



中欧能源合作平台出品

中欧能源杂志

2022年4月刊





关于中欧能源合作平台（ECECP）

中欧能源合作平台于 2019 年 5 月 15 日启动，旨在支持和落实《关于落实中欧能源合作的联合声明》中宣布的各项活动。

2019 年 4 月 9 日，在布鲁塞尔举行的第八次中国 - 欧盟能源对话上，中国国家能源局局长章建华先生与欧盟气候行动和能源专员米格尔 - 阿里亚斯·卡尼特（Miguel Arias Cañete）共同出席并签署了《关于落实中欧能源合作的联合声明》。正在出席第 21 次欧盟 - 中国领导人峰会的中国国务院总理李克强、欧盟委员会主席让 - 克劳德·容克（Jean-Claude Juncker）、欧洲议会主席唐纳德·图斯克（Donald Tusk）共同见证了这一历史时刻。

启动实施中欧能源合作平台（ECECP），被明确写入了此次中欧领导人会晤的联合公报。

ECECP 平台的总体目标是：

“加强中欧能源合作。与欧盟的能源联盟战略、欧洲人人享有清洁能源倡议、以及应对气候变化的《巴黎协议》、欧盟的全球战略保持一致，通过加强合作，将有助于提高欧盟和中国之间的相互信任和理解，为推动全球能源向清洁方向转型，以及建立可持续、可靠和安全的能源体系的共同愿景做出贡献。”

ECECP 第二阶段项目由 ICF 国际咨询公司和中国国家发展和改革委员会能源研究所共同组成的联合执行机构共同实施。

声明：

本刊所刊文章仅代表作者个人观点，不代表中欧能源合作平台（ECECP）。
图片来源 Freepik 和 pikbest.com。

中欧
能源杂志
2022

CONTENTS

02 / 消费者参与能源市场

——中欧 P2P 电力市场比较

提高电力系统灵活性需要通过市场手段调动消费者的参与积极性。中国和欧盟的消费者如何通过 P2P 电力市场参与能源交易？

11 / 欧盟能效解决方案助力中国实现“双碳”目标

Facebook 的数据中心如何为 1.2 万户家庭供热，玛尔丽斯堡（Marselisborg）污水处理厂又是如何华丽转型成为净能源生产商的？丹麦的丹佛斯公司（Danfoss）将分享在这两个备受瞩目的创新能效项目上的宝贵经验。

19 / 含水层储能技术在中国的复兴

这项起源于中国却在荷兰成功实现商业化的冷热储能技术，可谓是中欧能源技术合作的成功典范。ATES 技术未来是否会在中国能源体系中扮演更重要的角色呢？

25 / 利用“静电斥力”清洁太阳能电池板 可避免高达 30% 的电力损失

如何在没有水的情况下清洁太阳能电池板呢？一种新的清洁方法可以去除缺水地区太阳能装置上的灰尘，从而提高整体发电效率。

28 / 加速向零碳转型

深化政府、社区、企业、慈善机构之间的合作，将有望助力实现 1.5℃ 温控目标。

32 / 处在十字路口的氢能产业

ECECP 提炼总结了国际能源署《全球氢能回顾 2021》报告的主要发现。

35 / 简讯

42 / 报告推荐

尊敬的读者朋友，

欢迎您阅读《中欧能源杂志》2022 年 4 月刊。

就在上个月的 31 日，中国国家能源局局长章建华与欧盟能源委员卡德里·西姆森（*Kadri Simson*）共同以视频形式主持召开了第十次中欧能源对话，就当前热点议题深入交换了意见，并就《中欧能源合作联合声明》中各项工作的实施情况进行了讨论。

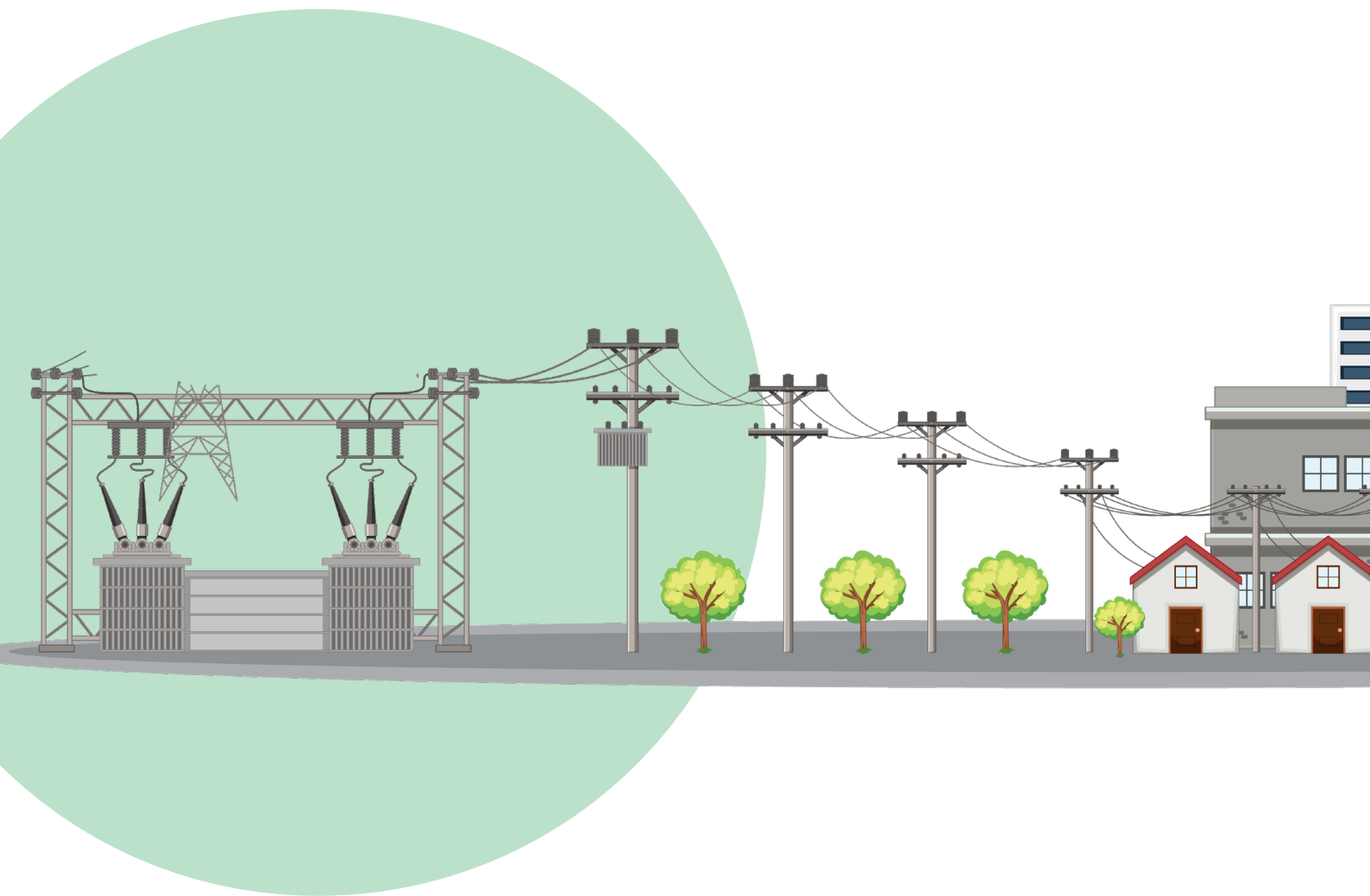
在本期刊物中，我们重点关注中欧能源合作如何能为全球能源转型做出更大贡献。我们讨论了中国和欧盟的消费者如何通过 P2P 电力交易参与能源市场，以及欧盟的能效解决方案如何助力中国达成双碳目标；并且还探讨了一项源于中国却在荷兰成功实现商业化的含水层储能技术（*ATES*）未来的发展前景。

希望您喜欢本期刊物中的文章，我们也期待大家的反馈！

祝您阅读愉快！

Flora Kan

中欧能源合作平台（*ECECP*）项目主任



消费者参与能源市场 ——中欧 P2P 电力市场比较

中国 - 欧盟联合声明报告《中欧能源系统整合间歇性可再生能源》（Integration of variable renewables in the energy system of the EU and China）指出，灵活性是克服间歇性可再生能源能源系统整合相关挑战的关键。报告作者呼吁，应重视对不断演变的配电网络及地方性能源市场角色的讨论¹。ECECP 青年研究生学者 Helena Uhde 对点对点（P2P）电力市场进行了研究，并对其在中国和欧盟的发展现状、监管和实施情况提出了一些洞见。

1. Davies et al. (2020). Integration of Variable Renewables in the Energy System of EU and China – Policy Considerations. <http://www.ececp.eu/en/integration-of-variable-renewables-in-the-energy-system-of-eu-and-china-policy-considerationsnew/>



欧盟和中国分别制定了雄心勃勃的气候目标，欧盟宣布到 2050 年成为气候中和大陆，而习近平主席则提出中国要到 2060 年实现碳中和，这些目标只有通过彻底的能源转型才能实现。根据 IEA 的情景分析，中国要实现碳中和，需要将可再生能源发电占比从 2020 年的 25% 左右增加到 2030 年的 40%，到 2060 年增加到 80%²。预计到 2060 年，仅光伏发电占比就将从 4%

提升至 45%。欧盟的目标则更具雄心，宣布将把 2030 年可再生能源占能源结构的比重目标从 32% 提高到至少 40%³。实现如此规模庞大的可再生能源整合将需要对当前的能源模式进行根本性的改变。

中国和欧盟电力系统的发展历程和社会及技术结构虽然可能有所不同，但随着能源系统中可再生能源比例的提高，双方面临的共同挑战变得愈发明显。一个根本性的挑

2.IEA (2021). *An energy sector road map to carbon neutrality in China*. <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>

3.European Commission (2021). *Renewable energy target*. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en

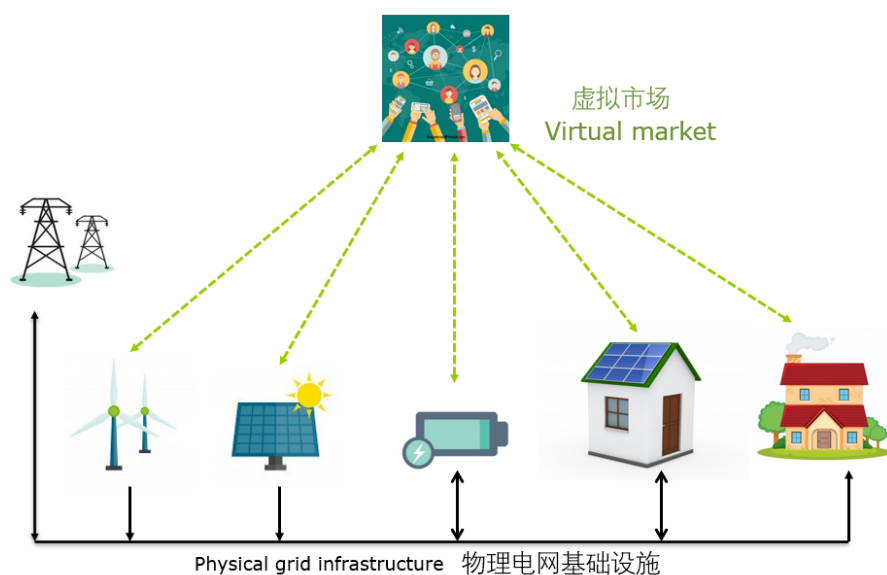
战是需要近乎实时的本地供需信号来平衡系统并保持系统可靠性。此外，要实现必要的灵活性还需要有更积极的需求侧参与，比如以辅助市场和需求响应机制的形式。

提高灵活性的一种方法是将电力系统的需求侧暴露于不断变化的市场价格中，例如通过所谓的“P2P 电力市场”。此类通常是地方性电力市场，消费者和小型发电商可以以对等的身份进行电力交易。其他能源商品，如冷、热能和灵活性服务，也可以在 P2P 市场上交易。这些电力市场能充分调动消费者的参与积极性，同时为小规模发电创造新的商业模式。P2P 电力市场通常采用物理和虚拟两层设计：物理层用于电力传输，虚拟层用于电力交易，如图 1 所示。

能源社区：欧盟 P2P 市场的起点

不同于电力批发市场，P2P 市场的一个显著特点是消费者成为了电力市场的参与者。欧盟通过其 2019 年发布的“所有欧洲人的清洁能源一揽子计划”（Clean Energy Package for All Europeans），引入了“能源社区”这一立法概念，定义了消费者单独或以社区的形式通过发电、消费、转让或销售来参与能源市

图 1：P2P 电力市场的简化示意图



图片来源：Freepik

表 1：欧盟 P2P 电力市场的主要政策

年份	监管机构	政策名称	与 P2P 电力市场有关的描述
2018	欧盟议会和理事会	可再生能源指令 [(EU) 2018/2001]	可再生能源产销者和可再生能源社区通过生产、消费、共享或销售可再生能源参与市场；与大型参与者处于平等地位。
2019	欧盟议会和理事会	电力市场指令 [(EU) 2019/944]	积极消费者以个人或公民能源社区的形式参与电力市场，通过发电、消费、共享或销售电力，或是通过需求响应和储能提供灵活性服务。

来源：Uhde (2022)。

场的权利⁴。一揽子计划中有两份极为重要的文件，一个是修订后的《可再生能源指令 [(EU) 2018/2001]》，另一个是修订后的《内部电力市场指令 [(EU) 2019/944]》。《可再生能源指令》定义了可再生能源产销者和可再生能源社区的作用，其主要着眼点在于可再生能源。它进一步规定，这一角色可以通过“可再生能源购电协议、电力供应商和点对点交易”等方式来实现。该文件强调，不得将可再生能源产销者和社区置于低于大型市场参与者的劣势地位。而《内部电力市场指令》则更强调电力，鼓励公民以个人或公民能源社区的身份参与电力市场。这些参与可以通过需求响应和储能来为系统提供灵活性服务。既然这些指令已被欧盟议会和理事会联合

