

重视氢的气候影响 确保氢能系统气候有益



目 录

CONTENTS

要点	01
现状	03
➤ 国内外政策规划	04
➤ 氢能相关技术	06
挑战	11
➤ 氢气的气候影响尚未得到足够重视	11
➤ 绿氢产量少，成本问题制约其发展	13
➤ 氢能生产和消费空间错配且储运不成熟	14
➤ 氢气安全性问题	14
机遇及建议	15
➤ 重视氢气排放引发的气候影响	15
➤ 建立氢能产业标准体系，引领产业高质量发展	16
➤ 对绿氢加大政策支持，降低绿氢成本	16
➤ 氢能应优先集中生产和利用	17
➤ 氢气应该被用在难减排领域	17
参考文献	18
附件	19

要点



现状

- 氢能对于实现全球能源转型和应对气候变化具有至关重要的作用，目前世界各国都开始大力发展清洁氢能产业，绿氢和蓝氢等低碳排放氢能在未来将具有巨大的发展潜力。
- 世界各国都陆续发布氢能发展战略及相关政策，明确氢能在能源战略中的定位，出台一系列支持政策，包括直接投资、税收抵免、固定补贴等等。
- 氢能产业相关技术包括生产、输运、储存和终端利用等各个环节的技术，每个环节也包含多种不同的技术路线。很多氢能相关技术目前仍处于初期或示范阶段，需要通过创新实现降本增效，推动全行业的发展。



挑战

- 氢气是一种间接温室气体，为了实现氢气的最大气候效益，需要采取措施防止它在整个价值链中排放到大气环境。目前为止我们无法准确衡量氢气排放量，需要进一步研究和开发氢气泄漏的监测技术，以评估氢气潜在的气候影响。
- 当前全球绿氢产量仍然非常有限，较高的绿氢成本对产业发展带来阻碍，可再生能源发电成本和电解槽成本是影响绿氢成本最重要的两个因素。
- 氢能生产端和消费端的区域分布存在错位，且储运基础设施仍不完善，长管拖车是目前的主流储运方式，但存在局限性，管道输氢和低温液氢储运目前仍处于起步阶段。
- 氢气具有易燃易爆的特性，安全事故频发。我国氢安全研究起步较晚，缺乏对安全技术的系统性研究，难以支撑产业发展的现实需求。



