

World Energy Outlook 2021

执行摘要

International
Energy Agency

iea

World Energy Outlook 2021

执行摘要

www.iea.org/weo

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 30 member countries, 8 association countries and beyond.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Brazil
China
India
Indonesia
Morocco
Singapore
South Africa
Thailand

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at www.iea.org/t&c/

Source: IEA. All rights reserved.
International Energy Agency
Website: www.iea.org



新的全球能源经济正在兴起……

2020年，即使经济在因2019新型冠状病毒疫情而采取的各种封锁措施的重压下萎靡不振，但风能和太阳能光伏等可再生能源继续快速增长，电动汽车也创造了新的销售记录。新的能源经济将更加电气化、高效化、清洁化并互联互通。它的出现是政策行动和技术创新良性循环的产物，其发展势头现在由较低的成本支撑着。在大多数市场中，太阳能光伏或风能现在是最便宜的新发电来源。清洁能源技术正在成为投资和就业的一个主要新领域，也是一个充满活力的国际合作和竞争的舞台。

……但能源转型任重道远。

然而，目前每一个显示能源变化速度的数据点都可能被另一个显示现状顽固不化的数据点所抵消。世界经济开始从去年新型冠状病毒疫情引发的经济衰退中复苏，复苏虽然迅速但不平衡，给当今的部分能源系统带来了巨大压力，导致天然气、煤炭和电力市场的价格大幅上涨。尽管全球在可再生能源和电动汽车领域取得了诸多进展，但2021年煤炭和石油的使用量正在大幅反弹；主要由于这个原因，2021年二氧化碳排放量年增长率也将创下历史第二高纪录。在一揽子经济复苏计划中，用于可持续能源的公共支出仅调动了将能源系统推上新轨道所需投资的三分之一左右，其中发展中经济体的缺口最大，因此它们继续面临着紧迫的公共卫生危机。普及能源的进展停滞不前，尤其是在撒哈拉以南非洲地区。目前行进的方向与国际能源署2021年5月发布的具有里程碑意义的**2050年净零排放情景（NZE）**相去甚远，该情景描绘了一个狭窄但可实现的路线图，以期将全球升温稳定在1.5℃并实现其他与能源相关的可持续发展目标。

在能源转型和气候变化的关键时刻，WEO-2021（《2021年世界能源展望》）为《联合国气候变化框架公约》缔约方大会第二十六次会议（COP26）及以后的会议提供了必不可少的指南

未来几十年，能源系统面临的压力不会减轻。能源部门的排放量几乎占全球排放量的四分之三，这些排放已经将全球平均气温自前工业时代以来推高了1.1℃，对天气和极端气候产生了明显影响。能源部门必须成为气候变化解决方案的核心。与此同时，现代能源与全球人口的生计和愿望密不可分，到2050年，全球人口将增加约20亿，收入的增加推高了对能源服务的需求，许多发展中经济体正在经历传统上的能源和排放密集的城市化和工业化时期。当今的能源系统无力应对这些挑战；一场低排放革命早就应该进行了。

本期**World Energy Outlook**（《世界能源展望》）特刊旨在描述可引导能源部门进入更安全领域的关键决策点，从而为COP26及以后会议的决策者提供帮助。它详细评估了各国在清洁能源转型方面已经取得的进展、为实现1.5℃的目标还需要走多远，以及各国政府和其他各方可以采取哪些行动来抓住机遇并避免前进道路上的陷阱。在关于能源和气候的知情辩论比以往任何时候都更加重要的时候，本期WEO通过多种情景和案例研究解释了其中的利害关系。

已宣布的气候承诺会产生影响……

在COP26举行之前，许多国家已经宣布了新的承诺，详细说明他们对全球努力实现气候目标的贡献；50多个国家以及整个欧盟已经承诺要实现净零排放目标。如果这些承诺得到及时和全面的实施，正如我们在新的**承诺目标情景**（APS）中详细模拟的那样，就将开始压低全球排放曲线。在2030年之前的期间，低排放的发电来源占该情景下新增容量的绝大部分，到2030年，太阳能光伏和风能的年新增容量接近5000亿瓦。因此，2030年电力部门的煤炭消费量比最近的高点低20%。电动汽车销量快速增长，燃料效率持续提高，将使石油需求在2025年左右达到峰值。效率提升意味着全球能源需求将在2030年后趋于平稳。成功实现所有宣布的承诺意味着，在到2050年期间，全球与能源有关的二氧化碳排放量将减少40%。所有部门的二氧化碳排放量都出现了下降，其中电力部门的下降幅度是迄今为止最大的。2100年的全球平均升温将保持在比工业化前水平高2.1℃左右，尽管这一情景没有达到净零排放，所以升温趋势仍未稳定下来。

