政府间气候变化专门委员会的电力行业脱碳情景](#)。

在所有模式中，风能和太阳能将引领这一转变，提供低成本和快速交付的清洁能力。[政府间气候变化专门委员会表示](#)，风能和太阳能可以实现本十年所需减排的三分之一以上，与参考情景相比，其中一半的减排实际上可以节省资金。在许多国家/地区，风能和太阳能在经济上也很有吸引力：比化石燃料成本低，而且没有依赖全球化石燃料市场的潜在能源安全风险。

## 2040 年实现全球电力行业净零排放的里程碑

国际能源署的 NZE 情景显示了全球电力行业到 2040 年实现净零排放及经合组织国家到 2035 年实现净零排放的明确路线。该路径要求大规模扩展清洁发电，这需要采取多种技术。在国际能源署的模型中，风能和太阳能是重中之重，需要提供从现在到 2050 年清洁能源增长的 75%。随着清洁能源的部署，互联、网络、需求侧管理和存储都将发挥至关重要的作用，这些都需要扩展以支持能源转型。

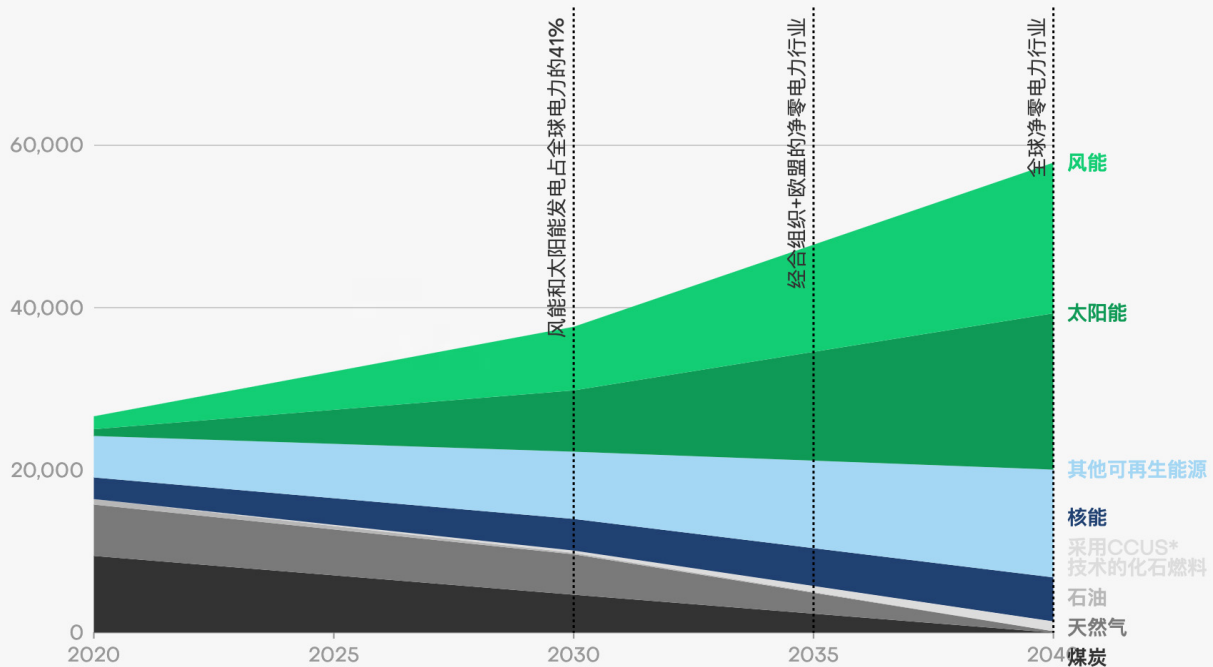
到 2030 年，风能和太阳能需要从 2021 年占全球发电量的 10% 增加到 41%。燃煤发电量需要下降 54%，天然气发电量需要下降 24%。与此同时，随着电气化的加快，电力需求将大幅增长，从 2021 年到 2030 年，平均每年增长 3.7%。

虽然未来的道路大致清楚，但国际能源署在[更新 2021 年至 2022 年的 NZE 情景时](#)所做的调整值得注意。除了 2021 年至 2030 年天然气发电量预计将大幅下降（之前为 5%，如今为 24%）和燃煤发电量预计将小幅下降（之前为 71%，如今为 54%）外，上述情景基本保持不变。这一变化可能反映了 2022 年煤炭淘汰进程的放缓，但也有一种新发现的可能性，即天然气发电可能在本十年开始逐步淘汰。无论如何，这两种观点都意味着所有化石燃料能源都需要迅速减少。

到 2040 年，电力行业需要实现净零排放：要实现这一目标，必须在全球范围内淘汰难以消减的煤电，将难以消减的天然气发电在全球电力的占比削减至 0.3%。

## 电力行业实现向净零转型

发电量 (TWh)



来源：国际能源署的净零排放情景 (WEO 2022)

\*碳捕获、利用和储存

EMBER

## 电力在通往净零排放的道路上的作用不断扩大

对清洁电力的投资可确保在电力行业乃至整个能源系统以最具成本效益的方式实现净零排放。

对于发展中国家，对清洁能源的投资将在满足不断增长的电力需求方面发挥关键作用。随着世界人口的增长和各国生活水平的提高，电力需求也在不断扩大。全球仍有十分之一的人口无法用上电，主要分布在撒哈拉以南非洲和亚洲。跨越化石燃料并直接转向清洁能源将为健康、经济和气候带来多重效益，同时根据联合国可持续发展目标 7 (SDG7) 的建议，增加人们获得负担得起的能源的机会。



但是，电力需求会扩大及需要增加清洁能源投资的不仅仅是发展中国家。电力支撑着其他行业的脱碳，因为清洁电力取代了交通、供暖、制冷和工业中的化石燃料燃烧。2022 年，电力占全球最终能源消费的 20%。到 2030 年，这一比例**预计**将达到 27%。

在 2022 年，**电动汽车**、**热泵**和**电解槽**（用于生产绿色氢气）推进至更高的增长水平。这一趋势预计将持续，但要实现必要的减排，就必须与清洁电力投资相匹配，以满足不断扩大的电气化经济。

# 最清洁的电力是风能和太阳能， 占全球电力的 12%

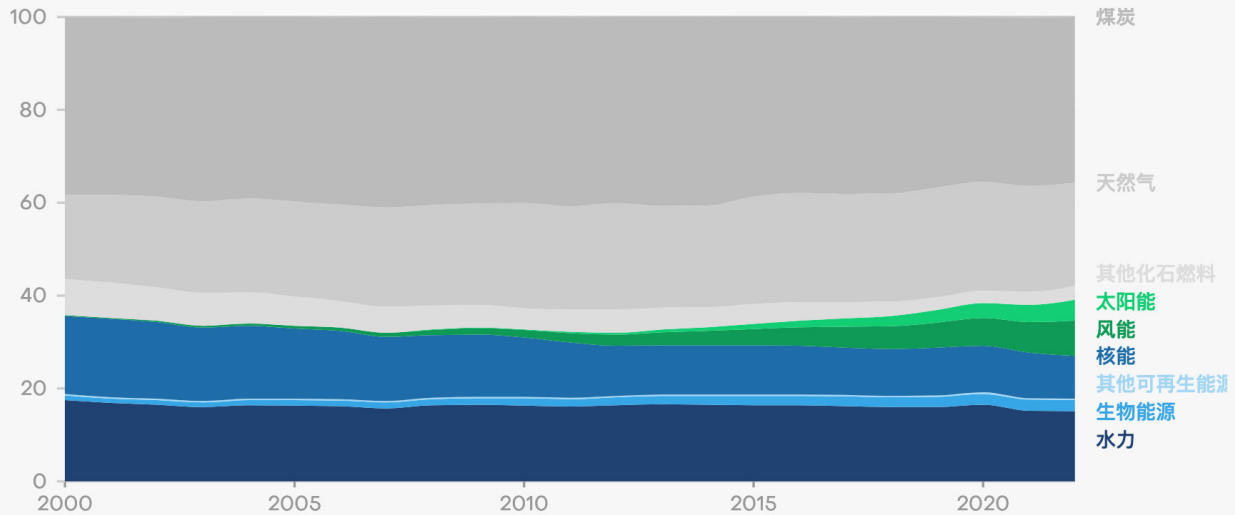
2022 年超越 2020 年成为有史以来最清洁的一年，排放强度下降至创纪录的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh。风力和太阳能发电在全球发电量中占比达到了创纪录的 12%，但它们的建设速度仍不足以满足全球日益增长的电力需求。因此，煤炭和其他化石燃料填补了剩余的缺口，将排放量推高至历史新高。

## 风能和太阳能有助于降低电力的排放强度

风能和太阳能的创纪录增长将电力推向有史以来最清洁的水平：436 gCO<sub>2</sub>/kWh。2022 年，太阳能和风力发电量均录得创纪录的增长，分别增长 245 TWh 和 312 TWh。因此，全球 12% 的电力来自太阳能及风能。2021 年，太阳能和风力发电量占全球发电量的十分之一，而在 2015 年《巴黎协定》签署时，该比例仅为 5%。太阳能和风能的合计发电量在 2021 年超过了核能发电，并正在赶上水力发电。目前，超过 60 个国家 / 地区 10% 以上的电力来自风能和太阳能。

## 风能和太阳能将占全球电力的12%，将清洁电力的占比推高至近40%

发电量份额 (%)



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

### 自福岛核灾以来其他清洁电力首次下降

2022年，清洁能源（不包括太阳能和风能）的发电量自2011年福岛核灾难以来首次出现同比下降。这主要是因为法国的核电机组大量停机，德国和比利时关闭了一些反应堆，核能发电量下降了129 TWh (-5%)。此外，由于多个地区遭遇极端干旱，全球水电的增长受到抑制，特别是在欧盟，发电量下降了66 TWh，降至1990年以来的最低水平。

### 需求增长

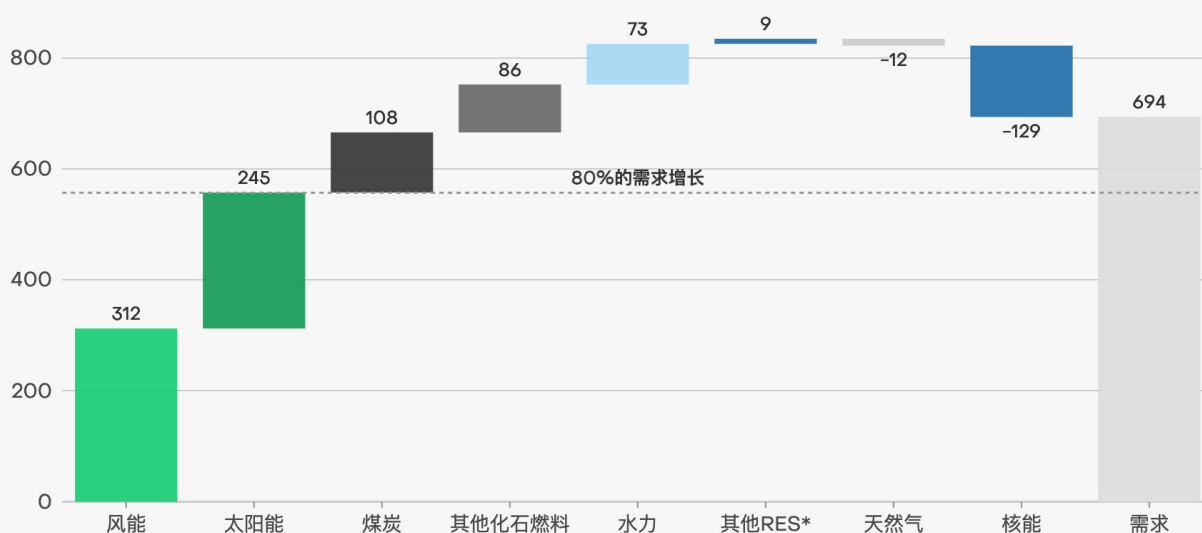
2022年全球电力需求增长2.5% (+694 TWh)，与前十年(2010-2021年)2.6%的平均增长相当。去年的增长很大程度上由主要经济体的需求增长推动，其中三个经济体就占了全球需求增长的93%：中国(54%)、美国(21%)和印度(18%)。相比之下，欧盟的电力需求下降了3%，这是由于该地区气候温和，各国出于负担能力压力和供应安全担忧减少了消费(详情见第6章)。

## 风能和太阳能满足大部分的需求增长

2022年，风能和太阳能的增长满足了电力需求增长的80%，而所有可再生能源合计满足了增长的92%。在中国，风能和太阳能满足了2022年电力需求增长的69%，而所有清洁能源满足了77%。在印度，风能和太阳能满足了需求增长的23%，而所有清洁能源满足了38%。在美国，风能和太阳能满足了需求增长的68%。

### 风能和太阳能的增长满足了2022年电力需求增长的80%

2022年发电量变化 (TWh)



来源：年度电力数据，Ember · \* (可再生能源) 其他可再生能源包括生物能源

EMBER

## 燃煤发电增加以弥补短缺

燃煤和其他化石燃料（主要是石油）发电增加，以满足电力需求增长的剩余部分，以及核能和天然气发电的不足。燃煤发电同比增长108 TWh (+1.1%)，达到创纪录的10,186 TWh。其他化石燃料发电增长86 TWh (+11%)。

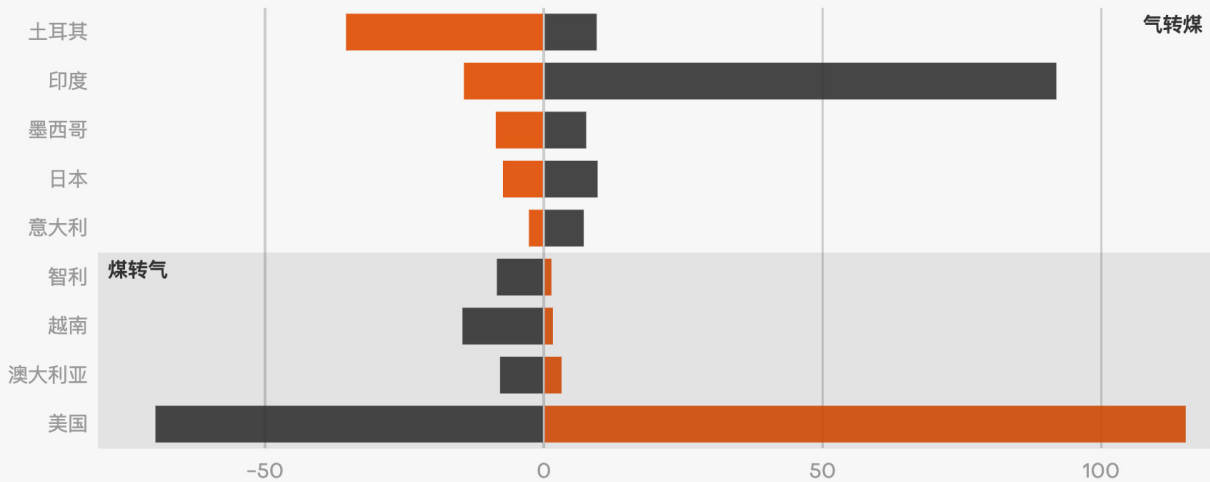
不同国家和地区的趋势差异显著：2022年，美国的燃煤发电量同比下降（-70 TWh，-7.8%），但中国（+81 TWh，+1.5%）、印度（+92 TWh，+7.2%）、日本（+9.7 TWh，+3.1%）和欧盟（+27 TWh，+6.4%）的燃煤发电量有所上升。

煤电增长了1.1%，与过去十年的平均增长持平。考虑到天然气价格飙升和供应安全问题，人们可能预计2022年燃煤发电量将出现更大幅度的增长。但在全球范围内，煤转气实际上和气转煤一样多。部分原因是，在2022年之前，天然气价格已经高于煤炭价格，因此，大部分的气转煤在这一年之前已发生。还有一部分原因是因为美国，由于该国的天然气价格远低于世界其他地区，燃煤电厂退役、煤炭运输中断和新增天然气发电厂产能这三大因素导致了燃煤发电向天然气发电的实质性转变。

## 在2022年在煤电和天然气之间转换的国家

2022年发电量变化（TWh）

■ 天然气 ■ 煤炭



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

## 天然气发电趋于平稳

与前一年相比，2022 年全球天然气发电量略微下降 0.2% (-12 TWh)。人们可能预计，高企且不稳定的天然气价格会导致天然气发电出现更大幅度的下跌，但能源危机并没有导致大规模的气转煤（如上所述）。

然而，在国家层面，一些国家的天然气发电量仍在增加。例如，美国的天然气发电量增长 (+7.3%)，正逐步取代煤电。但其他大多数国家的天然气发电量下降，包括巴西 (-46%) 和土耳其 (-32%)（由于水力发电良好）、印度 (-22%)（由于天然气价格高企）。

其他化石燃料（主要是石油）发电增加了 86 TWh，其中有一些天然气转换为石油的情况（由于主要采用石油发电的中东国家报告不佳，该数据仅为暂定数据）。

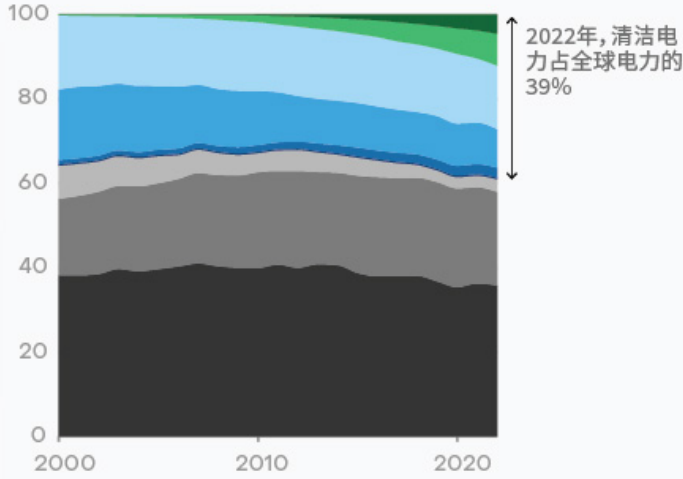
## 排放量达到历史新高

总体而言，2022 年化石燃料发电量增加了 183 TWh (+1.1%)，创下了新纪录。因此，电力行业的二氧化碳排放量增加了 1.6 亿吨 (+1.3%)，达到创纪录的 124.31 亿吨二氧化碳。排放强度正朝着正确的方向发展，但绝对排放量尚未下降。这意味着电力行业还没有录得实现净零排放所需的减排，因为根据[国际能源署的《净零排放方案》](#)，本十年的排放量应该平均每年下降 7.6%。

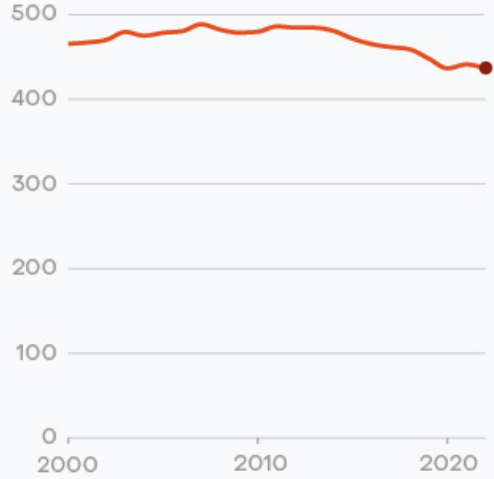
## 2022年, 世界为何出现清洁电力发电量与电力行业排放量同时创纪录

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

随着清洁电力占比增加...  
发电量份额 (%)

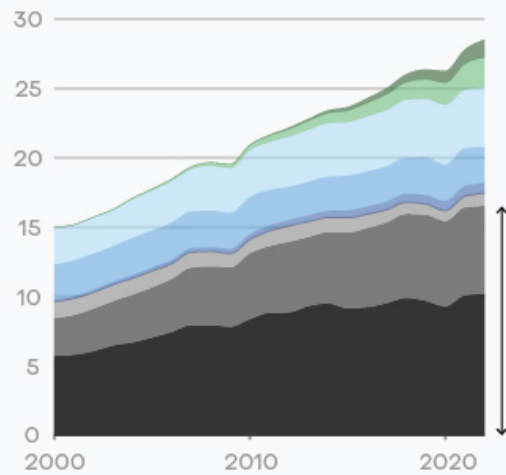


...每单位电力排放的二氧化碳更少  
gCO<sub>2</sub>/kWh

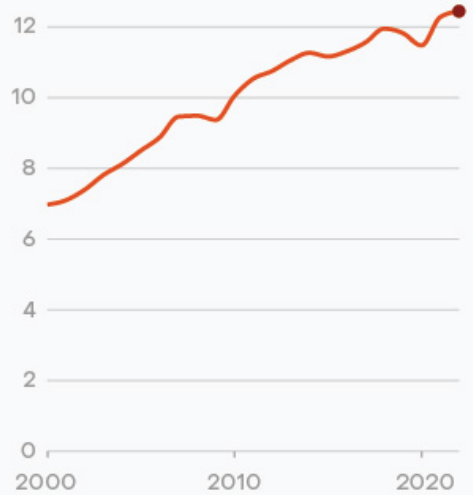


但电力需求的增长速度一直快于清洁能源, 因此化石燃料发电已经增长...

TWh (000s)



...导致电力行业的排放量增加  
GtCO<sub>2</sub>



来源: 年度电力数据, Ember

二氧化碳强度和排放量可通过发电量乘以固定的燃料排放系数计算

## 2022 年，向可再生能源的转型加速

俄乌冲突和 2022 年的全球能源危机很可能被视为一个转折点，使许多政府重新考虑对化石燃料的依赖。对能源安全的担忧和新政策导致国际能源署对 2022 年可再生能源的预测进行了[有史以来最大的上调](#)。

欧盟制定 [REPowerEU 计划](#)，旨在通过增加可再生电力的使用和提高能源效率，迅速减少对从俄罗斯进口化石燃料的依赖。在美国，2022 年 8 月出台的《通胀削减法案》将近 [3,700 亿美元](#) 的政府资金用于清洁能源，目标是在本十年结束前大幅降低美国的碳排放。其他主要经济体继续推行现有政策，如中国的“[十四五](#)”规划和新的[市场改革](#)。

此外，在清洁能源技术方面的[投资](#)在 2022 年首次与化石燃料相当。[印度尼西亚](#)和[越南](#)等发展中经济体在 2022 年获得了英国、美国和欧盟等历史高排放经济体的国际资金承诺，以支持它们用可再生能源取代煤炭，从而使其经济增长与排放脱钩。

能源危机为低碳能源转型提供了明确的动力：需要加强能源多样化，减少对化石燃料的依赖，加速可再生能源的发展。然而，由于一些国家获得了天然气的长期合同，这场危机也有可能导致一些化石能源[基础设施](#)陷入瘫痪。

虽然 2022 年可能会被视为一个转折点，但在这一年中达成的清洁电力政策发展的影响暂时还不会显现。因此，到目前为止，我们在清洁能源和电气化方面所看到的变化只是冰山一角。



# 全球电力系统正在转型—— 但速度还不够快

---

风能和太阳能是新的超级能源。它们正把我们推向减少化石燃料发电的新时代，即，逐步淘汰煤电和天然气发电。但我们尚未到达终点。将全球升温控制在 1.5°C 以内，意味着要实现对风能和太阳能的巨大期望，并加快目前建设过于缓慢的其他清洁电力来源（包括核电和水电）的发展速度。要实现本十年所需的电力行业排放量的快速下降，仍有许多工作要做。

## 风能和太阳能将成为推动世界未来的超级动力

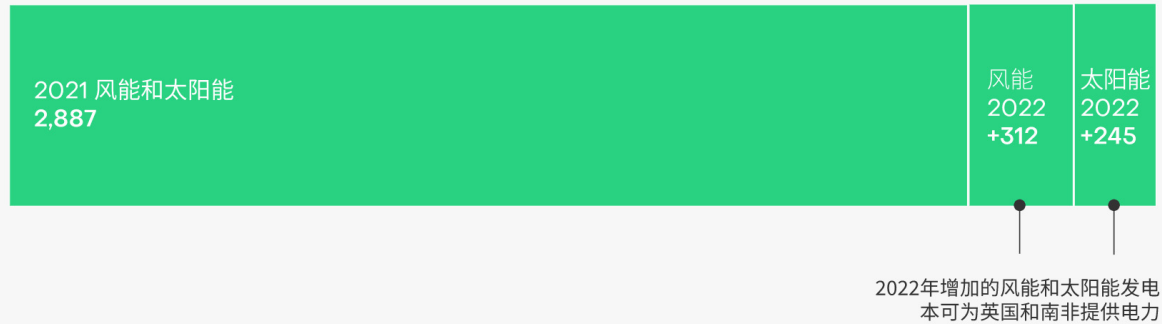
---

太阳能和风能改变全球电力供应的速度令人震惊。2022 年全球太阳能发电量的增长可以满足南非一年的电力需求，而风力发电量的增长可以为几乎整个英国提供电力。2021 年，全球风力和太阳能发电量已经超过了欧盟的总电力需求。

## 风力发电和太阳能发电（从长远来看）

TWh

2022年全球风能和太阳能发电量



2022年电力需求比较



来源：年度电力数据，Ember

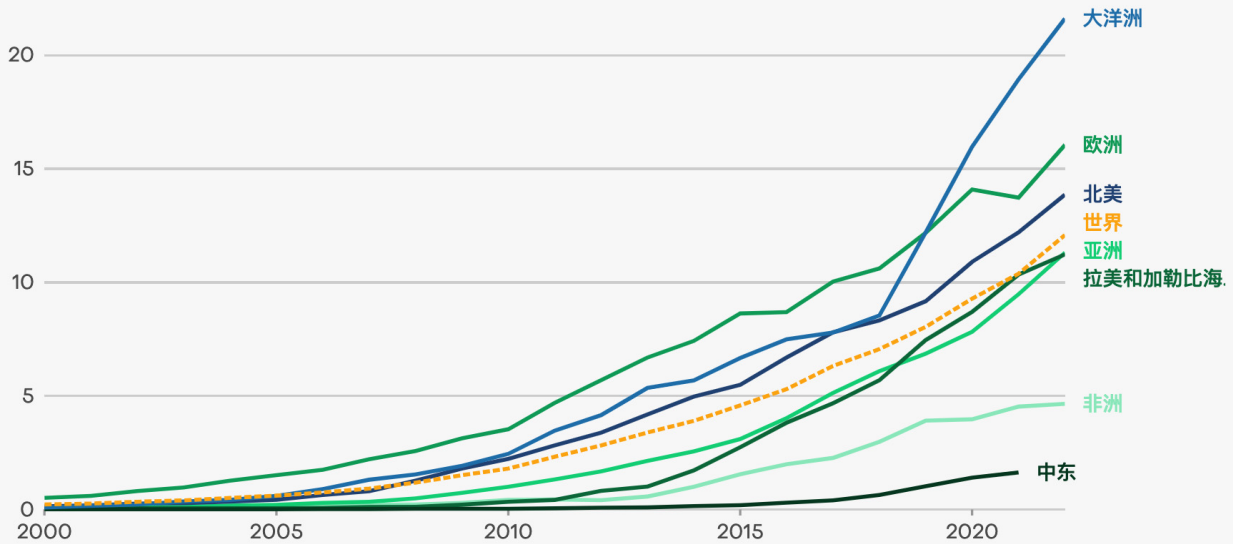
EMBER

## 同样的旅程，不同的速度

太阳能和风能正在改变世界上每个地区的电力结构。欧洲最早开始了这一转变，并在本世纪一直处于领先地位。然而，最近欧洲已经被大洋洲取代，这主要是由于澳大利亚的快速增长。北美也很早就开始了风能和太阳能的部署，并一直领先于全球平均水平。亚洲起步较晚，但正在迅速赶上，目前已接近世界平均水平。拉丁美洲的风力和太阳能发电从 2014 年到 2021 年激增，但在 2022 年放缓。非洲在过去几年已经放缓。中东是唯一一个仍处于起步阶段的地区，由于数据透明度不高，也很难估计 2022 年的变化。

## 同样的旅程，不同的速度

太阳能和风能的发电量占比 (%)



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

## 领先者及落后者

2022年，欧盟22%的电力来自风能和太阳能。2022年，七个欧盟国家的风力和太阳能发电量约占其总发电量的三分之一或更多，包括德国(32%)、西班牙(33%)和荷兰(32%)。波兰和匈牙利目前高于12%的全球平均水平。在欧洲的边缘地区，情况就不一样了：土耳其高于全球平均水平，达到15%，俄罗斯则为1%。

在北美，美国(15%)高于全球平均水平；加拿大落后于全球平均水平，为7%。

全球风能和太阳能的绝对发电量前五名中，有三个在亚洲。中国高于全球平均水平，为14%(1,241 TWh)；日本略低于全球平均水平，为11%(107 TWh)，印度略低于全球平均水平，为9%(165 TWh)。大多数亚洲国家正处于太阳能和风力发电的起步阶段：韩国(5%)、巴基斯坦(4%)、泰国(4%)、菲律宾(2%)、新加坡(2%)、孟加拉国(1%)和马来西亚(1%)。除哈萨克斯坦外的所有欧亚国家几乎为零。

在拉丁美洲，许多国家达到或高于全球平均水平: 乌拉圭 (36%)、智利 (28%)、巴西 (15%)、阿根廷 (12%)。然而，一些国家 (例如古巴 (1.4%)、哥伦比亚 (0.7%)、厄瓜多尔 (0.3%)、委内瑞拉 (0.1%) 和巴拉圭 (0.0%)，到目前为止几乎没有建设。然而，除了古巴之外，由于拥有大量的水力资源，这些国家的清洁能源占比都很高。

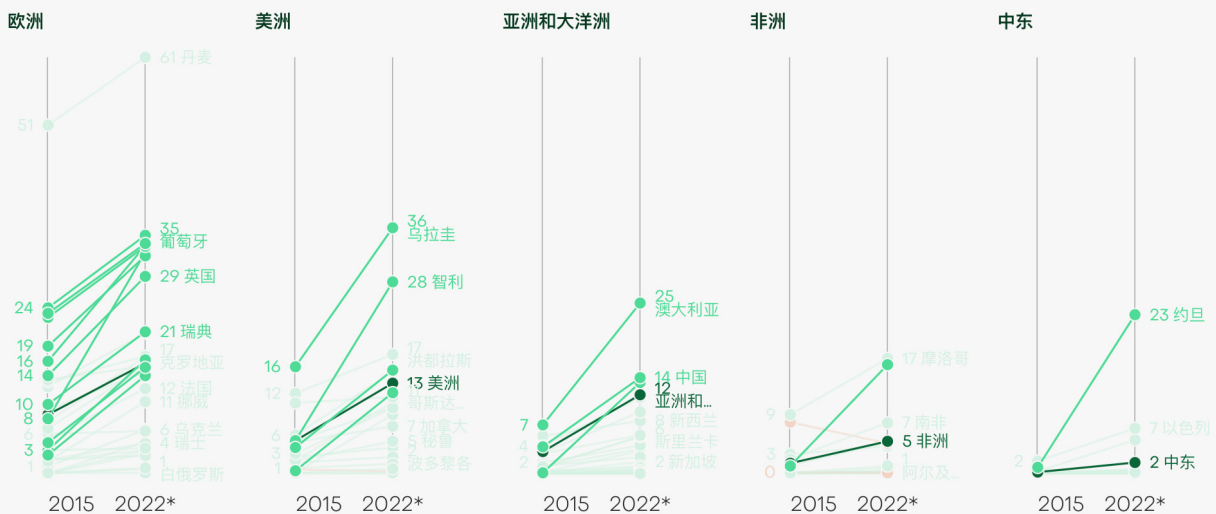
在非洲，纳米比亚 (25%)、摩洛哥 (17%) 和肯尼亚 (16%) 在风力和太阳能发电占比方面领先。但其他地区对太阳能和风能的依赖大多远低于全球平均水平。

在中东，太阳能和风力发电还没有站稳脚跟。许多国家的太阳能和风力发电在其电力结构的占比不足 1%，包括巴林、伊朗、伊拉克、科威特、黎巴嫩、阿曼、卡塔尔和沙特阿拉伯。沙特阿拉伯公布了可再生能源的宏伟计划，但迄今为止几乎没有明显的进展。

## 风能和太阳能发电在全球起飞

太阳能和风能的发电量占比 (%)

突出增长率超过10个百分点的国家



来源：年度电力数据，Ember · 只有所有来源的发电量超过10TWh的国家/地区纳入此图标  
\*或最近年度

## 从 20 年的太阳能和风能部署中吸取的教训

在采用风力和太阳能发电方面的巨大差异反映了各国在能源转型和电力系统改革方面的不同做法。风力和太阳能发电推广的案例研究表明，国家能源转型的成功与否，视乎政策决策、市场力量和国家动力而定。下面我们将详细介绍三个案例研究。第一个案例研究是，中国创新的屋顶太阳能政策（该政策将太阳能发电在 2022 年推向了新的水平）。第二个案例研究是，智利在太阳能和风力发电方面的崛起以及它如何迅速减少煤炭使用和电力行业的排放。第三个案例研究是，欧洲陆上风力发电政策时断时续的教训（这阻碍了风能更快速、更低成本的发展）。

### 创新的屋顶太阳能政策：中国案例研究

2022 年全球安装的太阳能电池板中，约有五分之一（268 GW 中的 [55 GW](#)）安装在中国的屋顶上。这在很大程度上是由一项名为“整县屋顶分布式光伏开发”的创新政策推动的。该项目是一个为期三年的计划。2022 年是第二年，装机容量比 2021 年增加了 29 GW，[翻了一番](#)。

该方案以自上而下的结构实施，但在市或县一级进行。截至 2021 年底，31 个省的 676 个县[纳入](#)了该计划。由单个开发商（通常是国有企业）管理整个县的应用。开发商与规模较小的“村级”或“镇级”开发商网络合作，后者负责识别屋顶并确保项目开发权。在某些情况下，太阳能板归个人所有，个人将剩余的电力卖给开发商。在其他情况下，太阳能板归开发商所有，屋顶业主获得的不是租金，而是折扣电力。

这种全县规模的方法可以实现快速推广，确保成本低廉。推广的速度和覆盖范围堪称空前：到 2023 年底，每个县的开发商所安装的设备需要分别覆盖政府建筑、学校和医院、工业建筑和农村家庭的可用面积的 50%、40%、30% 和 20%。这也意味着低廉的成本：可以获得廉价的融资来降低成本，所有的部件都可以以批发价购买。

## 风能和太阳能如何减少电力行业的排放：智利案例研究

智利的风力和太阳能发电显著增长。风力和太阳能发电合计从 2012 年占总电力的 0.6% 上升到 2022 年的 28%，成为智利最大的电力来源，超过了煤炭。在过去十年中，得益于风能和太阳能发电的兴起，燃煤发电量下降了 27%，电力行业的排放量减少了 15%，尽管同期总需求增长了超过四分之一。

2012 年之前的十年，情况则截然不同。智利依靠煤炭来满足其日益增长的电力需求。随着需求增长近 50%，智利的燃煤发电量增加了四倍，导致排放量增加了 159%，即 2,000 万吨二氧化碳，超过了邻国秘鲁电力行业每年的排放量。

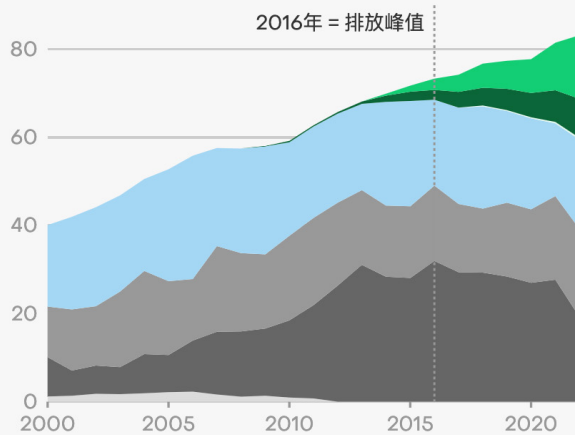
2022 年对智利的电力行业来说尤其不同寻常。太阳能发电增长了三分之一，而风能和水力发电各增长了 22% 以上。可再生电力 9.2 TWh 的总体增长远远超过 1.7 TWh 的总体需求增长 (+2.1%)，令燃煤发电量下降了 30%。最终，电力行业的排放量比 2021 年下降了 18%。

智利目前正在计划逐步淘汰煤电。2022 年 9 月，该国加入了弃用燃煤发电联盟，[承诺到 2030 年淘汰煤电](#)。这将目标日期提前了 10 年，此前计划在 2040 年淘汰煤电。很明显，风力和太阳能发电将成为帮助智利逐步淘汰煤电并继续削减电力行业排放的驱动力。

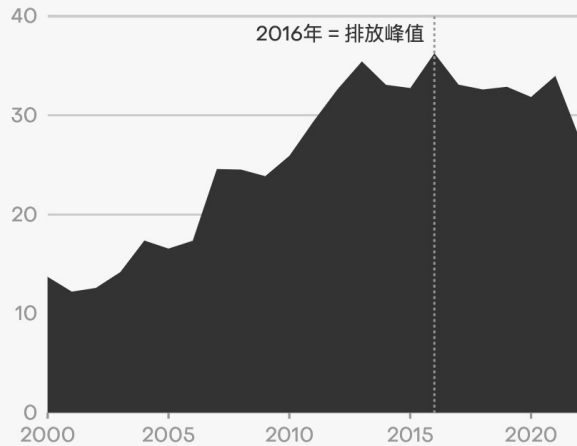
## 即使电力需求持续增长，智利依然通过拓展太阳能和风能来减少电力行业的排放量

■ 太阳能    ■ 风能    ■ 水力    ■ 煤炭    ■ 净进口    ■ 天然气和其他化石燃料    ■ 其他可再生能源  
■ 排放量

发电量 (TWh)



排放量 (MtCO<sub>2</sub>)



来源：年度电力数据，Ember

**EMBER**

## 陆上风能发展的崎岖之路：欧洲案例研究

风力发电量最大的一些欧洲国家已经出台了相关政策，但时断时续。这导致多年错失机会，不仅放缓了增长，还对公司和员工产生了巨大影响。这也是当今供应链[投资仍然不足](#)的原因之一。

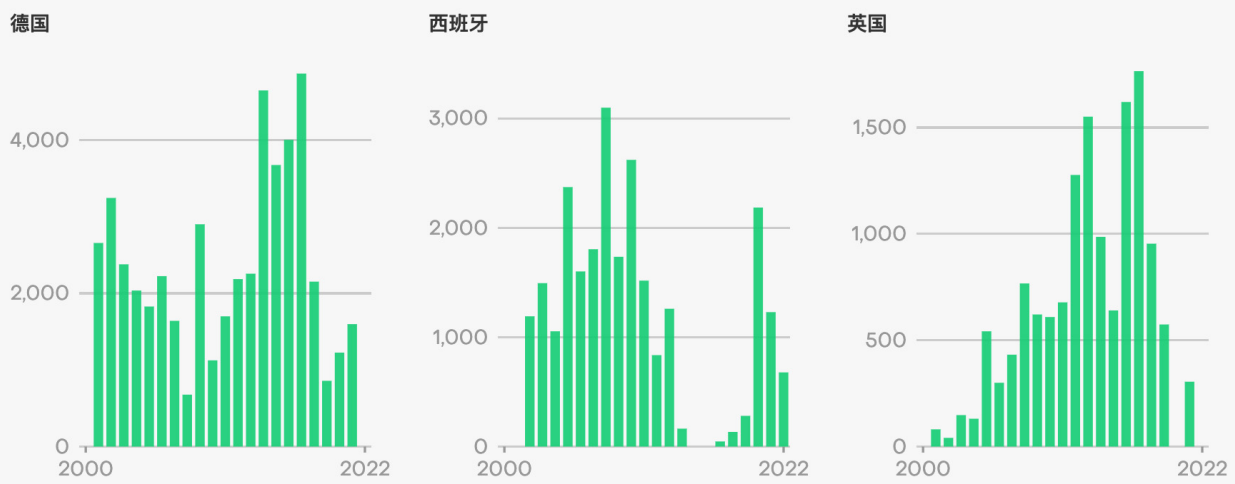
德国一直是陆上风电的世界领导者，但在 2017-2021 年期间，德国的装机容量仅为此前四年的三分之一左右（平均每年 1.4 GW，而之前为每年 4.3 GW）。放缓的[主要原因](#)是缺乏建设用地、投资者的不确定性和缓慢的许可程序。德国如今已重返更快的推进速度：2023 年拍卖量提高到 23 GW。政府更迭和俄乌冲突对此起到推动作用，新的立法包括预留 2% 的土地面积用于陆上风电。

西班牙的陆上风电可谓“成也萧何，败也萧何”。该国并没有将相关成本[转嫁](#)给客户，导致了 250 亿欧元的整体“资费亏空”，而随着 2012 年金融危机冲击西班牙，已无法再增加资费。这导致了停顿，该国在接下来的 6 年里只安装了 600 MW。西班牙的建设率如今再次上升。

2015 年，由于担心风力发电场的视觉影响，英国政府实际上暂停了在英格兰新建陆上风力发电场。7 年过去了，它依然存在。然而，在 2022 年 12 月，政府开始协商解除封锁，同时保持当地社区反对项目的 ability。目前尚不清楚这将如何实施或是否实施，也不清楚建设率将以多快的速度上升。

## 新建—关闭：如何不去做

陆上风电年新增装机容量 (MW)



来源：国际可再生能源署

EMBER

## 风力和太阳能发电是新的超级能源，但它们能增长多少呢？

为了实现气候目标，人们对太阳能和风力发电寄予厚望。[国际能源署的《净零排放方案》](#)显示，太阳能和风力发电需要从 2022 年占全球电力供应的 12% 上升到 2030 年的 41%。在 2022 年 4 月发布的政府间气候变化专门委员会[综合报告](#)中，也规定风力和太阳能发电需要达到类似的占比。政府间气候变化专门委员会评估的所有情景的中位数与国际能源署的结果相同：到 2030 年，风力和太阳能发电须上升到[全球电力的 41%](#)。



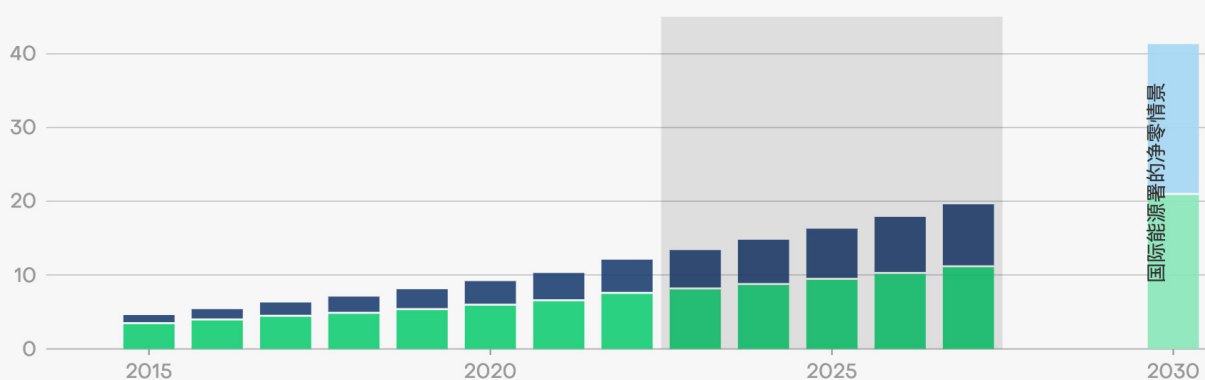
根据[国际能源署从 2022 年 12 月起的最新短期预测](#)，太阳能和风力发电在这一路径上落后于其他能源，到 2027 年，太阳能和风力发电“仅”占全球电力的 20%。这无疑是个保守的估计，国际能源署对风力和太阳能发电的低估是[有据可查的](#)。无论如何，到 2030 年，我们是否能达到所需的 41% 的市场份额仍远未可知。

## 到2030年，太阳能和风能在全全球电力结构的占比能否达到40%？

发电量份额 (%)

灰色阴影区域的数字来自国际能源署2022年12月的可再生能源报告

风能 太阳能



来源：年度电力数据，Ember, IEA

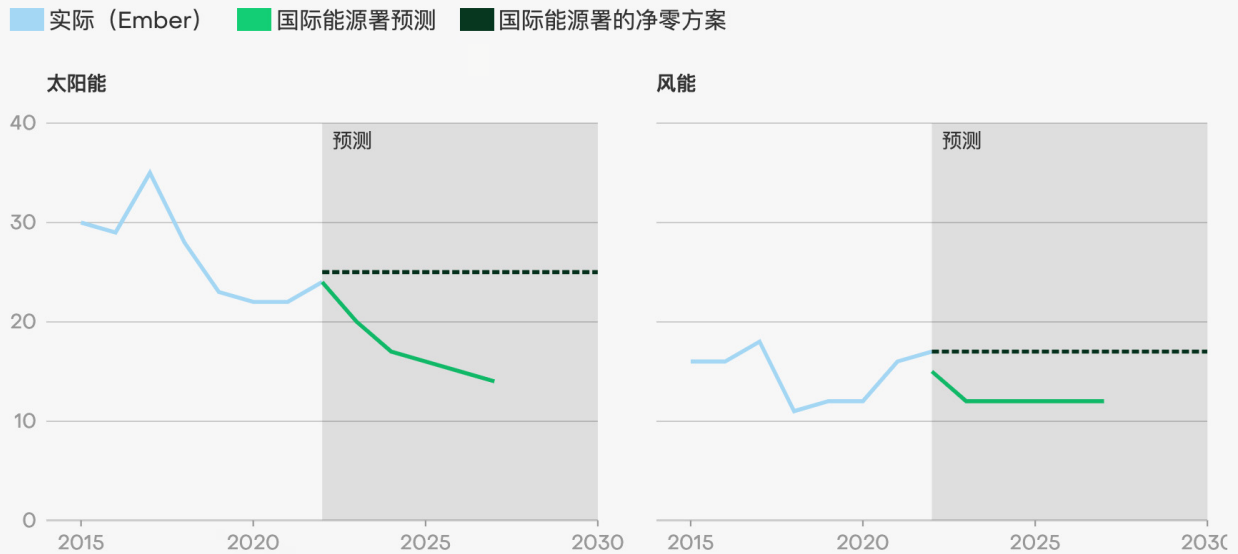
EMBER

考虑到增长率，这提供了另一种可能更令人鼓舞的视角。根据[国际能源署的《净零排放方案》](#)，从 2021 年到 2030 年，太阳能和风力发电的年增长率需要分别保持在 25% 和 17%。这些目标在 2022 年几乎完全实现：太阳能和风力发电分别增长 24% 和 17%。从 2015 年到 2021 年，增长率接近这一水平：26% 和 14%。

随着市场份额的上升，持续实现如此高的增长率变得更加困难。尽管如此，有理由相信风力和太阳能发电的增长可能比[国际能源署从 2022 年 12 月开始的保守预测](#)快得多。

## 太阳能和风能能否维持如此高的增长率？

发电量的年增长率 (%)



来源：国际能源署的净零排放情景 (WEO 2022)

EMBER

太阳能在全球能源结构中是一个相对较新的关键角色：它比风能晚了 7 年才达到产生全球 1% 电力的关键里程碑。风力发电在 2008 年实现了这一目标，但太阳能在 2015 年才超过这一水平。然而，太阳能正在迎头赶上：在过去 18 年里，太阳能发电每年都是增长最快的电力来源。虽然由于负荷率较低，太阳能发电量低于风力发电量，但全球太阳能装机容量已经超过风力发电装机容量。2023 年很可能是太阳能发电量超过风力发电量的第一年。

太阳能的一个主要优势是部署速度快。风力发电需要复杂的供应链、许可和承购合同。购买太阳能电池板并将其安装在屋顶上所需的时间可以用天而不是月或年来计算。这意味着未来几年的新建风电项目可以以相当高的准确度进行预测。预测太阳能发电的增长要困难得多。

在短期内，太阳能有巨大的机会以比预测更快的速度增长。[据报道](#)，2022 年中国主要的新太阳能制造厂投产，年产能增加 66%，从 2021 年底的 361 GW 增至 2022 年底的 600 GW。中国太阳能产能的增长远远超过了对 2023 年太阳能电池板需求的预期。与 2022 年相比，2023 年安装的太阳能电池板数量预计将增加 5% ([国际能源署](#)) 至 27% ([彭博新能源财经](#))。然而，66% 的供应增长可能会推动更多的需求。在这种情况下，很难预测 2023 年太阳能的增长速度，更不用说 2030 年了。研究人员可能会过于谨慎，这意味着太阳能的增长很可能会超过这些预期。

显而易见的是，太阳能和风力发电将在全球能源结构中占据重要地位。毫无疑问，它们将从根本上改变全球电力系统。与任何快速的变化一样，问题和机会比比皆是。

在风力发电方面，许多国家都有雄心勃勃的目标，但在实施过程中受到了阻碍。对于太阳能发电来说，情况正好相反。比起目前的计划，更多的太阳能电池板正在安装，或者能够轻易安装。政策制定者必须利用太阳能发电的大量涌入。这意味着要明白，这对所需技能、市场设计和关税的变化（考虑到太阳能发电的情况相当具体）、开放屋顶使用权、公用事业规模的拍卖设计、电力系统的灵活性、太阳能制造供应链和贸易政策意味着什么。

## 世界上最大的清洁电力来源表现不佳

---

尽管太阳能和风能发展迅速，在未来全球能源结构中占据重要地位，但全球最大的清洁电力来源既不是太阳能，也不是风能，至少目前还不是。相反，水力和核能是目前最大的清洁能源，在 2022 年分别占世界电力的 15% 和 9%。尽管与太阳能和风能相比，这些技术的增长预期较小，但目前它们的扩张速度还没有达到将全球变暖限制在 1.5°C 以内所需的速度。因此，它们的放缓可能会对电力转型产生重大影响。

## 核电和水电市场份额下降

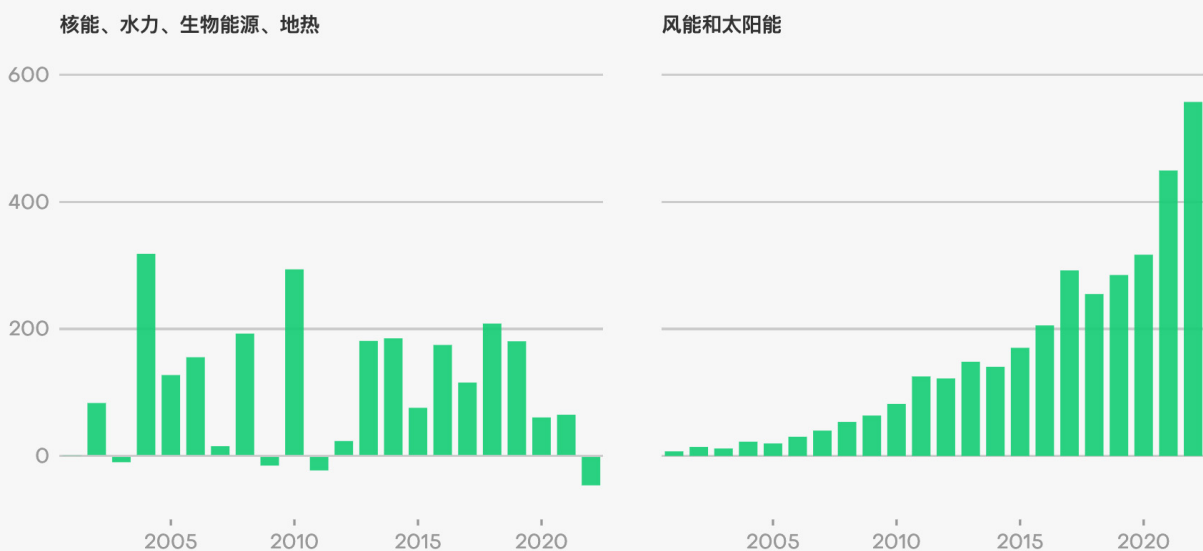
2022 年，清洁能源（不包括太阳能和风能）的发电量自 2011 年福岛核灾难以来首次出现同比下降。该类别包括两种最大的能源，水力和核能，以及目前在低碳电力中所占比例较小的其他技术：生物能源、CCUS、氢能、地热和海洋发电。2022 年的下降主要是由于法国核电站的停产，而水电和生物能源的小幅增长仅部分抵消了这一影响。虽然这种下降趋势不太可能在未来几年继续下去，但很明显，增长正在放缓：在 2020 年和 2021 年，清洁电力（不包括风力和太阳能发电）的年增长率仅为 2000 年以来平均年增长率的一半。

本世纪以来，核电和水电的市场份额一直在下降，因为其增长率低于全球电力需求的增长率。核电在全球电力生产中的占比从 2000 年的 17% 下降到 2022 年的 9%，而水电则从 18% 下降到 15%。

它们的增长速度已经被太阳能和风力发电的崛起所掩盖。2022 年，太阳能和风力发电新增 557 TWh；是核能、水力和生物能源发电增长（2000-2022 年平均每年 105 TWh）的 5 倍。

### 清洁电力（不包括太阳能和风能）在 2022 年下降

发电量的年度变化 (TWh)



来源：年度电力数据，Ember

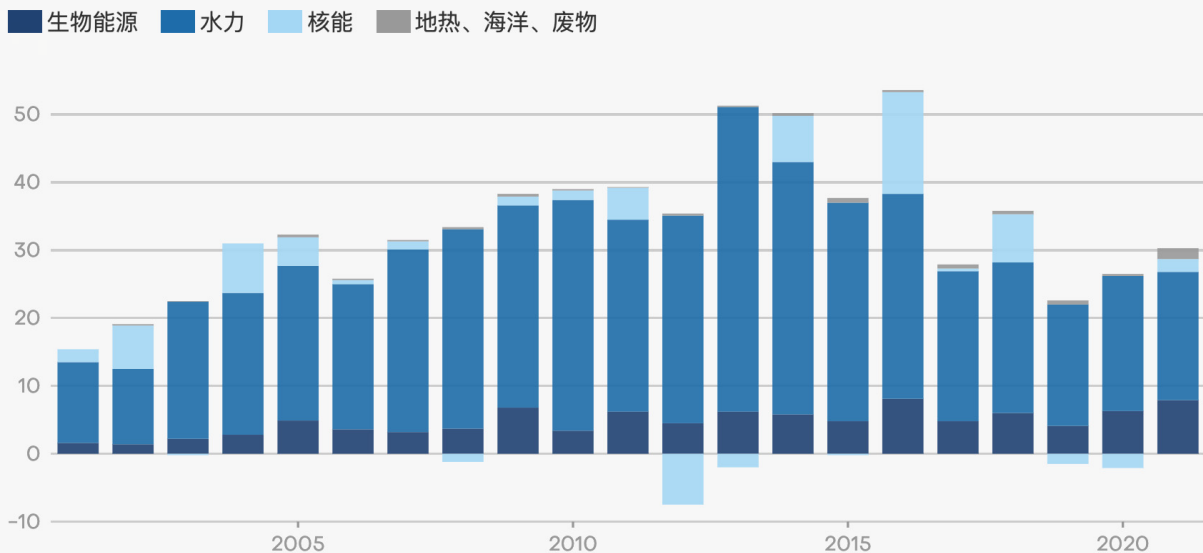
EMBER

装机容量数据可以为核能和水力发电的这种停滞提供一些见解。从 2019 年到 2021 年，净核电装机容量实际上有所下降，因为关闭的核电站比启用的核电站多。

近年来，水电装机容量增长放缓。从 2017 年到 2021 年，平均每年增加 20 GW，而在此之前的五年里，每年增加 33 GW。这在很大程度上是由于中国的增长放缓，中国的水电装机容量占全球的一半左右。

## 正在建设的清洁电力产能较少（不包括风能和太阳能）

全球装机容量年变化（千兆瓦）



来源：国际可再生能源署

EMBER

## 2022 年开启了核能复兴吗？

目前，全球有 440 个核反应堆投入使用，提供全球 9% 的电力。根据[世界核能协会](#)的数据，另有 48 座核电站计划在 2023 年至 2027 年期间投产。19 座位于中国，8 座位于印度，6 座位于韩国，4 座位于土耳其，3 座位于俄罗斯。这是合理的进展：在不考虑即将下线的退役电厂的情况下，其每年可提供 60 GW 的装机容量，发电量近 420 TWh，可将国际能源署 2021 年至 2030 年《净零排放方案》所需的净核电增量增加三分之一。

然而，2022 年带来了核电发展的新势头，可能会有更多的核电站投产。由于建设的时间很长，它们在未来几年的影响有限，但在那之后可以提供大量的清洁能源。

在美国，《通胀削减法案》[规定](#)，将通过维持老旧核电站的运行，为使用现有技术的新建核电站建立供应链，以及扩大新型小型模块化反应堆 (SMR) 的研发预算，大力推动核电发展。加州迪亚波罗峡谷核电站的关闭也被推迟。

日本已经发生了重大转变，不仅[重启](#)了现有的核电站 (得到了日本公众创纪录的[支持](#))，而且还[提议](#)建造新的核电站。在东南亚，菲律宾、印度尼西亚和越南有关核电的谈判[取得进展](#)。韩国[宣布](#)，计划到 2030 年再建造 4 座核反应堆，并延长 10 个老旧机组的寿命，将核电市场份额从 2021 年的 27% 提高到 2030 年的 30%，然后[到 2036 年提高到 35%](#)。

继 2021 年宣布“十四五”规划后，中国[计划](#)将核电装机容量从 2021 年的 50 GW 增加到 2025 年的 70 GW。俄罗斯设定了 2045 年的[目标](#)：将核电占电力的比例从目前的 20% 提高到 25%，并计划到 2035 年建造 16 座反应堆。

欧洲也出现了增长势头。波兰[推进](#)了六座新核电站中的第一座，英国[提议](#)建造八座新反应堆，并为模块化反应堆分配了研发[资金](#)，法国电力公司 (EDF) 提前了六座计划中的反应堆的[开工](#)日期，罗马尼亚[宣布](#)了建造两座新核电站的计划，匈牙利两座新核电站中的一座已经[开始](#)建设，斯洛伐克的一座核电站已经投产，并正在考虑[未来](#)的增长。但欧洲也遭遇了建设困境：芬兰新核电站的商业运营被[推迟](#)，法国[弗拉芒维尔](#)新核电站再次被推迟，英国[欣克利角 C 核电站](#)的成本出现螺旋式上升。

## 敲响将全球温升控制在 1.5°C 的警钟

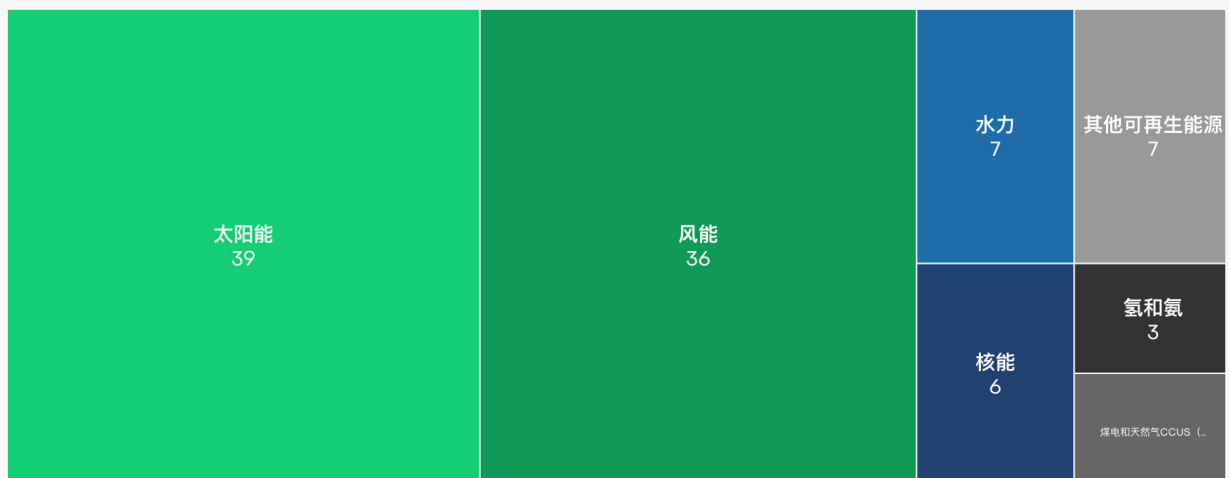
最近核电和水力发电增长的放缓显示出对部署所有清洁电力资源保持充分重视的重要性。

毫无疑问，太阳能和风力发电将主导清洁电力的增长。自 2015 年以来，清洁发电增长的 76% 来自太阳能和风力发电，[国际能源署的《净零排放方案》](#) 预计，到 2040 年，它们将占所有清洁电力增长的 75%。

然而，仅靠这些技术远远不够。其他清洁电力来源的增长对于世界在 2040 年实现完全清洁电力是非常有帮助（即使不是必要）。有更多选择可降低世界无法以所需速度实现电力脱碳的风险。它们还为整合各种可再生能源提供了必要的灵活性。

### 太阳能和风能将提供四分之三的新增清洁电力

2021-2040年清洁能源增量占比 (%)



来源：国际能源署的净零排放情景 (WEO 2022)

EMBER

根据国际可再生能源署的 2023 年报告《[水电角色的变化](#)》，水电投资需要增加 5 倍。该报告强调了到 2050 年水电装机容量翻一番的必要性以及采取可持续方法以避免严重生态破坏的重要性，并指出目前尚缺乏实现这一目标的政策机制。对水电的投资需要最大限度地提高灵活性，以帮助整合更多的太阳能和风能，并强调电力容量和存储。国际可再生能源署的报告还指出了在水电站水库安装浮式太阳能的巨大潜力：可以增加发电量并减少蒸发。

为了实现气候目标，核能也需要得到更多关注，国际能源署在其 2022 年报告《[核电与保障能源转型](#)》中呼吁复兴核能。报告强调了延长老化核电站寿命、摆脱中国和俄罗斯设计的多样化、降低成本和按时交付的重要性，以及小型模块化反应堆未来的潜力。

在其他地方，生物能源的增长正在放缓，因为该技术的重大[气候风险](#)已经显露，许多政府对补贴昂贵的国际贸易木屑颗粒失去了信心。与太阳能和风能不同，生物能源也依赖于一种通常极为昂贵的燃料，因此在没有补贴的情况下无法成熟。

## 新型清洁能源技术

清洁能源技术不仅包括风能、太阳能、水电、核能和生物能源，还包括绿色氢气、碳捕获和储存 (CCS) 以及更多的利基技术，包括地热、海洋发电和聚光太阳能。清洁能源正处于一场创新革命之中，随着不同技术以不可预测的速度进步，将会有惊喜出现。CCS 和氢气是最具争议的两种，关于它们能够提供什么目前尚无定论。