通过，欧盟成员国就有义务将其纳入本国立法。

P2P 电力市场在欧盟的实施情况

欧盟有许多 P2P 电力市场的研究和试点项目，但具体数量难以统计，因为它们不仅包括欧盟资助的试点项目，还包括一些私人倡议。在欧盟委员会的 BRIDGE 计划中，Horizon 2020 资助下的智能电网、储能、能源岛和数字化领域的项目均被记录在案，以促进项目之间的信息交流和最佳实践。该计划共包括 90 个项目（含 58 个在建项目），其中只有一部分是 P2P 电力市场项目。特别值得一提的是，BRIDGE 2021 年版手册对这些项目进行了全面概述⁵。

2022 年 4 月 20 日，“能源社区知识库”（Energy Communities Repository⁶）启动。该项目将为欧盟的能源社区提供 24 个月的支持，并收集最佳实践。该知识库将由 Energy Cities、REScoop 和 FEDARENE 组成的财团实施。例如，Horizon 2020 的 COME RES 项目正在为九个欧盟成员国的可再生能源合作社开发和测试新的商业模式提供支持。可以看出，欧盟的重点是促进公民相关的倡议，而 P2P 电力市场只是社区能源管理的众多可选方案之一。有许多不同的商业模式和市场机制正在地方性社区进行测试。

5.Publications Office of the EU (2021). BRIDGE, Cooperation between Horizon 2020 projects in the fields of smart grid, energy storage, islands, and digitalisation. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/abf32809-143e-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en>

6.European Commission (2022). Launch of the Energy Communities Repository. https://ec.europa.eu/info/events/launch-european-commissions-energy-communities-repository-2022-apr-20_en

■ 案例研究 1：德国 Landau 微电网项目

德国的首批本地 P2P 电力市场项目之一是由卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）与当地能源供应商 Energie Südwest AG 和软件开发商 Selfbits GmbH 共同合作实施的 Landau 微电网项目（LAMP）⁷。在该试点项目中，位于德国西南部城市兰道（Landau）Lazarettgarten 的 20 户家庭能够相互交易当地生产的可再生电力。参与者可根据价格偏好，通过平台上的自动化软件代理进行交易。参与者可以深入了解他们的用电量和发电数据，这些数据通过支持区块链的智能电表收集并通过移动应用程序传输。该项目为市场参与者提供智能电表和移动设备，以便他们可以免费使用该应用程序。如果 P2P 市场价格低于实际电价，市场参与者将获得反映其所节省的电力成本的信用值。如果 P2P 市场价格上涨高于实际电价，能源供应商 Energie Südwest AG 将承担额外费用⁸。该试点项目是一项复制自由市场但建立在金融保障框架下的实验。然而，值得注意的是，一旦面临实际亏损的风险，市场参与者的行为很可能会偏离试点中观察到的情形。



图 2：Landau 微电网项目 Mengelkamp (2019)

7.Mengelkamp (2019). *Energiewende unter Nachbarn. Das Landau Microgrid Project*. http://www.csells.net/downloads/CSells_LAMPvortrag_EME.pdf

8.Energie Südwest. *Wollen Sie selbst entscheiden wo Ihr Strom herkommt?* <https://energie-suedwest.de/unternehmen/projektedienstleistungen/lamp/>

中国分布式能源市场化交易

虽然中国法规中没有明确使用“P2P 电力市场”一词，但国家能源局和发改委在 2016 年至 2019 年期间发布的多项政策都反映了这一概念⁹（政策概述见表 2）。第一阶段政策（2016-2017 年）侧重于“能源互联网”概念下的市场化交易，即能源行业与互联网的互联互通，而第二阶段政策（2017-2019 年）则侧重于分布式能源的市场化整合。

2017 年国家能源局发布的《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》中，公布了分布式能源交易的三种机制：直接交易、委托代售和向电网销售。虽然第二种机制委托电网企业代表分布式能源发电项目进行电力交易，第三种机制基本上代表以固定电价向电网出售电力，但第一种“直接交易”机制为不同 P2P 市场机制的设计留出了空间。因此，除了集中拍卖之外，分布式多方双边交易也是一种选择。

表 2：中国 P2P 电力市场的主要政策

年份	监管机构	政策名称	与 P2P 电力市场有关的表述
2016	发改委	能源生产和消费革命战略（2016-2030）	使消费者能够参与微观平衡和能源市场。
2016	发改委	关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见	制定了实施“能源互联网”的战略纲要，促进个人用户和分布式能源参与市场交易。
2017	能源局	首批“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目入选名单	55 个能源互联网试点项目清单，包括微电网市场试点。
2017	能源局	关于开展分布式发电市场化交易试点的通知	分布式能源交易试点介绍：1）直接交易，2）委托代售，3）向电网出售。
2018	能源局	分布式发电管理办法（征求意见稿）	引入分布式能源当地市场的政策草案（供讨论）。
2019	发改委	2019 年分布式发电市场化交易试点名单	选定了 26 个的分布式能源交易试点方名单。

Uhde & Malima (2020) 和 Uhde (2022)。

9. Uhde H. Peer-to-peer electricity trading in China and the EU – A comparative evaluation of key policy documents[J]. Research in Globalization, Elsevier, 2021: 100078.

P2P 电力市场在中国的实施情况

2019 年，中国国家发改委公布了 26 家分布式能源市场试点项目名单。这些试点项目大都位于分布式能源产能占比较大的省份，其中约一半的试点项目位于“经济技术开发区”或工业园区¹⁰。关于这些试点项目，除了市场能源结构以外能找到的信息并不多。

■ 案例研究 2：鹤壁分布式交易试点

位于河南省鹤壁市宝山工业园区的鹤壁分布式交易项目是入选的 26 个分布式电力交易试点项目之一¹¹，由北控清洁能源集团负责实施。2020 年前共规划了总容量为 220 兆瓦的分布式能源，其中分布式光伏 70 兆瓦，分布式风电 150 兆瓦，配套储能 30 兆瓦时。平台交易将使用“直接交易”方式进行，交易结算通过省级电力交易平台进行。

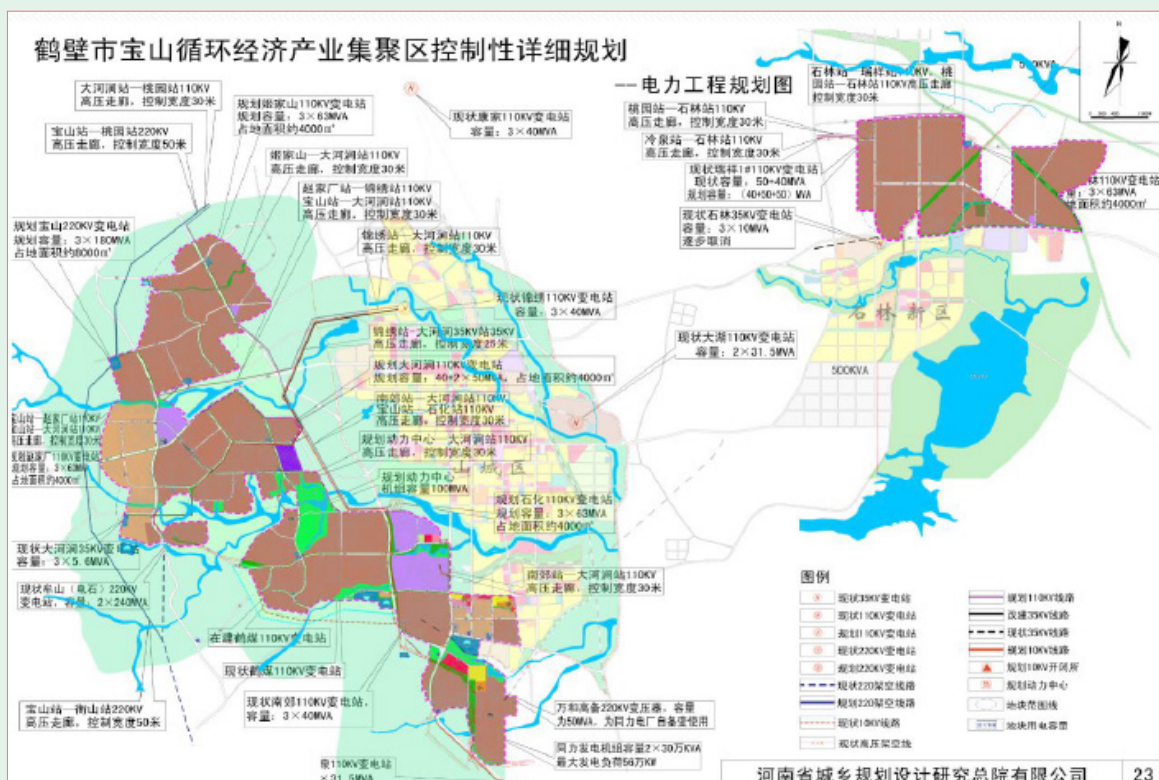


图 3：宝山工业园区电网示意图

来源：北控清洁能源集团（2019）

10. Uhde & Malima. *Experimenting with local electricity markets in China – multilevel drivers and barriers in the sociotechnical regime*, *Energy Res. Soc. Sci.* 69 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101577>.

11. 河南 220MW 分布式发电市场化交易试点实施方案细节解密！<https://new.qq.com/omn/20190802/20190802A070C000.html?pc>



在该项目中，市场参与者分别是分布式能源发电项目单位（卖方）和附近的电力消费者（买方）。太阳能和风电系统分布在一个相对较大的地理区域，涵盖了尚未开发的 15 块土地。电网企业控制电力传输并收取由此产生的“过网费”。与以居民消费者为中心的欧洲 P2P 电力市场不同，该项目的消费者是工业园区内的化工和水泥企业¹²。也许有人可能会争辩说，这个项目应该被称为企业对企业（B2B）市场，而不是 P2P 市场。然而，与此相反，需要提醒的是，工业消费者参与电力交易并非是其原有的核心业务。

P2P 电力市场在中国的实施障碍

除了这已宣布的 26 个试点项目外，一些初创企业还正在努力将 P2P 电力交易这一概念付诸实践。其中一家极具潜力的中国公司是 Energo Labs，这是一家总部位于上海的初创企业，主要专注于东南亚市场，为 P2P、机器对机器和车辆对微电网交易构建基于区块链的平台。该公司的项目之一是菲律宾马尼拉的德拉萨大学校园微电网项目¹³。在这个基于区块链的 P2P 电力市场项目中，电力在大学建筑之间进行交易。然而，由于市场参与者数量较少（仅有两栋楼），交易并不是特别有效。如今，Energo Labs 网站已无法访问，社交媒体帐户自 2018 年以来就没有继续更新，也没有关于新项目的报告。该公司的一位前员工告诉我们，中国的项目只进展到了规划阶段，还没有到实施阶段。“首先，缺乏对新交易模式的监管。目前的法规跟不上，甚至可能阻碍人工智能、区块链、电表后端能源平衡等新技术的使用。其次，监管环境也极其复杂。要获得试点项目的批准，或是引入新的技术和商业模式，还有许多障碍需要克服。”

除了监管障碍外，为中国 P2P 电力市场寻找经济可行的商业模式也很困难。大量的电力补贴导致私人消费者的用电价格非常低。此外，城市中密集的高层建筑几乎没有为可再生能源装置留下任何空间。一个可行的应

12. 北控清洁能源集团（2019）。河南省鹤壁市宝山循环经济产业集聚区分布式发电市场化交易试点实施方案。

13. PV-Magazine (2018). Energo boosts clean energy production through Qtum Blockchain implementation in Philippines. <https://www.pv-magazine.com/press-releases/energo-boosts-clean-energy-production-through-qtum-blockchain-implementation-in-philippines/>



用领域可能是工业园区中商业和工业消费者之间的可再生能源交易。中国绿色电力交易试点初期报告显示，企业愿意为绿色电力支付比煤电价格高出 8%-13% 的溢价¹⁴。这可能会引起那些想要实现其供应链脱碳的跨国公司的兴趣。或许还有其他的一些服务，消费者愿意为之支付更多的费用。例如，P2P 电力市场或许可以用来确保某些特别关键流程的可靠能源供应，或是用来保障电动汽车的优先充电。为中国 P2P 电力市场寻找合适的目标群体和合适的商业模式还需要发挥更多的创造力。

展望

P2P 电力市场是一种有助于为消费者赋能、促进分布式能源资源的本地整合以及通过时变电价创造灵活性的手段。世界各地的试点项目正在测试这些概念，新的商业模式也层出不穷。然而，P2P 电力市场是未来在地方层面组织电力分配的有效模式吗？到目前为止，由于监管障碍以及受到公用事业和电网运营商市场力的影响，P2P 电力市场在扩充规模扩方面一直阻力重重。本地平衡仍存在困难，网络运营商与 P2P 市场项目开发商之间的协调问题也亟待厘清。此外，虽然去中心化的组织降低了许多领域的风险，但如果建设新的基础设施，投资者的风险就会增加：市场参与者需要首先看到这个想法的优势，然后长期坚持下去。试点项目结束后，P2P 电力市场模式是否会流行开来，还有待时间的检验。

文 / Helena Uhde

ECECP 青年研究生学者

北京理工大学博士生

14.Hove & Li (2021). China Kicks off its Green Electricity Trading. <https://www.energypartnership.cn/home/china-kicks-off-its-green-electricity-trading/>



欧盟能效解决方案 助力中国实现“双碳”目标

Facebook 的数据中心如何为 1.2 万户家庭供热，玛尔丽斯堡（Marselisborg）污水处理厂又是如何华丽转型成为净能源生产商的呢？在本篇文章中，丹麦的丹佛斯公司（[Danfoss](#)）分享了其在这两个备受瞩目的创新能效项目中的宝贵经验。丹佛斯中国区副总裁车巍认为，这些项目表明，中欧两大经济体的密切合作有望给全球减排进程做出重要贡献。



近年来，中国越来越关注能效问题，并认识到能效解决方案可以为“碳达峰”与“碳中和”目标创造的价值。事实上，欧盟在数据中心、污水处理和区域能源等方面有很多现成的解决方案，可以帮助中国立即展开行动，加快能效提升的步伐。