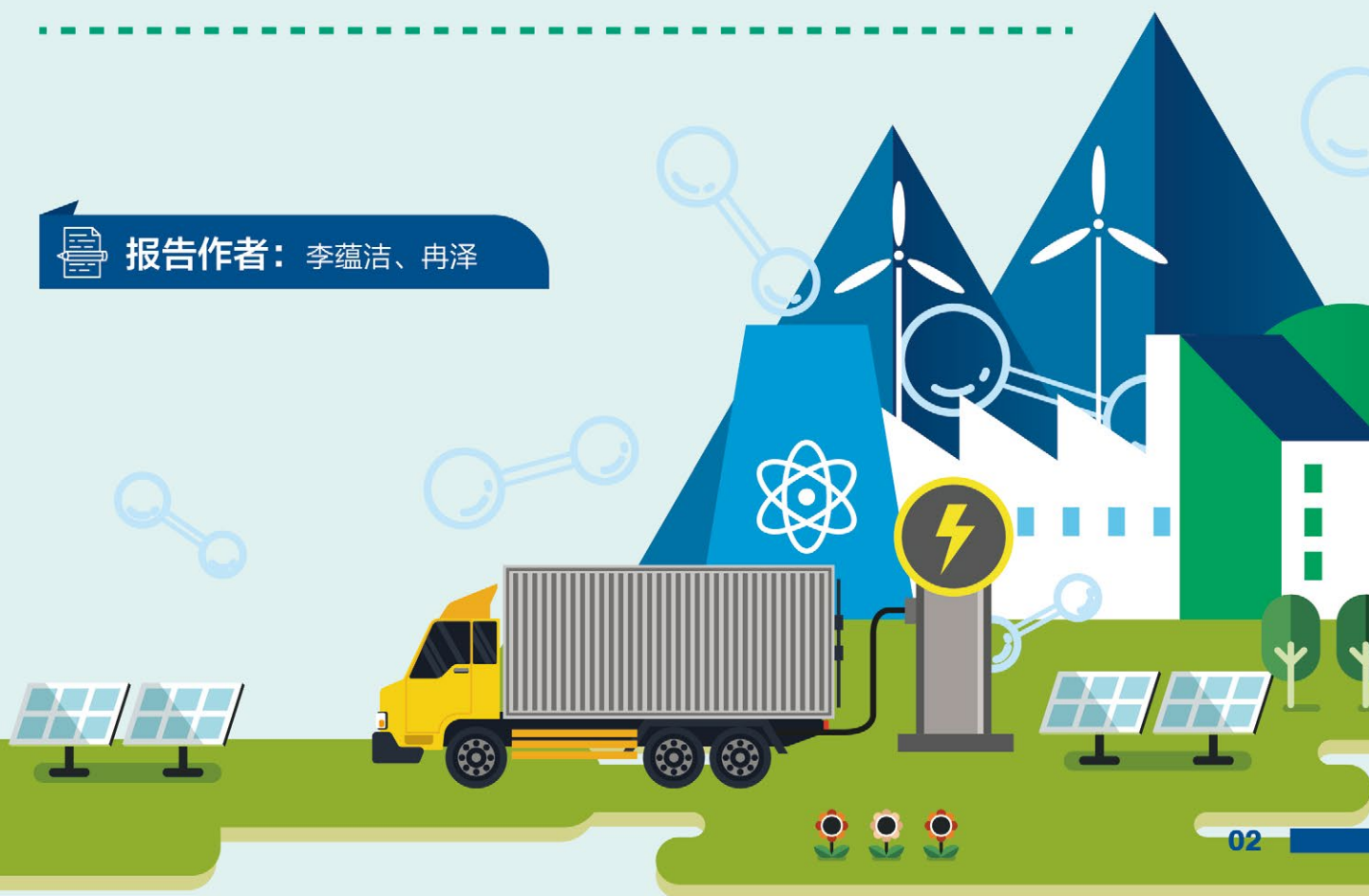
机遇和建议

未来，随着中国绿色低碳转型的不断推进，氢能规划的逐渐落地，氢能产业也将迎来重大的发展机遇。为了确保氢能产业可持续发展，实现其气候效益最大化，我们提出如下建议：

- 重视氢气排放引发的气候问题，在氢能项目或相关技术的全生命周期评估中考虑氢气的气候影响，开发高精度氢气监测设备，并尽快应用缓解氢气排放的措施。
- 完善氢能产业的标准体系，为产业发展提供引领和指导。
- 氢能应用于难以电气化的难减排领域，最大程度的发挥氢能的减排潜力。
- 对绿氢加大政策支持，降低绿氢成本。
- 氢能应优先集中生产和利用，避免大规模长距离运输带来的潜在排放。



报告作者：李蕴洁、冉泽



现状

氢气具有绿色低碳、来源丰富、能量密度高、应用场景广泛等优势，对于实现全球能源转型和应对气候变化具有至关重要的作用。其中，绿氢和蓝氢等低排放氢气是未来氢能产业的发展方向。绿氢是指通过光伏、风电等可再生能源电解水制取的氢气，在制氢过程中将基本不会产生温室气体。蓝氢是指在化石燃料制氢的基础上应用碳捕集、利用与封存技术，大幅减少产生的二氧化碳排放到大气中，实现低碳排放生产。

目前，世界上绝大部分氢气仍然是由化石燃料制备的。根据国际能源署 IEA 发布的《全球氢能评估 2023》^[1]，2022 年全球氢气产量接近 9500 万吨，其中，低排放氢气（包括蓝氢和绿氢）的比例仅为 0.7%。但是，氢能产业发展的初心是应对气候变化，实现零碳或低碳排放，因此，由未加装 CCUS 的化石燃料制备的氢气将会逐渐被淘汰，而绿氢和蓝氢等低排放氢气才是未来氢能产业的发展方向。

2030年

目前世界各国都开始大力发展低排放氢气，已宣布的低排放氢气生产项目数量正在迅速增加，如果所有宣布的项目都能实施，2030 年低排放氢气的年产量将达到 **3800** 万吨。

2050年

根据 IEA 的净零排放情景，如果要实现 2050 年净零目标，全球对氢气的总需求量将达到 **4.3** 亿吨，绿氢产量需要达到 **3.27** 亿吨，蓝氢产量需达到 **8900** 万吨，绿氢和蓝氢等低碳排放氢气在未来将具有巨大的发展潜力。

中国目前的氢能产业已经走在了世界前列，**2022** 年，中国氢气产量约占全球的近 **30%**，主要用于国内的石油化工行业。在绿氢方面，IEA 预计到 **2023** 年底，中国的可再生能源电解水制氢电解槽装机量将达到 **1.2 GW**，占全球装机容量的 **50%**，目前全球已建成运营规模最大的可再生能源电解水制氢项目（中石化新疆库车 **260 MW** 绿氢示范项目）已于今年投产。

国内外政策规划 ➤



为了应对气候变化，世界各地的政策制定者已经开始大规模发展氢能，将氢能纳入其能源立法和国家发展计划，制定氢能战略。截止 2023 年底，全球已有 40 多个国家制定了氢能战略，明确氢能能在能源战略中的定位，设定阶段目标刺激氢能需求。



➤ 美国



2021 年发布的《基础设施投资和就业法案》为清洁氢的生产提供了 **95 亿美元** 的投资



2022 年发布的《通胀削减法案》也会为清洁氢的生产提供税收抵免。



美国能源部于 2023 年 6 月发布《国家清洁氢能战略和路线图》^[2]，提出到 2030 年实现 **1000 万吨 / 年** 的清洁氢产量，并为清洁氢的发展设立了综合框架与路线图。



2023 年 10 月，美国政府宣布投资 **70 亿美元**，在全国范围内建立 **7 个** 区域清洁氢中心（H2Hubs），通过建立由清洁氢生产商、消费者和相关基础设施组成的网络，加速低成本清洁氢的商业化部署。

➤ 欧 盟



2022 年发布了 REPowerEU 计划，提出 2030 年本土氢产量 **1000** 万吨 / 年，氢进口量 **1000** 万吨 / 年的目标。



2023 年发布的《净零工业法案》将电解槽和燃料电池列为 **8** 大净零战略技术之一，提出到 2030 年电解槽装机容量达到 **100GW**；



德国、日本、印度、澳大利亚等国也相继发布氢能相关的政策与战略。

➤ 中 国

中国也十分重视氢能产业的发展，随着双碳目标的提出，一系列顶层设计为氢能产业的发展打下了良好基础。

➤ 《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

要求统筹推进氢能“制储输用”全链条发展。

➤ 《2030年前碳达峰行动方案》

提出加快氢能技术研发和示范应用，探索在工业、交通运输、建筑等领域规模化应用。

➤ 《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》

国家发展改革委、国家能源局联合印发，明确氢能是未来国家能源体系的重要组成部分，是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体，氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。