预期化石燃料的碳捕获和储存在未来的清洁电力系统中发挥的作用较小。[国际能源署的《净零排放方案》](#)显示，到 2050 年，净零排放将达到 2%，而政府间气候变化专门委员会的 1.5°C 情景中值显示，[到 2040 年，净零排放将达到 1%-2% 左右](#)。发展缓慢的最大原因是缺乏政策支持：在电力行业很少有大规模的 CCS 示范。尽管目前有很多人对 CCS [感兴趣](#)，但大多数都在公用事业部门之外：只有英国、加拿大和美国提出了大型天然气发电 CCS 项目。中国正在[开发燃煤发电 CCS](#)，[美国](#)在这方面也有一些努力。



---

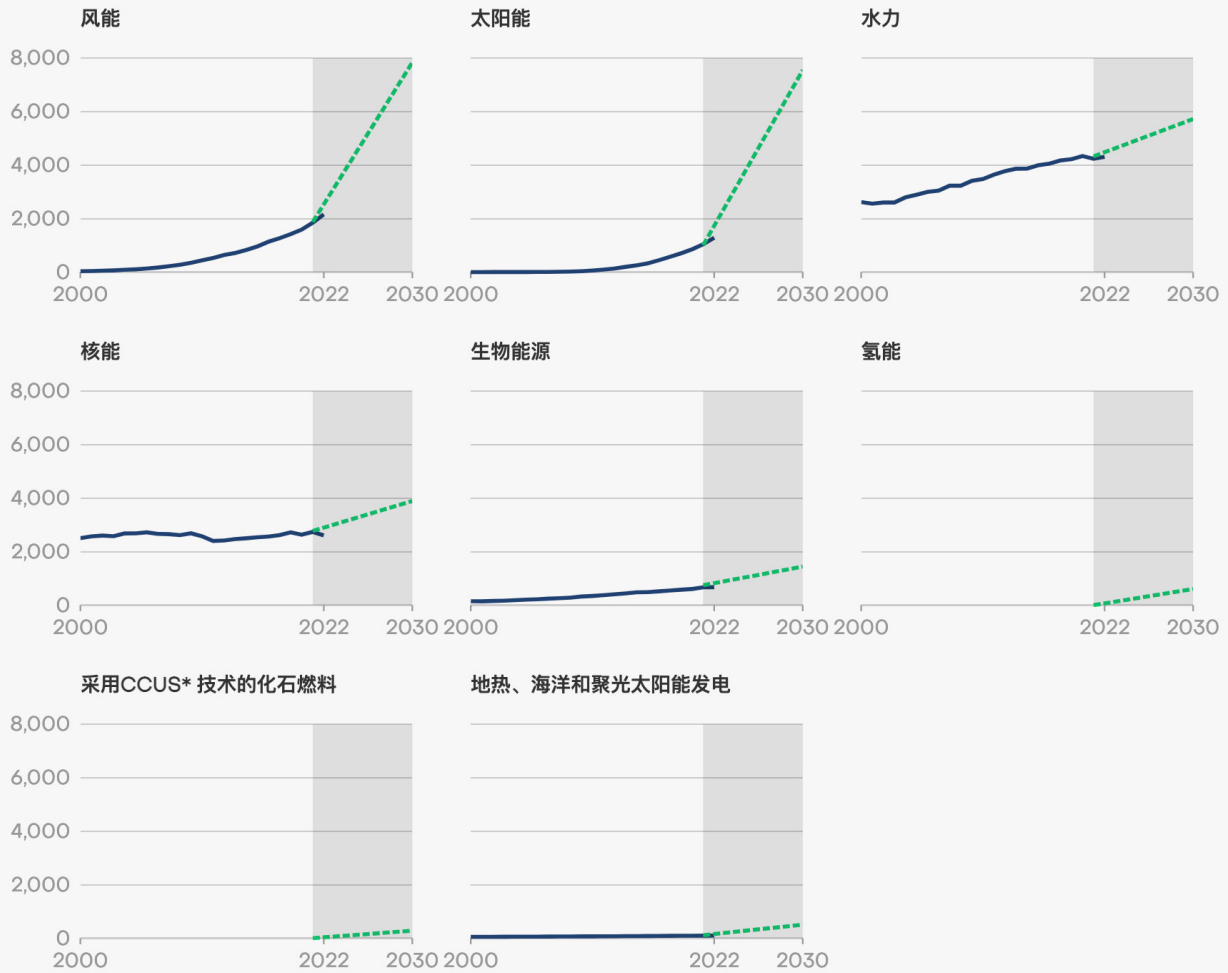
绿氢本质上是一种电力储存形式，其结果是不产生净电力，而是将需求与可变供应相匹配的灵活性。在多风或阳光充足的日子里，多余的清洁电力可以转化为氢气，储存起来，然后在风力和阳光有限的时候燃烧。然而，高昂的成本和低效率意味着它远不是万灵药。同样，用船进口氢来燃烧也面临着技术和经济挑战。氢的名声因不同的颜色（即产生氢的来源，化石燃料和清洁能源）以及这些方法实际产生的端到端碳节约而变得模糊。无论如何，氢气无疑将在这个十年开始用于天然气发电厂。仅德国就计划新建高达 20 GW 的氢气燃气发电厂。许多天然气发电厂可以转化为燃烧氢气。

如今，CCS 和氢气的发展基线都是几乎不发电。只有时间才能告诉我们，未来它们对清洁能源的贡献有多大。重要的是，它们不会减损必需的太阳能和风能的最大增长。同样重要的是，由于这两种技术的起源都植根于化石燃料，它们不能削弱逐步淘汰化石燃料的整体势头。

## 所有清洁能源都需要发展，不仅仅是风能和太阳能

发电量 (TWh)

■ 发电量 (TWh) ■ 国际能源署的净零路径



来源：年度电力数据，Ember, 国际能源署的净零排放情景 (WEO 2022)

\*碳捕获、利用和储存

EMBER

## 清洁能源已接近满足所有需求增长的临界点

用清洁能源满足电力需求的增长是一个关键的转折点。

首先，这标志着电力行业的排放量停止上升。清洁能源实际上可以取代化石燃料，而不仅仅是满足不断增长的需求。当 1 千瓦时的清洁能源取代煤炭或天然气时，电力行业的二氧化碳排放量分别下降约 900 克和 400 克。

这也是清洁能源满足其他行业脱碳所需电力增长的关键点。如果将 1 千瓦时的清洁电力用于电动汽车以取代汽油，或将 1 千瓦时的清洁电力用于热泵以减少天然气，则排放量将分别减少 700 克和 600 克二氧化碳。这些排放量的下降发生在电力行业之外。

从长远来看，随着经济电气化的加快，只要清洁能源与电力经济同步增长，清洁能源在电力行业以外的减排将大于电力行业内部。

### 接近全球的临界点

近年来，清洁发电增长与电力需求增长之间的差距一直在缩小。

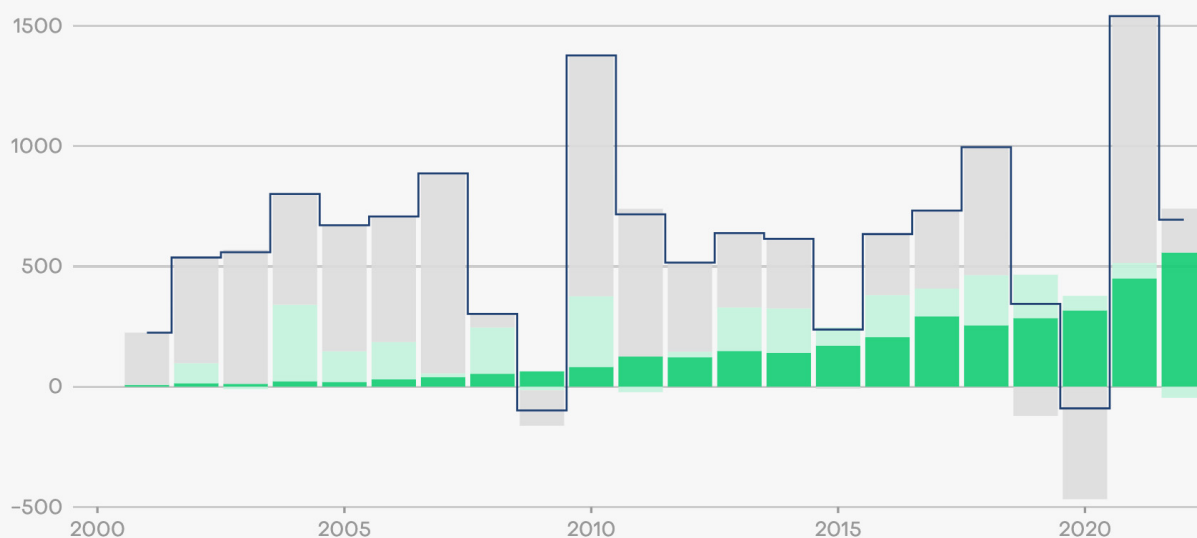
2022 年，清洁能源几乎满足了电力需求的所有增长。2022 年电力需求增长了 694 TWh (+2.5%)，与 2010-2021 年的平均增长一致。2022 年，风能和太阳能的增长满足了电力需求增长的 80%，而所有可再生能源合计满足了增长的 92%。然而，其结果是，煤电和其他化石燃料发电仍必须上涨，以满足剩余的需求缺口以及核能和天然气发电的不足。

每年，这一差距都在缩小。例如，2018 年风力和太阳能发电的增长满足了需求增长的 26%，而 2022 年为 80%。

在之前，清洁能源的增长曾满足所有的电力需求增长：2015 年和 2019 年，但这只是因为电力需求低于平均水平。清洁能源的增长很有可能最早在 2023 年就能满足所有电力需求的增长（见[化石能源衰退的新时代：最快出现在 2023 年?](#)）。

## 日益接近以清洁能源满足所有需求增长

发电量的年度变化 (TWh)



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

## 各大洲变化

自 2015 年以来，清洁能源的增长一直在加速，这正在改变全球电力行业。在北美和欧洲，电力需求近年来基本没有变化，因此清洁能源的增长减少了化石燃料发电。欧盟和美国的化石燃料发电量都在 2007 年达到峰值，然后是澳大利亚在 2009 年，日本在 2012 年，韩国在 2018 年。然而，这些国家/地区都没有面临电力需求快速增长的问题。

世界其他地区的电力需求总体上仍在快速增长。令人鼓舞的是，越来越多的增长正由清洁能源满足。

在 2015 年至 2022 年的 7 年间，亚洲电力需求增长的一半以上 (52%) 由清洁电力满足，比此前 7 年的 26% 增长了一倍多。这一点很重要，因为从 2015 年到 2022 年，全球 84% 的电力需求增长发生在亚洲。

非洲由清洁能源满足的电力需求增长比例也近乎翻倍，从 2008-2015 年的 23% 增加到 2015-2022 年的 61%。中东地区清洁能源的增长只能满足 2015-2021 年期间电力需求增长的 14%，尽管在此前 7 年里，清洁能源发电量没有净增长。

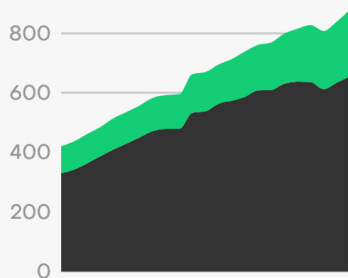
拉丁美洲是唯一一个在过去七年中迅速增加清洁能源以满足不断增长的电力需求并减少化石燃料发电的地区。

## 快速增长的地区正日益接近以清洁能源满足所有需求增长

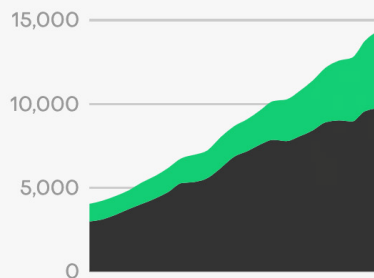
发电量 (TWh)

■ 化石 ■ 清洁

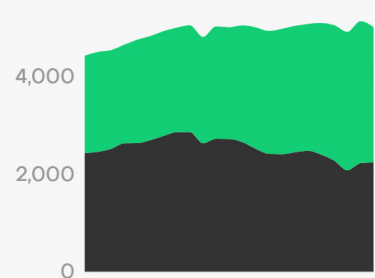
非洲



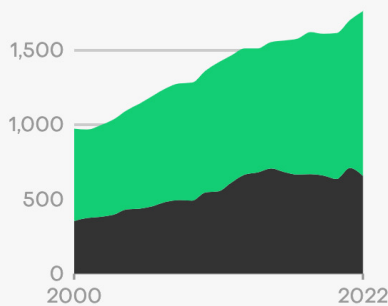
亚洲



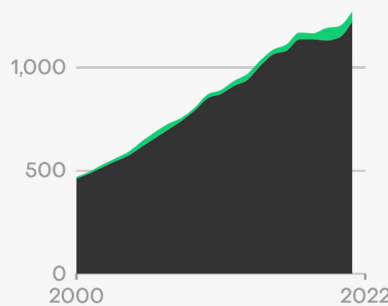
欧洲



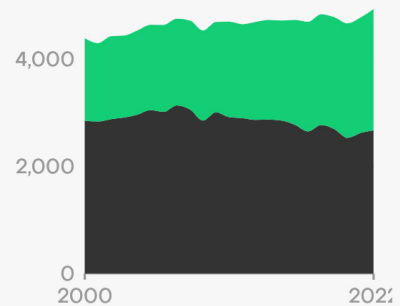
拉美和加勒比海地区



中东



北美



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

## 中国和印度：情况是否相似？

在过去十年中，全球电力需求增长的四分之三来自中国和印度（分别为 61% 和 12%）。国际能源署[估计](#)，未来三年，这两个国家将继续占全球需求增长的大部分：中国将占 54%，印度将占 9%。因此，这两个国家的前景对于理解全球转型至关重要。

在中国，清洁发电的增长日益接近满足所有电力需求的增长。2022 年，风力和太阳能发电量增加了 259 TWh，满足了电力需求增长的 69%，而所有清洁能源满足了 77%。

然而，中国过去十年的平均电力需求增长率为 6%，远高于 2022 年的 4.4%。如果电力需求恢复到这一趋势，那么清洁能源就不会那么接近了。鉴于中国的人均电力需求已经与欧盟持平，在确定化石能源发电何时开始下降方面，节能对电力需求的影响可能比清洁能源的增长更为重要。

随着中国风力和太阳能发电的增长，以及核电、水电和生物能源的持续建设，中国可能会在 2025 年或更早的时候达到电力行业排放峰值，从而达到碳排放峰值。然而，目前尚不清楚在这个十年的后半段，煤电将以多快的速度下降，这对气候至关重要，因为在 2022 年，中国的燃煤发电量占全球的 53%。

在印度，清洁电力的增长仍远不能满足所有电力需求的增长。2022 年，随着经济在新冠疫情的第二波影响下放缓后反弹，电力需求大幅增长（+124 TWh，+7.2%）。印度的风力和太阳能发电仅增长了 29 TWh，满足了 23% 的需求增长，而所有清洁能源发电增长了 47 TWh，提供了 38% 的需求增长。因此，清洁能源在减缓印度日益增长的化石燃料发电方面发挥的作用相对较小。

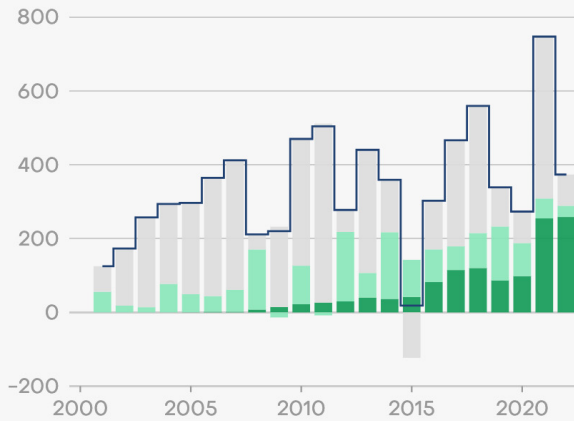
在印度，预测电力需求增长是一个有争议的话题。过去十年（2012-2022 年）电力需求平均每年增长 5.3%。印度最近的[《国家电力计划 14》](#) (NEP14) 草案假设，在 2032 财政年度之前，印度电力将以平均每年 6.1% 的速度增长。随着太阳能和风能建设速度的提高，到 2030 年达到政府的 450 GW 目标，额外的太阳能和风力发电可以[满足](#)截至 2030 年约 4-5% 的年需求增长。但如果电力需求增长更快，燃煤发电可能会继续增长。

## 中国和印度正在用清洁能源部分满足需求增长

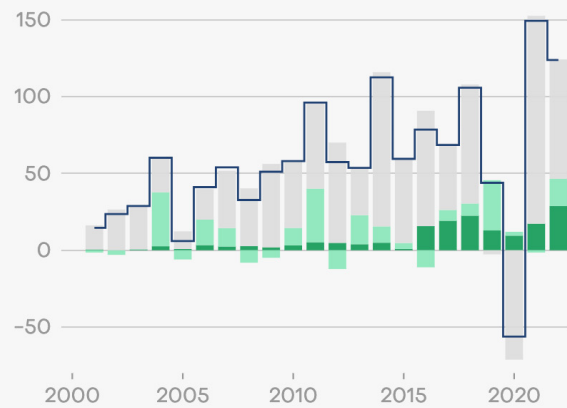
发电量的年度变化 (TWh)

需求 风能和太阳能 其他清洁电力 化石

中国



印度



来源：年度电力数据，Ember

EMBER

## 电气化意味着对清洁能源的需求增加

不仅是快速发展的经济体将出现电力需求增长。随着清洁电气化的兴起，以及围绕清洁电力重建能源系统，成熟经济体也将不得不努力解决如何用清洁能源满足日益增长的需求的问题。

电气化在最终能源消费总量中的比重越来越大。[国际能源署](#)指出，由于电气化有助于不同行业（尤其是交通和供暖）脱碳，预计到 2030 年，这一比例将从 2021 年的 20% 上升到 27%。这意味着电力需求将显著增加。因此，所有经济体都需要确保建造足够的清洁能源，以满足不断增长的电力需求，并取代化石燃料。

## 电力行业排放下降的新时代

2022 年可能标志着化石燃料增长的结束，电力行业排放最终达到峰值。这将是朝着正确方向迈出的一步，但我们仍有许多工作要做，以实现符合 1.5°C 温升控制路径所需的排放快速下降。

### 化石能源衰退的新时代：最快出现在 2023 年？

风能和太阳能有望在 2023 年将世界推向减少化石能源发电的新时代，从而降低电力行业的排放量。2023 年的下降幅度将很小，但随着风能和太阳能的进一步增长，每年的下降幅度将越来越大，这可能意味着电力行业的排放量永远不会高于 2022 年的峰值。

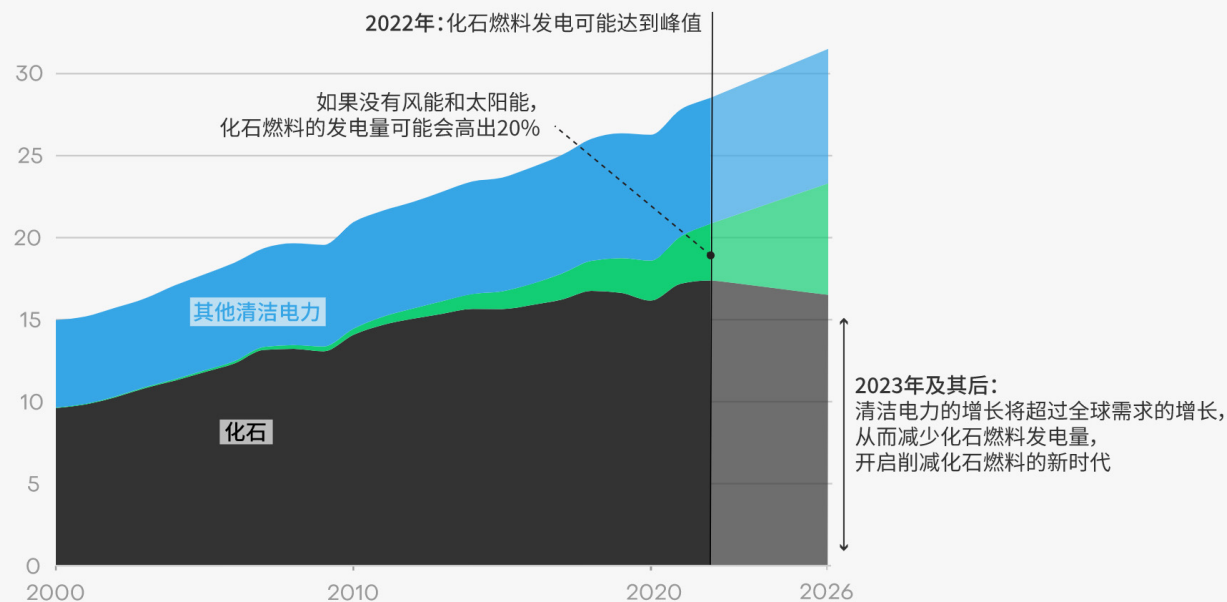
化石燃料发电以前也出现过下降，但只在电力需求低于平均水平时出现：2009 年、2015 年、2019 年和 2020 年。2023 年，下降将首次在结构性和持久性层面发生。

从历史上看，不断增长的电力需求大部分都是通过化石能源来满足的。但随着太阳能和风能开始占据主导地位，这一切都改变了。2022 年全球风力和太阳能发电量为 3,444 TWh。如果风力和太阳能发电项目没有建成，而是用额外的化石燃料来发电，按照煤炭和天然气在目前能源结构中的占比，在 2022 年，电力行业的排放量将增加 24 亿吨。换言之，如果没有风能和太阳能，2022 年电力行业的排放量可能会增加 20%。



## 削减化石燃料发电的新时代即将开启

实际和预测的发电量 (TWh, 千)



来源: 年度电力数据, Ember

基于2012-2022年增长率的2023-2026年数据:电力需求 (+2.5%), 风能和太阳能 (+19%) 和其他清洁能源 (+1.7%)

**EMBER**

Ember 预测,化石燃料发电量的首次下降将发生在 2023 年。这是基于这样的假设: 2023 年,电力需求 (+2.5%, +726 TWh)、风力和太阳能发电 (+19%, +641 TWh) 以及其他清洁能源 (+1.7%, +132 TWh) 的百分比增长率将达到过去十年的平均水平。这将导致化石燃料发电量在 2023 年小幅下降 47 TWh (-0.3%)。这种小幅度的下降存在不确定性,但如果化石燃料发电在 2023 年没有下降,那么可以肯定的是,它将从 2024 年开始下降,届时风能和太阳能将有进一步的增长。

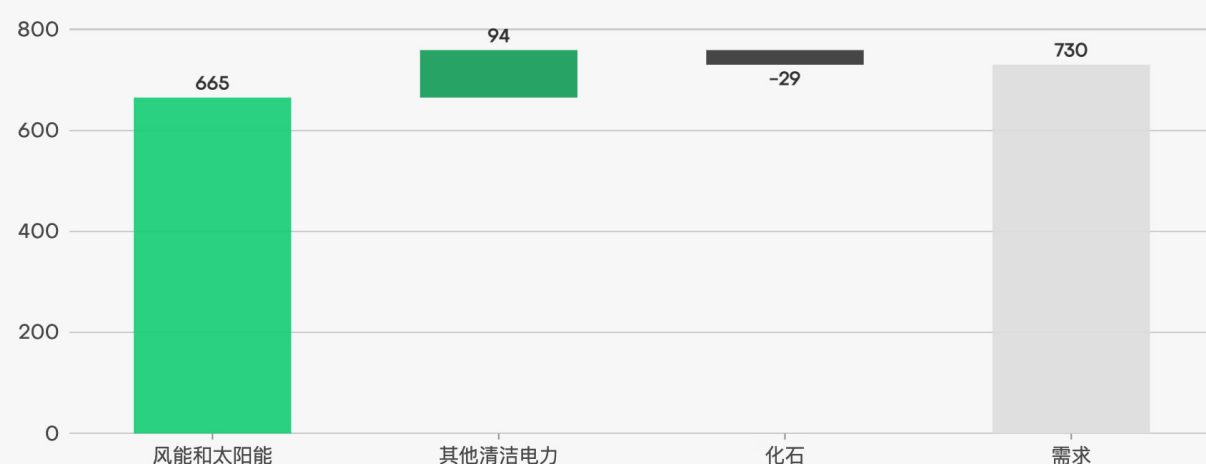
Ember 认为,将这些增长率应用到 2023 年属于合理的假设。首先,从目前的宏观经济预测来看,电力需求以 2.5% 的速度增长属合理。去年电力需求增长了 2.5%,[国际货币基金组织的最新预测](#)显示,2023 年的全球 GDP 增长略低于 2022 年,尽管中国的权重更大。其次,基于太阳能和风力发电增加的市场前景,太阳能和风力发电增长 19% 似乎合理。最保守的是国际能源署,它[预测](#) 2023 年风力和太阳能发电量将增长 16%。其他机构的预测则高得多:

彭博新能源财经预测，2023 年太阳能发电量将增长 28%。再次，其他清洁电力增长 1.7% 似乎有些保守——国际能源署预测 2023 年水力发电将增长 5%，核能发电将增长 4%。预计到 2023 年，欧盟的化石燃料发电量将下降 20%，美国将下降 8%，而 2022 年两者分别增长 3% 和 2%。

其他研究机构预测这一时刻很快将到来。Rystad Energy 也认为，电力行业的排放量最早可能在 2023 年开始下降。今年 2 月，Rystad Energy 预测，全球经济排放总量将在 2025 年达到峰值，电力行业的排放量将在 2023 年下降。今年 1 月，国际能源署在其对 2025 年的分析中预测，全球电力行业排放量下降“接近临界点”，但他们没有说明这可能发生在哪一年。

## 随着清洁能源的增长超过需求的增长，化石燃料发电量预计将在 2023 年下降

预计全球发电量同比变化 (TWh)



来源：Ember 计算

EMBER

## 太阳能和风能夺取化石燃料发电的市场份额

自 2015 年以来，太阳能和风力发电夺取化石燃料发电市场份额的趋势极为明显。在全球范围内，风力和太阳能发电的市场份额上升了 7 个百分点，而化石燃料的市场份额下降了 5 个百分点。

下图显示十个二氧化碳排放最多的国家和地区的电力结构变化，这证实了主要是风能和太阳能导致了化石燃料市场份额的减少。

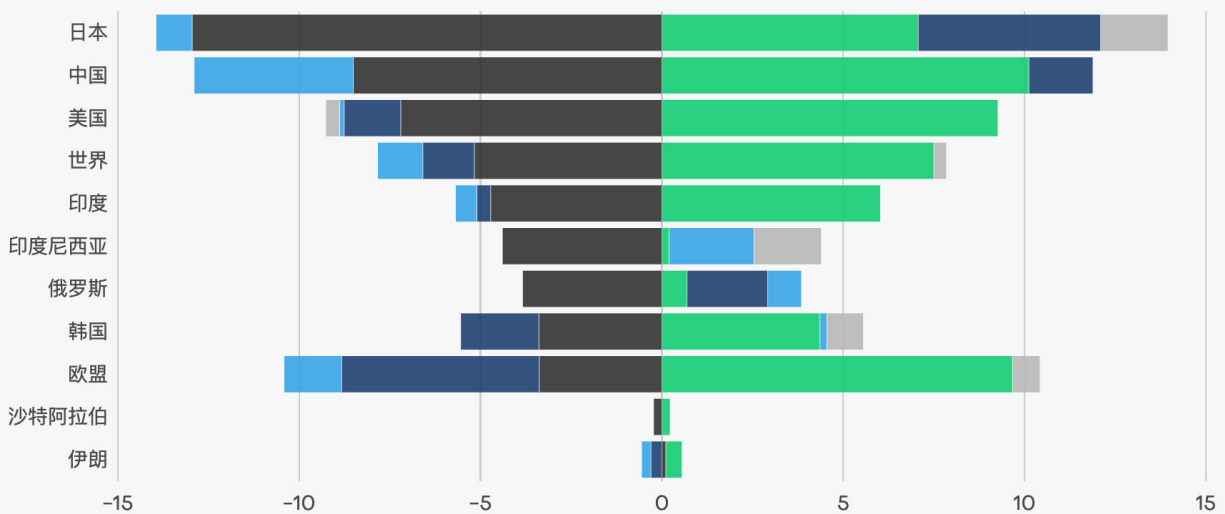
与 2015 年相比，其中 6 个地区在 2022 年的风能和太阳能市场份额大幅增加，这导致化石燃料发电相应下降。只有两个例外：欧盟（由于该地区在 2022 年水电和核电降至历史最低水平）和日本（因为它自 2015 年以来将封存的核反应堆重新投入运行）。

其中四个地区的风能和太阳能市场份额几乎没有增长。沙特阿拉伯和伊朗通过增加已占主导地位的天然气和石油发电来满足日益增长的电力需求，这两国在 2022 年的电力结构将与 2015 年相同。俄罗斯通过增加核能发电在一定程度上减少了化石燃料发电的市场份额，印度尼西亚则通过水电、地热和生物能源发电的组合降低化石燃料发电的占比。

## 风能和太阳能的增长降低了化石燃料在主要排放国家的市场份额

2015年至2022年（或最近一年）的电力结构百分比变化

■ 化石 ■ 风能和太阳能 ■ 核能 ■ 水力 ■ 其他



来源：年度电力数据，Ember

选出的十个地区是二氧化碳排放量最大的地区；值得注意的是，欧盟在2022年经历了不同寻常的一年，核电和水力发电量创历史新低

EMBER

## 逐步淘汰煤电，但不关闭煤电？

2021 年底，在 COP26 上，全球领导人同意“逐步淘汰”难以消减的煤电。然而，2022 年关闭的燃煤电厂数量比 2014 年以来的任何一年都要少。

在中国，2022 年只有 0.1% 的燃煤电厂退役（与 2021 年相同）。在此之前，中国在 [2021 年](#) 进行了限电，习近平主席在 2022 年[宣布](#)“先建新后拆旧”，将关闭煤电重新提上政治议程。但中国对新建煤电的需求也出现了[复苏](#)。2022 年，中国已宣布、已批准和正在建设的新煤电厂大幅加速，新许可证达到 2015 年以来的最高水平，2022 年中国开始建设的煤电装机容量为 50 GW，比 2021 年增长 50% 以上。中国新开工的煤电装机容量是世界其他国家新开工装机容量总和的 6 倍。这意味着煤电装机容量的净增长 (+2%) 大于燃煤发电量的增长 (+1.5%)；因此，2022 年中国火电厂的利用率降至 [4,379 小时](#)，首次低于 50%。

与中国一样，印度也在 2021 年出现限电，并[持续](#)到 2022 年。在印度，中央电力局[要求](#)在 2030 年之前不关闭任何燃煤电厂，因此印度和中国一样，也决定暂时保持燃煤电厂的运行。

在欧盟，老旧的燃煤电厂甚至重启。由于俄罗斯输往欧洲的天然气管道几乎全部切断，2022 年冬季有 26 台旧燃煤机组重新启用，以作应急备用。然而，这 26 台机组在冬季的平均利用率仅为 18%，[它们在 2022 年仅为欧洲增加了 1% 的发电量](#)，而且大多数电厂的重新启动计划仅在一到两个冬季进行。欧洲国家逐步淘汰煤电的承诺基本上没有受到影响。

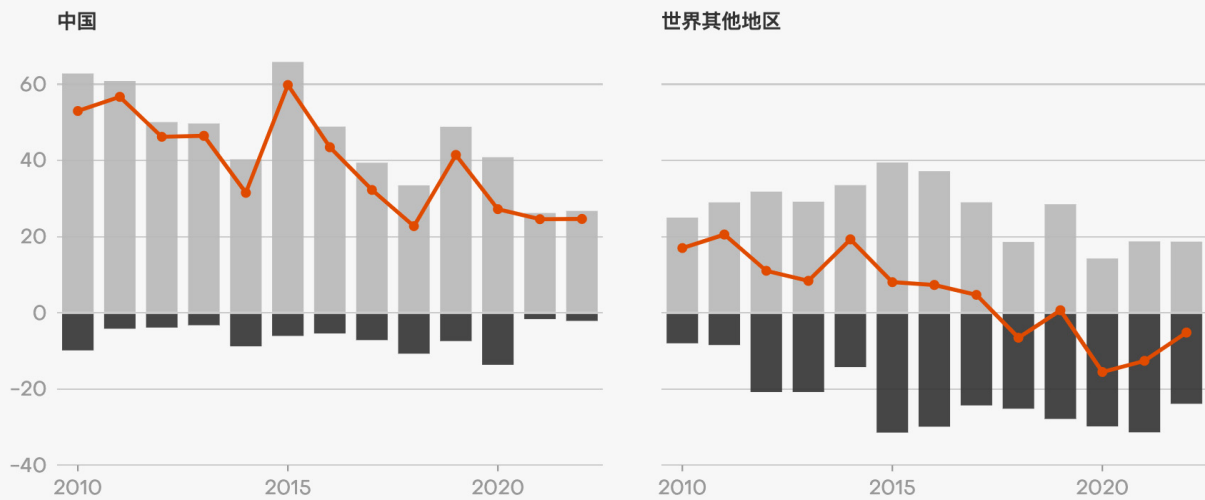
虽然这一趋势可能会让那些希望迅速关闭燃煤电厂的人感到不安，但“燃煤电厂的逐步淘汰”需要衡量二氧化碳排放量的下降，而不仅仅是关闭燃煤电厂的数量。保持电力供应比关闭燃煤电厂更重要。煤电在关闭之前的过渡角色是更多地以后备模式运行，但这将日益导致供应过剩。这种供过于求不应减缓对转型的投资，从而减缓燃煤发电量的整体下降。

因此，逐步淘汰煤电的计划必须考虑如何减少发电量以及淘汰产能。[印度尼西亚](#)和[越南](#)都已获得国际融资承诺，以支持它们逐步减少煤炭使用和扩大清洁能源。印度也在考虑是否就清洁能源转型[协议](#)进行谈判；即便如此，该国也可能不会明确承诺逐步淘汰煤电。

## 新建煤电并未加快，但关闭煤电的速度确实放缓了

新建/关闭电厂增加/减少了千兆瓦的煤电产能

■ 新建 ■ 关闭 ■ 净变化



来源：全球能源监测

EMBER

## 天然气发电的逐步淘汰即将到来

2022 年改变了天然气的一切。俄乌冲突导致天然气价格达到创纪录的高位，这永远[改变](#)了人们对天然气安全、充足和廉价的[看法](#)。

在七国集团 (2022 年，其天然气发电量占全球的 40%)，清洁能源的兴起将意味着煤炭和天然气的同时淘汰，而此前的重点首先是燃煤发电的淘汰。很明显，七国集团国家对逐步减少天然气很感兴趣：2022 年 6 月，七国集团[加强](#)了到 2035 年实现电力供应脱碳的承诺。国际能源署的净零排放路径显示，到 2035 年，[七国集团只有 2% 的电力](#)来自难以消减的天然气。

---

在过去十年 (2012-2022 年), 中东、非洲和拉丁美洲占全球天然气发电量增长的 39%, 因为天然气满足了这些地区电力需求的大部分增长。但风力和太阳能发电正在满足越来越多的电力需求增长: 2022 年, 风力和太阳能发电足以满足这些地区约 2% 的电力需求增长, 是 2018 年的两倍。一些国家/地区可能会更积极地接受清洁电力, 以减少天然气发电。中东地区尤为如此, 2022 年, 该地区的天然气发电量占全球的 15%。由于这些国家/地区的煤电很少, 风力和太阳能发电几乎只会对天然气发电产生影响。

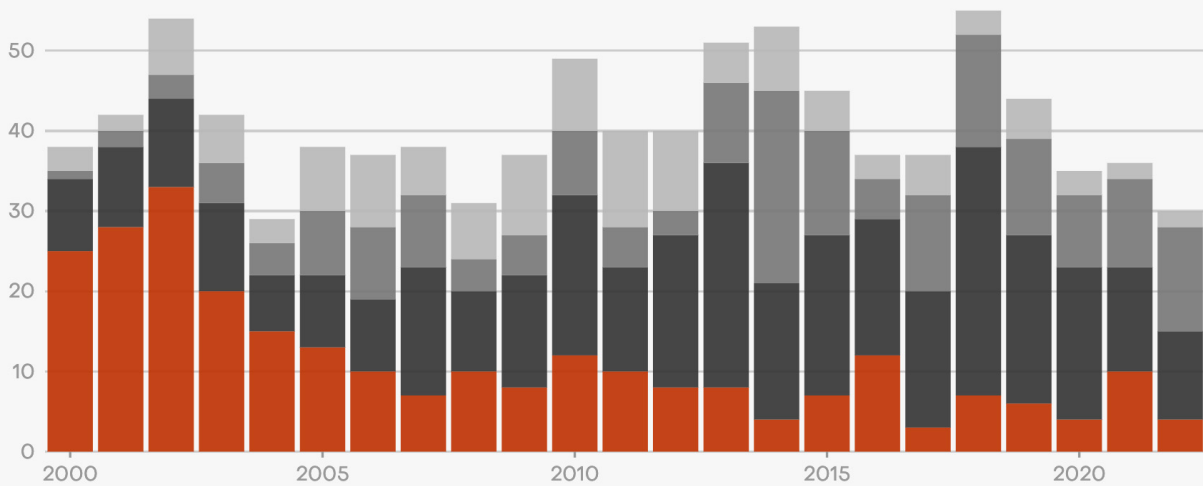
在亚洲, 2022 年的燃煤发电量是天然气发电量的五倍。人们一直担心, [亚洲会发展天然气发电, 以取代部分燃煤发电](#)。但能源危机降低了以天然气作为过渡手段的风险: 亚洲大多数国家依赖进口天然气。各国对成本和安全的担忧加剧, 意味着从煤电直接向清洁电力的永久转型存在真正的机会。天然气发电作为亚洲过渡手段的可能性比以往任何时候都要小。问题是, 在不转向天然气的情况下, 清洁能源的增长是否足以减少煤电的排放。

2022 年新建的天然气发电厂数量是 18 年来的最低水平。根据全球能源监测的[数据](#), 2022 年仅建成了 31 GW。考虑到建设新发电厂的时间差, 这不太可能与 2022 年的能源危机有关。这种影响将在未来几年显现, 很可能导致更低的建造率。

## 自2004年以来最低的天然气装机容量增长

投产的天然气发电厂（装机容量为千兆瓦级）

■ G7 ■ 中东, 非洲, 拉美 ■ 亚洲 ■ 世界其他地区



来源：全球能源监测（2023年2月）

EMBER

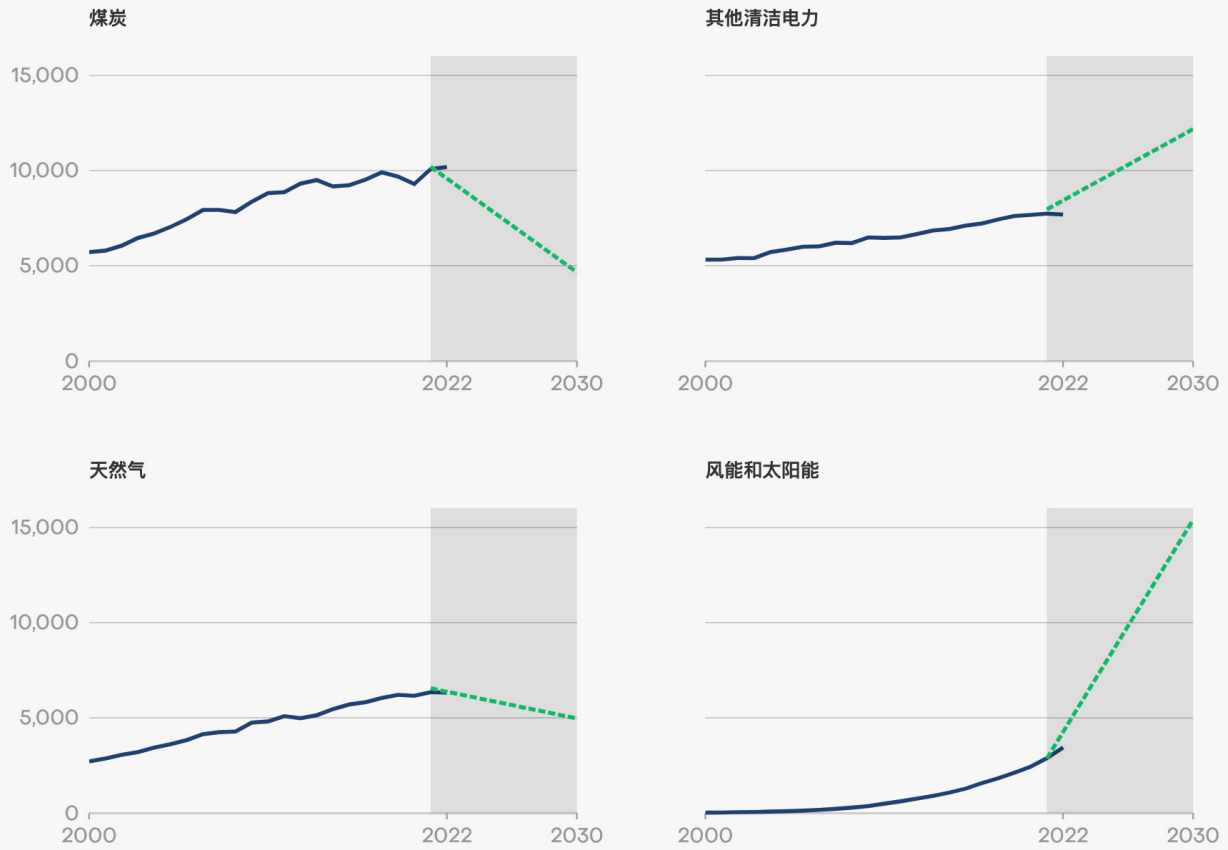
2022 年的产能变化——关闭的燃煤电厂更少，但新建的天然气电厂更少——表明，燃煤和天然气发电的下降可能会更均衡，而不是仅仅是煤电的快速下降。天然气发电厂在中期仍将发挥作用：一些发电厂会减少运行时间，一些可能会重新供电以使用氢气。

21 世纪 20 年代是实施的十年。[国际能源署的《净零排放方案》](#)显示，从 2021 年到 2030 年，我们需要将风力和太阳能发电量提高约 5 倍（太阳能 7 倍，风能 4 倍），其他清洁电力需要增长 54%，这将使煤电减半（-54%），天然气发电减少 24%。这就是我们所面临的挑战的规模。十年后的 2040 年，世界需要净零排放的电力行业。这不仅意味着燃煤发电的逐步淘汰，也意味着天然气发电的逐步淘汰。

## 实现1.5°C温控目标需要做什么？

发电量 (TWh)

■ 发电量 (TWh) ■ 国际能源署的净零路径



来源：年度电力数据，Ember, 国际能源署的净零排放情景 (WEO 2022)

EMBER

化石能源衰落的新时代即将到来，这意味着天然气发电的逐步淘汰指日可待。这应该会进一步增强人们在 2023 年早些时候召开 COP28 之前呼吁淘汰所有化石燃料的信心。



第4章 | 全球电力趋势

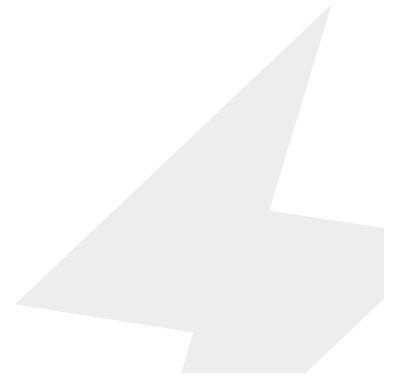
# 有关2022年全球电力行业的数据

---

长期趋势及世界净零目标取得的进展概览。

# 全球发电

2022年电力趋势

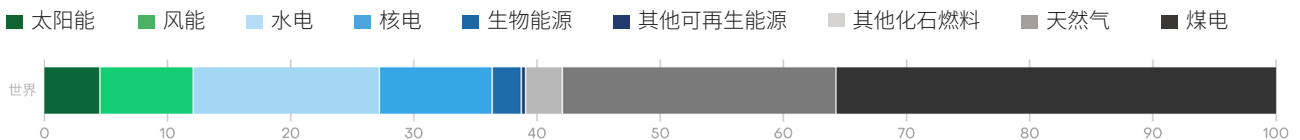


化石燃料在全球电力结构中仍然占据主导地位，2022年，化石燃料发电占比为61%。在全球发电中，燃煤发电占比为36% (10,186 TWh)，化石气发电占比为22% (6,336 TWh)，其他化石燃料发电占比为3% (850 TWh)。水电仍是最大的清洁电力来源，占比为15% (4,311 TWh)，核电是第二大清洁电力来源，占比略超9% (2,611 TWh)。风力和太阳能发电量合计占全球发电量的12% (3,444 TWh)，其中风力发电占比为7.6% (2,160 TWh)，太阳能占比为4.5% (1,284 TWh)。生物能源发电占全球发电量的2.4% (672 TWh)，而其他可再生能源发电占比为0.4%。



## 全球电力结构 全球电力结构

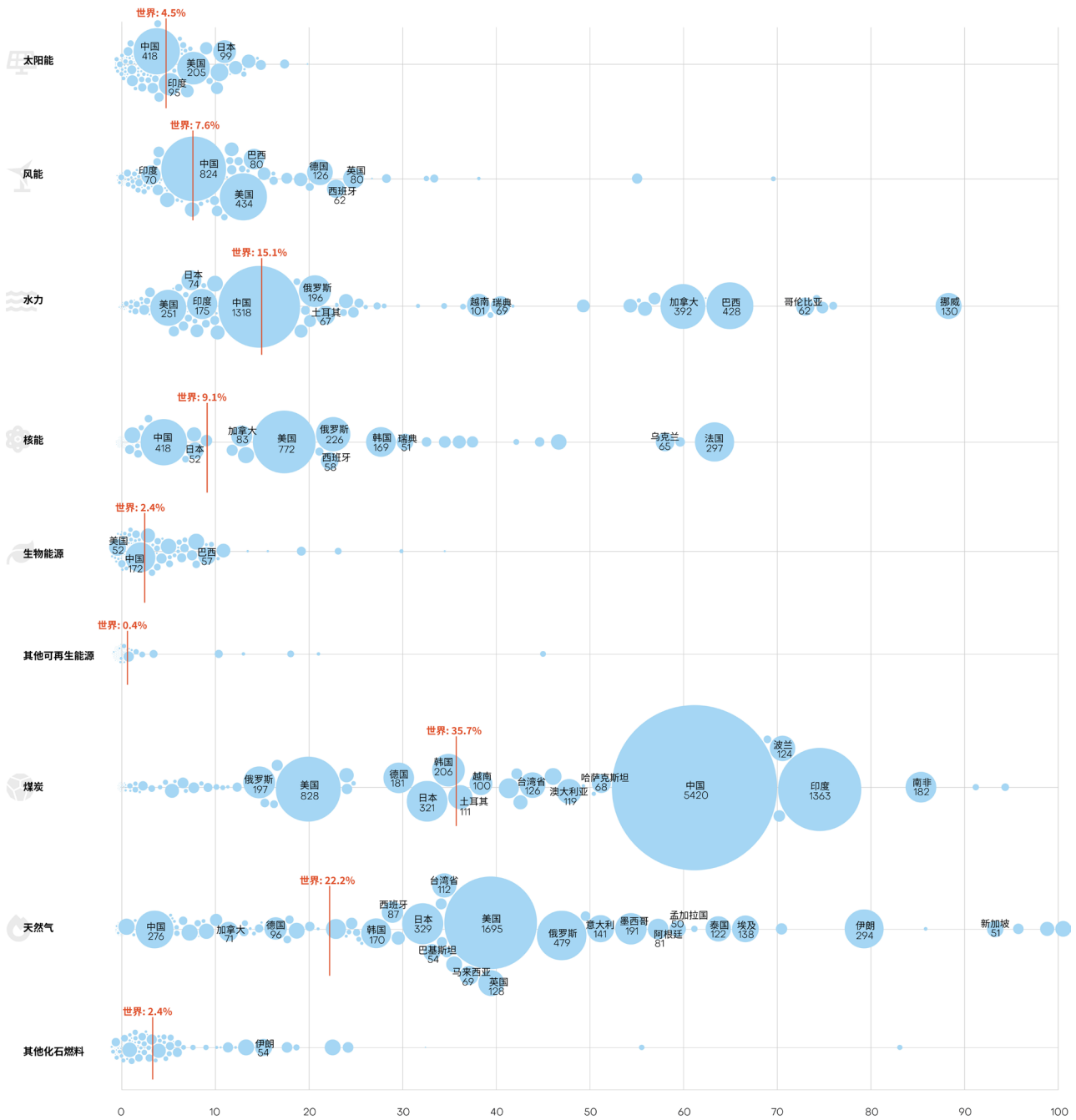
电力份额 (%)



# 全球背景

## 全球发电量

发电量 (TWh, 气泡大小) 和电力份额 (% , X轴)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

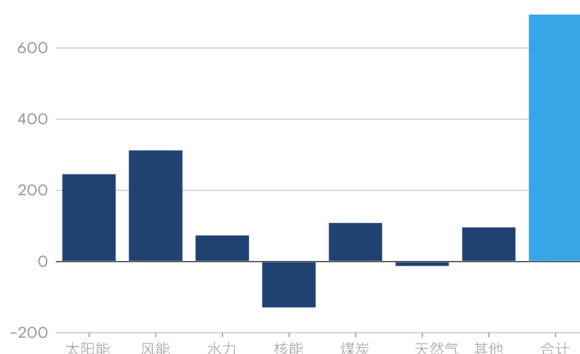
2022年，在发电领域最显著的变化是太阳能和风力发电分别同比增长了 245 TWh (+24%) 及 312 TWh (+17%)。

也是在这一年，核电出现历史性下降，与上一年相比下降 4.7% (-129 TWh)。下降主要出现在欧洲，这是由于法国维护问题及德国和比利时电厂关闭而受到影响。由于计划内维修，日本核电也出现大幅下降 (-9.5 TWh)。尽管欧盟和其他一些国家的热浪导致水力发电量大幅下降，但全球水力发电仍然增长了 1.7% (+73 TWh)。俄罗斯入侵乌克兰导致天然气价格波动，供应安全令人担忧，在此背景下，全球天然气发电量几乎不变，略微下降了 0.2% (-12.3 TWh)。燃煤发电则上涨了 1.1% (+108 TWh)。

这些变化导致全球电力结构朝着有利于风力和太阳能发电的方向转变。风力和太阳能发电总计占全球发电量的 12%，较 2021 年的 10% 有所上升。其他清洁能源发电均有所下降，核电占比降幅最大（下降 0.7 个百分点），水电下降 0.1 个百分点，而生物能源发电下降 0.04 个百分点。燃煤发电占电力结构的比重略微下降（下降 0.5 个百分点）至 35.7%。同样，天然气发电份额占比下降 0.6 个百分点至 22.2%。相比起来，其他化石燃料发电增长了 86TWh，占比从 2.8% 增至 3%。

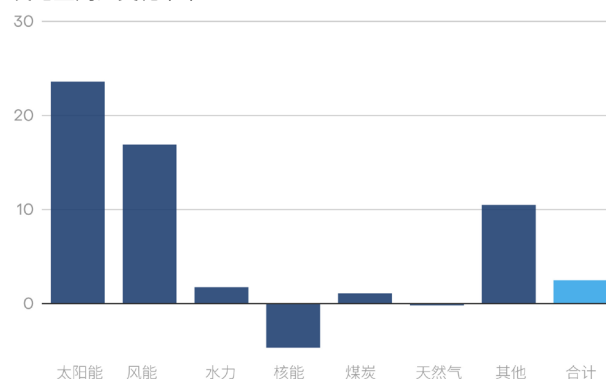
### 全球发电量的绝对变化

发电量同比变化 (TWh)



### 全球发电量的相对变化

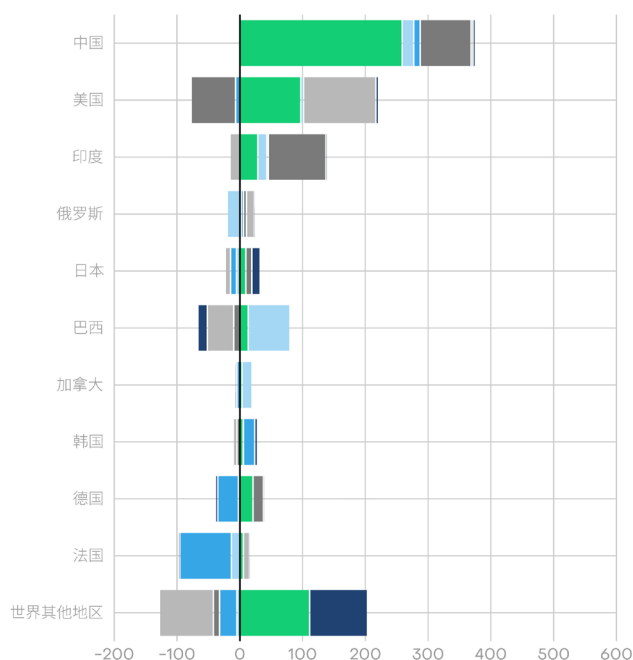
发电量同比变化 (%)



### 发电量变

发电量同比变化 (TWh)

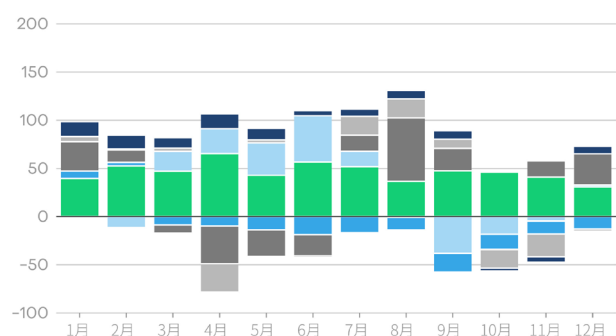
■ 风力+太阳能 ■ 水力+核能 ■ 煤炭 ■ 天然气 ■ 其他



### 全球发电量的月度变化

发电量同比变化 (TWh)

■ 风力+太阳能 ■ 水力+核能 ■ 煤炭 ■ 天然气 ■ 其他



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

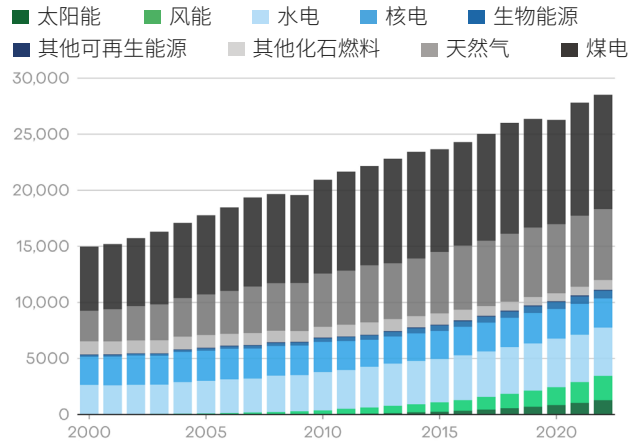
在过去二十年中，全球对化石燃料发电的依赖仅略微下降，从2000年的64%下降至2022年的61%。在此期间，燃煤发电绝对值从2000年的5,719 TWh增至2022年的10,186 TWh，但占比从2000年的38%下降至2022年的36%。天然气发电量自2000年以来增长了4个百分点，占2022年全球电力的比重为22%。在此期间，其他化石燃料发电占比从7.8%下降至3%。

2000年，风力和太阳能发电量几乎为零，但在过去的二十年间占比不断增长，2022年达到12%。太阳能发电起步较快，是过去18年中增长速度最快的电力来源，仅次于风力发电。相比起来，其他形式的低碳电力并未快速增长。在此期间，生物能源发电占比略有增加，而水电和核电在全球电力结构中的占比则出现下降。核电占比降幅最大，从2000年占全球电力的17%下降至2022年的仅占9.2%。

自2015年《巴黎协定》签署以来，太阳能发电占全球电力的比重翻了两番，从2015年的1.1%上升至2022年4.5%。在此期间，风力发电占比增长了一倍多，从2015年的3.5%增至2022年的7.6%。生物能源发电在全球电力结构中的占比仅略微上升（增长了0.3个百分点），而其他能源发电占比有所下降：燃煤发电占比从2015年的39%下降至2022年的36%，天然气发电占比从23%下降至22%，其他化石燃料发电占比从4.3%下降至3%，核电占比从11%下降至9.2%，而水电占比从17%下降至15%。

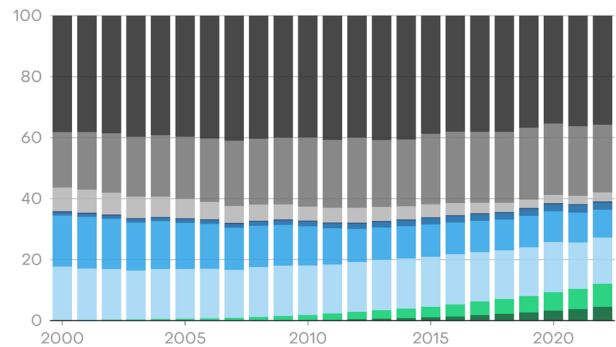
### 全球发电量

发电量 (TWh)



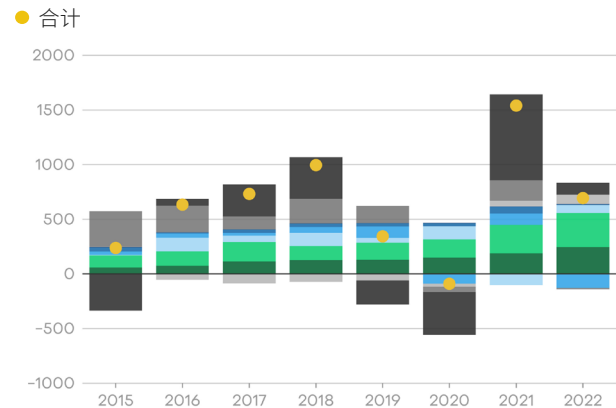
### 全球电力结构

电力份额 (%)



### 全球发电量的年度变化

发电量同比变化 (TWh)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展

人们普遍认为，全球电力行业必须实现脱碳，才能将全球升温控制在 1.5 摄氏度以下。这可通过多种方式实现。根据[国际能源署净零排放方案](#)，成熟经济体必须在 2035 年前淘汰难以消减的燃煤电厂，而发展中经济体则必须在 2040 年前实现这一点。2035 年，难以消减的天然气（无碳捕获和储存的天然气）发电将仅占全球发电量的 5%（13 TWh），并将在 2040 年前淘汰。风力和太阳能发电将成为全球发电的支柱，到 2050 年将提供全球近 70% 的电力。到那时，近 90% 的电力将来自可再生能源发电。有关各种电力来源的详细信息，请参阅第 5 章。

风力和太阳能发电的高速增长展示了未来清洁电力体系的前景，但化石燃料发电的持续增长（如果放缓）仍然阻碍实现 1.5 摄氏度目标的进程。根据国际能源署的数据，2021 年至 2030 年间，燃煤发电需每年下降 8.3%，而同期天然气发电则需每年下降 3%。2022 年，两者均有所增长，但这可能是化石燃料发电增长的最后一年，也是电力行业排放量达到峰值的最后一年（见第 3 章）。相比起来，2022 年太阳能发电增长了 24%，接近 2021 年至 2030 年间需每年增长 25% 的目标，而风力发电则于 2022 年实现了 17% 的增长目标。然而，其增长基数仍然相对较小。随着行业的成熟，维持如此高的年增长率将变得越来越难。

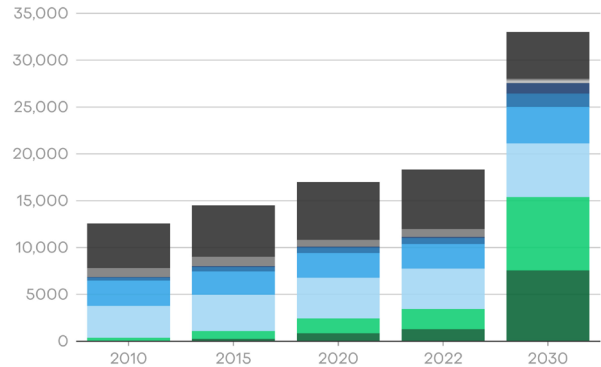
其他清洁能源发电也需实现增长。核电需要每年增长 3.8%，但 2022 年其下降了 4.7%。水电须每年增长 3.2%，但其增长速度仅约目标增长率的一半。国际能源署的模型显示，2021 年至 2030 年间，生物能源发电每年增长 7.6%，较 2022 年快了九倍。然而，考虑到排放风险，没有生物能源的路径或许更可取（见第 5 章）。

显然，到 2030 年，全球电力体系与十年之前相比将完全不同：电力将更为清洁，对化石燃料进口的依赖将减少，并将更多地用于交通和供暖。21 世纪 20 年代是执行的十年。任务虽然艰巨，但 1.5 摄氏度的温控目标仍有可能实现。

### 全球发电量

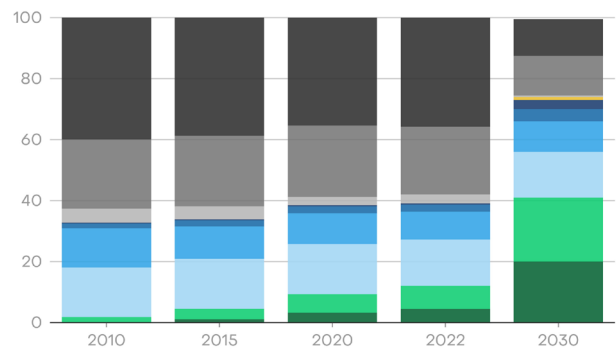
发电量 (TWh)

■ 太阳能 ■ 风能 ■ 水电 ■ 核电 ■ 生物能源  
■ 其他可再生能源 ■ 其他化石燃料 ■ 天然气 ■ 煤电  
■ 采用CCUS(碳捕获、利用和储存)技术的化石燃料



### 全球电力结构

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 全球电力需求

2022年电力趋势



2022年，全球电力需求创下 28,510 TWh 的历史新高。全球主要经济体在该需求中的占比：中国 8,840 TWh (31%)，美国 4,335 TWh (15%)，欧盟 2,794 TWh (10%)，印度 1,836 TWh (6%)，俄罗斯 1,102 TWh (4%)，日本 968 TWh (3%)。按全球平均水平，2022 年的人均需求量为 3.6 MWh，部分主要国家超过全球人均需求平均水平（美国 13 MWh，韩国 12 MWh，中国 6.2 MWh，欧盟 6.3 MWh），而其他国家则远低于该水平（孟加拉国 0.6 MWh，印度 1.3 MWh）。

2021 年，电力占最终能源消费的 20% 左右。电力行业是最终能源需求增长最快的来源，随着全球通过增加电气化应对气候危机，以及人口不断增长和生活水平不断提高，电力行业将迎来大幅增长。根据不同的方案，到 2050 年，电力在最终能源消费中的占比可能会增至 30% 到 50% 以上。