Facebook 超大型数据中心为欧登塞市供暖

Facebook 的欧登塞数据中心园区于 2019 年 9 月开放，占地 5 万平方米。之所以将地点选在欧登塞市是为了便于回收余热。欧登塞市的区域供热系统由 Fjernvarme Fyn A/S 运营，该公司也参与了系统的设计和建造。



图片来源：Tech at Meta

Facebook 欧登塞数据中心

这一系统将区域供热系统中的水循环到 Meta 园区，在那里，水被传输到屋顶并流经数据中心的冷却单元。在吸收了低温热源的热量后，水又被输送回当地的热泵设施，然后使用热泵进一步加热，使其温度适用于区域供热系统中。

欧登塞数据中心园区每年可从其服务器产生的热量中回收并分配 1 亿千瓦时的余热，足以满足当地 1.2 万户家庭的供暖需求。这些热能被输送到当地医院和周围社区的数千座其他建筑物。

这项技术每年可节约 8,000 万千瓦时的热能（ 2.88×10^{14} 焦，9,827 吨标煤），并减少 24,500 吨二氧化碳排放。该项目对欧登塞市在 2025 年前彻底淘汰燃煤供暖的雄心规划来说是强有力的支持，比丹麦的国家目标要提早 5 年。

丹佛斯开发的创新解决方案使用部门耦合的方法从数据中心回收热能。“热泵并不是什么新鲜事物，它们是丹麦逐步淘汰煤炭和天然气供暖的重要战略组成部分，使用线圈来回收热量也不足为奇。而将这

欧登塞数据中心：热回收流程



图片来源：Tech at Meta

两者结合并在超大规模上加以应用，这才是这个项目的创新之处”，Facebook 母公司 Meta 的官方技术创新论坛博客中一位名叫 Lauren Edelman 的博主评价道。

“国际能源署估计，全球数据中心的耗电量目前占全球总电耗的 1%，而到 2025 年，这一比例将上涨至五分之一。数据中心大部分的能源需求源于为服务器供电，而服务器在运行过程中会产生大量热量，因为需要被冷却降温。这一冷却过程又需要大量能源，同时产生大量的余热，而大部分余热目前正在被释放到周围环境中，”丹佛斯网站解释道。

这项技术如果在中国应用会产生什么影响呢？2021-2022 年采暖季，中国住宅类采暖费为 160 元 / 兆瓦时，非住宅为 360 元 / 兆瓦时。如果该项目在中国实施，这将为区域供热公司带来 1,600 万元人民币（229 万欧元）至 3,600 万元人民币（514 万欧元）的额外收入。目前丹佛斯已经开始与中国合作伙伴一道，在天津和上海等城市实施类似的解决方案。



■ 实践经验——来自丹佛斯的建议

如何制定政策使数据中心更环保？

政策制定者可以采用以下几个步骤帮助数据中心实施绿色解决方案。例如，可以：

- 设计一个鼓励系统集成和使用废热、热泵、智能供暖和制冷系统以及储能的监管框架，不仅要关注绿色能源，还应该鼓励减少用能和能量的再利用。
- 改进能源规划，以更好地实现不同行业与能源系统的整合；并发挥协同效应，例如从附近的数据中心回收余热用于为建筑物供暖，而不是投资于新的热力供应。
- 允许城市试验区在不受政策监管的情况下创新、开发新的节能技术，通过消除技术、监管和财务障碍促进跨行业的能量回收。
- 通过引入激励性的措施来鼓励区域性热力网络的建设，例如允许灵活的能源价格和对废热予以免税等。

来源：丹佛斯网站



玛尔丽斯堡污水处理厂 图片来源: aarhusvand.dk

玛尔丽斯堡的故事：废水处理与能源供应，二者可兼得

无数高管和专业工程师们从世界各地赶来丹麦奥胡斯，来参观玛尔丽斯堡污水处理厂。该厂每年为该市 22 万居民处理 1,200 万立方米的污水。

人们对玛尔丽斯堡的浓厚兴趣是有充分理由的。在丹麦其他地区以及整个废水处理行业，污水处理厂的电力自给率通常在 80% 左右，而玛尔丽斯堡污水处理厂则达到了 153%，比其消耗的电力还要高出 53%。这意味着它实际上已经成了一个净能源生产商。除此之外，它还为当地的区域供热系统提供热源。如果将热能和电力结合起来计算，那么该厂所产生的能量已达到其耗能的 168%。

难怪玛尔丽斯堡会被国际能源署（IEA）引用，作为能源消费者转型成为“产消者”的经典案例，因为它能够在高效用能的同时生产更多的能源。玛尔丽斯堡污水处理厂案例收编在了 IEA《2016 年世界能源展望》中，并被广泛视为此类实践的最佳范例。

玛尔丽斯堡是如何实现这一壮举的呢？

首先是能效计划的实施。2011 年，该厂启动了一项十年发展计划，旨在降低污水处理过程中每个步骤的能耗并优化能效。这一计划于 2021 年刚刚完成。

其次是增加能源生产。玛尔丽斯堡用三台生物煮解器生产沼气，每台可容纳 2,000 立方米的污泥。沼气被用来生产热能和电力。以前的燃气发动机已被热电联产装置所取代。该厂共安装了两台 250 千瓦和一台 355 千瓦的热电联产机组，成本为 120 万欧元。2016 年，这三台机组发电量为 480 万千瓦时，剩余电力被出售给电网，并可享受类似于风电生产商的电费补贴。

措施——按实施的先后顺序	节能成效
使用 SCADA（监控和数据采集）控制系统进行优化（40 万欧元）	- 节电 70 万千瓦时，相当于每年节省 6.1 万欧元。 - 这些措施在节约用电量方面的成效最为显著。 - 投资回收期为 2 到 3 年。
对氨磷进行在线控制，部分设备配备了变频器。	
对曝气系统鼓风机进行了更换：用 ABS HST 压缩机取代 HV 涡轮鼓风机	- 每年可减少 30 万千瓦时的电力消耗，节能效益 2.6 万欧元。 - 每年减少 153 吨二氧化碳排放。
2014 年实施侧流厌氧氨氧化（厌氧氨氧化）污泥液处理工艺。（40 万欧元）	- 降低了对曝气的需求，电力需求也随之减少。 - 节省废水税约合每年 8 万欧元。 - 每年节省 5 万千瓦时
安装滗析离心机，该装置将沼气池中的废污泥进行脱水处理，产生干燥肥料，运离水厂，以便作为肥料运输。	每年节省 5 万千瓦时。
鼓风机、泵、混合器和排水泵等几乎所有转动设备都安装了变频器，使工厂能够以最大的灵活性适应负荷变化。超过 100 台电机由丹佛斯 VLT® 变频器控制。	* 暂无相关数据。
用电量整体减少约 100 万千瓦时 / 年（节能 25%）	

来源：奥胡斯市

安装在玛尔丽斯堡污水处理厂的 VLT® AQUA 变频器。



图片来源：丹佛斯中国

奥胡斯市污水处理厂运营公司的总工程师 Per Overgaard Pedersen 在 2017 年发布于 WaterWorld 的一篇题为《自给自足的废水处理——分享丹麦的可持续发展蓝图》的文章中写道：“我们在项目的节能优化方面投资了大约 300 万欧元。但是，考虑到余热和电力的销售收入（每年略高于 32.6 万欧元）以及节省下的所有费用，包括 20.6 万欧元的用电费用以及 8 万欧元的废水税等等，项目预计总体可以节省 61.2 万欧元，全部投资大约 5 年左右即可回收”。

奥胡斯市公布的数据显示，2019 年，该项目的总能源生产为 8,461 兆瓦时/年，而总能耗为 5,848 兆瓦时/年，相当于 145% 的净能源

产量。这些新技术的应用使整个厂区的年用电量减少了大约 100 万千瓦时，实现了 25% 的节能效果，对奥胡斯市 2030 年的碳中和目标做出直接贡献。

丹麦目前至少有九个类似的水处理项目产生的能量已超过了其自身能耗。丹麦的废水处理行业也有着自己的“双中和”目标，即到 2030 年实现“碳中和”和“能源中和”。

中国城市 也可以从这一技术中受益

北京的高碑店污水处理厂每天处理 100 万立方米的废水，相当于北京废水总量的 40%，其规模是玛

尔丽斯堡污水处理厂的 30 倍。

如果在玛尔丽斯堡的节能实践成果可以在高碑店污水处理厂实现，那么该厂将能为电网提供 4,950 万千瓦时的绿色电力，并为区域供热系统提供 7,800 万千瓦时的热量。仅供热收入每年就将达 1248 - 2808 万元人民币（178 - 401 万欧元）。

高碑店污水处理厂的运营商北京排水集团已经启动了一项优化计划，并安装了 38 台丹佛斯的 AQUA 变频器（变频电机控制器），总容量为 6.4 兆瓦，能效提升预计将达 25%-40%。

进一步推进中欧能效合作

本文中引用的案例清楚地表明：“最绿色的能源就是我们没有使用的能源！”这一口号丹佛斯近期在不同场合反复提及。当前地缘政治环境充满挑战，欧盟和中国的绿色伙伴关系可能成为世界上最务实的双边合作之一，有助于双方进一步建立稳定的经济关系。因此，在全球努力应对气候变化之际，欧盟与中国在能效领域加强合作将有助于互利共赢，并将助力于中国实现 2030 年碳达峰和 2060 年碳中和的目标。

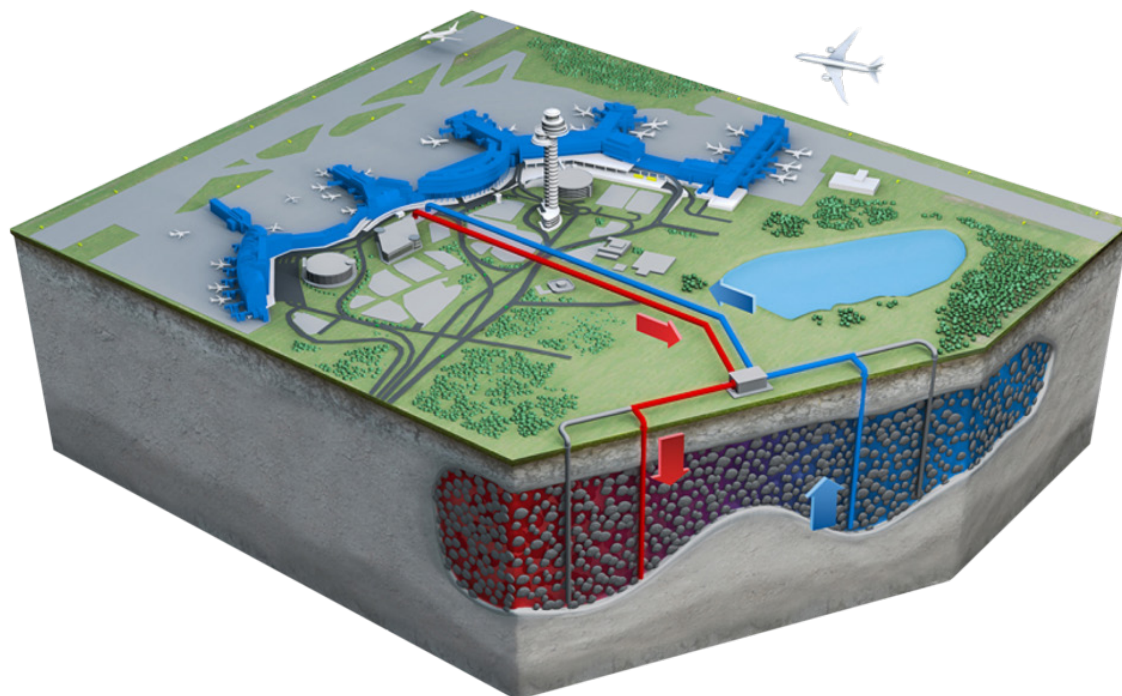
文 / 车巍，丹佛斯中国区副总裁

肖强，丹佛斯中国区公共事务经理

丹佛斯是丹麦最大的工业集团之一，也是全球领先的能源效率解决方案供应商，为广泛的行业提供能效解决方案，涵盖建筑、区域能源、制冷和空调以及水和废水等领域。

参考资料：

1. <https://tech.fb.com/engineering/2020/07/odense-data-center-2/>
2. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/facebook-begins-installing-district-heating-system-odense-data-center-denmark/>
3. <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/insights-for-tomorrow/integrated-energy-systems/data-center-power-consumption/>
4. <http://bj.bendibao.com/news/2019117/265861.shtm>
5. <https://www.waterworld.com/international/utilities/article/16201138/self-sufficient-wastewater-treatment-sharing-denmarks-sustainability-blueprint>
6. <https://www.aarhusvand.dk/en/international/our-solutions/energy-optimization/marselisborg-wwtp-turning-wastewater-into-green-energy/>
7. <https://www.aarhusvand.dk/globalassets/filer/subsites/aarhus-water/english.pdf>
8. <https://gogreenwithaarhus.dk/media/41251/marselisborg-wastewater-treatment-plant.pdf>
9. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/energy_efficiency_and_environmental_protection_in_wastewater_treatment_at_the_marselisborg_wastewater_treatment_plant.pdf



含水层储能技术在中国的复兴

我们脚下的土地是一个丰富的自然资源宝库，不仅为我们提供了 95% 的食物、所有的矿物质和贵金属以及许多其他资源，在热能的储存和回收利用方面也有着巨大的潜力。在本文中，ECECP 梳理了含水层储能技术（ATES）的发展。该热储能技术起源于中国，目前正在欧洲蓬勃发展，尤其是在荷兰，成为了中欧能源技术合作的成功典范。ATES 技术未来是否会在我国能源体系中扮演更重要的角色呢？

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的最新报告指出，在实施低碳战略，将全球温升控制在 1.5℃ 方面，我们现在已经到了一个关键的历史转折点。虽然全球正在全面、积极地部署可再生能源发电，以促进电力行业的低碳转型，但供热和制冷行业的脱碳却落后于其他行业。

