



# 抓住机遇的 瞬间



加速可再生能源、效率和电气化的新能源时代



United  
Nations

# 致谢

这份报告是由联合国秘书长办公室的气候行动小组撰写的。Pi Oy Achakulwisut担任了首席作者。以下联合国（UN）机构和其它政府间组织提供了输入、数据和审评：国际劳工组织（国际劳工组织——莫斯塔法·卡马尔·古耶，马克·哈斯多夫，卡米拉·佩雷拉·雷戈·梅雷莱斯）国际货币基金组织（国际货币基金组织——FADCP、RESSC和SPRCD部门工作人员）国际可再生能源机构（IRENA——艾莉丝·艾尔斯、尤特·科勒、诺雷拉·康斯坦丁斯库、萨伊德·达尔杜尔、弗朗西斯·菲尔德、里卡多·戈里尼、黛亚拉·哈利拉、罗德里戈·莱梅、朱利安·普赖姆、米拉姆·雷纳、阿克·施耐尔劳）联合国贸易与发展 联合国贸易和发展会议——查antal Line Carpentier, Claudia Contreras, Hamed El Kadi, Stephania Mageste, Tansug Ok, Amelia U. Santos Paulino

联合国开发计划署 联合国开发计划署——Jennifer Baumwoll、Cassie Flynn、Chibulu Luo、Riad Meddeb、Stefano Pistolese、Mateo Salomon 联合国环境规划署 联合国环境规划署——拉克希米·巴米迪帕蒂、帕特里克·布莱克、露西安娜·丰特斯·德·梅拉、闵赫郁·洪、阿丽·金、马丁·克劳斯、安妮·奥尔霍夫、加布里埃拉·普拉塔·迪亚斯、莉莉·里亚希、希曼舒·夏尔马、玛丽·布兰奇·丁、萨拉·特拉普、维拉·韦克、露丝·祖格曼·多·库托 经济合作与发展组织（经合组织——Geraldine Ang, Sirini Jeudy-Hugo, Elisa Lanzi, Virginie Marchal, Deger Saygin）世界银行（大卫·格洛夫斯）；并且世界气象组织（WMO——罗伯塔·博斯科洛，布里特妮·肖）。

报告还受益于国际能源署（IEA）和Ember提供的数据；以及Carolina Aguirre Echeverri、Amar Bhattacharya（布鲁金斯学会）、John Christensen（CONCITO）、Jeffrey D. Sachs（哥伦比亚大学）、Lisa E. Sachs（哥伦比亚大学）和Trevor Sutton（哥伦比亚大学）在各个章节的审阅意见。

报告由理查德·安德森编辑，由联合国全球传播部设计，并得到联合国制图单元的支持。

## 建议引用：

联合国 *抓住机遇的时刻：超级加速可再生能源、效率和电气化新时代* 纽约。（2025年）

The report can be accessed online at [un.org/zh-Hans/climatechange/关键时刻-2025](https://un.org/zh-Hans/climatechange/关键时刻-2025)

---

# 目录

---

致谢.....	ii
执行摘要.....	01
第1节 — 引言.....	04
第二节 —— 当前的能源转型：自巴黎以来的进展.....	06
第三部分 —— 加速能源转型的机遇与利益 .....	16
第四章 —— 当前转型中的障碍和挑战.....	23
第5节 —— 抓住机遇的瞬间.....	30
附件：数据和术语.....	33
参考文献.....	34

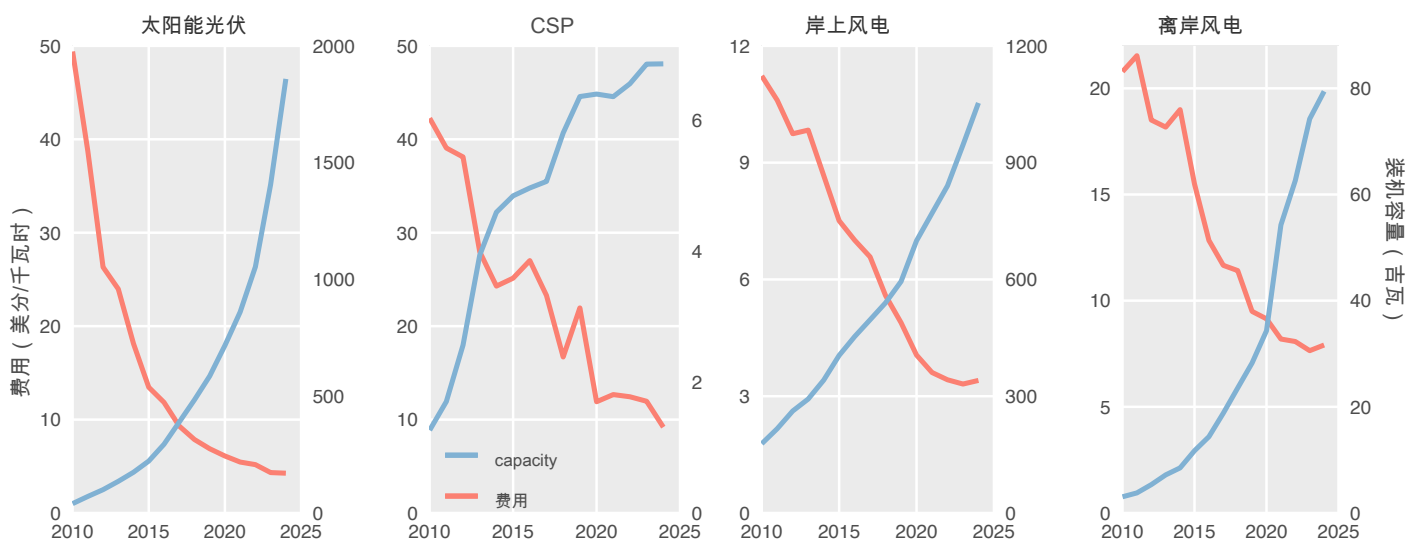
# 执行摘要

我们站在历史的一个独特且具有决定性的时刻。自巴黎协定签署以来的十年里，可再生能源技术经历了显著的变革。在成本大幅下降和制造能力增长的双重推动下，全球太阳能、风能和电动汽车（EV）的部署已超出最乐观的预测，并继续呈指数级增长（图ES1）。世界正准备在从以化石燃料为主体的能源系统快速而广泛地转变为以本土、低成本可再生能源为主体的能源系统方面实现突破。然而，把握这一机遇并非易事，因为仍存在重大的政治和经济障碍和难题。

太阳能和风能现在几乎总是新电力生成的最便宜和最快的选项。在2010年至2022年间，许多国家太阳能和风能的成本已经与化石燃料相当，甚至无需金融支持。截至2023年，预计96%的新增大型光伏发电和陆上风电装机容量电力成本低于新建的燃煤和燃气电站，而全球约75%的新建风能和光伏电站提供的电力成本低于现有的化石燃料设施。2024年，太阳能光伏的全球平均发电成本比成本最低的新建化石燃料发电厂低41%，陆上风电低53%，其中太阳能光伏达到每千瓦时（kWh）0.043美元，陆上风电达到0.034美元/kWh。平均而言，太阳能光伏和陆上风电的项目工期为一年到三年（小规模太阳能项目更短），而燃煤和燃气发电厂可能需要五年或更长时间，核电站则需要10到15年。

这份特别报告对加速从化石燃料向清洁能源转变的现状、经济必要性和机遇进行了高层次的综合分析，特别关注可再生能源、电气化和能源效率的作用。<sup>我(的)</sup>

图ES1. 全球太阳能和风能发电装机容量快速下降及增长趋势，2010-2024年。



数据来源：IRENA。<sup>1</sup> 所显示的成本代表电力的平准化成本；CSP = 聚焦式太阳能发电。

太阳能和风能的成本急剧下降，意味着它们已成为历史上增长最快的电力来源，可再生能源的增长速度现在超过了电力行业化石燃料的增长速度。到2024年，可再生能源占有新增电力产能的92.5%和电力发电增长量的74%。在2015年至2024年期间，全球可再生能源的年电力装机容量增加了约2.6万吉瓦（GW）（140%），而化石燃料的年电力装机容量增加了约6400吉瓦（16%）。因此，化石燃料和可再生能源在全球已安装的电力装机容量中所占的份额现在是几乎1:1。在全球年电力发电量方面，可再生能源增加了4.47万太瓦时（TWh）（81%），而化石燃料增加了2.15万太瓦时（13%）。与此同时，电动汽车的销售量增长了3300%，从2015年的50万辆（所有汽车销售的1%）增加到2024年超过1700万辆（所有汽车销售的20%以上）。专家们认为，太阳能、风能和电动汽车已经不可逆转地跨过了积极的临界点，进入了成本下降和广泛采用的良性循环。

因此，一个新的清洁能源经济正在兴起，促进国内生产总值（GDP）增长，创造就业机会，同时在帮助将增长与排放脱钩。全球清洁能源投资在2024年首次超过2万亿美元，这一数字在2016年首次超过了化石燃料的投资。2023年，清洁能源就业人数达到3480万，其中1620万人在可再生能源领域。2023年，该行业为全球经济贡献了约3200亿美元，占全球GDP增长的10%，在欧盟几乎占到了三分之一。2024年，清洁能源行业占中国（以下简称中国）经济总量的10%，推动了该国四分之一的GDP增长。自1990年以来，至少有40个国家的经济增长与温室气体（GHG）排放脱钩超过五年。

加快从化石燃料向可再生能源的转型，将带来诸多积极的社会和经济效益。特别是，可再生能源可以提高能源的获取、可负担性和安全性。全球约74%的人口居住在化石燃料净进口国。依赖化石燃料进口使国家面临价格波动、供应中断和地缘政治动荡的风险。2022年年初乌克兰战争爆发后，天然气价格——以及由此导致的一些市场的电力价格——达到了历史最高点，而油价也触及了自2008年以来的最高水平。这直接增加了

供暖、制冷、照明和交通的成本，间接推高了全球供应链中其他商品和服务的成本，加剧了2022年的生活成本危机。在全球范围内，消费者在能源账单上的支出平均比前五年平均增长了20%；对于居住在高度依赖进口天然气国家的人来说，这一增长幅度更大。

集中式和分散式以可再生能源为基础的系统，也提供了最经济有效和最快的方案，旨在到2030年为普及清洁能源接入提供快速解决方案。网格、微型网格和离网可再生能源解决方案的结合可以用于快速且持久地提供接入，尤其是在难以到达的农村地区，那里十个人中有八个人无法获得电力。截至2022年，独立离网太阳能解决方案总共为4.9亿人提供服务。多项研究表明，在短期内、中期和长期内，系统地采用可再生能源和改善能源效率，加上渐进式政策的实施，可以持续带来就业、国内生产总值以及其他社会福利的净增长，随着转型的推进。发展中国家实施小规模可再生能源微电网已被证明能够通过改善生活、减少贫困和污染暴露、提高食品安全、卫生和教育，对可持续发展产生重大贡献。

尽管如此，可再生能源并未以所需的速度和规模取代能源系统中的化石燃料。为了使所有国家都能抓住新兴清洁能源经济的机遇，必须克服结构性障碍和重大挑战。包括：制定促进性政策和监管框架，为清洁能源提供公平竞争环境；优先发展关键基础设施如电网和储能在现代化和扩建方面；增强清洁能源供应链的韧性和多样性；提高发展中国家能源转型金融的可用性、可及性和可负担性；以及应对既得化石燃料利益的阻力。

可再生能源技术的部署和投资迄今为止主要集中在发达经济体和中国。

截至2024年底，全球共安装了4448吉瓦的总体可再生能源容量，其中41%在中国，39%在经合组织国家，剩余20%中的近一半在巴西和印度。非洲仅占全球的1.5%，尽管占全球85%。

无电力接入的人口，尽管在符合1.5°C情景下，该地区可再生资源潜力是2040年大陆预计电力需求十倍以上。

自2016年《巴黎协定》生效以来，每五美元投资于清洁能源中，不到一美元流向了新兴市场和发展中经济体（EMDEs）。地理上，清洁能源技术的原材料加工和制造能力的集中也增加了供应链安全和弹性的风险。

除了这种地理集中之外，以可再生能源为基础的技术部署至今也主要限于电力生产和轻型运输领域。这与能源效率提升和所有终端使用领域电气化的有限进展相结合，以及化石燃料的持续扩张，意味着2015年至2024年间化石燃料在全球总能源供应中的占比仅从83%下降到80%。

在国内方面，政府也必须采取更多措施，创造有利于吸引投资和推动实施的氛围。不一致的政策可能会阻碍和破坏进步。化石燃料的政府补贴仍然很高，而有效的碳定价仍不足。从长远来看，综合性的国家能源战略是指导向净零和可再生能源主导的能源体系转型的关键规划工具，但很少有国家已经制定了这样的路线图。滞后于扩大和升级电力网络的资金投资，也意味着电网正成为能源转型的一个瓶颈：至少有3,000吉瓦的可再生能源项目正在电网接入队列中等待。

最重要的是，最大的挑战在于扩大中国以外新兴市场和发展中经济体（EMDEs）的清洁能源转型融资和投资规模。为保持巴黎协定的1.5°C限制目标并实现可持续发展目标（SDGs），专家估计，这些国家每年的清洁能源支出将从2022年的水平增加约五到七倍，到2030年达到每年1.4至1.9万亿美元，到2035年则超过每年2万亿美元。这取决于克服国际金融体系中的持续性和系统性障碍，消除感知风险，并解决实际风险以降低成本。

资本—用于债务和股权融资。例如，在新兴市场经济体（EMDEs）中，公用事业规模的太阳能光伏项目的资本成本远高于发达国家。贸易政策和投资协议还必须与可持续和包容性发展的转型相一致，并积极支持这一转型——而不是阻碍进步。

我们面临着一个前所未有的投资机遇，以投资于所需的政策、框架和基础设施，利用可再生能源成本下降、制造能力和丰富的资源禀赋来开启全球转型——尤其是在可再生资源丰富且能源获取需求最大的发展中国家。各国政府、国际机构及合作伙伴，以及发展金融机构（DFI）和私营部门，都发挥着至关重要的作用。本报告概述了加速转型六个关键行动领域：

1. 提供政策一致性、明确性和确定性——政府应协调政策、激励措施和资源，以加速公平能源转型。
2. 投资21世纪能源系统的配套设施。
3. 以可再生能源满足新的电力需求，特别是快速增长领域如大科技——特别是人工智能（AI）和数据中心。
4. 以人为本，将公平性置于公正能源转型核心，推动包容性经济发展。
5. 加速转变，通过增加贸易和投资合作。
6. 拆除结构壁垒，动员能源转型资金为发展中国家提供支持。

开发并部署清洁能源技术以取代化石燃料的竞赛是本十年的决定性经济需求和机遇——这将推动21世纪的绿色工业革命。通过明智而务实的政策——以及更广泛的国际合作——一个清洁、安全、经济、公平的全球能源体系就在我们触手可及。我们应该把握眼前的解决方案来实现这一目标。

# 第1节 — 引言

2015年标志着全球气候治理的转折点，COP21上通过了具有里程碑意义的《巴黎协定》。<sup>1</sup> 它有一个总体目标，即把全球平均气温相对于工业前水平的增长控制在2°C以下，并努力争取实现1.5°C。后续COP会议决定将温度增长限制在1.5°C，认识到与2°C相比，这将显著减少气候变化的风险和影响。在COP28上，各国提出了一个与1.5°C目标相符的能源系统转型全面愿景，确立了包括到2030年将可再生能源产能增加一倍、到2030年将能源效率提升的年增长率翻一番、以及到2050年与全球净零排放目标相一致地逐步告别化石燃料等全球目标的方案，并加快了近期行动。<sup>3</sup>

过去十年中全球气候目标和行动的集体提升意味着预计的全球变暖正在逐渐降低。<sup>ii</sup>

<sup>i</sup> 根据联合国环境规划署《排放差距报告》系列，在2015年至2024年评估期间，在现行政策情景下，本世纪全球变暖的最大水平从略低于4°C降至3.1°C。同时，在各国条件性国家自主贡献（NDCs）得到完全实施的情景下，预计的全球变暖幅度从3至3.5°C降至2.6°C，如果实现净零承诺，则进一步降至1.9°C。<sup>4,5</sup>

国际和国内气候政策的加强产生了正面的倍增和溢出效应，催化了次国家和非国家行为者的承诺和行动，推动了低碳技术创新和采用，并刺激了经济脱碳。<sup>6,7</sup> 不丹是第一个国家

在2015年设定碳中和目标。截至2025年6月，141个国家、284个城市和1,191家公司已设定碳中和目标，覆盖全球至少76%的温室气体排放和78%的全球GDP。<sup>8, 第3点</sup> 在2015年至2023年期间，全球温室气体排放的碳定价覆盖率大约翻了一番，从12%增加到25%。<sup>9</sup> 重大全球里程碑，如1990年发布首个政府间气候变化专门委员会（IPCC）报告和2015年通过《巴黎协定》，提升了国内政策对绿色专利申请的影响。<sup>10</sup>

在过去的几十年里，气候紧迫性在推动创新和可再生能源技术投资方面发挥了关键作用，促使它们实现规模经济。<sup>iv</sup> 专家们认为，太阳能、风能和电动汽车已经不可逆转地跨越了一个积极的临界点，进入了成本下降和广泛采用的良性循环。<sup>11,12</sup> 自1960年以来，商用规模太阳能光伏的成本每十年下降80-90%，而化石燃料的成本波动很大，且没有显示出长期下降的趋势。在过去六年中，新的太阳能光伏已经降低了世界上大多数地区的煤电和气电新电厂的成本，它们在平均使用寿命内的电力发电成本差距仍在拉大，有利于太阳能。同时，全球可再生能源技术的制造能力已超过需求：已宣布的太阳能光伏和电池项目已足以满足到2030年将可再生能源容量翻三倍的目标的全球部署需求。<sup>13</sup>

国际能源署预计，未来五年电力行业将实现几个重要的可再生能源里程碑。到2025年，基于可再生能源的电力产量预计将首次超过燃煤发电。非化石燃料的来源预计将满足到2027年为止的全局需求增长，可再生能源将满足

<sup>ii</sup> 术语“全球变暖”表示的是平均数十年的全球平均地表温度，与工业化前水平相比。所有引用的全球变暖预测都至少有66%的可能性，并且具有很大的不确定性范围。例如，截至2024年9月提交的有条件国家自主贡献（NDCs），这些贡献依赖于气候金融支持，其中心估计和不确定性范围为2.6°C（1.9-3.6°C）。详见2015年和2024年联合国环境规划署（UNEP）排放差距报告。<sup>iii</sup> 此估计仅考虑国家层面的目标——例如，美国的各州将提高GDP覆盖范围到至少84%，并提高排放覆盖率。<sup>i</sup> 规模经济是指随着生产规模或规模的增加，单位产出平均成本降低的现象。