对于到 2050 年电力需求的增长量各方的估计有所不同。国际能源署在《既定政策方案》(STEPS)、《气候承诺方案》(APS) 和《2050 年净零排放方案》中给出了最受推崇的估计数字。根据 STEPS 的估计，2050 年全球电力需求增长将超过 75%，高于 2022 年的数字，根据 APS 的估计，则为更高的 120%，而根据《2050 年净零排放方案》的估计，则为更高的 150%。显然，围绕清洁电力重构能源体系的目标更高的方案需要远高于当前轨迹的电力需求。

28510 TWh

2022 年全球总需求

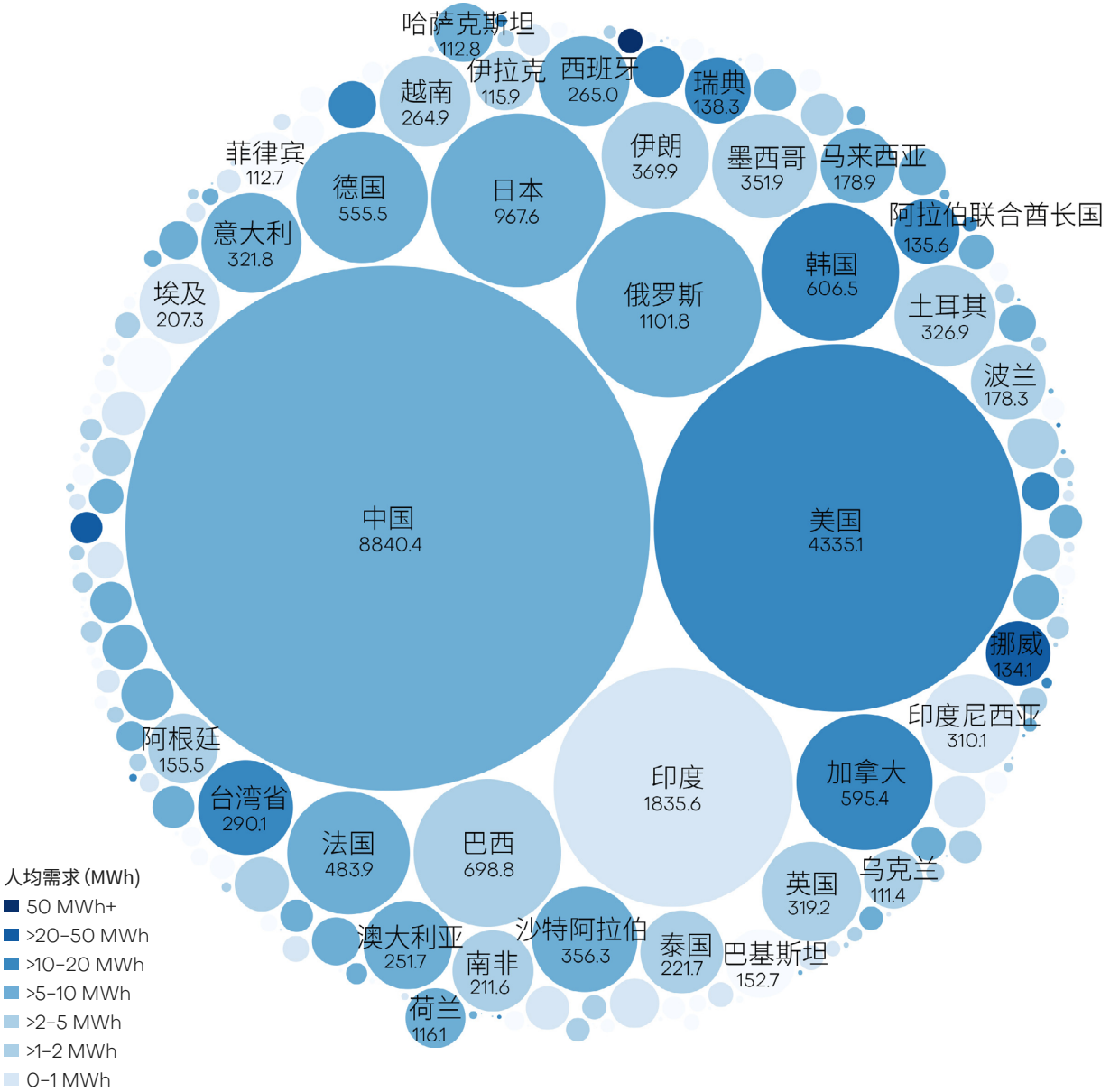
3.6 MWh

人均需求

# 全球背景

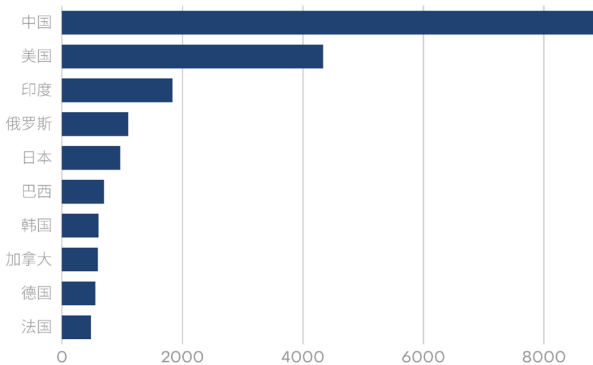
## 电力需求

电力需求(气泡大小)和人均需求(气泡颜色)



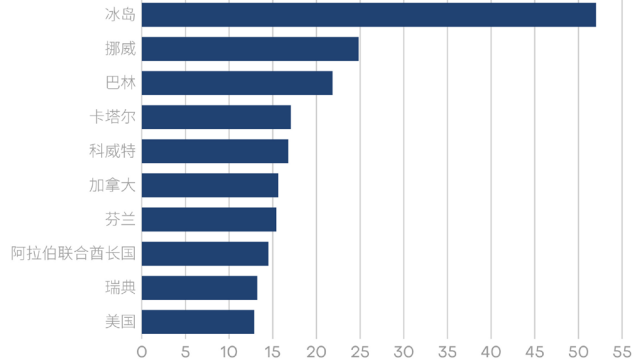
## 需求最高的国家

电力需求 (TWh)



## 人均需求最高的国家

人均电力需求 (MWh)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 2022年的变化

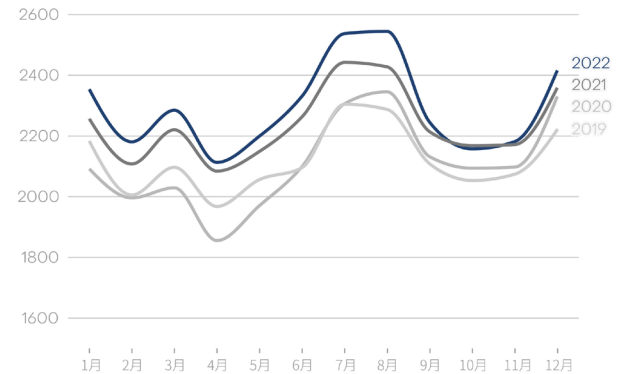
2022年，全球电力需求增长了694 TWh (+2.5%)，达到28,510 TWh，而2021年为27,816 TWh。这一增长大致符合2010年至2021年2.6%的平均历史需求增长，以及自2015年《巴黎协定》签署以来2.7%的平均需求增长。

2022年，风力和太阳能发电满足了80%的需求增长，而所有可再生能源发电总计（风力、太阳能、水电、生物能源及其他可再生能源）满足了92%的需求增长。燃煤发电增长(+108 TWh)满足了其余的需求增长(8%)，而核电及天然气发电则存在不足。其他化石燃料发电也有所上涨，弥补了其余不足(+86 TWh)。

全球电力需求增长并不一致。在全球电力需求增长中，中国占比为54%，美国为21%，印度为18%。相比之下，欧盟的电力需求则下降了87 TWh (-3%)。

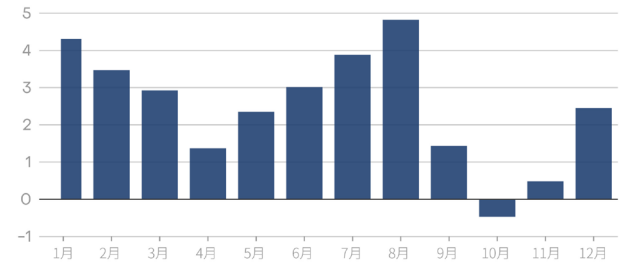
### 全球电力需求

电力需求 (TWh)



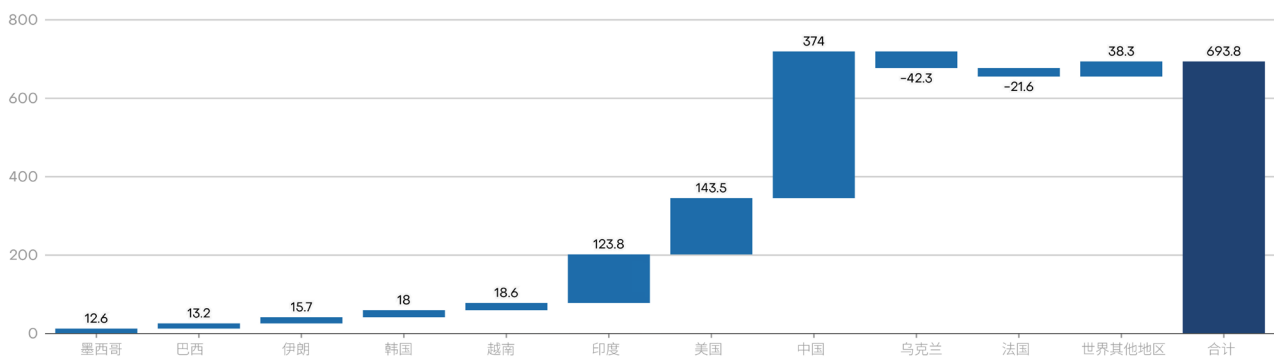
### 全球电力需求的月度变化

需求同比变化 (%)



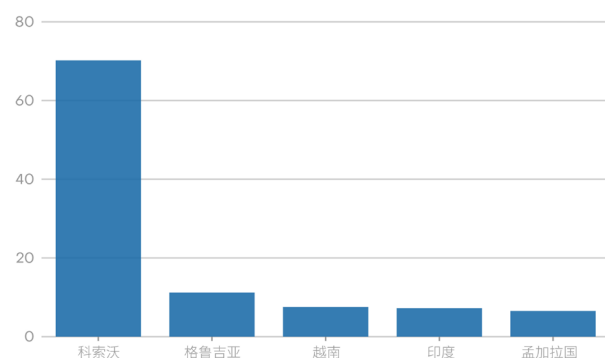
### 全球电力需求的主要变化

需求同比变化 (TWh)



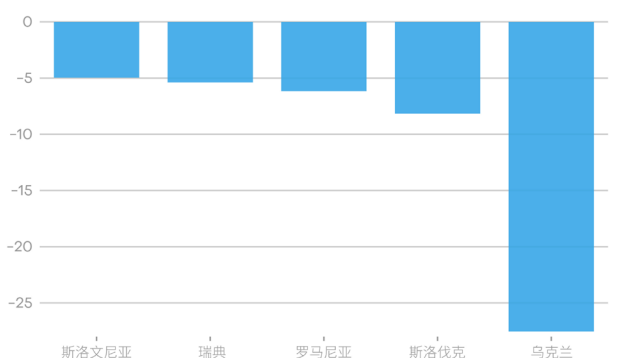
### 增幅最大

需求同比变化 (%)



### 降幅最大

需求同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

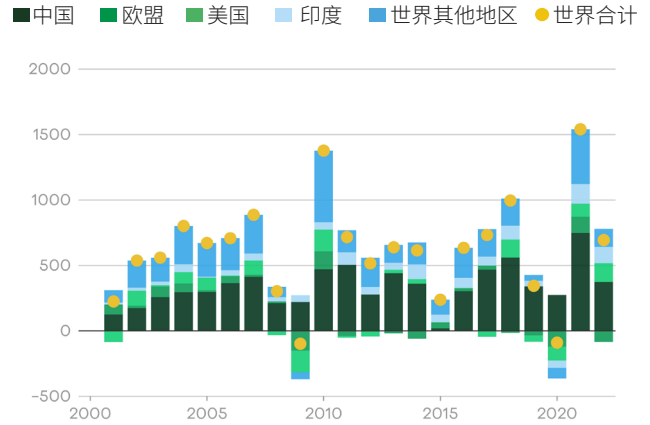
## 长期趋势

自 2000 年以来，全球电力需求几乎翻番，从 2000 年的 14,972 TWh 增至 2022 年的 28,510 TWh。该增长主要受主要增长型经济体需求增加所推动。中国尤其如此，发电量在过去二十年中增加超过 6.5 倍，从 2000 年的 1,347 TWh 增至 2022 年的 8,840 TWh。在过去二十年中，印度的需求增加超过三倍，从 2000 年的 573 TWh 增至 2022 年的 1,836 TWh。全球需求的增长主要通过燃煤发电实现，从而导致全球燃煤发电量几乎翻了一番。需求不断增长的其他主要经济体还包括美国、俄罗斯及印度尼西亚。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，全球电力需求从 23,660 TWh 增至 2022 年的 28,510 TWh，年平均增长率为 2.7%。

### 全球电力需求的年度变化

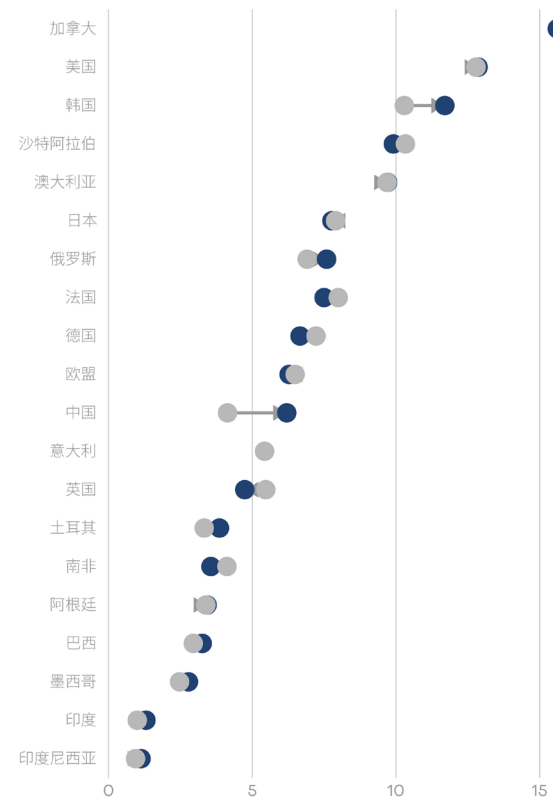
需求同比变化 (TWh)



### G20国家的人均需求

人均需求 (MWh)

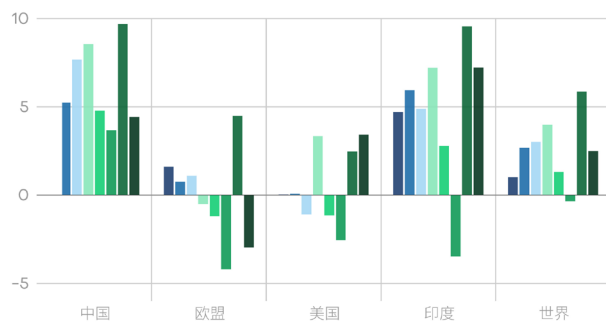
● 2015 ● 最近年度



### 电力需求的年度变化

需求同比变化 (%)

2015 ■ 2022



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



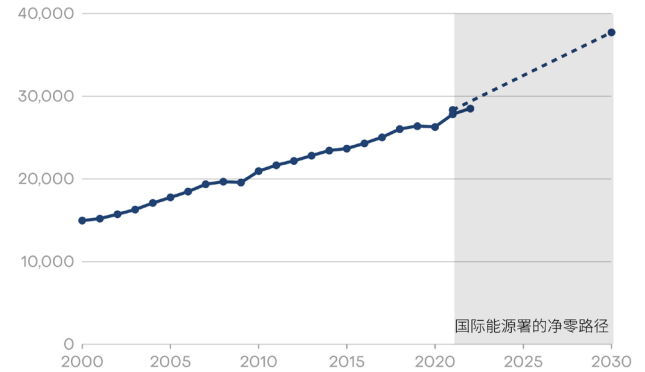
## 净零目标取得的进展

电力需求增长是实现净零目标的核心部分，清洁的电力有助于降低交通、供暖及工业等行业的排放量。在[国际能源署《净零排放方案》](#)中，2021年至2030年间，电力需求每年增长3.2%，较2015年至2022年的年平均增长率2.7%有所上升。

电气化可提升对于电力的需求，但能源效率提高也可抑制需求上升。防止电力需求失控式增长对实现气候目标至关重要。我们尚未进入一个拥有无限清洁电力的时代。

### 电力需求

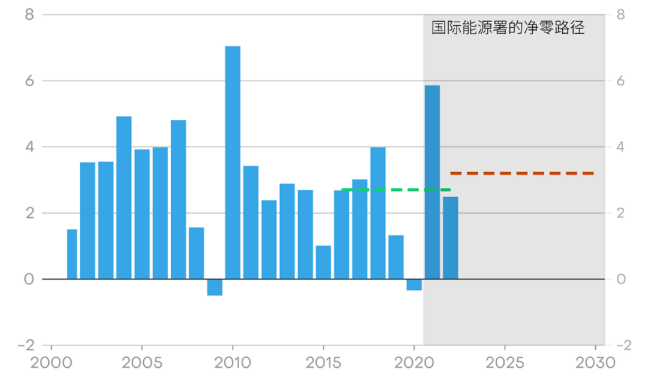
电力需求 (TWh)



### 电力需求的变化

需求同比变化 (%)

■ 同比变化    - - - 2016-2022年平均同比变化    - - - 必需的同比变化



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 全球电力行业排放量

2022年电力趋势

电力行业在所有行业中排放量最大，占全球二氧化碳总排放量的 40% 左右。2022 年，发电产生的二氧化碳排放量增至 124.31 亿吨，创历史新高。为了将全球变暖限制在 1.5 摄氏度以内，该值应该快速下降。前 10 大二氧化碳排放国的排放量占全球电力行业排放量的 80%，它们分别是：中国、美国、印度、欧盟、日本、俄罗斯、韩国、沙特阿拉伯、印度尼西亚和伊朗。

人均排放量最大的是巴林、卡塔尔、科威特、台湾、阿拉伯联合酋长国、沙特阿拉伯、韩国、科索沃、澳大利亚和美国。尽管近年来全球排放强度有所下降，目前为 436 gCO<sub>2</sub>/kWh，为历史最低水平，但自 2000 年以来，全球电力人均二氧化碳排放量增加了 39%，达到 1.57 吨。

12431 mtCO<sub>2</sub>

2022 年全球电力排放

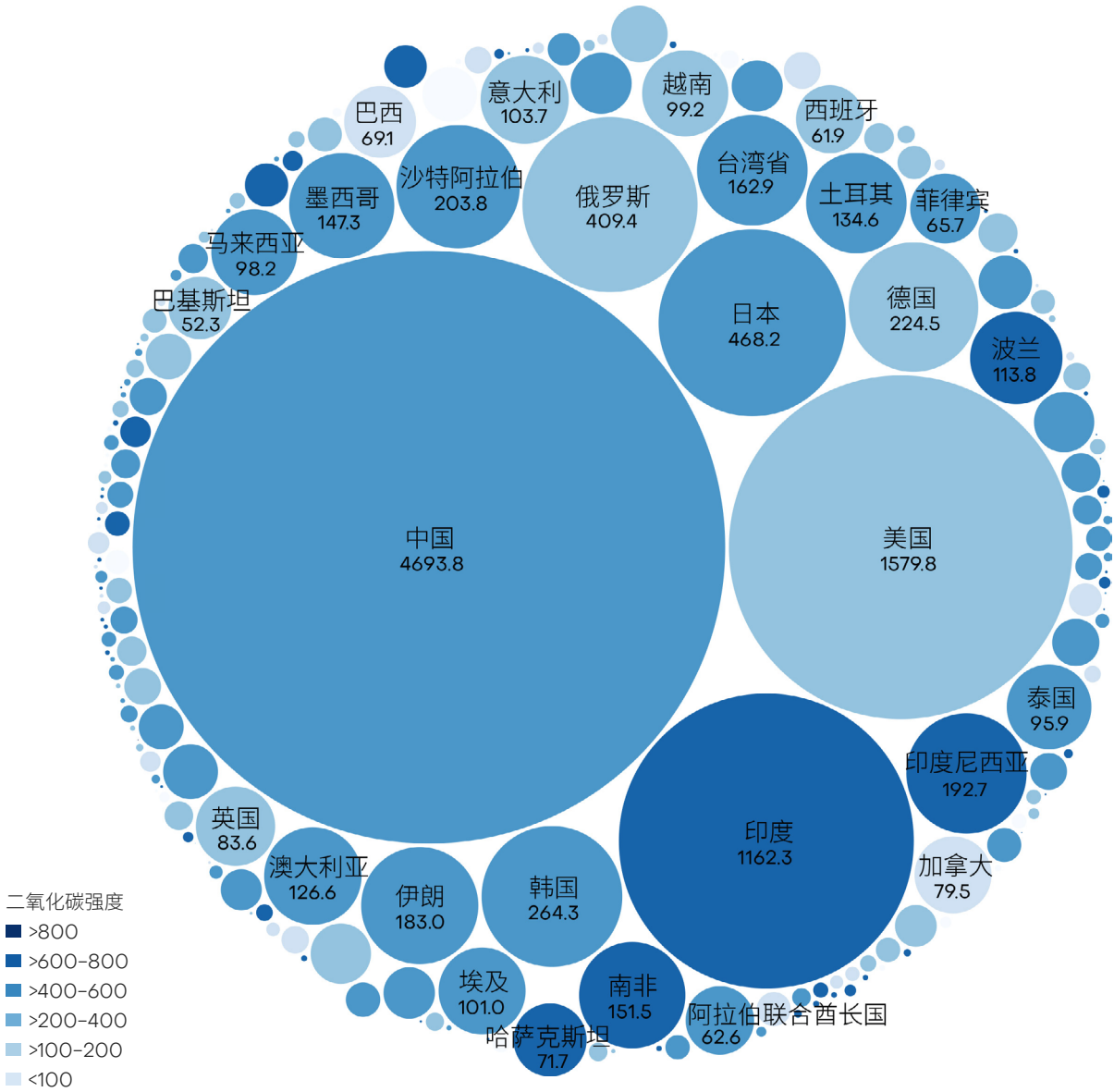
436 gCO<sub>2</sub>/kWh

发电碳强度

# 全球背景

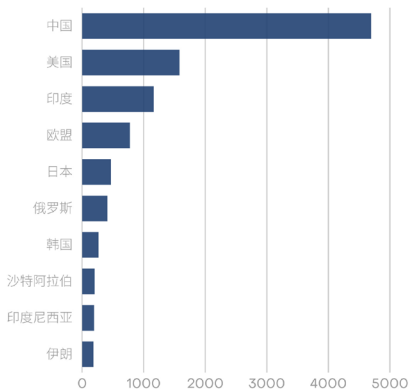
## 全球电力行业排放量

电力行业排放量 (mtCO<sub>2</sub>, 气泡大小) 及二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh, 气泡颜色)



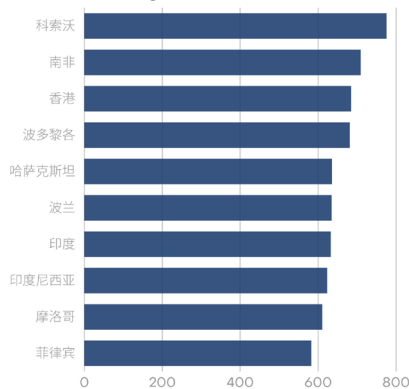
### 电力行业最大排放国家

总排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



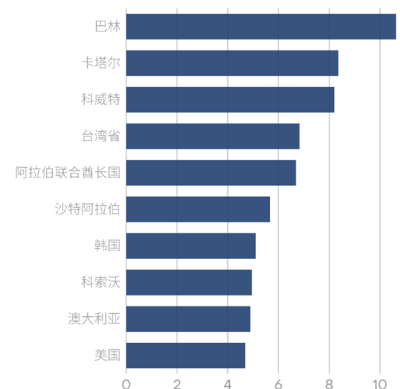
### 最脏的电网

二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



### 最高人均排放量

排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

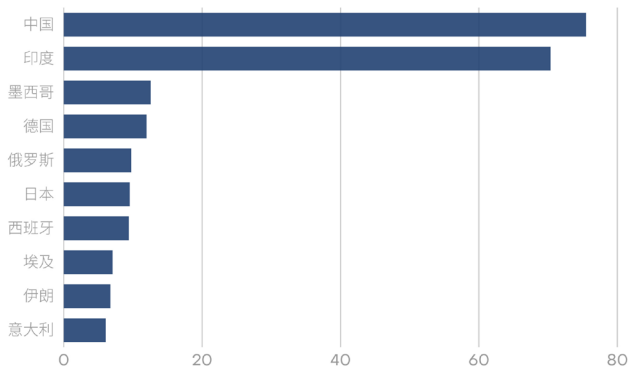
全球电力二氧化碳排放量增加了 1.6 亿吨 (+1.3%)，2022 年达到 124.31 亿吨。该增幅低于 2021 年，当时由于 Covid-19 疫情后经济复苏，排放量出现创纪录反弹（二氧化碳排放量增加 7.97 亿吨，同比增长 7%）。

随着需求的增长，2022 年主要发展中经济体的排放量有所增加，部分原因是燃煤发电，尤其是中国（二氧化碳排放量增加 7,600 万吨）和印度（二氧化碳排放量增加 7,000 万吨）。在欧洲，核电和水电的不足部分被增加的燃煤发电所弥补，导致德国（二氧化碳排放量增加 1,200 万吨）和西班牙（二氧化碳排放量增加 940 万吨）排放量增加。在美国，尽管燃煤发电量有所下降，但由于需求增长部分被天然气发电所抵消，排放量仍有所上升（二氧化碳排放量增加 460 万吨）。在墨西哥，需求的增长主要通过燃煤发电和石油发电弥补，导致排放量上升（二氧化碳排放量增加 1,300 万吨）。

2022 年，部分经济体二氧化碳排放量有所下降。最大的绝对降幅出现在清洁发电增长超过需求增长的国家。在巴西，随着水电从极低水平反弹，导致天然气发电量下降，从而使排放量下降（二氧化碳排放量下降 3,600 万吨）。在智利、澳大利亚和越南，随着风力和太阳能发电量的增加，绝对排放量有所减少。在乌克兰，情况有所不同：由于战时电力需求减少，导致排放量下降（二氧化碳排放量减少 1,400 万吨）。随着众多经济体部署越来越多的清洁能源，排放强度从 2021 年的 441 gCO<sub>2</sub>/kWh 略微下降至 2022 年的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh，而人均二氧化碳排放量从 1.55 吨增至 1.57 吨。

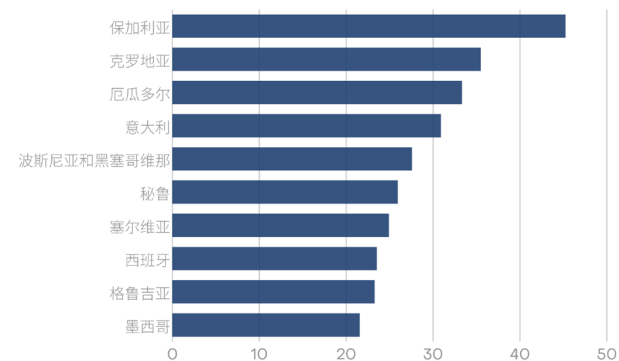
### 排放量的最大增幅

排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



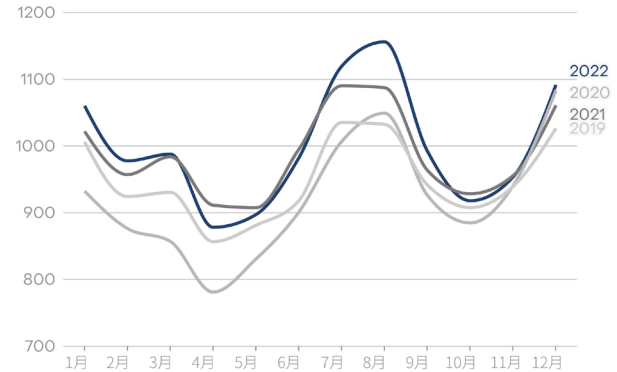
### 二氧化碳强度的最大增幅

二氧化碳强度同比变化 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



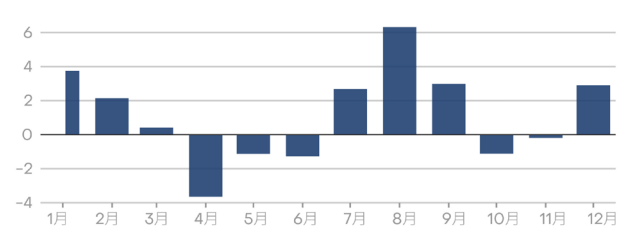
### 电力行业排放量

排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



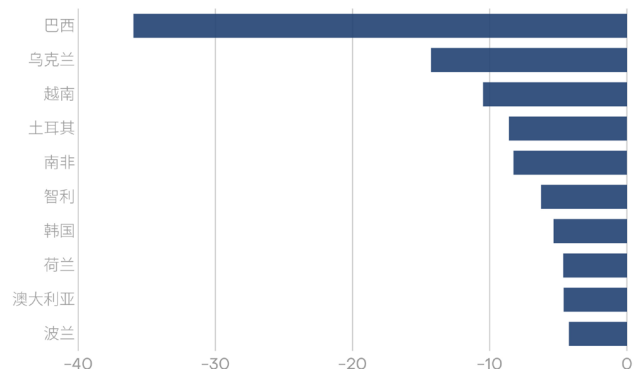
### 全球电力行业排放量的月度变化

排放量同比变化 (%)



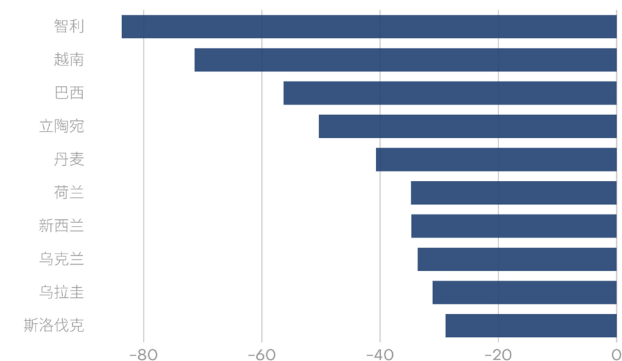
### 排放量的最大降幅

排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



### 二氧化碳强度的最大降幅

二氧化碳强度同比变化 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



## 长期趋势

自 2000 年以来，电力行业的二氧化碳绝对排放量几乎翻了一番，从 2000 年的 69.72 亿吨增加到 2022 年的 124.31 亿吨。这相当于平均每年增长 2.7%。随着全球电力需求增加，很多地区的经济快速增长推动了这一增长，但世界仍严重依赖化石燃料。中国的增长是其中的很大一部分，中国的发电量增长了 6.5 倍，从 2000 年的 1,356 TWh 增加到 2022 年的 8,858 TWh。这几乎是全球发电量的三分之一，导致 2000 年至 2022 年间中国的绝对排放量增加了 415%（二氧化碳排放量增加 37.82 亿吨）。

除了 2009 年、2015 年、2019 年和 2020 年排放量有所下降外，过去 20 年的排放量同比增长相对稳定。2009 年，由于经济衰退导致需求降低及可再生能源发电量增加，二氧化碳排放量减少 1.18 亿吨 (-1.3%)。于 2015 年《巴黎协定》签署之年，排放量与经济增长脱钩，由于中国及美国等主要经济体通过部署更多的清洁电力能源降低排放量，二氧化碳排放量下降了 1.01 亿吨。2019 年，主要经济体的经济增长放缓和相对温和的天气条件减缓了需求增长，该需求增长完全由清洁能源满足。这导致二氧化碳排放量下降了 1.27 亿吨 (-1.1%)。2020 年，由于 Covid-19 疫情的影响导致经济活动减少，全球二氧化碳排放量减少 3.46 亿吨 (-2.9%)。

2000 年至 2022 年期间，全球排放强度仅下降了 6%，而人均需求增加了 48%。

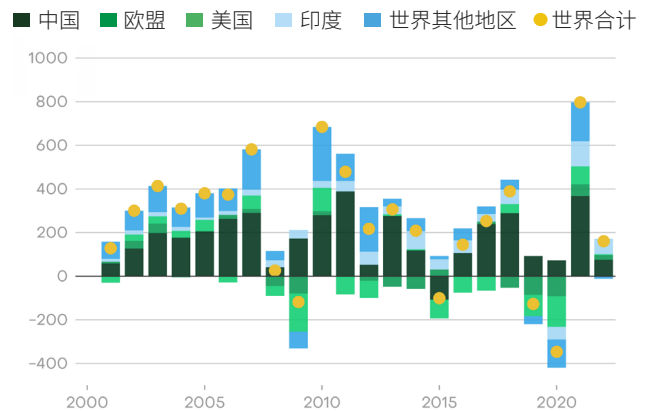
自 2015 年《巴黎协定》签署以来，二氧化碳排放量已从 111.61 亿吨增加到 124.31 亿吨，相当于平均每年增长 1.6%。

数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

### 全球电力行业排放量的年度变化

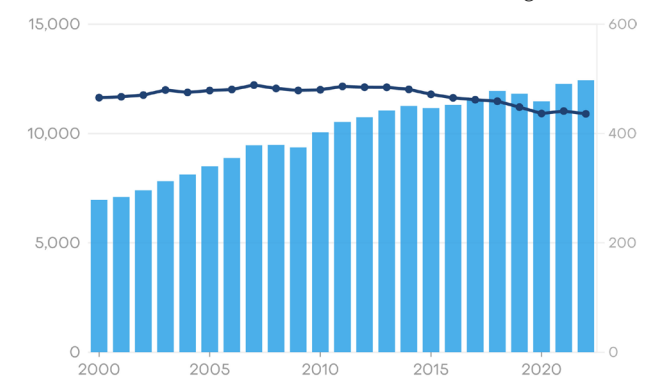
二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



### 全球电力行业排放量的长期趋势

排放量 (mtCO<sub>2</sub>)

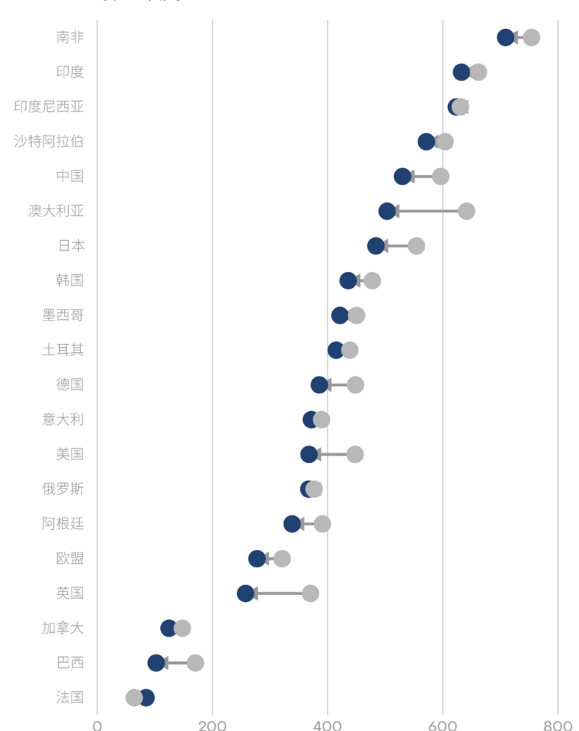
二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



### G20国家电力行业的碳强度

电力行业的二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)

● 2015 ● 最近年度





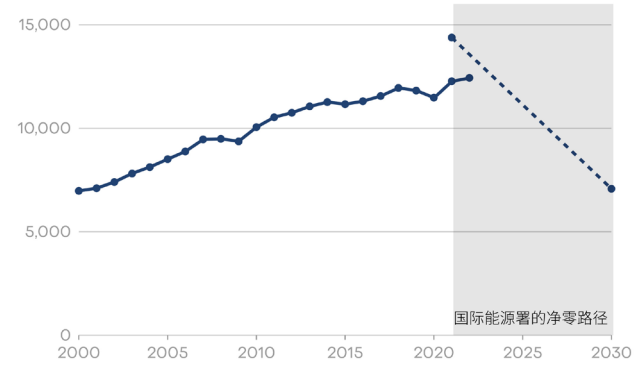
## 净零目标取得的进展

根据国际能源署《净零排放方案》，发达经济体必须在 2035 年之前实现发电脱碳，世界其他地区必须在 2040 年之前实现发电脱碳。

我们尚未看到实现该等里程碑所需的下降，该等里程碑要求从 2021 年到 2030 年，电力行业的排放量须每年下降 7% 以上，到 2040 年电力行业实现完全脱碳。然而，2022 年可能是电力行业排放量达到顶峰之年（参见第 3 章）。排放量下降的速度将取决于风力和太阳能发电能否持续快速增长。G7 等主要经济体将继续实施大规模投资计划，以在 2035 年前实现其对于清洁能源的承诺，而且越来越多的国家认识到风力和太阳能发电作为清洁、安全及平价能源的优势，这无疑积极的信号。

### 电力行业排放量

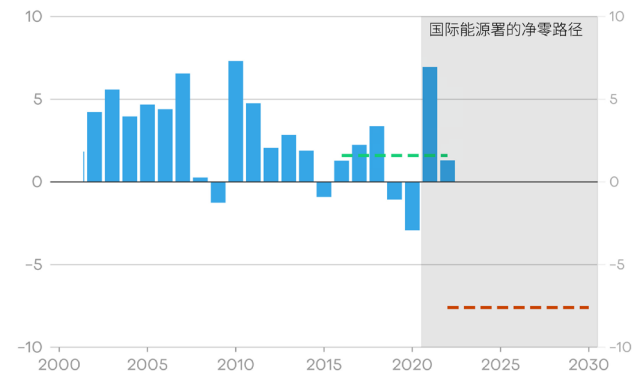
总排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



### 电力行业排放量的变化

排放量同比变化 (%)

■ 同比变化    - - 2016-2022年平均同比变化    - - 必需的同比变化



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



第5章 | 电源趋势

# 2022 年全球不同电力来源分析

---

下文对2022年的电力供应变化以及更长期的趋势进行了详细分析。  
我们按照电力来源的增长速度由大到小进行排序。

# 太阳能

2022年电力趋势



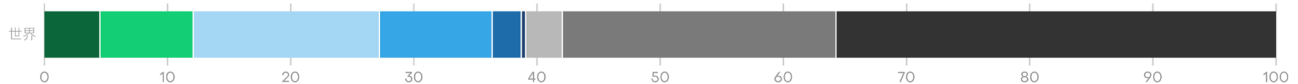
2022年，太阳能发电量占全球电力的4.5% (1,284 TWh)。中国的太阳能发电量最大，达418 TWh (占其电力结构的4.7%)，而智利的太阳能发电在其电力结构中所占比例最高 (17%，14 TWh)，领先于荷兰 (15%，18 TWh) 和澳大利亚 (13%，33 TWh)。



## 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能 ■ 水电 ■ 核电 ■ 生物能源 ■ 其他可再生能源 ■ 其他化石燃料 ■ 天然气 ■ 煤电



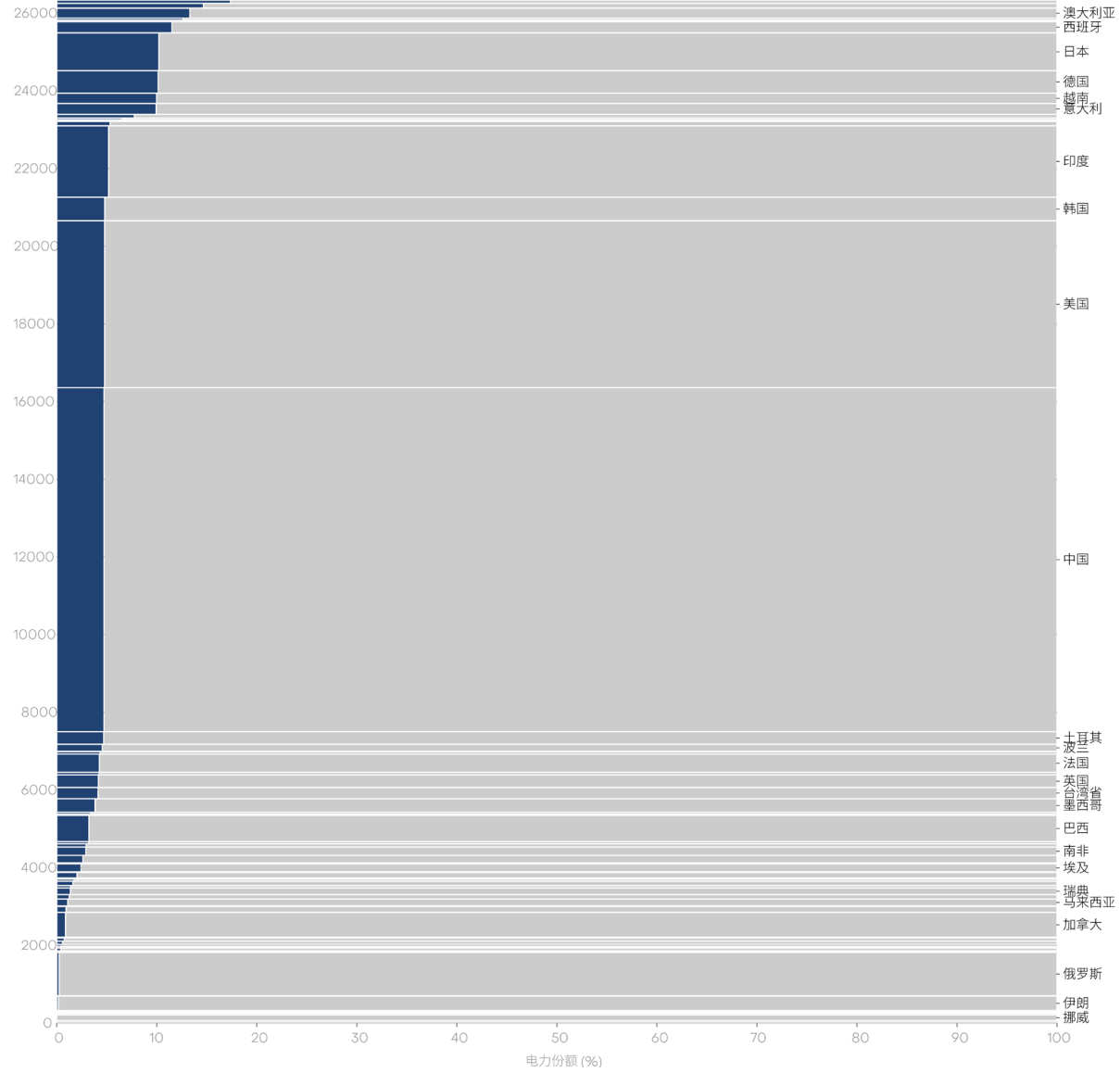
## 太阳能的地位

太阳能可提供能够在当地快速部署到需求来源的清洁能源。因此，到2050年，其将与风力发电一起构成未来电力体系的支柱，提供全球近70%的电力。根据[国际能源署](#)的数据，新型太阳能发电可提供历史上最具成本效益的电力。

### 主要的太阳能发电国

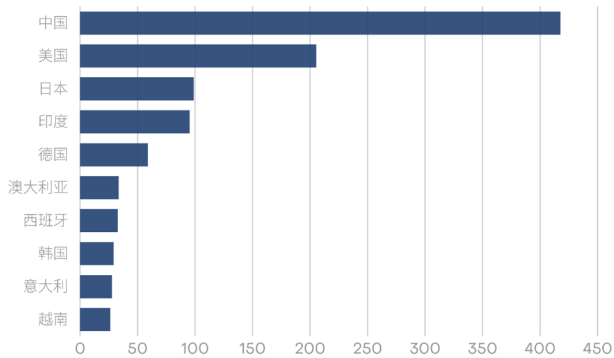
发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)

■ 太阳能    ■ 其他



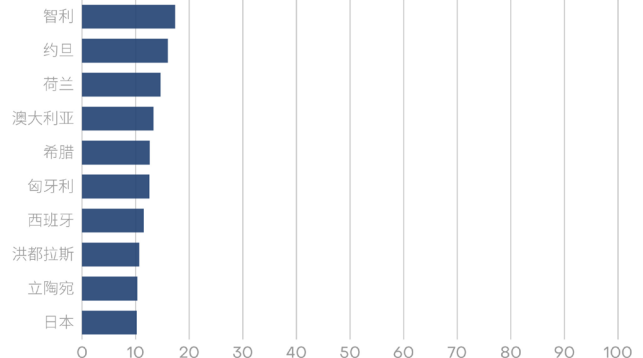
### 最大的太阳能发电国

发电量 (TWh)



### 太阳能发电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

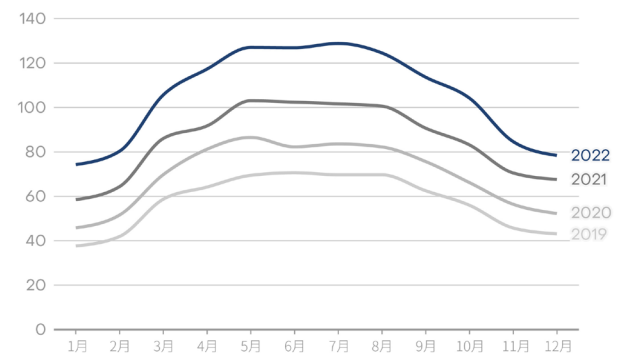
全球太阳能发电量从 2021 年的 1,039 TWh 增长到 2022 年的 1,284 TWh，增长了 24% (+245 TWh)。这是太阳能连续第 18 年成为同比增长最快的电力来源。太阳能在全球电力结构中的占比从 2021 年的 3.7% 增长到 2022 年的 4.5%，增长了 0.8 个百分点。

全球太阳能发电的增长主要得益于中国的大幅增长 (+91 TWh, +28%)，占全球增长的 37%。美国太阳能发电量的增长 (+41 TWh, +25%) 占全球增长的 17%。太阳能发电量显著增长的其他地区包括欧盟 (+40 TWh, +24%)、印度 (+27 TWh, +39%) 和日本 (+10 TWh, +11%)。

肯尼亚、立陶宛和波兰的太阳能发电量自 2021 年以来增长了一倍多。少数几个太阳能发电量下降的国家仅录得不到 10% 的小幅下降 (南非 -6.6%，瑞士 -6.6%)，而这是由天气条件而不是结构变化引起的。

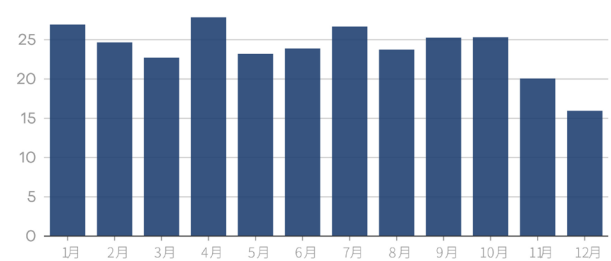
### 全球太阳能发电

发电量 (TWh)



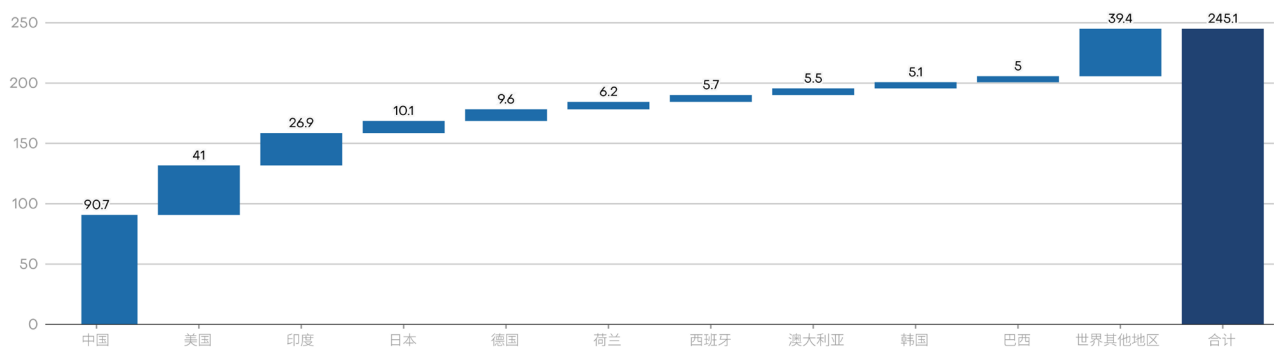
### 太阳能发电量的月度变化

发电量同比变化(%)



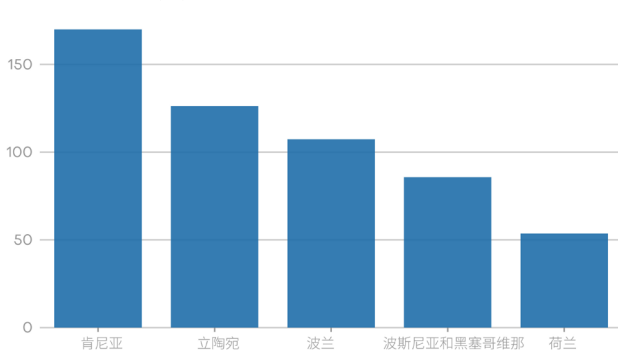
### 全球太阳能发电量的主要变化

发电量同比变化(TWh)



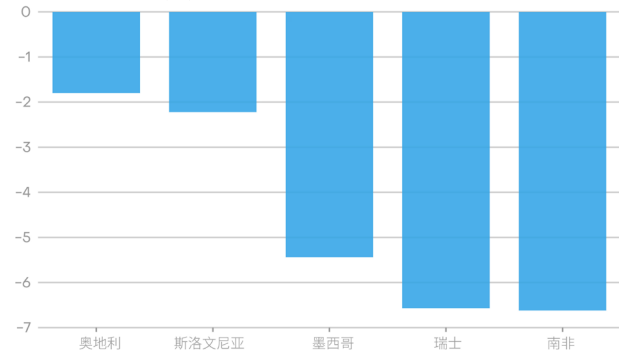
### 增幅最大

发电量同比变化(%)



### 降幅最大

发电量同比变化(%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

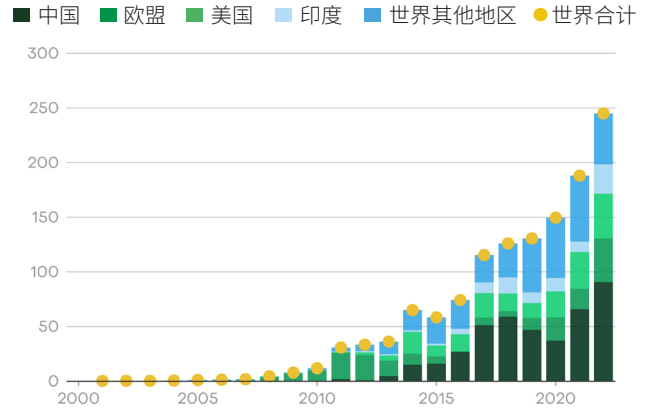
在过去 20 年里，太阳能发电量逐渐增加，成为全球电力结构的重要组成部分。2000 年，太阳能发电量仅为 1.1 TWh，到 2022 年，已增至 1,284 TWh。因此，其在电力结构中的占比从 2000 年的 0.01% 飙升至 2022 年的 4.5%。

多数太阳能发电量增长发生在过去几年。在部署初期，太阳能发电量从 2000 年的接近零增加到 2015 年的 255 TWh。此时，其市场份额已达 1.1%。虽然绝对增长量仍相对较小，但这一增长对应的年增长率相对较高，达 44%。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，绝对增长量在加速，且每年都在扩大。得益于全球范围内广泛而快速的采用，在此期间太阳能发电量增长了 1,029 TWh。2015 年至 2022 年期间，太阳能发电量的年增长率降至 26%，但太阳能仍然是增长最快的电力来源，2022 年同比增长 24% (+245 TWh)。自 2015 年《巴黎协定》签署以来，太阳能的市场份额已增至 4.5%，所有 G20 国家都有所增长。

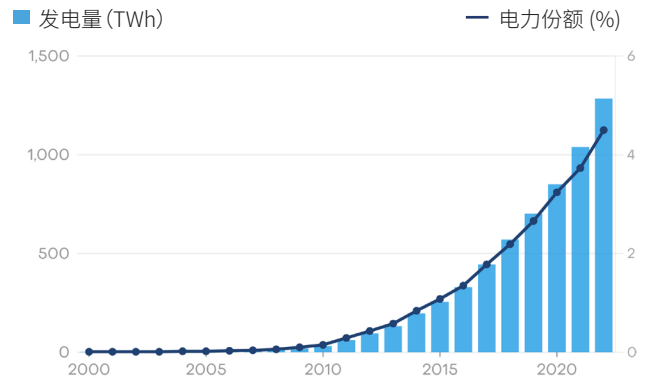
### 太阳能发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



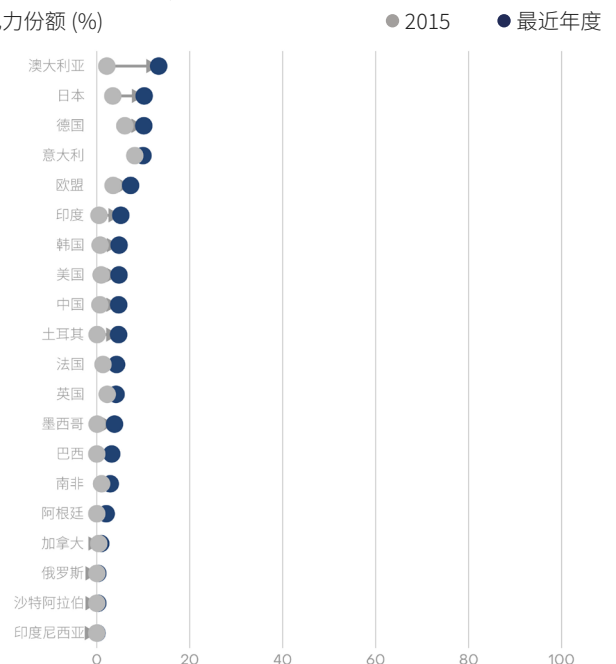
### 太阳能发电的长期趋势

发电量 (TWh) 和电力份额 (%)



### 太阳能发电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展

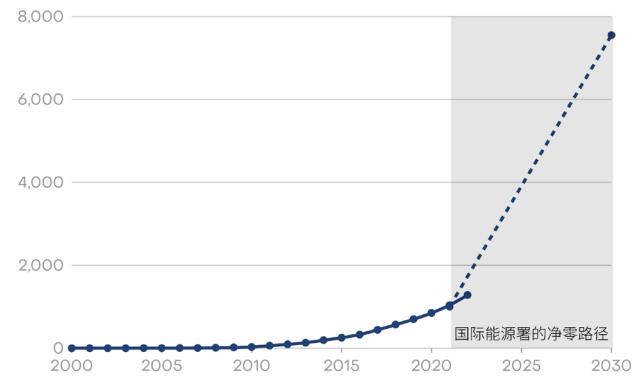


根据国际能源署的《净零排放方案》，到2030年，太阳能发电量需要增至7,552 TWh，才能将全球温升控制在1.5°C。这一路径要求太阳能发电量从2021年到2030年每年增长25%，到2030年太阳能占全球发电量的份额将从目前的4.5%上升到20%。

因此，若要与净零路径保持一致，太阳能发电量需要保持2015年至2022年期间的增长速度。这意味着在这十年的剩余时间里，每年需要增长25%。要实现这一增长，各国需要不断提高其年度太阳能部署目标。例如，在2023年，需要增加318 TWh的太阳能发电量，而到2030年，全球每年至少需要增加1,500 TWh的太阳能发电量。

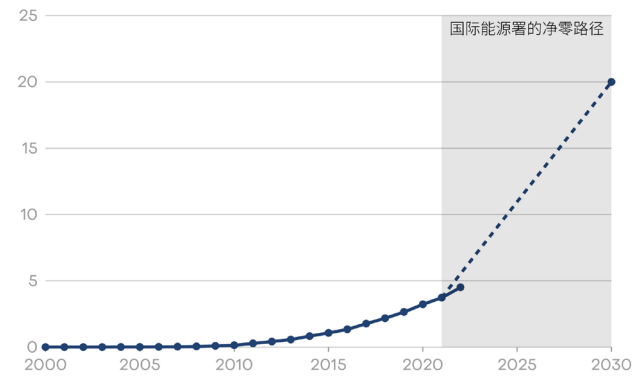
### 太阳能发电

发电量 (TWh)



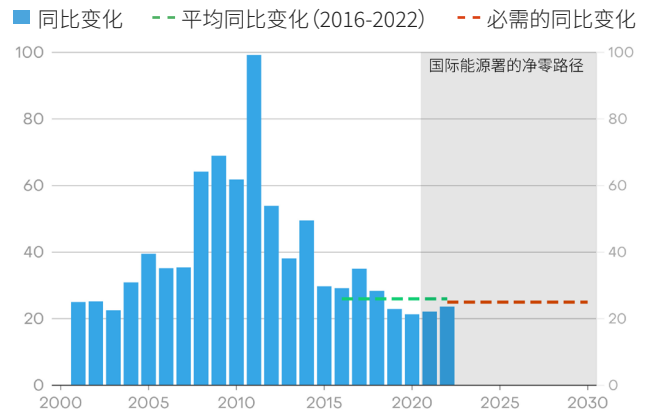
### 太阳能发电份额

电力份额 (%)



### 太阳能发电量变化

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 风能

2022年电力趋势

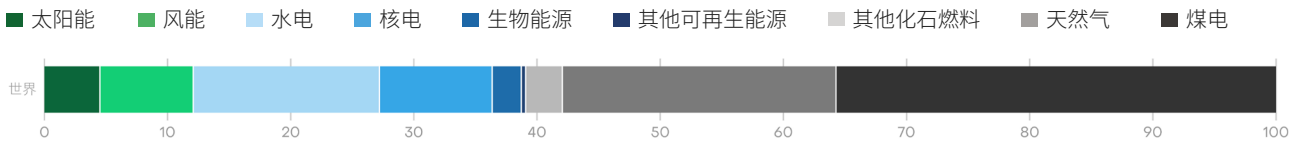


2022年，风力发电量占全球电力的7.6% (2,160 TWh)。中国是最大的风力发电国，风力发电量达824 TWh (占其电力结构的9.3%)，而丹麦的风力发电比例最高，占55% (19 TWh)。德国的风力发电量在所有国家中排名第三 (126 TWh)，在电力结构中的占比排名第六 (22%)。



## 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)

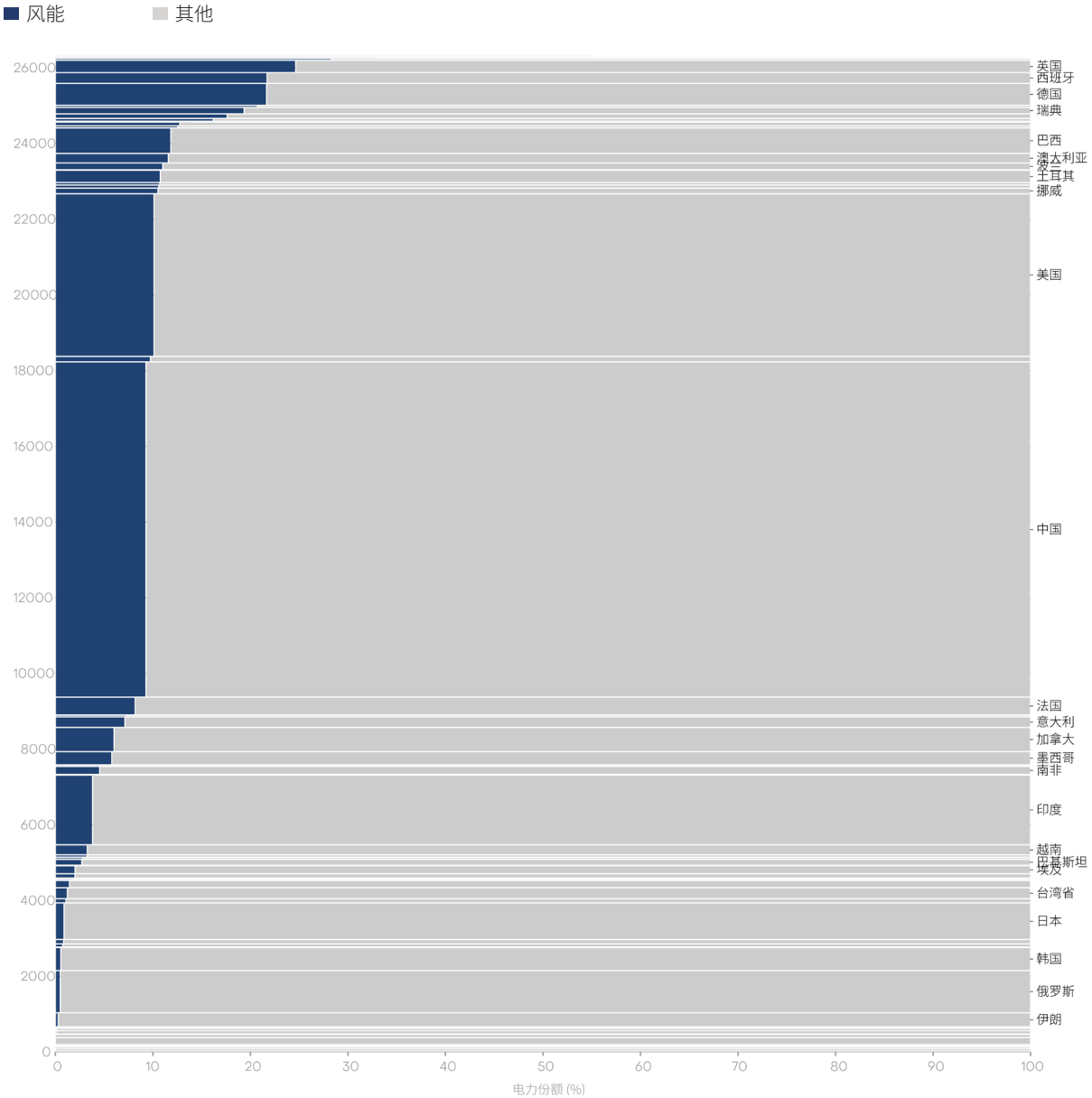


## 风力发电的地位

风力发电和太阳能发电是减少电力行业排放的关键。到2050年，这两种来源将构成未来电力体系的支柱，提供全球近70%的电力。因此，这十年需要迅速扩大规模。

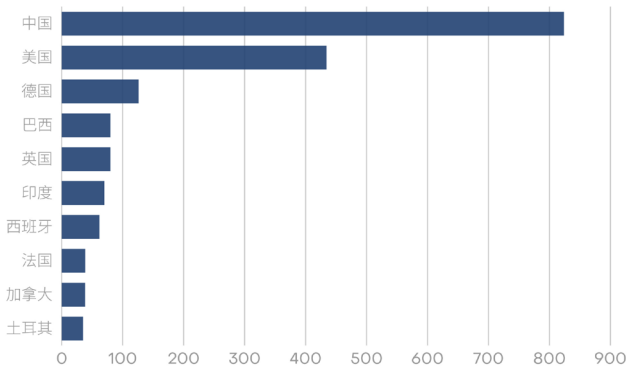
### 主要的风力发电国

发电量 (TWh, y轴) 和电力份额 (% , x轴)