全球可再生能源署（IRENA）的数据显示，供热和制冷大约占世界能源消费总量的一半¹。由于这一领域 77% 以上的能源需求由化石燃料和非可再生能源发电来满足，因此其温室气体排放量几乎占到全球能源相关温室气体排放量的 40%。近期天然气和电力价格的飙升，使数十亿人的供热安全面临极大风险，尤其是在欧洲。这又一次为我们敲响警钟，对化石燃料的严重依赖使我们的经济在面对危机时竟是如此的脆弱不堪。

如今，人们正在积极探索各种可再生供热制冷解决方案，包括太阳能供暖和使用可再生能源电力驱动的热泵等。然而，这些替代方案所使用的能源大多是间歇性的，需要依靠风能或太阳能驱动。随着供热供冷行业越来越多使用可变可再生能源来促进行业脱碳，储能技术现在正走向舞台中央，为系统提供各类灵活的解决方案。

冷热储能：供热供冷脱碳版图中被忽视的一环

虽然锂电池等电储能技术已经成为现代能源领域最炙手可热的市场之一，但冷热储能（TES）技术却始终未能在能源市场掀起多少波澜。然而，冷热储能技术在能源系统中有着许多特殊的优势：它可以实现超大规模的能源季节性存储，无论

是储热还是储冷，而这是电储能技术所无法企及的。

冷热储能技术的这一特点与建筑物的冷热供求极为契合，因为其需求同样对季节极为敏感。根据IRENA的数据，截至2019年底，全球范围内共安装了234GWh的冷热储能系统，其中近99%用于空间的供冷供热²。

ATES：我们脚下的可持续供冷供热解决方案

人们有时很容易忽视甚至可能并没有意识到，在我们脚下200米左右深处的浅层地下，温度全年保持恒定，与地表的年平均气温基本相当。事实上，将建筑物内部的气候与温度相对恒定且温和的地下联系起来，要比联通室外更为理想，因为在冬季和夏季室外温差通常很大，有时甚至会出现极端气温。而

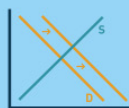
在这个深度的地下含水层有一个显著的特点，就是蕴含丰富的地下水，这些水不但具有较高的比热容，而且能够自然流动，这使其成为储存和回收热量的极佳介质，在为建筑物提供可持续供冷供热方面蕴含着巨大的潜力。

这正是含水层储能技术（ATES）可以发挥作用的地方。含水层储能是一种证实的地下冷热储能解决方案，通过使用地下水井从含水层中抽取和回灌地下水，它可以最大限度地利用地球天然的存储能力来储存冷热，从而可以最大限度地减少使用外部能源来调节建筑物内的气候。由于含水层储能具有相当大的储能容量，因此特别适合为大型公共和商业建筑、集中供暖或工业场所提供季节性的供冷供热解决方案。

关于这一技术，中能建地热有限公司技术总监邬小波向我们解释道：“简单地说，ATES利用地下巨

冷热储能对于能源系统的作用

TES technologies offer unique benefits compared to other forms of flexibility:



Demand shifting

TES can facilitate flexibility in the delivery of heat and cold, decoupling supply and demand



Variable supply integration

Heat/cold produced at times of peak supply of renewable electricity can be used to meet demand even when the sun is not shining and the wind is not blowing



Sector integration

TES enables whole system benefits through increased sector integration, allowing renewable electricity to reliably meet a greater proportion of energy demand



Network management

Increased flexibility arising through the deployment of TES can alleviate the strain on electricity networks, and can reduce the need for costly grid reinforcement



Seasonal storage

TES can enable winter heating demands to be met through thermal energy stored from sunny summer days, and cooling demands in summer to be met through cold stored from winter

来源：Innovation Outlook: Thermal Energy Storage, IRENA

1. IRENA, IEA, REN21: *Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling (2020)*

2. IRENA (2020), *Innovation Outlook: Thermal Energy Storage*

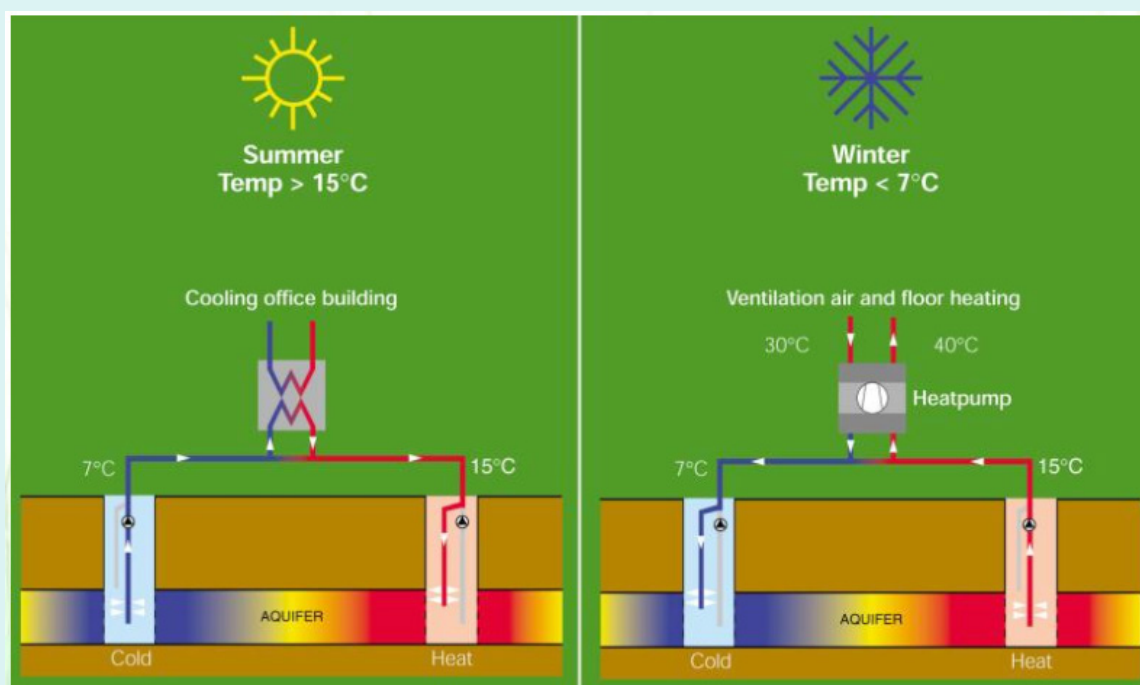
大天然的热容，将地下水作为循环工质，进行冷热的存取，实现冬冷夏用，夏热冬用。”邬小波博士深耕 ATEs 领域二十余年，始终坚信该技术的发展潜力，他认为“通过季节性冷热储能进行供冷供热，要比常规的化石燃料供热或电制冷更为有效，也更环保。”

ATEs 技术在中国的兴衰史

然而，可能并不为人所知的是，使用地下含水层来储存冷热能的想法最早起源于中国。“这是一个真正启发了世界的中国发明！”。据邬小波博士介绍，ATEs 技术的应用最早可追溯到 20 世纪 60 年代中期的

上海，当时工程师们为了控制因工业上大规模开采地下水引起的地面沉降而实施了地下水人工补给，即用地表水进行深井回灌，很快发现回灌的地表水在几个月内温度基本可以保持不变。随后，上海的纺织行业开始意识到这种技术对于工业冷却的巨大潜力，开展了储存冬季

ATEs 系统的工作原理



来源：IF Technolog³

ATEs 系统概念示意图

含水层储能利用天然的地下透水层作为存储介质。热能的传输是通过地下水的抽和灌来实现。传统的地源热泵系统只在钻孔周边储存冷/热，而 ATEs 系统则是利用整个含水层（包括水和土壤）来储存冷热能。部署这项技术的一个重要先决条件是要有适宜的含水层。

ATEs 系统通常由冷热对井组成。在夏季供冷时，地下水从冷井中抽取，经板式换热器供冷，变热后的地下水回灌至热井，而冬季供热的过程则相反。管路中地下水的流向随季节而变，循环往复。含水层储能夏季通常采用被动式供冷方式，因此具有很高的能效，而对于冬季的供热，由于储热的温度达不到被动供热要求，仍需要热泵进行提温。

3. IF Technology, 2012: An Introduction to Aquifer Thermal Energy Storage (ATEs), https://icax.co.uk/pdf/ATES_Presentation_Rehau_31May2012.pdf

的冷量以供夏季供冷使用的“冬灌夏用”的含水层储能技术⁴。由于对工业冷却的需求极大，因此很快这些初代的 ATES 系统在中国 20 多个城市迅速铺开。

然而，到了 20 世纪 80 年代，这种系统却逐渐淡出了市场，主要原因在于许多回灌井由于水的化学结垢和打井方法不当而出现堵塞。此外，由于井的堵塞，地下水无法有效回灌，严重影响了整个系统的运行效率及使用寿命。在某些情况下，由于处理不当还会导致地下水污染，或是引起季节性地下水位波动，甚至造成水资源的浪费⁵。这些未能解决的技术障碍及由此引发的相关环境问题，使得 ATES 的部署陷入停滞。邬博士指出：“要想确保 ATES 解决方案能够充分发挥其自身价值，就必须确保地下水能够有效回灌，因为这不仅有助于保持天然含水层的平衡，同时还能将人为对地下环境的影响降至最低。若不能进一步提高井的质量，解决井的堵塞问题，这项技术将不可持续。”

荷兰： ATES 技术商业化的领跑者

ATES 遇到的这些技术瓶颈随后被欧洲打破。虽然 ATES 项目在中

国已停滞多年，但这项技术却在欧洲吸引了越来越多的关注，并且展现了其独特的魅力。荷兰便是 ATES 商业化的成功典范。根据 IEA 储能技术合作框架（IEA ECES）发布的国别报告⁶，全球范围内在运的大约 3500 个 ATES 系统中，有 3000 个位于荷兰！

究竟是什么因素让荷兰成为了 ATES 商业化的领跑者呢？据邬博士介绍，荷兰的含水层资源条件十分优越，并且建筑密度高，非常适合大规模部署 ATES 系统。但真正造就荷兰取得如此成功的核心因素，却是其先进的钻井工艺、扎实的专业经验，以及其掌握的丰富的水文和地质科学知识，这些均源于荷兰在传统石油和天然气开采方面的长期积累，成功地破解了中国此前遇到的 ATES 回灌井堵塞的问题。

此外，荷兰政府也在 ATES 的推广方面也发挥了重要作用，先后推出了一系列的促进性政策举措以激发 ATES 的巨大潜力。比如，国家层面的建筑法令引入了建筑物最低能效标准要求，这为包括 ATES 在内的能效技术创造了市场空间。此外还修订了地热能系统法案，统一并简化和规范了相关项目的审批程序，这些措施都对改善 ATES 系统规划和确保系统的可靠性起到了

极大的推动作用。

在所有这些因素的助推之下，荷兰构建起了一套完备的 ATES 产业链条，并且催生了更多的示范和商业项目。邬博士认为：“正是产业界、政府和专业科研机构之间的密切合作，成就了荷兰含水层储能今天的成功。”目前，ATES 技术在荷兰已成为大型公共商业建筑和住宅区的供冷供热设计的标配，尽管许多其他国家对于这一技术的优势还不甚了解。

邬博士坚信，这种清洁技术将吸引越来越多国家的兴趣。“首先，ATES 是一种建筑友好型技术，由于不需要在屋顶安装冷却塔，因此它对建筑外观的影响非常小。它并不起眼，以至于当你走进装有 ATES 系统的建筑时，你几乎感觉不到它们的存在，它们就在你的脚下全年悄无声息地运行。另外，ATES 也是一种环保技术，它采用原水回灌，只是借用了地下水的能源输送和含水层的储能能力，而不会破坏含水层的平衡或是引起地下水的化学变化。”

尽管当前 ATES 在荷兰的市场份额仍然有限——截至 2020 年，只有大约 2% 的冷热需求（127 TWh）由 ATES 系统提供⁷——但该国坚信这项技术在未来能源版图中将大放

4. Paul Fleuchaus, et al. *Worldwide application of aquifer thermal energy storage – A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018.

5. Xiaobo Wu and Xinnan Ouyang, 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 249 012023. *Successful Application of ATES/Groundwater Source Heat Pump in China*.

6. IEA ES, https://iea-es.org/wp-content/uploads/public/Netherlands_Country_Report_2021.pdf

7. *Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems - current global practical experience*.