约95%。太阳能和风能发电预计将在2026年超过核能。到2029年，太阳能光伏发电预计将超过水力发电，成为最大的单一可再生能源来源，而风能将在2030年超过水力发电。<sup>14,15</sup>

尽管经济实用主义和能源安全顾虑将推动从化石燃料向可再生能源的转型，但渐进的政策以及更紧密的国际合作对于打破障碍、加快进度，并确保符合巴黎协定和可持续发展目标（SDGs）的公正、有序和公平的过渡至关重要。

与此同时，加快气候行动以最小化损害的经济理由从未如此清晰。极端天气事件在频率和强度上不断加剧，摧毁了生命、生计和经济，扰乱了供应链，增加了发展中国家的债务负担，并推高了全球的生活成本。<sup>16-18</sup> 2024年，因天气相关极端事件造成的经济损失估计为3200亿美元，其中56%未获保险。<sup>19</sup> 一项研究表明，不采取行动的成本远大于采取行动的成本。<sup>20-22</sup> 例如，绿色金融网络最近的分析估计，未来五年，气候变化可能导致亚洲地区的经济损失达到GDP的6%，非洲地区高达12.5%；到2050年，全球经济损失可能达到GDP的15%。<sup>23</sup>

没有进一步行动，气候变化的影响将加剧并继续重塑经济和金融体系，危及长期发展和安全，尤其是在脆弱的国家。世界气象组织（WMO）最新的评估显示，2024年是175年观测记录中最热的一年，可能是有史以来首次，12个月的平均值超过了工业前水平1.5°C。在2025年至2029年期间，现在有86%的几率至少有一年的气温将超过1.5°C，有70%的几率五年平均气温也将超过1.5°C。<sup>24,25</sup> 尽管这些长期且日益明显的警告，全球二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放仍在持续增加。<sup>2</sup> 化石燃料排放继续创下历史新高。<sup>26</sup>

十年巴黎协定之后，2025年必须标志着另一个历史性的转折点：我们抓住手头的机会和解决方案，启动一个加速实施清洁能源的十年，并最终达到和减少全球排放——尤其是能源行业的排放。

本特别报告旨在综合最新证据，阐述加快从化石燃料向清洁能源转型，尤其是可再生能源、电气化和能源效率方面的经济必然性和益处。

尽管这三种解决方案将在21世纪的清洁能源体系中发挥核心作用，但它们并不代表全貌，这份报告的目的也不在于全面捕捉实现巴黎协定目标所需的能源体系转型所有维度。<sup>v</sup> 第二节对过渡的当前状态进行评估。第三节总结了加快过渡的社会经济效益，第四节突出了当前过渡的关键障碍和挑战。第五节强调了加快速度、公平和有资金保障的过渡的重点行动领域，以实现所有人的安全、韧性和繁荣的未来。

<sup>v</sup> 例如，参阅国际能源署（IEA）的《2050年实现净零排放路线图》（2023年）和可再生能源署（IRENA）的《世界能源转型展望：1.5°C路径》（2024年），以获得此类讨论的全面概述。<sup>27,28</sup>

## 第二节 —— 当前的能源转型：自巴黎协定以来的进展

2024年见证了清洁能源转型和特别是在可再生能源方面的多项记录被打破。全球可再生能源装机容量增长了585吉瓦，创下15.1%的年度增长纪录，占有来源电力增量总容量的92.5%。<sup>2</sup> 清洁能源在全球电力生成中的占比首次超过40%，其中可再生能源占比32%。<sup>30</sup> 与此同时，全球

清洁能源转型投资首次超过2万亿美元。<sup>31</sup>（参见附件，了解本报告中所使用的清洁能源和可再生能源的定义，以及电力容量和发电的定义。）

这一部分探讨了六个指标，展示了清洁能源转型正在进行中，并且正在加速。表1总结了如何总结一些

**表1. 2015至2024年全球清洁能源转型进展总结。**

（数据来源的参考标注在第一列。所有显示的数据均代表年度值。）

		2015	2024 (*2023最新年份可用)	百分比变化 绝对值 自2015年以来
总能源供应 EJ ( 及占比% ) 总计来自所有来源 <sup>32,33</sup>	化石燃料	465 EJ ( 83% )	519 EJ ( 80% )	+12%
	可再生能源	70 EJ ( 12% )	97 EJ ( 15% )	+39%
电力 一代, 太瓦时 ( 和 总份额中的百分比 所有来源 <sup>32,33</sup>	化石燃料	16,122太瓦时 ( 66% )	18,267太瓦时 ( 59% )	+13%
	可再生能源	5,519 太瓦时 ( 23% )	9,992 TWh ( 32% )	+81%
已安装电力 容量, GW ( % ) Total share from all 来源 <sup>29,33</sup>	化石燃料	3,908吉瓦 ( 62% )	4,548 GW ( 47% )	+16%
	可再生能源	1,849 GW ( 29% )	4,448 吉瓦 ( 46% )	+141%
	电池储能	2GW ( 0.03% )	89 GW ( 1% )	+4,350%
电力容量 补充, GW ( 以及 总份额中的百分比 所有来源 <sup>29</sup>	化石燃料	100吉瓦 ( 38% )	43 GW ( 7% )	-57%
	可再生能源	153 GW ( 59% )	585吉瓦 ( 93% )	+282%
销售额 ( 以及占有汽车销售% ) 销售 <sup>34</sup>		50万 ( 1% )	1.7百万 ( 超过 ) 20%)	+3,300%

全球平均 电费 代 ( 度电成本 ) 美元分/千瓦时 <sup>1,35</sup>	煤炭	9.5	*7.2	-24%
	燃气	5.3	*8.3	+57%
	公用规模太阳能光伏	13.5	4.3	-68%
	浓缩太阳能 能源 ( CSP )	25.1	9.2	-63%
	岸上风电	7.5	3.4	-55%
	离岸风电	15.5	7.9	-49%
投资, 美元 <sup>31</sup>	化石燃料	1,493万亿	11,980亿	-20%
	清洁能源 :			
	总共	1,209亿	2,033万亿	+68%
	再生能源	3.74万亿	7600亿	+103%
	电网和存储 能源效率 并且终端使用	三万三千二百亿 四千五百亿	4450亿 7290亿	+34% +62%
职位 <sup>36,37</sup>	化石燃料	没有数据	3260万	
	清洁能源		三千三百八十万八千	
	可再生能源	九百四十万	一百六十二万	+72%
国内生产总值 ( GDP ) 增长, 清洁能源行业, 美元 ( 及占GDP增长总量的百分比 ) <sup>38</sup>		没有数据	3200亿 ( 10% )	

自2015年《巴黎协定》签署以来，关键的基础指标已经发生了演变。

### i) 可再生能源成本下降

由于技术的稳步提升、有竞争力的供应链和规模经济，可再生能源技术自2010年以来成本显著下降，如图ES1所示。如详细所述，IRENA 2024年可再生能源发电成本报告显示，2010年，新型公用事业规模太阳能光伏发电的全球加权平均平准化成本 ( LCOE ) 比成本最低的新型化石燃料发电方案高414%。<sup>vi</sup> 截至2024年，太阳能光伏价格下降了41%，平均每千瓦时为4.3美分。在2010年，太阳能光伏的成本是

海上风电比化石燃料高出23%；到2024年，其成本降低了53%，平均每千瓦时电费为3.4美分。

在全球范围内，2024年，91%的新可再生能源项目提供的电力比成本最低的新建化石燃料替代品更便宜。显著的成本降低也扩展到了电池储存等使能技术。在2010年至2024年期间，用于电网应用的公用事业规模电池储能系统的成本下降了93%，从2010年的每千瓦时2571美元降至2024年的每千瓦时192美元。中国可再生能源技术制造能力的丰富是近年来其成本下降的关键驱动力。<sup>39</sup>

与比较，2023年全球新建燃煤和燃气发电的平均成本

vi. 请参阅附件以了解LCOE的定义。

发电厂的成本分别为每千瓦时7.2美分和8.3美分，而与碳捕集与封存（CCS）相结合时约为每千瓦时12美分，而新核电站的成本为每千瓦时23.1美分。<sup>35</sup> 2023年，预计96%的新装机容量太阳能光伏和陆上风电发电成本低于新煤炭和天然气发电厂，而约75%的新风电和太阳能光伏电站提供的电力比全球现有的化石燃料设施更便宜。<sup>40</sup>

在2010年至2022年期间，许多国家在无财政支持的情况下，太阳能和风能的成本与化石燃料相当。<sup>41</sup> 到2022年，大多数主要市场已经实现了成本平价，其中大部分新投产的项目提供的电力成本低于基于化石燃料的替代方案。

——这一趋势在图1中展现于20个国家。尽管与电池能量存储系统结合的可再生能源的综合LCOE估计量依然有限，但现有数据显示，这类系统正在与澳大利亚、中国、欧盟、印度和美利坚合众国（简称美国）等主要市场的燃煤电厂和燃气电厂相比成本竞争力日益增强，并且预计在未来几年其成本将继续大幅下降。<sup>1,42</sup> 例如，IRENA发现，到2024年，美国17个运营中的太阳能-电池混合发电项目平均度电成本为每千瓦时7.9美分，这相当于联合循环燃气轮机（CCGT）发电厂的LCOE范围中点（每千瓦时7.6美分）的水平，并且低于燃煤发电厂的LCOE（每千瓦时11.8美分）。<sup>1,43</sup> 在澳大利亚，八个结合太阳能、风能和电池储能的混合项目平均每千瓦时成本为5.1美分，优于新建燃煤（每千瓦时8.4美分）和联合循环燃气（每千瓦时10.3美分）发电厂。<sup>44</sup>

## ii) 可再生能源技术部署的步伐和规模

在当今考虑新的发电能力时，太阳能光伏和陆上风电不仅提供最经济的方案，而且也是最快的。平均而言，大规模太阳能光伏和陆上风电项目的实施周期（包括规划、开发和建设）需要一至三年，而燃煤和燃气发电厂可能需要五年或更长，核电站则需要10至15年。<sup>45,46</sup> 对于其他可再生能源，小型太阳能光伏系统少于一年即可完成。

而集中式太阳能发电（CSP）、水力发电和海上风电项目平均需要五年或更长时间。

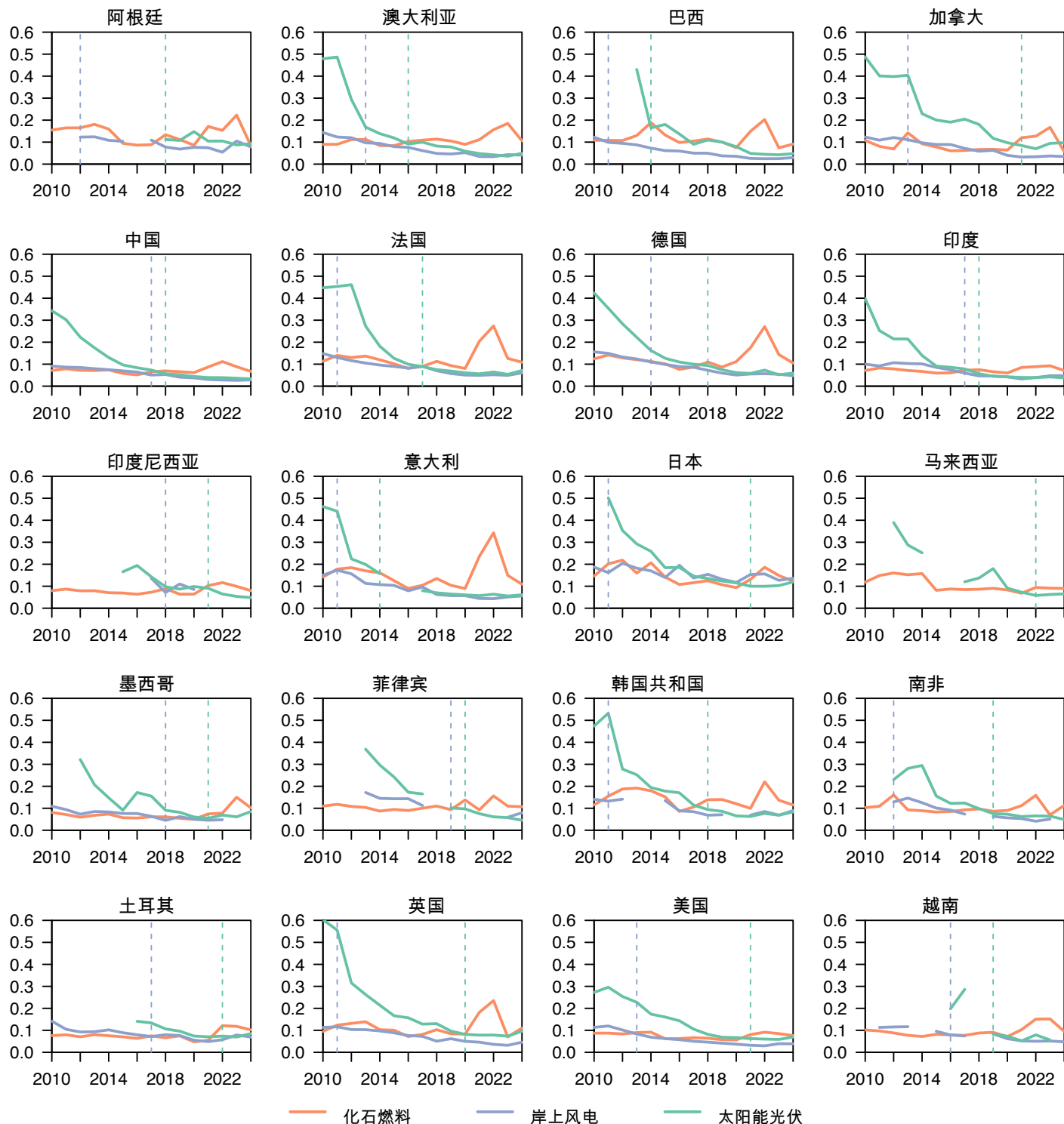
凭借其成本竞争力和相对较短的项目周期，太阳能光伏和陆上风电正经历着戏剧性的增长，这一增长持续超过最乐观的预测。<sup>47</sup> 2024年，全球可再生能源装机容量实现了15.1%（585吉瓦）的创纪录年增长率，其中太阳能占到了这一增长的三分之二以上（452吉瓦），其次是风能（113吉瓦）。<sup>29</sup> 连续第23年，可再生能源装机容量增量创下了新纪录。此外，可再生能源还占全球发电增长（74%）和总能源供应增长（38%）的最大份额。<sup>32</sup>

如图2的中间面板所示，自2015年以来，每年全球新增电力产能的50%以上都来自可再生能源，而自2020年以来则超过75%。特别是，太阳能和风能已成为历史上增长最快的电力来源，在所有大洲的装机容量都呈现出快速增长。<sup>48</sup> 在2024年，除了中东地区外，所有地区可再生能源的绝对容量增加量都超过了化石燃料。然而，正如第4节所述，太阳能和风能的部署仍然高度集中在发达国家，以及中国、印度和巴西。在2024年，绝对太阳能容量增加量最大的前10个国家依次是中国（278吉瓦）、美国（38.3吉瓦）、印度（24.5吉瓦）、巴西（15.2吉瓦）、德国（15.1吉瓦）、土耳其（8.6吉瓦）、西班牙（6.7吉瓦）、意大利（6.7吉瓦）、澳大利亚（5.2吉瓦）和法国（4.1吉瓦）。<sup>29</sup>

然而，在其他新兴市场经济体中，新兴的太阳能市场正迅速出现。例如，在2024年的前七个月里，巴基斯坦进口了12.5吉瓦的太阳能电池板，而沙特阿拉伯进口了9.7吉瓦。阿曼、菲律宾、泰国和阿拉伯联合酋长国（UAE）最近也增加了进口。<sup>49</sup> 与此同时，尽管非洲仍然是全球电力结构中太阳能和风能占比最低的大洲，但预计到2025年，新增的太阳能装机容量将从2024年的约20万千瓦增长超过40%。<sup>50</sup> 在2011-2013年和2021-2023年之间，非洲每年平均资助的国际可再生能源项目数量从42个增加到127个，而在拉丁美洲和加勒比地区，这一数字从89个增加到248个。<sup>51</sup>

图1. 20个国家的加权平均化石燃料与陆上风电和大型太阳能光伏 ( USD/kWh ) 的平准化电力成本 ( 2010-2024年 )。

虚线垂直线标记了陆上风电 ( 蓝色线 ) 或太阳能光伏 ( 绿色线 ) 首次低于化石燃料加权平均LCOE的年份。  
2010-2014年20个国家LCOE趋势，美元/千瓦时



数据来源：IRENA。<sup>1</sup>

因此，可再生能源在全球电力发电中的占比从2015年的约23%增长到2024年的32%（见图2）。对于非生物质可变可再生能源，其占比从21%增长到30%。截至2022年，61个国家从非生物质可再生能源中产生了超过50%的电力，31个国家超过75%，15个国家超过90%（图4）。特别是，全球太阳能发电量正迅速增长，2020年至2024年间，有99个国家的太阳能发电量翻了一番。<sup>30</sup>

对于像太阳能和风能这样的可变可再生能源，能源存储和智能电网技术对于安全、可靠地整合大量可再生能源至关重要。数字技术的应用还可以帮助提高终端使用部门的能源和材料效率<sup>52</sup>

2015年至2022年间，与网格相关的数字技术投资增长了50%以上，达到630亿美元。<sup>53</sup> 全球电池市场也在迅速发展，因为需求急剧上升，而价格持续下降。在电力领域——包括公用事业规模的电池项目、微型电网和太阳能家庭系统——以及作为电动汽车的必要组成部分的运输领域，都出现了强劲的增长。2023年，全球电力系统新增了42吉瓦的电池储能容量。<sup>42</sup>

与此同时，全球电动汽车销量迅速增长，增长了超过33倍，从2015年的50万辆（所有汽车销量的1%）增长到2024年的1700万辆（所有汽车销量的20%以上）。<sup>34</sup> 电动汽车现在占中国所有汽车销售的近一半，欧洲的20%，美国的10%以上。亚洲和拉丁美洲的新兴市场正成为新的增长中心，2024年电动汽车销量增长超过60%，达到近60万辆——几乎相当于2019年欧洲市场的规模。预计到2025年，全球电动汽车销量将超过2000万辆，占所有汽车销售的25%以上。

另一方面，全球在能源效率方面的进展至今仍有限。2022年，全球经济每消耗一单位能源所创造的GDP比2021年增长了2%，这成为了在COP28上达成的一致目标——将能效翻倍的基础。<sup>vii</sup> 然而，但是，然而，但是

2022年至2024年间的年均改善率下降至每年1%。<sup>55</sup> 与此同时，电力在最终总能源消耗中的比重仅从2015年的18%增长到2023年的20%。<sup>56</sup> 需要付出更大的努力来加快交通、工业和建筑终端使用领域的电气化和能源效率提升。