➤ 《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》

国家标准化管理委员会和国家发展改革委等部委发布，提出建立健全氢能制、储、输、用全链条发展的标准体系，统筹推进各类标准的制定与实施。

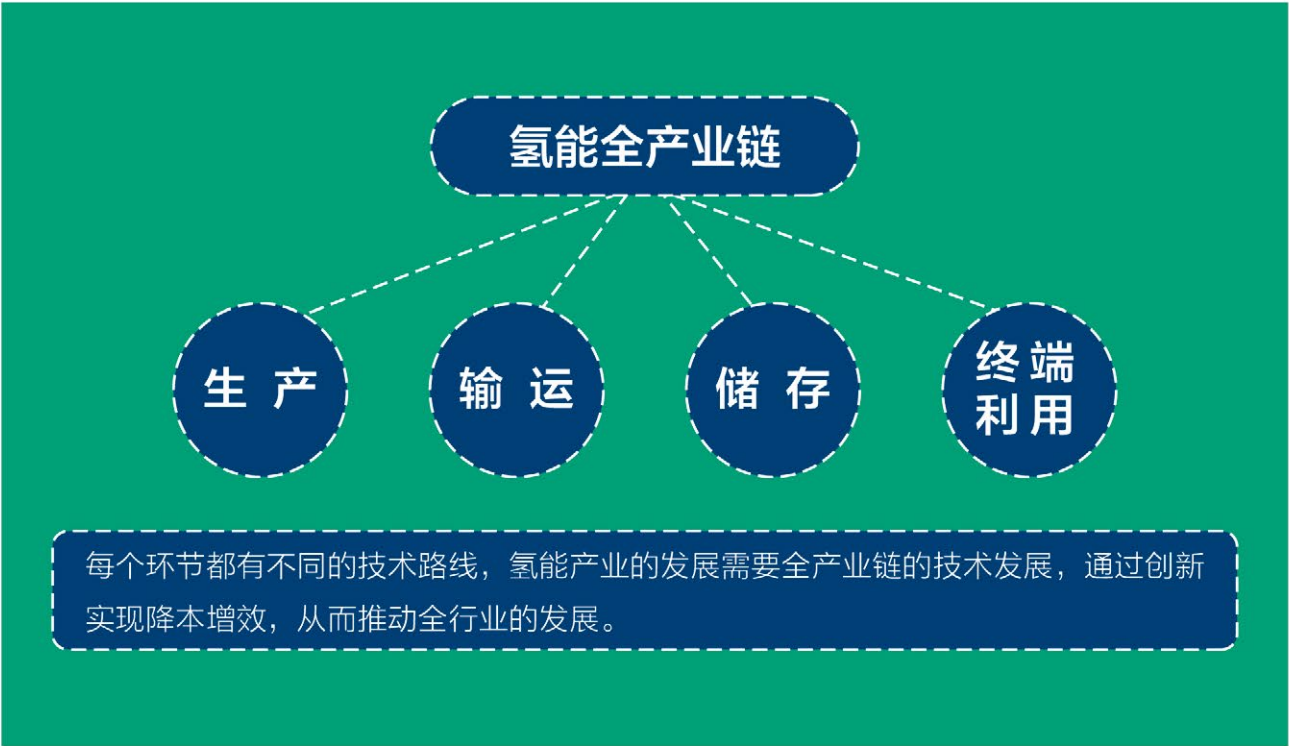
➤ 《2023年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划》

国家能源局发布，其中也涉及到氢能行业标准 **14** 项，包括氢气的制取、运输等多项相关标准。



除了顶层设计之外，地方各省市也在陆续出台氢能相关的政策规划，共同构建起支撑氢能发展的综合政策体系。

氢能相关技术 ➤



➤ 电解水制氢

电解水制氢是在直流电的作用下，通过电化学反应将水分子解离为氢气与氧气，分别在阴、阳两极析出的过程。利用可再生能源的电解水制氢是目前碳排放最低的制氢方法，也是全球氢能发展的趋势。

