

## 美国国家清洁氢战略和路线图

**【译者按】**2023年6月，美国能源部首次发布《美国国家清洁氢战略和路线图》。报告认为，氢能具有帮助解决气候危机、提高能源安全和弹性以及创造经济价值的潜力，零碳和低碳氢能更是实现公平可持续清洁能源供应的关键，然而氢能产业尚处于起步阶段，需要明确的战略、具体的目标、科学的指导原则、切实的行动以推动其发展。为此，报告重点介绍了助力清洁氢作为有效脱碳工具进行开发和应用的三大关键战略，即明确清洁氢高影响力战略用途、降低清洁氢成本、重视区域网络，并提出了指导美国国家清洁氢发展的八项原则、近中远期重点行动与路线图。赛迪智库节能与环保研究所对该报告进行了编译，期望能为相关部门提供帮助。

**【关键词】**清洁氢 战略 指导原则 路线图

## 一、背景介绍

鉴于氢能具有帮助解决气候危机、提高能源安全和弹性以及创造经济价值的潜力，美国国内外对生产和使用清洁氢气的兴趣日益浓厚。零碳和低碳氢能是未来实现公平可持续清洁能源使用的关键部分。美国正加大力度对清洁氢技术研发、项目示范和规模化部署等环节进行投资，以加快清洁氢气产业发展。

2021年11月，《基础设施投资和就业法案》，又称《跨党派基础设施投资法案》在美国国会获得通过并经拜登总统签署生效，其中明确提出将拨款95亿美元用于清洁氢产业。2022年8月，拜登总统签署了《通胀削减法案》，为清洁氢提供了更多的政策和激励措施，如生产税收抵免，进一步提振美国清洁氢市场。

报告认为，到2030年，美国清洁氢气的战略机遇为每年1000万吨，到2040年为每年2000万吨，到2050年为每年5000万吨；使用清洁氢气可使美国2050年的排放量较2005年减少约10%。据能源部《商业起飞之路》报告中的第三方分析估计，到2030年，由于新资本项目和清洁氢气基础设施的建设，氢经济还将带来10万个新增直接和间接净就业岗位。这些岗位既包括工程和建筑等直接岗位，也包括制造和原材料供应链等间接岗位。

要实现清洁氢气的这些机遇，必须降低生产成本、建设中游

基础设施，以及增加特定行业对氢气的需求——在这些行业中，具有成本竞争力或技术上可行的脱碳替代品较少。为此，该报告重点介绍三大关键战略以确保将清洁氢气作为一种有效的脱碳工具进行开发和应用，并提出了指导美国国家清洁氢发展的八项原则、近中远期具体行动与路线图。

