

# 中国能源体系 碳中和路线图

执行摘要



# 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.

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/](http://www.iea.org/t&c/)

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.

Source: IEA. All rights reserved.  
International Energy Agency  
Website: [www.iea.org](http://www.iea.org)

## 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



## 执行摘要

如果没有中国的参与，可能无法将全球气温上升限制在 1.5°C 内。2020 年 9 月，国家主席习近平宣布，“中国将力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。在中国开始其非凡的经济现代化征程 40 年后，宣布这一关于中国未来的新愿景，恰逢世界主要经济体逐渐形成共识，即有必要在本世纪中叶实现全球净零排放。但是，其他任何承诺都不及中国的承诺重要：中国是世界上最大的能源消费国和碳排放国，其二氧化碳排放量占全球总量的三分之一。中国未来几十年的减排速度，是世界能否成功将全球变暖控制在 1.5°C 以内的重要因素。

中国近 90% 的温室气体排放源自能源体系。因此，能源政策必须推动碳中和转型。本路线图是对中国政府邀请国际能源署在长期战略方面进行合作的回应。其中列出了在中国能源体系实现碳中和的路径，同时表明，实现碳中和符合中国更广泛的发展目标，如增进繁荣、提升技术领导力和转向创新驱动型的增长。本路线图中的第一条路径——承诺目标情景（APS）——反映了中国在 2020 年宣布的强化目标，即二氧化碳排放量在 2030 年达到峰值，到 2060 年实现净零排放。在加速转型情景（ATS）中，本路线图还探讨了实现更快转型的机会，以及除了缓解气候变化带来的影响，快速转型能为中国带来的其他社会经济效益。

## 中国可在目前的清洁能源发展势头上更进一步

中国的能源体系体现了几十年来在追求其他能源政策目标的同时，为使数亿人脱贫所做的努力。自 2005 年以来，中国的能源消耗翻了一番，但同期国内 GDP 能源强度大幅下降。燃煤发电约占中国发电总量的 60%，且还在继续建设新的燃煤电厂，但新增太阳能光伏发电装机总量已超过世界上其他任何国家。中国是全球第二大石油消费国，但也拥有占全球 70% 的电动汽车电池产能，仅江苏省一省的产能就占到全国的三分之一。中国对低碳技术的贡献，尤其在太阳能光伏领域，主要由政府日益宏大的五年计划推动。其所带来的成本下降，改变了世界对清洁能源未来的看法。如果全世界要实现气候目标，就需在清洁能源领域取得更大规模的进步，并涉及所有行业部门。例如，中国的钢铁和水泥产量超过世界的一半，仅河北省一省就占 2020 年全球钢铁产量的 13%。中国的钢铁、水泥和化工行业的排放量比欧盟及英国的二氧化碳排放总量还要高。

中国的二氧化碳排放量仍在上升，但在 2030 年之前达峰是可行的。排放峰值越早到来，中国按时实现碳中和的机会就越大。排放的主要来源是电力行业（48% 的二氧化碳排放来自能源和工业生产过程）、工业（36%）、交通（8%）和建筑（5%）。迄今为止公布的第十四个五年计划具体目标包括在 2021-2025 年期间将二氧化碳强度降

低 18%，单位 GDP 能耗降低 13.5%。还有一个不具约束力的指标，即到 2025 年，将非化石能占能源消费总量的比重提高至 20%（2020 年约为 16%）。如果中国实现了这些短期政策目标，国际能源署预估，其燃料燃烧产生的二氧化碳排放量将在 2020 年代中期达峰并趋于平稳，然后在 2030 年前略有下降。国际能源署也注意到，中国在 2021 年 9 月的联合国大会上承诺“不再新建境外煤电项目”，并加强对清洁能源的支持。