8. 荷兰曾是欧盟最大的天然气生产国，90% 的建筑用能和 40%-50% 的供暖需求都由天然气满足。2016 年，政府公布了一项雄心勃勃的计划，到 2022 年停止主要的国内天然气生产活动，并在所有住宅建筑中逐步淘汰使用天然气采暖和做饭，旨在到 2050 年之前将该部门的二氧化碳排放量减少 80%。来源：<https://energypost.eu/netherlands-gas-phase-out-transition-must-tackle-the-geopolitical-implications-of-importing-from-russia/>

<http://energypost.eu/a-revolution-the-netherlands-kisses-gas-goodbye-but-will-it-help-the-climate/>

9. Dutch ATES, Dutch Policy on ATES systems. <https://dutch-ates.com/wp-content/uploads/2016/09/DutchPolicyOnATESSystems092016.pdf>

异彩。“想想看，这个天然气资源丰富的国家现在正坚定地淘汰使用天然气供暖⁸。ATES 的成功商业化已经证明了这项技术在促进供冷供热领域脱碳方面的价值，必将在未来十年取得快速发展。”

ATES 能带来哪些效益？

ATES 技术在荷兰所绽放的光彩是否会激励更多国家来采用这项技术呢？事实上，荷兰 30 多年的经验已经表明，与传统的供冷供热解决方案相比，比如集中供热 + 制冷机房、或是地源热泵，ATES 在节能和经济效益方面有着显著的优势，包括可以使建筑物的供热能耗降低 40%，制冷能耗甚至可降低 65%⁹。

在系统能效方面，ATES 系统在供冷模式下的能效系数（COP）高达 10-20，而地源热泵系统仅为 4 左右。在供暖模式下，ATES 系统的 COP 一般在 5 左右，也同样高于地源热泵。特别值得一提的是，使用 ATES 供冷可以实现高达 90% 的存储效率，由于其存储的冷能可以直接用于被动式供冷，而无需使用热泵，因此可以显著降低建筑物的峰值用电需求。

此外，与传统解决方案相比，ATES 可减少高达 60% 的碳排放¹⁰。一份对荷兰 74 个 ATES 项目的研究表明，ATES 系统每立方米的地下水抽水量平均可节省约 460 克二氧化碳排放。对于小型 ATES 系统（100-300 KW），这意味着每年可

减少 150 吨碳排放，而对于大型系统（5-30 MW），每年可减少多达 1500 吨的碳排放。相比之下，地源热泵系统的平均二氧化碳减排量在每年 1.8 - 4 吨之间，具体取决于它所替代的供热系统及其供电燃料的构成情况¹¹。

由于 ATES 系统的设计需要具备较高的水文地质和工程专业知识，因此与传统的暖通空调（HVAC）系统相比，ATES 系统的前期设计和施工成本相对较高。然而，由于这种系统运行和维护成本明显低廉，其全生命周期成本却颇具竞争力。通常情况下，ATES 项目的投资回收期大约为 2-10 年¹²。

中欧合作助力 ATES 在中国复兴

那么，“升级”后的含水层储能技术能否在中国实现复兴，在实现双碳目标的过程中是否能发挥更大作用呢？

据邬小波博士介绍，中国 ATES 市场已然呈现回暖迹象。上海崇明岛国家设施农业中心于 2013 年投入运营，这是在中国首个落地的新一代 ATES 系统，由两口冷井和两口热井组成，为 2 万平方米的温室提供种植环境调节服务。这个系统是在中国 - 荷兰合作框架下几乎完全引进的，由荷兰政府的一揽子增长计划（P4G）和中国科技部提供资助。荷兰先进的设计和钻井工艺的引入，克服了多年来一直困扰中国 ATES 发展的回灌井堵塞难题，实现了地

下水 100% 回灌¹³。项目监测数据显示，崇明岛含水层储能试点项目的年供热成本与当地传统的天然气供暖相比低了 62%，比高度依赖煤炭的电采暖更是低了近 75%，这也就意味着大约 75% 的减排成效¹⁴。

随着此次试点项目的成功，ATES 在中国市场上被重新激活。据邬博士介绍，在湖北、山西和江苏已经陆续建成了 4 个大型的 ATES 项目，此外还有几个正在建设中。

“我们与荷兰方面始终保持着密切合作，在引进的基础上，我们还进行了技术创新，以适应于不同的地质条件和不同气候条件，并将我们的技术成功应用于日本的 ATES 示范项目，开启了在第三方市场上的合作。这些项目的成功表明，通过技术创新可以实现含水层储能技术的可持续发展。中欧合作可以进一步促进 ATES 技术的发展，这对双方都有利，并且也有助于全球应对气候变化”，邬小波说道。

展望未来，邬博士预计 ATES 系统在中国东部地区将有很大的发展潜力，特别是在浅层地下水丰富的长江中下游地区具有良好的应用前景。“这些地区人口密集，经济活跃，能源消费需求旺盛。最重要的是，这些地区具有典型的夏热冬冷的季节性温差特点，并且不属于传统上的集中供热区域，供热供冷往往依赖天然气和电力。这正是 ATES 作为节能和灵活性最佳解决方案可以发挥潜力的地方。”

10. 见脚注 3。

11. 见脚注 4。

12. 见脚注 4。

13. 见脚注 5。

14. 见项目监测报告。

如何撬动 中国 ATEs 技术的潜力?

荷兰将 ATEs 推向市场的成功经验带给我们的最重要的一点启示也许就是：有效的激励政策和减轻监管障碍能够有助于提高这一技术的吸引力。

中国当前正朝着碳中和目标稳步迈进，近期政府出台了一系列的政策，越发重视建筑物的能效提升问题，比如新发布的《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，以及4月1日起正式实行的《建筑节能和可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021）。这项强制性工程建设规范要求建设项目在可行性研究阶段就引入可再生能源利用及建筑碳排放分析。与荷兰一样，这些措施必将为包括 ATEs 在内的节能解决方案创造市场空间。

与此同时，储能已经成为中国

推动向现代能源体系转型的一个重要议题。2022年3月21日，中国国家发展改革委和国家能源局联合发布了《“十四五”新型储能发展实施方案》，力争到2025年使新型储能由商业化初期步入规模化发展阶段。包括 ATEs 在内的长时热（冷）储能解决方案被认为是确保系统灵活性的关键核心技术被多次提及。

此外，储能技术的研发也将得到更多支持。2022年4月2日，在中国新发布的《十四五能源领域科技创新规划》中，在强调促进“季节性地下储能技术利用”时，特别提到了 ATEs 技术。此外，该规划在“集中攻关”部分还提出，要“开展高温含水层储能和中深层岩土储能关键技术研究，实现余热废热的地下储能”。我们有理由相信，更详细的计划和越来越多的 ATEs 示范项目可能会在不久的将来出现在大众面前。

邬博士认为，除了鼓励政策外，加强对于技术信息的传播以及建设更多的示范项目，将有助于提高外界对含水层储能技术的关注度，进而促进 ATEs 系统的推广和采用。“尝试建设 ATEs 在不同应用场景下的示范项目，对于提高利益相关方对这一技术的认知至关重要，有助于使人们了解 ATEs 能为能源系统的不同部分所带来的好处。”

在向零碳经济转型的过程中，随着部门耦合日益增强，在制定国家和地方政策时，越来越需要采用技术中立、全系统的方法。这对于打破传统孤岛式思维，克服供热、电力和终端用能领域规则的冲突至关重要，也将有助于释放含水层储能技术在中国能源系统中的潜力。

文 / 赤洁乔

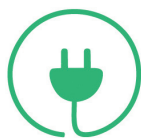
中能建地热公司隶属于中国最大的建设集团之一——中国能源建设集团，是中国最早开发地热资源的中央企业。该公司目前在浅层地热能开发领域中处于领先地位，推出了以可再生能源为核心的地热 + 智慧能源区域综合解决方案，在含水层储能（ATEs）和岩土储能（BTES）方面具有技术领先优势。本文基于对中能建地热公司技术总监邬小波先生的专访。





利用“静电斥力”清洁太阳能电池板 可避免高达 30% 的电力损失

- 太阳能电池板上的灰尘积聚可在短短一个月内使输出功率降低多达 30%。对于 150MW 的太阳能发电设施而言，即使功率降低 1%，也可能导致年收入损失 20 万美元（18 万欧元）。太阳能电池板通常需要用水来清洁，对于那些安装在沙漠等太阳能“黄金地段”的发电项目来说，其清洁用水需要用车来装运。用刷子清洁费时又费力，并且可能会对电池板表面造成无法挽回的损伤。麻省理工学院的 David Chandler 描述了使用简单的静电斥力来清洁面板的研究。首先将灰尘颗粒充电，然后再将电池板充电。灰尘真的从面板上飞了出来。这可以实现规划化的太阳能电池板自动化清洁和远程控制。太阳能是全球清洁能源转型的重要因素，因此无论是哪里的太阳能发电项目，都必须解决类似面板蒙灰这样会影响发电效率的问题。世界上许多国家都把最大型的太阳能发电厂建到了沙漠地区，包括中国、印度、阿联酋和美国。这项技术会是他们正在寻找的解决方案吗？



【如何在没有水的情况下清洁太阳能电池板呢？一种新的清洁方法可以去除缺水地区太阳能装置上的灰尘，从而提高整体发电效率。作者：David Chandler, MIT News】

到 2030 年，太阳能预计将达到全球发电量的 10%，其中大部分可能位于阳光充足的沙漠地区。但太阳能电池板或光热发电反射镜上的灰尘聚积已经是一个重大问题，它可以在短短一个月内使光伏电池的发电量减少多达 30%，因此对于沙漠地区的太阳能装置来说，定期清洁就显得十分重要了。

用水或刷子来清洁

但据估计，目前清洁太阳能电池板每年需要耗费约 100 亿加仑的水，这足以供 200 万人提供饮用水。使用无水清洁非常耗费人力，并且往往会给电池板表面留下不可修复的划痕，这也会导致效率下降。现在，麻省理工学院的一组研究人员发明了一种自动清洁太阳能电池板或光热发电反射镜的方法，采用无水、无接触系统，据称可以大幅减少灰尘沉积问题。

静电斥力

这种新系统使用静电斥力使灰尘颗粒分离并从太阳能电池板表面清除出去，无需使用水或刷子。为



了实现这一点，一个简单的电极被设置在太阳能电池板表面的正上方，将电荷传递给灰尘颗粒，然后再使太阳能电池组件带电，就会与灰尘颗粒产生排斥，使它们“跳脱”组件。

该系统可以使用简单的电动马达和电池板侧面的导轨自动运行。麻省理工学院研究生 Sreedath Panat 和机械工程教授 Kripa Varanasi 在 *Science Advances* 杂志上发表了关于这项研究的描述。

发电出力快速损耗

Varanasi 说，尽管全世界都在齐心协力开发更高效的太阳能电池板，但“像积灰这样的普通问题实际上会严重影响整个系统的效率。” Panat 和 Varanasi 进行的实验室测试表明，太阳能电池板的电能输出从积灰的一开始就急剧下降，在没有清洁的情况下仅用一个月就会损失高达 30% 的发电量。

对效率来说， 每一个百分点都很重要

他们计算，对于 150 兆瓦的太阳能装置，即使功率减少 1%，也可能导致年收入损失 20 万美元。研究人员表示，在全球范围内，太阳能发电厂的发电量减少 3% 至 4% 将造成 33-55 亿美元的巨大损失。

“当前在太阳能材料方面有许多正在开展的工作，” Varanasi 说。



“众多科研人员都在寻求新的突破，想方设法使发电效率提高几个百分点，但这里有可行的方法可以立即清除所有这些灰尘（从而避免效率损失）。”

世界上许多最大型的太阳能发电系统，包括中国、印度、阿联酋和美国的光伏电站都位于沙漠地区。要使用加压水流来清洁这些太阳能电池板，需要从远处用卡车装运，而且水必须非常纯净，以免在电池板表面留下沉积物。有时还会使用干式擦洗，但在清洁表面时效果较差，并且会留下永久性划痕，从而降低透光率。

清洁用水的成本约占太阳能装置运营成本的 10%。研究人员表示，新系统有望降低这些成本，同时通过增加自动清洁的频率来提高整体发电量。

“太阳能行业的水足迹令人咋舌，” Varanasi 说道，随着太阳能在全球范围内的推广普及，相关用水量还会进一步增加。“因此，行业必须非常谨慎并且深刻思考如何找到可持续的解决方案。”

更好的解决方案

其他研究小组也试图开发基于静电的解决方案，但大都依赖于使用一层使用叉指电极的电动力学屏幕。Varanasi 说，这些屏幕存在一些缺陷，可能会使水分进入并导致电池板失效。他表示，虽然此类装置

可能在像火星那样的地方很有用，因为那里不存在水分问题，但在地球上，即使是在沙漠环境中，水分侵入也可能是一个严重问题。

他们开发的新系统只需要一个电极，它可以是一个简单的金属棒，在太阳能电池板的表面上方移动时电极产生的电场会使灰尘颗粒带电。同样的电荷被施加到太阳能电池板的表面形成几纳米厚的导电层。研究人员计算出了用于克服重力和吸附力的电压范围，利用同种电荷相互排斥的原理将灰尘颗粒从电池板表面去除。

湿度很重要

Panat 称，通过使用专门准备的、具有各种粒径的实验室灰尘样本，实验证明这一流程可以在实验室测

试装置上有效运作。测试表明，空气中的湿度会在颗粒上形成一层薄薄的水层，这对于装置发挥作用至关重要。“我们在 5% 到 95% 的不同湿度下进行了实验，”Panat 说，“只要环境湿度大于 30%，几乎所有的颗粒都可以从表面去除，但湿度越低，就越难去除。”

Varanasi 说：“好消息是，大多数沙漠实际上都可以达到 30% 的湿度。”即使是那些通常比这更干燥的沙漠，清晨也往往具有较高的湿度，会形成结露，因此可以相应地采用定时清洁的方法。

“此外，电动力学屏幕实际上不能在高湿度甚至中等湿度下工作，而我们的系统在高达 95% 的湿度下依然可以起作用，”Panat 说道。

规模化实际应用方面，每块太阳能电池组件的任意一侧都可以安

装栏杆，安装有一个横跨组件的电极。一个小型电动机可以使用一部分组件输出电力为皮带系统供电，将电极从组件的一端移动到另一端，清除所有的灰尘颗粒。整个流程可以实现自动化或远程控制。或者，导电透明材料的薄条可以永久地布置在电池板上方，从而无需移动部件。

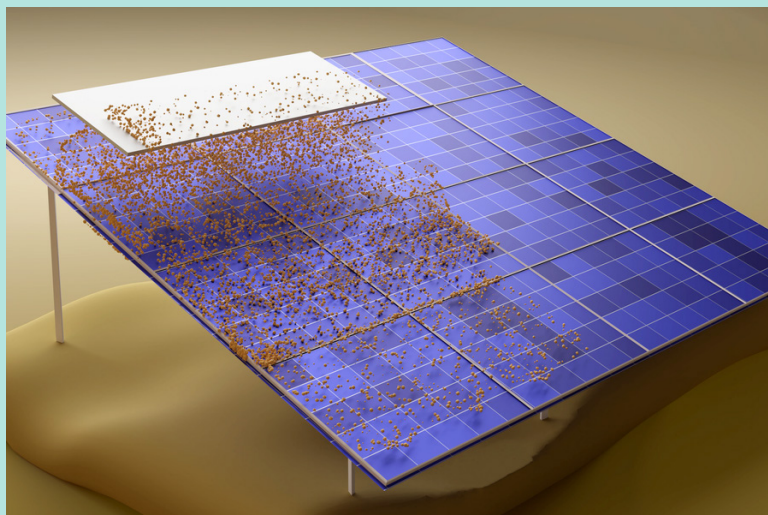
Varanasi 说，通过消除对卡车运水的依赖、消除可能含有腐蚀性化合物的灰尘积聚以及降低总体运营成本，此类新系统有望大幅提高太阳能装置的整体效率和可靠性。