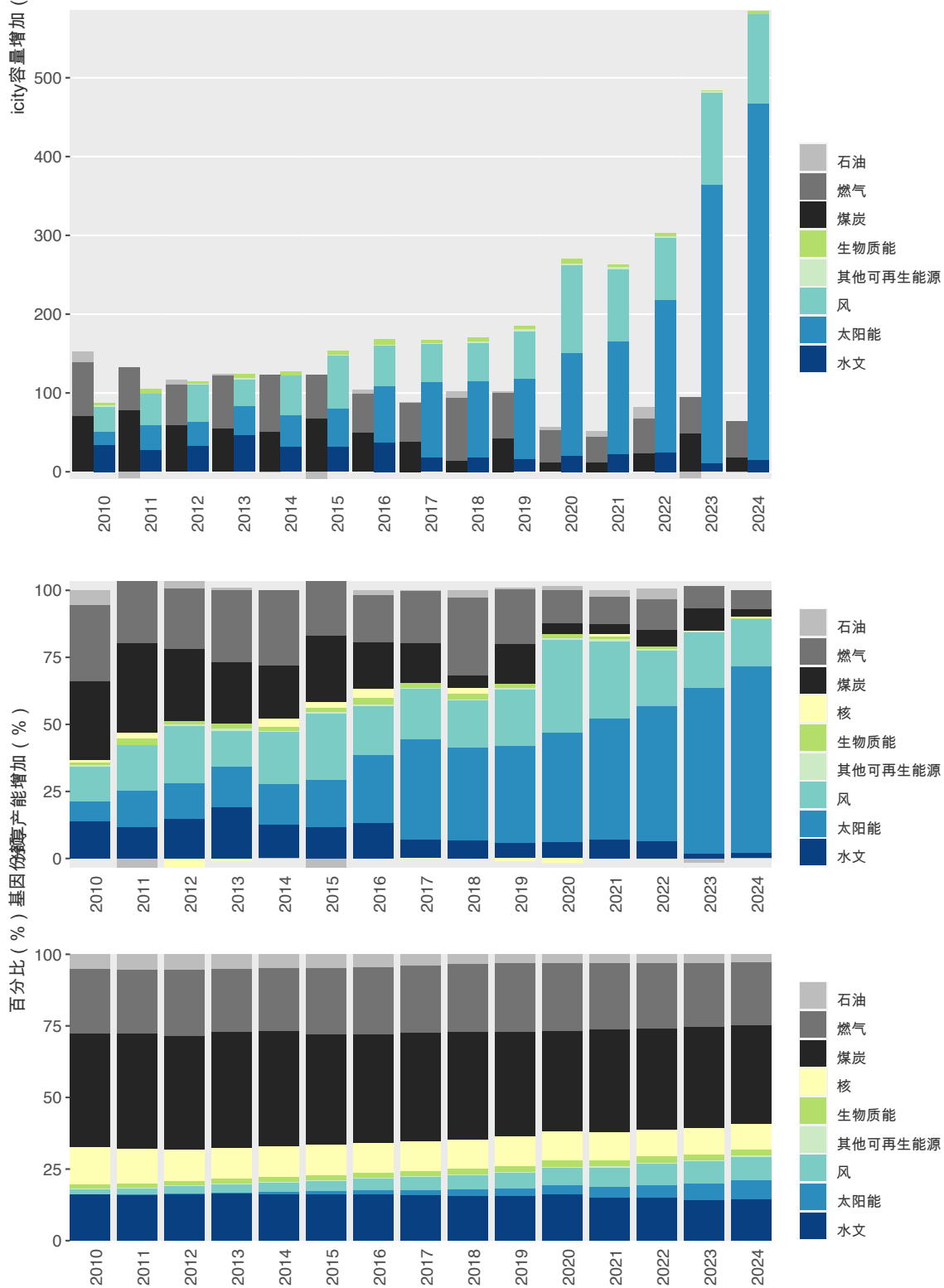
从总能源供应来看，化石燃料仍占据主导地位，全球份额从2015年的83%下降到2024年的80%——可再生能源在2024年占15%。<sup>32, 第8页</sup> 2022年，在所有国家中大约一半的国家，化石燃料占总能源结构的比例超过了75%（见图4）。这主要有六个原因。首先，鉴于能源系统的规模和复杂性，由于其基础设施资本存量周转缓慢，其转型不可避免地需要时间。其次，在增加或用基于新可再生能源技术的能源设备替换现有设备方面，实际进展至今仅限于少数行业（即发电和轻型运输）和地区（即发达经济体和中国）。第三，如上所述，在能源效率和电气化方面取得的进展远远不够。第四，全球能源需求一直在增长，尤其是在新兴市场和发展中经济体（EMDEs），而可再生能源至今主要增加了整体能源生产的扩大，而不是取代化石燃料。<sup>58,59</sup> 第五，新的化石燃料生产和消费项目仍在不断开发和添加到全球能源组合中。在2015年至2024年期间，化石燃料提供的总能源增长了12%，累计新增基于化石燃料的电力装机容量736吉瓦。<sup>33,54</sup> 最后，某些方法论会计惯例使得可再生能源在总初级能源供应中的份额成为衡量其在提供有用能源服务中作用的较差指标。第四章进一步探讨了加速从化石燃料过渡的一些主要障碍。

### iii) 清洁能源转型投资

2016年，全球清洁能源投资首次略超过化石燃料投资，差距仅为340亿美元；到2024年，这一差距达到8350亿美元。<sup>31</sup> 总清洁能源

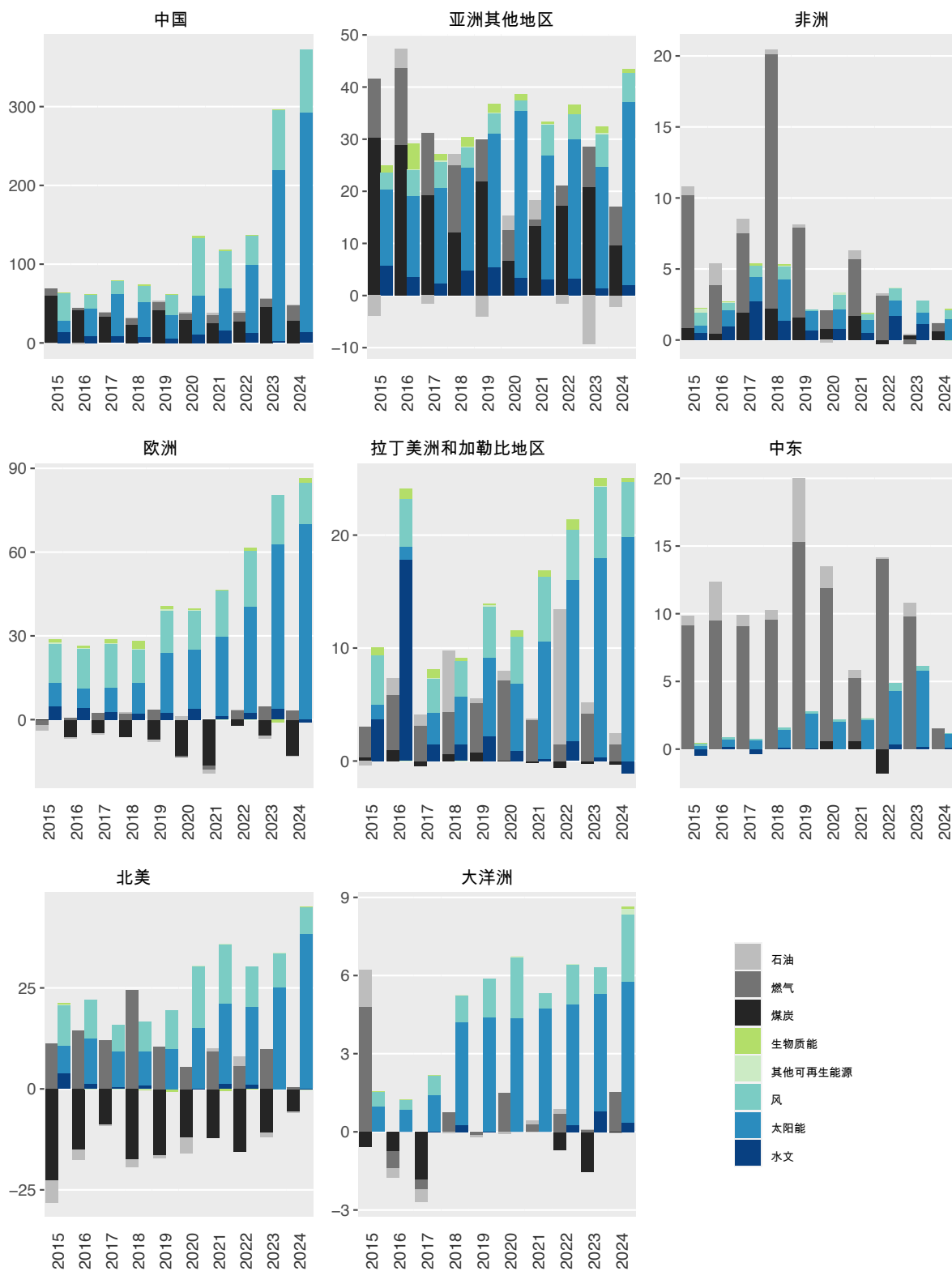
vii \u0007提高能源效率两倍的目標意味着从现在到2030年，平均每年改善率提高到约4%。viii 在IEA的世界能源平衡和统计数据集中，针对某种初级燃料（例如化石燃料或可再生能源）的总能源供应（TES）为：代表发电和热量、其他转换活动以及总最终消费（TFC）之和。<sup>57</sup> 2022年，全球TFC的分配如下：产业（30%）、交通（28%）、住宅和商业建筑（28%）、燃料的非能源用途（10%）、农业和林业（2%）、其他（2%）。<sup>56</sup>

图2. 2010至2024年全球年度电力装机容量新增（顶部）、不同来源在装机容量新增中的占比（中部）和不同来源在电力生成中的占比（底部）。



数据来源：Ember。 54

图3. 2015-2024年各地区及中国在可再生能源与化石燃料年发电能力增量对比 (吉瓦)



数据来源：Ember。 54

2024年，投资总额首次超过2万亿美元，其中7600亿美元用于可再生能源，7290亿美元用于能源效率和终端应用，4450亿美元用于电网和储能——尽管投资高度集中于发达经济体和中国，具体情况在第四章中进一步讨论。国际能源署预测，到2025年，清洁能源投资将达到约22万亿美元，而化石燃料投资总额将达到约11万亿美元。这意味着，如今，每投入一美元用于化石燃料，就有两美元投资于清洁能源转型。<sup>ix</sup>

此外，自《巴黎协定》通过以来，通过贸易和外国直接投资（FDI）传播清洁能源技术急剧增长。2014年至2022年间，全球清洁能源FDI——主要在可再生能源、电动汽车和绿色氢能领域——占全球GDP的份额翻了两番，2022年占所有新宣布的绿地FDI的40%。<sup>10,60</sup>自2015年以来，与可持续发展目标相关的领域的国际投资项目总数增长了25%，主要受可再生能源项目的推动，凸显了它们在推动更广泛可持续发展中的关键作用。<sup>51</sup>尽管如此，动力正面临强劲的逆风。在2023年至2024年间，可再生能源的绿地外商直接投资下降了24%，总计约2670亿美元。（见附件，了解外国直接投资和绿地外国直接投资的定义。）

#### iv) 清洁能源行业对就业和经济增长的贡献

清洁能源部署的大幅增长意味着一个全新的清洁能源经济正在兴起。该领域现在正推动着世界许多国家的经济发展和就业。<sup>6</sup>2024年，清洁能源行业预计将首次占中国经济的10%以上，推动国家GDP增长26%。<sup>63</sup>去年，该行业为全球经济贡献了约3200亿美元，占全球GDP增长的10%；在印度占比约5%，在美国占比6%，在中国占比20%，在欧盟占比近三分之一。<sup>3</sup>清洁能源（直接和间接）就业人数在2021年首次超过了化石燃料行业。到2023年，清洁能源就业人数增长了150万，总数达到3480万。尽管化石燃料行业的就业岗位增长了940,000个，达到3260万个。<sup>36</sup>在清洁能源领域

行业，可再生能源工作岗位估计有1620万——其中中国740万，欧盟180万，巴西160万，印度和美国各超过100万，非洲32.4万，大洋洲9.1万。<sup>37</sup>集中式和分布式可再生能源系统都在推动就业增长。例如，2021年，在印度（主要是太阳能光伏），有超过8万人直接从事分布式可再生能源工作——这些能源被家庭、商业和工业企业用于发电和清洁烹饪用途——肯尼亚和尼日利亚各有5万人，乌干达近3万人，埃塞俄比亚近1.4万人。<sup>64</sup>

#### v) 将经济增长与排放量脱钩

有一些迹象表明，CO<sub>2</sub>之间的联系正在减弱。<sup>2</sup>排放和全球GDP增长。<sup>65,66</sup>2023至2024年间，能源相关二氧化碳增长...<sup>2</sup>排放速度放缓至0.8%，而全球经济扩张超过3%。自2019年以来部署的清洁能源技术正在帮助避免约26亿吨的二氧化碳排放。<sup>2</sup>年度排放量（其中87%归因于太阳能光伏和风能），大致相当于年度化石燃料CO<sub>2</sub>排放。<sup>32,67</sup>

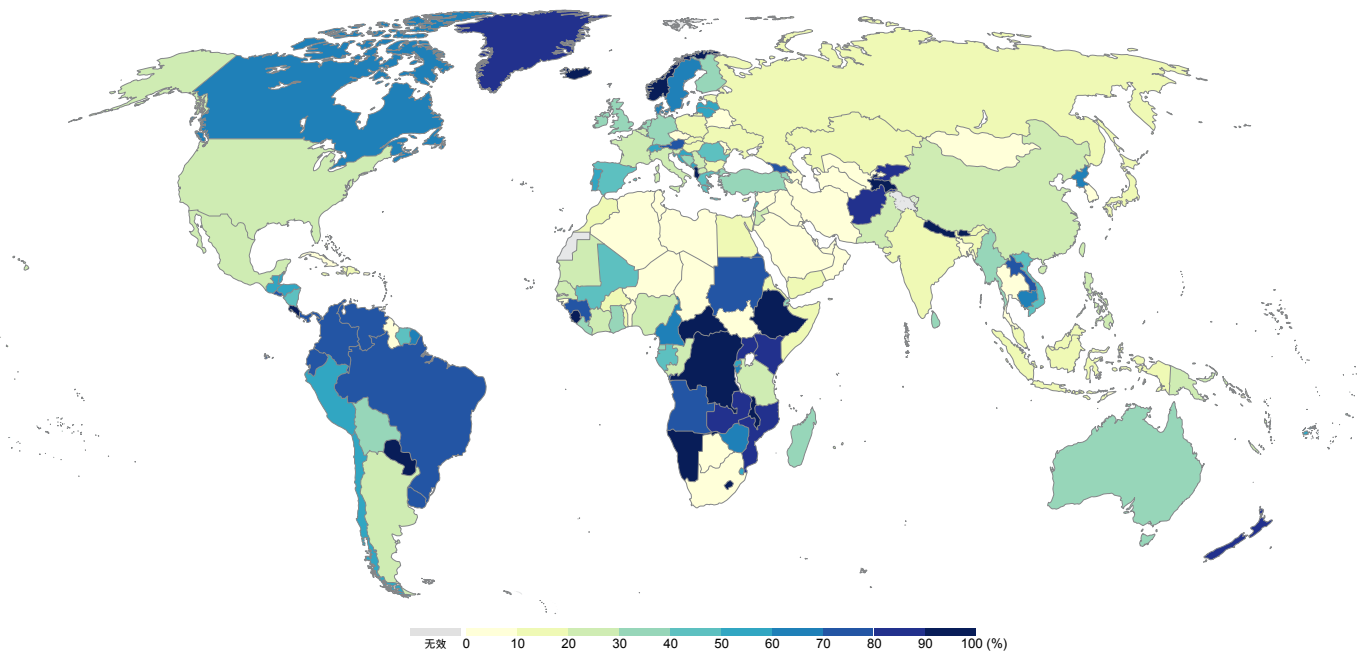
自1990年代以来，包括15个非经合组织国家在内的40多个国家，至少在五年以上将经济增长与温室气体排放脱钩。<sup>68</sup>在总体上，发达经济体已经看到了CO<sub>2</sub>自2007年以来，排放量达到峰值并开始下降，而国内生产总值（GDP）的增长持续，即使考虑到海外制造的消费品消费。<sup>69</sup>这些经济活动和排放的分歧趋势也开始在非洲、欧亚大陆、拉丁美洲地区以及中国和印度变得明显。<sup>66</sup>

#### vi) 支持发展中国家实现公正能源转型的创新机制

近年来，围绕推进全球公正能源转型各个方面的国际联盟大量涌现，同时，针对发展中国家的创新支持机制也崭露头角。特别是所谓的“国家平台”——自愿的、政府领导的、多利益相关者合作，用于吸引和协调国际公共金融以支持共同目标——具有

ix 这些值以2024年美元的实际价值表示。

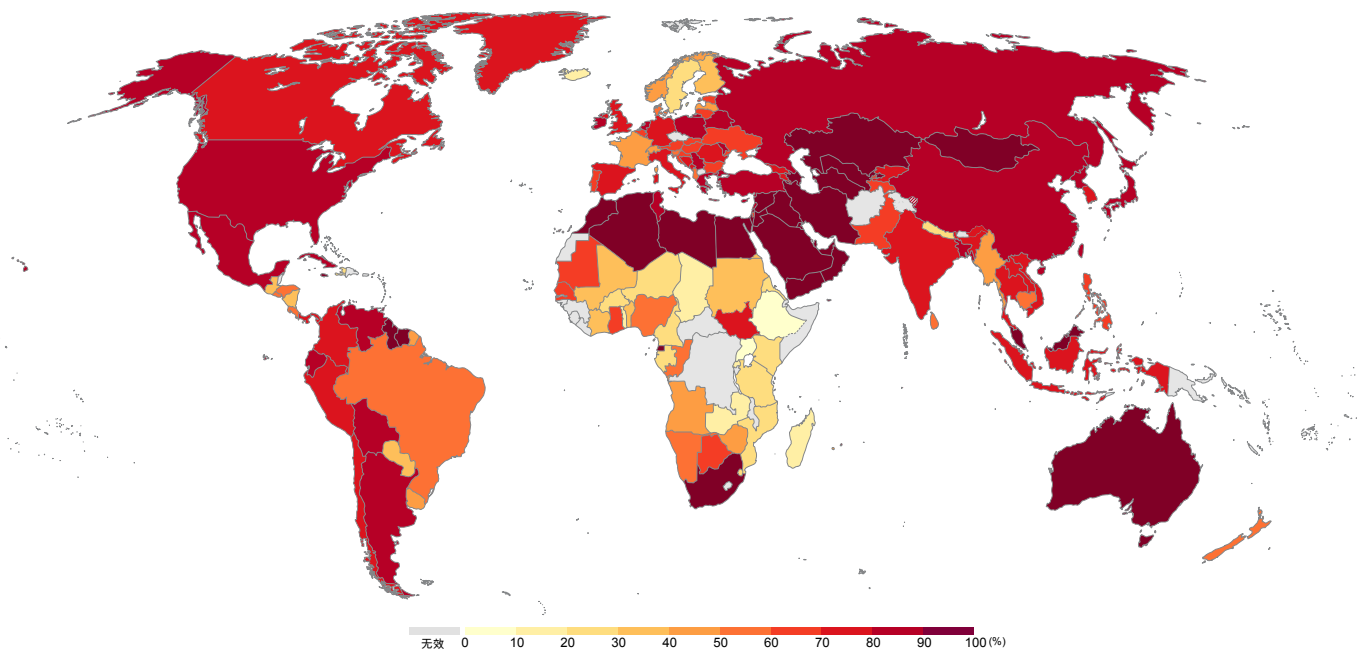
图4. 2022年非生物质可再生能源发电占比（上方）和化石燃料在总能源供应中的占比（下方），（最新的包含国家级数据的年份）