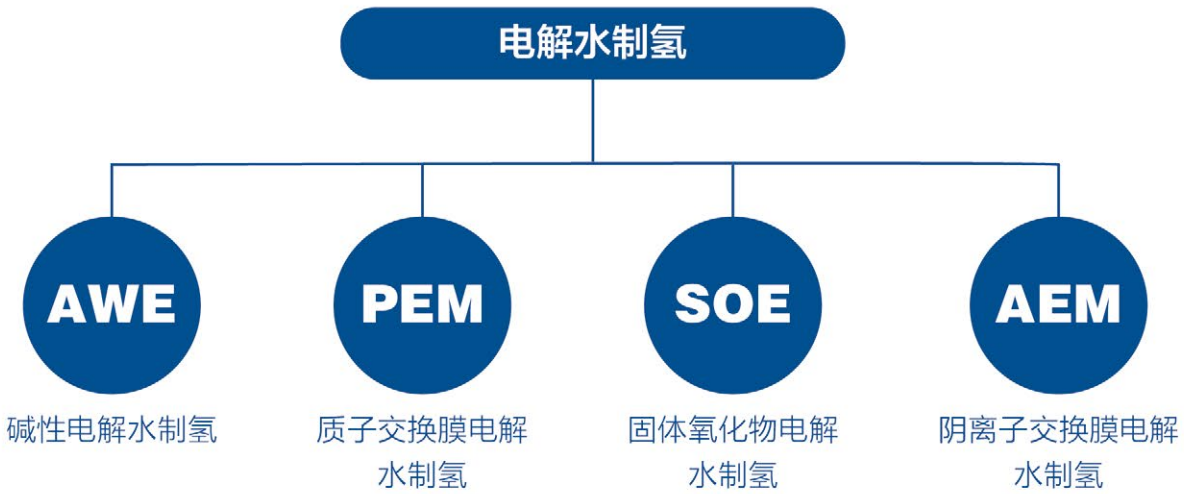


表 1 4 种电解水制氢技术特点

	AWE 制氢	PEM 制氢	SOE 制氢	AEM 制氢
电解质	碱性水溶液	质子交换膜	固体氧化物	阴离子交换膜
电 耗 (kWh/Nm³)	4.5-5.5	4.0-5.0	2.5-3.5	4.3-5.0
效 率	60-75%	>70%	>85%	60-75%
优 点	技术成熟、成本低	安全无污染、灵活性高	安全无污染、效率高	安全无污染、灵活性高高
缺 点	存在腐蚀污染，响应时间长	成本高，需要使用稀有金属铂、铱等	工作温度过高，启停不便	稳定性差，寿命短，技术不成熟
成熟度	市场化应用	市场化应用	试点示范	实验室研发

碱性电解水技术

相对成熟，成本较低，更具经济性，是国内电解水制氢的主流技术，但是存在着响应时间长、腐蚀污染等问题。

PEM 制氢技术

效率高，响应速度快，与发电波动性较大的风电、光伏具有良好的匹配性，在欧美等国已经开始一定程度的应用，但在国内受制于稀有金属和成本较高，发展较慢，有待进一步技术突破。

SOE 制氢技术

效率最高的电解水制氢技术，目前在全球范围内已经有很多试点示范，正在逐步接近商业化。

AEM 制氢技术

还处于早期发展阶段，但发展速度很快，世界上首台兆瓦级 AEM 电解槽已于 2023 年推出。

来源：《中国氢能技术发展现状与未来展望》^[3]、《电解水制氢技术研究进展与发展建议》^[4]，有微调。

氢气储运 ➤

氢气储运是连接氢气生产端与需求端的关键桥梁，是氢能产业发展的重要基础设施。氢气储运主要有气态储运、液态储运、固态储运、有机液体储运等多种方式。

➤ 气态储运氢技术



目前，气态储运氢技术相对成熟，是我国现阶段主要的储运方式。我国在输氢管道方面研究起步相对较晚，已建成输氢管道总里程约 **400** 公里。气态储运氢有长管拖车和管道运输两种方式。

- 长管拖车适用于短距离、小规模运输
- 管道运输适用于大规模、长距离的氢气运输。

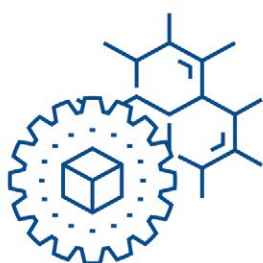
-252.72℃



➤ 低温液态储氢技术

指在标准大气压下，将氢气冷却至零下 **252.72** 摄氏度液化储存在特制的高度真空的绝热容器中，其具有储运量大、纯度高、充装快、占地小等优势，适用于中长距离大规模储运氢，但成本较高，能耗较大，目前多用于航空领域。

➤ 固态储氢技术



是以金属氢化物、化学氢化物或纳米材料等作为储氢载体，通过化学吸附和物理吸附的方式实现氢的存储。固态储氢具有体积储氢密度高、安全性能好、储存时间长等优势。其中，镁基金属由于储氢量高、原料丰富、产氢纯度高等特点，被认为是最有前景的固态储氢材料之一。

➤ 有机液体储氢



主要包括液氨、甲醇和甲苯 / 甲基载氢，该技术具有较高储氢密度，且安全性好，运输方便，但是放氢的能耗较高。有机液体以及氨气储运适用于长距离、大规模的氢气储运。

终端应用 ➤

氢气的应用场景非常广泛，能够为多个领域的脱碳提供解决方案，如工业、交通、建筑以及电力等。刺激需求端氢能的广泛应用是推动氢能行业发展的关键。

➤ 工业领域

工业领域是较难实现电气化的难减排领域，而氢能则是工业领域实现深度脱碳的重要路径，可应用于钢铁、石化等行业。钢铁行业的碳排放量很高，具有较大的减排压力，而氢冶金是钢铁行业实现碳减排的重要途径。氢冶金即氢取代碳，作为燃料和还原剂冶炼铁，还原产物为水，能从源头降低碳排放量。

目前主流的氢冶金技术路线为高炉富氢冶炼与气基竖炉直接还原两种。

● 高炉富氢冶炼

是对现有长流程工艺的改进，减碳幅度为 **10%-20%**，减排潜力有限；

● 气基竖炉直接还原

是指使用氢气直接将铁矿石还原为铁，相较于高炉富氢冶炼，气基竖炉直接还原工艺二氧化碳排放量可减少 **50%** 以上，碳减排潜力极大，但目前该技术仍处于研发阶段，需要进一步的技术突破。



此外，氢气也是重要的化工原料，合成氨、合成甲醇、原油提炼等均离不开氢气。目前，化工用氢主要依赖化石能源制取，会产生一定的碳排放量。未来通过低碳清洁氢可以替代这部分灰氢，如通过绿氢制备的绿氨、绿色甲醇等，将带来巨大的减排潜力。

交通领域

氢能在航空、航运、长途道路运输等领域具有较大的应用潜力。

道路交通

是目前主要利用方式之一，具有能量密度高，无污染等优势，得到了国家的大力支持。然而，由于氢气成本较高，氢燃料电池汽车相比于电动汽车还不具备经济性，目前仅适用于长途运输、重型运输等商用领域。