……但不能认为全面和及时地实现这些承诺是理所当然的。

各国政府需要做更多的工作，才能充分兑现已宣布的承诺。逐个部门地查看政府实际采取了哪些措施，以及正在制定的具体政策举措，会发现一种不同的情况，这在我们的**既定政策情景**（STEPS）中有所描述。在这一情景下，电力部门的变革步伐也在加快，足以实现该部门排放量的逐步下降，即使全球电力需求到2050年几乎翻番。然而，这将被工业（如水泥和钢铁生产）和重型运输（如货运卡车）排放的持续增长所抵消。这种增长主要来自新兴市场和发展中经济体，因为它们正在全国范围内建设基础设施。在既定政策情景中，几乎所有到2050年的能源需求净增长都由低排放源来满足，但这仍将使年排放量保持在当前水平附近。因此，当全球平均气温在2100年达到比工业化前水平高2.6℃时，仍将继续上升。

今天的承诺只涵盖了不到20%的减排差距，而要使1.5℃目标触手可及，需要在2030年之前消除这一差距。

在承诺目标情景下，未来十年清洁能源的投资和融资将翻一番，但这种加速并不足以克服当今能源系统的惯性。特别是，在2030年之前的关键时期，这一情景下所采取的行动远远不能实现为保持2050年净零排放轨道的大门敞开所需的减排量。造成这种不足的一个关键原因是，正如承诺目标情景所反映的那样，当今的气候承诺表明各国在承诺的能源转型速度上存在着巨大的差异。在取得成就的同时，这一情景也播下了新的分歧和紧张的种子，例如在能源密集型产品的贸易领域，或在国际投资和金融领域。成功的、有秩序的和基础广泛的能源转型取决于找到缓解国际体系中紧张关系的方法，这一点在承诺目标情景中得到了强调。所有国家都需要做更多的工作来调整和加强其2030年的目标，并使之成为一个不让任何人掉队的全球协作式转型。

有缩小与1.5℃路径的差距的解决方案可用——而且其中的许多解决方案具有很高的成本效益

WEO-2021强调了四项关键措施，可以帮助缩小今天的承诺和未来十年1.5℃轨迹之间的差距——并为2030年后的进一步减排提供支持。所需采取的行动中超过40%都具有成本效益，这意味着与承诺目标情景中的路径相比，这些行动会节省消费者的总体成

本。所有国家都需要做更多的工作：那些已宣布净零承诺的国家约占额外减排量的一半，特别是中国。这四项措施是：

- **继续大力推动清洁电气化**，这需要将太阳能光伏和风能的部署相对于承诺目标情景增加一倍；大力发展其他低排放发电，包括在可接受的情况下使用核电；大力建设电力基础设施和各种形式的系统灵活性，包括水电；迅速淘汰煤炭；并推动扩大运输和供暖的用电。加快电力结构的去碳化是政策制定者可以利用的最重要的一个杠杆：它可以缩小承诺目标情景和净零排放情景之间超过三分之一的排放差距。随着电力市场设计和其他有利条件的改善，风能和太阳能光伏的低成本意味着超过一半的额外减排量可以在不增加电力消费者成本的情况下实现。
- **坚持不懈地关注能源效率**，同时采取措施，通过材料效率和行为改变来调节能源服务需求。在净零排放情景下，全球经济在 2020 年至 2030 年期间的能源强度每年下降 4% 以上——是前十年平均速度的两倍多。在净零排放情景下，如果没有这种能源强度的改善，2030 年的最终能源消费总量将增加约三分之一，这将大大增加能源供应脱碳的成本和难度。在净零排放情景下，我们估计，未来十年近 80% 的额外能效提升将为消费者节省成本。
- **广泛推动减少化石燃料生产中的甲烷排放**。迅速减少甲烷排放是限制近期全球变暖的一个关键手段，而最具成本效益的减排机会出现在能源部门，特别是在石油和天然气生产中。仅仅通过减少化石燃料的使用并不能迅速或有效地解决甲烷问题；政府和工业界的协同努力对于确保减少排放以缩小与净零排放情景近 15% 的差距至关重要。
- **大力推动清洁能源创新**。这是在 2020 年代需要填补的另一个关键缺口，尽管对排放产生的大部分影响要到以后才会感受到。到 2030 年实现深度减排所需的所有技术都已具备。但是，在净零排放情景下，2050 年要实现减排量中，几乎有一半来自于今天处于演示或原型阶段的技术。这些技术对于解决钢铁、水泥和其他能源密集型工业部门的排放——以及长途运输的排放——尤为重要。目前已经宣布的承诺达不到在净零排放情景下，部署氢基燃料和其他低碳燃料以及碳捕集、利用和封存（CCUS）的关键里程碑。