联合国 地理空间

所显示的边界和名称以及地图上使用的标识并不表示联合国官方的批准或接受。点线代表印度和巴基斯坦同意的克什米尔控制线。关于塞浦路斯和克里米亚最终状态的问题，各方尚未达成一致。苏丹共和国和南苏丹共和国之间的最终边界尚未确定。阿根廷政府和联合国政府之间存在争议。关于福克兰群岛（马尔维纳斯）主权归属的大不列颠及北爱尔兰联合王国。 六月 2025

图4700



联合国 地理空间

图上方显示的边界和名称及使用的标识并非体现联合国的官方认可或接受。虚线表示印度和巴基斯坦同意的克什米尔控制线。各方还未就克里米亚最终状态达成一致。苏丹共和国和南苏丹共和国的最终边界尚未确定。阿根廷政府与大不列颠及北爱尔兰联合王国的政府对福克兰群岛（马尔维纳斯）的主权存在争议。

图4701  
六月 2025

统计数据的来源：Ember。

<sup>54</sup>IEA. <sup>56</sup>

这些地图仅供展示可用的统计数据，并不代表数据提供商的官方认可或接受。

具有作为强大机制促进各国根据自身国情采取气候和能源转型行动，并与国家优先事项相一致的能力。<sup>70-72</sup>

2021年至2023年间启动的针对南非、印度尼西亚、越南和塞内加尔的公正能源转型伙伴关系（JETPs）是这些国家平台的一个例子——具体目标是与选定的若干发展中国家合作，加速能源转型。截至2025年6月，捐赠者的国际合作伙伴集团（IPG）包括加拿大、丹麦、法国、德国、意大利、日本、挪威、欧盟以及大不列颠及北爱尔兰联合王国（UK），此外，私人部门和公共金融机构通过格拉斯哥金融联盟实现零排放（GFANZ）进行协调的承诺。尽管JETPs的范围在不同国家之间有所不同，但大多数国家都专注于通过加速淘汰燃煤电力、提高可再生能源部署以及升级电网基础设施以实现高可再生能源渗透率来减少电力部门的排放。尽管面临持续挑战和复杂性，鉴于转型所需的规模，JETPs在推动国家层面的公正能源转型和投资规划、设定雄心勃勃的化石燃料逐步减少和可再生能源逐步增加目标、以及将政府和社会中的相关利益相关者聚集在一起方面发挥了关键作用。<sup>73,74</sup>

近年来，南南合作在清洁能源转型方面也在扩大规模，尤其是通过中国的“一带一路”倡议（BRI），近年来其在撒哈拉以南非洲的国际项目融资交易中占比达到10-15%。<sup>75</sup>此外，还存在区域内部的支撑机制，例如欧盟的公平转型基金，用以支持成员国进行经济多元化转型和劳动力再培训，以实现净零排放。

## 第三部分 —— 加速能源转型的机遇与利益

正如上一节所示，在过去十年中，清洁能源转型在多个领域取得了显著进展。在本节中，我们探讨了通过加速这一转型而获得的社会经济收益的六个关键维度，这超越了其在推动快速、深度和持续减少温室气体排放、最小化气候损害并使1.5°C目标成为可能的基本作用。

**国内生产总值（GDP）在化石燃料进口方面的数据。**<sup>76,77</sup> 截至2022年，在报告数据的147个国家中，有93个国家为石油和天然气净进口国，其中69个国家完全依赖进口来满足国内消费（见图5）。

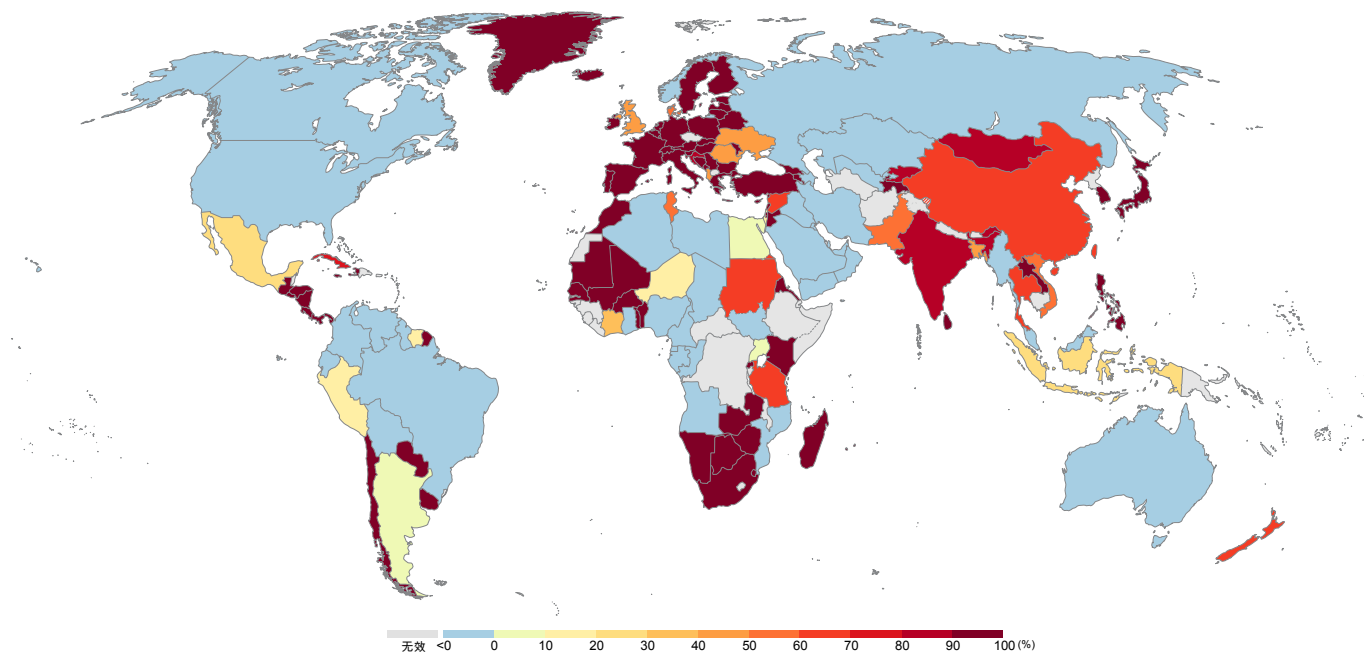
对化石燃料进口的依赖，使得我国易受价格波动、供应中断和地缘政治动荡的影响。根据国际能源署的评估，能源市场在2021年开始出现紧张局面，这主要是由于新冠疫情后经济的快速复苏。然而，随着俄罗斯联邦入侵乌克兰，局势急剧恶化，演变成一场“全面的全球能源危机”。<sup>78</sup> **天然气价格——**

### 能源安全与主权

大约74%的全球人口目前居住在净进口煤炭、石油和天然气的国家，四分之一的人口生活在每年至少花费其年度国内生产总值的5%用于进口这些资源的国家。

**图5. 2022年油气净进口依存度（总进口减去总出口占能源供应总量的百分比）**

国家价值低于0%的是净出口国，用蓝色阴影表示。灰色表示无数据。



联合国 地理空间

图上所显示的边界和名称及使用的设计并非体现联合国的官方认可或接受。虚线表示印度和巴基斯坦商定的克什米尔控制线。各方还未就克什米尔最后状态达成一致。苏丹共和国与南苏丹共和国的最终边界尚未确定。阿根廷政府与大不列颠及北爱尔兰联合王国的政府对福克兰群岛（马尔维纳斯群岛）的主权存在争议。

图4702  
六月 2025

统计数据来源：国际能源署（IEA）。<sup>56</sup> 这张地图仅用于展示可用的统计数据，并不代表数据提供方的官方认可或接受。

因此，一些市场的电价——创下历史新高，而油价则达到自2008年以来的最高水平。这直接增加了供暖、降温、照明和移动的成本，间接推高了全球供应链中其他商品和服务的成本，加剧了2022年的生活成本危机。

国际能源署估算，在全球范围内，尽管考虑到政府动员的补贴和紧急支援措施，2022年消费者的人均能源账单支出约为1200美元，比过去五年平均值高出20%。<sup>80</sup> 对高度依赖天然气进口的国家打击尤其严重。例如，另一项研究发现，在完全依赖天然气进口的韩国共和国，2022年用于发电的液化天然气（LNG）成本比2021年高出170亿美元，人均平均增加326美元。<sup>81</sup>

额外在能源账单上花费800英镑（990美元），政府额外在天然气进口上花费500-600亿英镑（620-740亿美元）。<sup>82</sup> 若不是可再生能源为英国提供了大约40%的电力，燃气发电量可能将是实际水平的两倍，这将大幅增加价格和家庭账单。天然气批发现货价格也创下欧洲大陆市场的历史新高，导致批发电力价格显著上涨。图6。一项研究表明，在2021-2022年，天然气价格的上涨约占批发电力价格上涨的90%，而欧盟碳排放交易系统更高的碳价约占剩余的10%。<sup>79</sup>

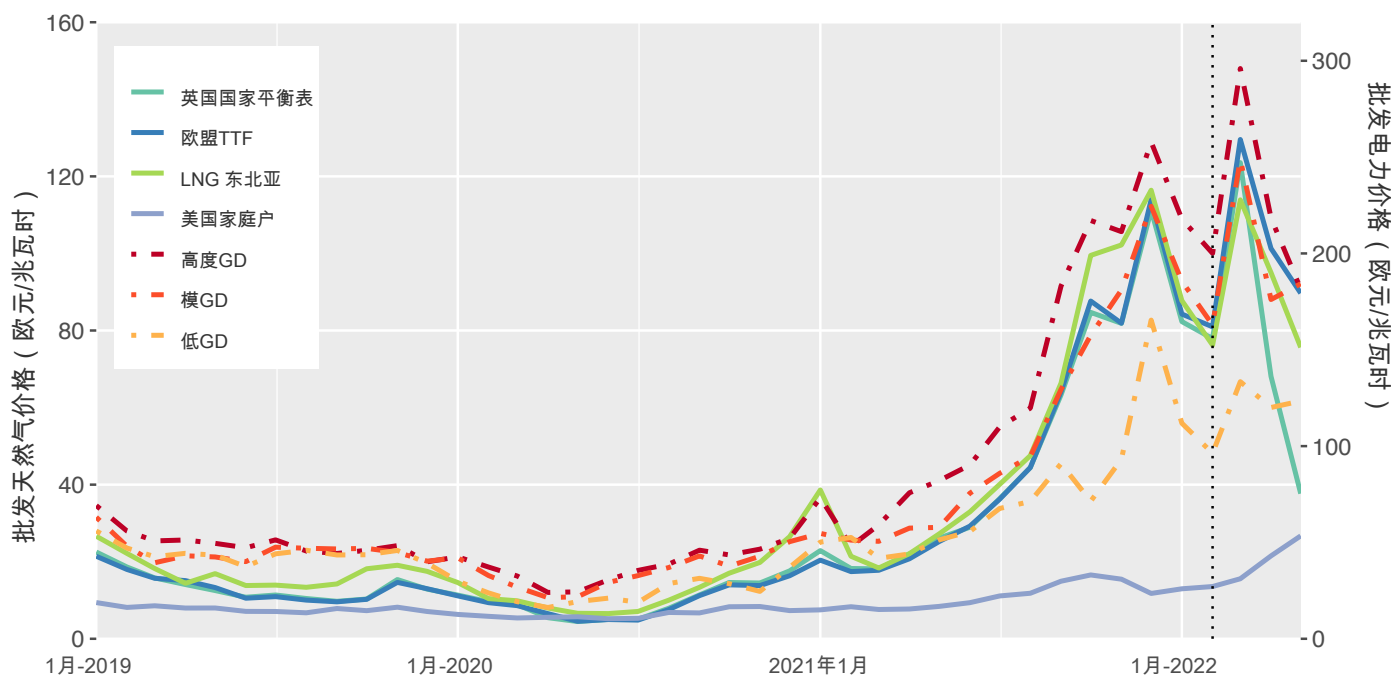
## ii) 能源可负担性

存在一种普遍的误解，认为清洁能源技术总是比化石燃料技术更昂贵，并且认为能源转型和碳中和政策正在推高生活成本。<sup>83</sup> 然而，正如上一节所展示的，**可再生能源现在几乎总是**

在英国，2022年的批发天然气价格比2016年至2019年的平均水平增长了五倍多，导致平均家庭

图6. 2019年1月至2022年5月批发天然气价格（实线）和批发欧洲电力价格（虚线）（欧元/兆瓦时）。

展示的天然气价格：英国国家平衡点（NBP）；欧洲基准TTF；东北亚LNG JKM；以及美国亨利中心。欧洲的电力价格根据电力生成（高、中或低）的天然气依赖度（GD）和电网互联互通性（高GD为有限，中GD为高度互联）进行汇总。详见Ari等（2022）第3图。<sup>79</sup>



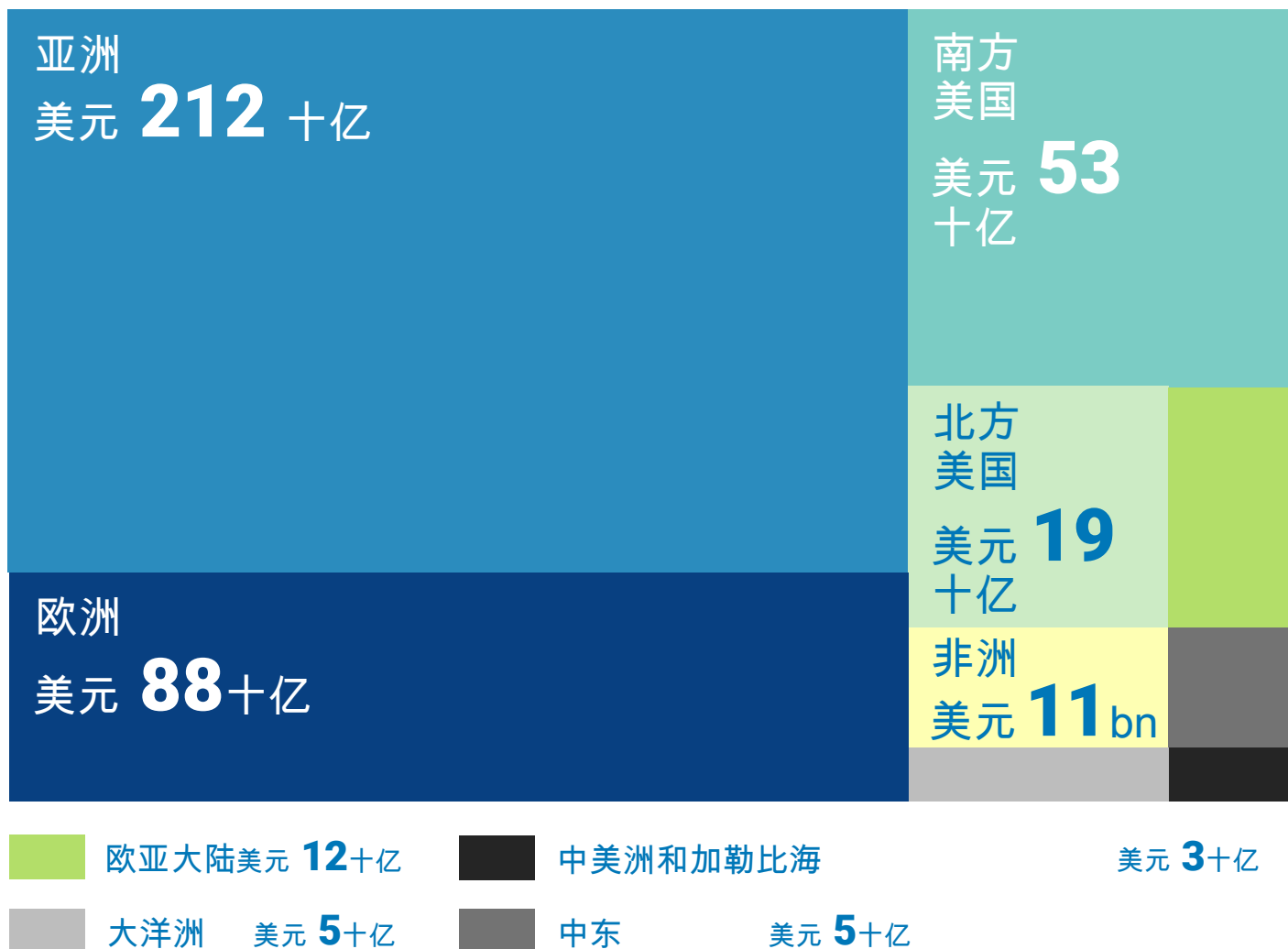
**最经济的全新及现有电力生成方案。** 其他技术，如电动汽车和节能电器，在它们的整个使用寿命内通常也能节省成本，即使它们有时会带来较高的初始成本。<sup>80</sup> **事实上，今天生活成本不断上升的压力部分源于我们持续的化石燃料依赖——直接通过其波动价格和对商品价格的影响，以及维持化石燃料补贴的高昂成本，以及间接通过化石燃料驱动的气候灾害和中断不断增加的代价。**

**同样适用于消费者。** 根据IRENA的数据，自2000年以来，可再生能源的部署到2023年已累计为电力行业节省约4090亿美元化石燃料成本，其中亚洲节省最多，其次是欧洲和南美洲（图7）。<sup>45</sup> **而进口化石燃料涉及持续的支出，而进口可再生能源技术则是一次性投资。** 以2024年的价格计算，进口1吉瓦太阳能电池板可节省相当于太阳能电池板平均30年使用寿命内30年天然气进口成本的费用。<sup>76</sup>