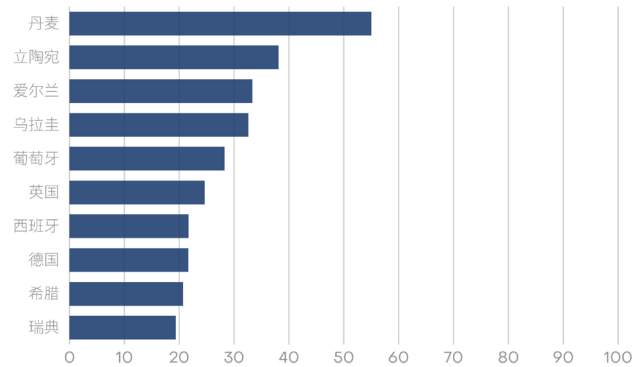
### 最大的风力发电国

发电量 (TWh)



### 风力发电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 2022年的变化

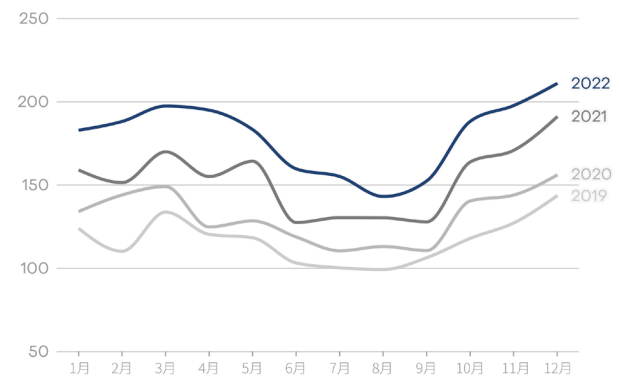
2022年，风力发电是绝对增长量最大的电力来源。全球风力发电量从2021年的1,848 TWh增长到2022年的2,160 TWh，增长了17% (+312 TWh)，但太阳能录得更高的相对增长。风力发电在全球电力结构中的占比从2021年的6.6%增长到2022年的7.6%，增长了一个百分点。

中国风力发电增长占全球增长的一半以上 (+168 TWh, +26%)。然而，风力发电在全球范围内均有所增长。美国 (+56 TWh, +15%) 和欧盟 (+34 TWh, +8.8%) 的风力发电量录得大幅增长，英国 (+15 TWh, +23%)、巴西 (+8.5 TWh, +12%) 和越南 (+6.3 TWh, +262%) 等许多国家也是如此。

根据乌克兰可再生能源协会的数据，由于战争的影响，乌克兰的风力发电量有所下降，因为其很多风力发电设施位于受敌对行动影响的地区。只有其他几个风力发电水平非常低的国家出现了下降。

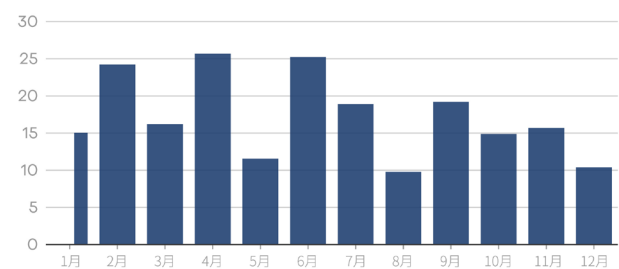
### 全球风力发电

发电量 (TWh)



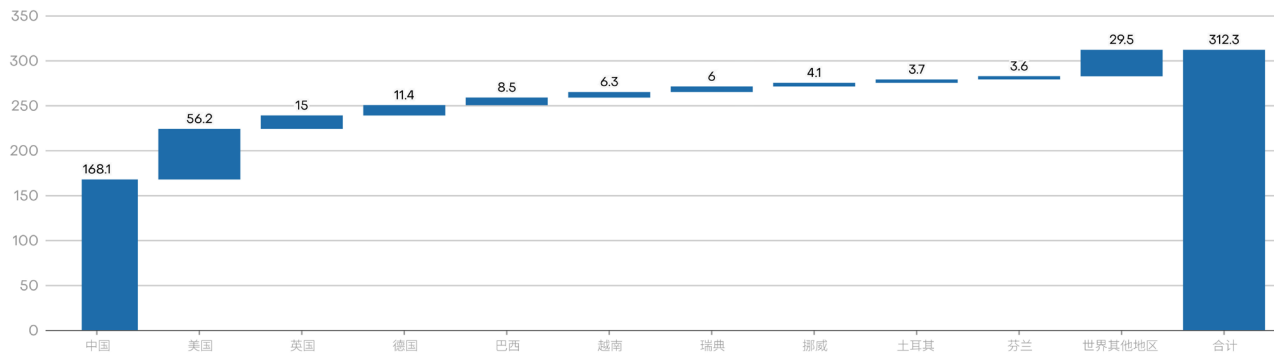
### 风力发电量的月度变化

发电量同比变化 (%)



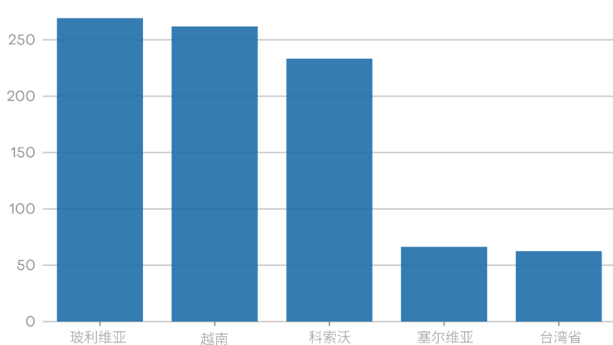
### 全球风力发电量的主要变化

发电量同比变化 (TWh)



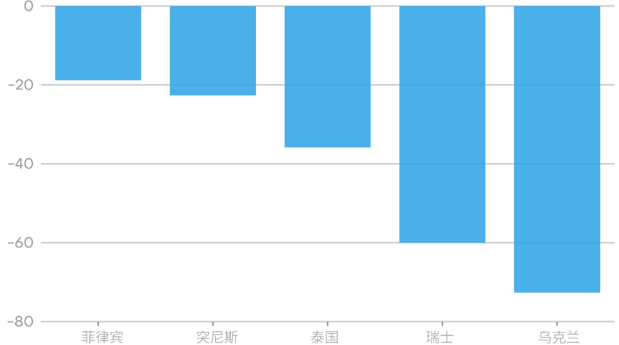
### 增幅最大

发电量同比变化 (%)



### 降幅最大

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

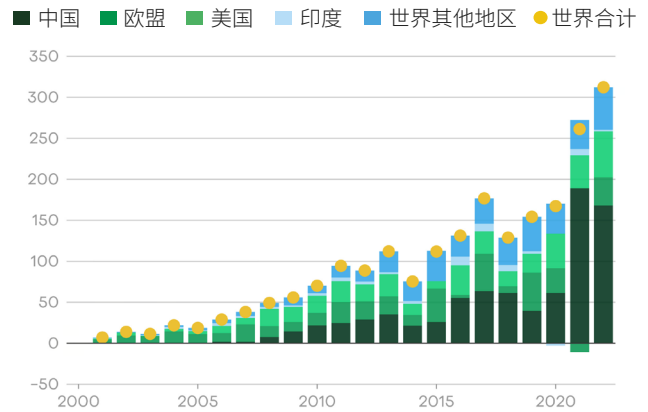
风力发电量在过去 20 年迅速增长。2000 年，风力发电量为 31 TWh，仅占全球电力份额的 0.2%。2022 年，风力发电量增加了 2,129 TWh，达到 2,160 TWh。因此，市场份额增加到 7.6%。

与太阳能发电类似，风力发电量近年来也在急剧增长。从 2000 年到 2015 年，风力发电量以每年 24% 的相对较高的速度增长。然而，绝对增长量依然较小，2015 年风力发电量达到 828 TWh，仅占全球发电量的 3.5%。此后，绝对增长量大幅增加，在短短七年内增加了 1,332 TWh，而相对增长则放缓，在此期间，风力发电量的年增长率为 15%。2022 年的风力发电量增长率略高，增长了 17% (+312 TWh)。

值得注意的是，在此期间，风力发电在所有 G20 国家的市场份额均有所增长。在德国和英国，风力发电量目前占总发电量的 20% 以上（分别为 22% 和 25%），在丹麦（55%）、爱尔兰和乌拉圭（均为 33%）等较小的国家，这一比例甚至更高。

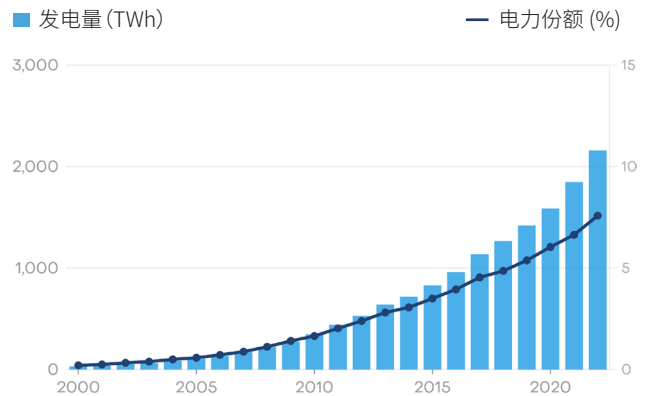
### 风力发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



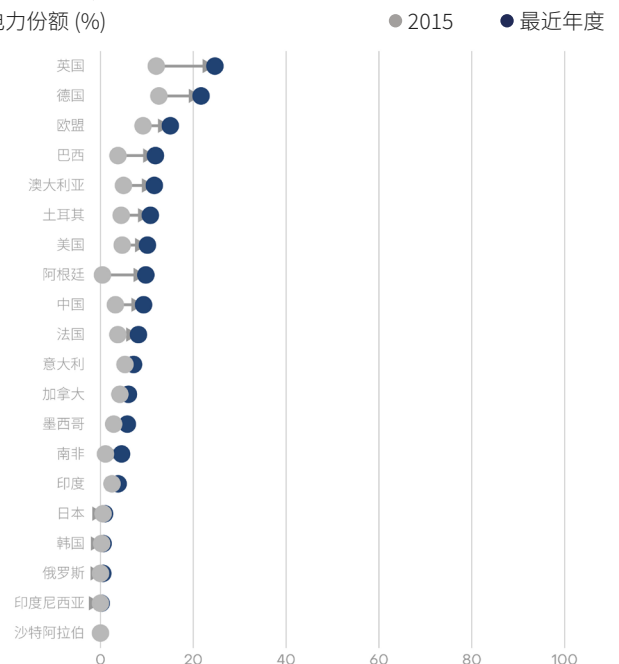
### 风力发电的长期趋势

发电量 (TWh) 和电力份额 (%)



### 风电份额, G20 国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据



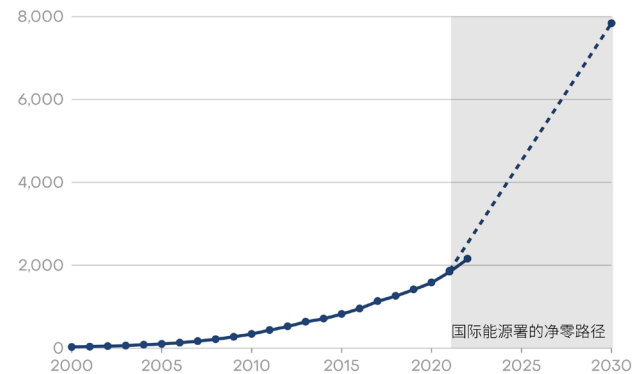
## 净零目标取得的进展



根据国际能源署的《净零排放方案》，要实现 1.5°C 的控温目标，就电力行业路径而言，到 2030 年，风力发电量需要增加到 7,840 TWh。这需从 2021 年到 2030 年每年增长 17%，达到全球发电量的 21%。2022 年，风力发电量达到这一增长率，但从 2015 年到 2022 年，平均年增长率略低，为 15%。

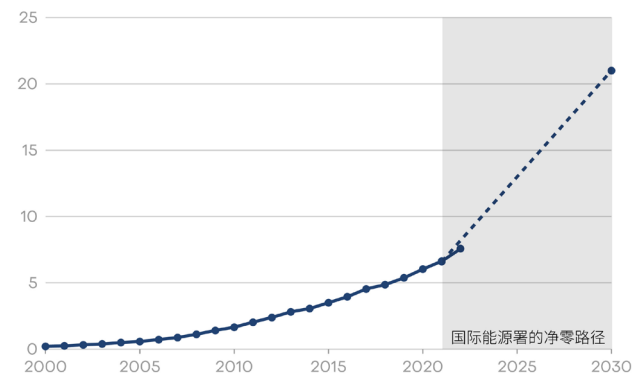
### 风力发电

发电量 (TWh)



### 风电份额

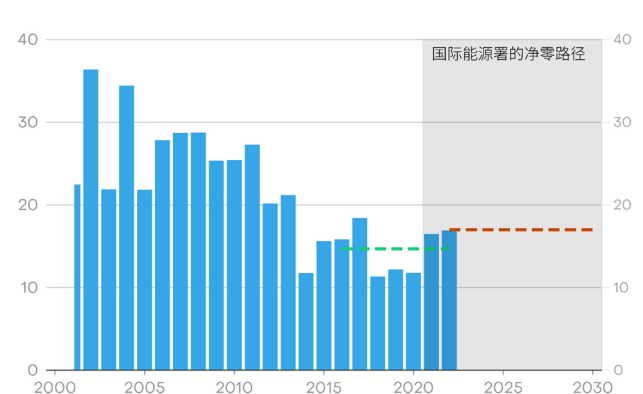
电力份额 (%)



### 风力发电量的变化

发电量同比变化 (%)

■ 同比变化    - - 平均同比变化 (2016-2022)    - - 必需的同比变化



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 水力

## 2022年电力趋势

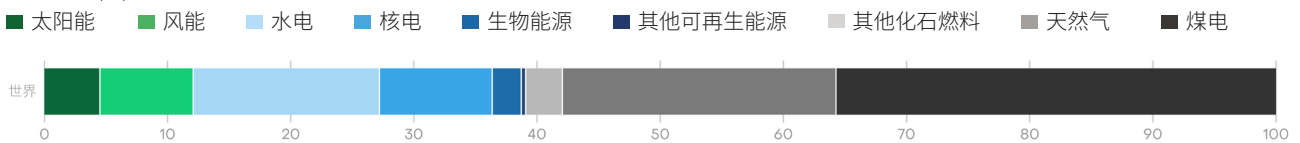


2022年，水力发电量占全球电力的15% (4,311 TWh)。中国的水电发电量最大，为1,318 TWh (占其能源结构的15%)，而巴拉圭的水电在其电力结构中所占比例最高 (99.7%，40 TWh)。水电在一些主要电力公司的电力体系中占主导地位：巴西的水电占比为63% (428 TWh)，加拿大为61% (392 TWh)，挪威为88% (130 TWh)。



### 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)



### 水电的地位

水电在全球电力结构中占有重要地位。其不仅是目前最大的清洁电力来源，还可提供灵活性，帮助对风力发电和太阳能发电进行调峰。世界需要新的水电站，但在许多地区，水力资源已经得到了最大限度的利用。在其他有潜力的地区，这些项目的生态和社会成本可能过高。



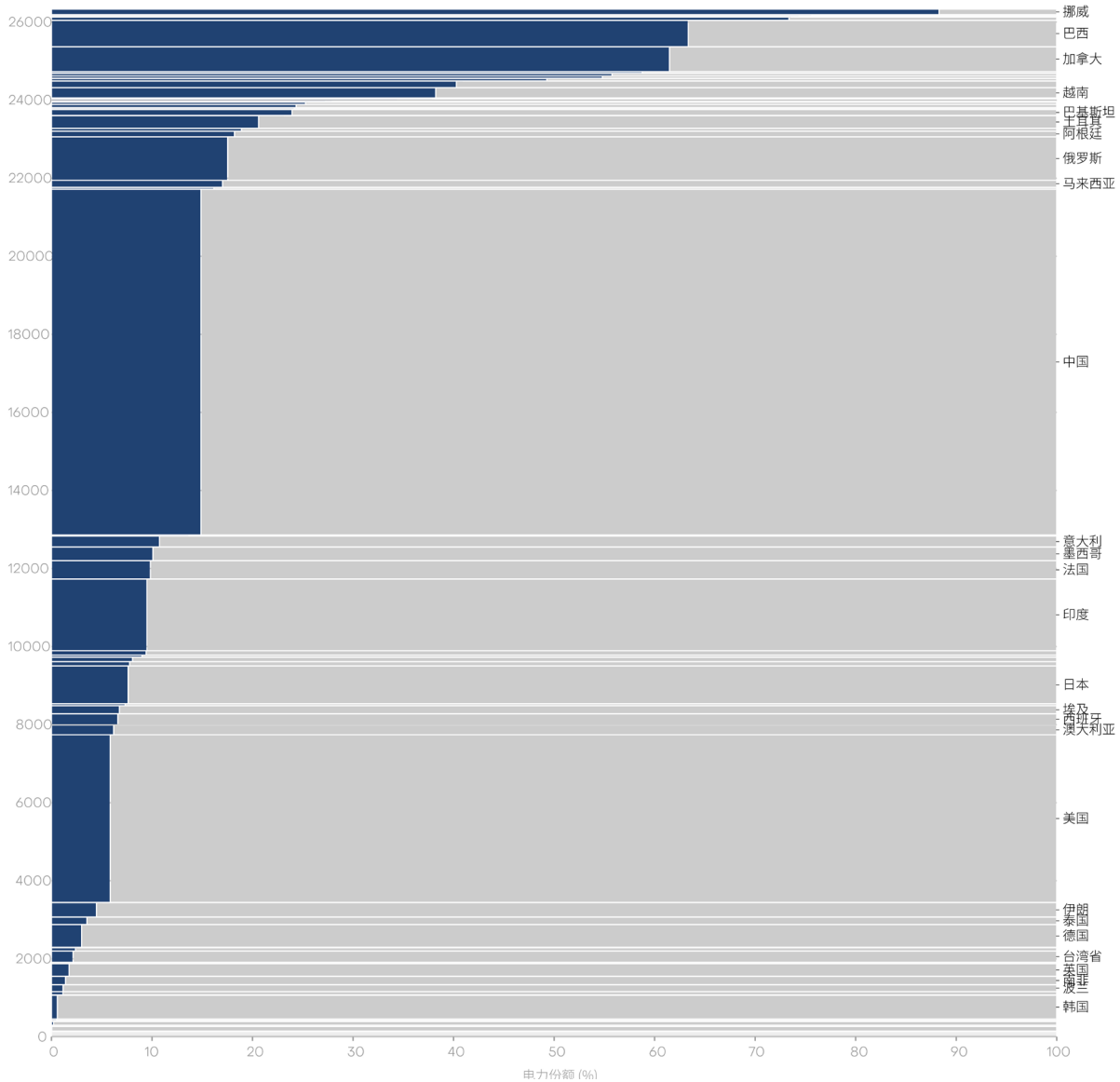
# 全球背景



## 主要的水力发电国

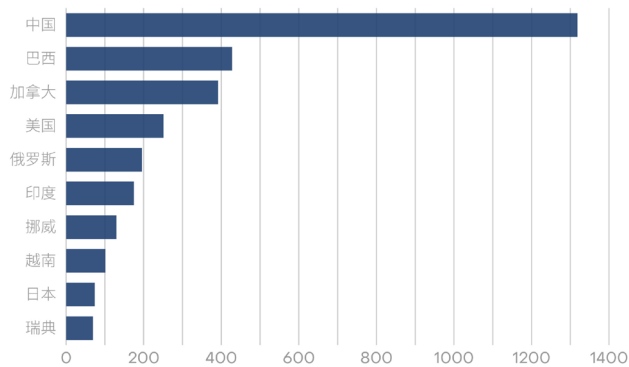
发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)

■ 水电 ■ 其他



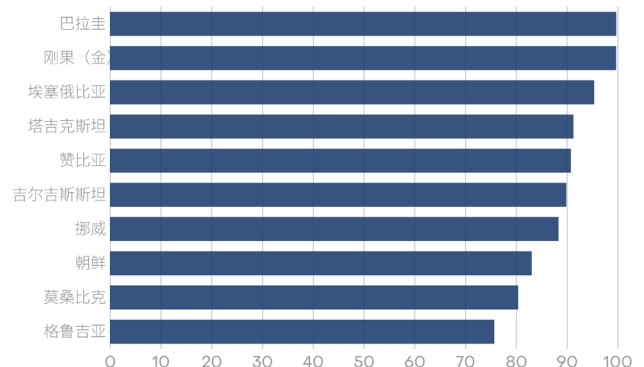
## 最大的水力发电国

发电量 (TWh)



## 水电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

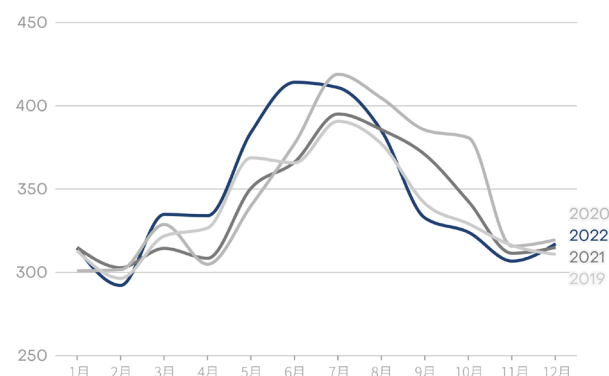
全球水力发电量从 2021 年的 4,238 TWh 增长到 2022 年的 4,311 TWh，增长了 1.7% (+73 TWh)。由于需求增长强劲，水电在整体电力结构中的占比从 2021 年的 15.2% 降至 15.1%，下降了 0.1 个百分点。

水电在 2021 年经历十余年来的首次下降后，于 2022 年反弹，但仍低于 2020 年的历史最高发电量 (4,340 TWh)。

2022 年，全球增长主要受巴西 (+65 TWh, +18%)、越南 (+25 TWh, +33%)、中国 (+18 TWh, +1.4%)、加拿大 (+15 TWh, +3.9%) 以及印度 (+14 TWh, +8.9%) 和土耳其 (+11 TWh, +20%) 的增长推动。然而，许多欧洲国家在夏季遭遇了历史性的干旱，导致水电输出量大幅下降。欧盟整体的水力发电量下降了 66 TWh (-19%)。俄罗斯的水力发电量亦大幅下降 19 TWh (-8.9%)。南欧受到的冲击最大，其中意大利 (-15 TWh, -34%)、法国 (-13 TWh, -23%) 和西班牙 (-11 TWh, -37%) 的水力发电量下降最多。

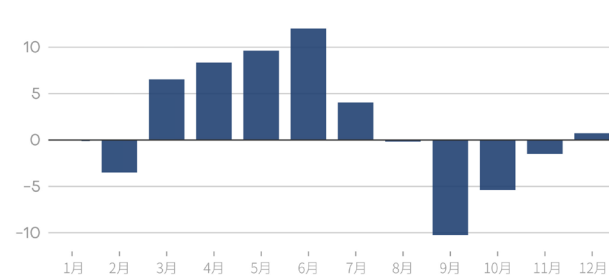
### 全球水力发电

发电量 (TWh)



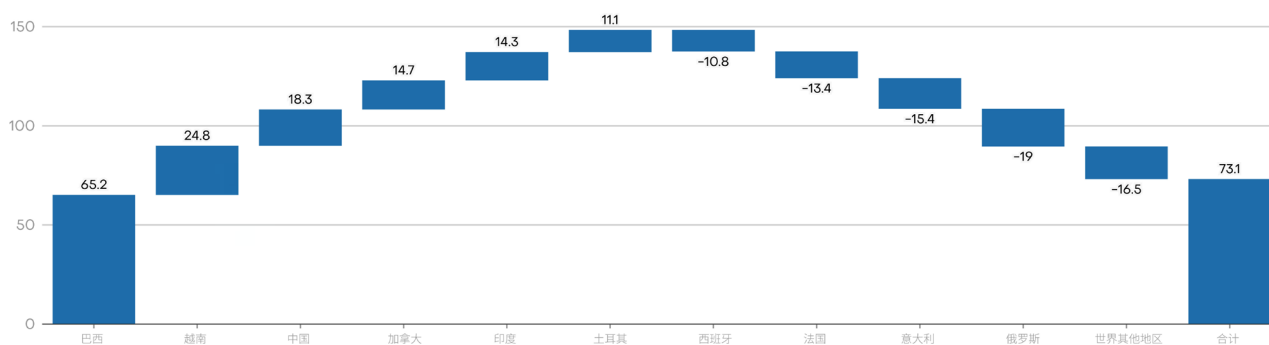
### 水力发电量的月度变化

发电量同比变化 (%)



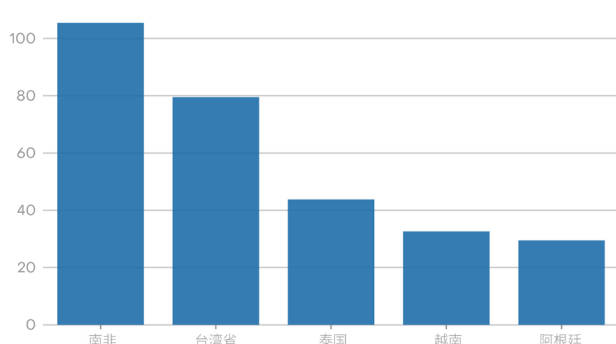
### 全球水力发电量的主要变化

发电量同比变化 (TWh)



### 增幅最大

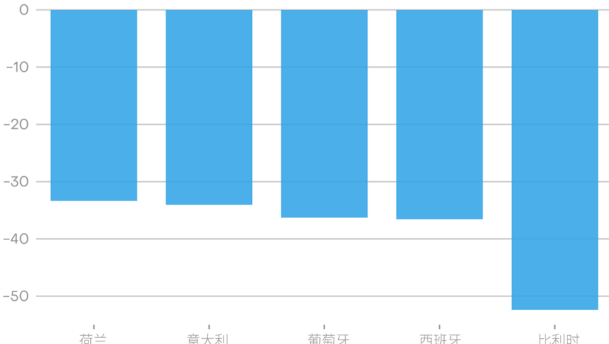
发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

### 降幅最大

发电量同比变化 (%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

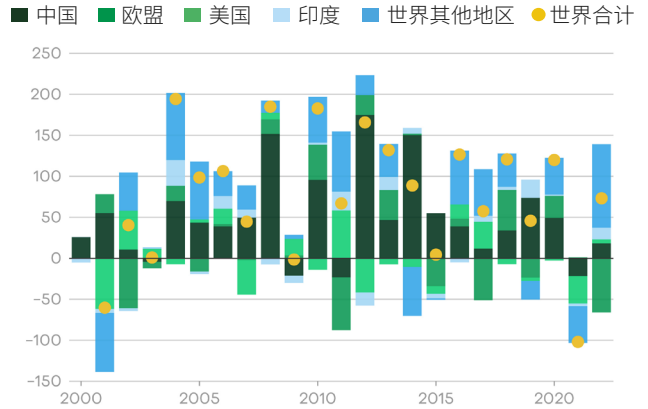
## 长期趋势

在过去 20 年里，水力发电量大幅增长，并保持稳定增长 (+1,690 TWh)。然而，由于其增长没有跟上电力需求的增长，其在电力结构中的占比已从 2000 年的 18% 下降到 2022 年的 15%。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，水电的平均同比增长率为 1.6%。这低于 2000 年至 2015 年 2.6% 的年增长率。自 2015 年以来，水电在全球发电量中的占比已从 16% 下降到 15%。在大多数 G20 国家，市场份额保持稳定或有所下降。自 2015 年以来，只有澳大利亚、加拿大、韩国、俄罗斯和南非的水力发电占比有所增加。

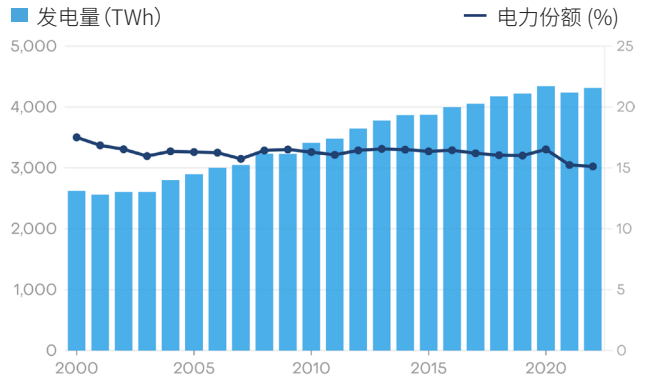
### 水力发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



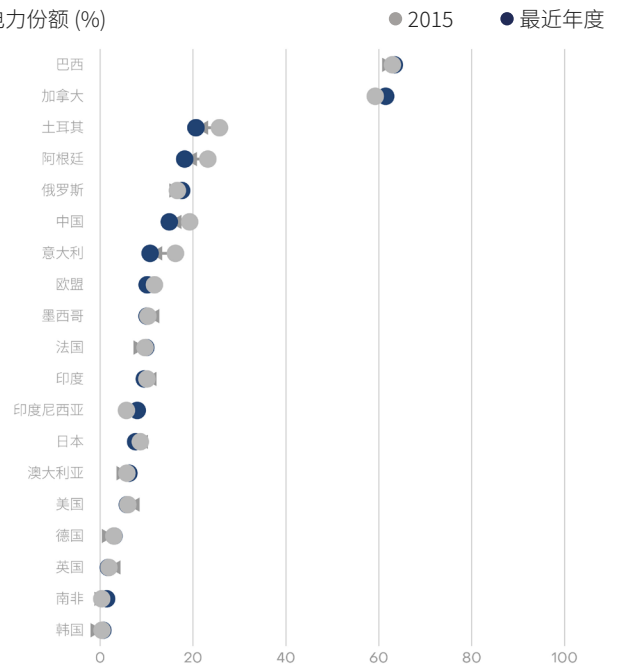
### 水力发电的长期趋势

发电量 (TWh)和电力份额 (%)



### 水电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 净零目标取得的进展

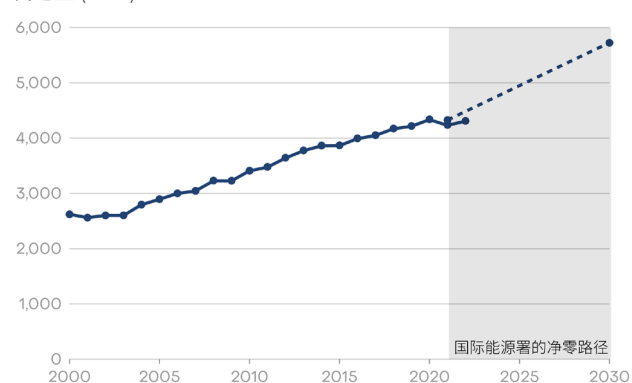


根据国际能源署《净零排放方案》中概述的目标，在 2021 年至 2030 年期间，水力发电量需要每年增长 3.2%。这将使水电在全球发电量中的占比维持在目前的水平。自 2015 年以来，水电的平均同比增长为 1.6%。因此，要与净零路径保持一致，水电的增长速度需要翻倍。

鉴于近年来一些地区的水力发电受到极端天气的影响，该增长率在热浪和干旱年份可能难以实现。政府间气候变化专门委员会注意到，一些地区水力条件存在不确定性。南欧、澳大利亚和美国南部等地区的水力发电量可能会下降 20%，而印度或北欧等其他地区的水力发电量可能会有所增加。采用新的解决方案可能会减轻这种风险，比如浮动太阳能电池板，其可以减少蒸发，并最大限度地提高水力发电量。

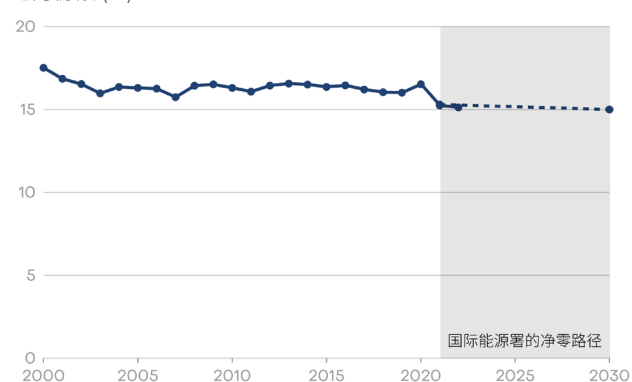
### 水力发电

发电量 (TWh)



### 水电份额

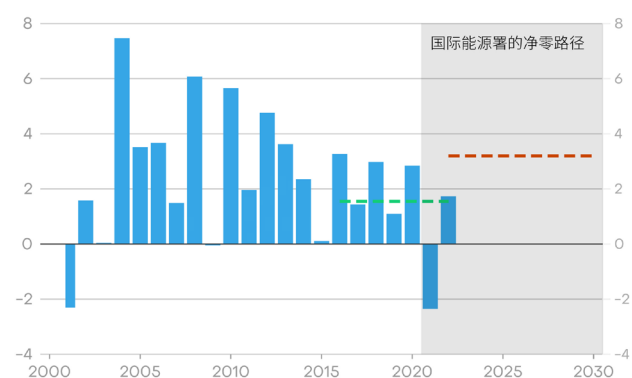
电力份额 (%)



### 水力发电量的变化

发电量同比变化 (%)

■ 同比变化    - - 平均同比变化 (2016-2022)    - - 必需的同比变化



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据



# 燃煤

## 2022年电力趋势

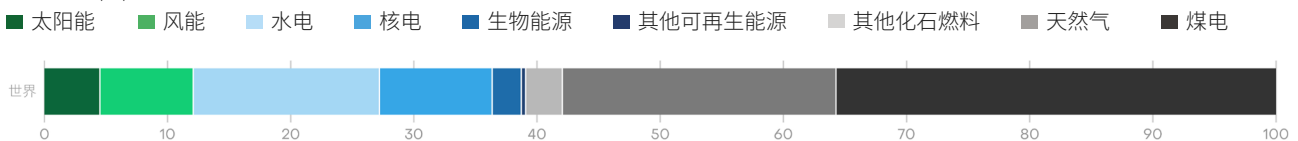


2022年，全球燃煤发电量达到创纪录的10,186 TWh，占2022年全球电力的36%。到目前为止，中国是世界上燃煤发电最多的国家，发电量为5,420 TWh（占其电力结构的61%）。该发电量是印度的四倍多，印度是第二大燃煤发电国家，燃煤发电量为1,363 TWh（占其电力结构的74%）。科索沃的煤电在其电力结构中占比最大，达到94%（10 TWh）。



### 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)



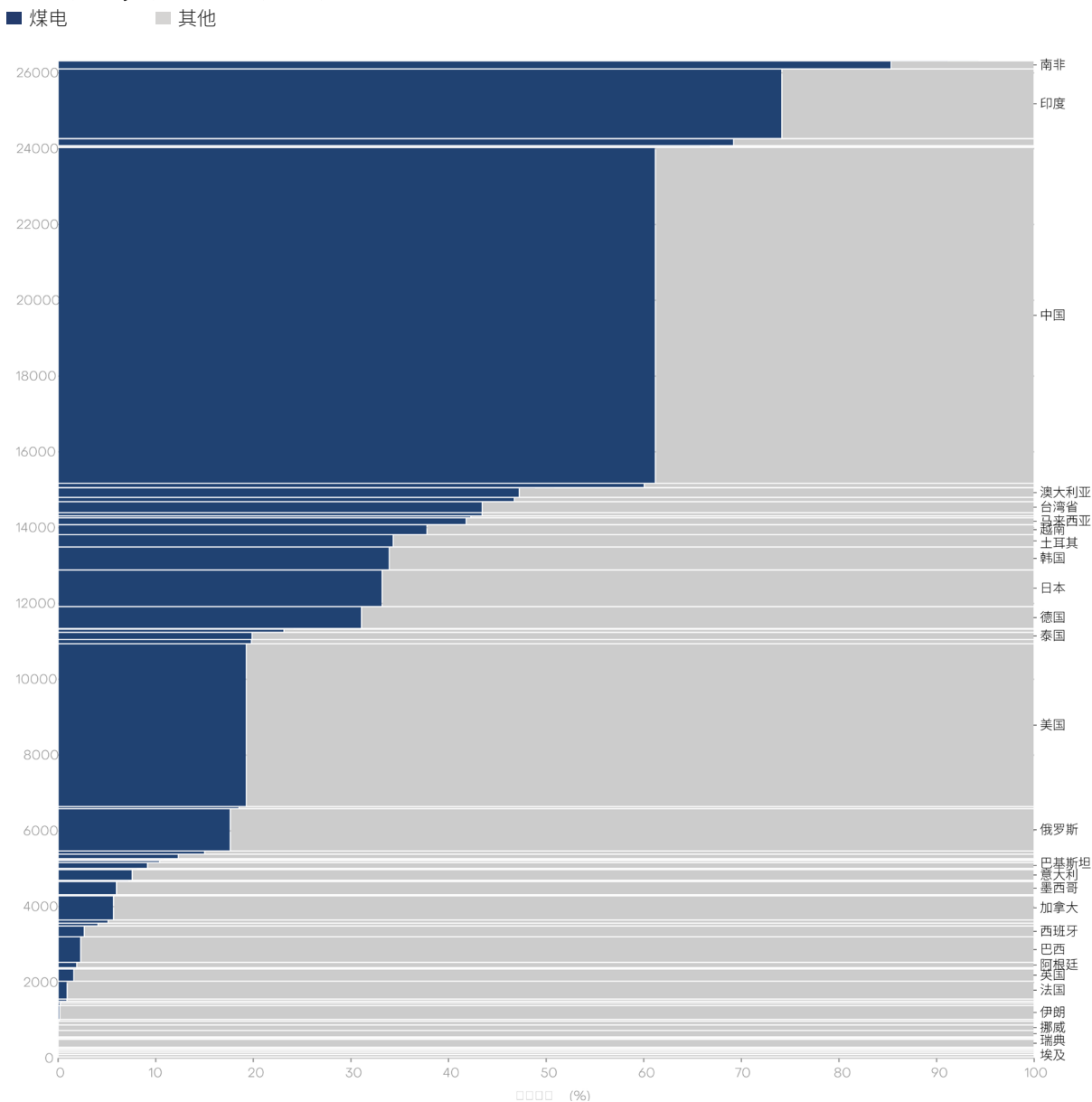
### 煤电的地位

煤电是发电行业排放的最大单一来源。因此，在未来20年里，必须迅速减少煤电，这样世界才有机会将全球变暖限制在1.5°C以内。根据国际能源署《净零排放方案》，发达经济体需要在2030年前淘汰难以消减的燃煤电厂，而发展中经济体则需要2040年前实现这一点。

# 全球背景

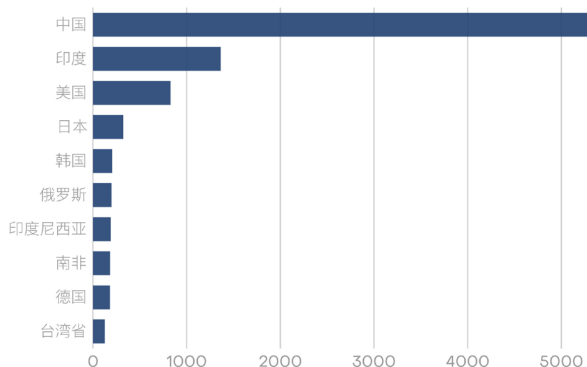
## 主要的燃煤发电国

发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)



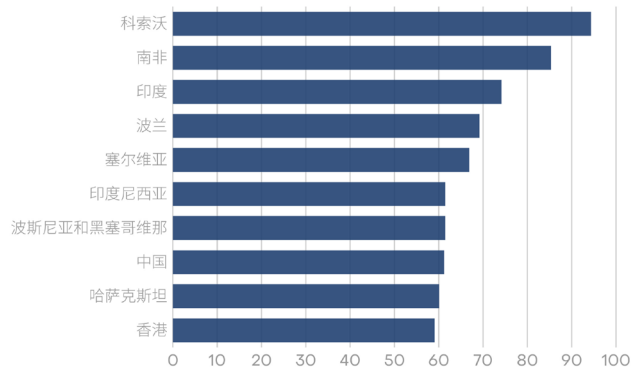
## 最大的燃煤发电国

发电量 (TWh)



## 燃煤发电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

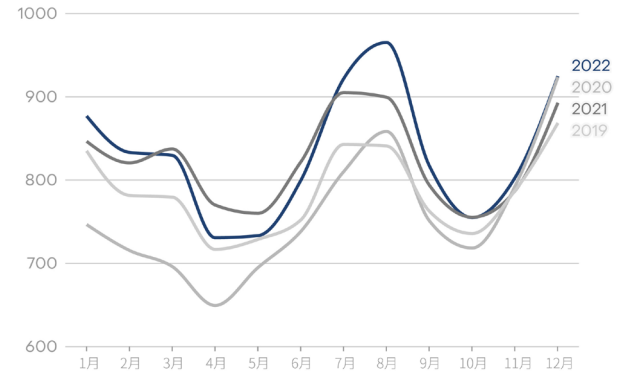
燃煤发电量从 2021 年的 10,078 TWh 增长到 2022 年的 10,186 TWh，增长了 1.1% (+108 TWh)。尽管燃煤发电量创下历史新高，但燃煤发电量占比从 2021 年的 36.2% 降至 2022 年的 35.7%，下降了 0.5 个百分点。该占比下降可归因于风力发电和太阳能发电的大幅增长 (+19%，+557 TWh)。

尽管燃煤发电量创下历史新高，但 1.1% 的增长率远低于 2021 年。2021 年，随着世界经济体放松对新冠疫情的限制，燃煤发电量增长了 8.4%。

夏季和冬季的极端气温推高了电力需求，推动每月的燃煤发电量上升。最大增幅出现在 8 月份 (+7.3%，+66 TWh)。增幅最大的国家是印度 (+92 TWh)、中国 (+81 TWh) 和德国 (+17 TWh)。科索沃、墨西哥、西班牙和意大利录得超过 50% 的年增长率。美国燃煤发电量下降幅度最大 (-70 TWh)，其次是越南 (-15 TWh)。新西兰和葡萄牙在 2022 年几乎停止了燃煤发电，同比分别下降 94% 和 93%。

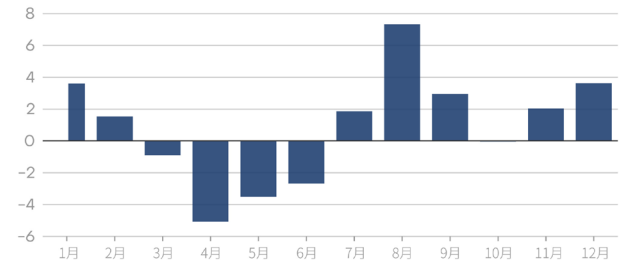
### 全球燃煤发电量

发电量 (TWh)



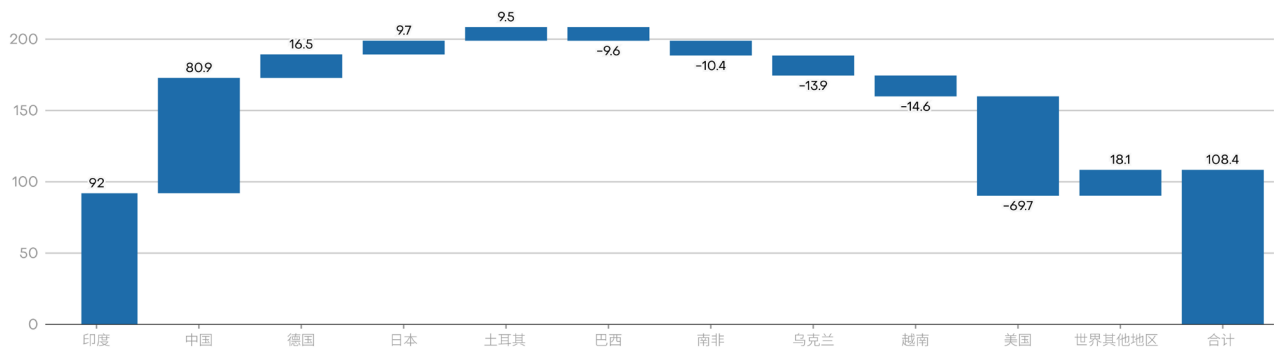
### 燃煤发电量的月度变化

发电量同比变化 (%)



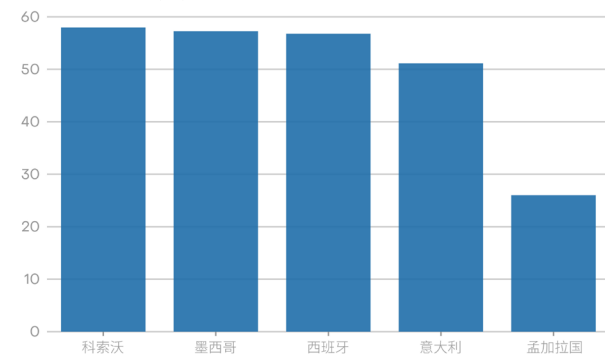
### 全球燃煤发电量的主要变化

发电量同比变化 (TWh)



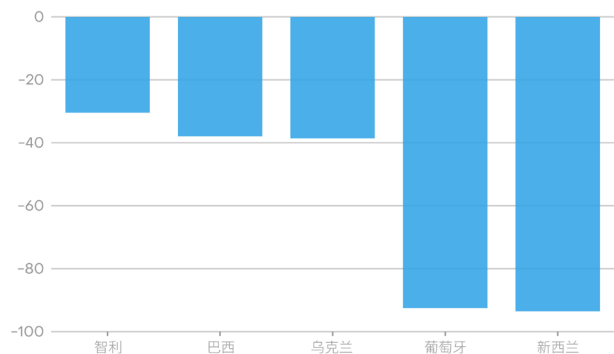
### 增幅最大

发电量同比变化 (%)



### 降幅最大

发电量同比变化 (%)



## 长期趋势

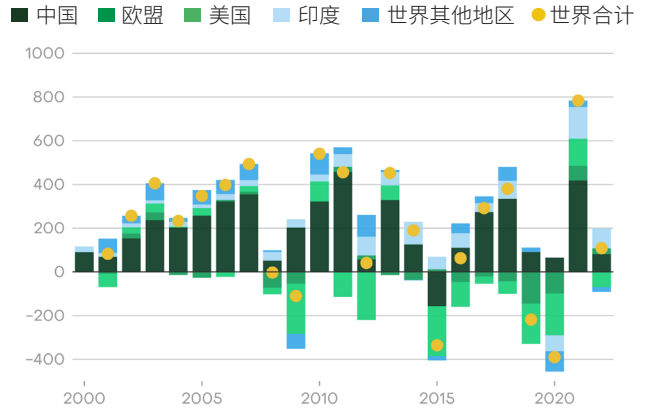
在过去 20 年里，燃煤发电量从 2000 年的 5,719 TWh 增加到 2022 年的 10,186 TWh，增长了 78%。然而，煤电在全球电力结构中的占比略有下降（从 2000 年的 38% 下降到 2022 年的 36%）。虽然 2019 年清洁能源的总发电量超过了煤电，但任何单一燃料来源的发电量均少于燃煤发电。

自《巴黎协定》签署以来，燃煤发电量的年增长速度有所放缓，2015 年至 2022 年的平均增长率为 1.5%，是 2000 年至 2015 年平均增长率 (+3.2%) 的一半。从 2000 年到 2015 年，煤电在电力结构中的占比提高了 1 个百分点（从 38% 增至 39%）。2022 年，该占比下降至 36%。

在 G20 国家中，自 2015 年以来，南非的燃煤发电量占比最高，印度次之，中国第三，排名没有变化。大多数 G20 国家都在不同程度上减少了煤电的占比。英国的煤电占比下降幅度最大，从 2015 年的 23% 下降到 2022 年的 1.6%。

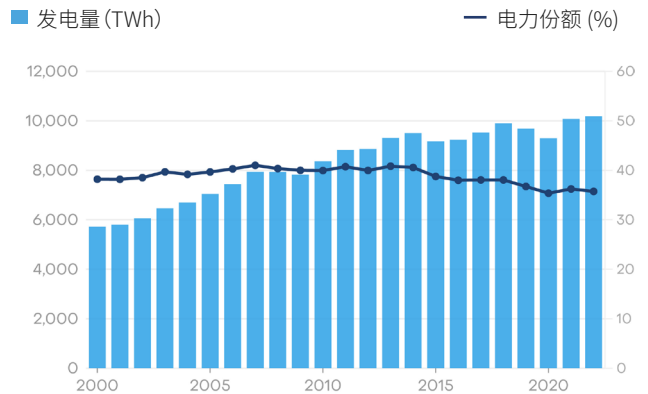
### 燃煤发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



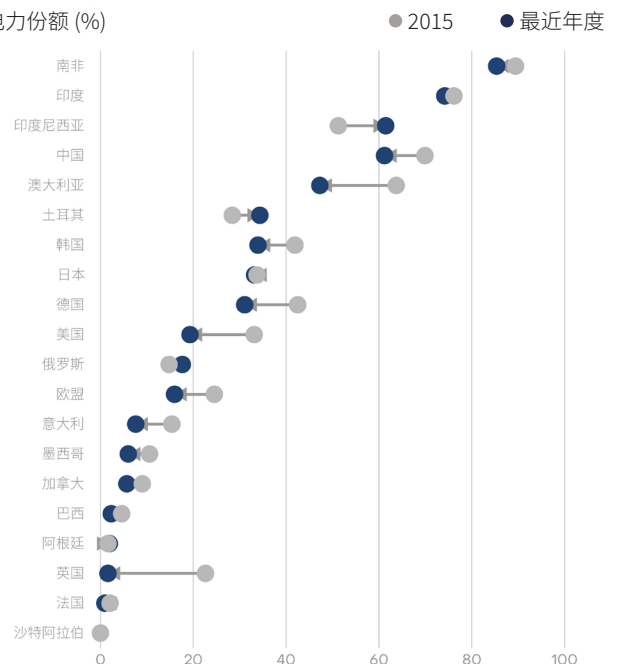
### 燃煤发电的长期趋势

发电量 (TWh)和电力份额 (%)



### 煤电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



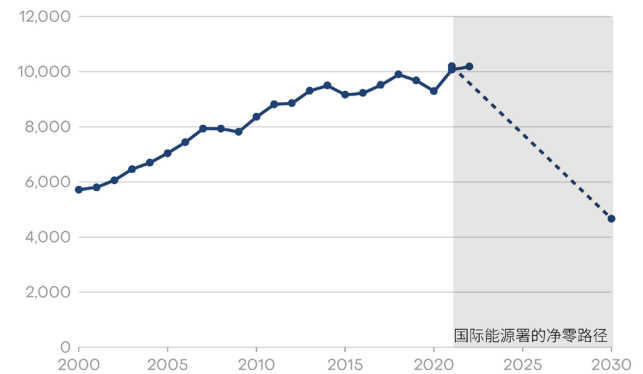
## 净零目标取得的进展



根据国际能源署的《净零排放方案》，到2030年，煤电在全球电力结构中的占比需要下降至12%，比2022年（36%）下降24个百分点。国际能源署的路径要求燃煤发电量在2021年至2030年期间每年下降8.3%，而自2015年以来燃煤发电量每年增长1.5%。为实现国际能源署的1.5°C温控目标，经合组织国家需要在2030年之前逐步淘汰煤电，其他国家则需要2040年之前逐步淘汰。

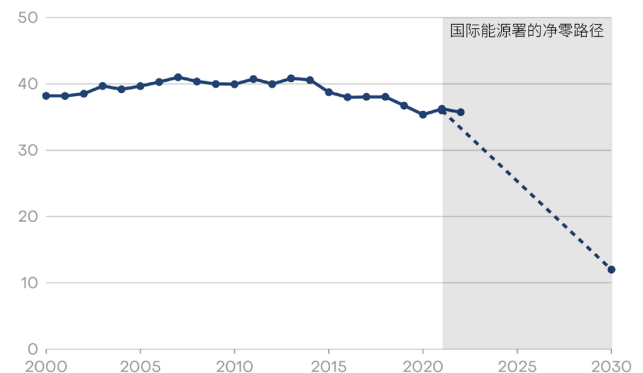
### 燃煤发电

发电量 (TWh)



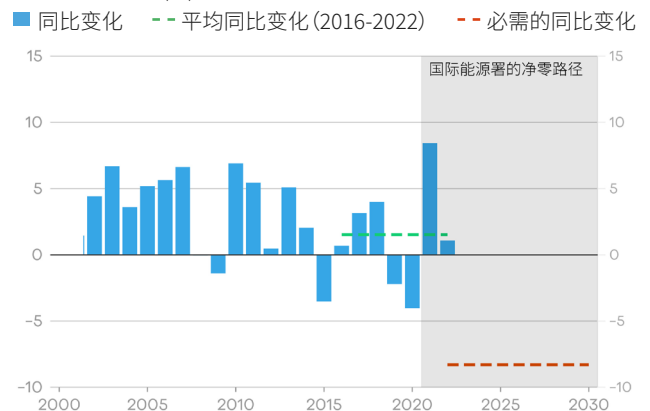
### 煤电份额

电力份额 (%)



### 燃煤发电量的变化

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 生物能源

2022年电力趋势

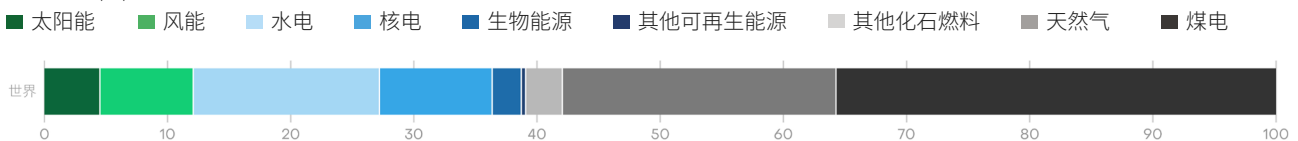


2022年，全球 2.4% (672 TWh) 的电力来自生物能源。中国是最大的生物能源发电国，发电量为 172 TWh (占其电力结构的 1.9%)，其次是巴西 (57 TWh，占其电力结构的 8.5%)。最依赖生物能源发电的国家是芬兰 (占总发电量的 19%，14 TWh) 和英国 (11%，35 TWh)。



## 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)



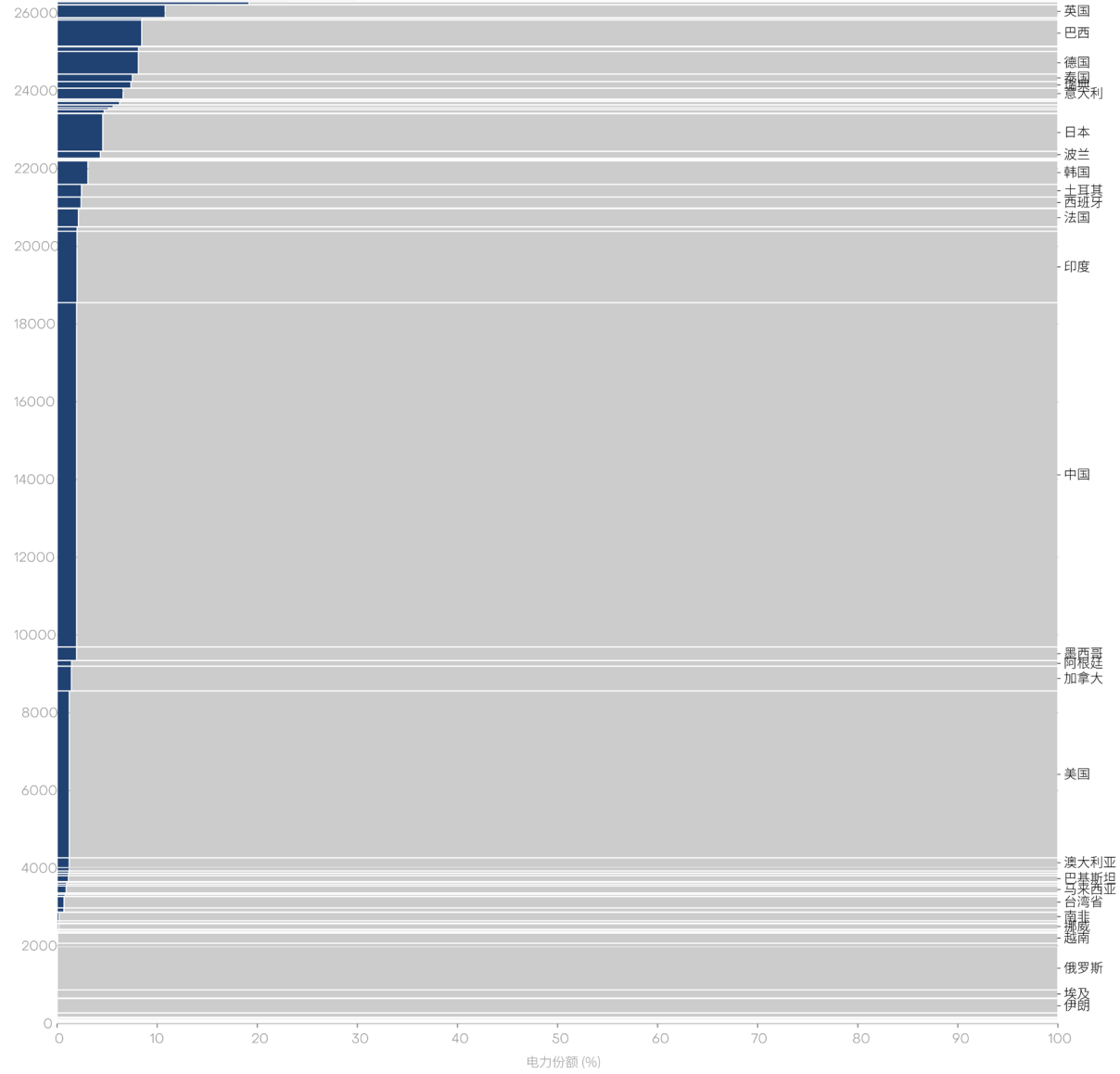
## 生物能源的地位

虽然生物能源在本报告中归类为可再生能源，但其对气候的影响在很大程度上取决于原料的类型和来源。越来越多的科学证据表明，在某些情况下，燃烧生物能源发电会导致气候变化。

### 主要的生物能源发电国

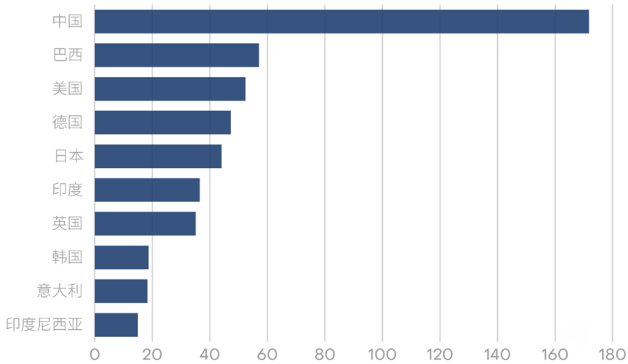
发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)

■ 生物能源    ■ 其他



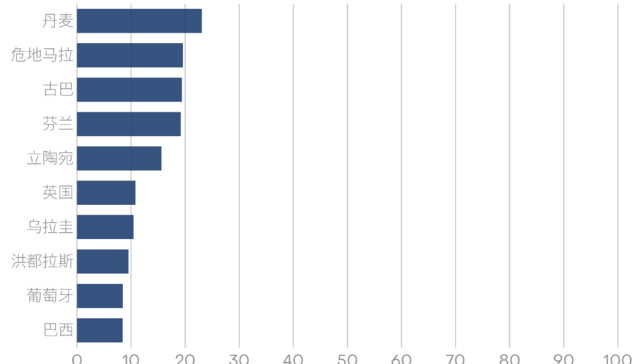
### 最大的生物能源发电国

发电量 (TWh)



### 生物能源发电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

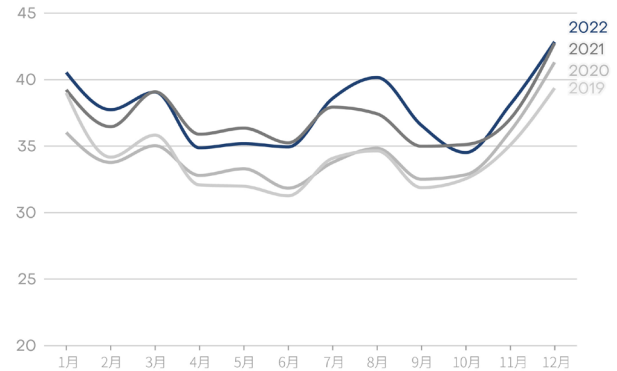
# 2022年的变化

全球生物能源发电量从 2021 年的 666 TWh 增长到 2022 年的 672 TWh，增长了 0.8% (+6 TWh)。这是生物能源自 2001 年以来的最低年度绝对增幅。2022 年，生物能源发电在全球电力结构中的占比保持在 2.4% 不变。

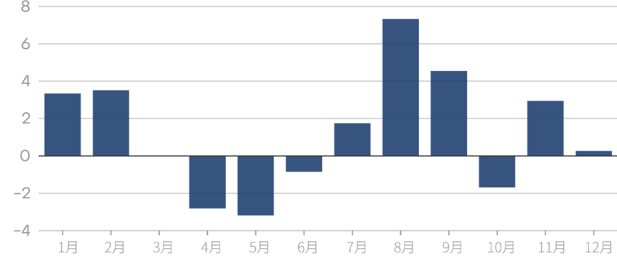
英国的绝对降幅最大 (-4.1 TWh)，其次是美国 (-1.9 TWh) 和荷兰 (-1.1 TWh)。英国的下降尤其显著，因为这是该国自 2000 年以来生物能源发电的首次下降。相对而言，下降幅度也相当大 (-10%)，使生物能源发电在英国电力结构中的占比从 2021 年的 13% 下降到 2022 年的 11%。

另一方面，日本的生物能源发电量增加了 7.2 TWh (+19%)，因为日本的电力需求年增长率自 2010 年以来首次超过 1%。韩国也增加了生物能源发电量，在电力结构中增加了 3.6 TWh 的生物能源发电 (+24%)，以满足不断增长的需求，同时减少对煤电的依赖。