航运业

氢及氢基可持续燃料是航运领域的重要减排方案，具有能源效率高、低排放、船舶舒适度提升等优势，可以适应未来绿色船舶市场需求，具有广阔应用前景。

航空领域

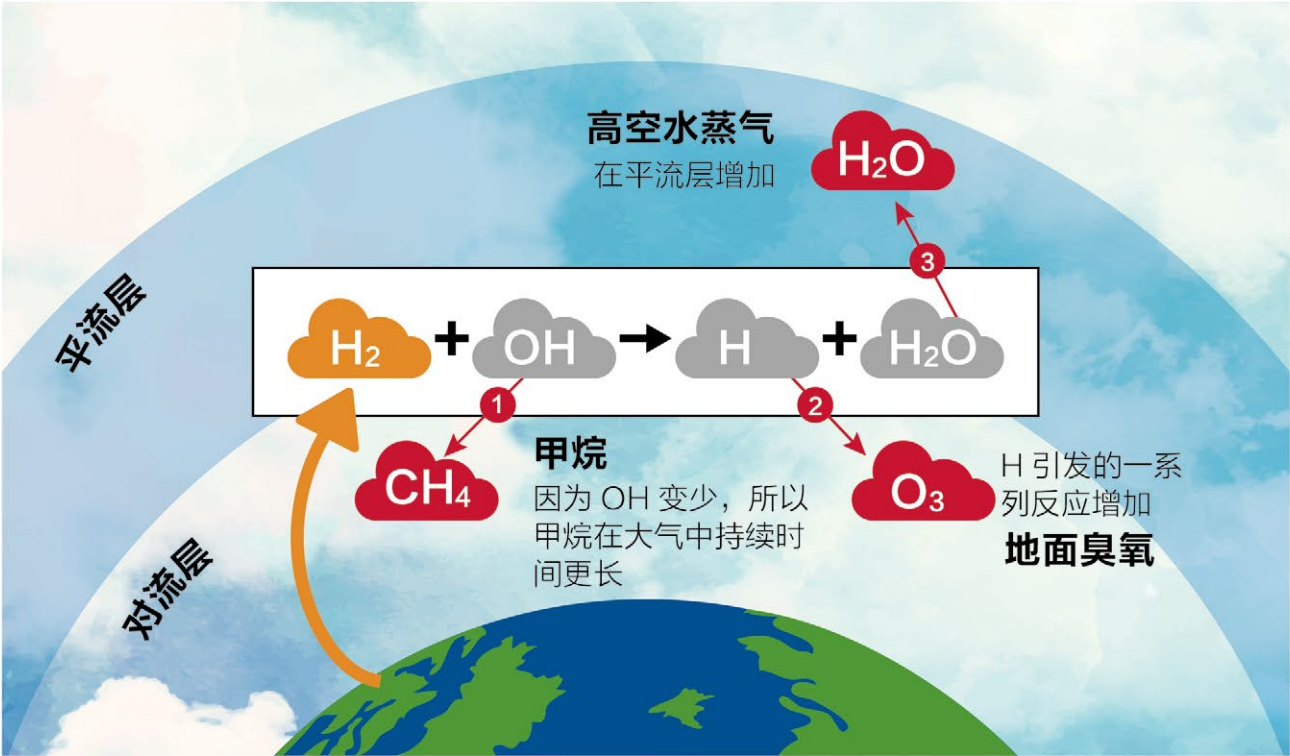
氢动力飞机是航空业实现净零排放的重要途径之一，目前主要的技术路线有：通过氢燃料电池产生电力驱动飞机；通过氢燃料在燃烧室内燃烧，推动涡轮并带动风扇产生推力；利用氢基可持续燃料作为飞机燃料驱动飞机。目前氢动力飞机的成本很高，在全球范围内都处于起步阶段，未来需要进一步的创新推动技术发展。

此外，氢还可以用于储能、发电等领域。未来，为了实现碳中和目标，氢能在各行各业都有着巨大的应用潜力，消费端的旺盛需求也将进一步刺激低排放氢气的生产和储运，推动氢能整个产业链甚至我国能源结构的改变。