该研究通过麻省理工学院能源倡议（MIT Energy Initiative）得到了意大利能源公司 Eni. S.p.A. 的支持。

文 / David Chandler

本文由 [MIT News](#) 和 [Energy Post](#) 授权转载。

积聚在太阳能电池板上的灰尘是一个主要问题，但清洗电池板需要使用大量的水。麻省理工学院的工程师现已开发出一种无水清洁方法，用于去除缺水地区太阳能装置上的灰尘，从而提高系统的整体效率 / 图片：由研究人员提供





加速向 零碳 转型





联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告第三工作组（WGIII）的报告已于日前发布。WGIII 报告侧重于减缓气候变化，着眼于实现本世纪末将温升控制在 1.5℃ 以内所必须调动的紧急手段，包括政策、技术、社会手段。该报告是 IPCC 本评估周期报告的一部分。第一工作组（WGI）的报告已于 2021 年 8 月发布，侧重气候变化的最新科学成果；第二工作组（WGII）的报告于今年 2 月发布，侧重气候变化的影响，包括自然生态系统以及社会在应对灾难性气候变化时的局限性。WGIII 报告明确指出，应对气候变化已然刻不容缓，如若错过未来几年的机会窗口，我们便无法将温升控制在 1.5℃ 以内。正如 WGI 和 WGII 中的郑重警告，气温升高 1.1℃ 就足以影响到世界各大洲的每一个人，因此每一丁点的升温都十分关键。

IPCC 最新报告的主要信息之一是，我们要紧急调动所有方法来应对气候危机，不仅需要多措并举，还必须加大行动的规模力度。这样我们才能在这十年间共同走上一条更加光明的气候中和之路，以免为时已晚。

为实现《巴黎协定》目标，各国政府和企业需要在 2030 年前将温室气体排放量减半。IPCC 报告显示，在相关政策的支持下能够实现持续的减排。在近十多年的时间里，至少有 18 个国家的二氧化碳和温室气体年排放量持续降低，并且许多国家在减排的同时还实现了经济的持续增长。这种基于生产和消费侧的减排趋势需要进一步强化，并且普及推广到更多的国家。在政策加持下，以下一系列举措将有助于限制气候变暖。

使用零碳能源推动全球能源系统的电气化转型，并逐步淘汰化石燃料基础设施。

可再生能源的成本已经大幅下降，现已成为新建发电装机容量的首选。各种零碳发电模式的扩大升级也能够惠及其他行业。有些技术业已经存在，而还有些技术，比如绿氢，则需要迅速扩大规模。

全面推进交通运输领域的电气化以减少排放。

电气化交通运输以丰富的可再生能源为动力，能够消除交通领域相关的 90% 以上的大气污染以及道路运输几乎全部的石油需求。但这只是更广泛的整体方案中的一个重要组成部分，其他关注重点还包括紧凑型城市设计、公共交通以及非机动车交通。

将短期超级污染物削减 34% 的计划由 2050 年提前至 2030 年。

IPCC 八年前设定的目标是到 2050 年削减 34% 的甲烷排放。最新报告则将这一期限大幅提前至 2030 年。立即减少甲烷、氢氯氟碳化物（F 气体）、黑碳和地面臭氧排放，可在短期内显著延缓升温速度，并为实现 2050 年净零排放目标提供机会。

立即解决气候资金缺口问题。

富裕国家每年向欠发达国家提供 1000 亿美元气候资金以帮助其缓解、适应气候变化的承诺仍未兑现。如果没有融资方案，最易受威胁的国家将因无法适应气候变化而成为最大受害者。

移除大气中的二氧化碳是气候恢复的关键。

IPCC 报告明确指出，所有 1.5°C 路径都必然包括碳移除。对于消除遗留下来的二氧化碳排放，碳汇和技术手段同样重要。仅靠碳汇无法解决问题，还需要模拟自然的技术，并将其广泛应用。IPCC 报告中关于碳移除的部分，详见[这里](#)。

将可持续发展融入低碳转型。

不公平的决策在实施时会遇到阻力。如果不能将公平公正的转型原则纳入决策，我们就很难实现低碳转型方案的有效推广。如果决策做得好，大胆的气候行动不但可以创造就业，增加收入，还能带来巨大的健康福祉和更加包容且持续的增长。但我们也要懂得权衡，有取有舍。

采用整体的方法来减少建筑领域碳排放。

当下采用更智能化的建筑设计和施工方案可以减少未来几十年的碳排放。IPCC 报告提出了一系列的干预措施，以期在建筑生命周期内实现建筑环境的脱碳，包括改造现有建筑群，重新利用现有建筑，以及使用低碳的建筑材料。

构建循环经济。

我们可以制定更强有力的政策并强化创新，以提高材料的使用效率，减少废弃物和排放。这包括强化材料的回收利用，特别是工业部门。

促进农业、林业及其他土地使用领域的可持续转型，以实现大规模减排。

IPCC 报告强调称该领域的减排潜力尚未得到充分开发。诸如可持续森林管理、植树造林、土壤碳管理、可持续农作物和牲畜管理，以及更健康的饮食等措施，能够实现 20%-30% 的减排，助力气候目标的达成。



快速且有序的低碳转型能够降低全球风险。在这方面，政府关于清洁能源转型的时间表和实施方式的决定至关重要。这会对能源安全以及国家应对灾难时的反应构成影响。俄乌冲突凸显了过度依赖石油和天然气的巨大风险。通过实施有序、有计划的能源转型，包括立即采取短期行动，以实现到 2050 年净零目标，各国就能避免最坏情况发生，也有助于强化能源安全和粮食安全，降低地缘政治风险和经济风险。毕竟社会承受动荡的次数是有限的，无论这种动荡是与金融有关，还是与能源、粮食或是与极端气候有关。

为了帮助各国实现经济脱碳，各国央行、政府、企业和民间社会团体需要进行强有力的经济性分析，以便在国家气候行动框架中更好地整合气候行动的机会与成本，并更好地理解在气候行动上不作为可能带来的风险。使用综合框架来评估全球变暖带来的实际风险和转型风险，将有助于展示经济低碳转型的优势以及化石能源资产锁定可能导致的巨大代价。我们需要识别、分类、计算、平衡气候行动或不作为所引起的社会、经济、财政影响，并将其反映在国家预算、经济规划与投资规划中。

这是 IPCC 报告首次认识到快速向低碳经济转型并不会拖累经济发展，因为基本模型评估显示，清洁能源和其他一些解决方案的成本正在快速下降，这使得它们与化石燃料发电相比越来越有竞争力。许多其他分析也表明，一旦将代价更加高昂的不作为成本，以及向净零经济转型过程中创新的动态机遇也考虑在内，那么大胆的气候行动反而

有机会获得巨大的净收益。IPCC 最新报告显示了使用经济模型框架反映现实状况的初步努力，但仍有更多的工作要做。

慈善机构助力加快和扩展气候行动

IPCC 提出的减缓气候变化的建议代表了一种根本性变革，即全社会齐心协力，共同筹措和部署应对气候危机所需的各种资源、扶持政策和技术支持。这其实正是慈善机构的一贯使命，也必将继续发挥关键作用，促进全球气候行动按照所需的规模和速度向前推进。慈善机构能够在以下领域，避免其触碰红线。

- 跨部门综合解决方案 — 如报告所述，全面减排意味着生产、消费、运输、处置各个环节都需要考虑减排问题，需要各部门的供给侧与需求侧共同发力。以粮食系统为例，慈善机构能够支持粮食系统采用多学科方法来实现低碳转型，整合创新技术、能源使用、生物多样性、人类和生态系统健康以及生计保护，同时寻求折衷权衡和协同效益，助力实现气候和社会目标。
- 公平公正的转型 — 只有确保系统规模的重大转型能够真正惠及个人、社区和经济，世界才能在应对气候变化的问题上取得胜利。慈善机构在反应社会和经济公平方面处于有利地位，能够提供多样化的解决方案，以支持人民领导的运动，确保为弱势群体发声。
- 透明度和信任度是实现有效气

候行动、提升气候雄心、建立国际信誉的重要基石。慈善机构发起的各项倡议，能够帮助利益相关方清楚了解其气候行动是否处在正确的轨道，还有哪些方面需要改进，从而有助于提高公众的信任度。

- 促进多个利益相关群体间的国际合作 — 慈善机构善于将政府、非政府组织、企业、人民运动、其他民间团体的相关行动者集结起来，促进各方之间更有力的合作，探寻新方法助力取得切实成果。最近在格拉斯哥举行的第 26 届联合国气候变化大会（COP26）展示了一系列的突破，同时也发布了一些新的承诺。我们现在必须兑现这些承诺，并对自己负责。

应对气候危机的最佳途径是充分调动当前可用的所有方法，加快向零碳排放的有序转型。我们手中有现成的工具和方案可以实现到 2030 年前排放量减半、到本世纪中叶实现净零排放的目标。IPCC 在报告中明确指出，当前我们面临的巨大阻碍不在于技术或是经济层面，而是政治。不过，通过筹措资金，并深化政府、社区、企业、慈善机构之间的合作，1.5℃温控目标依然有望实现。

文 / Surabi Menon

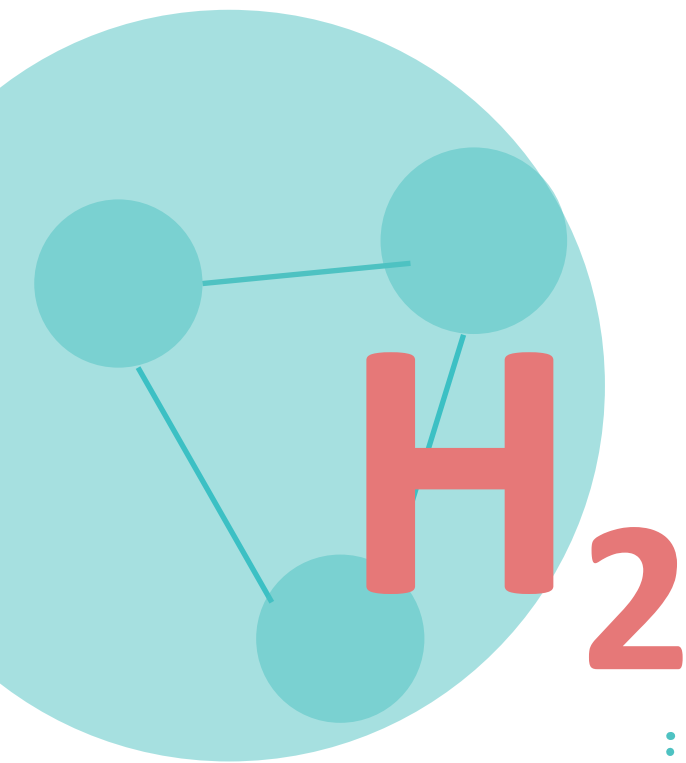
Helen Mountford

本文由 [ClimateWorks Foundation](#)

授权转载。

©2022 ClimateWorks Foundation

版权所有。



处在十字路口的氢能产业

在本文中，ECEP 提炼总结了国际能源署《[全球氢能回顾 2021](#)》报告的主要发现。

2020 年，全球氢能需求集中在工业和炼油领域，需求总量达 9,000 万吨。大部分氢能来源于化石燃料的副产品，制氢过程的向大气中释放了近 9 亿吨的二氧化碳。氢能生产产生的温室气体排放总量占全球能源和工业领域二氧化碳排放量的 2.5%。这相当于英国和印度尼西亚的排放量总和。因此，即便不考虑氢能在陆上运输行业脱碳方面的巨大潜力，当前现有的氢能工业本身的脱碳也将带来巨大的好处。氢经济可谓是绿色能源转型的一个关键支柱。

氢能需求

- 2020 年，全球氢能需求达到 9,000 万吨，较 2000 年增长了 50%，主要来自化工和炼油行业的需求。预计到 2050 年，氢能需求总量将从 9,000 万吨增加到 2.5 至 5 亿吨。
- 2020 年氢能在运输行业的需求仅占总需求的 0.02%。随着氢能开始越来越多用于重型公路运输、航运和航空运输，运输行业的氢能需求将大幅增加。
- 氢能还将用于发电厂和固定式燃料电池，在可再生能源无法满足供电要求时，氢的部署将有助于确保电网稳定。
- 随着全球航运业中开始采用氨作为燃料，由氢和氮生产的氨的需求量

也将飙升。

- 预计到 2050 年，由氢能和二氧化碳生产的合成燃料将覆盖全球航空燃料需求的三分之一。
- 炼油领域氢能需求将会下降，因为到 2050 年化石燃料的总体需求将大幅降低。

氢能供应

- 可以在制氢的同时限制二氧化碳排放，主要可以通过（a）可再生能源电解制氢，（b）使用化石燃料制氢，并搭配碳捕集、利用和储存（CCUS）技术，（c）生物质气化。然而，目前所有这些方法所生产的氢能仅占氢能总产量的不到 1%。
- 根据国际能源署（IEA）全球能源部门的路线图中已经公布的项目，预计到 2030 年，全球由电解产生的氢能产量可能达到 800 万吨，仍远低于 2030 年所需的 8,000 万吨。然而，未来几年可能会公布更多的项目，从而使该行业更接近 IEA 的目标。
- 天然气制氢的成本在 0.50-1.70 美元 / 千克的范围内，具体取

决于当地的天然气成本。而使用可再生能源制氢的成本为 3.00-8.00 美元 / 千克，这其中电力成本就占到 50%-90%。

- 化石燃料制氢成本与可再生能源制氢成本之间的差距预计将显著缩小，主要在于：（a）可再生能源和电解槽的成本下降，以及（b）碳价格 / 税收的引入和增加。（100 美元 / 吨的二氧化碳价格将使得天然气制氢成本增加 0.90 美元 / 千克，或使煤炭气化制氢成本增加 2.00 美元 / 千克）。
- 那些太阳能发电成本特别低廉的地区，理论上电解制氢的成本已经具有经济性（低于 20 美元 / 兆瓦时）。制氢技术的发展和规模经济的作用对于实现氢能愿景至关重要。