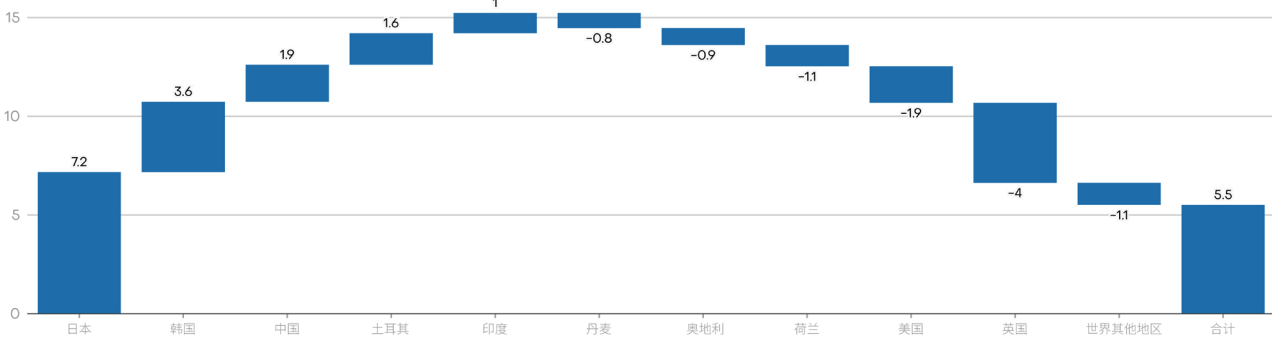
全球生物能源发电  
发电量 (TWh)



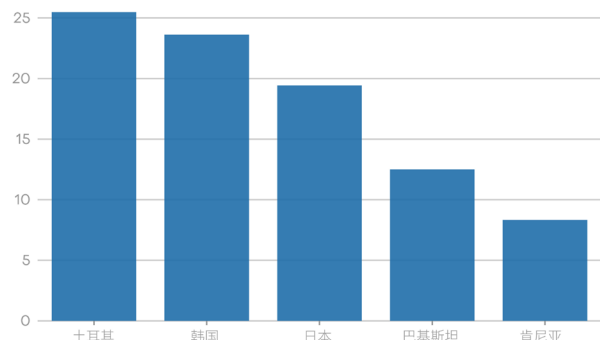
生物能源发电的月度变化  
发电量同比变化(%)



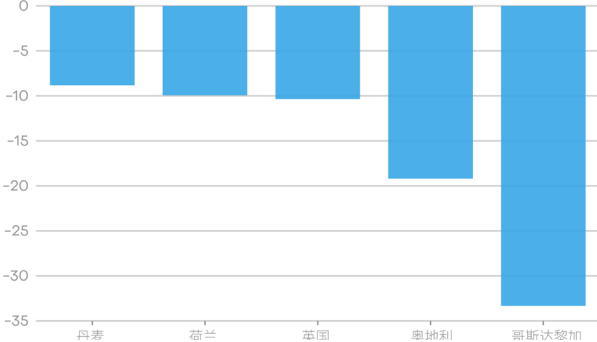
全球生物能发电量的主要变化  
发电量同比变化(TWh)



增幅最大  
发电量同比变化(%)



降幅最大  
发电量同比变化(%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 长期趋势

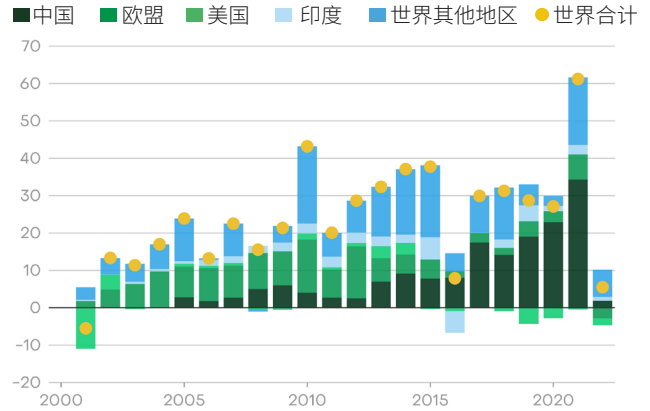
在过去 20 年里，生物能源发电量从 2000 年的 148 TWh 增加到 2022 年的 672 TWh，增长了 4.5 倍。因此，生物能源发电在全球电力结构中的占比从 2000 年的低于 1% 增至 2022 年的 2.4%。生物能源发电量只有一个日历年度出现年度下降：2001 年发电量下降了 5.5 TWh(-3.7%)。此后，生物能源发电量以 8% 的年平均增长率增长。2022 年，由于巴西、美国 and 英国等主要生物能源发电国减少了生物能源发电，增长率骤降至 0.8%。

2015 年以来，生物能源发电量增速放缓，年平均增长率为较低的 4.9%。自 2015 年以来，生物能源发电的占比仅上升了 0.4 个百分点，从 2% 上升到 2022 年的 2.4%。

在 G20 国家中，英国的生物能源发电在国内电力结构中占比最高。在 2000 年，该占比仅为 1.1%。到 2015 年，该占比上升到 8.5%，尽管增长速度有所放缓，但到 2022 年，英国生物能源发电的占比已达到 11%。巴西和德国的占比相当，自 2015 年以来一直保持在 8% 左右。

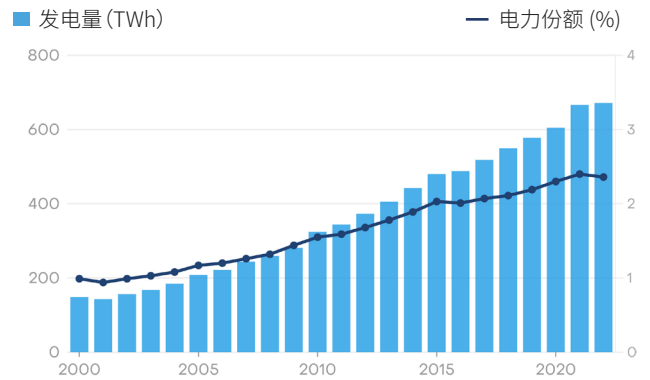
### 生物能源发电的年度变化

发电量同比变化(TWh)



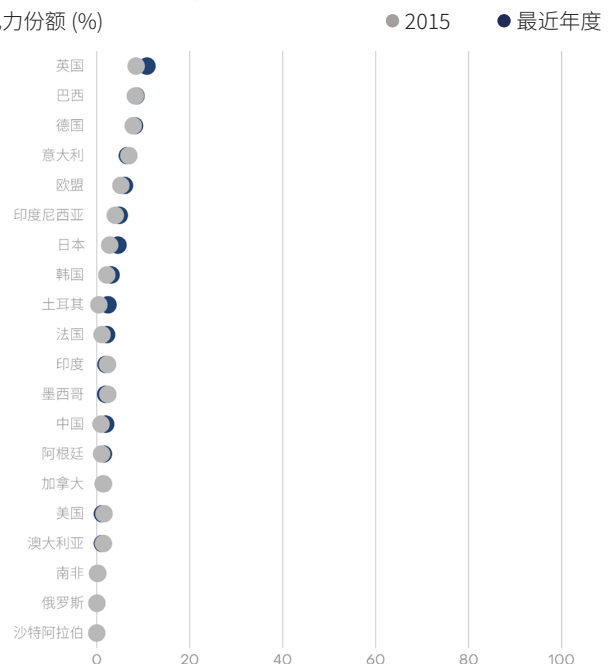
### 生物能源发电的长期趋势

发电量 (TWh)和电力份额 (%)



### 生物能源发电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

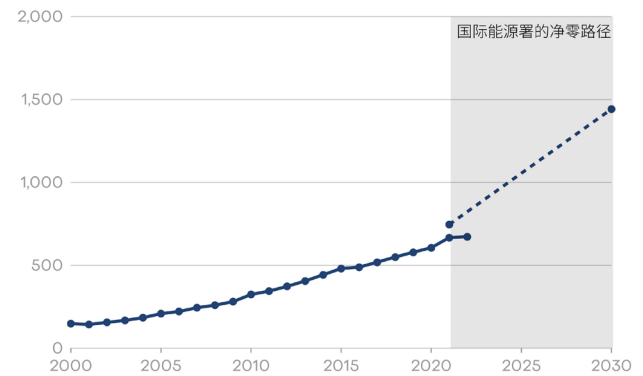


## 净零目标取得的进展

由于与碳密集型原料相关的气候风险，生物能源发电在清洁电力转型中应发挥有限的作用。在[国际能源署的《净零排放方案》](#)中，到2030年，生物能源发电量仅占全球发电量的4%。[国际气候变化专门委员会](#)建议，到2040年，生物能源发电应进一步限制在2%。然而，国际能源署的净零路径表明，随着全球逐步淘汰煤电，到2030年，生物能源发电量应翻一番，达到1,442 TWh。为符合该路径要求，从2021年到2030年，全球生物能源发电量需要每年增长7.6%，而2015年以来的增长率仅为4.9%。

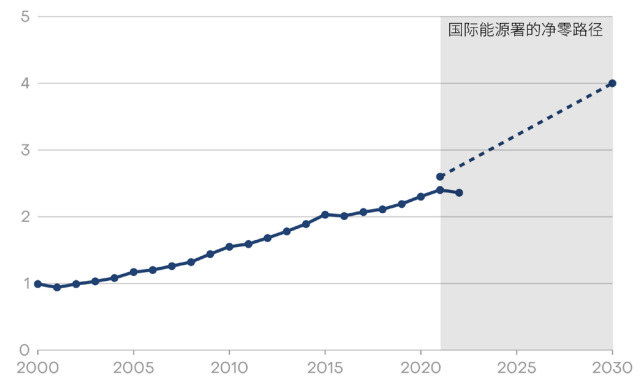
### 生物能源发电

发电量 (TWh)



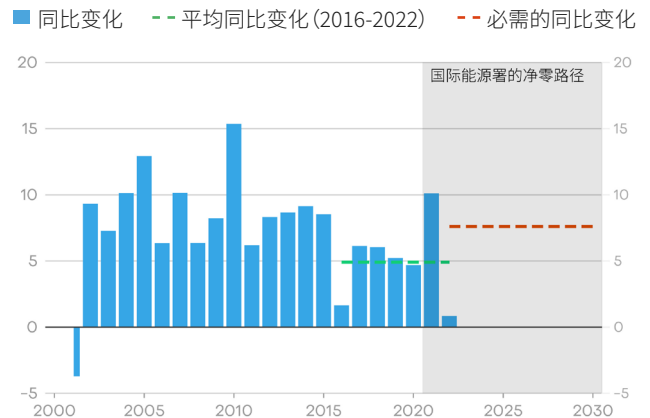
### 生物能源发电份额

电力份额 (%)



### 生物能源发电量变化

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 天然气

2022年电力趋势

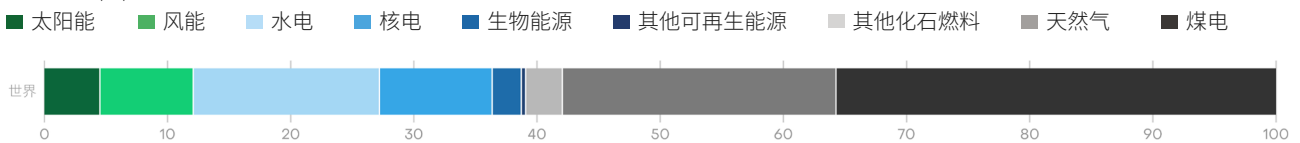


化石天然气发电是全球第二大电力来源，占全球发电量的22%。美国是最大的天然气发电国，天然气发电量为 1,695 TWh（占其电力结构的 39%）。这比第二大天然气发电国俄罗斯（479 TWh，占其电力结构的 43%）高出三倍多。科威特的天然气发电在其电力结构中占比最高，其 99.9% (71 TWh) 的电力来自天然气。



## 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)



## 天然气的地位

天然气是电力行业排放的第二大来源，仅次于燃煤。在中期，其作用是帮助电力系统灵活地对风力发电和太阳能发电进行调峰。然而，为了向清洁电力过渡，需要在 2040 年之前逐步淘汰难以消减的天然气发电（无碳捕获和储存的天然气发电）。



## 全球背景

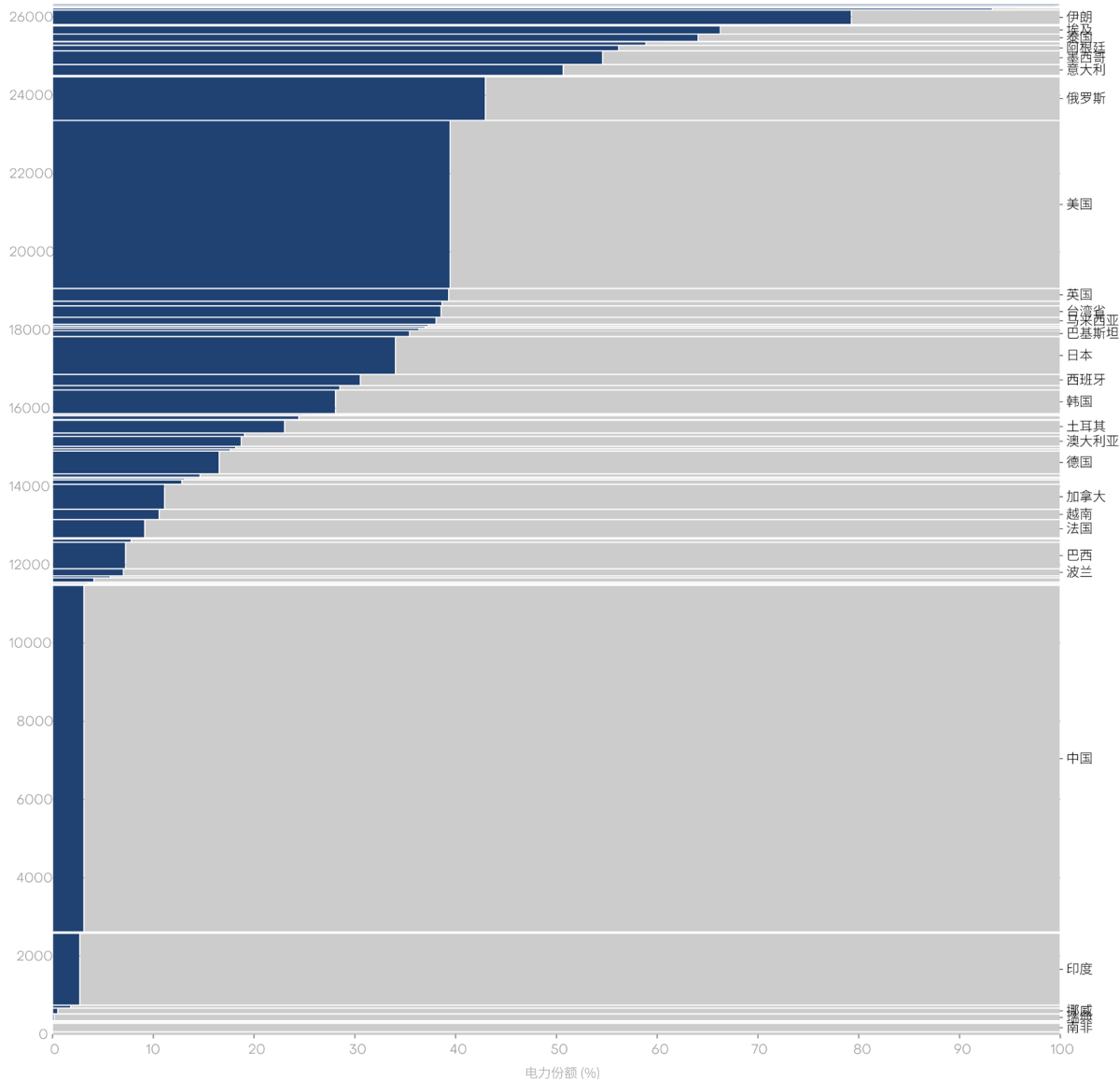


### 主要的天然气发电国

发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)

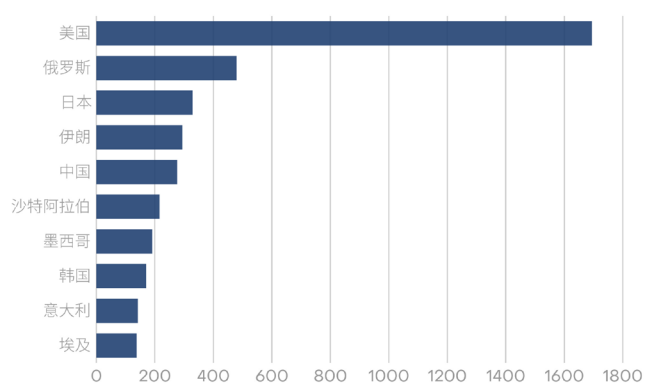
■ 天然气

■ 其他



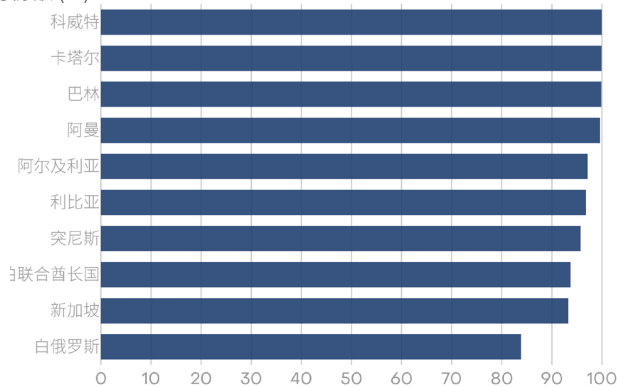
### 最大的天然气发电国

发电量 (TWh)



### 天然气发电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

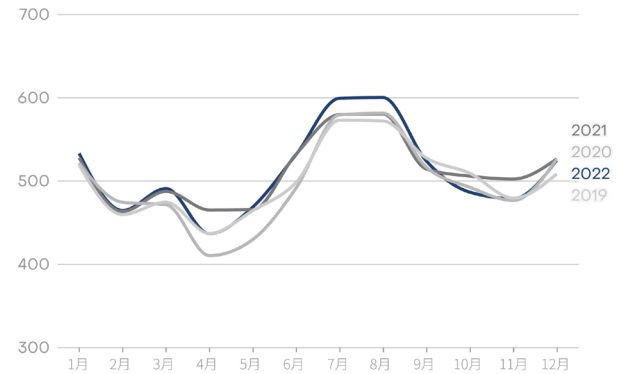
尽管俄乌冲突后供应链中断，天然气价格随之上涨，但天然气发电量仅发生了微小变化。天然气发电量从2021年的6,348 TWh下降到2022年的6,336 TWh，下降了0.2% (-12 TWh)。天然气发电的占比也从2021年的23%小幅下降到2022年的22%。

在美国，由于需求增加和减少燃煤发电，天然气发电量大幅增长了116 TWh (+7.4%)。西欧一些国家也增加了天然气发电量，法国核能发电量的减少迫使其天然气发电量增加了9.6 TWh (+29%)，[伊比利亚机制](#)允许西班牙将天然气发电量增加15 TWh (+22%)，以向法国出口电力。

其他地区天然气发电量减少的原因各有不同。由于在2021年经历了糟糕的一年之后，水力发电复苏，巴西的天然气发电量下降了42 TWh (-46%)。在土耳其，许多其他电力来源都有所增加，最显著的是水电和煤电，使得天然气发电量下降了35 TWh (-32%)。

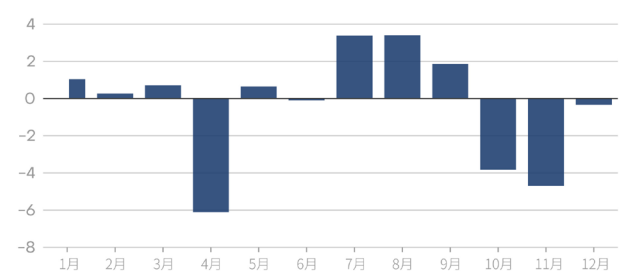
### 全球天然气发电量

发电量 (TWh)



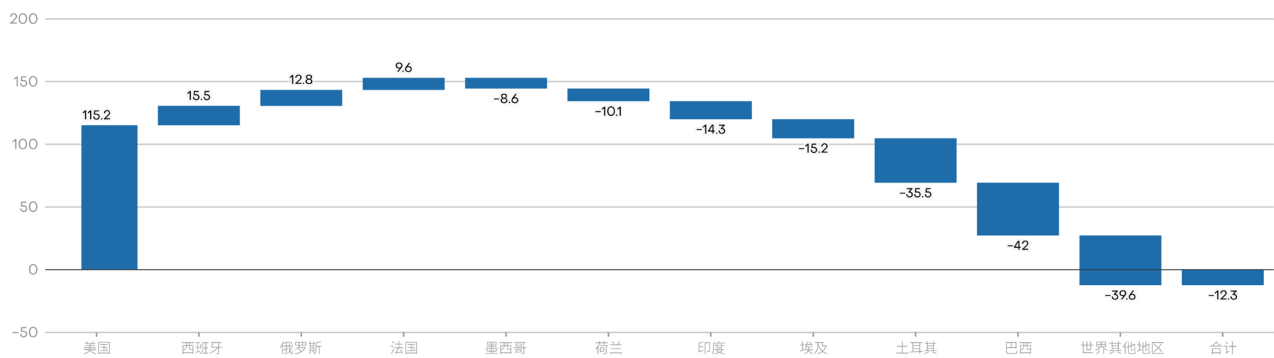
### 天然气发电量的月度变化

发电量同比变化(%)



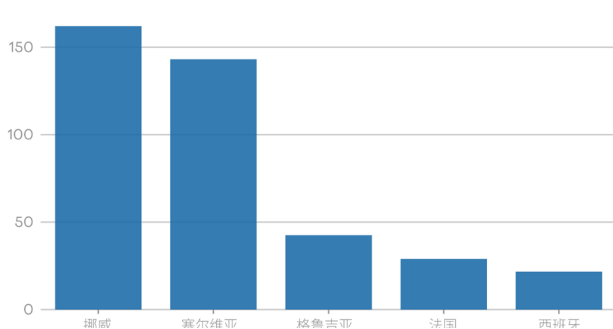
### 全球天然气发电量的主要变化

发电量同比变化(TWh)



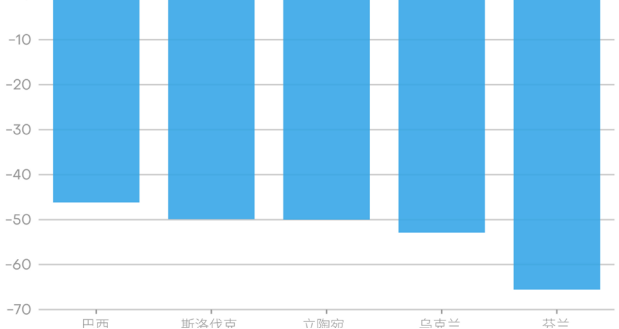
### 增幅最大

发电量同比变化(%)



### 降幅最大

发电量同比变化(%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

在过去 20 年里,天然气发电量从 2000 年的 2,718 TWh 增加到 2022 年的 6,336 TWh, 增长了 2.3 倍。2022 年, 天然气发电量达到历史第二高水平, 接近 2021 年 6,348 TWh 的纪录。天然气发电的占比从 2000 年的 18% 上升到 2015 年的 23%, 然后略微下降到 2022 年的 22%。

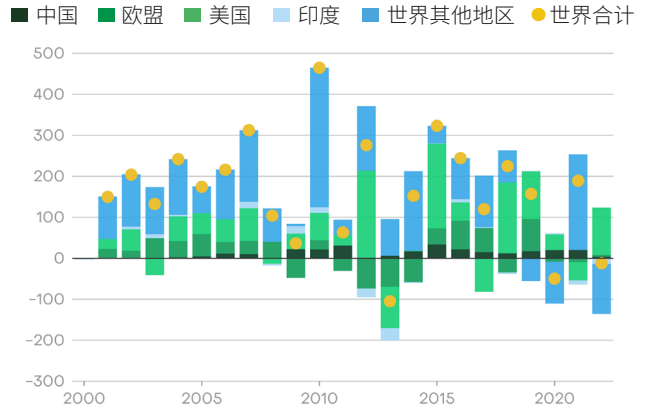
在过去 20 年里, 只有 3 个历年出现天然气发电量下降: 2013 年 (-2.1%, -105 TWh)、2020 年 (-0.8%, -50 TWh) 和 2022 年 (-0.2%, -12 TWh)。2022 年天然气发电量的下降幅度虽然不像另外两年那么大, 但这暗示了全球天然气危机的影响。

从 2000 年到 2015 年《巴黎协定》签订之时, 天然气发电量翻了一番, 于 2015 年达到 5,463 TWh。这相当于年均增长率为 4.8%。自 2015 年以来, 增长率已下降至平均每年 2.1%。

自 2015 年以来, 有一半的 G20 国家提高了天然气发电在其电力结构中的占比。沙特阿拉伯最为显著, 其天然气发电占比从 2015 年的 46% 增加到 2021 年的 61%。意大利的天然气发电占比从 2015 年的 39% 上升到 2022 年的 51%, 德国从 9.9% 上升到 17%, 法国从 3.7% 上升到 9.2%, 美国从 33% 上升到 40%, 韩国从 22% 上升到 28%。另一方面, 巴西的天然气发电占比从 2015 年的 13% 下降到 2022 年的 7%, 土耳其从 38% 下降到 23%, 印度从 4.9% 下降到 2.7%, 日本从 40% 下降到 34%, 俄罗斯从 49% 下降到 43%。

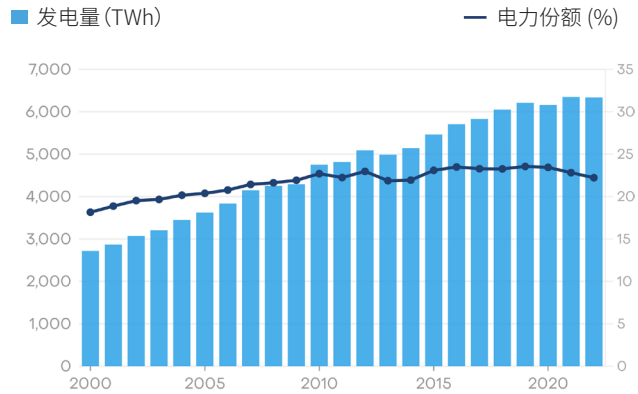
### 天然气发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



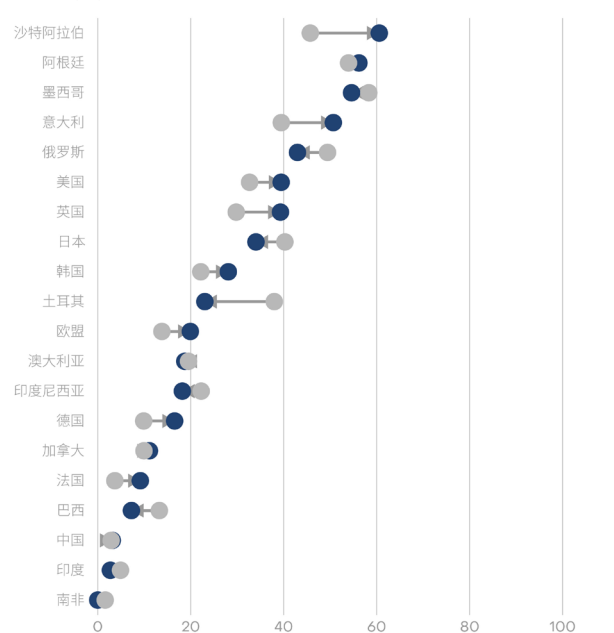
### 天然气发电的长期趋势

发电量 (TWh)和电力份额 (%)



### 天然气发电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

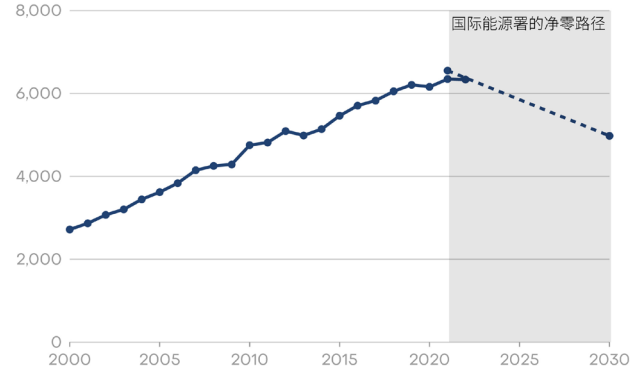
注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 净零目标取得的进展

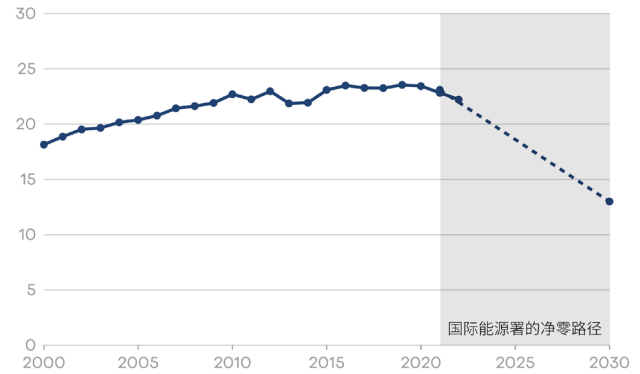
根据国际能源署的《净零排放方案》，到2030年，全球必须将天然气发电总量降至4,977 TWh，以将全球温度升高限制在1.5°C以内。根据该方案，到2030年，天然气发电将占全球电力结构的13%。若要符合该路径要求，从2021年到2030年，天然气发电量必须每年下降3%。

从历史上看，天然气发电量一直在稳步增长，尽管自2015年以来增长速度有所放缓。2022年的天然气危机可能是一个转折点，因为它揭示了全球天然气供应链的脆弱性，并促使许多国家重新考虑天然气发电在其电力结构中的作用。如果清洁电力的增长加速，天然气发电在未来几年有可能会加速下降。

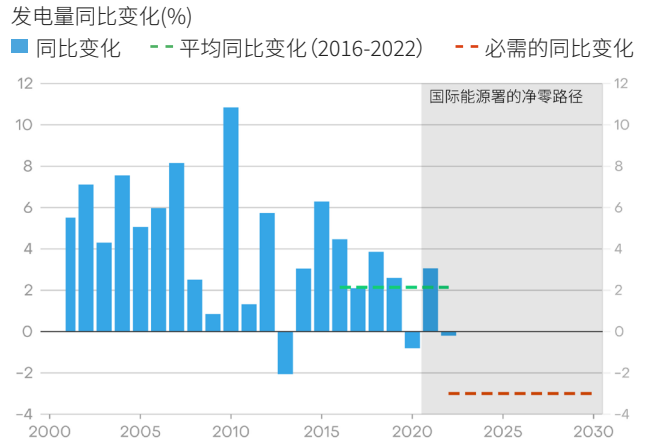
## 天然气发电 发电量 (TWh)



## 天然气发电份额 电力份额 (%)



## 天然气发电量变化



数据来源: Ember  
注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 核能

2022年电力趋势

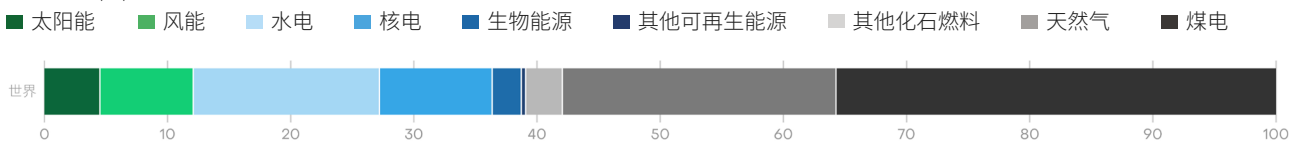


2022年，核能发电量占全球电力的9.2% (2,611 TWh)。美国是单一最大核电生产国，占全球核电发电量的30% (772 TWh)。中国的核电发电量不到美国的一半，为418 TWh，占全球发电量的16%。严重依赖核电的国家有法国 (63%，298 TWh)、斯洛伐克 (59%，16 TWh)、乌克兰 (58%，65 TWh)、比利时 (47%，44 TWh) 和匈牙利 (45%，16 TWh)。



## 全球电力结构 全球电力结构

电力份额 (%)



## 核电的地位

考虑到气候危机的严重性以及迅速摆脱化石燃料的必要性，核电是稳定零碳能源的重要来源。在未来几十年里，随着电力需求的增长，核电装机容量需要大幅增加，但其在全球电力结构中的占比可能与目前相似。





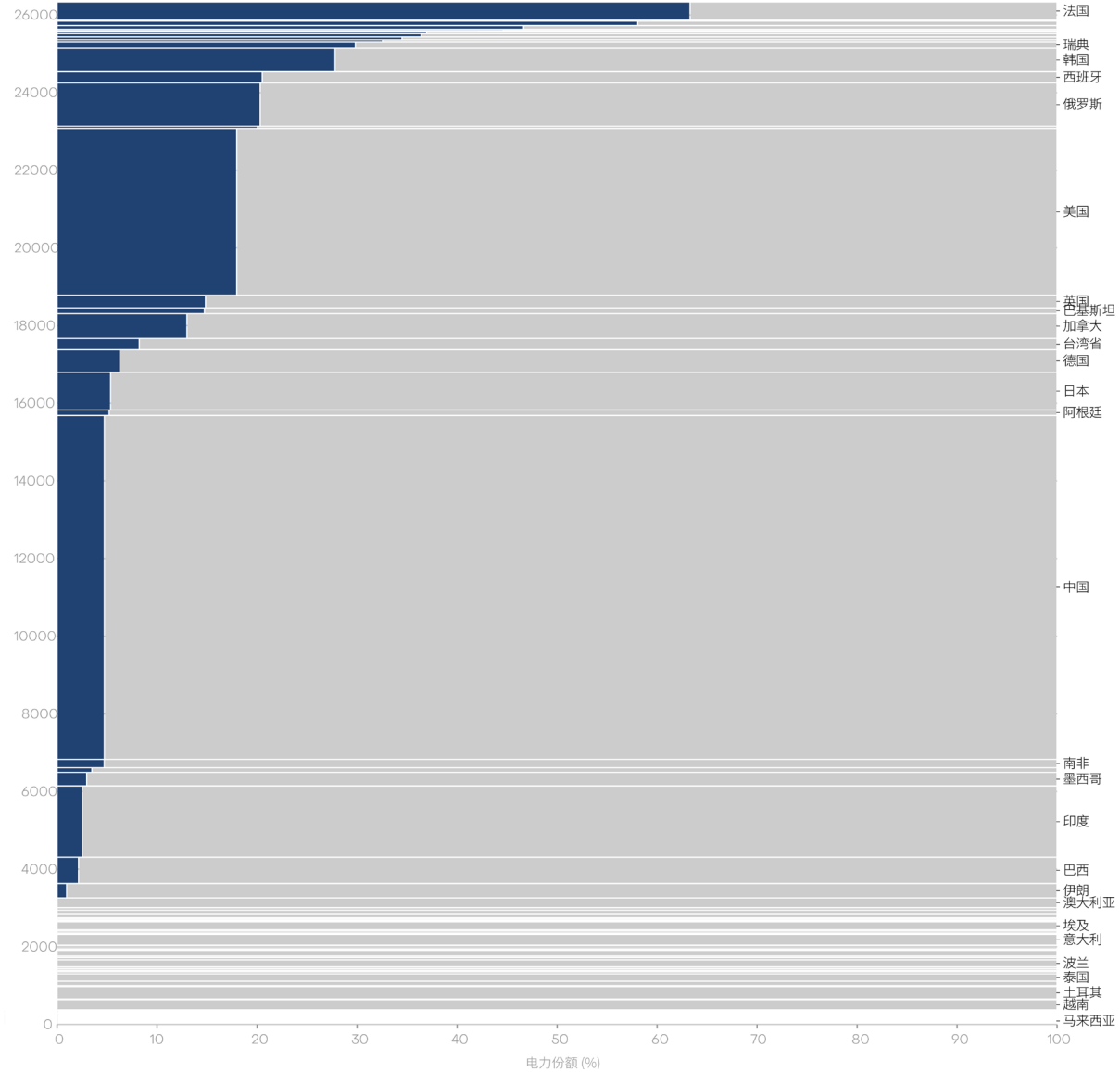
# 全球背景



## 主要的核电国

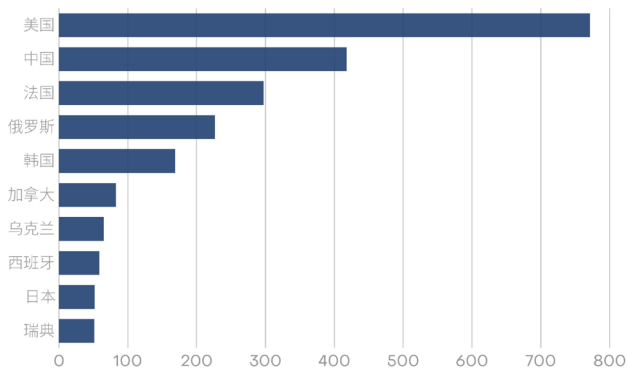
发电量 (TWh, y轴)和电力份额 (% ,x轴)

■ 核电    ■ 其他



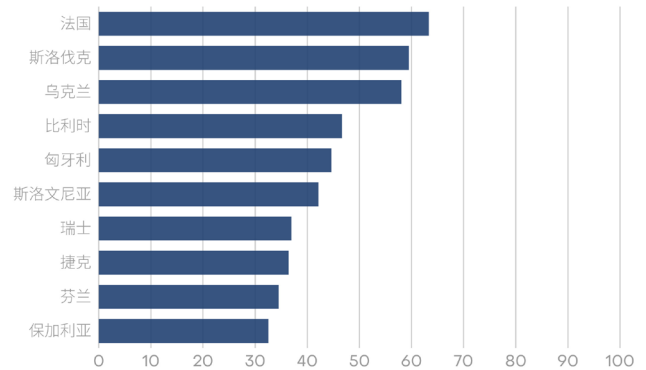
## 最大的核能发电

发电量 (TWh)



## 核电份额最高的国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化



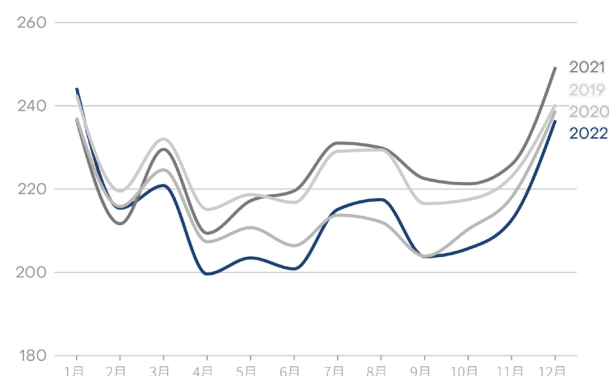
全球核能发电量从 2021 年的 2,739 TWh 下降到 2022 年的 2,611 TWh，下降了 4.7% (-129 TWh)。核电在全球电力结构中的占比从 2021 年的 9.9% 下降到 2022 年的 9.2%，下降了 0.7 个百分点。

跌幅最大的是法国，该国许多核电站关闭维修的时间比预期的要长(-82 TWh, -22%)。第二大降幅来自德国，该国延迟了核电淘汰 (-47%，-33 TWh)。俄乌冲突迫使乌克兰多个反应堆关闭 (-21 TWh, -25%)。在非欧洲国家中，由于定期维护，日本的核能发电量下降最大 (-9.5 TWh, -15%)，尽管其政策转变以[振兴其核工业](#)。

在核能发电量大幅增长的国家和地区中，韩国增幅最大，增加 18 TWh (+12%)。随着[红沿河 6 号](#)核反应堆于 5 月投产，中国核能发电量增加了 10 TWh (+2.5%)。巴基斯坦的绝对增长量排名第三，占比增长全球最大 (+6.7 TWh, +43%)。

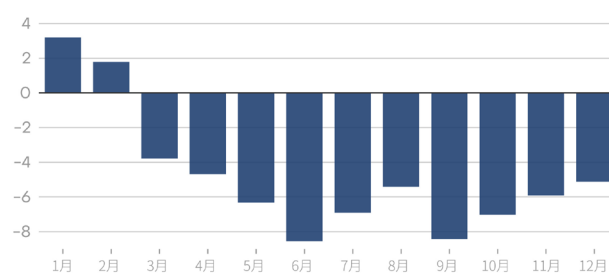
### 全球核能发电

发电量 (TWh)



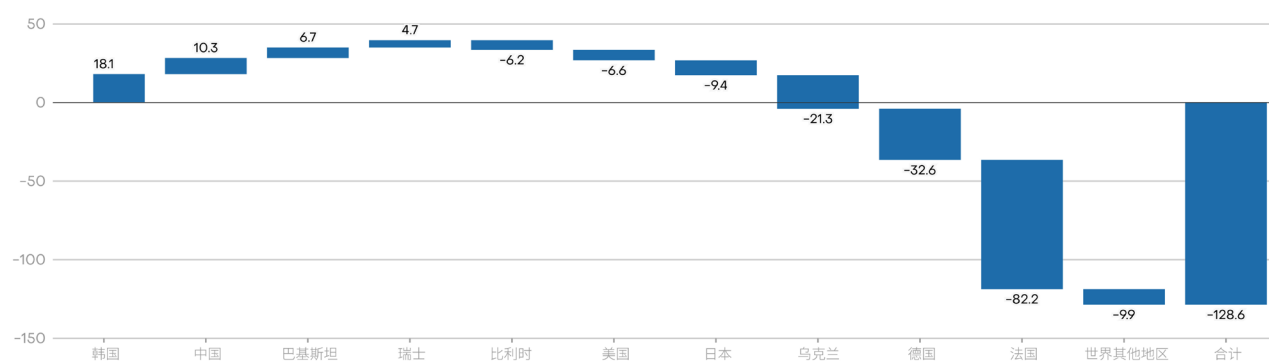
### 核能发电量的月度变化

发电量同比变化 (%)



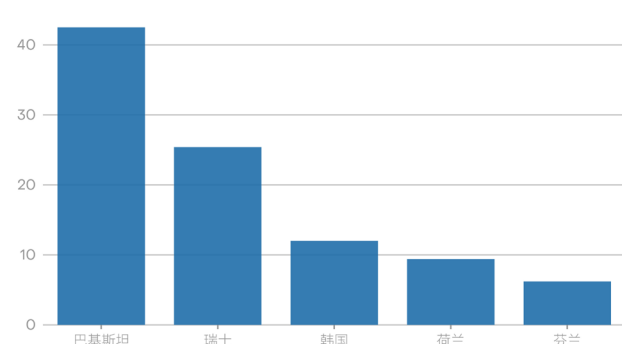
### 全球核能发电量的主要变化

发电量同比变化 (TWh)



### 增幅最大

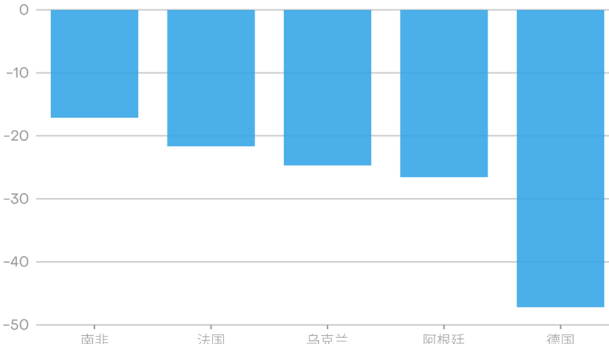
发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

### 降幅最大

发电量同比变化 (%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

在过去的 20 年里，核电并没有显著的增长。从 2000 年到 2022 年，核电仅以平均约 0.2% 的年增长率增长。因此，核电占比大幅下降，从 2000 年占全球电力的 17% (2,507 TWh) 下降到 2022 年的 9.2% (2,611 TWh)。

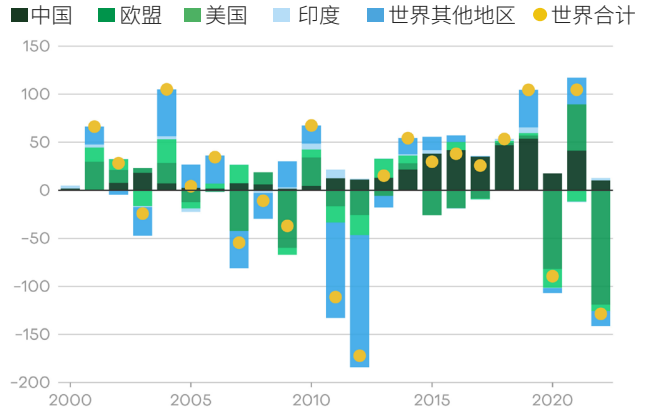
2022 年的核电下降 (-4.7%, -129 TWh) 是全球有史以来第二大同比下降。当时由于新冠疫情迫使世界经济陷入停滞，2022 年的核能发电量 (2,611 TWh) 甚至低于 2020 年 (2,635 TWh)。最大的跌幅出现在 2012 年 (-6.7%, -172 TWh)，即日本福岛核灾难发生一年之后。

在 2012 年遭遇重大挫折后，核能发电量在其后 7 年逐渐恢复了增长势头，直到 2020 年，即新冠疫情开始的那一年。然而，增长仍不足以跟上全球电力需求增长的步伐。因此，核电在全球电力结构中的占比已经下降。2015 年，核电占比为 11%，并持续下降，到 2022 年降至 9.2%。

在 G20 国家中，法国的核电在其国内电力结构中占比最高。法国核电占比下降幅度也最大，从 2015 年的 76% 下降到 2022 年的 63%。核电下降反映出风力、太阳能以及天然气发电的强劲增长。作为 G20 中核电占比第二高的国家，韩国的核电占比略有下降，从 2015 年的 30% 降至 2022 年的 28%。

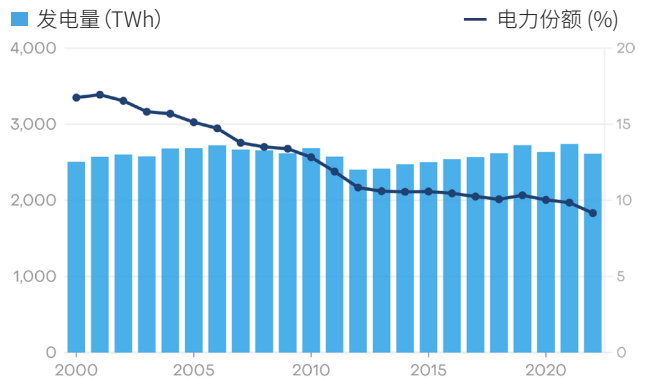
### 核能发电量的年度变化

发电量同比变化(TWh)



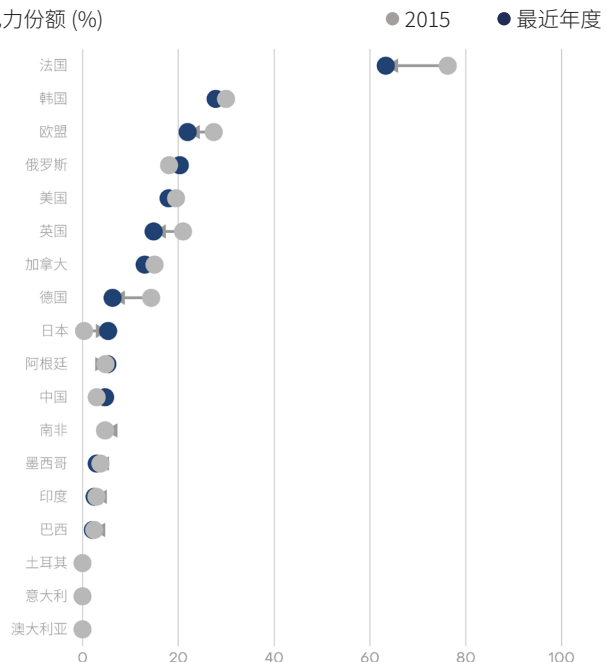
### 核能发电的长期趋势

发电量 (TWh)和电力份额 (%)



### 核电份额, G20国家

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

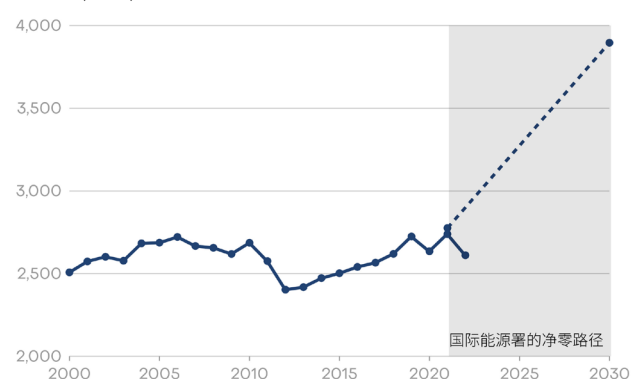
## 净零目标取得的进展



根据国际能源署的《净零排放方案》，到 2030 年，核电在全球电力结构中发挥有限的作用，其占比将保持在 10% 左右。然而，为了满足世界对零碳能源日益增长的电力需求，国际能源署的路径要求核能发电量在 2021 年至 2030 年期间每年增长 3.8%。从 2015 年到 2022 年，平均增长率仅为 0.6%，2022 年则下降了 4.7%。

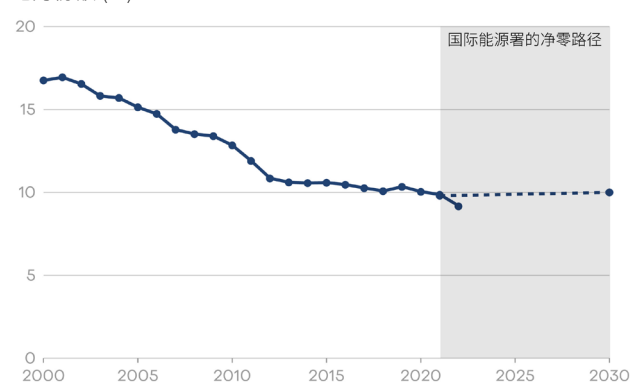
### 核能发电

发电量 (TWh)



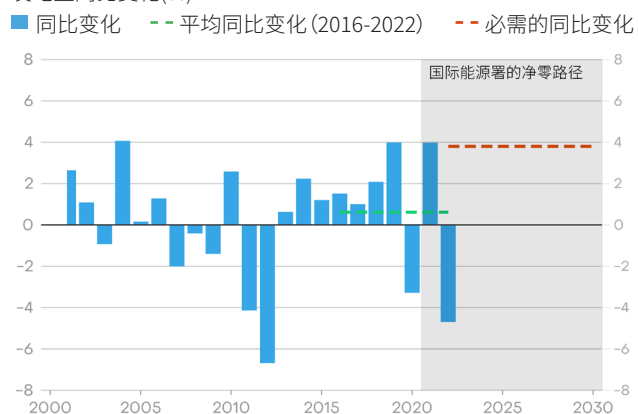
### 核电份额

电力份额 (%)



### 核能发电量变化

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

## 第6章 | 国家和地区深入研究

# 2022年电力行业十大排放 国家/地区分析

---

本章更深入地分析了世界前十大排放国家和地区（按二氧化碳绝对排放量计）的情况。它们的排放量合共占全球电力行业排放量的 80% 左右。

我们根据给定国家或地区电力部门在 2022 年产生的二氧化碳排放量（或若无该数据，则采用前一年的数据）排序。

# 中国

## 2022年电力趋势



去年，中国电力行业的二氧化碳排放量居世界首位。中国的二氧化碳排放量为 46.94 亿吨，占全球发电排放总量的 38%。2021 年，中国 19% 的最终能源消费来自电力。随着交通和供暖等其他部门的电气化，这一比例可能会迅速增长。鉴于中国的排放规模，如果中国不实施从燃煤到清洁能源的转型，全球电力行业的快速脱碳将无法实现。

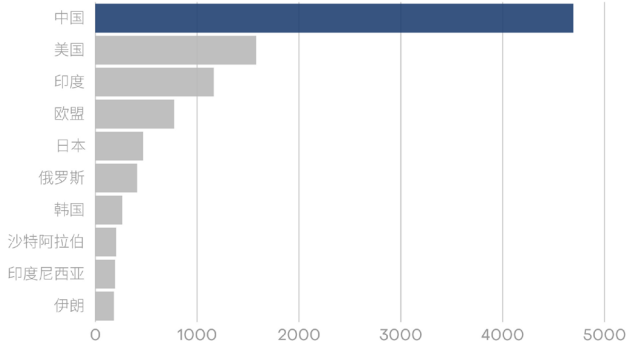
尽管太阳能和风力发电一直是中国新增发电量的主要推动因素，但对煤电的依赖仍然很高。去年，煤电在中国电力结构的占比为 61% (5,420 TWh)。若计及天然气 (3.1%，276 TWh) 和其他化石燃料发电，2022 年所有化石燃料发电占中国电力结构的 64%。太阳能和风力发电合计占中国电力结构的 14% (1,241 TWh)。风力发电的比例 (9.3%) 是太阳能发电 (4.7%) 的近乎两倍。中国的其他清洁能源包括水电 (15%)、核电 (5%) 和生物能源发电 (2%)。

由于对化石燃料的高度依赖，中国电力行业的排放强度 (530 gCO<sub>2</sub>/kWh) 比全球水平 (436 gCO<sub>2</sub>/kWh) 高出 22%。此外，中国人均电力需求 (6.2 MWh) 几乎是全球水平 (3.6 MWh) 的两倍。因此，在 2022 年，中国电力行业的人均二氧化碳排放量 (3.3 吨) 是全球平均水平 (1.6 吨) 的两倍多。

# 全球背景

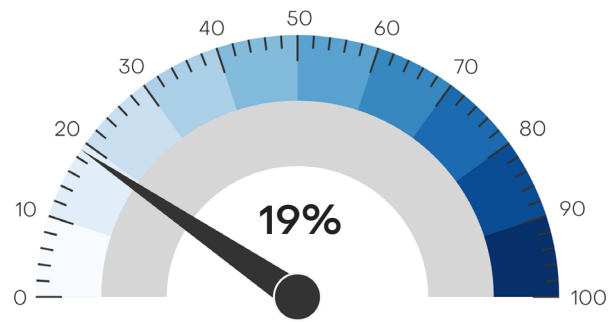
## 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



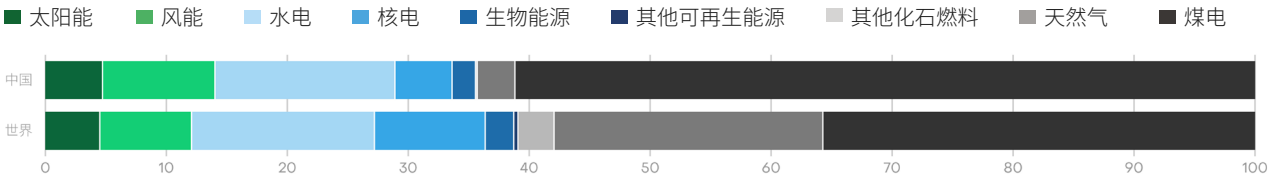
## 中国的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



## 中国与世界 - 电力结构

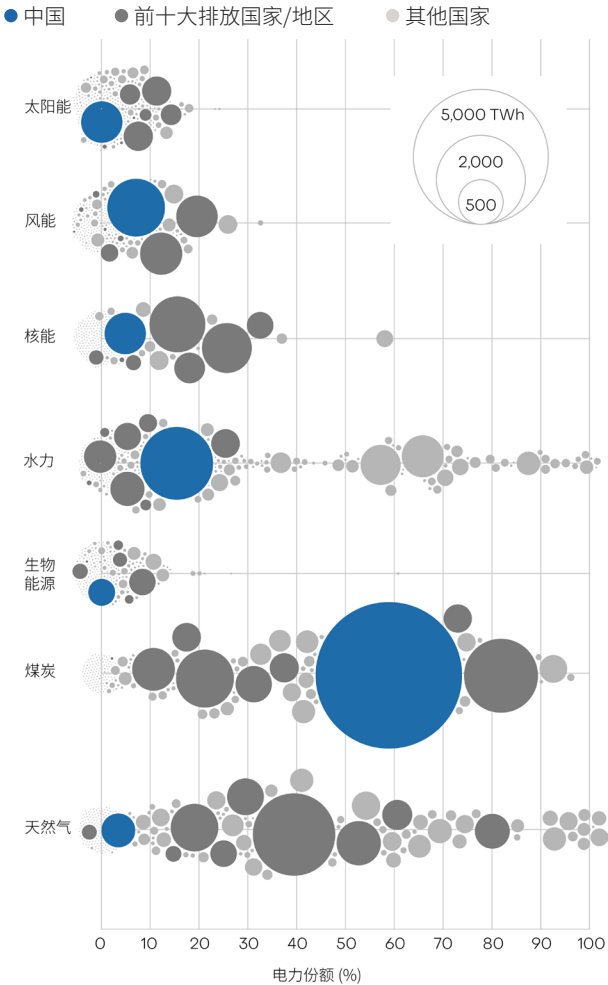
电力份额 (%)



## 中国与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

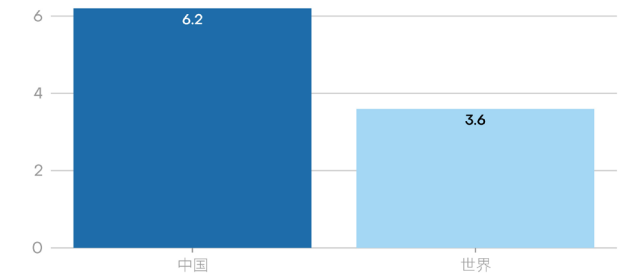
气泡大小代表发电量 (TWh)



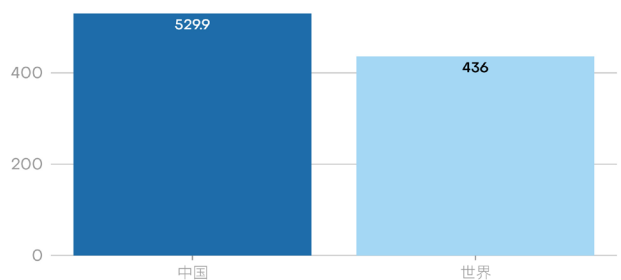
## 中国与世界 - 排放和需求

● 中国 ● 世界

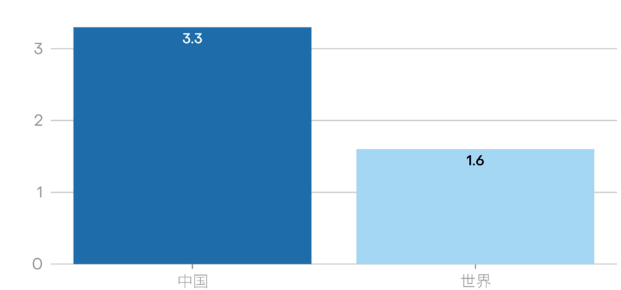
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



人均排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

由于中国的动态清零政策持续影响需求，2022 年中国电力需求增长 4.4%，低于 2010 年以来的平均增长率 (6.5%)。尽管如此，中国 374 TWh 的需求增长仍然超过了全球总需求增长的一半。

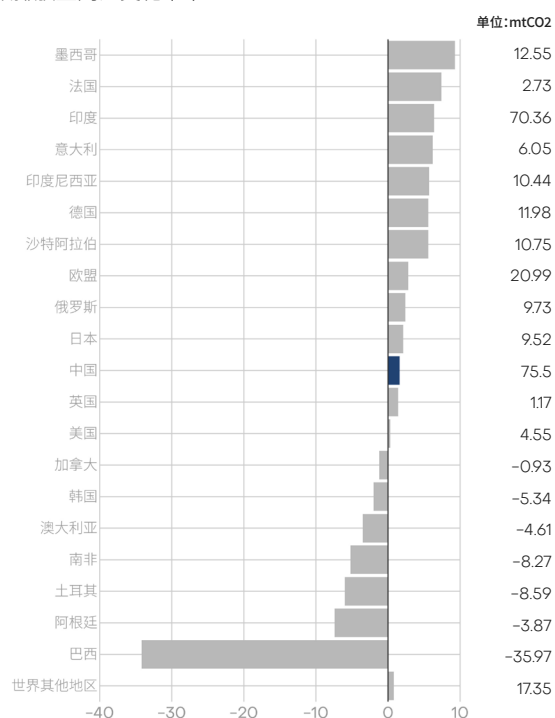
中国的清洁能源增长强劲，但低于需求的增长。因此，今年燃煤发电量的绝对值达到了历史最高水平，增长了 1.5%(+81 TWh)，以满足 22% 的总需求增长。然而，清洁能源的强劲增长使煤电的占比 (61%) 相较 2021 年下降了两个百分点。天然气发电量增长了 1.3% (+3.5 TWh)。

2022 年，风力和太阳能发电量大幅增长 26% (+259 TWh)，中国几乎占全球这两种能源新增发电量的一半。太阳能和风力发电的同比增长满足了 2022 年中国净需求增长的 69%。虽然太阳能和风力发电以类似的速度增长，但风力发电的占比 (9.3%，824 TWh) 仍是太阳能发电 (4.7%，418 TWh) 的两倍左右。

核能发电量增长 2.5% (+10 TWh)，明显低于过去十年的平均年增长率 (+16%)。在夏季和冬季干旱期间，水电仅增长 1.4% (+18 TWh)，发电量占比为 2011 年以来最低 (15%)。

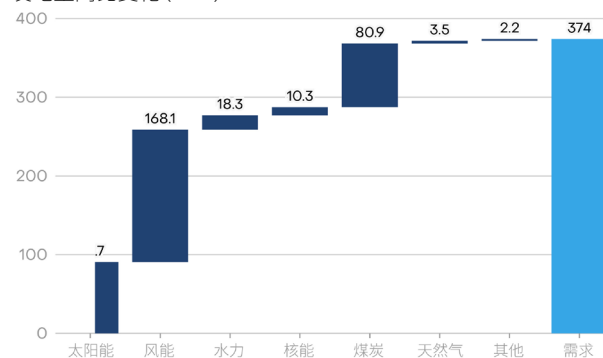
### G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化 (%)



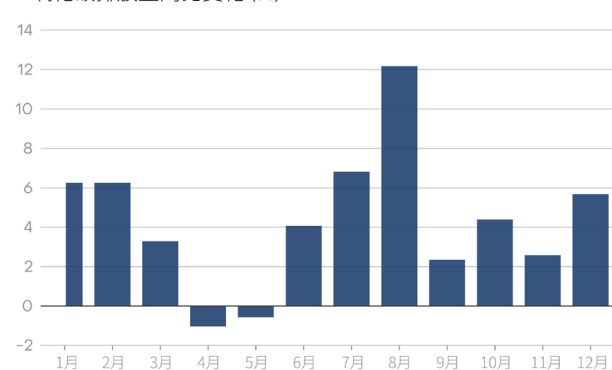
### 中国发电量变化

发电量同比变化 (TWh)



### 中国排放月度变化

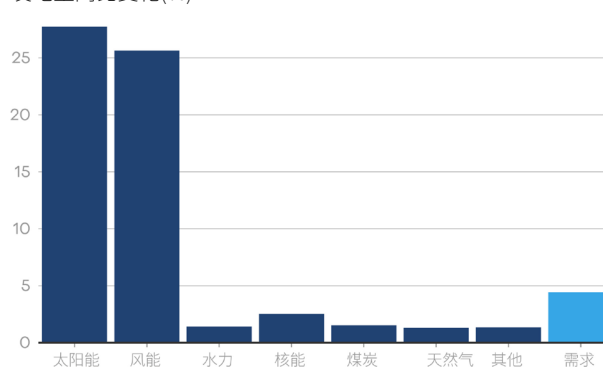
二氧化碳排放量同比变化 (%)