挑 战

氢气的气候影响尚未得到足够重视 ➤

氢气是一种间接温室气体。具体来说，氢气会延长大气中甲烷的寿命，也能够通过一连串的反应产生对流层臭氧和平流层水蒸气，从而导致地球的整体变暖。

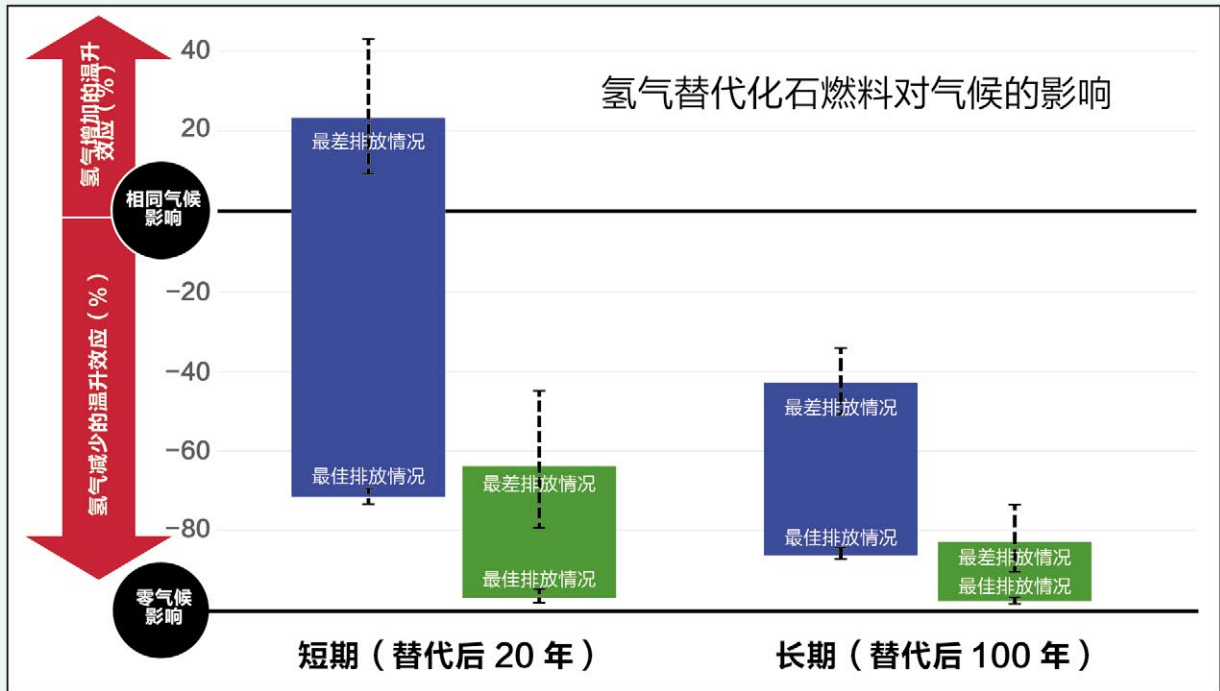


资料来源：Paulot et al. 2021

根据一项最新发表在《自然》子刊《通讯—地球与环境》的研究表明^[5]，在 20 年尺度内，氢气的增温效应约是二氧化碳的 37 倍；而在 100 年尺度内，氢气的增温效应大约是二氧化碳的 12 倍。因此，用氢气替代化石燃料系统的总体气候效益将取决于氢气的排放量，特别是在应用氢气的最初几十年。EDF 研究表明^[6]，如果处理不当，氢气的气候效益将会大打折扣。在全价值链泄漏率为 10% 的情况下，与化石燃料相比，蓝氢在 20 年尺度内的增温效应反而会增加 25%（在甲烷排放也高的情境下），绿氢虽然可以在 20 年尺度内减少三分之二的增温效应，但这仍然远低于许多氢燃料倡导者所宣称的气候中和承诺。

假设：

每 1kg H₂ 可以减排约 11kg CO₂；CH₄ 排放率为 1-3%；H₂ 排放率为 1-10%



资料来源：Ocko and Hamburg 2022

因此，为了实现氢气的最大气候效益，需要采取措施防止它在整个产业链（即生产、转化、运输 / 分配、储存和最终使用）中逃逸到大气环境。然而，由于缺乏准确、快速的现场检测低浓度（ppb 级）氢气的传感器，目前为止我们无法准确衡量氢气排放量。IEA 发布的《全球氢能回顾 2023》报告指出，目前全球氢气泄漏监测技术主要侧重于识别大面积、具有爆炸风险的泄漏事件，在监测微量泄漏的速度和灵敏度方面存在空白，需要进一步研究和开发氢气泄漏的监测技术，以评估氢气潜在的气候影响。

美国环保协会（EDF）科学家在 2023 年 8 月发表的论文^[7]中梳理了目前对于全产业链氢气排放量的研究，全面总结了目前整个产业链的氢气排放情况。氢气排放在整个产业链中都可能发生，如管道和设备的泄漏，吹扫和放空，液氢的自然气化等。根据对近年来氢气排放研究的梳理，发现与液氢相关的排放率范围最大：

0.15%–10.0%	2.0%–13.2%	2.0%–20%	2.0%–15.0%
氢液化	液氢卡车运输	液氢处理	液氢加注站

在全产业链中，运氢环节会产生最多的排放，特别是运输和处理液氢，这意味着需要采取措施防止液氢的气化。

绿氢产量少，成本问题制约其发展 ➤

如前所述，当前全球绿氢产量仍然非常有限，因此，世界范围内的氢气生产需要尽快由高排放的灰氢向绿氢过渡，而当前较高的绿氢成本又对产业的发展带来了一定的阻碍。



据研究^[8]，在国内，当电价为 **0.4 元 /kWh** 时，碱性电解水制氢的成本约为 **29.9 元 /kg**，PEM 制氢的成本约为 **39.9 元 /kg**，而煤制氢当前的成本仅为 **10 元 /kg** 左右，不同制氢方法之间的成本差异较大，电解水制氢需要进一步降低成本才能与煤制氢等化石燃料制氢产生竞争。

影响电解水制氢成本的因素

电 力

最大因素来自于电力，占其总成本的一半以上。未来，随着可再生能源的大力发展，可再生能源电力价格将进一步下降，从而带动电解水制氢成本的下降。此外，在可再生能源发电富裕的地区，对弃风弃光的充分消纳也能够降低电解水制氢的成本。

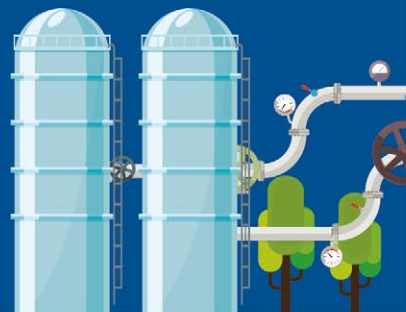
电 解 槽

当前碱性电解槽已经基本实现国产化，成本较低，是国内使用的主流技术，但是其响应时间过长，难以与大量的风光等可再生能源相匹配。而 PEM 制氢响应时间快，运行灵活，效率高，是未来的发展趋势，但是其成本目前仍然较高，主要是因为催化剂、膜电极、双极板等核心组件国产化相对薄弱，并且依赖于铂、铱等贵金属。未来，通过关键技术的研发，如改善催化剂活性，降低贵金属用量，提升电流密度等，PEM 电解槽有望进一步提高效率，实现成本的下降。