## 实现碳中和要求能源体系快速而深度转型

**在 2030 年前实现二氧化碳排放达峰，有赖于三个关键领域的进展：提高能效、发展可再生能源和减少煤炭使用。**在承诺目标情景（APS）中，到 2030 年中国的一次能源需求增长速度将远远低于整体经济的增长速度。这主要是能效提高和产业转型脱离重工业的结果。能源体系的转型可使空气质量迅速改善。到 2045 年左右，太阳能将成为最主要的一次能源来源。到 2060 年，煤炭需求将下降 80%以上，石油需求下降约 60%，天然气下降 45%以上。到 2060 年，近五分之一的电力将被用来制氢。

**中国为实现目标所需的投资水平完全在其财力范围之内。**虽然能源体系投资的绝对值大幅攀升，但其在整个经济活动中的比重却在下降。年投资总额在 2030 年将达到 6400 亿美元（约 4 万亿人民币），在 2060 年达到近 9000 亿美元（6 万亿人民币），较近年水平增加约 60%。年度能源投资占 GDP 的比重，在 2016-2020 年平均为 2.5%，到 2060 年将下降到只有 1.1%。

## 每个行业部门都有可行的路径来实现深度减排

**一个以可再生能源为主导的电力部门为中国的清洁能源转型奠定了基础。**在承诺目标情景（APS）中，中国电力部门将在 2050 年前实现二氧化碳净零排放。基于可再生能源的发电（主要是风能和太阳能光伏发电），在 2020 年至 2060 年间将增加 7 倍，届时将占发电总量的约 80%。相比之下，煤电的份额将从 60%以上下降到仅有 5%，而未采用减排技术的燃煤发电将于 2050 年淘汰。到 2060 年，所有地区的可再生能源装机容量至少增加三倍。其中中国西北和北方地区的增长幅度最大，当地太阳能和陆上风能资源潜力巨大，且有充足的土地可供利用。然而在中国沿海省份，为提高电力系统可靠性和稳定性而进行的低碳灵活性资源的投资是最高的。

**提高能效和当今的市场化技术只能使工业部门部分实现净零排放。**在承诺目标情景（APS）中，到 2060 年，工业二氧化碳排放量将下降近 95%，未采用减排技术的煤炭使用量将降低 90%，剩余的排放量将被电力和燃料转化行业的负排放所抵消。能

效提高和电气化在短期内推动了大部分工业减排，而新兴的创新技术，如氢能和碳捕集与封存（CCUS），将在 2030 年后取而代之。

**电气化是交通和建筑部门去碳化的关键。**城市中对地铁、轻轨和电动巴士的新投资，以及对城市之间高速铁路的投资，降低了乘客出行的能源强度。提高燃料效率和使用低碳燃料实现了公路货运、航运和航空业的减排。到 2060 年，通过采用电气化、清洁的区域供热和提高能效等措施，建筑部门的直接二氧化碳排放量下降 95% 以上。

## 在 2030 年前加快进程不仅可能而且有益

**尽早加大力度采取行动可以减少 2030 年后面临的减排负担。**碳达峰的时机和水平，以及达峰后的减排速度，对于中国实现碳中和的长期目标至关重要。中国拥有的技术能力、经济手段和政策经验，可以比承诺目标情景（APS）更快地完成 2030 年的清洁能源转型目标。中国最近推出的碳排放交易市场和电力市场改革就是两个明显的例子。在加速转型情景（ATS）中，政策进程加快，带来电力和工业中的煤炭用量更快下降，现有的低碳技术得到更有力的部署，和更快的能效提升。到 2030 年，在加速转型情景（ATS）中，能源体系的二氧化碳排放量比现有水平低了 20 多亿吨，减少了近 20%。投资需求不是一个主要障碍：加速转型情景（ATS）所需的累计投资与承诺目标情景（APS）所需的相似。

**在 2030 年之前加快进程所带来的社会经济效益不仅限于应对气候变化。**这些益处包括为尚未充分受益于中国经济发展的地区带来更大的繁荣，中国在全球清洁能源技术价值链中发挥核心作用，并逐渐成为清洁能源创新的领袖。到 2030 年，加快国内行动将使中国清洁能源供应领域的就业人数增加 360 万，而在化石燃料供应和化石燃料电厂减少的就业岗位为 230 万。在加速转型情景（ATS）中，净增长就业岗位比承诺目标情景多出近 100 万。如果其他国家志向更高远，对清洁能源技术需求更多，而中国能抓住这种机会，还会增加更多就业岗位。