数据来源: Ember

### 中国发电量变化

发电量同比变化 (%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 长期趋势

在过去 20 年里，中国的电力需求增长了 6 倍。2022 年的总电力需求为 8,840 TWh，比 2000 年的 1,347 TWh 大幅增长。为满足中国如此大规模的需求增长，燃煤发电量稳步上升，并在 2022 年创下历史新高。因此，2022 年中国电力行业的总排放量是 2000 年的 5 倍 (+415%，+3,872 MtCO<sub>2</sub>)。全球电力行业的排放量增幅要小得多，仅增长了 78%。

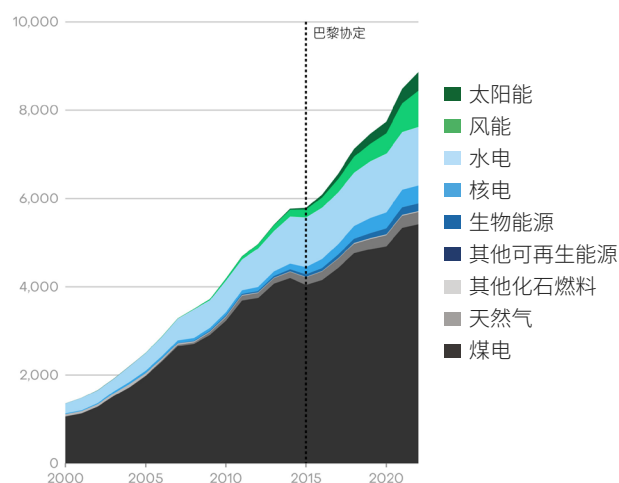
尽管电力需求有所增长，但煤电占中国电力结构的比重从 2000 年的 78% 下降到 2022 年的 61%，下降了 17 个百分点。由于清洁能源的快速部署，煤电的占比在过去 20 年里稳步下降。然而，从绝对值来看，2022 年的燃煤发电量 (5,420 TWh) 是 2000 年 (1,060 TWh) 的 5 倍。

中国太阳能和风力发电的发展速度惊人。2015 年，风力和太阳能发电占比为 3.9%。此后，风力和太阳能发电的绝对发电量增长了 5 倍，占全球风力和太阳能发电量增长的近一半，达到中国发电量的 14%。

自 2000 年以来，中国发电行业的排放强度下降了 21%，到 2022 年降至 530 gCO<sub>2</sub>/kWh。然而，由于需求增长和燃煤发电量增加，中国电力行业的总排放量 (4,694 MtCO<sub>2</sub>) 自 2000 年以来增长了 5 倍。

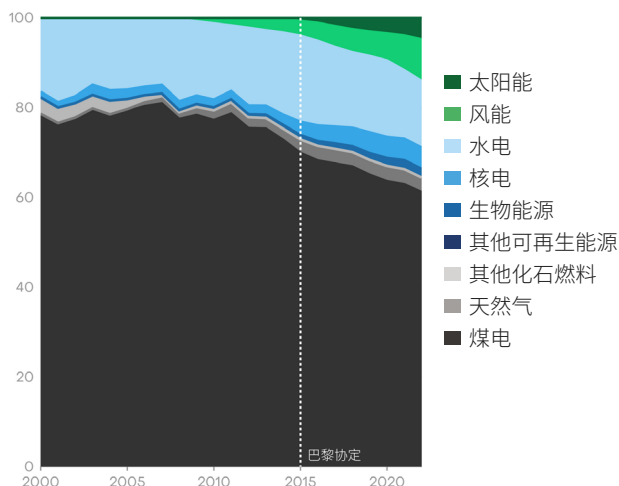
### 中国发电量

发电量 (TWh)



### 中国电力结构

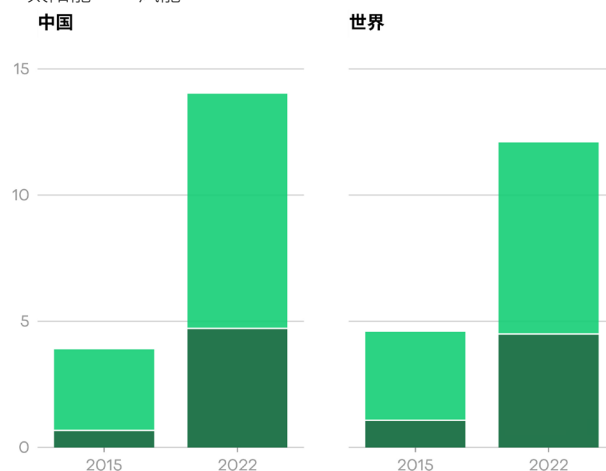
电力份额 (%)



### 中国与世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)

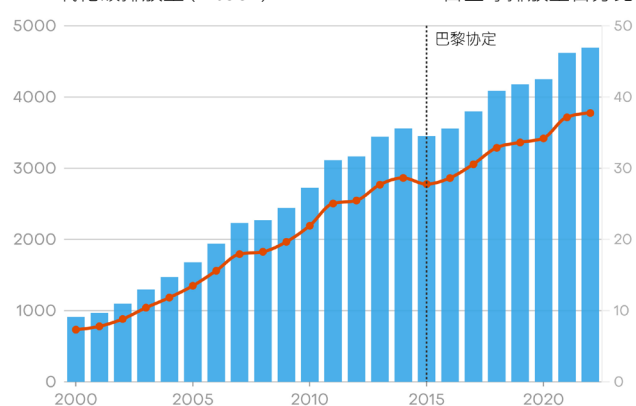
■ 太阳能 ■ 风能



### 中国电力行业排放

■ 二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)

— 占全球排放量百分比



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

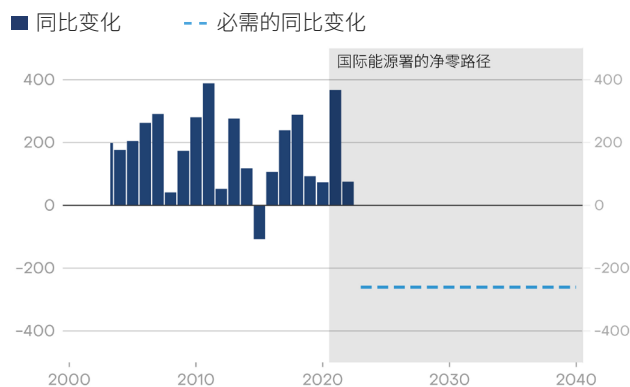
## 净零目标取得的进展

根据国际能源署的《净零排放方案》，到 2040 年，中国需要实现所有电力都来自清洁能源，以实现电力行业的净零排放。这意味着在 2040 年之前，电力行业每年将减少 2.61 亿吨二氧化碳排放。自 2015 年以来，中国电力行业平均每年增加 1.77 亿吨二氧化碳排放。扭转这一趋势是一个巨大的挑战，但得益于风力和太阳能发电的迅速发展，中国已朝向通过额外的低碳电力而不是煤电来满足并超过新增电力需求的目标迈出坚实的一步。保持这一趋势将是中国电力行业发展和能源转型的关键。

2020 年 9 月，习近平主席宣布中国将在 2030 年前达到二氧化碳排放峰值，并在 2060 年实现碳中和。国际能源署宣称，“以可再生能源为主导的电力行业为中国的清洁能源转型奠定了基础。”中国的“十四五”规划和新的市场改革将优先开展这方面的工作。“全县屋顶光伏”（见第 3 章）等有影响力的政策帮助推动太阳能发电在 2022 年达到新的水平。在短期内，太阳能发电有巨大的机会以更快的速度增长。据报道，2022 年中国主要的新太阳能制造厂投产，年产能增加 66%，远超 2023 年满足太阳能电池板需求的预期目标。

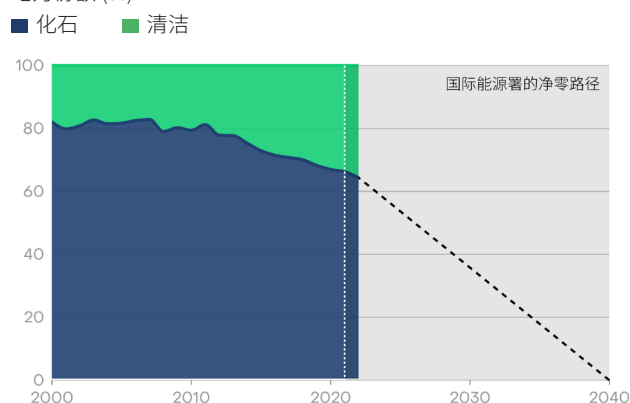
### 中国电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



### 中国电力结构

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 美国

## 2022年电力趋势



美国电力行业的二氧化碳排放量居世界第二位，在 2022 年排放 15.8 亿吨二氧化碳，占全球发电排放总量的 13%。

美国约 60% 的电力来自化石燃料: 19% (828 TWh) 来自煤炭，39% (1,695 TWh) 来自天然气，0.9% (40 TWh) 来自其他化石燃料。风力和太阳能发电目前占该国电力结构的 15% (644 TWh)，其余电力来自核电 (18%，772 TWh)、水电 (5.9%，251 TWh) 和生物能源发电 (1.2%，52 TWh)。

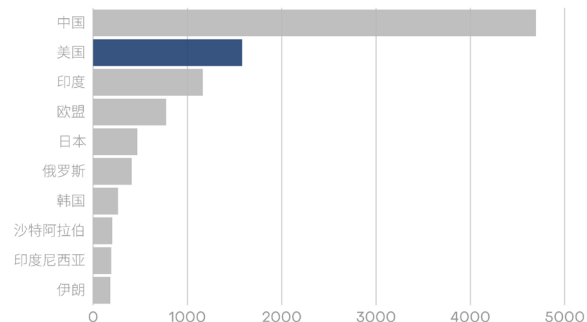
美国的排放强度为 368 gCO<sub>2</sub>/kWh，低于全球平均水平 436 gCO<sub>2</sub>/kWh。其人均年需求量为 13 MWh，是世界平均水平 3.6 MWh 的三倍多。美国电力行业的人均排放量（人均 4.7 吨二氧化碳）也接近世界平均水平（1.6 吨）的三倍。

作为全球第二大电力行业排放国，美国通过增加风力、太阳能发电和其他清洁能源来减少排放的努力，可能对全球到 2050 年实现净零排放的努力产生重大影响。

# 全球背景

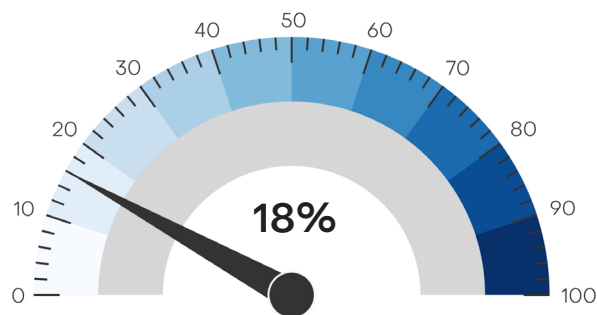
## 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



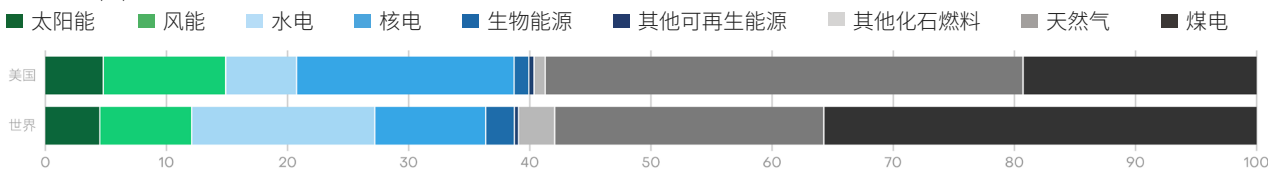
## 美国的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



## 美国与世界 - 电力结构

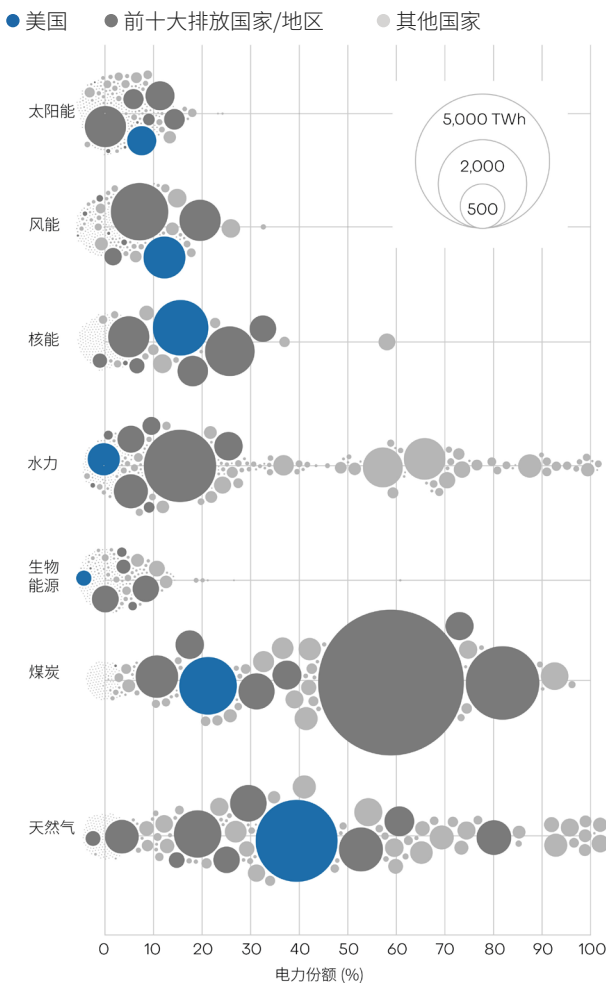
电力份额 (%)



## 美国与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

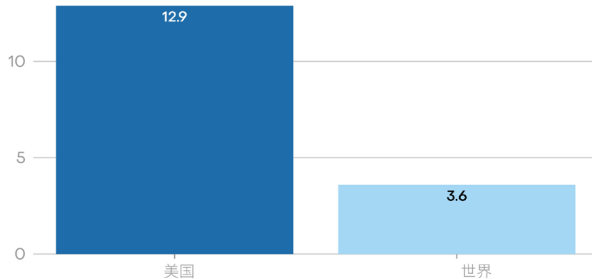
气泡大小代表发电量 (TWh)



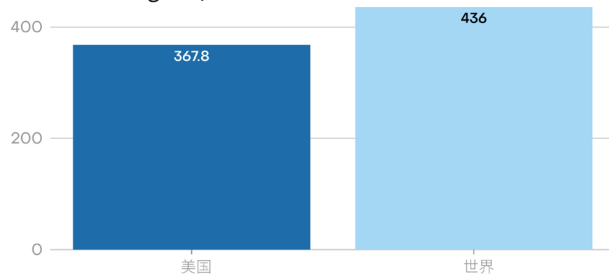
## 美国与世界 - 排放和需求

● 美国 ● 世界

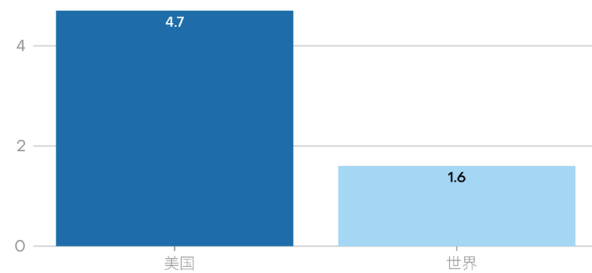
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



人均排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化



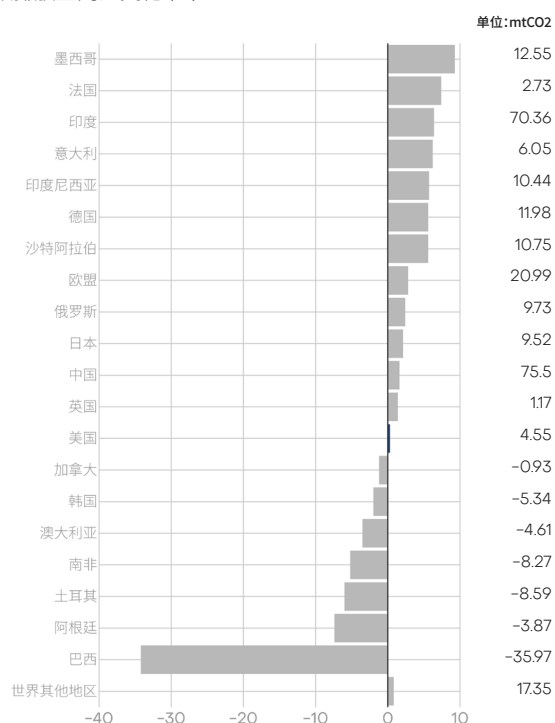
2022年，美国电力行业的二氧化碳排放量小幅上升0.3%（增加460万吨），低于全球1.3%的增幅。

美国电力需求在2022年增长了3.4%（+144 TWh）。这高于2.5%的全球需求变化，也显著高于2010年至2021年美国0.4%的平均需求增长率。该增长部分是由于夏季大面积热浪期间使用空调。

天然气发电量的绝对增幅最大，增加了115 TWh（+7.3%）。这取代了部分煤电，后者下降了70 TWh（-7.8%）。风力发电量增长了15%（+56 TWh），太阳能发电量增长了25%（+41 TWh），共同满足了68%的需求增长。其他发电来源的变化较小：核电下降0.9%（-6.6 TWh），水电增长1.9%（+4.6 TWh），而生物能源、其他化石燃料发电和其他可再生能源发电基本保持稳定。风力和太阳能发电的占比分别小幅上涨至10.1%和4.8%。天然气发电的占比也小幅上升至39.5%。煤电的占比变化最大，下降了2.3个百分点，占发电量的19.3%。核电占比下降至18%。水电和生物能源发电的占比保持稳定。

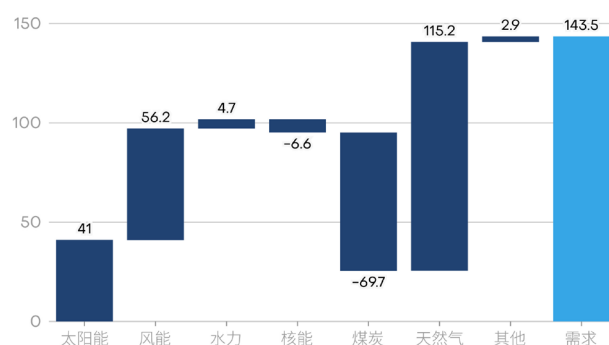
### G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



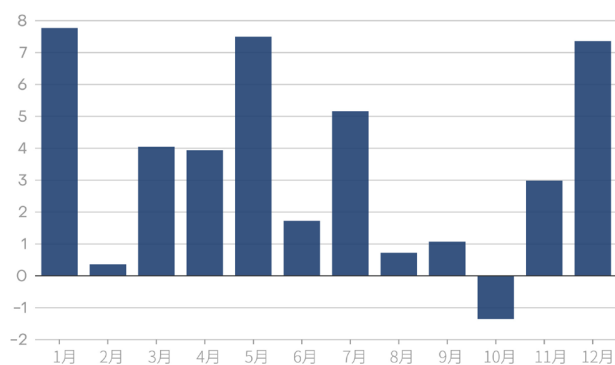
### 美国发电量变化

发电量同比变化(TWh)



### 美国排放月度变化

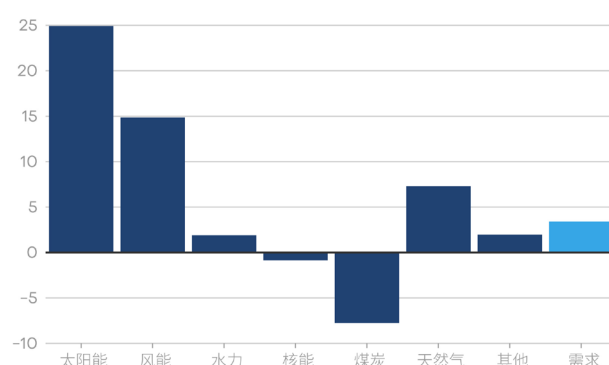
二氧化碳排放量同比变化(%)



数据来源: Ember

### 美国发电量变化

发电量同比变化(%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势



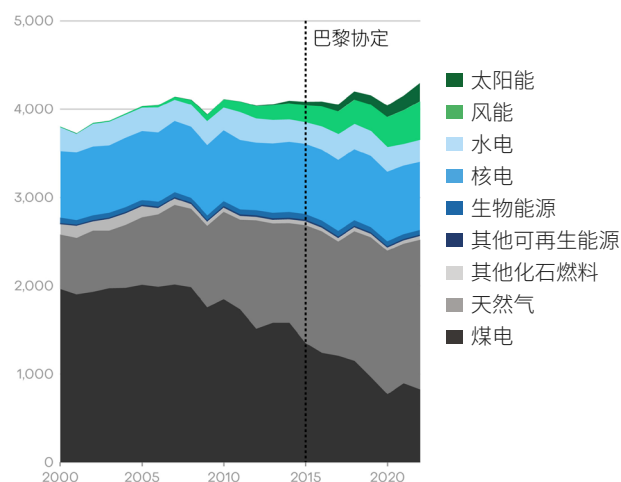
在过去 20 年，美国电力需求量从 2000 年的 3,836 TWh 增长到 2022 年的 4,335 TWh，增长了 13% (499 TWh)。2022 年的排放强度 (368 gCO<sub>2</sub>/kWh) 明显低于 2000 年的水平 (533 gCO<sub>2</sub>/kWh)，部分原因是近期风力和太阳能发电增加，而燃煤发电量下降。由于电力更加清洁，尽管需求增加，但同期电力行业的年排放总量减少了 22% (-4.45 亿吨二氧化碳)。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，美国电力行业的排放量下降了 14% (-2.48 亿吨二氧化碳)。自 2015 年以来，增长的需求主要通过天然气发电满足，后者增长了 27% (+361 TWh)。天然气发电也取代了一些报废的燃煤电厂。与此同时，风力发电量增长了 128% (+244 TWh)，而太阳能发电量增长惊人，达到 426% (+166 TWh)，阻止了化石燃料发电的进一步增长。

美国向风力和太阳能发电的转型速度快于全球平均水平。风力和太阳能发电目前占发电量的 15%，而 2015 年仅为 5.6%。在全球范围内，风力和太阳能发电的占比同期从 4.6% 增加到 12.1%。

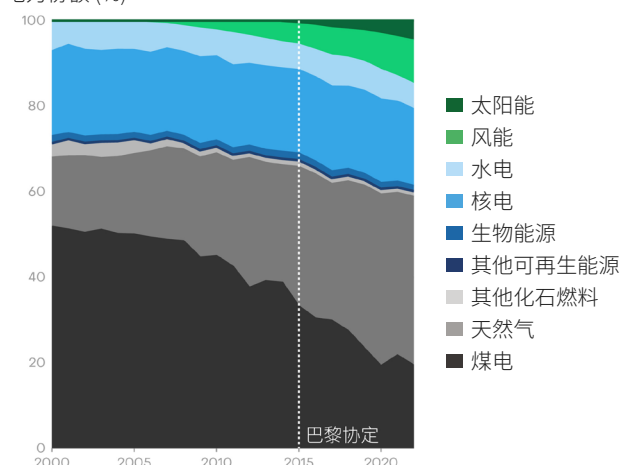
### 美国发电量

发电量 (TWh)

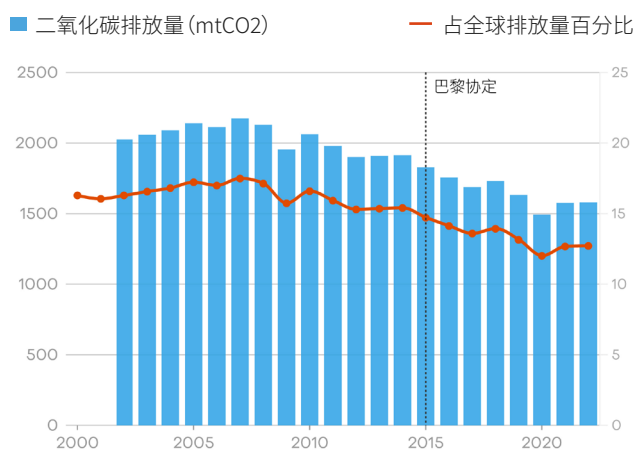


### 美国电力结构

电力份额 (%)



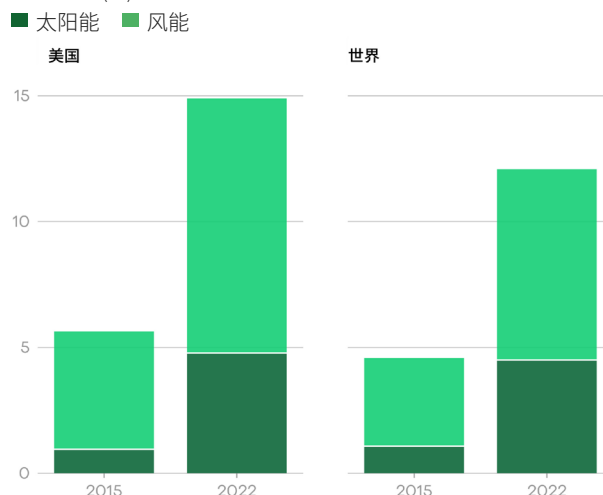
### 美国电力行业排放



数据来源: Ember

### 美国与世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)



## 净零目标取得的进展

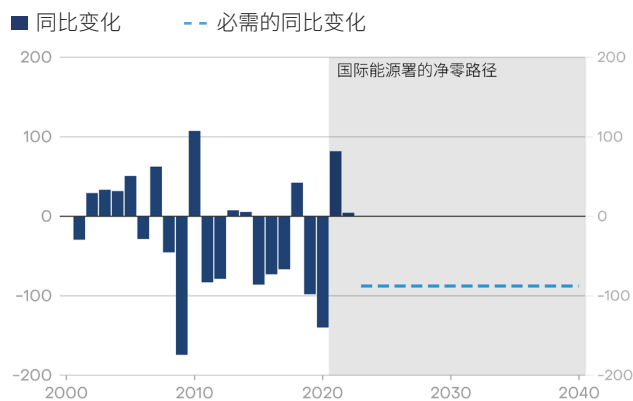


到 2035 年，美国电力行业的二氧化碳排放量需要从目前的 15.8 亿吨降至零，才能与[国际能源署的《净零排放方案》](#)保持一致。要实现这一目标，排放量每年需要减少 1.22 亿吨，比 2015 年以来年均减少 3,500 万吨的速度快三倍多。

美国承诺到 2035 年实现“100% 无碳”电力，这应该会推动美国朝着这一方向发展。2022 年的《通胀削减法案》(IRA) 为实现这一承诺提供了刺激。[根据美国能源部的资料](#)，这是美国历史上在气候和能源领域最大的一笔投资。在今年发布的一份报告中，Evergreen Action 和自然资源保护委员会 (NRDC) 提出了[新的模型](#)，详细说明了根据《清洁空气法》为新建和现有发电厂制定雄心勃勃的碳污染标准将如何成为关键的下一步。

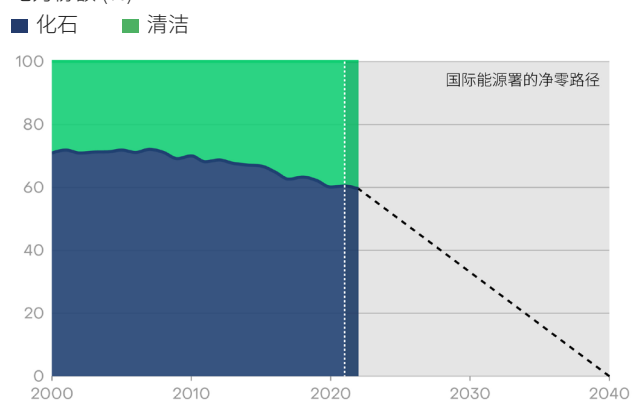
### 美国电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



### 美国电力结构

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 印度

## 2022年电力趋势



2022年,印度电力行业的排放量在世界上排名第三,仅次于中国和美国。2022年,印度排放 11.62 亿吨二氧化碳,占全球电力行业排放总量的 9.4%。然而,印度的人均排放量 (0.8 tCO<sub>2</sub>) 仅为全球平均水平 (1.6 tCO<sub>2</sub>) 的一半。

印度的排放是由对化石燃料的高度依赖和庞大的人口造成的。该国人均电力需求较低,为 1.3 MWh,是全球平均水平 (3.6 MWh) 的三分之一。然而,印度发电行业的碳排放强度 (632 gCO<sub>2</sub>/kWh) 比全球平均水平 (436 gCO<sub>2</sub>/kWh) 高出 45%。

2022年,印度 77% (1,415 TWh) 的电力来自化石燃料。燃煤发电占比最大,为 74% (1,363 TWh),其次是天然气发电 (2.7%, 50 TWh) 和其他化石燃料发电 (0.1%, 2.4 TWh)。风力和太阳能发电的占比达到了创纪录的 9% (165 TWh),但仍落后全球平均水平 3 个百分点。水电占 9.5% (175 TWh),而核电和生物能源发电分别占 2.5% 和 2%。

2022年,印度超过中国成为世界上人口最多的国家。随着经济持续快速发展,印度对电力的需求也将持续增长。用清洁电力来满足这一需求意味着需要快速大规模地发展清洁能源。2021年,电力占印度最终能源消耗的 17%,随着交通、供暖和工业等部门的电气化加速,这一比例预计将增加。

“印度的清洁电力转型之旅现在到了一个关键时刻。该国需要在最近太阳能发电量激增的基础上再接再厉。它需要提高可再生能源发电能力以满足日益增长的需求,建立足够的存储能力以满足峰值需求,并发展基础设施以促进电网整合。这些都是巨大的挑战,但印度需要解决这些挑战,才能在 2030 年前实现 500GW 的非化石能源装机容量,并确保其燃煤发电量接近峰值。”

**Aditya Lolla**  
Ember 高级分析师



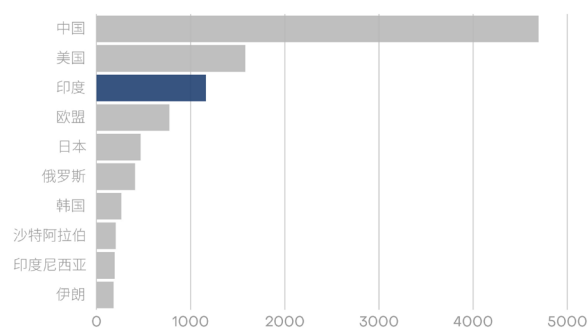


## 全球背景



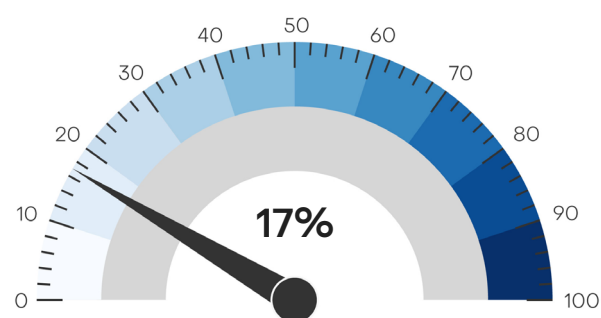
### 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



### 印度的电气化

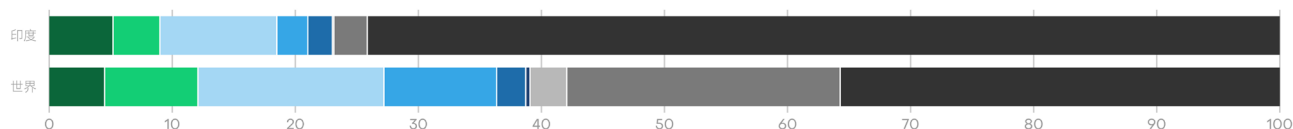
电力占最终能源消费的百分比 (%)



### 印度与世界 - 电力结构

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能 ■ 水电 ■ 核电 ■ 生物能源 ■ 其他可再生能源 ■ 其他化石燃料 ■ 天然气 ■ 煤电

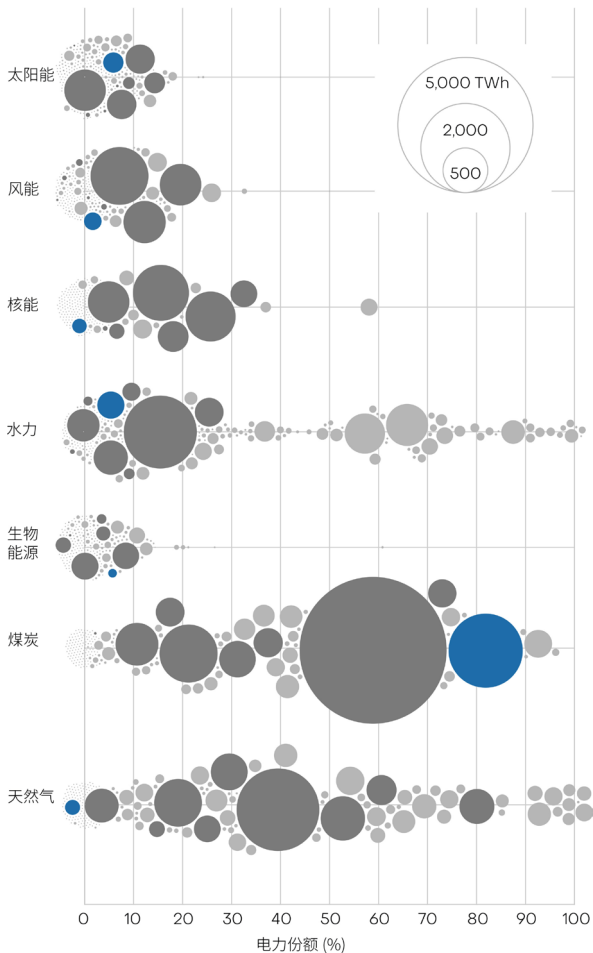


### 印度与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

气泡大小代表发电量 (TWh)

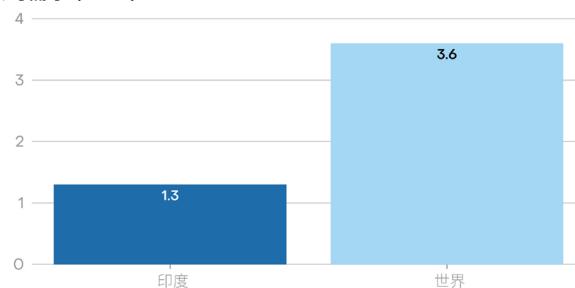
● 印度 ● 前十大排放国家/地区 ● 其他国家



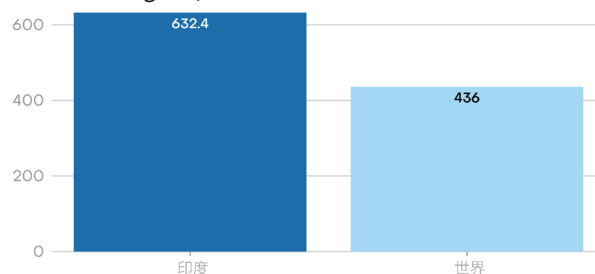
### 印度与世界 - 排放和需求

● 印度 ● 世界

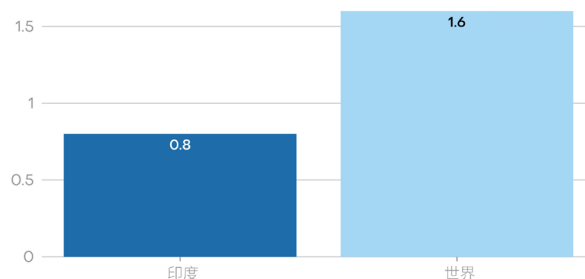
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



人均排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 2022年的变化

与 2021 年相比，2022 年印度电力行业的排放量增长了 6.4% (+7,000 万吨二氧化碳)。印度电力行业排放量的同比变化远高于包括中国 (+1.6%) 在内的其他 G20 国家。排放量的增加可以归因于许多因素，包括电力需求的增加和燃煤发电量的大幅增加。

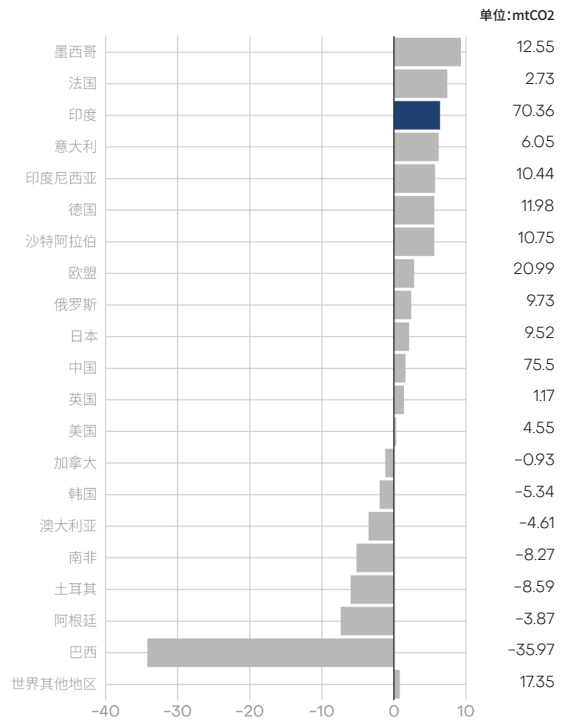
随着经济从新冠疫情复苏，印度电力需求增长 7.2% (+124 TWh)，超过了过去十年的平均年需求增长率 (+5.7%)。这也是全球增长率 (2.5%) 的三倍。

在众多发电来源中，燃煤发电量的绝对增幅最大，增长了 7.2% (+92 TWh)，满足该国需求增长的 74%。煤电在印度电力结构中的占比保持在 74%，自 2021 年以来并无变化。另一方面，天然气发电量下降了 22% (-14 TWh)，令天然气发电的占比降至近 20 年来的最低水平。

虽然太阳能发电量显著增长 39% (+27 TWh)，但风力发电增长较弱，仅为 2.9% (+2 TWh)。风力和太阳能发电量的增长只够满足需求增长的四分之一。其他清洁能源呈现温和增长，包括水电 (+8.9%，+14 TWh)、核能 (+5.4%，2.4 TWh) 和生物能源发电 (+2.9%，+1 TWh)。

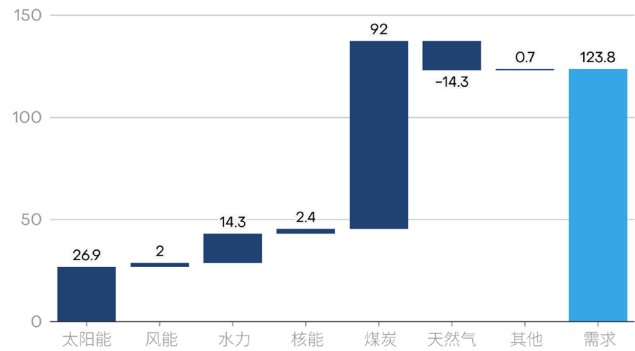
## G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化 (%)



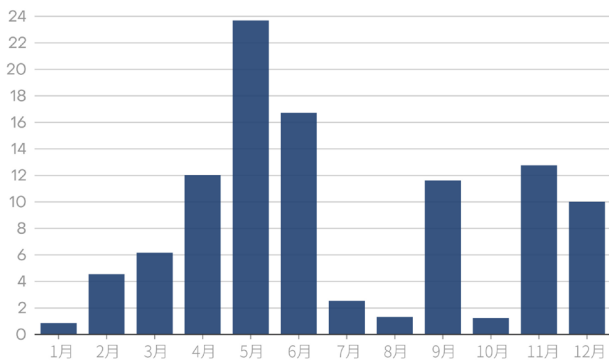
## 印度发电量变化

发电量同比变化 (TWh)



## 印度排放月度变化

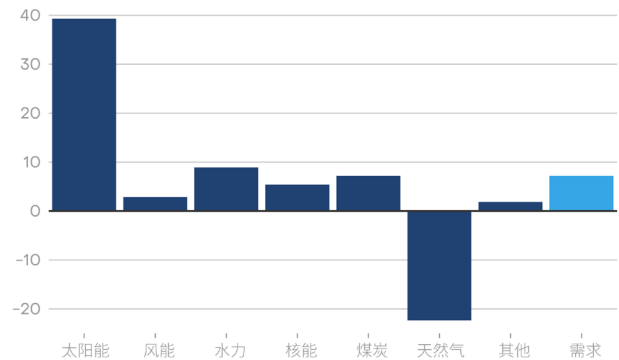
二氧化碳排放量同比变化 (%)



数据来源: Ember

## 印度发电量变化

发电量同比变化 (%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

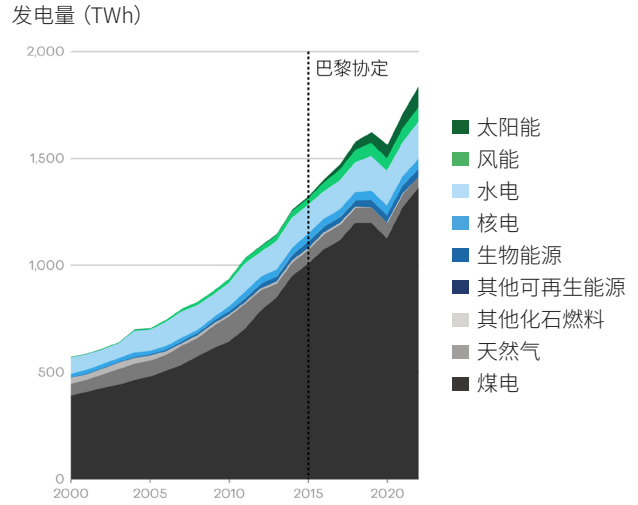
## 长期趋势

为支持快速经济增长，印度的电力需求在过去 20 年中增长了两倍多，从 2000 年的 573 TWh 增至 2022 年的 1,836 TWh。为了满足日益增长的需求，燃煤发电量跃升至 1,363 TWh，是 2000 年的 3.5 倍。因此，与 2000 年相比，印度电力行业的排放量增加了 214% (+792 MtCO<sub>2</sub>)。

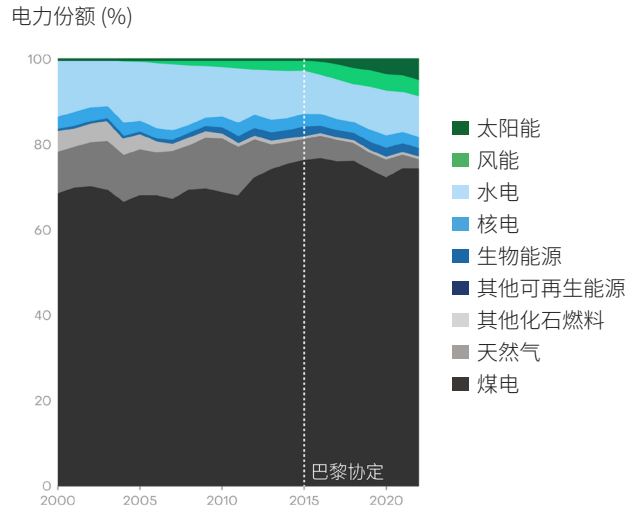
然而，得益于过去 10 年太阳能和风力发电的部署，印度电力行业的排放强度轻微下降至 632 gCO<sub>2</sub>/kWh，低于 2000 年的水平 (648 gCO<sub>2</sub>/kWh)。

风力和太阳能发电以及其他低碳能源的增长速度还不足以满足快速增长的电力需求，导致电力行业排放量持续上升。然而，可再生能源发电量正在迅速增长。2000 年，风力和太阳能发电量仅占印度发电量的 0.3%，到 2022 年已跃升至 9%。自 2015 年《巴黎协定》签署以来，风力和太阳能发电的增长尤为迅猛，到 2022 年增长了 6 个百分点。

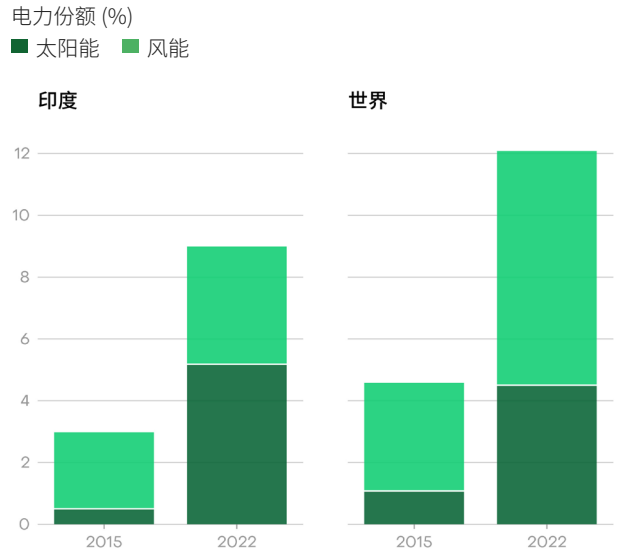
### 印度发电量



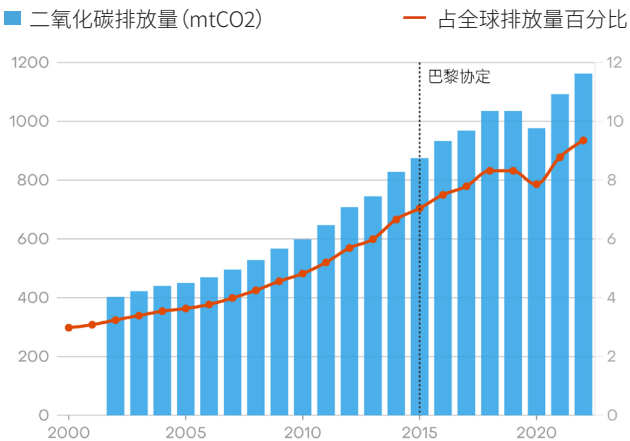
### 印度电力结构



### 印度与世界 - 风力和太阳能发电份额



### 印度电力行业排放



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展

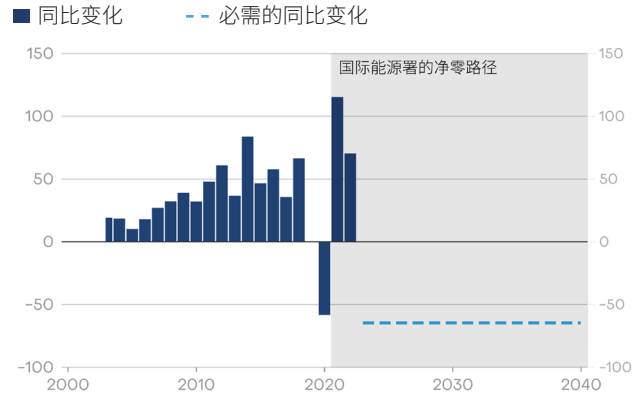


若要与[国际能源署的《净零排放方案》](#)保持一致，并在 2040 年实现电力行业的完全脱碳，印度电力行业必须每年平均减少 6,500 万吨二氧化碳的排放。自 2015 年以来，其电力行业的二氧化碳排放量每年增加 4,100 万吨。预计在需求快速增长的推动下，印度的排放量将在短期内继续上升，但可再生能源的加速部署最终将导致排放量达到峰值，然后下降。

在 2021 年在格拉斯哥举行的第 26 届联合国气候变化大会 (COP26) 上，印度通过其“Panchamrit”承诺展示了其气候管理能力，目标是到 2030 年实现 500 吉瓦的非化石能源发电装机容量。然而，要实现这些目标，就需要在国家和地方各级应对更加严峻的挑战。根据 Ember 和 IEEFA [最近的分析](#)，卡纳塔克邦和古吉拉特邦等邦在清洁电力转型方面取得的进展最大，而其他邦则需要加大努力，以最大限度地发挥其可再生能源发电潜力。

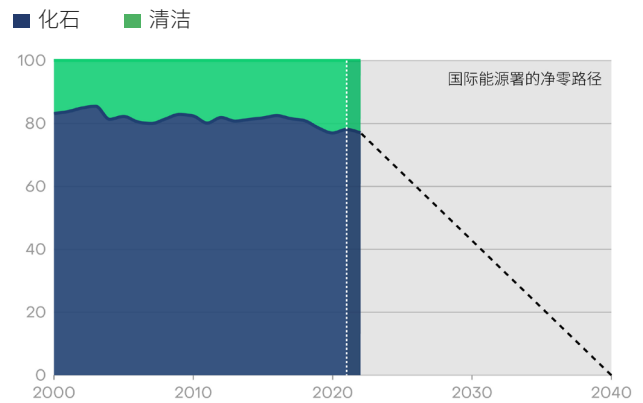
### 印度电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



### 印度电力结构

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 欧盟

## 2022年电力趋势



欧盟电力行业的二氧化碳排放量居世界第四位，在 2022 年排放 7.75 亿吨二氧化碳，占全球发电排放总量的 6.2%。

欧盟 39% (1,102 TWh) 的电力来自化石燃料发电：16% 来自燃煤发电 (446 TWh)，20% 来自天然气发电 (556 TWh)，3.6% 来自其他化石燃料发电 (99 TWh)。风力和太阳能发电目前占该地区电力结构的 22% (624 TWh)，其余电力来自核电 (22%，613 TWh)、水电 (10%，282 TWh) 和生物能源发电 (6%，167 TWh)。

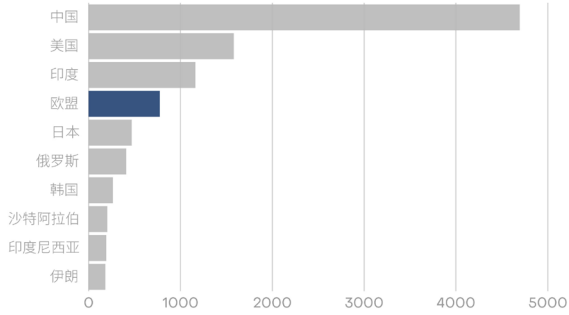
欧盟发电行业的排放强度为 277 gCO<sub>2</sub>/kWh，低于全球平均水平的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh。然而，欧盟人均年需求量为 6.3 MWh，高于世界平均水平的 3.6 MWh。欧盟电力行业的人均二氧化碳排放量为 1.7 吨，略高于全球平均水平的 1.6 吨。

欧盟是全球向清洁能源转型的关键地区。作为电力行业排放量全球第四大地区，欧盟通过增加风力、太阳能和其他清洁能源发电来减少排放的努力，将对全球到 2050 年实现净零排放的努力产生重大影响。

全球背景

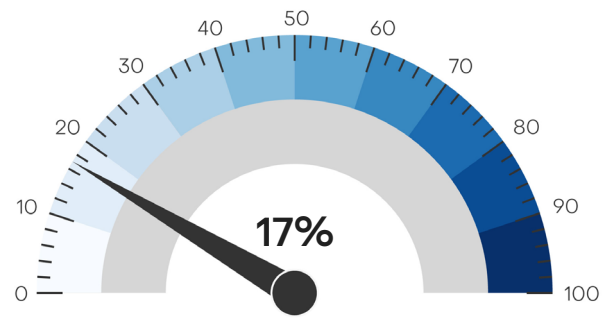
电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO2)



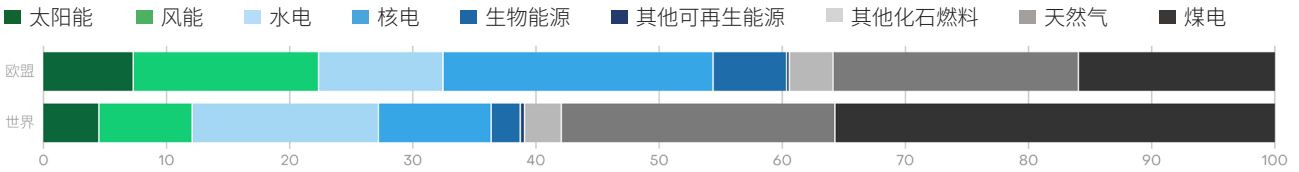
欧盟的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



欧盟与世界 - 电力结构

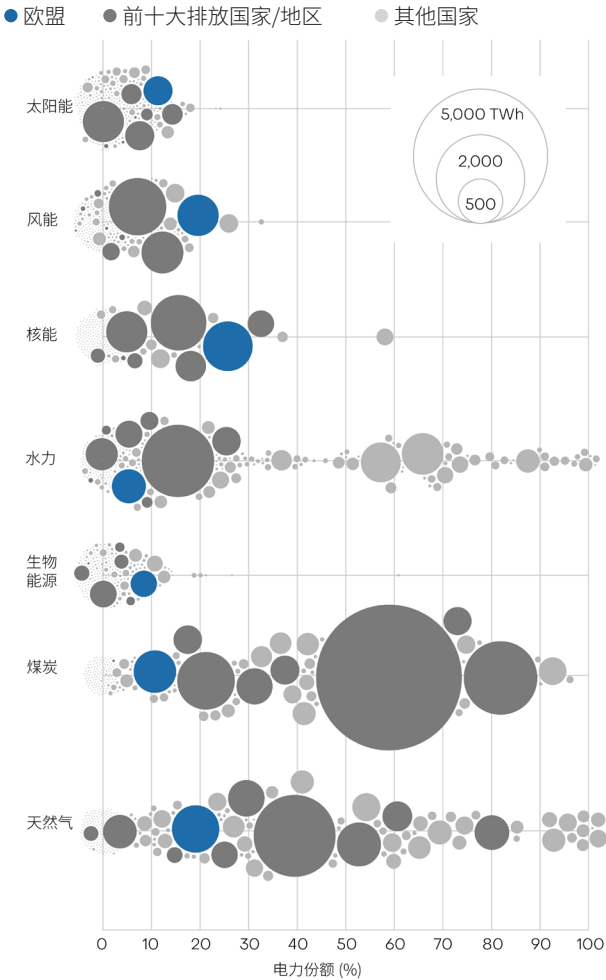
电力份额 (%)



欧盟与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

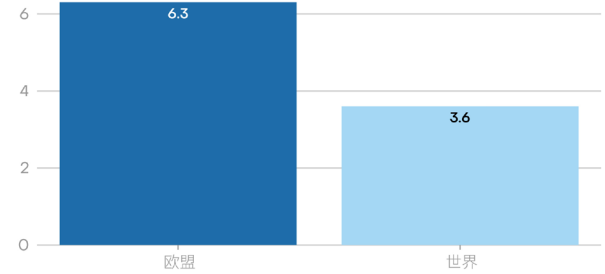
气泡大小代表发电量 (TWh)



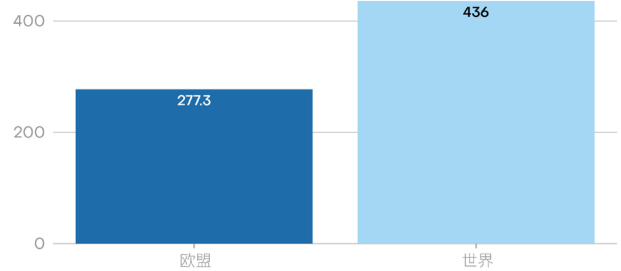
欧盟与世界 - 排放和需求

● 欧盟 ● 世界

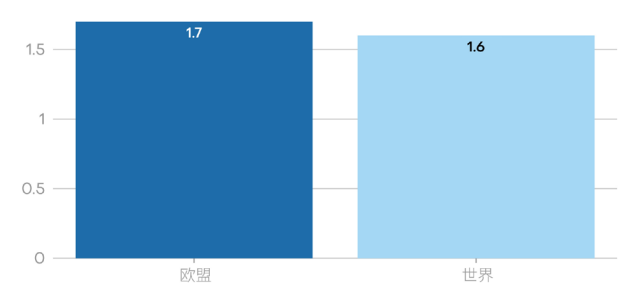
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO2/kWh)



人均排放量 (tCO2)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 2022年的变化

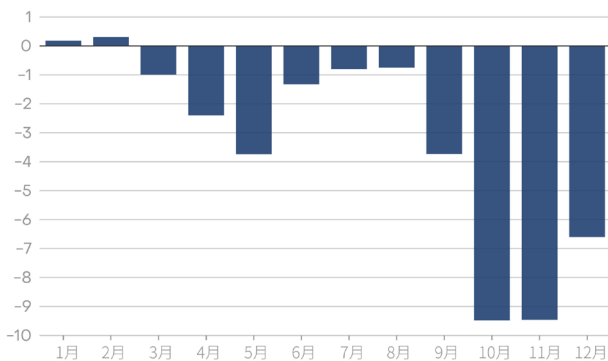
与 2021 年相比，2022 年欧盟电力行业的排放量增长了 2.8% (+21 MtCO<sub>2</sub>)，高于全球电力行业 1.3% 的排放量增幅，原因是核电和水电的历史性下降（部分被煤电和天然气发电取代），导致排放强度从 262 gCO<sub>2</sub>/kWh 增加到 277 gCO<sub>2</sub>/kWh。

自 2010 年以来，欧盟的需求平均每年下降 0.5%，但在 2022 年，尽管全球需求增长了 2.5%，但欧盟的需求下降了 3% (-85 TWh)。这是由于温和的天气以及部分由高电价推动的需求减少措施所致。

由于天气炎热和干旱，水力发电量下降了 19% (-66 TWh)。与此同时，由于法国核电站的维护和停机导致最大幅度减少，以及德国关闭核电站，欧盟的核能发电量下降了 16% (-119 TWh)。风力和太阳能发电量分别增长了 8.8% (+34 TWh) 和 24% (+40 TWh)，一些欧盟国家录得**创纪录的发电量**。风力和太阳能发电合共填补了水电和核能发电量 185 TWh 缺口中的 40% (74 TWh)。燃煤发电量增加了 6.4% (+27 TWh)，弥补了 15% 的水电和核电短缺。其余下降乃因电力需求下降所致。煤电在电力结构中的占比增加了 1.4 个百分点，达到 16%，但仍保持在疫情前的水平。天然气发电量也增加了 0.8% (+4.6 TWh)，其占比增加到 19.9% (+0.8 个百分点)。

## 欧盟排放月度变化

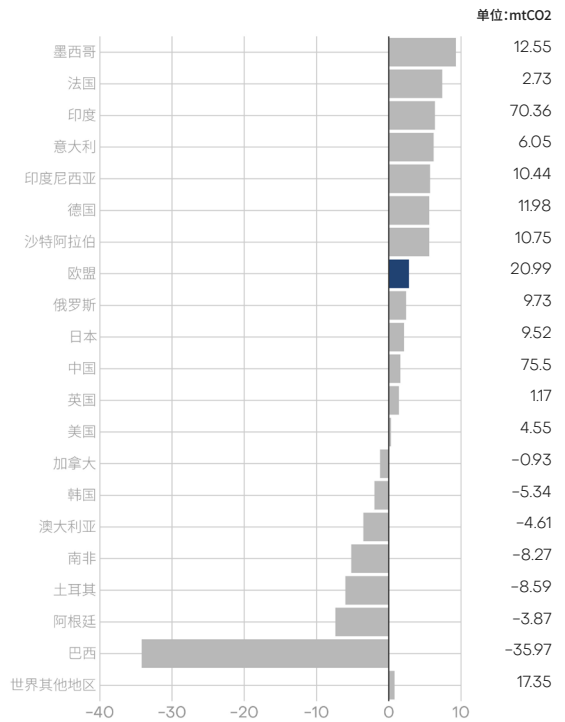
二氧化碳排放量同比变化 (%)



数据来源: Ember

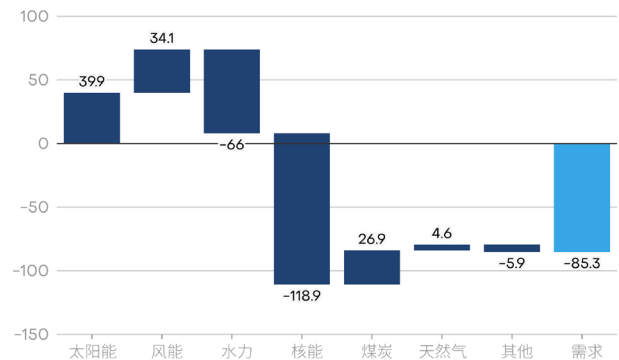
## G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化 (%)



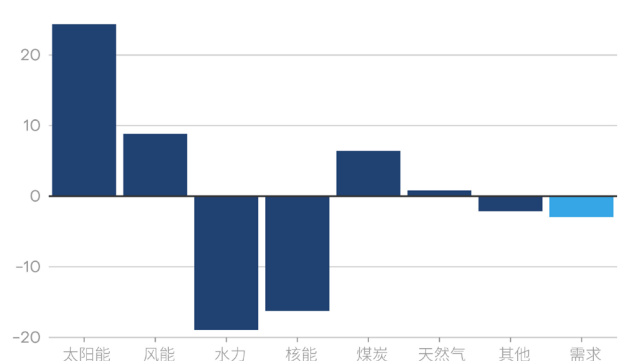
## 欧盟发电量变化

发电量同比变化 (TWh)



## 欧盟发电量变化

发电量同比变化 (%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

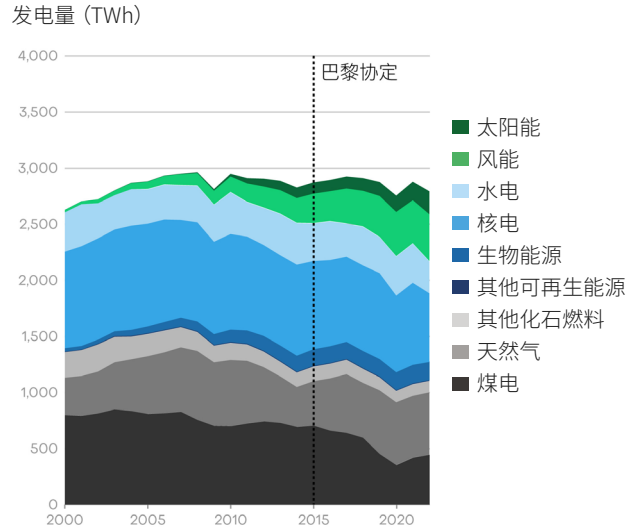
## 长期趋势

在过去 20 年, 欧盟电力需求量从 2000 年的 2,628 TWh 增长到 2022 年的 2,794 TWh, 仅增长了 6% 多一点。与此同时, 该地区 2022 年的排放强度 (277 gCO<sub>2</sub>/kWh) 明显低于 2000 年 (383 gCO<sub>2</sub>/kWh)。这是由于自 2010 年以来风力和太阳能发电的加速部署, 尽管自 2000 年以来核能发电量有所下降。同期排放量下降了 23% (-2.3 亿吨二氧化碳)。