## 二、实现清洁氢气效益的三大战略

报告重点介绍了有助于确保将清洁氢气作为有效脱碳工具开发和应用、给美国带来最大利益的三大关键战略（详见图1）。

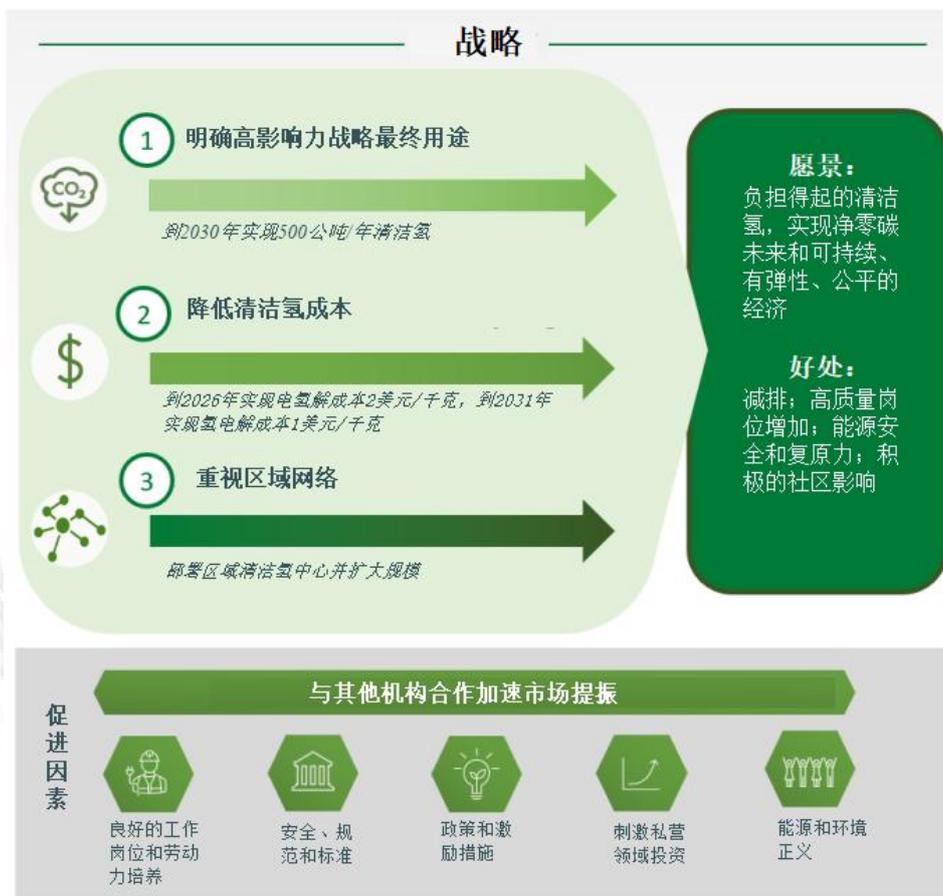


图 1：国家清洁氢气战略与能源部氢能项目的使命和背景

**战略一：明确清洁氢高影响力战略用途。**该战略旨在确保清洁氢在深度脱碳替代品有限的领域实现应用价值最大化。清洁氢不是要与电气化等低成本、高效率的脱碳替代技术竞争，而是要把重心放在缺乏替代技术的最终用途上，并且它应该应用到能够形成规模、增加效益并降低成本的行业中。具体包括工业领域（如化工、钢铁和炼油）、重型运输和长期储能（以打造清洁电网）。其他长期机遇还包括出口清洁氢气或氢载体，为美国盟友实现能源安全等。

**战略二：降低清洁氢成本。**该战略旨在促进产业界、学术界和国家实验室合作研发与部署以优先降低清洁氢气的成本。2021年，美国能源部启动了“氢能地球发射”计划，有望通过区域清洁氢气中心、贷款担保和其他机制，促进技术创新和规模应用，刺激私营部门投资，推动氢能供应链的发展，并大幅降低清洁氢气的成本。该计划还将努力解决关键材料和供应链的薄弱环节，并进行高效、耐用和可回收的设计。上述举措加之对中游基础设施（储存、配送）的投资，不仅可以降低清洁氢气的生产成本，还可以降低其交付成本。报告认为，到2050年，电解水制氢、配碳捕集与封存系统的化石燃料制氢，以及生物质和废弃原料制氢的混合制氢技术仍将是美国制氢技术的重要组成部分。

**战略三：重视区域网络。**该战略旨在通过扩大清洁氢气的区

域生产、分配和储存规模，使之与日益增长的区域需求相匹配，从而实现大规模、商业上可行的清洁氢气部署。清洁氢气的战略部署需要确保各项目群不仅仅是不同项目的集合。项目的数量、范围和规划应相互协调，以与规模、成本和持续时间保持匹配。协调的项目将通过提供足够数量的承购商、利用二氧化碳捕集与封存和其他基础设施来避免资产搁浅，并确保公共投资获得回报，以实现美国净零排放目标。实施氢能发展的区域战略将使供应链企业共享集群化发展所带来的好处，包括共享基础设施、原材料来源、运输传送系统、成熟劳动力储备等。

为了支持上述三项关键战略，联邦机构将围绕基础科学到应用研究、开发、示范和大规模部署全链条，提供基础性和交叉性支持，以促进多样性、公平性、包容性和可及性；吸引社区（从环境正义组织到部落、部落社区和工会）的参与；培养劳动力；推进政策；支持技术和能源转型；以及实现大规模市场应用。近中期主要计划目标如表 1 所示。