在加速发展中经济体清洁能源部署方面，资金是一个缺失环节

要让世界走上 1.5°C 的正确轨道，需要到 2030 年将清洁能源项目和基础设施的年度投资激增到近 4 万亿美元。在缩小承诺目标情景和净零排放情景之间的差距所需的额外支出中，新兴市场和发展中经济体中约占 70%。在发展中经济体为清洁能源项目筹集资金方面有一些引人注目的例子，例如印度成功地地为太阳能光伏的快速扩张提供资金，以实现到 2030 年 4500 亿瓦的可再生能源目标。然而，也存在持续的挑战，其中许多挑战因疫情而加剧。支持可持续经济复苏的资金很稀缺，资本成本仍然是发达经济体的七倍之多。在世界一些最贫穷的国家，新型冠状病毒疫情也打破了在普及电力和清洁烹饪方面稳步取得进展的趋势。2021 年，无法获得电力供应的人数将增加 2%，其中几乎所有增长都发生在撒哈拉以南非洲地区。

在加速资本流动以支持能源转型并使发展中经济体能够制定新的低排放发展道路方面，国际促进因素至关重要。大多数与转型有关的能源投资将需要由私人发展商、消费者和金融机构根据市场信号和政府制定的政策来进行。除了必要的政策和监管改革外，

公共金融机构——由国际开发银行和发达经济体更大的气候融资承诺牵头——可发挥关键作用，在私人参与者尚未实现风险和回报的正确平衡的领域推进投资。

淘汰煤炭的战略必须有效处理对就业和电力安全的影响

在我们所有的情景中，煤炭需求都在下降，但承诺目标情景到 2030 年下降 10%和净零排放情景下降 55%之间的区别在于电力部门淘汰煤炭的速度。这包括四个部分：停止批准新的、未采用减排技术的燃煤发电厂；减少运行中工厂 21000 亿瓦电力产生的排放，这些工厂在 2020 年生产了世界上三分之一以上的电力；以足够的规模进行投资，以可靠地满足本来由煤炭满足的需求；以及管理变革带来的经济和社会后果。近年来，由于出现成本较低的可再生能源替代品、人们对环境风险的认识不断提高，以及融资选择越来越少，新燃煤电厂的审批速度大幅放缓。然而，目前约有 1400 亿瓦的新燃煤发电厂正在建设中，还有超过 4000 亿瓦的燃煤发电厂处于不同的规划阶段。中国宣布不再支持在国外建设燃煤发电厂，这一决定可能非常重要，可能会导致取消在承诺目标情景下建设的高达 1900 亿瓦的煤炭项目。如果这些发电厂被低排放发电厂所取代，可以减少大约 200 亿吨的累计二氧化碳排放量——这一数量与欧盟在 2050 年之前实现净零排放目标所减少的总排放量相当。

降低现有全球燃煤发电厂的排放量需要广泛的、专门的政策努力。在我们的各种情景中，燃煤发电厂要么用 CCUS 进行改造，要么重新配置，与生物质或氨等低排放燃料耦合燃烧，要么重新调整用途以关注系统充足性，要么退役。承诺目标情景下的退役率是过去十年的两倍，而净零排放情景下的退役率几乎翻了一番，达到每年近 1000 亿瓦。政策干预需要把重点放在那些原本不会退役的燃煤发电厂上，同时还要支持减少剩余燃煤发电厂排放的措施。

必须为那些在衰退行业失去工作的人提供支持。能否对煤炭的淘汰进行妥善管理，取决于政府和金融机构的早期和持续参与，以减轻对工人和社区的影响，并允许对土地进行复垦和重新利用。能源转型会造成混乱：创造了更多的新工作岗位，但不一定是在失去工作的同一地方。技能组合不能自动转移，需要新的技能。在特定国家和国际上都是如此。政府需要谨慎地管理这些影响，寻求过渡途径，最大限度地提供体面、高质量工作的机会，使工人能够利用他们现有的技能，并动员为受影响的工人和社区提供长期支持。