即使不考虑异常高的油气价格，可再生能源的成本竞争力意味着它们将在近期和长期内节省能源成本——对于政府和公众。

高度依赖高价且波动性大的化石燃料进口，对发展中国家政府预算和经济发展的制约尤其严重。

图7. 2000年至2023年间不同地区可再生能源新增电力在电力领域的累计化石燃料成本节约。



数据来源：IRENA。<sup>45</sup>

背负着日益增长的债务偿还费用。例如，大约60%的小岛屿发展中国家（SIDS），它们是世界上负债最重的国家之一，目前超过90%的化石燃料供应用于发电，这平均占其GDP的10%。塞舌尔的化石燃料进口几乎占国家GDP的18%，而其债务高达GDP的85%。<sup>84,85</sup>

国际能源署的 *策略：经济合理的清洁能源转型之路* 报告详细说明了如何通过针对性的额外政策和投资，在遵循与1.5°C目标一致的路径实现到2050年的全球净零排放的情况下，与基于当前政策的轨迹相比，未来十年全球能源系统的运营成本将降低一半以上。网络结果是，消费者、企业和全球政府都能获得更具性价比的能源体系。<sup>80</sup>

### iii) 能源获取

截至2023年底，全球近92%的人口用上了电。然而，仍有超过6.66亿人无法获得电力供应，约21亿人（占比26%）缺乏清洁烹饪技术，导致对环境、公共健康和人类生活产生了重大的负面影响。<sup>86</sup> 例如，世界卫生组织（WHO）估计，大约320万人因家庭空气污染过早死亡，这种污染是由于烹饪使用的固体燃料和不完全燃烧的煤油造成的。<sup>87</sup> 能源获取差距在撒哈拉以南非洲最为突出，2023年约有5.65亿人仍未接入电力，占全球无电力接入人口的85%。<sup>86</sup>

正如由IEA、IRENA、联合国、世界银行和世界卫生组织共同发布的2024年联合报告所指出的，到2030年实现普遍电网接入，仅依靠部署电网、微电网和独立无电网解决方案的组合，利用分布式可再生能源快速部署来满足需求，特别是在难以进入的农村地区，其中百分之八十没有电力供应的人居住，这样才能成为可能。<sup>88</sup> 在2022年，250万家庭通过家庭太阳能系统和小型太阳能照明获得了电力供应。

系统。独立离网太阳能解决方案预计总计为4.9亿人提供服务。能源获取带来了许多其他好处，小型可再生能源微电网的实施已被证明通过改善生计、减少贫困、增强食品安全、健康和教育，对可持续发展做出了显著贡献。<sup>89,90</sup>

世界银行进一步强调了太阳能微型电网如何能在2030年前以最低成本为撒哈拉以南非洲的3.8亿人提供高质量的稳定电力——这一区域拥有最大的接入差距，并且迫切需要发展成果。<sup>91</sup>

国际劳工组织、国际可再生能源机构和联合国环境规划署也强调了关注基于可再生能源而不是化石燃料的清洁烹饪解决方案的重要性。<sup>64,92</sup> 过去十年，液化石油气（LPG）解决方案得到了更多的政策支持与资金关注，这得益于大量政府贡献和项目的支持。因此，液化石油气在实现清洁烹饪接入的进展中占据了70%以上。<sup>88</sup> 然而，“清洁烹饪”燃料和技术的指南（与“清洁能源”不同）通常仅适用于细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和一氧化碳排放标准。<sup>93</sup> 液化石油气仍然会排放温室气体排放和其他有害空气污染物，如氮氧化物。（详见附件以获取更多详细信息）。例如，由联合国环境规划署支持的多元化利益相关方“太阳能烹饪伙伴关系”旨在通过太阳能烹饪为非洲大陆提供负担得起的清洁烹饪解决方案。这不仅减少了家庭室内空气污染和温室气体排放，同时解决了基于性别的暴力、森林砍伐问题，并促进了经济发展。<sup>94</sup>

IEA和IRENA都制定了全球能源转型路径，这些路径与限制长期升温至1.5°C相一致，并在2030年前为所有人提供清洁能源（实现可持续发展目标7）。<sup>27,28</sup> 在世界范围内，世界银行开发了“国家气候与发展报告”（CCDRs），探讨了如何将发展目标与72个国家和地区的气候减缓与适应努力相一致。<sup>x</sup> 电力行业建模在这些

x 世界银行集团的个别CCDR和综合报告可在以下网址访问：  
<https://www.worldbank.org/en/publication/country-climate-development-reports>

CCDRs表明，即使在不考虑气候目标的情况下，仅从经济角度出发，在当前政策情景下，太阳能和风能在以最低成本满足日益增长的电力需求中发挥着重要作用。<sup>95</sup> 当在低碳发展路径中考虑气候目标时，可再生能源扮演着更加重要的角色，代表着几乎所有新增的产能。例如，在摩尔多瓦，投资可再生能源和能源效率预计到2050年将把能源进口依赖率从78%降低到40%。在脆弱或冲突国家，如也门共和国或黎巴嫩，分布式太阳能可以为关键设施，如学校和医院提供电力，从而增强社区的抗风险能力。在大多数CCDR中，这种向可再生能源的转变伴随着随着时间的推移，总电力成本的下降，为家庭和企业带来了收益。

#### iv) 电力系统弹性

电力系统正越来越多地受到极端天气事件、老化电网基础设施以及不断增长的电力需求的压力，这不仅威胁到电力生产的效率和可靠性，还威胁到能源基础设施的物理韧性。<sup>15,96</sup> 尽管有些人错误地将可再生能源（如风能和太阳能）日益融入电网的原因归咎于它们，但主要原因还是老化的电网基础设施和日益加剧的极端天气，这将在下一节中进一步讨论。在适当的治理下，以可再生能源为主的电力系统可以具有高度的可靠性，而以化石燃料为主的系统并不一定能保证可靠性。例如，2023年，丹麦、德国和美国的电力混合中可变可再生能源的份额分别为68%、44%和22%，它们的平均停电率分别为每消费者约30、13和366分钟。<sup>97-99</sup>

去中心化和多元化的基于可再生能源的电力系统，在应对日益增长的极端天气事件时，也具有内在的提供更多弹性的潜力。<sup>15,100</sup> 许多太阳能-储能微型电网项目正在加勒比地区展开，该地区极易受到飓风的侵袭。<sup>101,102</sup> 去中心化的可再生能源可以同时提供即时的灾害响应和长期的气候韧性，尤其是在传统依赖化石燃料的电网基础设施依然脆弱的岛屿环境中。

除了极端气候条件之外，可再生能源还有助于使电力生产免受外部冲击的影响，例如化石燃料价格的波动以及国际贸易和供应链的中断。例如，一项最近的研究发现，如果欧盟成员国实现其2030年的太阳能和风能装机容量目标，年平均电价对天然气成本敏感度将平均降低29%。如果太阳能和风能装机容量安装量比2030年目标高出30%，敏感度将降低65%。<sup>103</sup> 此外，一旦安装，风能和太阳能发电厂在其整个运营寿命期间将免受供应链中断风险的威胁，这与通常有几个月燃料储备的化石燃料发电厂不同。<sup>104</sup>

#### v) 创造就业、经济增长和产业竞争力

截至目前，气候政策的实施大幅提高了各国吸引绿色外国直接投资的数量。支持绿色产品的政策对这些产品的竞争力和创新的影响也比对非绿色产品目标的政策更为显著。<sup>10,60,105</sup> 如前所述，绿色产业和绿色投资已经在帮助全球促进经济发展和创造就业机会。系统地采用可再生能源和提升能源效率，结合渐进式政策，可以在短期内、中期和长期内继续推动就业和国内生产总值（GDP）的净增长。

在IRENA的全球能源转型1.5°C情景下，从2023年至2050年，全球国内生产总值（GDP）的平均年增长率可能达到1.5%，与当前政策（“计划能源”）情景相比。由于宏观经济的效应，如公共和私人投资的增加水平。<sup>106</sup> 二十国集团（G20）的年度平均GDP增长预计为1.3%，其中巴西为1.3%，印度为2.8%，中国为6.0%，南非为8.3%。同时，非洲不同地区的增长预计为5.4%至15.3%，东南亚为2.6%。（这些估计未考虑避免的气候损害。）可再生能源行业预计到2050年在1.5°C情景下将显著增长，全球将创造约4000万个直接就业岗位。Solar would make up nearly 66% of renewable energy jobs in the Middle East and North

非洲（中东和北非），亚洲52%，欧洲38%，南北美洲32%，撒哈拉以南非洲28%。

此外，国际劳工组织（ILO）对一些国家的更广泛的绿色转型就业潜力进行了评估，并探讨了中东和北非（MENA）地区绿色工业增长机会的社会、经济和就业影响。<sup>xi</sup> 这项评估发现，如果中东和北非国家在全球能源转型中保持被动旁观者，他们可能会面临福利损失。相反，积极参与将可能导致就业率提高3.5%（净增660万个工作岗位）以及GDP提高4.8%。<sup>107</sup> 这个情景意味着需要强有力的工业和公正转型政策——包括针对化石燃料工人的社会保障和搬迁计划——以及加强的气候政策，特别是在太阳能、电动交通和基于可再生能源的氢能生产方面。

世界银行的CCDR还探讨了各国增加在关键绿色技术价值链中参与机会的途径，在创造新工作的同时提高收入和出口。他们发现，在大多数国家，低排放发展情景下的短期经济增长可能与现行政策情景相似，甚至更快。鉴于设计良好的政策和结构调整与支持性环境的协同作用。<sup>95</sup>

能源转型也为改善能源工作团队的性别平衡提供了机会。尽管女性占全球劳动力的39%，但在2023年，女性在能源行业工作人数占比不到20%。<sup>36</sup> 全球范围内，女性在可再生能源劳动力中所占比例（32%）高于石油和天然气行业（22%）。<sup>10</sup> 例如，在肯尼亚，去中心化的太阳能光伏发电领域雇用了41%的女性，在埃塞俄比亚为37%，在尼日利亚为35%，在乌干达为28%。<sup>37</sup> 尽管如此，他们在可再生能源行业的角色和参与度并不平衡。例如，在风能和太阳能光伏领域，女性在高级管理职位上的代表性非常低。<sup>36</sup> 一个强大的科学供应

科技、工程和数学（STEM）教育的劳动者以及更加平等地对待女性也可以通过防止劳动力扩张的瓶颈和推动绿色创新来增强气候政策的有效性。<sup>109</sup>

## vi) 额外的社会经济和环境效益

如同上述评估所暗示的那样，摆脱化石燃料的转型有助于实现众多其他社会、经济和环境目标，包括但不限于减少贫困、改善空气质量和健康，以及增强经济发展和韧性。<sup>95,110</sup> 例如，IRENA发现，与现行政策情景相比，从化石燃料向以可再生能源为基础的能源系统的系统性转变，可能在现在到2050年期间使非洲的GDP提高6.4%，经济范围就业增加3.5%，社会福利提高25.4%。<sup>111</sup> 同样，东南亚的GDP可能增长3.4%，经济领域的就业增加1.0%，社会福利提高10.9%。<sup>112</sup>

IRENA在上文研究中评估的社会福利指标之一是改善的空气质量 and 公共卫生。<sup>第12页</sup> 化石燃料生命周期的每一个阶段都会释放空气污染物，从勘探和提取到终端使用燃烧。数十年的流行病学研究已经证实，空气污染可以导致、加剧或恶化许多不利健康条件，从而导致呼吸、心脏和神经系统疾病，并增加癌症和妊娠并发症的风险。<sup>113</sup> 全球范围内，室外PM<sub>2.5</sub> 化石燃料燃烧产生的污染估计每年导致超过500万人过早死亡——占有所有室外PM<sub>2.5</sub>导致的过早死亡人数的82%。<sup>2.5</sup> 人类活动造成的污染。<sup>114</sup> 化石燃料燃烧引起的交通相关空气污染每年可能导致200万至400万儿童新增哮喘病例。<sup>115,116</sup> 一项研究估计，2018年化石燃料造成的空气污染的经济成本为2.9万亿美元，占全球GDP的3.3%。<sup>117</sup> 此外，石油和天然气生产活动释放出

xi ILO的关于孟加拉国、巴西、中国、印度、约旦、黎巴嫩、马来西亚、毛里求斯、墨西哥、尼日利亚、菲律宾、突尼斯、土耳其、乌拉圭的报告 并且津巴布韦都可以在

<https://www.ilo.org/topics/just-transition-towards-environmentally-sustainable-economies-and-societies/green-jobs-assessment-reports> xii IRENA的“能源转型福利指数”考虑了能源转型的五个维度——经济、社会、环境、分配和可及性。IRENA的《社会经济转型发展能源足迹》报告涵盖了非洲、埃及、印度尼西亚、日本、东南亚和南非。

广泛的有害、有毒，甚至具有放射性的空气、水和废物污染物。这些污染物已知具有致癌性或对生殖和发育有不良影响。<sup>18-120</sup> <sup>1</sup>

正如最近的一份OECD-UNDP报告详细探讨的那样，更具雄心的气候政策可以同时加快包容性经济增长，并通过增加对清洁技术的投资、提高能源效率和碳定价或取消化石燃料补贴所得收入的有战略性的再投资，显著减少排放。<sup>68</sup>

与现行政策情景相比，仅宏观经济效益就能使全球GDP在2030年增长0.1%，在2040年增长0.23%。<sup>第十三章</sup> 当考虑到一些避免的气候损害在更长远的时期内也会体现，例如与海平面上升相关的物理影响或对农业作物产量的影响时，到2050年的收益估计为0.2-3%。

除了对GDP的影响，经合组织和联合国开发计划署的报告还显示，更加一体化的气候与发展政策有助于推进气候行动，同时也能推动其他可持续发展目标（SDGs）的进展。在增强型行动情景中，设想了能源安全的新范式，到2040年，与当前水平相比，高收入国家的化石燃料进口量将减少30%，低收入国家将减少17%。如前所述，这将减少对波动性化石燃料市场的暴露，降低进口账单，稳定能源价格，并增强自给自足能力。如果对能源转型投资得到针对确保粮食安全、基本服务获取和治理改革的具体措施的补充，九成低收入国家到2050年可以通过显著提高发展水平，让1.75亿额外人口摆脱极度贫困，同时加强抗逆力和能源公平性。

尽管如此，清洁能源转型也将带来必须解决的负面影响，例如对依赖化石燃料的工人和社区造成的就业和收入损失，以及开采对可再生能源技术至关重要的关键矿产可能带来的社会和环境危害。下一节将更详细地探讨这些挑战，以及阻碍快速和公平转型的重大障碍。

## 第四章——当前转型中的障碍和挑战

如您第2节所见，尽管在过去十年里，世界某些行业和地区在可再生能源部署方面取得了显著进步，但其他方面的公正能源转型进展甚微。因此，我们距离COP28上商定的1.5°C全局能源转型目标依然遥远（见表2）。<sup>第十四</sup> 本部分探讨了全球加速实现公平能源转型过程中必须解决的若干关键挑战、风险和障碍。

新兴市场和发展中国家，受快速经济发展、城市化和人口增长的驱动。然而，到2024年底全球累计安装的4448吉瓦可再生能源中，41%在中国，39%在经合组织国家。剩余的20%集中在少数几个国家，其中巴西和印度占近一半。<sup>29</sup> 2023年，中国、欧盟和美国占全球电动汽车销售的95%。<sup>122</sup>

### 挑战与风险

#### 动员充足、可得、负担得起的资金，以促进发展中国家加快能源转型：

未来几年和几十年内，大部分额外的能源需求预计将来自

自2016年《巴黎协定》生效以来，每投资五美元中，仅有不到一美元投向了除中国以外的新兴市场和发展中国家。<sup>55</sup> 在2024年，他们收到了约3000亿美元，占全球清洁能源支出的15%（图8）。非洲拥有世界20%的人口，85%的全球人口无法获得电力，但仅获得了2%。

表2. 第一轮全球盘点中选择的全球能源转型目标以及IEA和IRENA根据现行政策和1.5°C适应情景模式预测的2030年预测。

2022年的年值作为参考基准，而2024年的数据则展示了自那时以来的进展或缺乏进展。

	2022	2024	2030预测	
			当前计划并且政策	1.5°C相匹配的
可再生能源电力装机容量（吉瓦） <sup>a</sup>	3,380	4,450	6,770	11,200
年度能源效率提升率 <sup>b</sup>	2%	1%	2%	4%
总能源供应/需求化石燃料（EJ） <sup>b</sup>	505	519	505	375

来源：（a）基于IRENA，此处所示数字已四舍五入至三位有效数字。<sup>29,121</sup>（b）IEA。<sup>55</sup>

占全球总数。<sup>31,86</sup> 然而，根据IRENA为本报告进行的最新分析，非洲的可再生能源潜力是到2040年非洲在1.5°C情景下电力需求按人均计算，金融流动性的差异随着时间的推移而不断加大：在2016-2019年间，发达经济体吸引的清洁能源投资是中国以外的154个新兴市场和发展中经济体（EMDEs）的14倍；在2020-2023年间，这一比例增加到了18倍。<sup>123</sup> 截至2023年，仍有超过300个发展中国家尚未注册一个规模达到国际投资标准的可再生能源项目。<sup>75</sup>

国际能源署（IEA）和独立高级别专家小组（IHLEG）均预计，到2030年，除中国以外的新兴市场和发展中国家（EMDEs）的清洁能源转型投资需扩大至每年约1.4-1.9万亿美元，到2035年则需超过每年2万亿美元，以实现1.5摄氏度的目标并履行可持续发展目标（SDGs）。<sup>124,125</sup> 实现到2050年实现净零排放的目标，因此将需要在新兴市场和发展中国家（EMDEs）以外的领域增加清洁能源支出。