氢能管道运输基础设施的选择

- 氢能可以像天然气一样通过管道运输，也可以在低温罐中以液化形式运输。对于 1,500 公里以上的距离，管道运输更为经济。虽然氢能管道输送技术已经成熟，但需求和监管框架

的不确定性可能会影响这一关键但造价高昂的基础设施的规划和建设速度。

- 将氢气掺入到天然气中（掺氢比例 10%-20%），有望利用现有的天然气管道基础设施为氢能运输提供中短期的替代方案。然而，在这方面仍有许多监管和技术障碍有待克服。
- 重新利用天然气基础设施可以为氢能输送提供更经济的中长期解决方案。再利用的成本将取决于所需的氢能体积占比。例如，如果氢能占到 10%，则价格昂贵的压缩站可以在无需大量投资的情况下重新利用，但如果氢能占到 40%，则需要对其进行更换。
- 荷兰于 2018 年完成了第一次全方位天然气管道改造用于输氢，整个过程大约耗时六个月。
- 由 31 家欧洲天然气基础设施公司组成的欧洲氢能骨干网（EHB）计划估计，现有天然气管道的再利用成本仅占新管道建设费用的 21%-33%。
- 预计到 2030 年，德国 90% 以上的氢能管道基础设施将来自于对天然气管道的重新利用。

氢能贸易

鉴于全球电力成本并不均衡，无论是使用可再生能源还是核能，氢能的生产成本在各个地区之间都存在很大差异。这种差异可能会在未来几十年内刺激氢能贸易活跃起来。

目前正在开发各种氢能储存和运输技术。其中包括：

- 以液态形式运输氢能，其密度明显高于广泛使用的液化天然气。将氢能转化为液体需要冷却到极低的温度（-253℃），因此耗能巨大。目前液化过程需要消耗氢本身所含能量的三分之一。预计更高效的工艺可能会将损耗比例降低到五分之一左右，这仍然占据很大一部分能源潜力。
- 将氢转化为氨或液态有机氢载体（LOHC）。氨的全球贸易已经存在，但该产品有毒，因此在处理时需要特别小心。然而，氨不像氢能液化那样需要超低温（液化温度 -33℃），因此转化过程的用能需求也明显更低。LOHC 类似于石油产品，可以在液态下轻松运输。然而，将氢转化为 LOHC 是昂贵的，因此需要依赖于技术的进一步发展才能使这项技术具有成本竞争力。

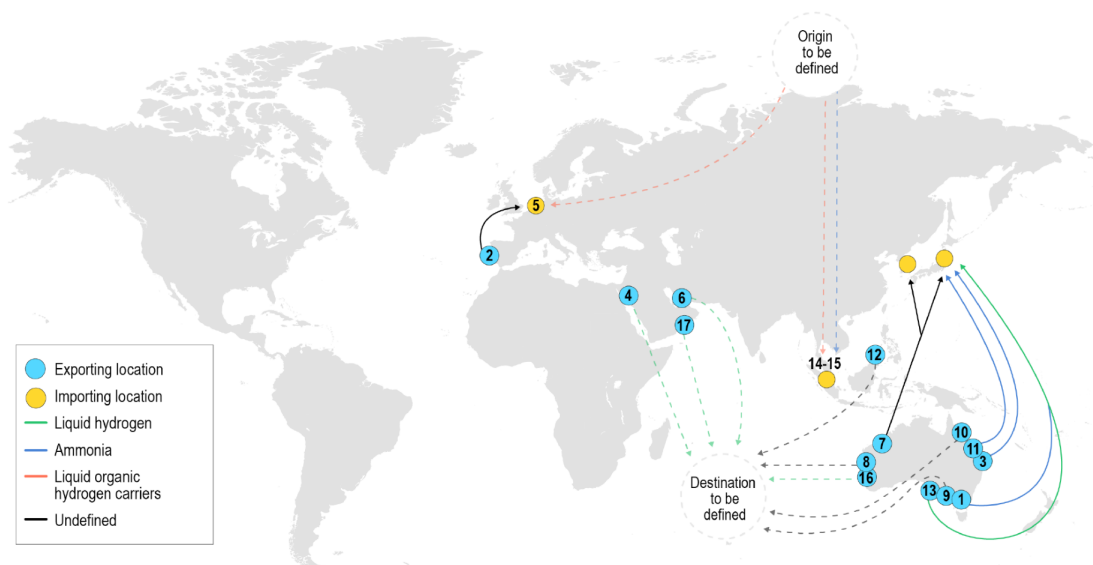
建设庞大的基础设施网络将是支撑全球氢能贸易的必要条件。目前全球有几个项目正在兴建中，大都位于亚太地区。一项文莱-日本的氢能交易试点计划已经启动，从文莱生产氢能通过 LOHC 的形式供给日本。

2020 年，沙特阿美石油公司领导的一个项目从沙特阿拉伯向日本出口了 40 吨蓝氨。日本也是澳大利亚出口液化氢气的主要目的地。

文 / Lucio Milanese

ECECP 青年研究生学者

正在开发的氢能贸易进出口设施分布图。目前大多数项目都位于亚太地区。



简讯 *NEWS IN BRIEF*

储气成为欧盟加强能源安全的焦点

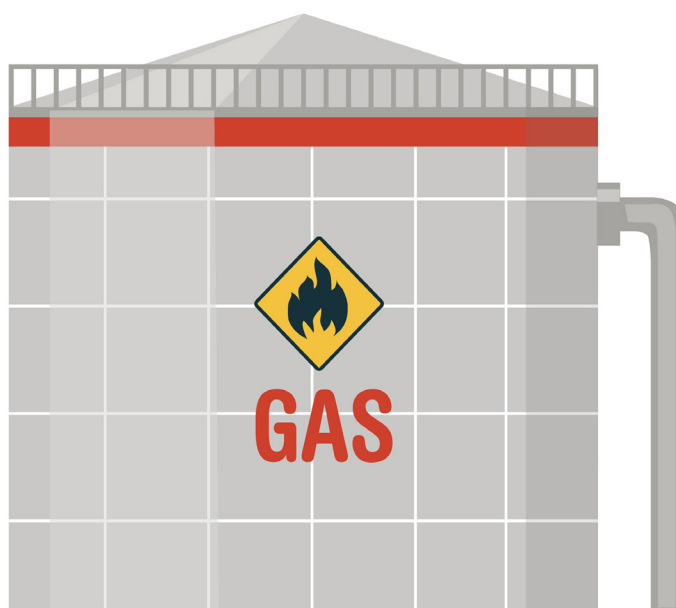
为了加强能源安全，欧盟委员会于 3 月 23 日发布了一项新的立法提案，要求在 2022 年 11 月 1 日之前填满至少 80% 的储气设施，以满足其冬季天然气供应，未来几年里还将继续将储气量提升至 90%。

此外，欧盟计划对所有存储系统运营商引入新的强制认证，以避免关键存储基础设施的潜在外部风险。未经认证的运

营商将不得不放弃对欧盟储气设施的所有权或控制权。除此之外，关闭储气设施还需要获得国家监管机构的授权。

为了鼓励向欧盟储气设施补充天然气，欧盟委员会提议在存储设施的输入和输出端口对基于容量的传输价格予以 100% 的优惠。

2022 年 4 月 8 日，欧盟启动了一个联合采购平台，以帮助成员国购买俄罗斯以外的天然气、液化天然气和氢气，从而稳定价格并为潜在的天然气供应中断提供缓冲。欧盟此前宣布到 2027 年将不再使用俄罗斯的石油和天然气，预计未来几个月会有更详细的计划出台。



[+ more](#)

欧盟拨款 11 亿欧元支持低碳发展

欧盟委员会 4 月 1 日通过欧盟创新基金签发了 11 亿欧元的拨款，用于支持欧盟气候转型的七个大型项目。支持资金将来自欧盟排放交易系统（ETS）的收入。

上述项目旨在以工业规模部署创新的低碳技术，涵盖氢、钢铁、化学品、水泥、太阳能、生物燃料、碳捕获和储存等关键领域。总体目标是这七个项目在运营的前十年减少超过 7600 万吨二氧化碳当量的排放，并为其他项目铺平道路。

创新基金的资金目前来自 2020-30 年现有 ETS 的 4.5 亿配的额拍卖收入。根据欧盟委员会的“Fit for 55”提案，该基金将从修订后的 ETS 中获得 5000 万配额，以及来自涵盖道路交通和建筑物排放的新系统的 1.5 亿配额。

[+ more](#)

英国公布能源安全新战略

英国于 4 月 7 日发布了《英国能源安全战略》，旨在通过促进本土石油和天然气生产，减少对进口的依赖，并支持风能、太阳能、氢能及核能等低碳能源的发展，以在 2030 年前满足其 95% 的发电需求，从而巩固长期的能源独立并确保供应安全。

今年夏天，北海天然气开采项目将启动新一轮许可招标，以提高北海的天然气产量。此外，英国政府还致力于发展核电，到 2050 年实现 24GW 的装机容量，这将能够满足其 25% 的电力需求。目前，英国约 20% 的电力由核电供应。英国还计划通过简化审批程序，将到 2030 年的海上风电的目标装机容量提高到 50GW，其中包括高达 5GW 的浮式风电。此外，10GW 的低碳制氢能力有望在 2030 年前落实到位，这是政府之前在 2021 年 8 月宣布目标的两倍，其中至少一半来自绿色的风电电解制氢。其他规划的目标措施还包括到 2035 年将太阳能发电能力提高到 70GW，以及推广热泵。

另外，英国将成立一个新的独立公共机构——未来系统运营商（FSO），以监督英国向净零排放的过渡。该机构将承担国家电网电力系统运营商（ESO）的职能和国家电网的部分天然气职能。随着英国努力实现其净零目标，FCO 有望加速更多可再生电力的能源系统整合。

[+ more](#)

葡萄牙拟到 2026 年实现 80% 可再生能源发电

面对愈演愈烈的全球能源危机，葡萄牙 4 月公布了一项新的能源计划，以加快向可再生能源转型，目标是到 2026 年将可再生能源发电份额提高到 80%，比此前的计划提前了四年。

与依赖俄罗斯天然气的中欧国家不同，葡萄牙主要从尼日利亚和美国进口液化天然气，自 2020 年以来就停止了从俄罗斯进口原油。

在过去十年中，葡萄牙的可再生能源发电增长迅速，目前占其发电总量的 83%，主要来自水电和陆上风电。该国当前的目标是在未来十年将可再生能源的装机容量增加一倍以上，并在 2030 年前将可再生能源在最终能源消费中的份额提高到 47%。葡萄牙希望通过大力发展太阳能来实现这一点，政府计划不再对 50MW 以下的太阳能发电项目进行环境影响评估，以加速太阳能的开发。

根据新的能源计划，葡萄牙未来 10 年将有超过 250 亿欧元以各种形式投资于能源，包括公共和私人投资、激励以及融资。

[+ more](#)



西班牙公布 2021-2026 年电网发展规划

西班牙已经批准了一项为期五年的电力行业发展计划（2021-2026 年），计划重点是加强电力传输，以促进可再生能源的电力消纳，并最大限度地利用现有电网来满足不断增长的电力需求。到 2026 年底，可再生能源预计将占西班牙能源结构的 67%。

根据该计划，69.6 亿欧元将在五年期间被用于投资电网项目。其中，近 19 亿欧元将用来促进可再生能源的整合，同时缓解相关的技术限制；15 亿欧元将投资于连接西班牙非大陆领土的海底电缆；其余的 12.6 亿欧元将被用于与法国、摩洛哥、葡萄牙和安道尔的电网连接。这些投资将帮助建设 2700 公里的新输电线以及 700 公里的水下互联网络，并对 8000 公里现有基础设施进行现代化改造。

[+ more](#)

中国发布“十四五”现代能源体系规划

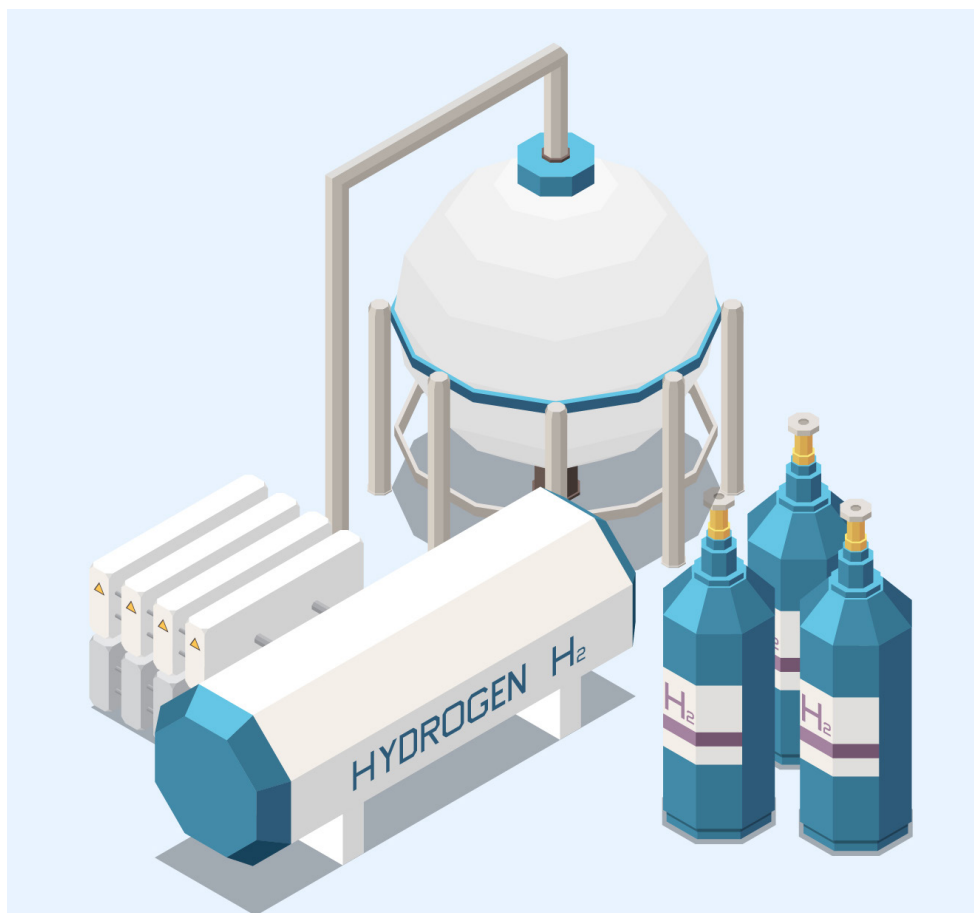
2022 年 3 月 22 日，中国中央政府发布了期待已久的《“十四五”现代能源体系规划》，提出了未来五年能源发展的总体任务和具体目标，旨在加快构建清洁、低碳、安全和高效率的“现代能源体系”。