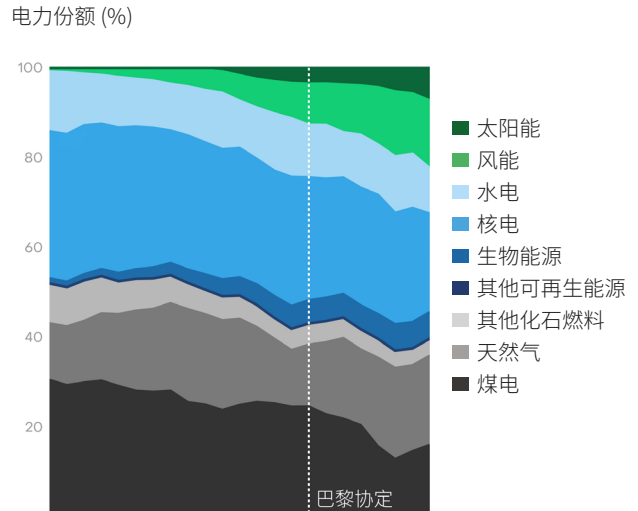
自 2015 年《巴黎协定》签署以来, 欧盟的排放量下降了 16% (-147 MtCO<sub>2</sub>)。核电和煤电的下降主要被天然气发电所取代, 后者增长了 40% (+160 TWh), 但随着俄乌冲突和创纪录的价格波动, 天然气消费的未来存在不确定性。从 2015 年到 2022 年, 风力和太阳能发电量的增长超过 71% (260 TWh), 阻止了化石燃料发电量的更大幅度增长。

欧盟向风力和太阳能发电的转型速度快于全球平均水平。风力和太阳能发电量目前占发电总量的 22%, 而 2015 年仅为 13%。在全球范围内, 风力和太阳能发电量的占比同期从 4.6% 增加到 12.1%。

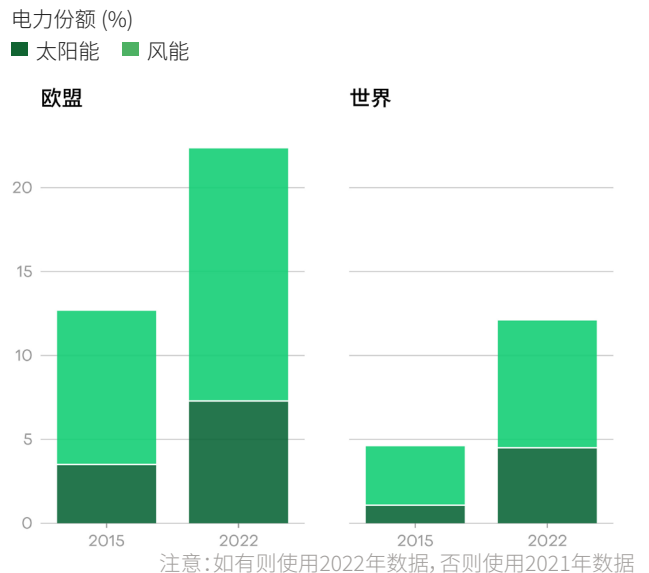
### 欧盟发电量



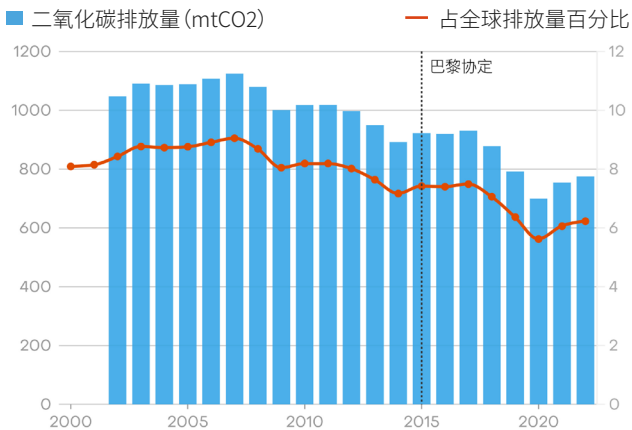
### 欧盟电力结构



### 欧盟与世界 - 风力和太阳能发电份额



### 欧盟电力行业排放



数据来源: Ember





## 净零目标取得的进展



欧盟需要在 2035 年之前实现国际能源署《净零排放方案》所示的电力行业净零排放。Ember 的模型显示，按照成本最低的路径，欧盟 70-80% 的发电量将来自风力和太阳能发电，而不到 5% 的电力来自难以消减的天然气发电。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来的七年间，排放量平均每年减少 2,000 万吨。要实现净零目标，需要以快近三倍的速度（每年 6,000 万吨）从目前的 7.8 亿吨二氧化碳排放量减排。

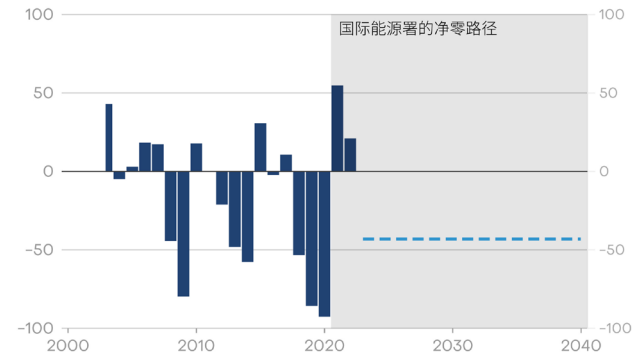
自 2021 年 7 月提出 Fit-for-55 减排方案以来，欧洲各地出现了新的能源部署。欧盟对俄乌冲突所引发的能源危机的应对推动了绿色转型，关键清洁技术的部署达到了前所未有的水平。欧盟委员会的 REPowerEU 计划提出将欧盟 2030 年的可再生能源占比从 40% 提高到 45%，这一举措得到了欧洲议会的压倒性支持。

各国已经加快了向清洁能源的转型，到 2030 年，欧盟地区的可再生能源发电量占比将达到 63%。包括德国和荷兰在内的一些欧盟国家的目标是到 2030 年实现可再生能源发电量占比超过 80%。Ember 估计，2023 年化石燃料发电将出现创纪录的下降。根据各国的计划，到 2030 年，欧盟将只有 17% 的电力来自化石燃料发电，大部分地区将淘汰煤电。因此，欧盟电力行业将完全能够实现 1.5°C 的温控目标。

### 欧盟电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

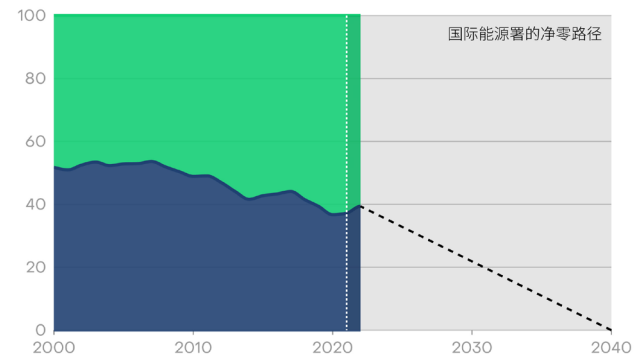
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 欧盟电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 日本

## 2022年电力趋势



日本电力行业的二氧化碳排放量居世界第五位，2022年排放4.68亿吨二氧化碳。日本发电产生的排放量占全球总排放量的3.8%。

2022年，日本71%的电力来自化石燃料发电：33%（321 TWh）来自燃煤发电，34%（329 TWh）来自天然气发电，3.8%（37 TWh）来自其他化石燃料发电。

但是，清洁能源的发展也在推进。2022年，太阳能发电量占日本总发电量的10%（99 TWh）。风力发电量仅占0.9%（8.6 TWh）。其余发电量来自水电（7.6%，74 TWh）、核电（5.4%，52 TWh）、生物能源发电（4.6%，44 TWh）和其他可再生能源发电（0.3%，2.9 TWh）。

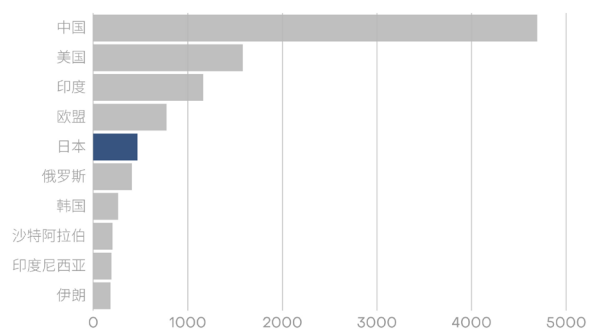
日本电力行业的排放强度为484 gCO<sub>2</sub>/kWh，略高于全球平均水平的436 gCO<sub>2</sub>/kWh。其人均年需求量为7.8 MWh，是世界平均水平3.6 MWh的两倍。日本电力行业的人均二氧化碳排放量为3.8吨，是全球平均水平1.6吨的两倍多。

作为电力行业排放量全球第五大排放国，日本在全球能源转型中发挥着重要作用。尽管日本对化石燃料发电的依赖仍高达71%，但太阳能发电正在迅速增长，而且该国最近[承诺重新启动核电站](#)。风力发电仍欠开发，日本电力行业需要付出更多努力来实现脱碳。

# 全球背景

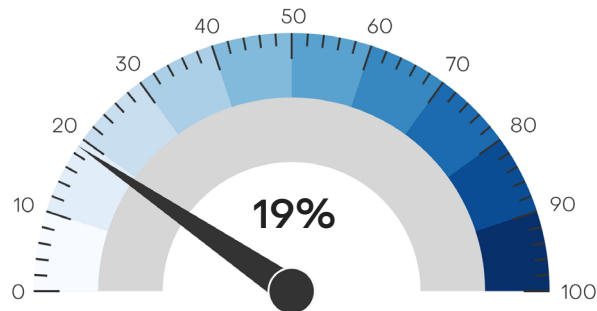
## 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO2)



## 日本的电气化

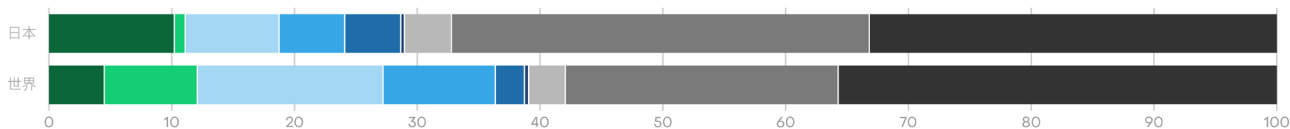
电力占最终能源消费的百分比 (%)



## 日本与世界 - 电力结构

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能 ■ 水电 ■ 核电 ■ 生物能源 ■ 其他可再生能源 ■ 其他化石燃料 ■ 天然气 ■ 煤电

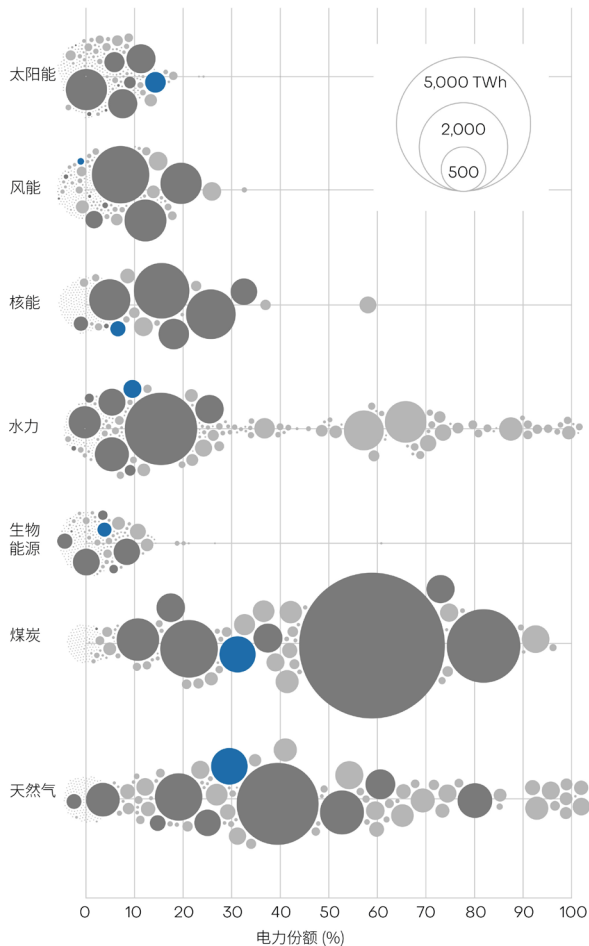


## 日本与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

气泡大小代表发电量 (TWh)

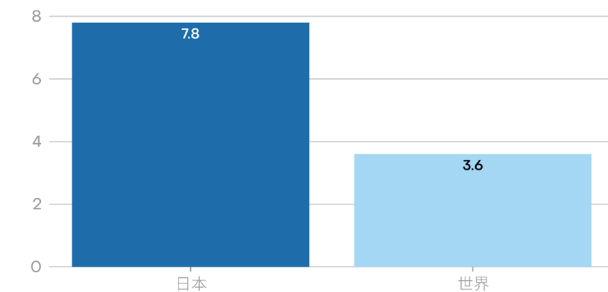
● 日本 ● 前十大排放国家/地区 ● 其他国家



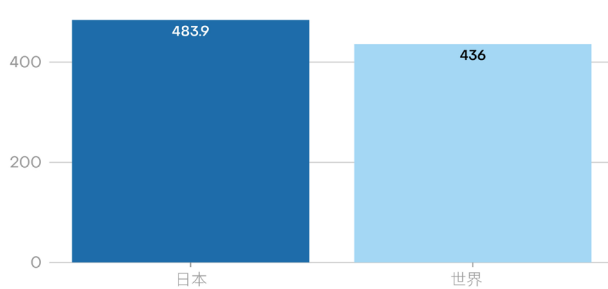
## 日本与世界 - 排放和需求

● 日本 ● 世界

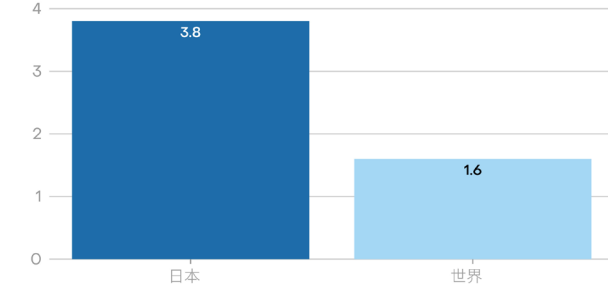
### 人均需求 (MWh)



### 二氧化碳强度 (gCO2/kWh)



### 人均排放量 (tCO2)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

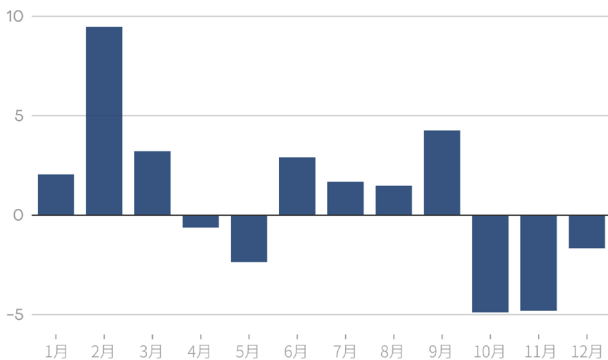
在经历了十年的电力需求下降后，2022年日本的电力需求出现了自2010年以来的最大增幅。其需求增长1%，仅为全球需求增长率2.5%的一半。1月份的极端气温和夏季的热浪也促成了这一增长，此外，防疫限制放宽后的经济反弹也是原因之一。

2022年，日本电力行业的总排放量十年来首次增加。排放量增加了2.1% (+950万吨二氧化碳)，而全球电力行业排放量的变化为+1.3%。

太阳能发电11%(+10 TWh)的增长足以满足并超过9.1 TWh的额外需求。太阳能发电量在总发电量的占比首次超过了10%。化石天然气发电下降2.2% (-7.3 TWh)，这是连续第五年下降，其发电量占比下降至34%。燃煤发电量显著增长3.1% (+9.7 TWh)，主要是为了弥补核能和水力发电量的下降。尽管日本最近的政策表明，其将重振核工业，但由于维护可用性减少，2022年核能发电量下降了15% (-9.5 TWh)。今年的严重干旱还导致水力发电量下降6.7% (-45 TWh)。最后，缺乏额外的产能部署和低风速导致风力发电量下降(-4.4%，-0.4 TWh)。

### 日本排放月度变化

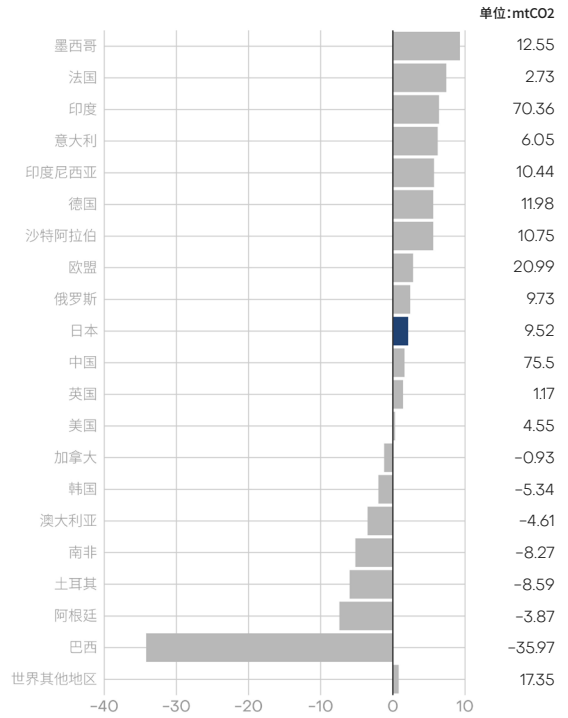
二氧化碳排放量同比变化(%)



数据来源: Ember

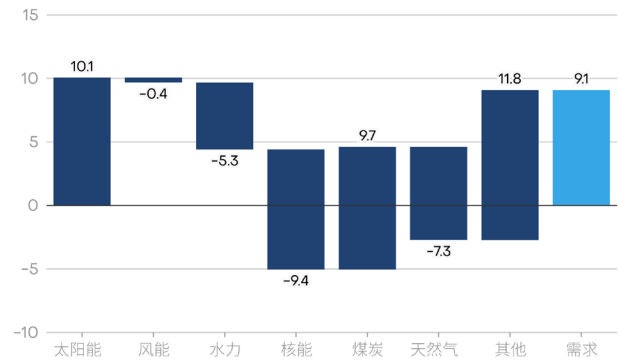
### G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



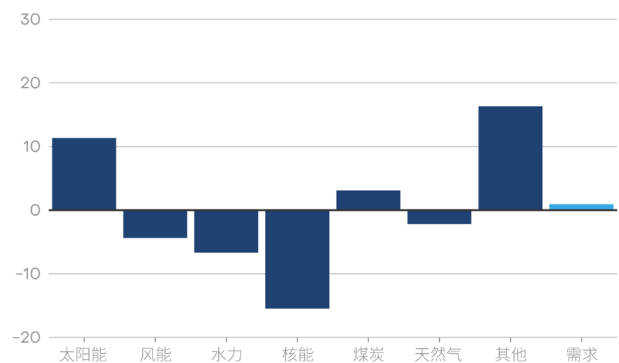
### 日本发电量变化

发电量同比变化(TWh)



### 日本发电量变化

发电量同比变化(%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

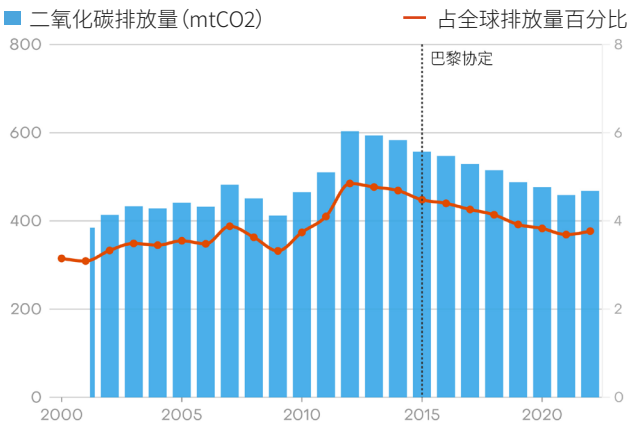
## 长期趋势

在过去 20 年里，日本的年度电力需求量从 2000 年的 988 TWh 下降到 2022 年的 967 TWh，下降了 2.1%。日本需求下降与全球趋势形成鲜明对比。从全球来看，2022 年的需求比 2000 年增长了 90%。尽管电力需求下降，但在过去 20 年里，日本的总排放量增加了 19%，这主要是由于核电站的关闭导致对化石燃料发电的更高依赖。

2022 年化石燃料发电占该国电力结构的 71%，而 20 年前这一比例为 59%。21 世纪初，核电减少了日本对化石燃料发电的依赖，2010 年核能发电量占总发电量的 26%。然而，在 2011 年福岛核灾难之后，这一进程戛然而止。尽管核电近年来有所回升，但其占比仍仅为 5.4%。因此，日本电力行业的排放强度从 2000 年的 397 gCO<sub>2</sub>/kWh 增加到 2022 年的 484 gCO<sub>2</sub>/kWh。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，日本在清洁能源发展方面已取得进展。清洁能源的占比几乎翻了一番，达到 29%。太阳能和风力发电量如今合共占日本发电量的 11%，几乎是 2015 年的三倍。清洁能源的增长使得电力行业的年排放量相较 2015 年下降了 16% (-8,900 万吨二氧化碳)。

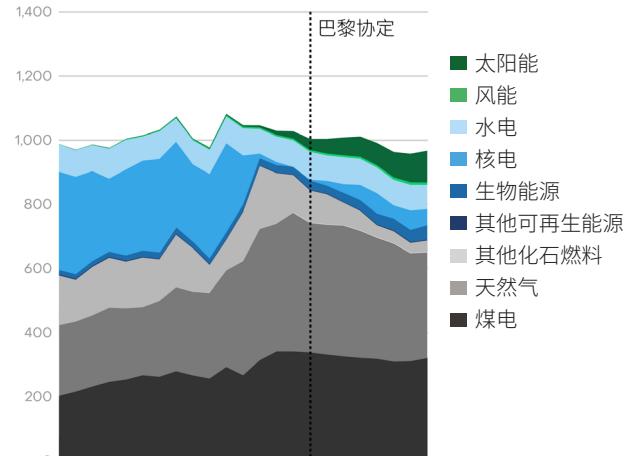
### 日本电力行业排放



数据来源: Ember

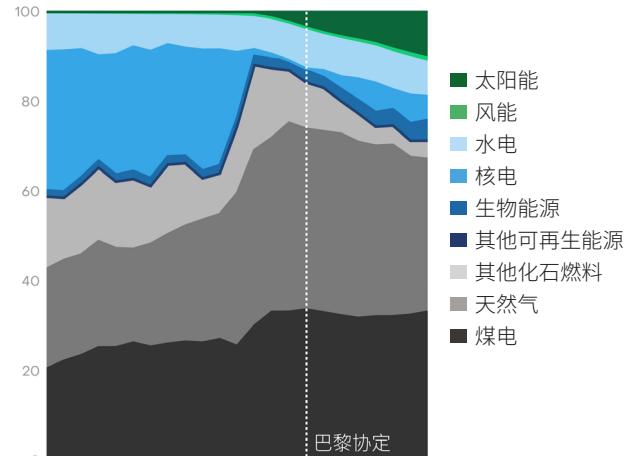
### 日本发电量

发电量 (TWh)



### 日本电力结构

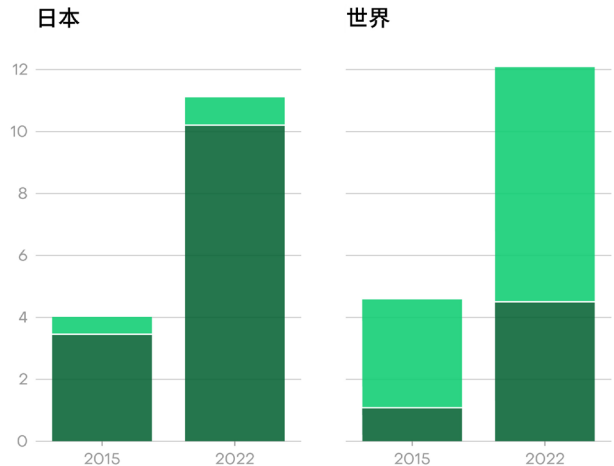
电力份额 (%)



### 日本与世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展



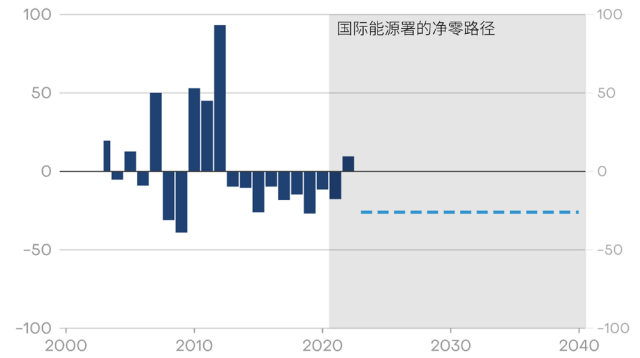
日本需要在 2035 年之前实现国际能源署《净零排放方案》所示的电力行业的净零排放，才能在 2050 年之前实现整体经济净零排放的承诺。日本电力行业需要每年减少 3,600 万吨的排放量。这需要将自 2015 年以来的减排速度提升近三倍，每年需要减少 1,300 万吨二氧化碳，以降低年平均排放量。若要达到国际能源署路径的里程碑，日本还需要提高其可再生能源目标（目前设定为到 2030 年占比达到 36-38%）。

2022 年，七国集团（包括日本）承诺到 2035 年实现电力行业“完全或基本”脱碳。然而，与其他国家相比，日本在可再生能源雄心方面远远落后。如果经济产业省 (METI) 从 2021 年 10 月开始实施的战略能源计划得到实施，随着日本寻求重新启动许多闲置的核反应堆，清洁能源将会增加。然而，该国大力推行的氨共烧可能会最终证明是一种高成本且低效的减排方法。更令人担忧的是，这种“另辟蹊径”还可能会减缓东南亚的转型，因为根据一项合作协议，日本将支持东盟国家采用氨煤共烧。

### 日本电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

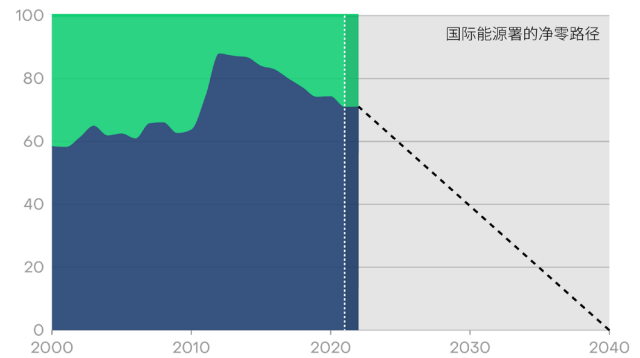
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 日本电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁

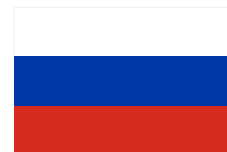


数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 俄罗斯

## 2022年电力趋势



俄罗斯电力行业的二氧化碳排放量居世界第五位，在 2022 年排放 4.09 亿吨二氧化碳，占全球发电排放总量的 3.3%。

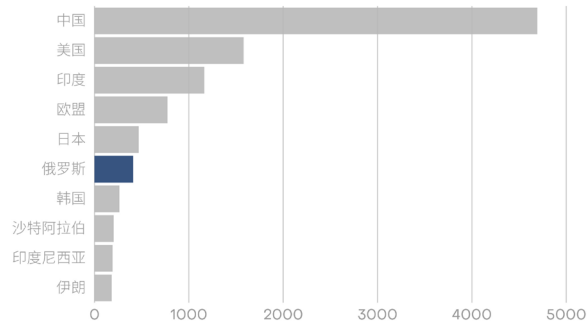
俄罗斯 61% 的电力来自化石燃料发电：18% (197 TWh) 来自燃煤发电，43% (479 TWh) 来自天然气发电，0.7% (8.1 TWh) 来自其他化石燃料发电。风力和太阳能发电仅占其电力结构的 0.7% (8.3 TWh)。水电 (18%，196 TWh) 和核电 (20%，226 TWh) 也发挥着重要作用。

俄罗斯排放强度为 367 gCO<sub>2</sub>/kWh，低于全球平均水平的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh。其人均年需求量为 7.6 MWh，约为世界平均水平 3.6 MWh 的两倍。俄罗斯电力行业的人均二氧化碳排放量为 2.8 吨，高于全球人均 1.6 吨的排放量。

# 全球背景

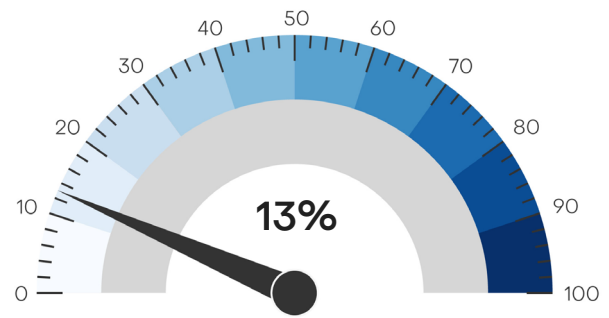
## 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO2)



## 俄罗斯的电气化

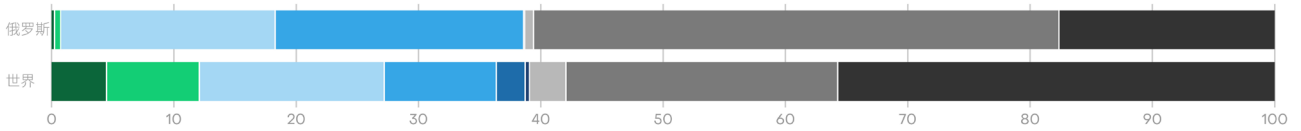
电力占最终能源消费的百分比 (%)



## 俄罗斯与世界 - 电力结构

电力份额 (%)

■ 太阳能   
 ■ 风能   
 ■ 水电   
 ■ 核电   
 ■ 生物能源   
 ■ 其他可再生能源   
 ■ 其他化石燃料   
 ■ 天然气   
 ■ 煤电

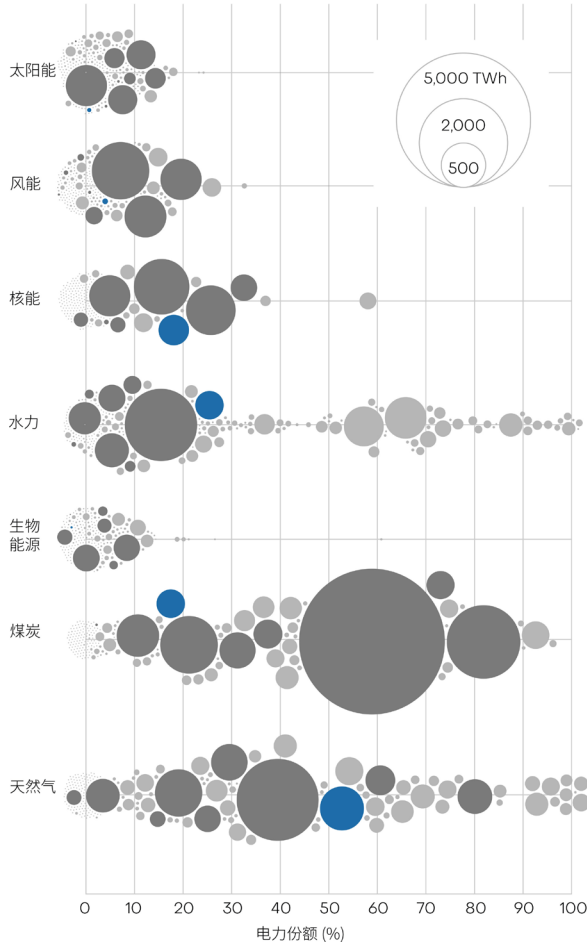


## 俄罗斯与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

气泡大小代表发电量 (TWh)

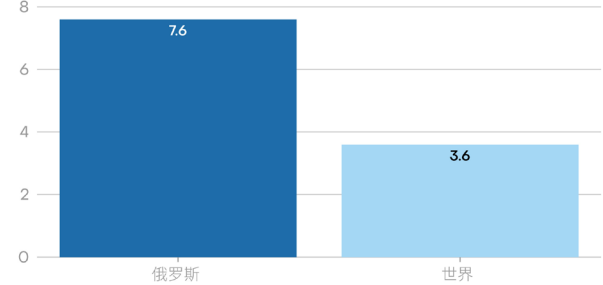
● 俄罗斯   
 ● 前十大排放国家/地区   
 ● 其他国家



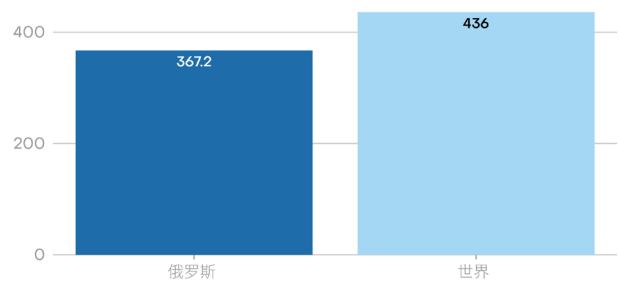
## 俄罗斯与世界 - 排放和需求

● 中国 ● 世界

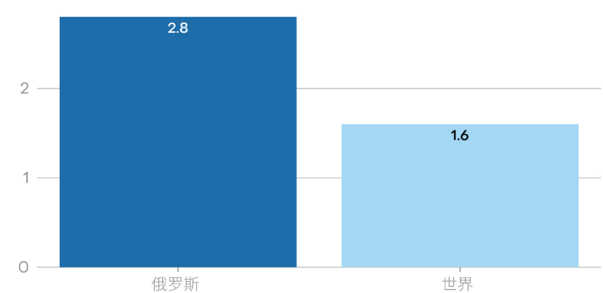
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO2/kWh)



人均排放量 (tCO2)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 2022年的变化

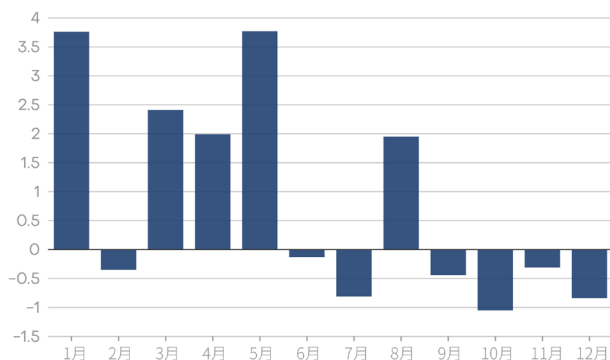
2022年，俄罗斯电力需求小幅增长0.8% (+9.1 TWh)，从2021年的1,093 TWh增加到1,102 TWh。这低于2.5%的全球需求变化，也低于2010年至2021年俄罗斯1.1%的平均需求增长率。

俄罗斯电力行业的排放量增加了2.4% (+970万吨二氧化碳)，达到4.09亿吨二氧化碳，超过了去年创下的最高纪录。这一增幅高于全球电力行业1.4%的排放量增幅。俄罗斯的排放量增长超过了电力需求的增长，后者于2022年增长了0.8% (+9.1 TWh)。

由于气候干旱，水力发电量与2021年相比下降了8.8% (-19 TWh)。为了满足更高的需求，化石燃料发电量有所增长，其中天然气发电量增长2.7% (+13 TWh)，燃煤发电量增长2.4% (+4.5 TWh)。核能发电量也温和增长1.8% (+4 TWh)。风力发电量增长了44%，但相对较低的绝对发电量意味着仅增加了1.7 TWh。太阳能发电量的增长更低，仅增长了0.3 TWh (+15%)。这些变化只导致俄罗斯电力结构出现轻微的变化。天然气发电量在电力结构中的占比从42%增加到43%，而水力发电量下降，使其在电力结构中的占比从19%降低到18%。风力和太阳能发电量仅占电力结构的0.7% (+0.2个百分点)。

### 俄罗斯排放月度变化

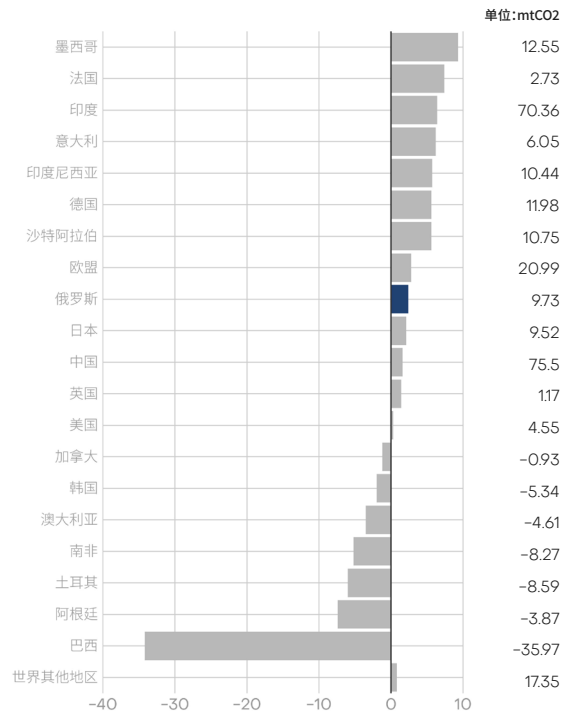
二氧化碳排放量同比变化(%)



数据来源: Ember

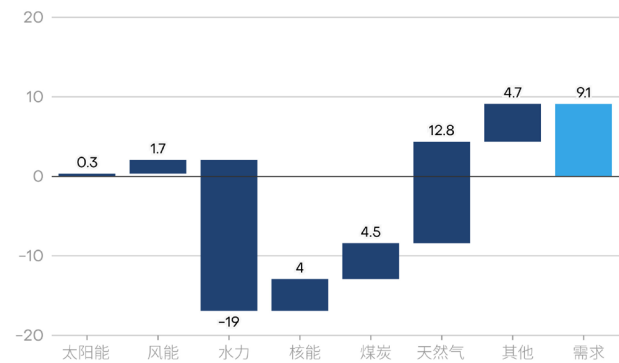
### G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



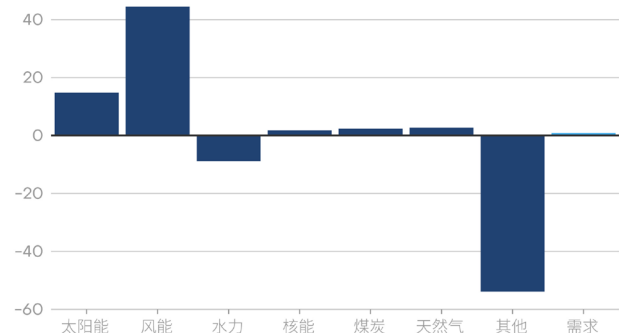
### 俄罗斯发电量变化

发电量同比变化(TWh)



### 俄罗斯发电量变化

发电量同比变化(%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

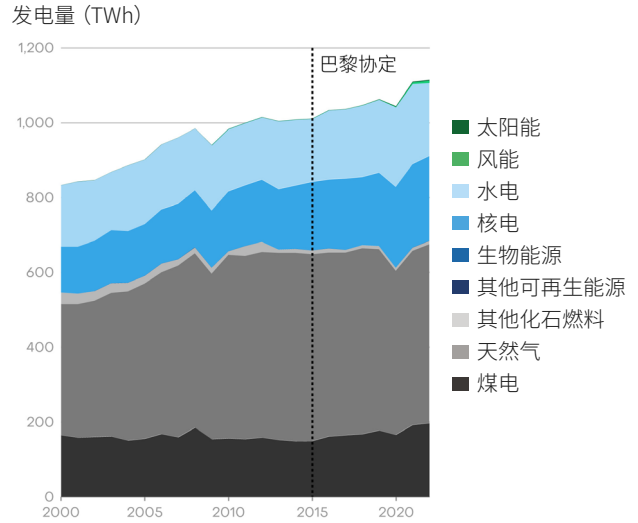
## 长期趋势

俄罗斯的年电力需求从 2000 年的 819 TWh 增长到 2022 年的 1,102 TWh，增长了 34%。该增长远低于同期全球需求变化 (+90%)。自 2000 年以来，俄罗斯电力行业的排放量也有所增长 (+22%)。

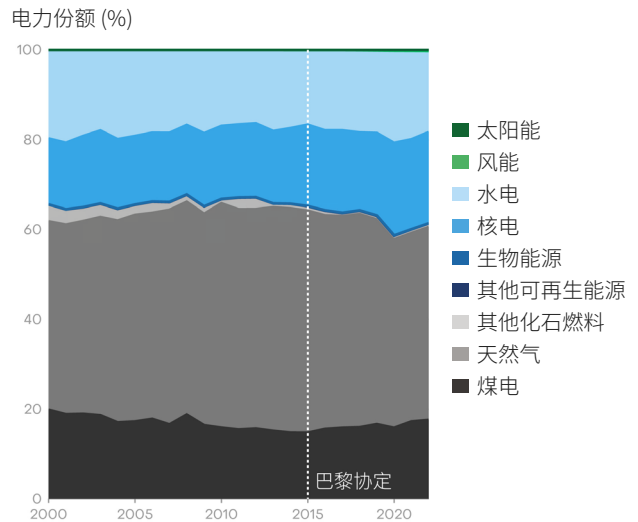
在过去 20 年里，俄罗斯的电力结构几乎没有变化。额外的需求主要通过天然气发电量的增长来满足 (+37%，+129 TWh)，但其在电力结构中的占比几乎保持不变，为 43% (2000 年为 42%)。其他电力来源在电力结构中的占比也几乎没有变化。因此，目前的排放强度 (367 gCO<sub>2</sub>/kWh) 仅略低于 2000 年 (402 gCO<sub>2</sub>/kWh)。

同样，自《巴黎协定》签署以来，电力结构几乎没有变化。风力和太阳能发电量占比从 0.05% 上升到 0.7%。同期，俄罗斯风力和太阳能发电量的全球占比从 4.6% 上升到 12.1%，落后于其他国家。由于额外需求叠加 2015 年以来清洁能源增长乏力，俄罗斯电力行业的年排放量增加了 2,900 万吨。

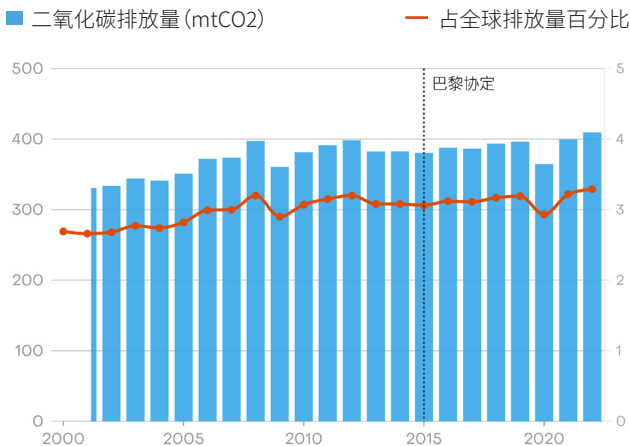
### 俄罗斯发电量



### 俄罗斯电力结构

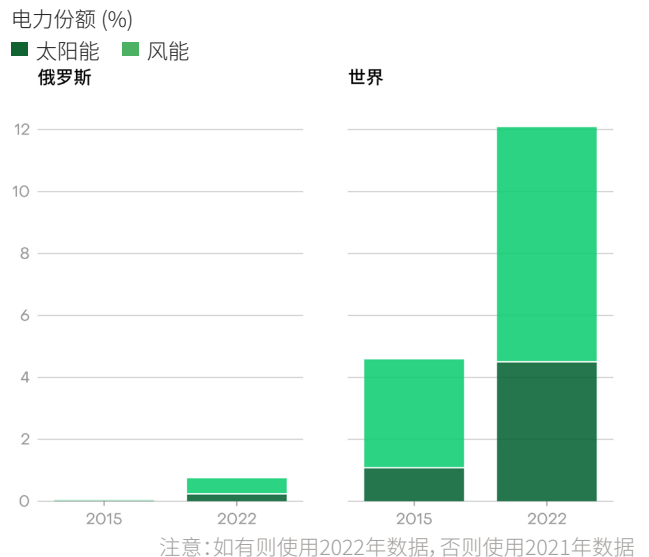


### 俄罗斯电力行业排放



数据来源: Ember

### 俄罗斯与世界 - 风力和太阳能发电份额





## 净零目标取得的进展

到 2040 年，俄罗斯电力行业的二氧化碳排放量需要从目前的 4.09 亿吨降至零，才能与[国际能源署的《净零排放方案》](#)保持一致。要实现这一目标，排放量需要每年减少 2,300 万吨，方可扭转自 2015 年以来二氧化碳排放量平均每年增长 410 万吨的趋势。

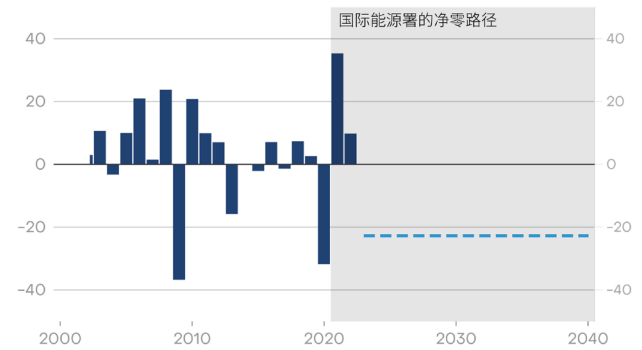
在 2020 年国家自主贡献中，俄罗斯承诺利用“森林和其他生态系统可能的最大吸收能力”，到 2030 年将排放量维持在比 1990 年水平[低 30%](#) 的水平。其并未做出任何减少电力行业排放的承诺。

俄罗斯制定了到 [2060 年](#) 实现净零排放的目标，这一目标不如许多其他发达经济体雄心勃勃，不足以将全球温升限制在 1.5°C 以内。

### 俄罗斯电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

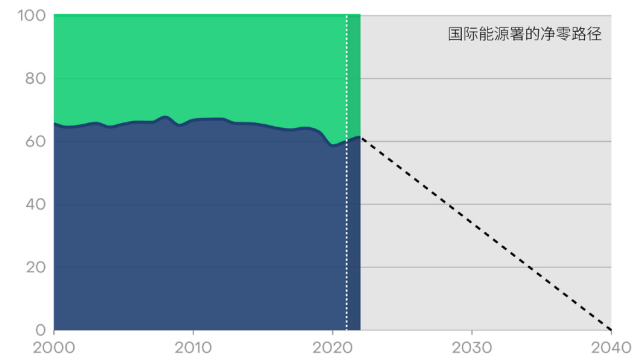
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 俄罗斯电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁



数据来源: Ember

注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据

# 韩国

## 2022年电力趋势



韩国电力行业的二氧化碳排放量在全球排名第六。该国电力行业排放 2.64 亿吨二氧化碳，占 2022 年全球发电排放总量的 2.1%。作为亚洲最发达的经济体之一，韩国在减少导致气候危机的排放方面负有更大的责任。然而，在风力和太阳能发电的发展方面，其仍落后于经合组织的其他成员国。此外，韩国对进口化石燃料的严重依赖，不仅加剧了气候风险，还加剧了能源安全风险。

2022 年，韩国 63% 的电力来自化石燃料发电：34% 来自燃煤发电 (206 TWh)，28% 来自天然气发电 (170 TWh)，1% 来自其他化石燃料发电 (6 TWh)。核电是最大的清洁能源，占韩国电力的 28% (169 TWh)。风力和太阳能发电量占其电力结构的 5.4% (32 TWh)，其余电力来自水电 (0.6%，3.6 TWh) 和生物能源发电 (3.1%，19 TWh)。

韩国的排放强度为 436 gCO<sub>2</sub>/kWh，与全球平均水平相当。然而，该国人均年需求量为 12 MWh，是世界平均水平 3.6 MWh 的三倍多。由于电力需求较高，韩国电力行业的人均排放量 (5 吨二氧化碳) 是全球平均水平 (1.6 吨二氧化碳) 的三倍。

“燃煤发电占比创下历史新低，使韩国电力行业的排放强度降至与全球水平相当的水平。该迹象表明韩国正在进行脱碳，尽管幅度较小。虽然必须加快和扩大减排，但最近可再生能源目标的向下调整将产生相反的效果。”

**Uni Lee**

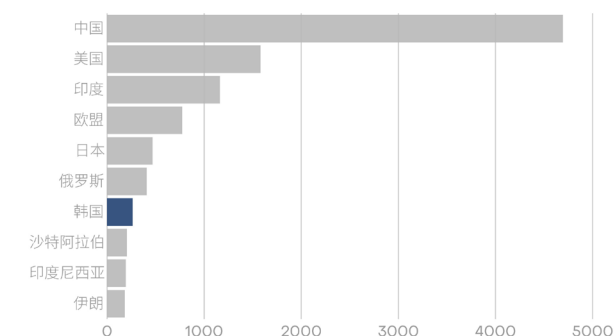
Ember 数据分析师



## 全球背景

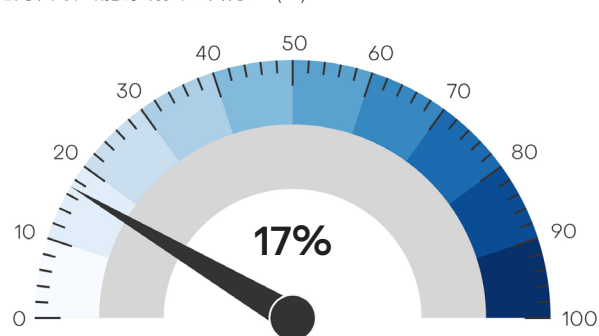
### 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



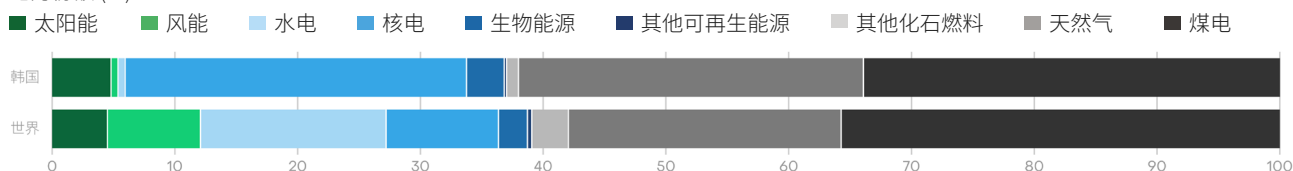
### 韩国的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



### 韩国与世界 - 电力结构

电力份额 (%)

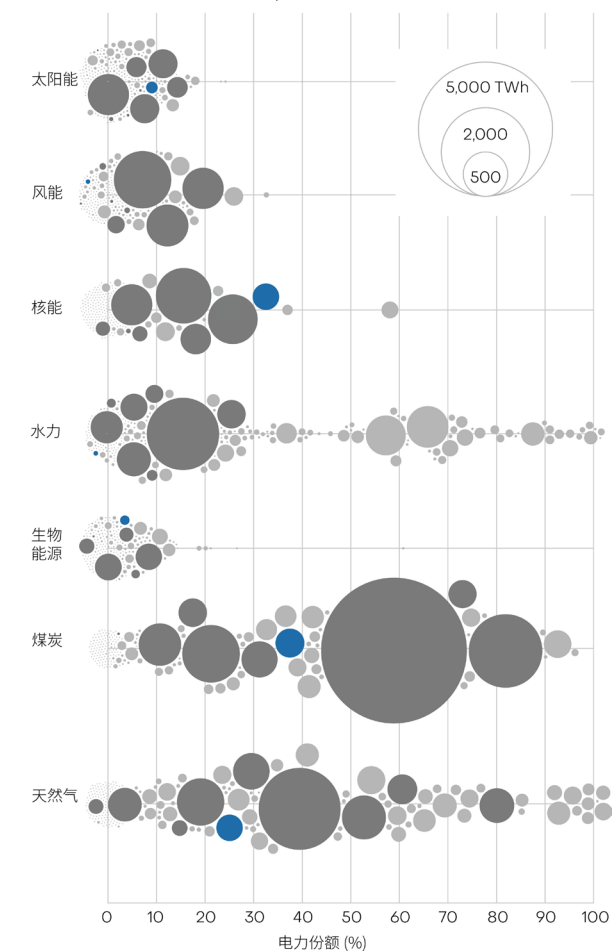


### 韩国与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

气泡大小代表发电量 (TWh)

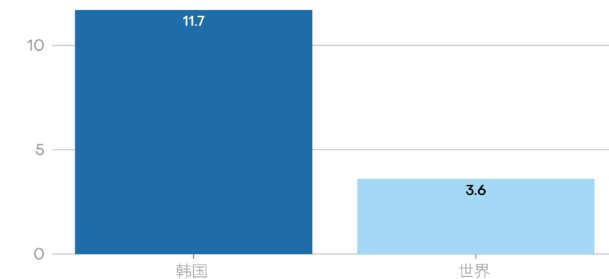
● 韩国 ● 前十大排放国家/地区 ● 其他国家



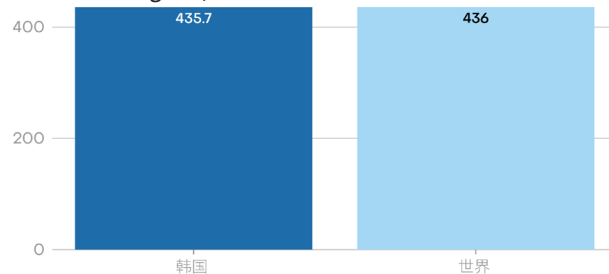
### 韩国与世界 - 排放和需求

● 韩国 ● 世界

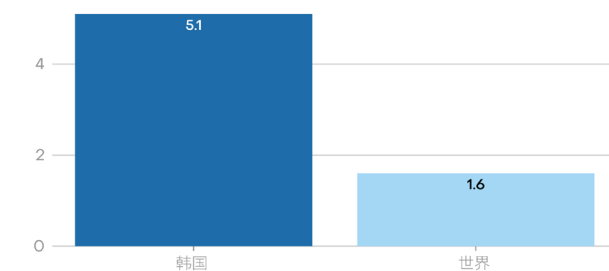
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



人均排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

由于清洁能源的增加和化石燃料发电量的下降，与2021年相比，韩国电力行业的排放量下降了2% (-530万吨二氧化碳)。相比之下，全球电力行业的排放量上升了1.3%。因此，其排放强度降至436 gCO<sub>2</sub>/kWh的历史最低水平。

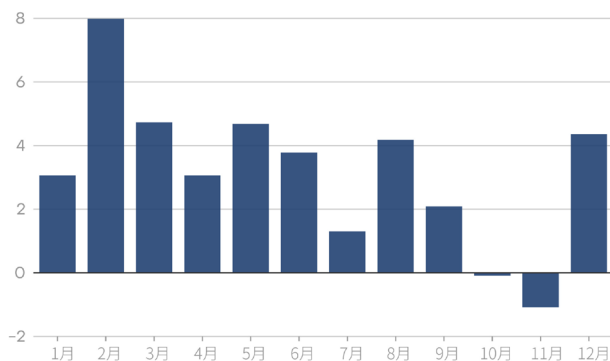
今年排放量的下降值得注意，因为这是在电力需求增长了3.1%(+18 TWh)的情况下实现的。这与全球2.5%的需求变化大致相当。需求增长的一个关键驱动因素是7月、8月和12月的极端气温，这导致需求高峰达到历史最高水平。

煤电下降2.1% (-4.4 TWh)，在电力结构中的占比达到34%的历史低点。天然气发电下降2.7% (-4.7 TWh)，其他化石燃料发电下降15% (-1 TWh)。化石燃料发电量的下降可以归因于化石天然气价格的上涨以及该国在空气污染严重的季节遏制燃煤发电的政策。

清洁能源发电量的增长(+14%，+28 TWh)足以满足整个需求增长(+18 TWh)，并弥补了化石燃料发电量的下降(-10 TWh)。在清洁能源中，核电的绝对增长量最大(+18 TWh)，增长了12%。核电站的定期维护被取消，以满足需求的增长，同时弥补煤炭和天然气发电量的下降。太阳能(+21%，+5.1 TWh)和风力发电量(+6%，+0.2 TWh)也大幅增长。

### 韩国排放月度变化

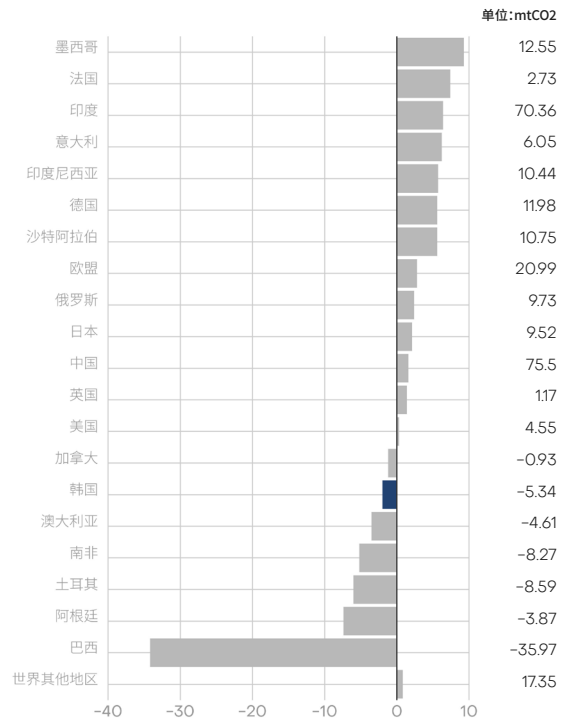
二氧化碳排放量同比变化(%)



数据来源: Ember

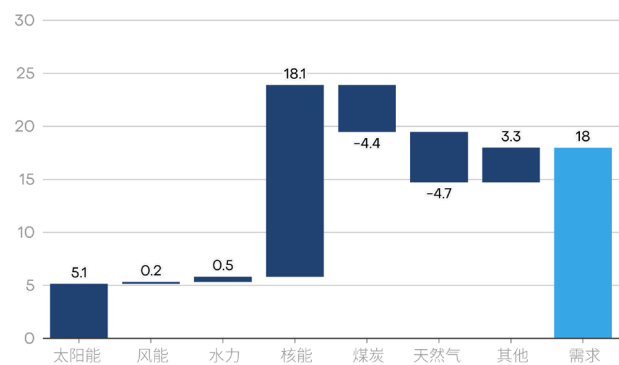
### G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



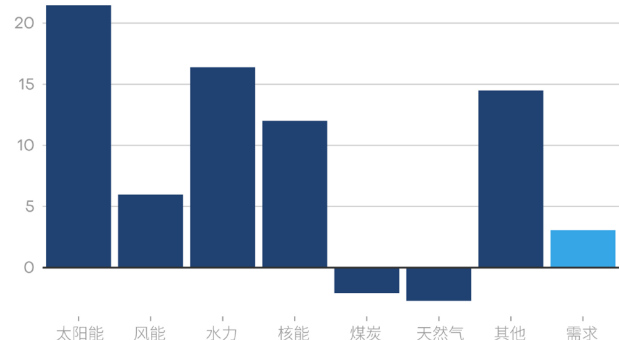
### 韩国发电量变化

发电量同比变化(TWh)



### 韩国发电量变化

发电量同比变化(%)



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

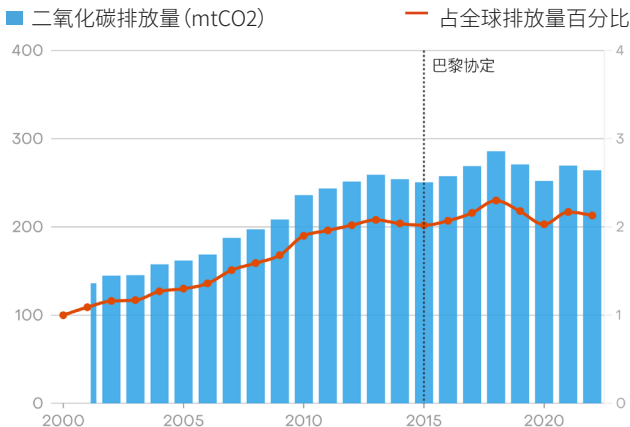
韩国 2022 年的发电排放强度 (436 gCO<sub>2</sub>/kWh) 略低于 2000 年的水平 (454 gCO<sub>2</sub>/kWh)，反映出其对化石燃料发电依赖下降的长期趋势。然而，在过去 20 年里，清洁能源发电的增长速度不足以满足其需求的增长，导致电力行业的排放量翻了一番，达到 2.64 亿吨二氧化碳。

自 2000 年以来，韩国的电力需求增长了一倍多，达到 607 TWh。为满足该不断增长的需求，化石燃料发电量也在同期增长了一倍多 (+217 TWh)。在过去的 20 年里，天然气发电量增长了 6 倍，其占比增长了两倍，达到 28%。燃煤发电量的绝对值几乎翻了一番，但其占比降至 34%，比 2000 年下降了 5 个百分点。

清洁能源的增长速度低于化石燃料，清洁能源发电量的占比从 2000 年的 39% 下降到 2022 年的 37%。在此期间，核电在燃料结构中的占比下降幅度最大。到 2022 年，这一比例下降了 9 个百分点，至 28%，尽管其绝对发电量增长了 63%。

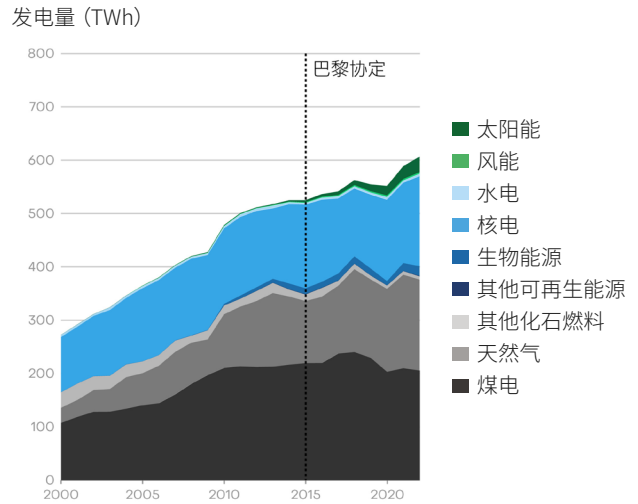
2015 年，风力和太阳能发电量占总发电量的比例不到 1%。此后，风力和太阳能发电量持续增长，目前已占电力结构的 5.4%。尽管如此，韩国的太阳能和风力发电占比仍是日本和全球平均水平的一半，后者在 2022 年分别达到 11% 和 12%。