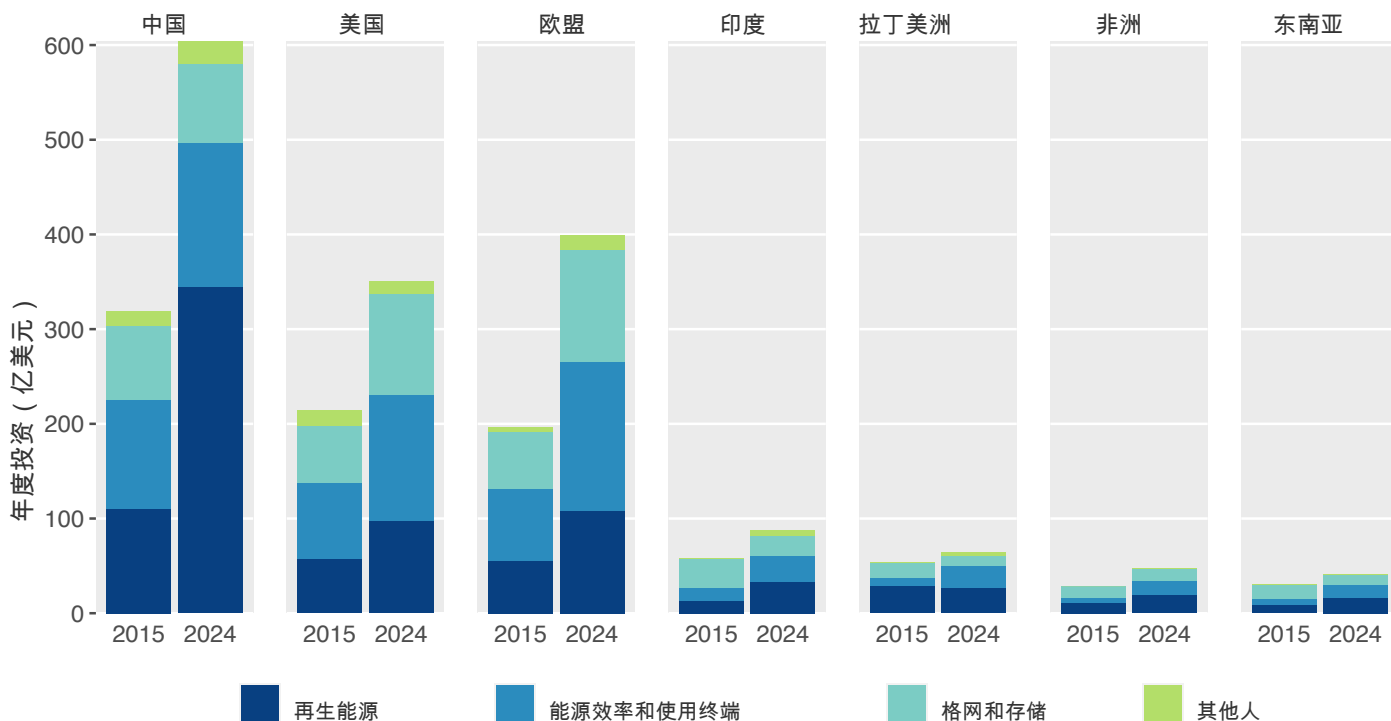
中国到2030年将从2022年的2600亿美元投资增加到大约五到七倍——远远超出公共融资的承受能力，因此需要前所未有的私人资本动员。这代表了一个强大的投资必要性和机会。

自2015年亚的斯亚贝巴行动议程以来，政策制定者一直在倡导利用公共资源，通过风险缓解等机制来撬动私人投资。

然而，这些期待在数量或质量上都没有得到满足。因为私营部门寻求风险调整后的财务回报，它需要明确的财务案例来投资清洁能源技术。然而，如以下所述，由于实际和感知的市场风险，中国以外的新兴市场和发展中经济体的清洁能源项目的资本成本仍然过高。<sup>75,123,126</sup>

此外，公共资源不应削弱能源转型和气候变化应对至关重要。

图8. 2015年和2024年所选国家和地区年度清洁能源投资额，亿美元。



数据源：国际能源署。<sup>31</sup>

xv 基于IRENA全球可再生能源图谱的分析，<https://globalatlas.irena.org>。

**政策目标：** 各国应相应调整国家、区域和多边发展银行以及DFI的贷款政策，以及国有企业投资。特别是，DFI应引领那些前期成本高、回报可能缓慢显现的能源转型项目的融资，例如电网基础设施扩建和现代化项目。<sup>127,128</sup>

货币风险和债务脆弱性也被认定为发展中国家可持续基础设施投资的重大障碍，这些国家正面临史上最严重的债务危机，债务偿还消耗了平均38%的预算收入，在非洲这一比例高达54%。<sup>129</sup> 与此同时，投资于发展当地清洁能源供应链，这对于增加供应链多样化和韧性、减少对进口的依赖以及最大化社会经济利益至关重要，但这些投资正越来越集中在少数几个国家。例如，2018年至2023年间，中国在全球太阳能光伏供应链的投资中占比达到了88%，美国和欧洲各占2%，其余部分则由东南亚经济体（4%）、印度（1%）和世界其他地区（3%）共同分担。<sup>121</sup>

如下进一步详细说明，需要解决以下这些障碍以扩大发展中国家的清洁能源金融和投资：在需求方面，缺乏政策和监管框架以及项目管道的准备情况以吸引清洁能源投资；在中介方面，混合金融以及其他风险缓解工具的利用不足和低效以降低清洁能源融资成本；在供应方面，缺乏国内清洁能源金融市场。

## ii) 电力需求的结构性增长：

- 近年来，发达经济体对电力需求的激增主要来自比特币挖矿，随着人工智能的快速发展和能源密集型数据中心的大量涌现，这一现象愈发加剧。今天，一个典型的以AI为核心的数据中心消耗的电力相当于10万户家庭的总和，但目前在建的最大的数据中心将消耗20倍的电力。数据中心在2024年约占全球电力的1.5%，即415太瓦时。这一数字预计到2030年将超过两倍，达到约945太瓦时，这与日本的总用电量大致相当。

今日全年总电力消耗。迄今为止，天然气和可再生能源一直是数据中心电力供应的主要来源。<sup>130</sup> 国际货币基金组织（IMF）的模拟显示，可再生能源的扩张有可能在减轻能源需求增加对能源价格的影响的同时，减少与人工智能（AI）相关的温室气体（GHG）排放。<sup>131</sup> 同时，包括人工智能在内的数字技术有望帮助加速能源转型，因为电力网络变得更加去中心化和数字化。例如，人工智能可以帮助改善可变可再生能源发电的预测和整合，以及电力接入的映射。<sup>130,132</sup>

- 城市中心的极端高温在2024年推高了冷却需求，导致化石燃料发电量与前一年相比增长了1.4%，几乎全部增长都由此引起。<sup>30</sup> 降温和气候变化的双重负担：空调机和冰箱在用电过程中产生间接排放，在排放制冷剂气体过程中产生直接排放，而后者中的绝大多数比CO<sub>2</sub>更能造成全球温室效应。<sup>2</sup> 空调目前占全球建筑用电的近20%。根据现行政策，全球制冷设备装机容量预计将在2022年至2050年之间几乎翻三倍，到2050年将达到58,000吉瓦。在按常规能源效率假设的情况下，这需要额外2,000至2,800吉瓦的电力容量。<sup>133</sup>

## iii) 清洁能源技术供应链中的脆弱性和风险：

- 地理上，清洁能源技术的原材料加工和制造能力集中，给供应链的安全性和弹性带来风险。几乎所有今天的全球太阳能光伏制造能力都集中在印太地区，尤其是中国。中国目前至少拥有全球太阳能光伏、风能系统和电池制造能力的60%。与此同时，关键矿物的生产和加工在地理上也高度集中。目前，刚果民主共和国供应70%的钴，中国供应60%的稀土元素（REEs），印度尼西亚供应40%的镍。澳大利亚和智利分别占锂矿开采的55%和25%。中国负责...

为了提炼90%的稀土元素和60-70%的锂和钴。<sup>134</sup>

此外，如果没有适当的治理，对关键矿物的不断需求可能导致持续的商品依赖，加剧地缘政治紧张以及环境和社交挑战，包括对生计、环境、健康、人类安全和人权的影响——所有这些都可能导致破坏公平能源转型。到2030年，随着世界从化石燃料转向可再生能源，对关键矿产的需求预计将几乎翻三倍。如此规模的转型既带来了巨大的机遇，也带来了巨大的挑战。在所有规模上，采矿往往与侵犯人权、环境退化和冲突联系在一起。为清洁能源转型提供资源需要建立在公平和正义基础上的新范式。<sup>135,136</sup>

#### iv) 天气与气候波动性：

集中式和分布式可再生能源系统越来越面临气候风险：干旱减少水力发电，风向变化，极端高温影响太阳能效率，以及海平面上升和沿海洪水威胁能源基础设施。因此，这些发电形式将需要强大的基础设施框架，以确保这些资产能够抵御极端天气条件。这意味着需要设计考虑日益严峻的气候条件的技术规范 and 施工实践，并允许项目运营商实时监控并提前做出反应。<sup>137</sup> 将季节性气候预报融入能源规划也将越来越重要，以应对气候变率的挑战，确保稳定且具有弹性的清洁能源未来。<sup>138</sup>

#### v) 确保化石燃料向公正、有序和公平的全球过渡：

煤炭、石油和天然气的生产和消费需要迅速且大幅下降，以限制长期升温不超过1.5°C。<sup>139,140</sup> 与搁浅化石燃料资产相关的转型风险被评估为数十亿到数万亿美元，煤、油与天然气在不同地理区域分布有所不同。<sup>141,142</sup> 然而，与化石相关的开发影响

燃料生产国，尤其是低收入和中等偏下收入国家，以及足够的国际响应，仍待深入探讨。<sup>143</sup> 越来越多的研究，根植于公平与气候正义运动，认为全球公平转型应认识到各国情况因金融和制度转型能力不同而差异很大，以及他们对社会经济对化石燃料的依赖程度不同。<sup>144,145</sup> 基于这些原则，人们可能会预计收入较高且对化石燃料经济依赖较轻的国家和社会福利、就业领域将引领这一转型，而低能力国家则需要资金和支持，以追求替代低碳和气候弹性经济发展以及公平的转型。然而，如果仅依靠现有政策和市场力量——没有进一步的国际合作，没有需求侧和供给侧政策的协调——转型过程的风险将非常不平等且混乱。<sup>115,144,145</sup>

#### 制度、宏观和法律壁垒

#### i) 缺乏支持性的能源基础设施：

• 平行发展、基础设施投资和治理——特别是在存储能力方面；电网现代化、灵活性和数字化；以及终端使用部门的电气化——对于确保可再生能源装机容量安全接入以取代基于化石燃料的发电至关重要。

尽管对可再生能源的投资正在迅速增加，但全球对电网的投资几乎没有变化，每年大约保持在3000亿美元左右。今天，每花费一美元用于可再生能源，只有60美分用于电网和储能；这种投资比例需要重新平衡为1:1。<sup>55</sup> 已经出现迹象显示，两格化成为能源转型的一个瓶颈。至少有30,000吉瓦的可再生能源项目正在等待并接入电网，其中15,000吉瓦处于先进阶段。<sup>146</sup> 必须更加重视解决现有治理体系在电网规划、建设和运营方面的缺陷和局限性。<sup>147</sup>

## ii) 政策不一致存在于多个层面和维度中：

● **不一致的政策和部门间的隔阂可能会阻碍和削弱进步。** 截至2024年8月提交的国家自主贡献方案，149个缔约方已包括可量化的可再生能源目标，主要用于电力部门。这些承诺相结合，预计到2030年将实现不到所需与1.5°C目标相匹配的可再生能源增长的一半。<sup>121</sup> 许多承诺仍取决于国际金融援助，尤其是在最不发达国家和小岛屿发展中国家。与此同时，在排名前20位最大的化石燃料生产国中，至2024年3月提交的近一半的国家自主贡献（NDCs）和大约三分之一的长期低排放发展战略（LT-LEDS）中包括继续或增加化石燃料生产的计划。<sup>148</sup> 联合国环境规划署《生产差距报告》系列显示，截至2023年评估的国家能源战略和展望中，煤炭、石油和天然气生产计划将导致2030年全球化石燃料生产水平比与1.5°C目标相符的生产水平高出超过一倍，到2050年，生产差距将进一步扩大。<sup>140</sup>

● **全球脱碳激励措施仍然不足且存在偏差。** 碳定价继续被各国采用，全球温室气体排放覆盖范围从2015年的12%增加到2023年的25%，但全球平均碳价格仅为每吨二氧化碳5美元。<sup>2 e</sup>（美元/吨二氧化碳）<sup>2 e</sup>与每吨二氧化碳85美元的最低值相比<sup>2</sup> 为了实现2°C，甚至对于1.5°C来说更是如此。<sup>9</sup> 需要一系列针对特定情境的政策，包括碳定价，以激励脱碳。<sup>149</sup>

● **政府对化石燃料的补贴仍然很高。** 尽管各种估计在基础范围和方法上有所不同，补贴通常反映了降低生产成本或消费者价格的政策。例如，国际能源署估计，2023年，各国政府用于补贴化石燃料消费的金额达到6200亿美元。这一数额远高于用于支持面向消费者的清洁能源投资的700亿美元。包括电动汽车的补助或折扣、效率提升或热泵。<sup>80</sup> IISD-OECD追踪器估计，化石燃料生产的补贴为

2023年消费总额达到11万亿美元。<sup>150</sup> 在一项由Black等人（2023年）进行的分析中，该分析考虑了能源供应成本的低收费（显性补贴）以及环境成本和放弃的消费税（隐性补贴），估计2022年化石燃料补贴总额为7万亿美元（占全球GDP的7.1%），其中隐性补贴占总额的82%。<sup>151</sup>

● **2021年在第26届联合国气候变化大会上，34个国家以及五家公共金融机构签署了《清洁能源转型伙伴关系声明》（CETP），承诺到2022年底结束对未受限制的化石燃料项目的国际公共金融支持，并优先考虑清洁能源转型。**<sup>152</sup> 总体而言，签署方在2023年仍向化石燃料行业输送了520亿美元，但这与2019-2021年的平均水平相比，仍然减少了三分之二。与此同时，对清洁能源的支持并未显著扩大，在此期间仅增长了16%。<sup>153</sup>

## iii) 缺乏或长期净零能耗系统策略不足：

● **长期综合型国家能源战略是实现净零排放并向日益增长的可再生能源体系转型的关键规划工具，但很少有国家制定了此类战略。**<sup>154</sup> 需要更多地关注政策，例如设计所谓的“中过渡期”，在这一时期，在现有以化石燃料为基础的系统约束下，发展新的零碳能源系统。<sup>155</sup>

## iv) 缺乏对社会正义和公平能源转型政策的关注：

● **同时，缺乏政策关注以确保真正的公平能源转型——特别是对受影响的化石燃料工人和社区及更广泛的当地经济——可能引发对气候行动的政治反弹和反对。**<sup>68</sup> 《政府间气候变化专门委员会第六次评估报告》（IPCC AR6）强调了“优先考虑公平性、社会正义、气候正义、基于权利的方法和包容性的适应和减缓行动，将导致更具可持续性的结果，减少权衡，支持转型性变革，并促进气候韧性发展”。<sup>156</sup> It will be vital to

在能源转型规划中融入公平过渡措施，例如推动体面的工作，为化石燃料行业的工人提供再培训/技能提升机会的公平获取，利用渐进措施资助能源转型，以及构建对新政策的社交和政治接受度。<sup>157,158</sup> 包容性的规划过程，包括通过社会对话和有意义的公众参与，将是确保公众信任和支持的关键。

- 在一些国家，其他行业也会受到影响。例如，在尼日利亚，木柴和木炭行业完全是非正式的，但涉及约4100万名工人，并提供了约53万个全职等价直接就业岗位，相比之下，石油和天然气行业的直接就业岗位为7万个。因此，尼日利亚的公正能源转型需要关注木炭和木材生产工人及家庭，而不仅仅是基于化石燃料的能源行业工人。<sup>159</sup>

#### v) 缺乏为发展中国家扩大清洁能源融资的促进条件

:

- **改善国内有利条件将是建立投资者信心的重要因素。** 通过制定清晰稳定的政策法规框架，制定与更广泛的经济发展战略目标一致的坚实碳中和路线图和投资策略，以及改进项目管道的准备和透明度。例如，国家政策——包括对电动汽车采用提供激励措施以创造国内市场、为充电站提供税收减免，以及为激励投资者提供的生产补贴——在动员匈牙利、印度尼西亚、墨西哥和泰国等国家的电动汽车FDI方面发挥了关键作用。<sup>60</sup>

- **设计和实施创新的融资、风险管理和经济工具对于降低资本成本至关重要。** 公共部门可以例如，战略性地提供优惠资本，以动员私人资本并减轻私人资本尚未能吸收的某些风险。它还可以改善债务结构和管理工作，以及改革信用评级方法。<sup>124,126,160,161</sup> 尽管太阳能光伏和陆上风电的最低成本现在几乎总是低于化石燃料，但由于实际和感知风险导致的高额前期资本成本——再加上有限的财政

#### 太空和缺乏可负担的金融——仍然

一个对中国之外的新兴市场和发达国家的主要障碍。

例如，国际能源署（IEA）在2023年进行的一项调查显示，在新兴市场和发达国家（EMDEs）的公用事业规模太阳能光伏项目，资本成本远远超过发达国家两倍以上。<sup>162</sup> IRENA的一项调查发现，2019-2021年间，中国陆上风电的平均区域资本成本为3%，西欧为3.3%，北美为5.1%，拉丁美洲为6.4%，其他亚洲-太平洋国家和非洲为7.2%。对于规模化的太阳能光伏，中国的平均区域资本成本为3.9%，西欧为4%，北美为5.4%，其他亚洲-太平洋国家为6.1%，拉丁美洲为6.6%，东欧为7.7%，中东和非洲为8.7%。<sup>163</sup>

#### vi) 贸易政策和投资协议可以是障碍或助力：

- 如国际气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告中指出，许多国际投资协定（IIAs）包含可用于化石燃料利益集团挑战旨在从化石燃料转型立法的投资者-国家争议解决（ISDS）条款

<sup>164</sup> 全球各国政府可能会因取消受有ISDS条款的国际条约约束的化石燃料项目而面临高达3400亿美元的法律和金融风险，其中超过三分之二的风险由发展中国家承担。<sup>165,166</sup> 化石燃料相关的争议约占所有已知ISDS案件的20%，使该领域成为ISDS体系中最具诉讼性的部门。<sup>167</sup> 这突显了改革国际航空运输协会（IIA）制度以与全球气候和能源转型目标保持一致的紧迫需求。<sup>168,169</sup>

- **光伏和风电能源产业链的贸易成本依然居高不下。** 目前，发展中国家此类商品的平均关税在亚洲和大洋洲为2.5%，在非洲为7.1%。非关税边境措施增加了0.4%至0.7%的成本。<sup>170</sup> **贸易限制的增加对可再生能源技术和关键矿产市场构成重大风险。**<sup>171</sup> 在一个说明性模型情景下，国际货币基金组织（IMF）的模拟显示，关键矿产贸易中断可能会使到2030年对可再生能源和电动汽车的投资下降高达30%。<sup>172</sup>

- 降低可再生能源产业链和其他支持性商品关税

贸易协定中的规定有助于增加新兴市场和发展中国家 (EMDEs) 的进口和绿色外国直接投资。

例如，Hasna 等人 (2023 年) 发现，低碳技术 (LCT) 关税降低一个标准差与 LCT 贸易占 GDP 比率的 4% 增长和 LCT 进口的 6% 增长相关联。<sup>10</sup> 联合国贸易和发展会议 (UNCTAD) 对全球可再生能源政策的分析发现，拍卖和竞标的使用在所有国家都正在加速。<sup>75</sup>