该文件进一步强调了提高能源效率的重要作用，并为能源生产设定了具体目标，重申了煤炭和煤电在能源系统中将继续承担的角色。文件还高度强调了加快低碳转型、让更多的可再生能源纳入能源体系的紧迫性。

文件中提出的到 2025 年的一些主要目标包括：

- 单位 GDP 二氧化碳排放较 2020 年下降 18%；
- 单位 GDP 能耗较 2020 年下降 13.5%；
- 非化石能源消费比重提高到 20%；
- 国内能源年综合生产能力达到 46 亿吨标煤 / 年；
- 非化石能源发电量比重提高到 39%；
- 电能占终端能源消费比重提高到 30%；
- 发电装机总容量达到约 30 亿千瓦；
- 新能源汽车新车销量占比达到 20%。

[+ more](#)



中国出台首个氢能产业中长期规划

国家发改委和国家能源局于 3 月 23 日发布了《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》，描绘了未来 15 年氢能产业的发展蓝图。

文件强调，氢能未来将在能源体系中发挥战略作用，并计划以 5 年为一个阶段部署发展国内氢能产业。中国的目标是到 2025 年使燃料电池车辆保有量达到约 5 万辆，可再生能源制氢量达到 10-20 万吨 / 年，实现二氧化碳排放量每年减少 100 万至 200 万吨。该文件还呼吁进一步探索氢能跨能源网络协同优化潜力，促进电能、热能等能源之间的互联互通。

尽管中国目前是世界上最大的氢能生产国，年产量约为 3300 万吨，但中国的氢能产业仍处于起步阶段，并且制氢依然主要依靠化石燃料，目前仍面临着技术创新不足、技术装备水平低、基础设施、政策支持不足等障碍。

[+ more](#)

中国发布“十四五” 能源领域科技创新规划

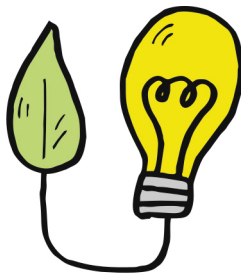
国家能源局和科技部于4月2日共同印发了《“十四五”能源领域科技创新规划》，旨在通过创新技术推动能源行业的绿色增长和数字化转型。

该规划列出了能源创新一些关键领域的主要任务和技术攻关路径，强调注重新技术的研发培育，以助力于建立一个更高效、更经济、更可靠和更灵活的能源系统。

文件中提出的五大重点任务包括：

- 先进可再生能源发电及综合利用技术：聚焦大规模高比例可再生能源开发利用、高效氢气制备、储运，燃料电池等关键技术；
- 新型电力系统及其支撑技术，以及发展分布式能源；
- 安全高效的核能：先进的核技术包括小型模块化反应堆（SMR）、超高温气冷堆（HTGR）和熔盐堆（MSR）；
- 绿色高效化石燃料开发和利用：煤炭绿色智能高效开发利用技术。
- 推进传统行业与数字化、智能化技术深度融合，如煤炭、油气、电厂和电网领域。

[+ more](#)



中国拟进一步推进电能替代

今年 3 月，中国十部委联合发布了《关于进一步推进电能替代的指导意见》。中国希望到 2025 年实现电能占终端能源消费的 30%，并在所有经济领域实现深度电气化。

关键措施包括加快工业绿色微电网建设，加快厂房光伏、分布式风电、多元储能、热泵、余热余压利用等分布式能源系统和智能能源管控等一体化系统的发展。

指导意见强调，鼓励工业领域可再生能源消费力度，特别是钢铁、建材、有色金属和石化等碳密集型行业，优先实现终端用能行业的绿色低碳转型。此外还对石化行业的电气化措施和任务进行了详细的规定。

文件高度重视电气化与数字智能技术的深度融合。鼓励电动汽车 V2G、大数据中心、5G 数据通信基站等通过虚拟电厂等方式参与系统交互。

此外，文件还呼吁增加对电力能源替代项目的资金支持，进一步发展绿色债券和绿色信贷等融资工具。

在同月发布的《2022 年能源工作指导意见》中，国家能源局还宣布 2022 年新增电能替代电量 1800 亿千瓦时左右的目标，以加快电气化转型。

[+ more](#)

中国将建设统一能源市场

4 月 10 日，中共中央、国务院联合发布了《关于加快建设全国统一大市场的意见》。该文件概述了打造全国统一市场以建设高标准市场体系的相关要点。其目的是通过实施可在全国范围内持续适用的标准和法规，打破地方保护和市场分割等长期存在的壁垒，同时加强市场基础设施的联通，提高市场效率，促进公平竞争。

在关于能源行业的部分，该文件建议有序推进全国统一的能源市场建设，包括石油和天然气、煤炭和电力市场。

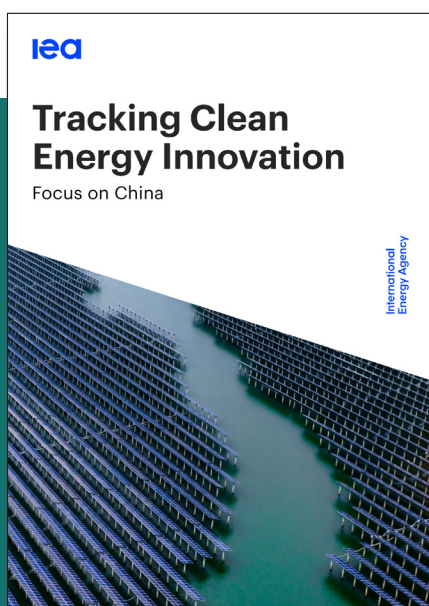
具体而言，该文件呼吁规范油气交易中心建设，同时推动油气管网设施互联互通并向各类市场主体公平开放，还提出稳妥推进天然气市场化改革，加快建立统一的天然气能量计量计价体系。

此外，《意见》文件还指出，将研究推动适时组建全国电力交易中心，健全多层次的统一电力市场体系。

[+ more](#)

Reports▶ Recommendation

报告推荐



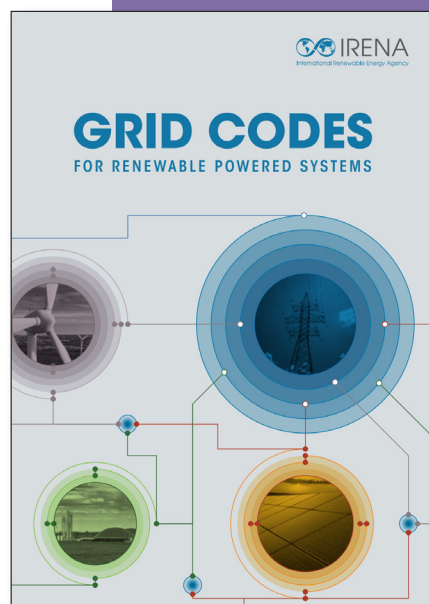
▲ 追踪清洁能源创新：聚焦中国

近年来中国在国际能源创新舞台上发挥了重要作用，在太阳能光伏、电动汽车等行业已成为全球关键的技术开发和制造国，这离不开几十年来注重技术创新的政策布局，技术创新也不断支撑中国经济社会的进步。可以预见，清洁能源创新将在中国实现双碳目标中发挥关键作用。

国际能源署（IEA）的这份报告描绘了中国清洁能源创新的制度和政策现状，包括关键参与者、优先事项、创新相关政策和计划，以及中国的知识管理网络。通过跟踪研发支出和能源专利数量等指标，报告检视了中国清洁能源领域技术开发和创新成果产出的进展情况。此外，该报告还就市场导向型政策在拉动中国能源创新方面的作用提出了一系列深刻见解。

报告结论认为，随着中国正努力实现长期碳中和目标，并致力于巩固在全球清洁能源技术价值链中的地位，预计中国对技术创新和研发的重视程度将进一步加强。

→ [Read More](#)



▲ 可再生能源电力系统的电网规范

随着电力系统的分散化、数字化以及终端用能部门的电气化趋势日趋增强，可变可再生能源的高渗透率却给电网系统运行带来了越来越多的挑战，因为其必须随时确保电力系统的安全稳定。

国际可再生能源署（IRENA）的这份报告强调了电网规范在系统运营商和利益相关者之间建立信任以及确保电力系统安全高效运行方面的关键作用。电网连接规范不仅定义了电力系统所有活跃参与者（包括发电机、可调度负载、储能和其他单元）的技术要求、法规和行为，而且还在不断发展，以使创新技术能够安全地接入电网，而不会影响供电的可靠性。

该报告阐述了规模日趋增长的可变可再生能源发电并网以及储能、电动汽车等灵活性资源并网的技术要求、最新进展和案例实践。

→ [Read More](#)

▲ 构建欧洲的净零未来：

为什么向节能和电气化建筑的转型将有助于强化欧洲经济？

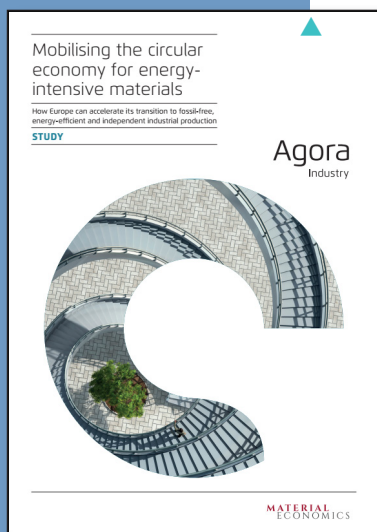
要避免气候危机并减少对化石燃料的依赖，欧洲需要改变住宅的供热供冷方式。然而目前，欧洲低能效建筑的翻新速度还有赖提升，并且供暖仍主要依靠包括天然气在内的化石燃料。

欧洲气候基金会和欧洲节能联盟（EU-ASE）联合近日发布了一份基于剑桥计量经济学会一项研究的总结报告。报告认为，欧洲住宅建筑的电气化和翻新改造可以显著减少对天然气进口的依赖并为欧洲经济带来巨大利益。

该研究重点围绕减少欧盟和英国住宅领域化石燃料消费的不同路径，分析了这些不同路径可能产生的环境、社会和经济效益。报告发现，通过对住宅领域进行翻新和电气化改造，欧盟可以在十年内将天然气进口的年度支出减少 150 亿欧元。

→ [Read More](#)





撬动能源密集型材料的循环经济

碳密集型材料的工业生产领域在欧盟能源和化石燃料消费中所占的比重越来越大，包括钢铁、铝、水泥和石灰以及塑料等一些关键材料。面对当前愈演愈烈的化石能源危机，欧洲工业迫切需要逐步减少化石燃料的使用并提高能源效率。

Agora Industry 近日在咨询公司 Material Economics 的支持下发布的此份新研究报告发现，增加和改进闭环回收以及开发更具材料效益的价值链，对于确保更具经济效益的转型至关重要。在加强材料的回收利用和提高材料效率方面仍有很大的潜力有待开发，可以帮助欧盟到 2030 年将其工业领域的年度温室气体排放量较 2018 年水平减少 10%（7,000 万吨二氧化碳），到 2050 年减少高达 34%（2.39 亿吨二氧化碳）。此外，欧盟新的循环经济立法将有助于刺激对高质量回收的需求，同时对促进高质量回收物的收集和供应也至关重要。

→ [Read More](#)

▲ 钢铁行业对气候的影响

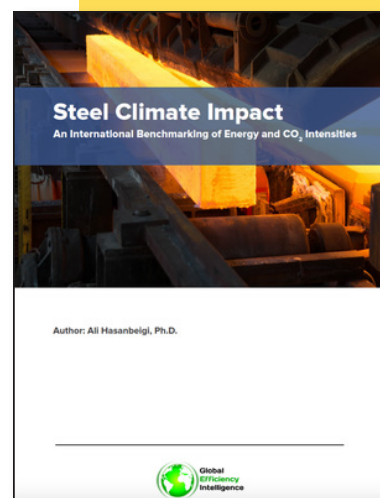
钢铁行业能源强度及二氧化碳强度的国际对标

钢铁行业约占全球温室气体排放量的 7%，占全球二氧化碳排放量的 11%。在当前的政策和技术框架下，钢铁行业的能源使用和温室气体排放可能会随着全球对钢铁需求的增加而持续增长。

这份由 Global Efficiency Intelligence 编写的对标报告对全球钢铁生产大国的钢铁行业能源强度及二氧化碳排放强度进行了比较。其结果显示，意大利、美国和土耳其的二氧化碳排放强度最低，乌克兰、印度和中国的二氧化碳排放强度最高。该报告还讨论了影响各国钢铁行业能源及二氧化碳排放强度差异的一些关键因素。

此份对标研究可以用来评估通过实施能效或二氧化碳减排措施，各国在能源强度和碳排放强度方面的改进潜力。此外，在国家层面上，政策制定者可以通过对标来确定节能和脱碳方案中各项措施的优先次序，并用来设计制定温室气体减排政策。

→ [Read More](#)





☎ 86-10 6587 6175

✉ info@eecp.eu

📍 北京市朝阳区建国门外大街2号,
银泰中心C座31层3123、3125

🌐 www.eecp.eu

👤 主编：赤洁乔

英文编辑：Helen Farrell

✍ 反馈及投稿：magazine@eecp.eu

🇪🇺 中欧能源合作平台项目（ECECP）由欧盟提供资助。

© 2021 European Union 版权所有。