**将中国的中和目标范围扩大至所有的温室气体，将凸显二氧化碳排放早日达峰的好处。**这样的雄心壮志可能要求能源体系在 2060 年前就达到二氧化碳净零排放，以弥补更难消除的非能源部门的排放。这将使得在 2030 年之前加快二氧化碳减排进度变得至关重要。转型带来的长期挑战是深重的：例如，如果要在 2050 年就实现二氧化碳净零排放，那么新增太阳能光伏和风能装机容量将达到约 1.4 万亿瓦，比 2050 年承诺目标情景（APS）高约 20%。

## 处理现有资产有助于有序转型

即使不对化石燃料进行任何新的投资，中国能源体系的排放量仍然只会非常缓慢地下降。如果中国现有的排放密集型基础设施继续以近年来相同方式运作，从现在到2060年，可能将产生1750亿吨的二氧化碳排放。如果要将全球温度上升限制在1.5°C，这相当于全球剩余排放预算的三分之一。

如果到时没有更清洁的替代品，中国下一轮的重工业投资可能会导致大量的新增排放。在承诺目标情景（APS）中，2060年中国能源体系约40%的二氧化碳减排量来自于今天仍处于原型或示范阶段的技术。当计划淘汰现有产能时，必须要有可用的新低碳工业技术，以避免迎来新一轮排放密集型产能更新。仅此一项，就可以避免中国重工业排放相当于剩余全球碳预算近15%的二氧化碳，这样做可有50%的概率将全球平均升温限制在1.5°C。

从现在到2030年，更快的清洁能源转型可以使现有资产及其利益相关者更容易适应这一进程。加速转型情景（ATS）避免了在2060年承诺目标情景（APS）中约200亿吨的“锁定”排放。这些排放来自于2030年之前的电力和工业部门投建的长寿命资产。这一早期行动意味着，在2030年至2060年间，达到碳中和所需的年均减排速度比承诺目标情景（APS）低大约20%，为市场调整、企业及消费者适应新情况留下更多时间。

## 创新是成功转型的关键

到2060年实现碳中和，依靠于清洁能源创新大幅加速。中国正在成为清洁能源创新的世界领袖：自2015年以来，中国用于低碳能源研发的公共开支增加了70%。中国在可再生能源和电动汽车方面的专利活动中占了近10%。近年来，中国的初创企业吸引了全球超过三分之一的早期能源风险投资。

但是需要妥善利用中国的创新体系，以激励所需的广泛的低碳能源技术进步。新一届五年计划意在将创新重点转向低碳技术，并追求新的政策方法。中国目前的政策激励措施更适合像碳捕集与封存（CCUS）和生物炼制这样的大规模技术，而非网络基础设施和面向消费者的产品，但后者才是中国目前的制造优势。除了直接提供研发资金，还可以通过竞争性的利基市场、基础设施投资和其他监管措施来激励创新者，以推动技术部署。

## 世界能源和气候未来的主要行动者

中国的诸多优势使其有能力成功实现碳中和转型，同时在技术和制定能源政策方面展示出国际领导力。中国既是世界上最大的排放国，也是关键清洁能源技术（如太阳能电池板、风力涡轮机和电动车电池）产品的最大制造商。中国的行动将大大有助于塑造全球为防止气候变化的最坏影响而及时开展减排努力的成果。为使这些努力取得成功，与中国开展合作至关重要。

Chinese translation of *An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China* (Executive summary)

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](mailto:rights@iea.org)

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication. 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](http://www.iea.org)

Contact information: [www.iea.org/about/contact](http://www.iea.org/about/contact)

Typeset in France by IEA - September 2021

Cover design: IEA

Photo credits: © Getty