氢能生产和消费空间错配且储运不成熟 ➤

当前氢能发展的区域分布主要是基于可再生能源资源的生产端和消费端的分布，产氢主要集中于可再生能源资源丰富的西北部地区，而用氢则主要集中于经济发达且人口密集的东部和南部地区，在地区的分布上存在着一定的错位。

此外，氢能产业配套的储运基础设施目前仍不完善，长管拖车仍是我国氢气运输的主要方式，但这种方式成本高、效率低，无法实现长距离规模化运输，制约了产业发展。管道输送是一种经济可行的运输方式，但我国输氢管道建设尚处于起步阶段，已建成输氢管道总里程约 **400** 公里，而全球氢气输送管道总里程已超过 **5000** 公里，我国未来仍有着较大的发展空间。



低温液氢储运是另一种安全、高效、规模化的储运方式，具有运输成本低且对距离不敏感、氢纯度高、计量方便等优势。在欧美等国，液氢储运技术已进入了规模化应用阶段，是除管道运输外最主要的氢储运方式。中国的液氢储运目前仍处于起步阶段，主要应用在航天领域，民用领域的应用较少，面临的主要挑战有：氢气液化过程能耗高；液氢储罐绝热性能要求高；核心设备及材料国产化程度低；液氢过程的氢气排放可能较高。

氢气安全性问题 ➤



氢气无色无味，具有易燃性、易爆性、扩散性等特点，氢气泄漏后与空气混合，遇到明火、静电会发生燃烧或爆炸，氢气燃烧浓度范围是 **4.0% ~ 75%**，爆炸浓度范围是 **18.3 %~59.0 %**。

氢气燃烧或爆炸等安全性问题通常是由氢气泄漏引起的，潜在的原因包括设计问题、密封失效、操作失误或维护不当等。当前，美欧日等发达国家在氢气安全防控方面研究较为成熟，围绕氢泄漏扩散、氢火灾爆炸以及风险评估等方面建立了相对完善的技术体系。我国氢安全研究起步较晚，缺乏对安全技术的系统性研究，研究主要集中在高校和科研院所，难以支撑产业发展的现实需求。



机遇及建议

氢能的成功发展可以加速全球向低碳经济过渡，世界各国都已经开始布局氢能产业，中国也将氢能视为未来国家能源体系的重要组成部分，陆续发布多项政策推动氢能产业的快速发展。未来，随着中国绿色低碳转型的不断推进，氢能也将迎来重大的发展机遇。为了确保氢能产业可持续发展，实现其气候效益最大化，我们提出如下建议：

重视氢气排放引发的气候影响 ➤

当前，对于氢气排放气候影响的基础科学研究已经逐渐成熟，科学界对于氢气的全球升温潜势已达到基本共识。未来，随着氢能产业的快速发展，氢气排放问题应当得到重视，例如，在氢能项目或相关技术的全生命周期评估中，应考虑氢气的气候影响，量化其潜在的排放。同时，也需要开发出 ppb 级别的高精度氢气监测设备，确定整个价值链中氢气的排放源及排放量。国外传感器公司 Aerodyne Research 已经开发出了一种新型氢气传感器，具备 5 秒检测 5ppb 精度级别氢气泄漏的能力。



2023年1月

EDF 与 Aerodyne 和康奈尔大学合作，通过实地试验对 Aerodyne 的新仪器进行了测试，发现该仪器能实现快速、高精度的测量，利用 Tracer Flux Ratio 方法进行氢气排放量化的准确率在 95% 以上。

未来，需要尽快应用并推广缓解氢气排放的措施

氢气泄漏的实地检测

设备维修的技术解决方案

建立制氢加氢一体站，尽量缩短氢气生产和利用的距离，从而减少运输阶段的排放

建立氢能产业标准体系，引领产业高质量发展 ➤

标准是促进氢能产业高质量发展的基础，中国目前亟需完善氢能产业的标准体系，为产业发展提供引领和指导。例如，绿氢、清洁氢以及低碳氢的定义需要更加明确，中国略高于国际主流标准，未来中国需要进一步探索并实现国际清洁氢标准互认。

美国	➤	《美国国家清洁氢战略和路线图》	氢气生产现场的碳强度 (美国《基础设施投资和就业法案》要求)	≤	2kgCO ₂ e/kgH ₂
			氢气“从井口到大门”生命周期碳强度 (美国能源部初步标准)	≤	4kgCO ₂ e/kgH ₂
欧盟	➤	《可再生能源指令 II》 对可再生氢设置的阈值		≤	3.4kgCO ₂ e/kgH ₂
中国	➤	氢能联盟发布的团体标准 《低碳氢、清洁氢与可再生氢的标准与评价》 设置的清洁氢阈值		≤	4.9kgCO ₂ e/kgH ₂

2023年
8月

➤

国家标准委、国家能源局等六部门联合印发《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》
提出要系统构建氢能制储输用全产业链标准体系，为标准体系的建立搭建了框架。未来，在《指南》的带动下，需要继续完善氢能相关标准体系，促进产业高质量发展。