### 韩国电力行业排放

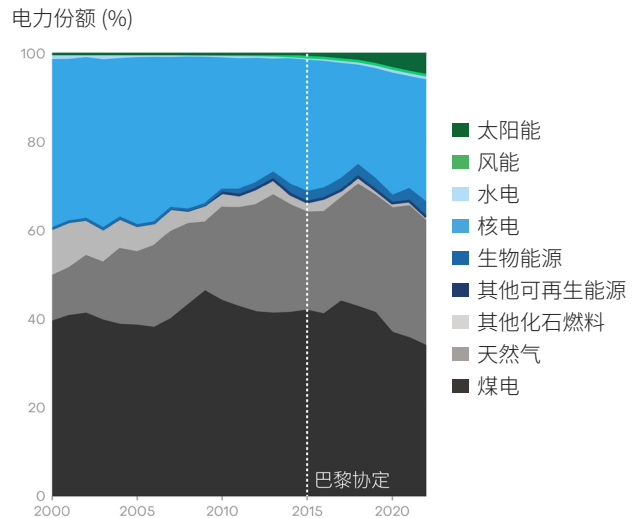


数据来源: Ember

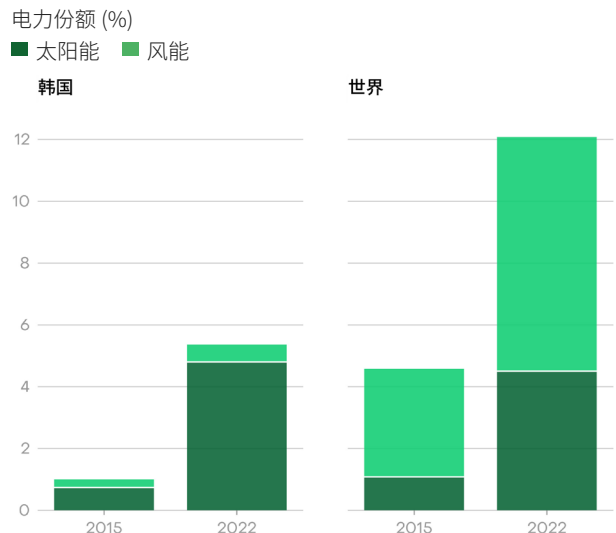
### 韩国发电量



### 韩国电力结构



### 韩国与世界 - 风力和太阳能发电份额



注意: 如有则使用 2022 年数据, 否则使用 2021 年数据



## 净零目标取得的进展



若要符合国际能源署的《净零排放方案》，韩国需要在2035年之前实现电力行业的净零排放。这意味着，从2023年开始，韩国电力行业需要每年减少2,000万吨二氧化碳的排放。然而，自2015年以来，韩国的二氧化碳排放每年增加200万吨。迅速扭转排放量上升的趋势已经迫在眉睫。

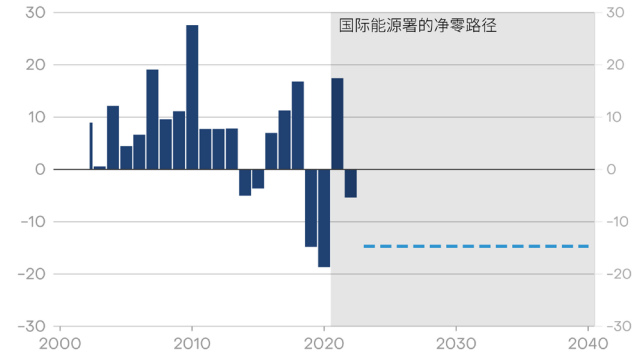
根据《应对气候危机碳中和绿色发展基本法》，韩国制定了一个目标，在2018年的基础上减少44%的电力行业排放量，到2030年达到1.5亿吨二氧化碳。

然而，韩国的清洁能源目标远低于国际能源署的路径建议。在最近公布的《第10个长期电力供需基本计划》中，韩国设定了到2036年将可再生能源和核电的占比分别提高到31%和35%的目标。为了达到净零排放，必须提高清洁能源的政策目标，同时增加对清洁能源生产商的监管和财政支持。

### 韩国电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

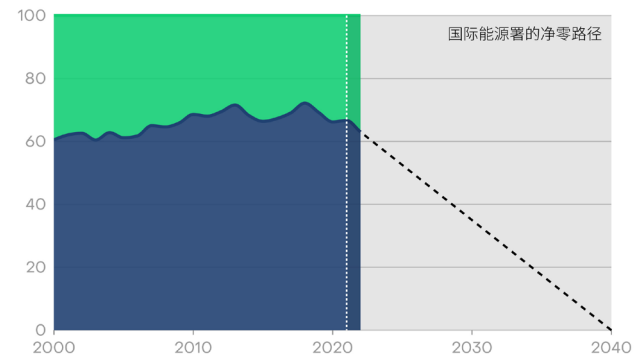
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 韩国电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



# 沙特阿拉伯

## 2022年电力趋势



沙特阿拉伯 2022 年的电力数据尚未获得。本节将重点分析 2021 年的可用数据。

2021 年，沙特阿拉伯电力行业的排放量全球排名第八。其二氧化碳排放量为 2.04 亿吨，相当于全球电力行业排放量的 1.7%。

沙特阿拉伯的电力几乎全部来自化石燃料发电 (99.8%)。天然气发电量占电力总量的 61% (216 TWh)，石油发电量占 39% (140 TWh)。该国不采用燃煤或核能发电，也几乎没有可再生能源。沙特阿拉伯的石油发电量比其他任何国家都多。

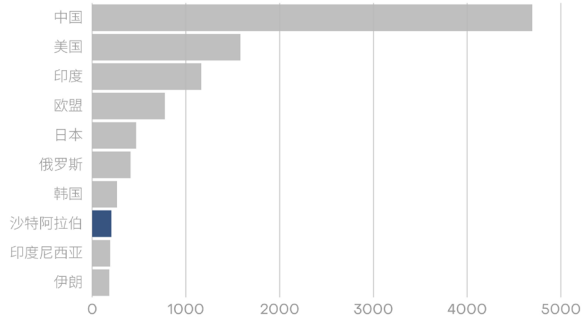
与全球平均水平 (441 gCO<sub>2</sub>/kWh) 相比，沙特阿拉伯的电力排放强度明显更高 (571 gCO<sub>2</sub>/kWh)，人均需求 (9.9 MWh) 几乎是全球平均水平 (3.5 MWh) 的三倍。这意味着沙特阿拉伯电力行业的人均排放量 (5.7 吨二氧化碳) 是全球平均水平 (1.6 吨二氧化碳) 的 3.5 倍。

沙特阿拉伯承诺，到 2030 年，该国 50% 的电力将来自可再生能源，而 2021 年这一比例不到 0.2%。迄今，落实情况仍落后于沙特政府的倡议和承诺，该国仍然是主要经济体中风力和太阳能发电占比最低的国家之一。

全球背景

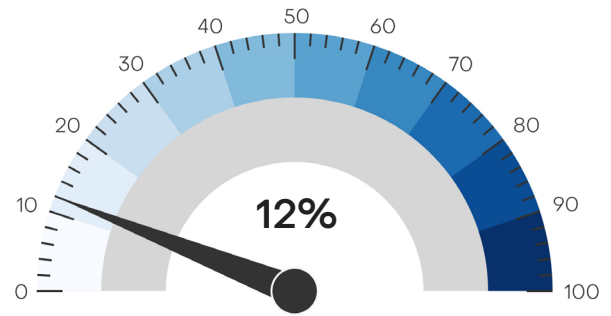
电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO2)



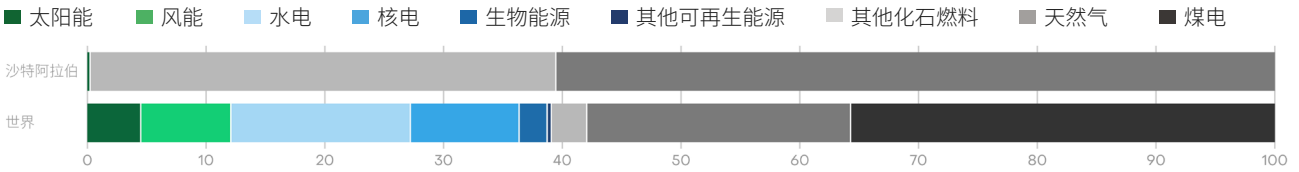
沙特阿拉伯的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



沙特阿拉伯与世界 - 电力结构

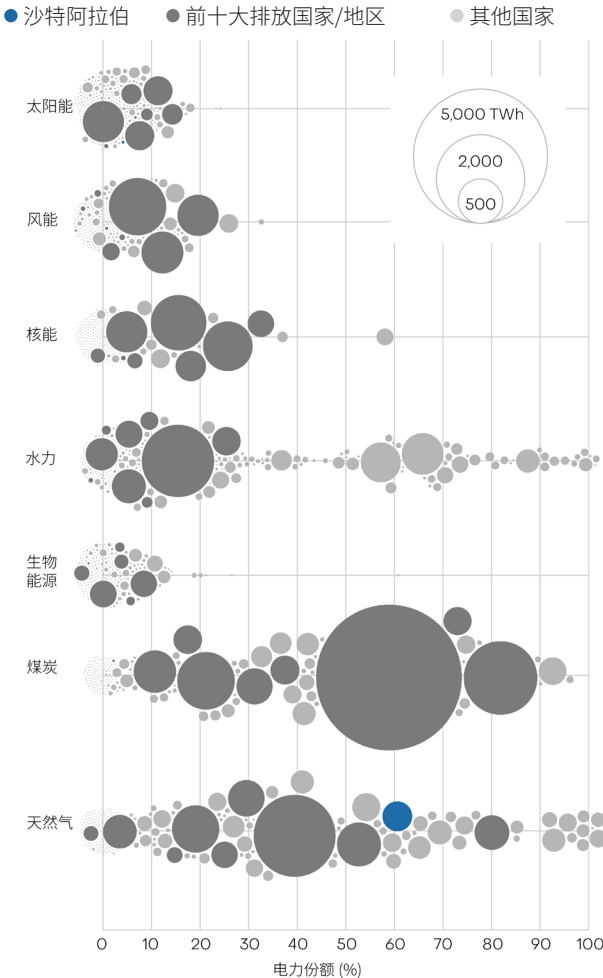
电力份额 (%)



沙特阿拉伯与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

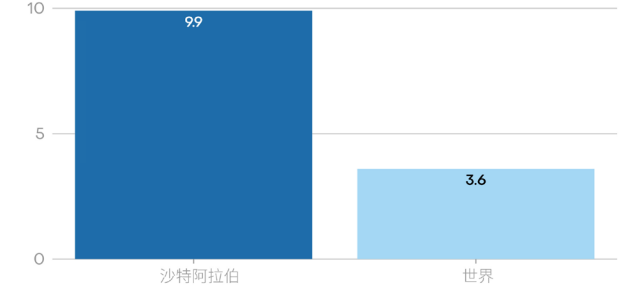
气泡大小代表发电量 (TWh)



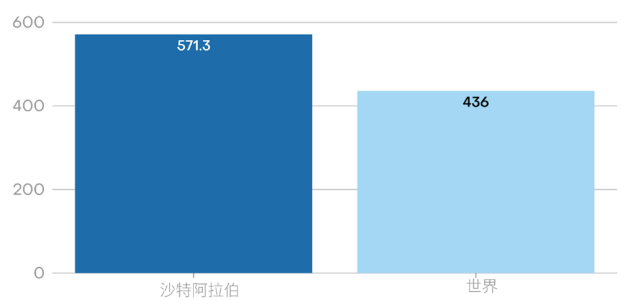
沙特阿拉伯与世界 - 排放和需求

● 沙特阿拉伯 ● 世界

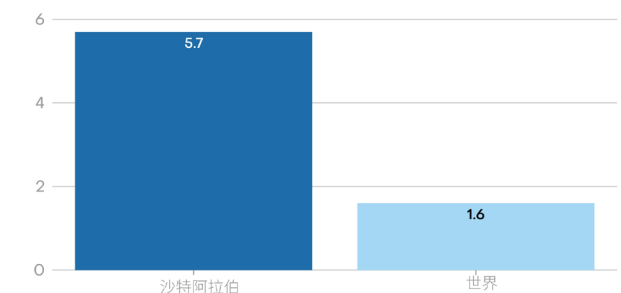
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO2/kWh)



人均排放量 (tCO2)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 2021年的变化

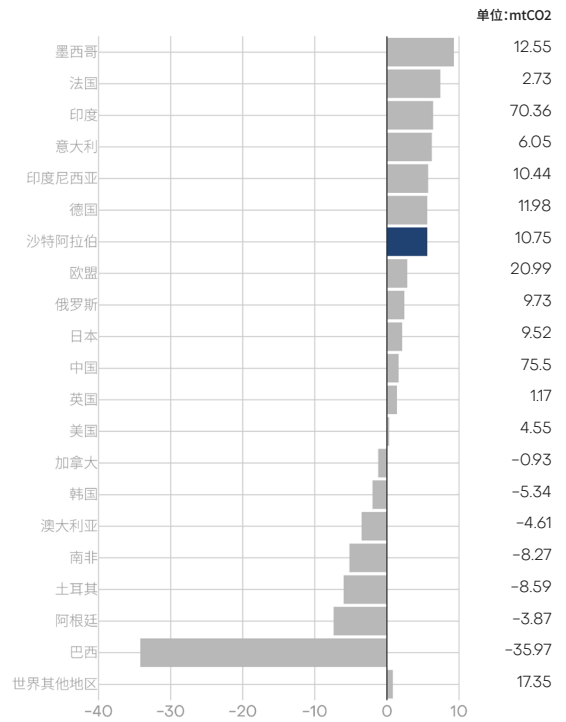
沙特阿拉伯电力行业的排放量在 2021 年增长了 5.6% (+1,100 万吨二氧化碳)，增长速度高于全球电力行业的排放量，后者在 2021 年保持稳定。

2021 年，沙特阿拉伯的电力需求增长了 5.5% (+19 TWh)，高于全球 5.9% 的增长速度。这也高于该国 2010 年至 2020 年的平均增长率 (3.7%)。

天然气发电量增长 4.3% (+8.9 TWh)，满足了电力需求增长的一半。这意味着天然气发电量创下历史新高 (216 TWh)，超过先前于 2020 年达到的高位 (207 TWh)。其他化石燃料 (主要是石油) 发电量也显著增加了 6.9% (+9.1 TWh)。虽然太阳能发电量增加了近 4 倍，但这仍然只增加了 0.6 TWh。

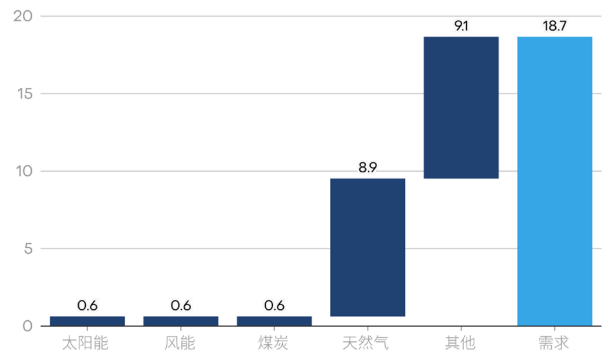
## G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化 (%)



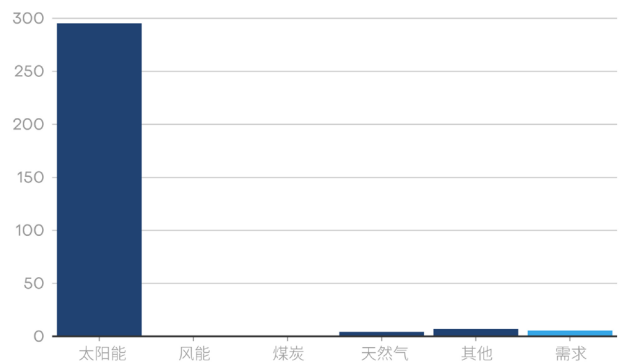
## 沙特阿拉伯发电量变化

发电量同比变化 (TWh)



## 沙特阿拉伯发电量变化

发电量同比变化 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

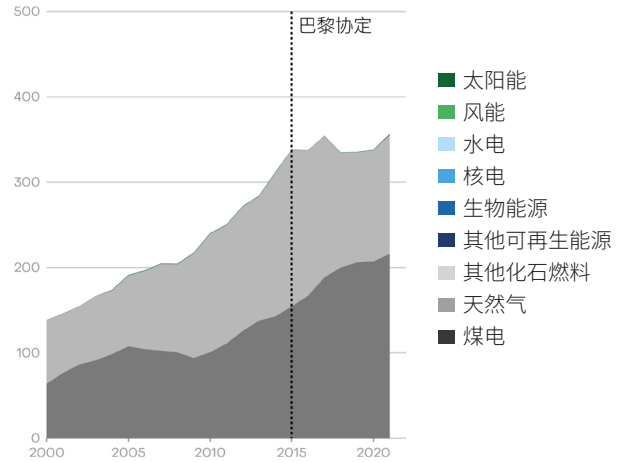
沙特阿拉伯的电力需求在过去 20 年里增长了一倍多，从 2000 年的 139 TWh 增加到 2021 年的 356 TWh。由于该国的发电结构几乎完全基于化石燃料，其排放强度仅略有改善，从 603 gCO<sub>2</sub>/kWh 降至 571 gCO<sub>2</sub>/kWh。需求增长叠加电网排放强度的变化不大，意味着电力行业的二氧化碳排放量从 2000 年的 8,400 万吨增加到 2021 年的 2.04 亿吨，增加了一倍多。

沙特电力行业的排放量基本保持稳定，从 2015 年到 2021 年仅下降了 0.3% (-60 万吨二氧化碳)。自 2015 年以来，电力需求的增长主要来自天然气发电量的增长 (+40%)，而不是碳密集型石油 (下降 24%)。

其电力结构中几乎完全没有可再生能源，因此排放量并未下降。太阳能发电力占沙特阿拉伯电力的 0.2%。这与世界其他地区的快速增长形成了鲜明对比：从 2015 年到 2021 年，太阳能和风力发电量占全球电力的比重从 4.6% (1083 TWh) 增长到 10.4% (2887 TWh)，增长了一倍多。

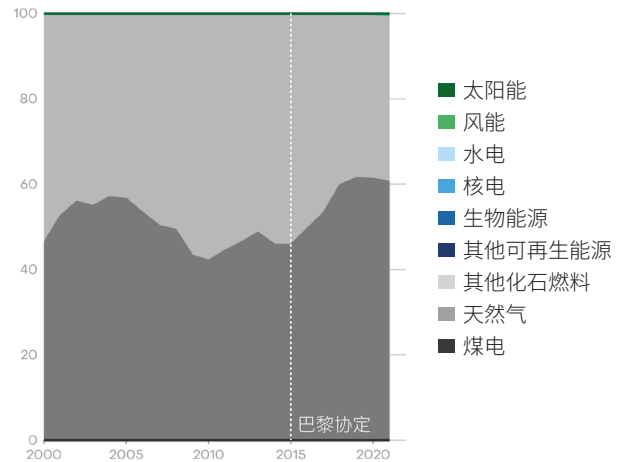
### 沙特阿拉伯发电量

发电量 (TWh)



### 沙特阿拉伯电力结构

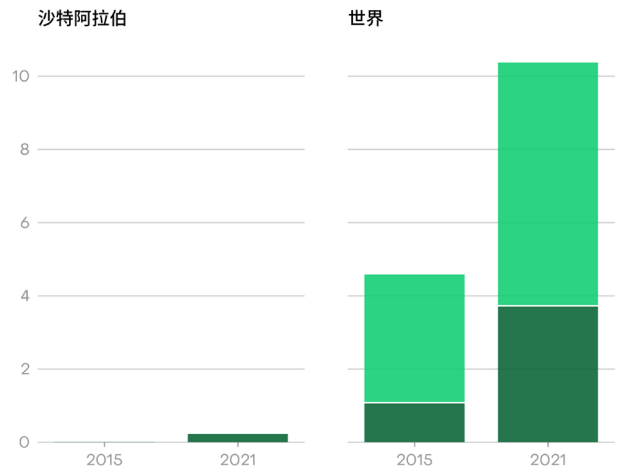
电力份额 (%)



### 沙特阿拉伯与世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)

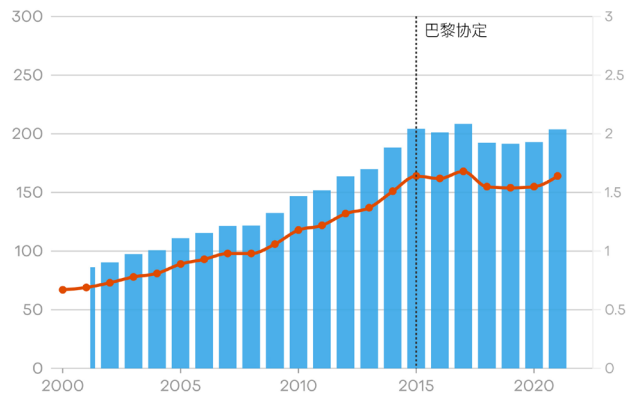
■ 太阳能 ■ 风能



### 沙特阿拉伯电力行业排放

■ 二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)

— 占全球排放量百分比



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 净零目标取得的进展



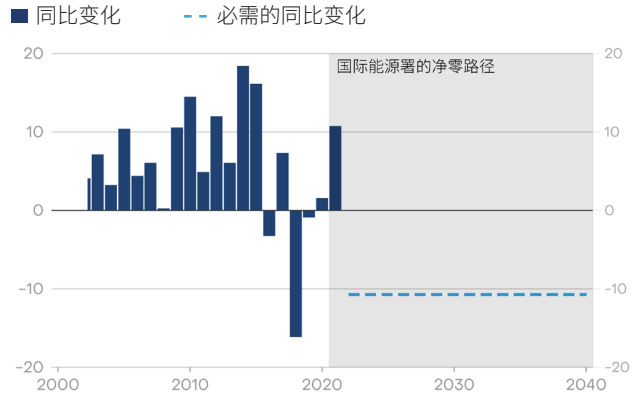
根据国际能源署的《净零排放方案》，到 2040 年，沙特阿拉伯需要所有的电力都来自清洁能源，以实现电力行业的净零排放。

沙特阿拉伯 2021 年的电力行业排放量与 2015 年基本持平。到 2040 年，电力行业的二氧化碳排放量要从目前的 2.04 亿吨降至零，每年的排放量需要减少 1,100 万吨。

沙特阿拉伯承诺，到 2030 年，该国 50% 的电力将来自可再生能源，而目前这一比例几乎为零。根据该轨迹，到 2040 年有望实现 100% 清洁能源。然而，现在需要迅速将承诺转化为行动，以实现这一目标。

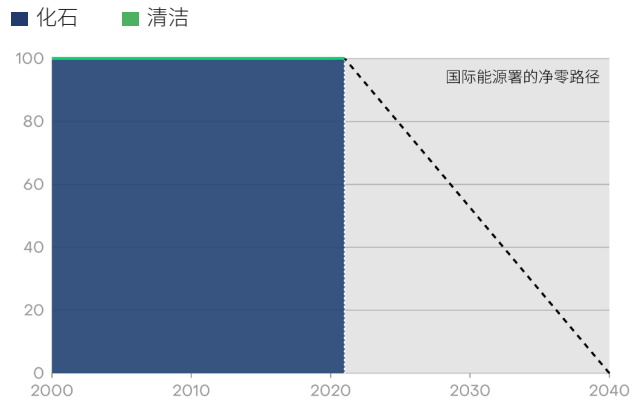
## 沙特阿拉伯电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)



## 沙特阿拉伯电力结构

电力份额 (%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 印度尼西亚

## 2022年电力趋势



印度尼西亚 2022 年的电力数据尚未获得。本节将重点分析 2021 年的可用数据。

2021 年，印度尼西亚电力行业的二氧化碳排放量为 1.93 亿吨，居世界第九。2021 年，这一数字占电力行业全球排放量的 1.6%。

印度尼西亚 82% 的电力来自化石燃料。煤电占比最大，在 2021 年占总电力结构的 61% (190 TWh)。天然气发电量占 18% (56 TWh)，其他化石燃料发电量占 2.1% (6.7 TWh)。可再生能源合共只提供 18% 的电力。水力发电量占 8% (25 TWh)，生物能源发电量占 4.9% (15 TWh)。其他可再生能源（主要是地热）发电量占 5.2% (16 TWh)。风力 (0.4 TWh) 和太阳能发电量 (0.2 TWh) 均仅占 0.1%。

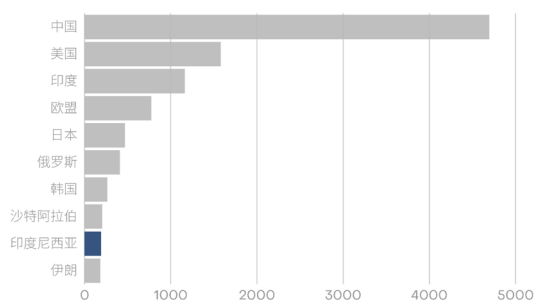
因此，印度尼西亚是世界上排放强度最高的国家之一，达 623 gCO<sub>2</sub>/kWh，而 2021 年全球排放强度为 441 gCO<sub>2</sub>/kWh。然而，该国人均 1.1 MWh 的年需求量仅为全球人均需求量 3.5 MWh 的三分之一。这意味着，尽管排放强度很高，但人均排放量 (0.7 吨二氧化碳) 仅为全球平均水平 1.6 吨二氧化碳的一半。

2021 年，电力占印度尼西亚最终能源消费的 13%，随着交通、供暖和工业等部门的电气化加速，这一比例预计将增加。

# 全球背景

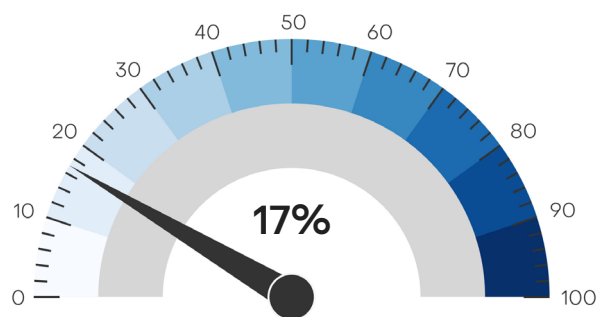
## 电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)



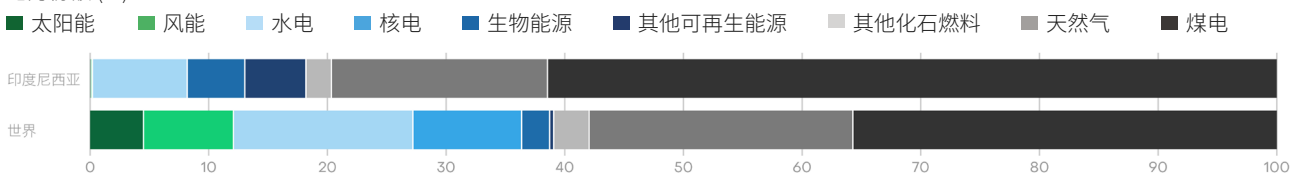
## 印度尼西亚的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



## 印度尼西亚与世界 - 电力结构

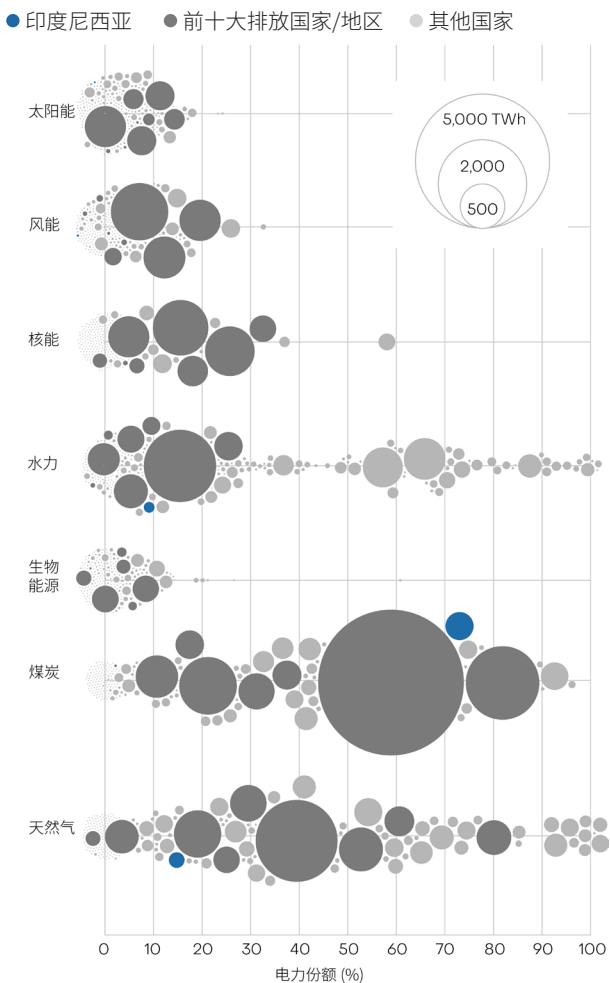
电力份额 (%)



## 印度尼西亚与世界 - 电力来源

电力份额 (%)

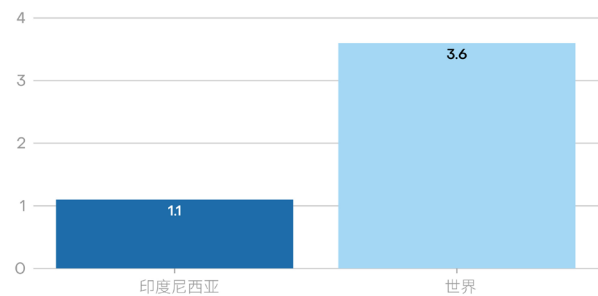
气泡大小代表发电量 (TWh)



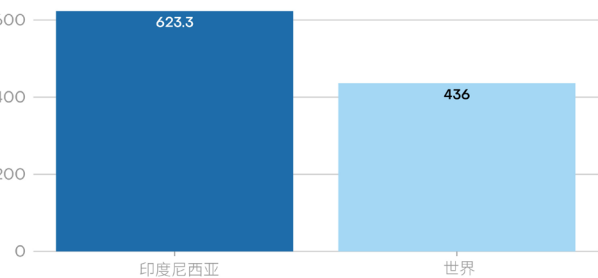
## 印度尼西亚与世界 - 排放和需求

● 印度尼西亚 ● 世界

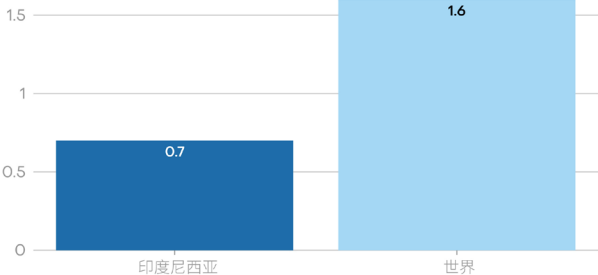
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO<sub>2</sub>/kWh)



人均排放量 (tCO<sub>2</sub>)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 2021年的变化

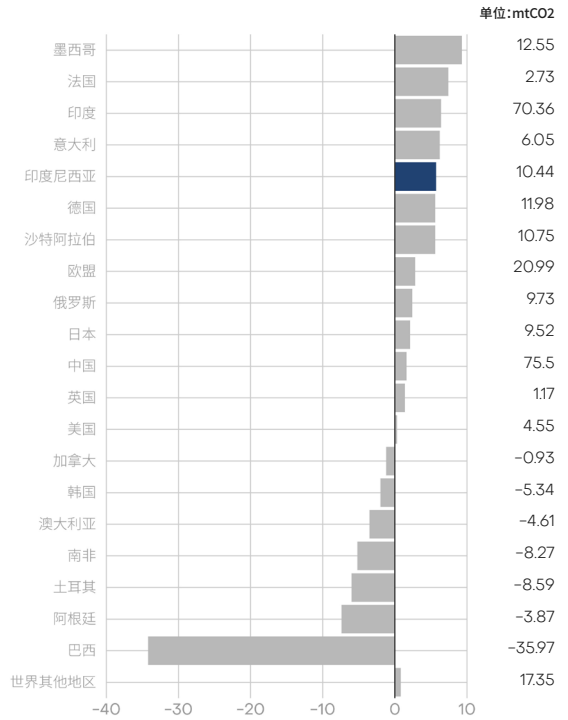
印度尼西亚 2021 年的电力需求比 2020 年增长 5.7% (+17 TWh)。这略低于 2021 年 5.9% 的全球需求变化，但高于印度尼西亚 2010 年至 2020 年 2.6% 的平均需求增长率。

由于需求增长和化石燃料发电量在电力结构中的高占比，印度尼西亚电力行业的排放量增加了 5.7% (+1,000 万吨二氧化碳)。这略低于 2021 年全球 7% 的排放量增幅。

燃煤发电、天然气发电和生物能源发电满足了大部分新增需求。燃煤发电量增加 5% (+9.1 TWh)，天然气发电量增长 9.7% (+5 TWh)。生物能源发电量增长 21% (+2.6 TWh)。水电的绝对增幅很小 (+1.5%，+0.4 TWh)，其他可再生能源发电量也是如此 (+2.2%，+0.3 TWh)。太阳能发电量增加 0.02 TWh——考虑到印度尼西亚太阳能发电水平较低，增幅达 12%。风力发电量略微下降 6.4% (-0.03 TWh)。

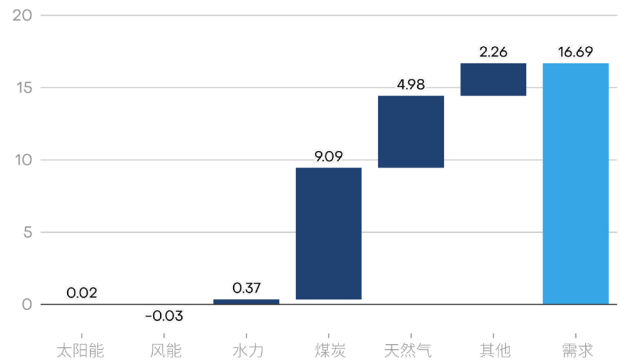
## G20电力行业排放的变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



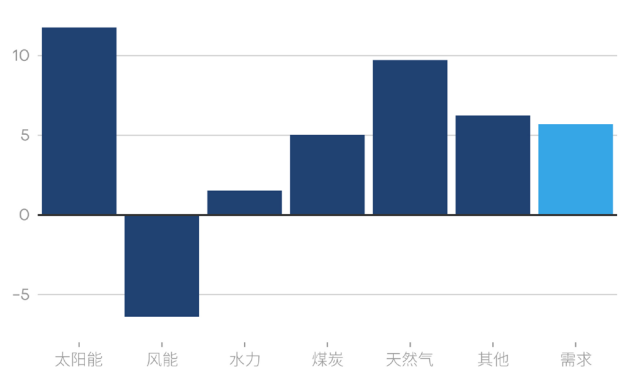
## 印度尼西亚发电量变化

发电量同比变化(TWh)



## 印度尼西亚发电量变化

发电量同比变化(%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 长期趋势

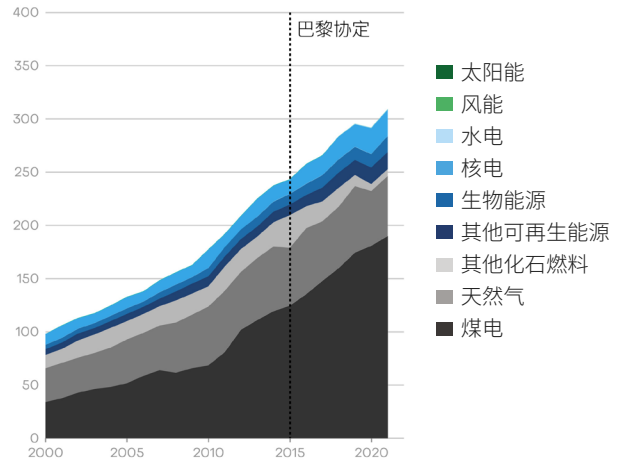
印度尼西亚在过去 20 年经历了强劲的需求增长。自 2000 年以来，其电力需求增长了两倍多 (+216%，+212 TWh)，从 2000 年的 98 TWh 增加到 2021 年的 310 TWh。同期，全球需求增长 86%。由于电力结构中煤电的占比增加，电力生产的排放强度从 2000 年的 548 gCO<sub>2</sub>/kWh 增加到 2021 年的 623 gCO<sub>2</sub>/kWh。由于需求增长和更高强度的燃料组合，2021 年电力行业的排放量 (193 MtCO<sub>2</sub>) 几乎是 2000 年 (54 MtCO<sub>2</sub>) 的四倍。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，印度尼西亚电力行业的排放量增加了 26% (+3,900 万吨二氧化碳)。该国已大幅减少其他化石燃料 (主要是石油) 的发电量 (-78%，-24 TWh)，但自 2015 年以来，煤炭使用量的增加 (+52%，+65 TWh) 仍然主导着电力行业的发展轨迹。

印度尼西亚向风力和太阳能发电的转型明显落后于世界平均水平。2021 年只有 0.2% 的发电量来自风力和太阳能发电 (2015 年为 0%)。同期，全球风力和太阳能发电占比从 4.6% 增加到 10.4%。

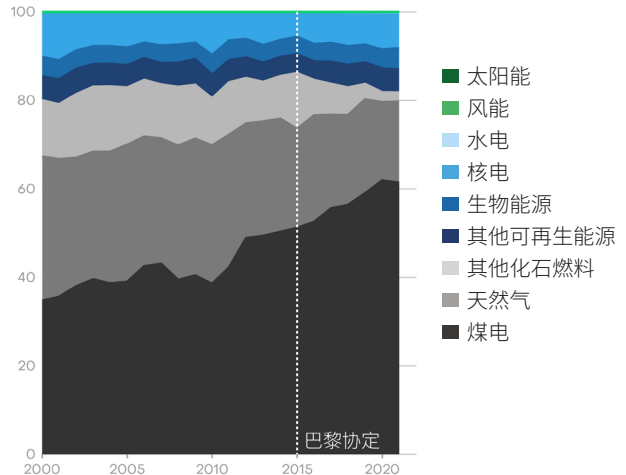
### 印度尼西亚发电量

发电量 (TWh)



### 印度尼西亚电力结构

电力份额 (%)



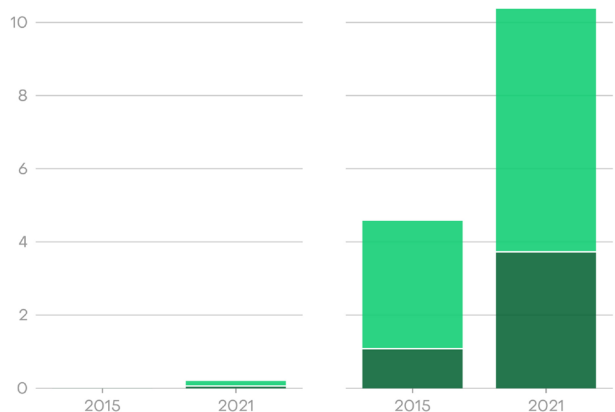
### 印度尼西亚与世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能

印度尼西亚

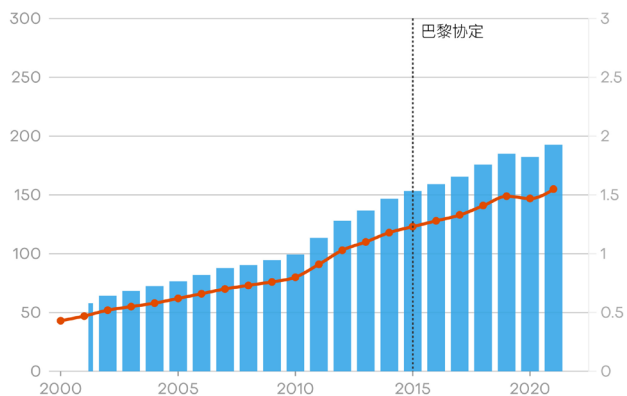
世界



### 印度尼西亚电力行业排放

■ 二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)

— 占全球排放量百分比



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展

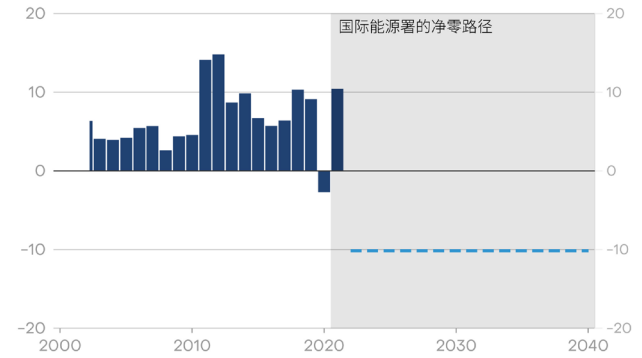
根据国际能源署的《净零排放方案》，若要在 2040 年实现电力行业的零排放，印度尼西亚的排放量需要每年减少 1,000 万吨。与此形成鲜明对比的是，自 2015 年以来，该国电力行业的排放量平均每年增长 650 万吨。持续通过燃煤发电来满足新的电力需求，以及风力和太阳能发电的缓慢发展，都是印度尼西亚需要克服的重大障碍。

2022 年，印度尼西亚加入公正能源转型伙伴关系计划，将在未来三到五年内获提供 200 亿美元，以加速公正能源转型。Ember 的分析显示，公正能源转型伙伴关系 (JETP) 承诺将电力行业的二氧化碳排放量限制在 2.9 亿吨，这与国际能源署宣布的承诺方案大致一致，亦符合该政府的目标，即到 2060 年实现所有行业的净零排放。然而，它并未与国际能源署更雄心勃勃的净零排放路径保持一致。

### 印度尼西亚电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

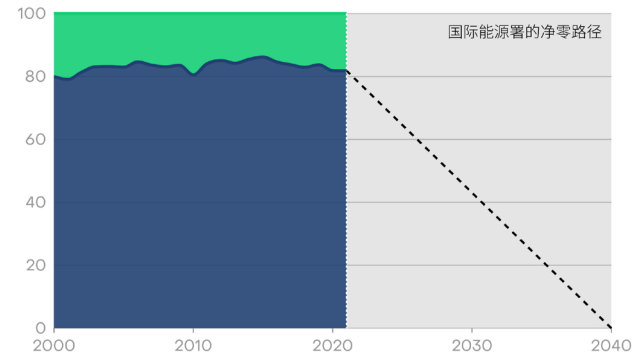
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 印度尼西亚电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

# 伊朗

## 2022年电力趋势



伊朗电力行业的二氧化碳排放量居世界第十，在 2022 年排放了 1.83 亿吨二氧化碳，占全球发电排放总量的 1.5%。

伊朗 94% 的电力来自化石燃料发电：79% (294 TWh) 来自天然气发电，15% (54 TWh) 来自其他化石燃料发电，0.2% (0.7 TWh) 来自煤电。水电目前占 4.5% (17 TWh)，核电占 1% (3.5 TWh)。风力和太阳能发电量仅占电力结构的 0.5% (1.8 TWh)。

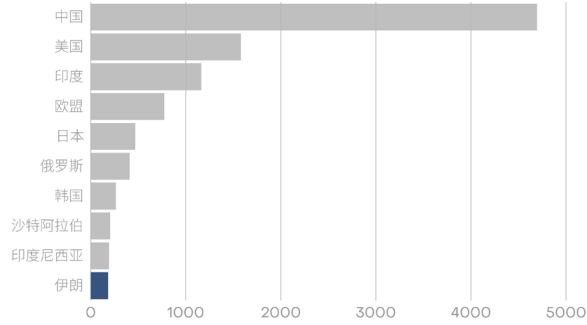
伊朗电力行业的排放强度为 494 gCO<sub>2</sub>/kWh，高于全球平均水平的 436 gCO<sub>2</sub>/kWh。人均年需求量为 4.2 MWh，亦高于世界平均水平的 3.6 MWh。伊朗的人均排放量比世界平均水平高出近三分之一，其人均二氧化碳排放量为 2.1 吨，而全球为 1.6 吨。

作为电力行业排放量全球第十大排放国，伊朗通过增加风力发电、太阳能发电和其他清洁电力能源来减少排放的努力，可能对全球到 2050 年实现净零排放的努力产生重大影响。

全球背景 

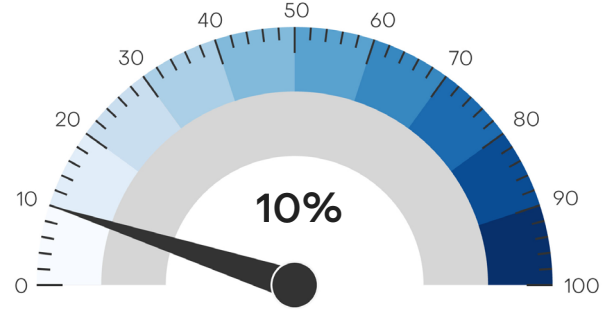
电力行业最大排放国

二氧化碳排放量 (mtCO2)



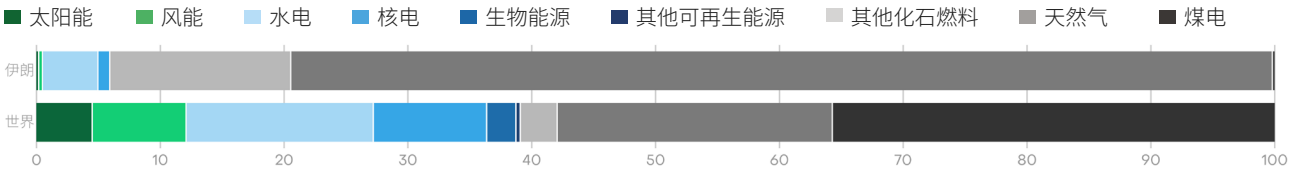
伊朗的电气化

电力占最终能源消费的百分比 (%)



伊朗对比世界 - 电力结构

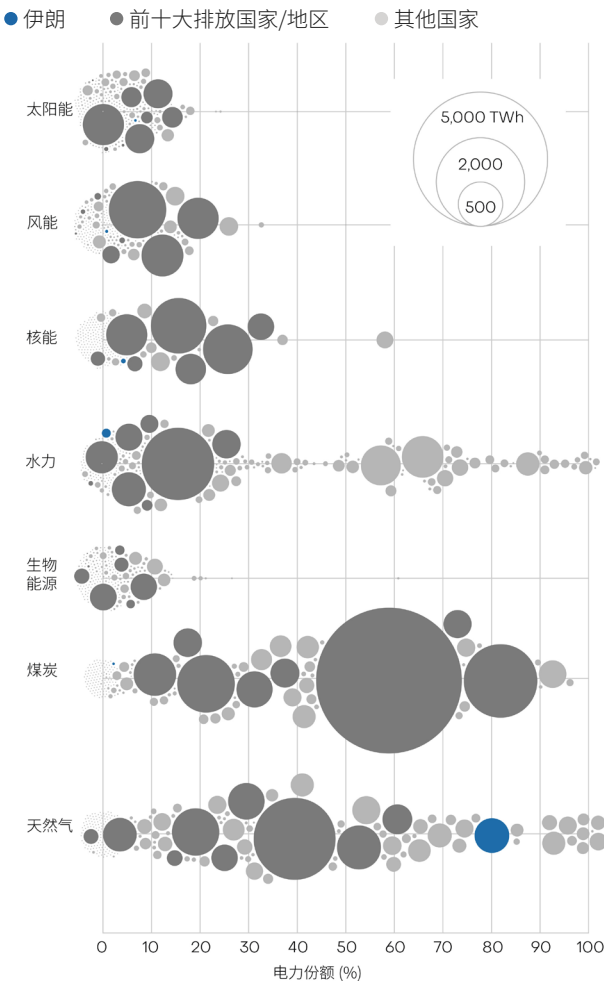
电力份额 (%)



伊朗对比世界 - 电力来源

电力份额 (%)

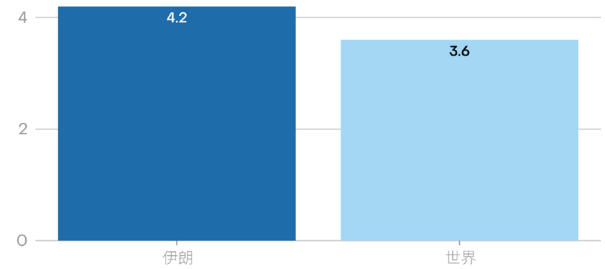
气泡大小代表发电量 (TWh)



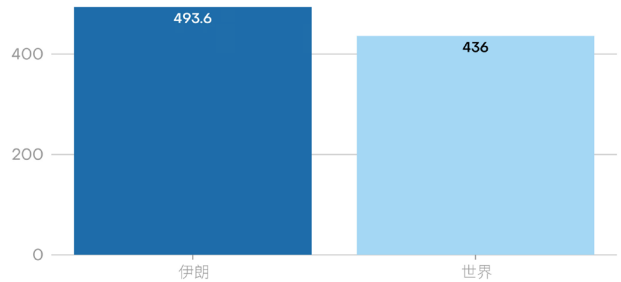
伊朗对比世界 - 排放和需求

● 伊朗 ● 世界

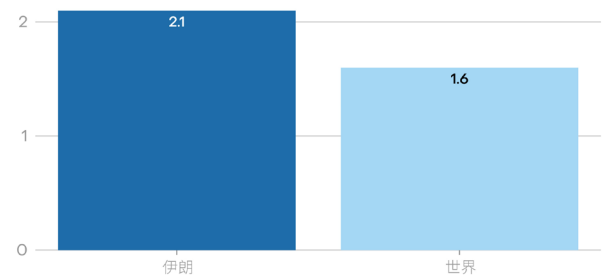
人均需求 (MWh)



二氧化碳强度 (gCO2/kWh)



人均排放量 (tCO2)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 2022年的变化

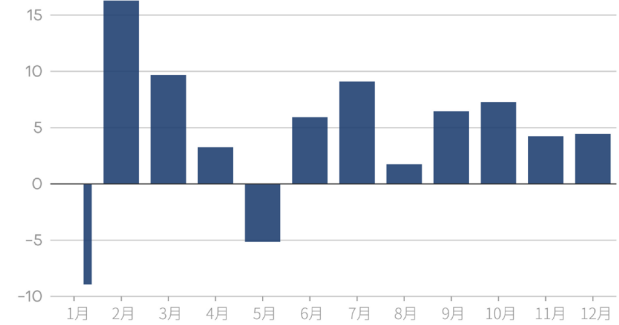
2022年，伊朗的电力需求增长了4.4% (+15.7 TWh)。这明显高于2.6%的全球需求增长，但仅略高于伊朗2010年至2021年间4%的平均需求增长。

由于对化石燃料的严重依赖和需求增长，伊朗电力行业的排放量在2022年增长了3.8% (+670万吨二氧化碳)，远高于全球电力行业1.3%的排放量增幅。

天然气发电量的绝对增幅最大，增加了5.7 TWh (+2%)。其他化石燃料发电量的增幅最大，达到12% (+5.6 TWh)。天然气和其他化石燃料发电量共同满足72%的需求增长。水力发电量也增长了12% (+1.7 TWh)，满足11%的电力需求增长。剩余的需求增长由净进口满足，后者增加了2.8 TWh。

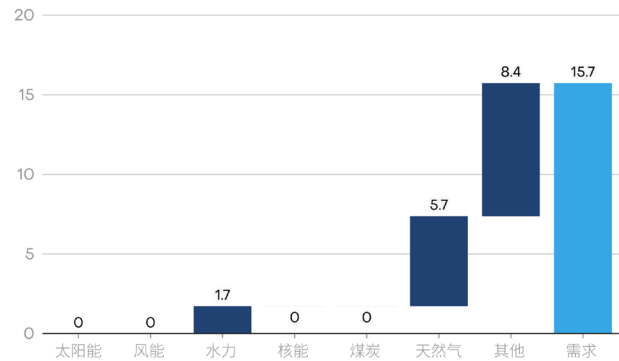
### 伊朗的排放月度变化

二氧化碳排放量同比变化(%)



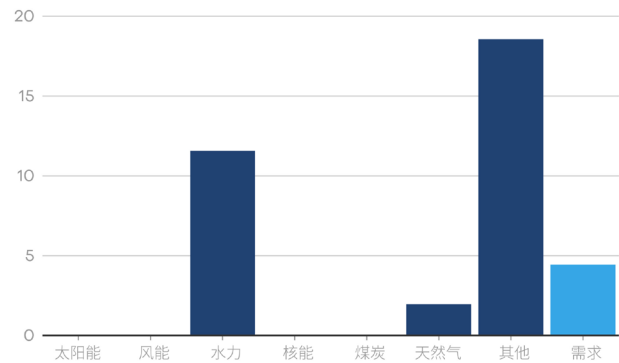
### 伊朗的发电量变化

发电量同比变化(TWh)



### 伊朗的发电量变化

发电量同比变化(%)



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

## 长期趋势

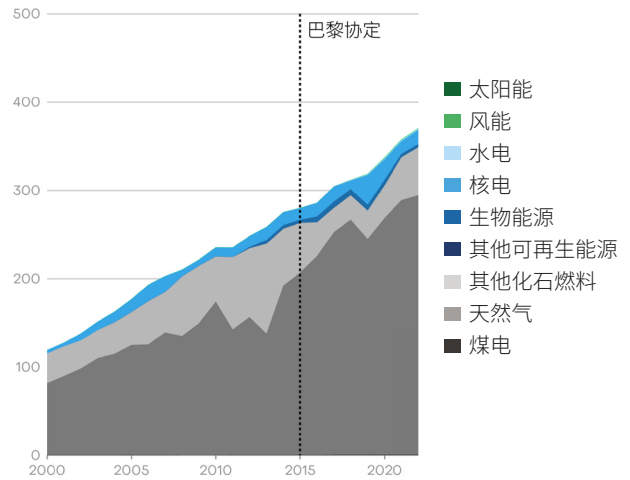
伊朗的电力需求在过去 20 年里增长了 212% (+251 TWh)，从 2000 年的 119 TWh 增加到 2022 年的 370 TWh，远高于同期全球 90% 的需求增长。由于水电和风力发电量的增加以及太阳能发电的引入，2022 年的排放强度 (494 gCO<sub>2</sub>/kWh) 略低于 2000 年的水平 (535 gCO<sub>2</sub>/kWh)。由于主要使用化石燃料发电，同期电力行业的年排放总量增加了 187% (+1.19 亿吨二氧化碳)，与需求增长大致相当。

自 2015 年《巴黎协定》签署以来，伊朗电力行业的排放量增加了 29% (+4,200 万吨二氧化碳)。自 2015 年以来，天然气发电量增长了 42% (+87 TWh)，以满足不断增长的电力需求。与此同时，水电增长了 25% (+3.4 TWh)，核电小幅增长了 1.1% (+0.04 TWh)，取代了其他化石燃料发电，后者同期下降了 3.5% (-2 TWh)。

伊朗向风力和太阳能发电的转型明显落后于世界平均水平。风力和太阳能发电量目前占发电量的 0.5%，而 2015 年仅为 0.05%。相比之下，同期风力和太阳能发电量的全球占比从 4.6% 上升到 12.1%。

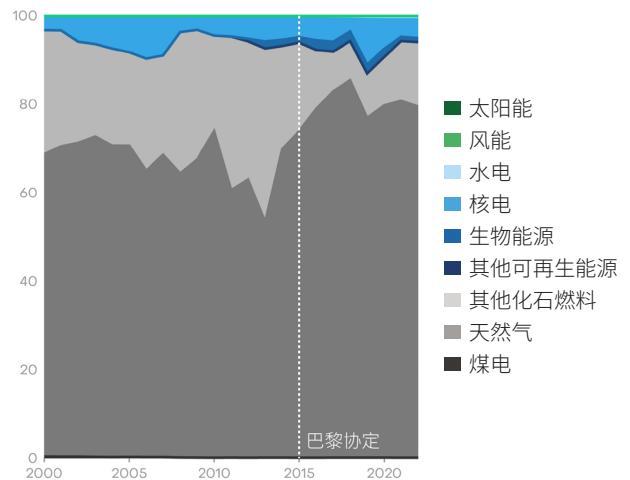
### 伊朗的发电量

发电量 (TWh)



### 伊朗的电力结构

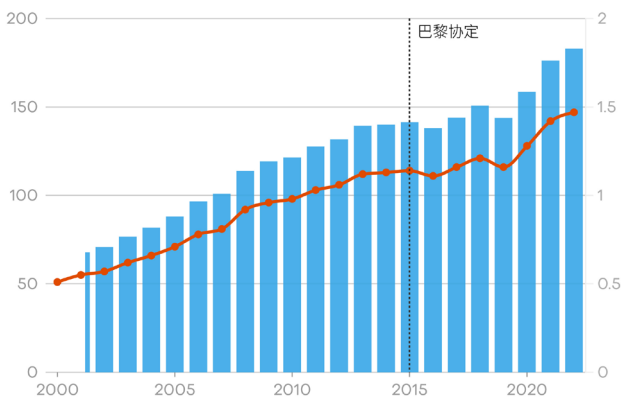
电力份额 (%)



### 伊朗的电力行业排放

■ 二氧化碳排放量 (mtCO<sub>2</sub>)

— 占全球排放量百分比



数据来源: Ember

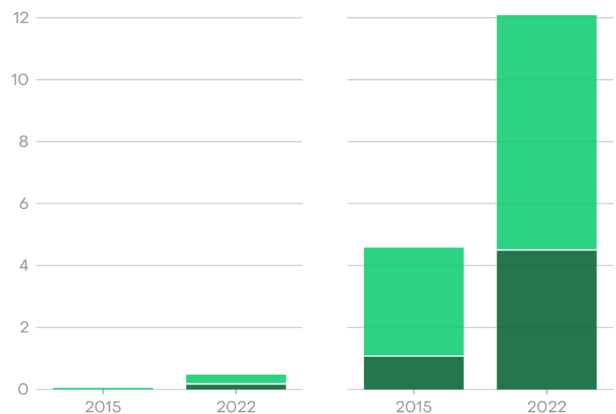
### 伊朗对比世界 - 风力和太阳能发电份额

电力份额 (%)

■ 太阳能 ■ 风能

伊朗

世界



注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据



## 净零目标取得的进展

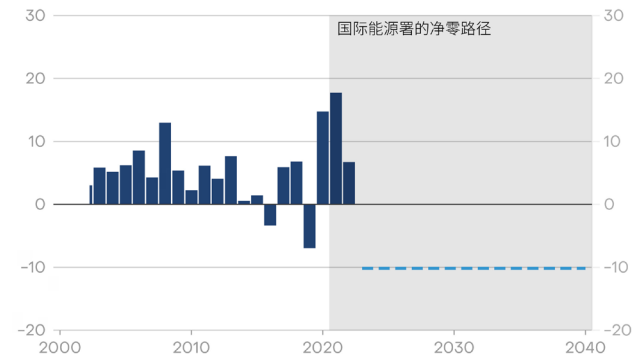
到 2040 年，伊朗电力行业的二氧化碳排放量需要从目前的 1.83 亿吨降至零，才能与[国际能源署的《净零排放方案》](#)保持一致。要实现这一目标，排放量需要每年减少 1,000 万吨，以扭转自 2015 年以来平均每年增加 600 万吨的趋势。

到目前为止，伊朗尚未提交[实现净零排放](#)目标的日期。其目前的电力结构以化石燃料发电为主（94%）。虽然计划在 2022 年至 2025 年间增加 [10 GW](#) 的可再生电力装机容量，但由于一系列制裁，该国在获得融资方面面临困难。[根据一些专家的分析](#)，这阻碍了可再生电力项目的发展。

### 伊朗的电力行业排放

二氧化碳排放量同比变化 (mtCO<sub>2</sub>)

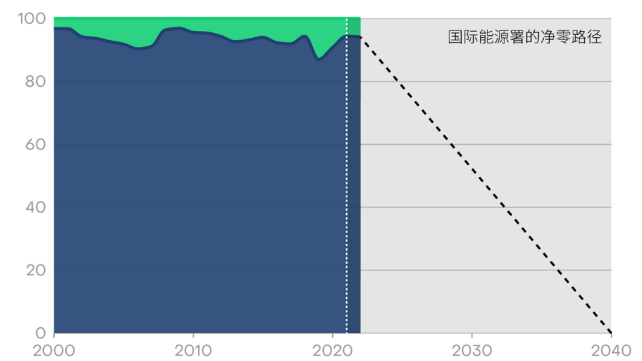
■ 同比变化    - - 必需的同比变化



### 伊朗的电力结构

电力份额 (%)

■ 化石    ■ 清洁



数据来源: Ember

注意: 如有则使用2022年数据, 否则使用2021年数据

结语

# 2022 年—— 电力转型的转折点

---

电力行业的排放量还没有下降到将全球温升控制在 1.5°C 所需的水平，但变化正在迅速到来。

在本应快速下降的 2022 年，排放量上升了。要降低排放，首先必须用清洁电力来满足需求的增长。然后，清洁能源必须继续增长，以取代化石燃料，降低排放。尽管去年没有出现这种情况，但有强烈迹象表明，2022 年是全球电力转型的转折点。如果情况的确如此，那么 2022 年可能是电力行业排放的峰值。

在俄乌冲突引发能源危机和供应安全担忧之后，许多政府重新考虑了对化石燃料的依赖。这一转变可能会对全球能源转型的步伐产生持久而根本性的影响。优先考虑发展风能和太阳能，不仅因为它们清洁，还因为在许多国家，它们比化石燃料更便宜、更安全。2022 年，对低碳能源技术的[投资](#)超过了 1 万亿美元，首次与对化石燃料的投资持平。这是一个好迹象，但到这个十年结束前，投资必须增加两倍，才能使全球升温控制在 1.5°C 以内。

我们还有很多工作要做，以充分利用风能和太阳能增长的势头。减少许可时间和解决电网连接瓶颈是解决方案的一部分。增加清洁电力领域的融资也将至关重要，历史高排放经济体将向发展中国家提供帮助，帮助它们从煤炭向清洁能源转型。



现在立即行动可带来最大的效益。对可再生能源的投资将很快会带来回报：可获得更便宜的电力。此外，在实现净零排放之前的几十年内确保清洁电力的供应，将为整个经济的脱碳开辟最负担得起、最有效的途径。

然而，电力转型的速度还没有达到避免气候危机最坏影响所需的速度。

如果我们成功了，我们会得到很多，但如果我们失败了，我们会失去更多。

支持材料

# 方法

---

## 数据来源

本报告分析了 215 个国家从 2000 年到 2021 年的年度发电量和进口数据，其中包括占全球电力需求 93% 的 78 个国家 2022 年的数据。数据来自多国数据集 (EIA、Eurostat、BP) 以及国家数据 (例如来自国家统计局的中国数据)。最新的年度发电数据使用每月发电数据估算。年装机容量数据来自 GEM、IRENA 和 WRI。详细方法论可点击[此处](#)获取。您可以从能源环境独立智库 Ember 的网站上免费查看和下载所有数据。

## 鸣谢

---

### 其他作者和贡献者

Dave Jones、Hannah Broadbent、Nicolas Fulghum、Chelsea Bruce-Lockhart、Reynaldo Dizon、Phil MacDonald、Charles Moore、Alison Candlin、Uni Lee、Libby Copsey、Sam Hawkins、Matt Ewen、Bryony Worthington、Harry Benham、Michele Trueman、Muyi Yang、Aditya Lolla、Achmed Shahram Edianto、Paweł Czyżak、Sarah Brown、Chris Rosslowe、Richard Black

### 顾问委员会的同行评审员

Marion Bachelet (PIE - 国际能源汇集基金)、Kingsmill Bond (RMI)、Krzysztof Bolesta (欧洲委员会)、Toby Lockwood (清洁空气特别工作组)、Lauri Myllyvirta (能源与清洁空气研究中心)、Oliver Then (vgbe energy e.V.)、Scott Smouse (Enerconnex Global, LLC)。



---

## Ember

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

电子邮箱地址

[info@ember-climate.org](mailto:info@ember-climate.org)

Twitter

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

Facebook

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