液体和气体夹杂在各种情景中

在 WEO-2021 研究的所有情景中，石油需求首次进入最终下降阶段，尽管下降的时间和速度差别很大。在既定政策情景下，需求的高点在 21 世纪 30 年代中期达到，下降则是渐进的，非常缓慢。在承诺目标情景下，2025 年后不久就会出现一个峰值，然后到 2050 年下降到 7500 万桶/天。为了满足净零排放情景的要求，到本世纪中叶，石油使用量将骤降至 2500 万桶/天。在未来五年内，所有情景下的天然气需求都会增加，但在这之后会出现明显的分歧。随着清洁能源转型的加速，许多因素会影响天然气在各行各业中保持的程度和时间。不同国家和地区的前景迥然不同。在净零排放情景下，为什么除了已经批准开发的油气田之外，不需要再开发新的油气田？除了能效提升和电气化之外，低排放燃料的快速增长是关键原因之一。低排放燃料的实际部署远远没有走上正轨。例如，尽管人们对低碳氢的兴趣日益浓厚，但计划中的氢气项目仍达不

到已宣布的承诺所暗示的 2030 年的使用水平，也就更达不到净零排放情景所要求的数量（比承诺目标情景高 9 倍）。

能源市场未来将面临更大的动荡

全世界没有足够的投资来满足未来的能源需求，政策和需求轨迹的不确定性令能源市场在未来面临巨大的动荡风险。与转型有关的支出正在逐步回升，但仍然远远低于以可持续方式满足不断增长的能源服务需求所需的支出。这一赤字在所有部门和地区都显而易见。与此同时，在 2014-2015 年和 2020 年两次价格暴跌的拖累下，石油和天然气的支出金额正朝着对这些燃料的需求停滞甚至下降的方向发展。今天的石油和天然气支出是少数几个与 2030 年的净零排放情景水平相当一致的领域之一。国际能源署的分析一再强调，为促进清洁能源技术和基础设施的部署而激增的支出为摆脱这一僵局提供了方法，但这需要尽快落实，否则全球能源市场将面临一个动荡和不稳定的时期。决策者的明确信号和指示是至关重要的。如果前进的道路只是用良好的意图铺就，那确实将是一段坎坷的旅程。

转型可以为消费者提供一些庇护，以抵御石油和天然气价格的冲击

如果消费者能够得到帮助来管理变革的前期成本，能源转型就可以缓解商品价格飙升带来的冲击。在像净零排放情景这样的转型能源系统中，家庭减少了对使用石油和天然气来满足其能源需求的依赖，这要归功于能效的提高、改用电动汽车出行，以及不再使用化石燃料锅炉供暖。由于这些原因，与既定政策情景相比，在净零排放情景下，2030 年的大型商品价格冲击对家庭来说，成本要低 30%。要达到这一点，需要制定政策，帮助家庭支付提高效率和低排放设备（如电动汽车和热泵）的额外前期费用。

随着电力在家庭能源账单中的份额逐渐增大，政府必须采取激励措施，鼓励在灵活性、效率和需求侧响应方面进行投资，以此确保电力市场具有弹性。在所有情景下，到 2050 年，可再生可再生能源在发电中的份额扩大到 40-70%（在一些地区甚至更高），而目前的平均份额略低于 10%。在净零排放情景下，到 2050 年，全球将有大约 2.4 亿个屋顶太阳能光伏系统和 16 亿辆电动汽车。这样一个系统将需要非常灵活地运行，通过足够的容量、强大的电网、电池存储和可调度的低排放电力来源（如水电、地热和生物能源，以及氢气和氨气发电厂，或小型模块化核反应堆）来实现。这种系统也将需要数字技术，以支持需求侧响应，并安全地管理数据和能源的多方向流动。

需要密切关注其他潜在的能源安全漏洞

即使世界正在转向电气化、可再生能源丰富的能源系统，贸易模式、生产者政策和地缘政治考虑对能源安全仍然极为重要。这在一定程度上与能源转型影响石油和天然气的方式有关，因为供应越来越集中在一小部分资源丰富的国家——即使这些国家的经济同时因出口收入减少而面临压力。锂、钴、镍、铜和稀土元素等关键矿物的价格上涨或波动性加大，可能会减缓全球在实现清洁能源未来方面的进展，或提升其成本。2021 年关键矿物的价格反弹可能使太阳能组件、风力涡轮机、电动汽车电池和输电线的成本增加 5-15%。如果在净零排放情景下，价格在到 2030 年的这段期间保持不变，这将使这些技术所需的投资增加 7000 亿美元。关键矿物以及氨等富氢燃料也成为国