虚假信息，延迟减少化石燃料依赖的需求，包括关于可再生能源技术的虚假主张，以此削弱对它们的支持。<sup>177</sup>

- 截至目前，石油和天然气行业在将活动多样化到清洁能源方面做得很少。<sup>181</sup> 2022 年，该行业在清洁能源项目上投入了 200 亿美元——占其总资本支出的 2.5%，而相比之下，油气供应方面的年投资额为 8000 亿美元。<sup>182</sup>

- 南南贸易和区域一体化也有助于加强发展中国家在可再生能源价值链中的参与。<sup>170</sup>

### vii) 持续的化石燃料扩张和锁定：

The committed CO<sub>2</sub> 现有化石燃料生产和消费基础设施的排放量均超过了限制升温至 1.5°C、有 50% 成功率的剩余碳预算，使得任何新的化石燃料项目与 1.5°C 的目标不兼容，并创造了资产滞留风险。<sup>156,173</sup> 然而，在消费方面，截至 2025 年 1 月，全球约有 611 吉瓦的燃煤发电能力正在开发中，800 吉瓦的燃气和燃油发电能力也在开发中。<sup>174,175</sup> 在 2024 年，全球煤炭发电量增加降至 20 年来的最低点，但全球煤炭发电舰队仍增长了 0.9%。现在仅十个国家占据了全球 96% 的煤炭电力发展，中国领先，其次是印度和印度尼西亚。在产量方面，2024 年，共发放了 895 个涉及油气勘探的许可，资本投资达 229 亿美元。这些许可证可能导致约 17 亿吨的二氧化碳排放。<sup>2</sup> 如果储备被消耗尽。

<sup>176</sup>

### viii) 石油燃料利益相关者和支持者进行的游说、虚假信息、绿色洗白和拖延策略：

- 政治行动在减轻气候变化方面受到了化石燃料公司的直接游说以及资金支持政治参与者 (其资金来源在很大程度上仍然未公开披露) 的阻碍。越来越多的学术研究和调查性新闻报道也记录了数十年来，既得利益如何制定策略，既直接贬低气候科学，又散布虚假信息。

## 章节5 — 抓住机遇的瞬间

正如前几节所展示的，世界正站在一个新能源时代的门槛上，这个时代能够带来巨大的经济、气候和可持续发展利益。我们面临着前所未有的机遇，来实施必要的政策、框架和基础设施，以利用可再生能源成本的下降和丰富的潜力，在全球范围内开启转型——特别是在可再生能源资源丰富、需求最大的发展中国家。但如果我们不能紧急行动或共同努力，这个机遇之窗将会错过。第四章中概述的障碍和挑战必须得到解决，以加速快速、公平和有资金支持的转型。

本节确定了国际社会加速以可再生能源、效率和电气化为特征的能源新时代的六个优先领域。

### #1 提供政策一致性、明确性和确定性

政府应调整政策、激励措施和资源，以充分利用新兴可再生能源经济的优势：

(i) 作为加强绿色工业化和经济竞争力的国家战略的一部分，制定仅针对能源转型的路线图，并协助协调可再生能源技术的快速推广和向最迟2050年实现零碳能源系统的转型，发达国家应发挥引领作用。

ii) 利用COP30下一代国家自主贡献所提供的机遇，制定到2035年的具体和可量化的能源转型优先事项和目标，并提供必要的政策明确性，以吸引投资。新NDCs应

遵循首次全球盘点指南，就与1.5°C目标一致以及涵盖所有部门和所有温室气体而言。它们还应展示各国如何为全球1.5°C一致的能源转型目标做出贡献，并与长期净零战略保持一致。

iii) 加强国内有利环境，以吸引可再生能源投资并发展国内市场 包括将气候和能源转型目标嵌入国家立法，为投资和采购定价承诺提供清晰稳定的监管和法律框架，治理改革，改善项目管道准备和可见性，以及在相关情况下，区域能源一体化。

i) 利用公私合作伙伴关系推动转型和绿色工业发展。

v) 改革或取消国内化石燃料补贴，同时通过渐进的政策设计保护低收入和弱势群体，实施有效的国内碳定价机制。

vi) 停止对国际化石燃料项目的公共财政支持，将资源转向公正的能源转型。

### #2 投资建设21世纪能源系统的赋能基础设施

可再生能源发电能力的激增必须有现代和灵活的电网以及储能基础设施建设同步发展，以加速提高可再生能源在总发电量中的比例。实现全球目标，将可再生能源产能增加三倍，能效提高一倍，应使可再生能源在全球电力发电中的占比到2030年达到约60-70%，到2035年达到80%。<sup>第十六</sup>

#### i) 优先投资储能、电动汽车充电站，以及电网扩建、现代化和灵活性——包括通过利用数字技术：

- 到2030年实现全球储能能力达到1500吉瓦，其中电池储能能力为1200吉瓦。
- 在电力传输和配送网络方面的双倍投资，从当前水平提升，到2030年达到6800亿美元/年。
- 投资于区域电网互联，以推动更快地整合可再生能源并提高供应安全性。
- 电网治理的改革也将至关重要，特别是在国家拥有全部或多数国有公用事业的国家。

#### ii) 加快所有终端使用领域（如建筑、交通和工业）的能源效率提升和电气化进程。特别是：

- 到2030年，全球最终能源消费中实现至少30%的电力份额。
- 到2030年，接近零排放和具有气候适应性的建筑应该是新常态。
- 到2030年将制冷和供暖技术的能源效率提高50%。

### #3 以可再生能源满足新的电力需求，尤其是快速增长的领域如大科技——特别是人工智能和数据中心

不断增长的能源需求可以通过可再生能源和其他清洁能源得到满足，也应当如此。

可再生能源现在是新电力生成的最便宜和最快的选择，占2024年全球电力容量增加的92.5%和全球电力增长量的74%。

政府应努力以可再生能源满足所有新增的电力需求。利用可再生能源相对于化石燃料在新建电力生成方面的更低平均终身成本，并避免未来出现搁浅资产。

#### ii) 主要科技公司应该承诺到2030年实现100%使用可再生能源来支撑其运营。

### #4 将人民和公平置于公正能源转型核心，以推动包容性经济发展

到2030年，通过利用电网、微型电网和高网可再生能源解决方案的组合，为所有人提供普遍的清洁电力和清洁烹饪接入。

#### ii) 确保能源转型过程中的价格可承受。

如第三部分所述，向以可再生能源为主的能源系统转型将为消费者、企业和政府带来成本节约。尽管如此，政府应包括渐进式政策，以确保不会加剧低收入和脆弱社区的经济困难。

iii) 通过加强社会保障措施、提供培训和再就业机会，并通过包容性对话和协商吸纳所有相关利益相关者，确保受到转型影响的工人和社区实现公正过渡。

iv) 扩大清洁能源领域的职业技术教育及培训机会，面向妇女、青年、少数群体和其他边缘化及弱势群体。

v) 认识到各国对化石燃料经济的依赖程度和转型能力差异很大，因此各国将会有不同的转型路径。

鼓励能力较高的国家加快转型，同时支持低能力和高依赖的发展中国家。国家平台提供了有希望的支撑机制，但为确保有效实施，必须克服关键挑战，包括：使政治承诺与国家战略和监管框架相一致；增加针对动员更多私人资本的优惠融资；发展国内技术、规划和建模能力；以及解决既得利益和从化石燃料转型中的政治经济学问题。

vi) 在关键能源转型矿产价值链中，应用七个指导原则并实施联合国高级别小组的五项可操作建议。<sup>135</sup>

## #5 通过增强贸易和投资合作来加速转型

贸易政策和投资协议应设计为促进能源转型。

各国政府应积极寻求以下方面的坚实合作：

(i) 提高全球清洁能源供应链的多样化、韧性和安全性，包括扩大发展中国家参与机会，支持他们设计和实施绿色能源产业一体化战略，进入可再生能源价值链并吸引投资。

ii) 通过降低清洁能源商品的关税和其他壁垒，以及通过双边和多边清洁能源合作的新模式——包括南南合作和协作——加强清洁能源技术和投资的贸易与合作。

iii) 加快投资条约的更新和现代化替换进程。IIAs应进行改革和重新设计，以符合气候和可持续发展的要求，缓解ISDS条款的风险和责任，减少追求基于清洁能源的工业化的政策限制，并促进可持续投资的推广和便利化合作。

## 第6条 拆除结构性障碍，为发展中国家动员能源转型资金

为发展中国家实现清洁能源转型筹措资金，取决于解决国际金融体系中存在的持续和系统性的障碍，破除认知中的风险迷思，并应对实际风险以降低资本成本——债务和股权融资皆然。

除了联合国《未来公约》中概述的改革国际金融和债务架构的呼吁，以使发展中国家能够实现其气候和可持续发展目标之外，旨在动员能源转型融资和投资的解决方案包括但不限于：<sup>183</sup>

- 拓展多边、地区和国家发展银行的实力，以支持公平能源转型 包括通过增加优惠融资、加强信用增强工具、增加本币贷款和风险对冲、以及扩大能力建设和技术援助。

- 利用创新的降低风险和风险共担机制，大规模动员私人金融，尤其是对前期成本高、回报可能缓慢显现的可再生能源和电网基础设施项目。DFIs应扩大对这些项目的支持，承担更多风险，并避免挤占私人投资。

- 与信用评级机构合作，更新其方法 为了减少因主观偏见导致的实际风险与感知风险之间的差距，并通过加快清洁能源转型来考虑发展中国家经济增长的前景。

- 与国际和国内资本提供者合作，以更好地区分实际风险和感知风险。 在投资具有高可再生能源潜力的发展中国家，包括通过提高对清洁能源技术的理解，以确保风险得到充分定价。

- 通过发展国内金融市场建立长期货币融资机制。 利用在新兴市场和发展中国家（如移动银行）已经实现规模化的模型，通过与国内金融机构合作开发绿色贷款能力。

- 建立健全的项目筹备和管线开发设施。 与技术服务提供商合作，建立专用设施，将清洁能源项目提升至可投资标准，然后再向投资者展示。

## 附件：数据和术语

在整份报告中，除非另有说明，“可再生能源”既指太阳能、风能、水电和地热等“无限”可再生的能源，也指如现代生物燃料等“循环”能源——这符合联合国能源统计国际建议。所引用的“清洁能源”的定义可能有所不同，但通常指在能源生产过程中产生少量或几乎不产生温室气体排放的能源。例如，国际能源署对清洁能源技术的定义包括可再生能源、电动汽车、热泵、节能措施和核能。请参考引用内容获取详细信息。

鉴于报告中分析了多种数据来源并引用，不同机构的数据集中可能存在一些细微差异。本报告反映的数据截止到2025年6月24日已最终确定。

“清洁烹饪”这一术语定义了达到多层级清洁烹饪框架或技术ISO第4级和第5级的烹饪解决方案，或达到世界卫生组织全球空气质量指南中推荐的细颗粒物和一氧化碳水平的技术。<sup>93</sup> 清洁烹饪燃料和技术包括电力、LPG、天然气、沼气、太阳能和酒精燃料的炉子。基于可再生能源的清洁烹饪解决方案缩小了清洁烹饪的定义范围，仅包含利用可再生能源的技术。这些包括沼气、生物质乙醇、固体生物质和基于可再生能源的电力。

电力容量指电力发电机能够实际产生（或储能设备接受的）最大输出量，通常以瓦特（W）为单位。电力产生量指在一定时间内实际产生的输出量，通常以千瓦时（kWh）为单位。（1 kW = 1,000 W，1 kWh是指以1,000 W的速率使用电力一小时。）

LCOE代表考虑了在其整个生命周期内产生的一切成本的发电技术的平均成本，包括前期投资、融资成本、运营和维护、燃料成本以及相关的碳定价。它通常用作电厂的指标，如果将充电成本视为燃料成本，也可以用于电池储能的平均成本。它可以应用于独立应用的电池储能或与太阳能光伏等其他技术结合使用时。对于以相似方式运行的技术，LCOE提供了一种通用且适宜的比较指标。

外国直接投资（FDI）是指涉及长期关系、反映一国居民实体（外国直接投资者或母公司）对一个企业（外国分支机构）在另一国的持续兴趣和控制的投資。FDI可以是绿地投資、合并或收购的形式。绿地FDI是指通过设立新的外国分支机构而进行的新投資。

关于化石燃料和清洁能源的就业统计数据，IEA的估计包括了能源供应部门（例如石油、天然气、电力）和能源使用技术（例如热泵、车辆）投资和活动的直接就业效应。它们还包括通过核心能源供应和能源使用设施和设备的制造、建设和安装产生的间接就业。对于可再生能源领域，IRENA和ILO的估计包括了可再生能源部署产生的直接就业（例如屋顶太阳能安装）以及来自上游和中游产业活动的间接就业，这些产业为可再生能源部署的核心活动提供供应和支持（例如设施制造、建设和运营）。

# 参考

1. IRENA. [2024年（2025年）可再生能源发电成本。](#)
2. 联合国气候变化框架公约。巴黎协定。（2015年）。
3. 联合国气候变化框架公约。决定1/CMA.5：首次全球盘点结果。作为《巴黎协定》缔约方会议的缔约方大会通过的决议。（2023年）
4. 联合国环境规划署 [《2024年排放差距报告：别再空谈……请！言辞与现实之间存在着巨大差距，各国起草新的气候承诺》](#)（2024）。<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>
5. 联合国环境规划署 [报告2015](#)（2015）。
6. IPCC - 政府间气候变化专门委员会 [气候变化2022：气候变化缓解。政府间气候变化专门委员会第六次评估报告工作组III的贡献](#)。（剑桥大学出版社，英国剑桥，美国纽约，2022年）。
7. Sovacool, B. K. 等人. 低碳转型加速：见解、概念、挑战及研究新方向 [能源研究社会科学](#) . 121, 103948 (2025).
8. [网络零碳追踪器](#)（访问日期：2025年6月18日）。
9. Black, S., Parry, I. & Zhunussova, K. [《巴黎协定》是否奏效？全球气候减缓盘点](#) 国际货币基金组织员工气候简报。（国际货币基金组织，华盛顿特区，2023年）。doi:10.5089/9798400257889.066。
10. Hasna, Z., Jaumotte, F., Kim, J., Pienknagura, S. & Schwerhoff, G. [绿色创新与传播：加速政策及其对宏观经济和公司层面的预期影响](#) 国际货币基金组织工作人员讨论纪要。（国际货币基金组织，华盛顿特区，2023）。doi：10.5089/9798400256950.006。
11. 尼斯, F. J. M. M. 等著. [太阳能转型的势头](#)。自然通讯 14, 第 6542 号 (2023 年)。
12. R. Way, M. C. Ives, P. Mealy & J. D. Farmer. 基于经验的科技预测与能源转型。 [焦耳](#) 6, 2057–2082 (2022).
13. 国际能源署. [清洁技术制造业现状。（2023年）](#)
14. IEA. [可再生能源2024。（2024）](#)。
15. IEA. [《电力2025》（2025年）](#)。
16. Romanello, M. 等. 2024年《柳叶刀气候健康进展报告》：面对因行动延迟而产生的创纪录威胁。 [The Lancet](#) 404, 1847–1896 (2024).
17. Kotz, M., Kuik, F., Lis, E. & Nickel, C. [《全球变暖和高温极端现象将加剧通货膨胀压力》](#)。 [共产主义地球环境](#) . 5, 116 (2024).
18. 世界气象组织 (WMO) [《1970-2019年气象、气候和水极端事件导致的死亡率与经济损失图集》](#)（2021）。
19. 慕尼黑再保险公司 [气候变化露出獠牙：世界正变得越来越热，导致严重的飓风、雷暴和洪水。](#)（2025）。
20. Kotz, M., Levermann, A. & Wenz, L. 气候变化的经济学承诺 [自然](#) 628, 551–557 (2024).

21. Wingenroth, J., Prest, B. C. & Rennert, K. 实现巴黎协定目标的经济效益。(2023)
22. 阿尔贝蒂, C. 行动不力的代价 气候政策倡议。(2024)。
23. 托马斯森, E. NGFS情景预测, 在2030年之前, 气候变化将对全球增长造成冲击。。(2025).
24. 世界气象组织 (WMO) 全球气候状况2024。(2025).
25. 世界气象组织 (WMO) 世界气象组织全球年度至十年气候更新 (2025-2029)。(2025).
26. Friedlingstein, P. et al. 2024年全球碳预算。 地球系统科学 数据17, 965-1039 (2025)。
27. 《净零路线图: 实现1.5°C目标的全球路径》。(2023).
28. IRENA 《2024年世界能源转型展望: 1.5°C路径》。(2024).
29. IRENA 2025年可再生能源装机容量统计 (三月版)。(2025).
30. Graham, E., Fulghum, N. & Altieri, K. 全球电力回顾2025。(2025).
31. IEA. 世界能源投资2025。(2025).
32. IEA. 全球能源回顾2025。(2025).
33. IEA. 世界能源展望2024。(2024).
34. IEA. 全球电动汽车展望2025。(2025).
35. BNEF. 《2024年能源转型手册》——为第十五届清洁能源部长级会议准备。(2024).
36. IEA. 全球能源就业2024。(2024).
37. 国际可再生能源机构 & 国际劳工组织 可再生能源与就业: 2024年年度回顾。(2024).
38. Cozzi, L., Gül, T., Spencer, T. & Levi, P. 珂齐, L., 古尔, T., 斯宾塞, T. & 莱维, P. 清洁能源正在推动经济增长 国际能源署。(2024).
39. BNEF. 能源转型投资趋势2025。(2025).
40. IEA. 可再生能源2023。(2024).
41. IRENA 2022年可再生能源发电成本。(2023).
42. IEA. 电池与安全能源转型。(2024).
43. Lazard. 平准化能源成本+。(2024).
44. 格雷厄姆, P., 海沃德, J. & 弗斯特, J. GenCost 2024-25: 咨询草案。(2024).
45. IRENA 可再生能源发电成本 (2023年)。(2024).
46. 国际原子能机构 里程碑式事件: 发展国家核能基础设施的过程 2024. doi:10.61092/iaea.zjau-e8cs.
47. 《经济学人》; Sun机器。 《经济学人》 (2024).
48. Wiatros-Motyka, E., Jones, D. & Fulghum, N. 全球电力回顾2024。(2024).
49. 格雷厄姆, E. & 富尔汉, N. 太阳能继续在2024年激增。 Ember. (2024)。
50. 全球太阳能理事会 非洲太阳能光伏市场展望 2025-2028。(2025).