对绿氢加大政策支持，降低绿氢成本 ➤



氢能产业目前仍处于起步阶段，绿氢成本过高是制约其发展的一大因素，需要政府的政策支持。美国 2022 年发布了《通胀削减法案》为清洁氢的生产提供税收抵免，不过其要求较为严苛，对于碳强度小于 4kgCO₂e/kgH₂ 的氢气提供从 0.6–3 美元 / 千克不等的税收补贴，而只有当碳强度小于 0.45kgCO₂e/kgH₂ 时，才能得到全部的 3 美元 / 千克的补贴。

欧盟在 2023 年推出了欧洲氢能银行计划，引入绿氢拍卖机制，计划为欧洲的可再生氢生产商提供 10 年最高 4.5 欧元 / 千克的固定补贴。此外，德国、日本、加拿大、澳大利亚等国也陆续出台了支持清洁氢的相关政策，促进清洁氢产业发展。相比之下，国内也需要进一步完善支持清洁氢产业发展的相关支持政策，推动氢能产业发展。在制定相关政策时也要考虑如下因素：绿氢生产如何做到和可再生能源发电特性更好地匹配，如何确保使用增量的绿电来制氢，如何促进利用同一区域电网的绿电制氢，如何推动就近发展氢能下游产业等。

氢能应优先集中生产和利用，避免大规模长距离运输带来的潜在排放 ➤



由于当前氢能发展的区域分布存在着一定的错配，且储运基础设施仍不完善，因此应优先考虑氢能的区域集中式发展，尽量避免大规模长距离地运输氢气，从而也能减少氢气运输阶段的潜在排放。

► 东部地区

未来，氢需求量大的地方可以大力发展可再生能源，例如，海上风电和氢能的融合发展能够实现绿氢就近生产利用，降低运输成本，同时带动海上风电的开发与消纳，加速可再生能源和氢能融合发展。

► 西部地区

可再生能源丰富地区，可以延长可再生能源制氢的产业链，利用氢气来生产甲醇、氨、可持续航空燃料等化工产品，将氢能发展和区域发展的理念相融合，为西部地区的氢能产业发展带来新的机遇。

氢气应该被用在难减排领域 ➤

当前，氢能在交通、工业、电力等不同领域已经开展了应用，但是从效率的角度看，氢能可能并不适用于所有领域。比如，在交通领域的乘用车方面，氢能相比于直接电气化可能并不具备优势，电动汽车的效率和减排效果可能比氢燃料汽车更好，也是更加经济的选择。但是在工业、船舶、航空等方面，电力可能难以替代目前的化石燃料，氢能就具备了优势。因此，未来的氢能应用应聚焦于重工业以及重型运输等较难减排领域，最大程度的发挥氢能的减排潜力。

参考文献

- [1] IEA (2023), Global Hydrogen Review 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>, License: CC BY 4.0
- [2] Department of Energy, U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap, <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>
- [3] 徐硕, 余碧莹. 中国氢能技术发展现状与未来展望[J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2021, 23(6): 1-12.
- [4] 俞红梅, 邵志刚, 侯明, 等. 电解水制氢技术研究进展与发展建议[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 146-152.
- [5] Sand, M., Skeie, R.B., Sandstad, M. et al. A multi-model assessment of the Global Warming Potential of hydrogen [J]. Commun Earth Environ 4, 203 (2023). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00857-8>
- [6] Ocko I B, Hamburg S P. Climate consequences of hydrogen emissions[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2022, 22(14): 9349-9368. <https://doi.org/10.5194/acp-22-9349-2022>
- [7] Esquivel-Elizondo S, Hormaza Mejia A, Sun T, et al. Wide range in estimates of hydrogen emissions from infrastructure[J]. Frontiers in Energy Research, 2023, 11: 1207208. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1207208>
- [8] 张轩, 王凯, 樊昕晔, 等. 电解水制氢成本分析[J]. 现代化工, 2021, 41(12): 7-11.
- [9] Paulot F, Paynter D, Naik V, et al. Global modeling of hydrogen using GFDL-AM4. 1: Sensitivity of soil removal and radiative forcing[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2021, 46(24): 13446-13460.

附件：

“氢能安全、气候有益与可持续发展” 国际合作倡议

2023 年 12 月 9 日 · 阿拉伯联合酋长国迪拜

在低碳发展、能源转型、经济增长的背景下，全球氢能发展呈加速态势。氢气作为零碳能源体系的重要支柱之一，在发展的同时，也应关注其作为间接温室气体可能带来的潜在温升效应。为此，我们，中国生态环境部对外合作与交流中心、美国环保协会北京代表处、清华大学车辆与运载学院、中国电力企业联合会氢能分会、申能（集团）有限公司、中国电建集团国际工程有限公司、北京亿华通科技股份有限公司、上海氢枫能源技术有限公司、西安隆基氢能科技有限公司、海德氢能科技有限公司、北京国氢中联氢能科技研究院、苏州中欧氢能技术创新中心，提出“氢能安全、气候有益与可持续发展”国际合作倡议，坚持“安全运营，气候有益、协同发展”的原则，倡导各方聚焦以下领域开展合作：

一、搭建对话平台，推动氢能可持续发展，提升安全与环境管理水平，共享氢能产业全链条重大安全和气候风险管控经验。

二、推动氢能全价值链关键核心技术、材料和装备创新合作，鼓励氢气排放监测以及氢能相关设备等先进技术研发，共谋氢能领域国际标准化体系构建。

三、探索在氢能贸易、基础设施建设、关键氢能装备研发等领域的国际合作，将氢气排放及其影响纳入项目评估考虑，共促气候效益最大化。



EDF中国官网二维码



EDF中国公众号二维码