际能源相关贸易的主要元素；到 2050 年，在承诺目标情景下，它们的总份额将从今天的 13% 上升到 25%，在净零排放情景下将超过 80%。

在气候问题上无所作为的代价是巨大的，能源部门正面临风险

过去一年的极端天气事件凸显了不受控制的气候变化的风险，而能源部门将感受到这些影响。今天，世界能源基础设施已经面临着与气候变化有关的越来越大的物理风险，这凸显了增强能源系统弹性的迫切需要。我们估计，目前全球约有四分之一的电网面临破坏性旋风带来的高风险，而超过 10% 的可调度发电船队和沿海炼油厂容易遭受严重的沿海洪水，三分之一的淡水冷却热电厂位于水资源紧张的地区。在既定政策情景下，到 2050 年，极端高温事件的频率将比现在增加一倍——而且它们的强度将增加约 120%，这会影响电网和热电厂的性能，同时推高对冷却的需求。如果不能加快清洁能源转型，人类将继续暴露在空气污染中。今天，世界上 90% 的人口呼吸着被污染的空气，造成每年 500 多万人过早死亡。在既定政策情景下，预计未来十年因空气污染而过早死亡的人数会不断增加。在净零排放情景下，到 2030 年，每年的过早死亡人数将减少 220 万，比现在减少 40%。

对于那些飞速转向新能源经济的国家来说，这意味着巨大的回报

在净零排放情景下，对于风力涡轮机、太阳能电池板、锂离子电池、电解器和燃料电池的制造商来说，到 2050 年，每年的市场机会远远超过 1 万亿美元。这与当前的全球石油市场规模相当。这为那些在不断扩大的全球供应链中处于有利地位的公司创造了广阔的前景。即使在电气化程度更高的能源系统中，燃料供应商也有很大的发展空间：2050 年生产和输送低碳气体的公司所处理的气体量几乎相当于当今全球天然气市场的一半。清洁能源领域的就业将成为劳动力市场的一个充满活力的部分，其增长足以抵消传统化石燃料供应部门的衰落。除了在可再生能源和能源网络行业创造就业机会外，清洁能源转型还增加了一些领域的就业，如建筑物的改造和其他能效改进，以及高效电器、电动汽车以及燃料电池汽车的制造。总的来说，在承诺目标情景下，到 2030 年，清洁能源和相关部门将增加 1300 万工人，而这一数字在净零排放情景下将翻一番。

要使 21 世纪 20 年代成为大规模部署清洁能源的十年，需要缔约方大会第二十六次会议提供明确的指示

本期WEO-2021对我们所走的道路提出了严厉的警告，但也对能够使世界走上1.5°C未来之路的行动进行了清晰的分析——并强烈肯定了由此产生的好处。政府处于主导地位：从当地社区到公司和投资者，每个人都需要参与其中，但没有人有能力像政府那样引导能源系统走向一个更安全的目的地。前进的道路既艰难又狭窄，尤其是如果投资仍然达不到要求，但WEO-2021的核心信息仍然充满希望。其中的分析清楚地概述了在关键的未来十年需要做的更多工作：像激光一样专注于推动清洁电气化、提高效率、减少甲烷排放和涡轮增压创新——并配以释放资本流动性以支持清洁能源转型，并确保可靠性和可负担性的战略。所描述的许多行动都具有成本效益，与不作为的巨大风险相比，其余行动的成本微不足道。实现本期WEO提出的议程将提供一个千载难逢的良机，能够在改变全球能源系统的同时，改善人们的生活和生计。格拉斯哥必须发出明确无误的信号，才能推动对可持续未来的投资浪潮。

Chinese translation of *World Energy Outlook Executive summary 2021*

此执行摘要原文用英语发表。虽然国际能源署尽力确保中文译文忠实于英文原文，但仍难免略有差异。此中文译文仅供参考。

No reproduction, translation or other use of this publication, or any portion thereof, may be made without prior written permission. Applications should be sent to: rights@iea.org

The work reflects the views of the International Energy Agency (IEA) Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries or of any particular funder, supporter or collaborator. None of the IEA or any funder, supporter or collaborator that contributed to this work makes any representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA. All rights reserved.

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset in France by IEA - October 2021

Cover design: IEA

Photo credits: © Shutterstock

World Energy Outlook 2021

在市场起伏动荡和即将在英国格拉斯哥举行《联合国气候变化框架公约》缔约方大会第二十六次会议这一背景下，2021 World Energy Outlook (WEO)在清洁能源转型的这一关键时刻成为不可或缺的指南，指明了我们前进道路上存在的机遇、效益和风险。

WEO是能源界最权威的分析 and 预测来源。自1998年以来，这份国际能源署的旗舰出版物每年都会出版，其客观数据和冷静分析为不同情景下的全球能源供需及其对能源安全、气候目标和经济发展的影响提供了重要见解。