51. 联合国贸易和发展会议 ( 缩写 : 联合国贸发会议 ) [自2015年以来, 不包括可再生能源, 国际投资在SDG相关领域已经停滞。](#) (2024).
52. 科佩尔尼克, J. & 天津, R. [四种方式数字技术可以推动公正的能源转型。](#) 联合国发展计划。 ( 2023年 )。
53. IEA. [数字电网技术相关投资, 2015-2022](#) . (2023).
54. Ember. 年度电力数据。 ( 2025年 )
55. IEA. [从盘点到行动 : 如何实施COP28能源目标](#) . (2024).
56. IEA. 世界能源统计与平衡 ( 2024年版 )。 ( 2024 )。
57. IEA. 世界能源平衡数据库文档 ( 2024年版 )。 (2024)。
58. 约克, R. & 贝尔, S. E. 能源转型还是新增? *能源研究社会科学* . 51, 40–43 (2019).
59. Murphy, R. 什么是正在破坏气候变化缓解的因素? 化石燃料实践如何挑战低碳经济碳转换 *能源研究与社会科学* 108, 103390 (2024).
60. Jaumotte, F., Kim, J., Pienknagura, S. & Schwerhoff, G. 爵蒙特, [绿色金融直接投资促进政策S. 最佳实践](#), G. 新兴市场和发展中经济体 国际货币基金组织员工气候简报 华盛顿特区, 2024年。
61. 联合国贸易和发展会议[直接投资增长放缓, 全球投资趋势监测器](#) . (2025).
62. 经合组织[绿色工业政策助力碳中和转型](#) (2024). doi:10.1787/cc326d3-zh-Hans.
63. Myllyvirta, L., Qi, Q. & Qīngchēng, Q. [分析 : 清洁能源为中国的GDP贡献了创纪录的10% 在2024年碳简报。](#) (2025)。
64. 国际可再生能源机构 & 国际劳工组织 [2022年年度回顾](#) . (2022).
65. Freire-González, J., Padilla Rosa, E. & Raymond, J. Ll. 世界经济体从二氧化碳排放中脱钩的进展。 *科学报告* 14, 20480 (2024).
66. 辛格, S. [GDP增长与二氧化碳排放之间的关系已放松 : 需要完全切断。](#) 国际能源署. (2024).
67. 欧洲委员会联合研究中心 & IEA [全球各国温室气体排放](#) . (出版物 ) 办公室, LU, 2024年。
68. 经合组织 & 联合国开发计划署 [投资气候以促进增长与发展 : 加强国家自主贡献的案例。](#) ( 经合组织出版社, 2025 )。 doi :10.1787/16b7cbc7-zh-Hans.
69. 里奇, H. [许多国家已经将经济增长与二氧化碳排放脱钩, 即使我们考虑将离岸生产纳入考量。](#) 我们的世界数据。 ( 2021年 )
70. G20 沙特阿拉伯。G20 高效国家平台参考框架。 ( 2020年 )。
71. G20巴西。全球应对气候变化动员行动计划 ( TF-CLIMA ) 成果文档。 ( 2024 )。
72. Hadley, S., Mustapha, S., Colenbrander, S., Miller, M. & Quevedo, A. [国家气候行动平台](#) . (2022).
73. 洛克菲勒基金会 & 环境保护基金会 [攀登JETP模型 : 前景与途径 为行动](#) . (2024).

74. Jain, G. & Bustami, G. [贾国斌认为当前斯塔夫米源转型型合作伙伴关系的潜力地缘政治环境](#)。哥伦比亚大学全球能源政策中心。(2025年)。
75. 联合国贸易和发展会议。第四章：为所有人投资可持续能源。 *2023年世界投资报告* 国  
《国家贸易与发展，纽约，2023》。
76. 琼斯，D. [三个事实展示如何通过太阳能和风能增强能源安全。](#) Ember. (2025)
77. 邦德，K.，沃尔特，D. & 巴特勒-斯洛特，S. [能源安全在动荡世界中的挑战。](#) Ember. (2025)
78. IEA. [全球能源危机](#)。(2025).
79. 艾瑞，A等等。 *战争之后欧洲能源价格高涨：如何支持弱势群体  
加快向化石燃料的过渡。* 国际货币基金组织工作论文。  
华盛顿特区，2022)。doi:10.5089/9798400214592.001。
80. IEA. [策略：经济合理的清洁能源转型之路](#)。(2024).
81. 金，M. C. [韩国的能源三难问题](#) 能源经济与金融分析研究所。(2024)
82. 能源与气候智慧单位。 [自俄罗斯入侵乌克兰以来，汽油价格的变化。](#)。(2023).
83. 埃文斯，S. & 莱普里埃，M. [核事实：为何高价燃气——而非净零排放——使英国电力保持价格  
价格如此之高。](#) 碳简报。(2025)。
84. IRENA [小型岛屿发展中国家处于十字路口：转型到可再生能源的社会经济问题](#)。(2024).
85. 联合国开发计划署 [岛屿发展中国家公正能源转型](#)。(2024).
86. IEA、IRENA、联合国、世界银行和世界卫生组织 [综合SDG7：2025能源进展报告](#)。(2025).
87. 世界卫生组织 [家庭室内空气污染](#)。(2024).
88. IEA、IRENA、联合国、世界银行和世界卫生组织 [综合可持续发展目标《2024年能源进展报告》](#)。(2024).
89. Prasad, R. D., Chand, D. A., Lata, S. S. S. L. & Kumar, R. S. 超越能源获取：可再生能源如何增强岛屿社区的韧性。 *资源* 14, 20 (2025).
90. Tamasiya, P., Onyeaka, H., Altaghlibi, M., Bakwena, M. & Ouassou, E. H. 激励社区  
超越电网：可再生能源微电网及其对能源贫困和社会经济的影响  
结果。 *能源回报* . 12, 4475–4488 (2024).
91. ESMAP [微型电网为五亿人服务：市场展望与决策者手册](#)。(2022).
92. IRENA [推进基于可再生能源的清洁烹饪解决方案：关键信息和成果](#)。(2024).
93. 世界卫生组织 [家庭清洁燃料和技术](#)。(2025).
94. 联合国环境规划署 [推动“清洁烹饪”如何拯救生命并对抗气候变化](#)。(2025).
95. 世界银行集团 [人类在变迁的气候中：从脆弱到行动——世界洞察  
银行集团国家气候与发展报告涵盖72个经济体](#)。(2024).
96. 洛文斯，A. B. & 拉马纳，M. V. [三个关于可再生能源和电网的迷思，被揭穿。](#) 耶鲁  
环境360。(2021).
97. Larson, A. 过去十年，美国电力分配系统的可靠性有所下降：如何使其变得更好。 *《动力》杂志* (2024).

98. 麦科文, J. 德国在能源危机期间电力供应持续高度可靠, 核能淘汰 [清洁能源网](#) (2024).
99. 丹麦气候、能源和公用事业部 [电力供应](#) KEFM. (2025). [丹麦将继续保持高水平的安全。](#)
100. 徐, L. 等. 气候风险下可再生能源电力系统的韧性. [《自然·电气工程评论》](#). 1, 53–66 (2024).
101. Misbrener, K. [头三个太阳能加储能微型电网正在为波多黎各韧性计划实施中。](#) [太阳能世界](#) (2022).
102. 石, L. [在飓风中保持灯光亮着](#) 落基山研究所. (2021).
103. Navia Simon, D. & Diaz Anadon, L. 加快可再生能源的部署有助于稳定电价 [欧洲 国能](#) 10, 291–292 (2025).
104. Denis, B. & Roche, J. 丹尼斯, B. & 罗奇, J. [为什么清洁能源是构建更加韧性的未来在不定期期的关键。](#) [世界经济论坛](#). (2025年).
105. 巴塞, S. *etc.* [工业政策：谨慎处理](#) 国际货币基金组织工作人员讨论笔记. (国际货币基金组织, 华盛顿特区, 2025年). doi: 10.5089/9798229000642.006.
106. IRENA [2023年世界能源转型展望：1.5°C路径](#). (2023).
107. 国际劳工组织 & 伊斯兰发展银行 [社会、经济和就业影响：脱碳与绿色工业增长场景的中东和北非地区展望](#). (2023).
108. IRENA. [性别](#). (2025).
109. 亚历山大, N.-R. 等. [绿色工作与男女未来就业](#) (国际货币基金组织, 华盛顿特区, 2024). doi:10.5089/9798400286049.006.
110. 世界银行集团 [《发展、气候和自然危机：在可居住地球上终结贫困的解决方案——来自世界银行42个经济体国家气候与发展报告的洞见》](#). (2023).
111. IRENA 和 非洲开发银行 [可再生能源市场分析：非洲及其区域](#). (2022).
112. IRENA [能源转型的社会经济足迹：东南亚](#). (2023).
113. 施劳夫纳格尔, D. E. 等人 [空气污染与慢性非传染性疾病](#) [胸腔](#) 155, 409–416 (2019).
114. 李利维尔德, J等人 [化石燃料导致的空气污染死亡：观察和模型研究。](#) [BMJ](#) e077784 (2023). doi: 10.1136/bmj-2023-077784.
115. 阿查库利斯, P. & 埃里克森, P. [化石燃料提取趋势：对共同努力的协调影响的启示](#) [化石燃料生产与气候限制](#) 斯德哥尔摩环境研究所. (2021)
116. 安内伯格, S. C. 等人 [长期趋势：城市中氮氧化物浓度及其相关的儿童哮喘发病率：全球数据集的估计。](#) [《柳叶刀·地球健康》](#) 6, e49–e58 (2022).
117. 米利维塔, L. [量化化石燃料造成的空气污染的经济成本](#). (2020).
118. 阿查库利斯, P., 卡莱斯阿梅达, P. & 阿罗德, E. [是时候超越“碳隧道视野”了。](#) 斯德哥尔摩环境研究所. (2022).
119. Garcia-Gonzales, D. A., Shonkoff, S. B. C., Hays, J. & Jerrett, M. [上游油气开发相关的有害空气污染物：当前同行评审文献的批判性综合。](#) [《年度公共卫生评论》](#) 40, 283–304 (2019).

- PSRI. 《证明水力压裂风险和危害的科学研究、医学和媒体发现汇编》 医疗社会责任协会。(2023年)。
121. IRENA, COP28主席国, 全球可再生能源联盟, 阿塞拜疆共和国能源部, 巴西政府。 [兑现阿联酋共识：追踪2030年将可再生能源能力增加三倍和提高能源效率一倍的前进情况](#)。(2024)。
122. IEA. [全球电动汽车展望2024](#)。(2024)。
123. IRENA [公平包容的新兴市场和发展中经济体能源转型：能源规划、融资、可持续燃料和社会维度](#)。(2024)。
124. IEA. [扩大新兴和发展中国家清洁能源的私人融资规模](#)。(2023)。
125. Bhattacharya, A., Songwe, V., Soubeyran, E. & Stern, N. -> 巴特拉查里亚, A., 松韦, V., 索贝扬, E. & 斯特恩, N. [提高雄心和加速气候金融交付：独立高级别专家小组关于气候金融的第三份报告](#)。(2024)。
126. 萨克斯, J. D., 萨克斯, L. E., 卡梅洛·维加, A. M. & 威利斯, B. M. [《资本成本：降低新兴市场和发展中经济体 \(EM DEs\) 气候和可持续发展目标 \(SDG\) 金融的资本成本》](#)。(2025)。
127. Sachs, J. D. -> 萨克斯, J. D. 等人 [2050年实现非洲碳中和电气化的路线图：绿色能源转型及自然资源部门 \(矿产、化石燃料和土地\) 的作用](#)。(2022)。
128. Manley, D., Furnaro, A. & Heller, P. -> 曼利, D., 弗纳罗, A. & 赫勒, P. [更冒险的赌注, 更小的口袋：国家石油公司在能源转型中如何花费公共资金](#)。(2023)。
129. 沃克, I. [美元债务：对全球气候雄心的潜在威胁](#) 绿色中央银行。(2024年)
130. IEA. [能源与人工智能。\(2025年\)](#)。
131. 国际货币基金组织 [世界经济展望：政策调整关键时期](#) (国际货币基金组织, 华盛顿特区, 2025年)。
132. [联合国开发计划署. 数字、数据和人工智能助力可持续能源未来。\(2024年\)](#)
133. 联合国 [环境规划署观察2023](#)。(2023)。
134. IEA. [能源技术展望 2023](#)。(2023)。
135. 联合国 [资源支持能源转型：指导关键能源转型矿产走向公平与正义的原则](#)。(2024)。
136. 经合组织将生物多样性融入可再生能源基础设施 (2024). doi:10.1787/357ac474-zh.
137. IRENA [可再生能源面临极端气候质量的支撑基础设施](#)。(2025)。
138. 世界气象组织, 国际可再生能源机构, 欧洲中期天气预报中心。 [2023年度回顾：气候驱动下全球可再生能源潜力资源和能源需求](#)。(2025)。
139. 阿查库维苏特, P. 等人 [全球不同气候减缓战略和目标下的化石燃料减少途径](#)。 *自然通讯* 14, 5425 (2023)。
140. SEI, 气候分析, E3G, IISD和联合国环境规划署。 [生产差距：逐步减少还是逐步增加？顶级化石燃料生产商尽管承诺应对气候问题, 却计划进行更多开采](#) (2023). doi:10.51414/sei2023.050
141. 爱德华兹, M. R. 等人 [量化1.5°C以下新建燃煤电厂的区域搁浅资产风险](#)。 *环境研究信函* . 17, 024029 (2022)。

142. Semieniuk, G. 等人. 搁浅的化石燃料资产意味着先进经济体投资者的重大损失. *自然气候变化* 12, 532–538 (2022).
143. Foster, V. 等人. 煤炭燃料生产国的经济发展转型在碳约束世界中的国家. *国能* 9, 242–250 (2024).
144. SEI, IISD, ODI, E3G, 联合国环境规划署: *2020年特别报告*. (2020).
145. 民间社会公平审查 [一个公平的化石燃料开采逐步淘汰: 迈向参考框架: 快速公平地实现全球煤炭、石油和天然气快速退出](#). (2023).
146. IEA. [电力电网与安全能源转型](#). (2023).
147. Klass, A., Macey, J., Welton, S. & Wiseman, H. [电力电网可靠性的关键: 现代化治理](#). (2024).
148. 琼斯, N. & 杨加斯·帕拉, P. A. [如何将摆脱化石燃料生产的转变纳入新的气候承诺和计划](#). (2024).
149. 国际货币基金组织、经济合作与发展组织、联合国、世界银行、世界贸易组织. [共同努力实现更好的气候行动: 碳定价、政策溢出效应和全球气候目标](#). (2024).
150. IISD 与 OECD. [化石燃料补贴跟踪器](#). (2025).
151. 黑, S., 刘, A., 帕里, I., 弗农, N. *国际货币基金组织化石燃料补贴数据: 2023更新* 国际货币基金组织工作论文。(国际货币基金组织, 华盛顿特区, 2023)。doi:10.5089/9798400249006.001.
152. 清洁能源转型伙伴关系 [声明: 关于国际社会对清洁能源的支持过渡](#). (2025).
153. 琼斯, N., 奥曼尼克, C., 麦吉本, A., 德安吉利斯, K. [旧的不去, 新的不来: 各国在化石燃料向清洁能源金融承诺方面未能达标](#). (2024).
154. IRENA [长期能源情景与低排放发展策略: 总结与协调](#). (2023).
155. Grubert, E. & Hastings-Simon, S. 设计中期转型: 美国协调减排中期挑战综述 *WIRES 气候变化* 13, e768 (2022)。
156. IPCC - [政府间气候变化专门委员会政策制定者摘要](#). (2023).
157. 国际劳工组织 [石油和天然气行业的未来工作: 可持续发展的未来工作转型中公正过渡的机会与挑战](#). (2022).
158. 联合国开发计划署: [平稳过渡](#). (2022).
159. 国际劳工组织 [绿色就业评估报告](#). (2021).
160. IRENA [解决全球南部的融资缺口需要多管齐下的方法](#). (2025).
161. 世界银行 [扩大规模以降低阶段: 电力行业的能源转型融资](#). (2023).
162. IEA [降低资本成本: 新兴和发展中国家清洁能源投资的策略](#). (2024).
163. IRENA [融资可再生能源的成本](#). (2023).
164. 帕特, A. 等人 国际合作. *气候变化2022: 气候变化缓解. IPCC第六次评估报告工作组III的贡献* (2022).

165. Tienhaara, K., Thrasher, R., Simmons, B. A. & Gallagher, K. P. 投资者与国家争端威胁全球绿色能源转型 *科学* 376, 701–703 (2022).
166. 联合国人权与环境特别报告员 *A/78/168 : 向污染者付费 : 灾难性后果 : 投资者-国家争端解决对气候和环境行动的影响* *人权* . (2023).
167. 联合国贸易和发展会议 (编写者报告) *联合国贸发会议* . (2024).
168. 联合国贸易和发展会议 (编写者报告) *联合国贸发会议* . (2023).
169. Mehranvar, L. 美尔等 (瓦尔) *《摆脱束缚 : 政府终止投资条约的策略》* *移除ISDS条款* . (2024).
170. 联合国贸易和发展会议 (编写者报告) *联合国贸发会议的贸易政策* . (2024).
171. 米勒, H. & 马尔蒂内兹, J.-P. *全球金属市场变化趋势 : 能源转型如何影响地理碎片化可能会扰乱商品价格* (2025). doi:10.1787/b0182773-zh-Hans.
172. 国际货币基金组织 *全球经济展望 : 应对全球分化* (国际货币基金组织, 华盛顿特区, 2023年)。
173. 联合国环境规划署 *《2023年排放差距报告》 : 老调重弹——气温再创新高, 世界却再次未能削减排放 (再次)* (2023). doi:10.59117/20.500.11822/46404.
174. 全球能源监控器 *全球油气厂追踪器* . (2025).
175. 全球能源监控器 *全球燃煤电厂追踪器* . (2025).
176. 布伊斯·冯·库尔斯克, O. 与 波萨达, E *2025年1月 : 碳矿场油气勘探监测器* . (2025).
177. 斯托达德, I. 等人 *三十年气候减缓 : 我们为何未能扭转全球排放曲线曲线? 《年度环境资源评论》* 46, 653–689 (2021).
178. 艾森森, M. 等人 *反驳关于太阳能、风能和电动汽车的33个错误说法* . (2024).
179. Noor, D. 大型石油公司私下承认淡化气候危机的努力, 联合委员会调查发现。 *The Guardian* (2024).
180. 韦斯特维尔特, A *The drilled guide to global climate disinformation: The terms and narratives the fossil fuel industry is using to delay climate action* . (2025).
181. 雷克, S. 等人 *评估化石燃料公司与1.5°C气候路径的一致性。* *本国气候改变* 13, 927–934 (2023).
182. IEA. *石油和天然气行业在碳中和转型中* . (2023).
183. 联合国。 *《关于未来的协议》 (决议A/RES/79/1)* . (2024年)。