表 1：2022-2036 年主要计划目标

	2022-2023 年	2024-2028 年	2029-2036 年
<b>生产</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 条或更多经确认有可能实现“氢能地球发射”目标的途径</li> <li>10,000 小时高温电解槽测试</li> <li>3 种或更多生命周期排放评估路径</li> <li>与核能相结合的 1.25 兆瓦电解槽，用于生产氢气</li> <li>2 份或更多有条件贷款计划协议</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 个或更多可再生能源（包括海上风能）、核能和含二氧化碳捕集与封存技术的废弃材料/化石燃料示范项目</li> <li>到 2026 年，规模化电解槽清洁氢气的成本为 2 美元/千克*。</li> <li>低温电解槽的效率为 51 千瓦时/千克；寿命为 80,000 小时；费用为 250 美元/千瓦</li> <li>低温电解槽的效率为 44 千瓦时/千克；寿命为 60,000 小时；费用为 300 美元/千瓦</li> <li>20 兆瓦用于电解的核热量提取、分配和控制装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>到 2030 年，每年生产 1,000 万吨或更多来自不同来源的清洁氢气</li> <li>以每千克 1 美元的价格大规模利用各种资源生产清洁氢气*</li> <li>低温电解槽的效率为 46 千瓦时/千克；寿命为 80,000 小时；未安装成本为 100 美元/千瓦</li> <li>高温电解槽的寿命为 80,000 小时，成本为 200 美元/千瓦，同时保持或提高效率</li> </ul>
<b>基础设施和供应链</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 千克/分钟的平均氢燃料消耗率，适用于重型车</li> <li>与现行（2016 年）规范相比，液氢加氢站的占地面积减少 40%。</li> <li>与 2018 年基线相比，氢服务的密封和金属耐用性提高 50%</li> <li>400 千克/小时高压压缩机和低温泵</li> <li>氢流量计的精度为 5%或更高，氢流量可达 20 千克/分钟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7 千瓦时/千克的氢液化效率</li> <li>用于氢储存容器的碳纤维成本降低 50%（与 2020 年相比）</li> <li>通过回收和升级回收，从燃料电池膜电极组件（MEA）中回收 50%的膜/离子交换聚合物材料和 &gt;95%的铂族金属（PGM）</li> <li>美国的电解槽生产能力达到或超过 3GW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 美元/千克的规模化氢成本（包括生产、交付和在加氢站的分配）</li> <li>从燃料电池膜电极组件（MEA）中回收 70%的膜/离子交换聚合物材料和 99%的铂族金属（PGM）</li> <li>在满足环境和能源正义优先事项的同时，3 条或更多经验证的减排路径</li> </ul>
<b>最终用途和驱动因素</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>170 美元/千瓦重型卡车燃料电池成本与 200 美元/千瓦基准对比</li> <li>公交车燃料电池耐用性达 18,000 小时。</li> <li>1.5 兆瓦或更多的氢燃料电池，用于数据中心的恢复能力</li> <li>1 兆瓦级电解槽和船舶燃料应用</li> <li>15 辆在贫困社区运营的燃料电池送货卡车，为市场增长创造了潜力，减少了排放并创造了就业机会</li> <li>1 个或多个用于合成氨生产的综合氢示范项目</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>140 美元/千瓦重型卡车燃料电池成本</li> <li>与 2020 年基准相比，燃料电池 PGM 减少 50%</li> <li>用氢还原铁 1 吨/周，途径为每天 5,000 吨</li> <li>100%氢涡轮机的氮氧化物排放量为 9ppm，使用选择性催化还原法时为 2ppm</li> <li>3 个氢燃料电池超级卡车项目完工</li> <li>与部落开展 2 个或多个试点项目</li> <li>4 个社区利益协议模板</li> <li>4 个或多个区域清洁氢气中心，使用多种资源，用于多种战略最终用途</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>80 美元/千瓦的重型卡车燃料电池成本，同时满足耐用性和性能要求</li> <li>900 美元/千瓦和 40,000 小时耐久性的燃料柔性固定式燃料电池</li> <li>4 个或多个最终用途示范项目（如钢铁、氨、存储）</li> <li>根据国家氢能战略目标，每年在战略市场大规模使用 1000 万吨或更多清洁氢气</li> </ul>

\*实现“氢能地球发射”目标的规模建模成本

### **三、指导原则和国家行动**

#### **(一) 指导原则**

联邦机构应遵守以下八项指导原则：

#### **1、通过高影响力战略用途实现深度脱碳**

美国政府将通过在对氢的使用影响最大的领域（包括工业工艺、重型运输、高温供热和长时间储能）有针对性地部署清洁氢气，实现国家净零排放和清洁电网目标。这些战略部署将通过分析和利益相关者意见来确定，以解决包括环境、能源正义和经济效益在内的关键优先事项。

#### **2、促进创新和投资**

美国政府将促进与产业界、学术界、国家实验室和其他利益相关方的合作，在清洁氢气技术的整个研究、开发、示范和部署价值链中投资创新。能源部的行动将以美国的独创性、人才和主动性为基础，刺激经济增长，促进有竞争力的国内工业发展并鼓励持续的私人投资。示范和部署计划（如区域清洁氢气中心）将有助于降低首创项目和规模化共享基础设施的风险，从而有助于降低氢气的交付成本并获得商业债务的青睐。

#### **3、促进多样性、公平性、包容性和可及性**

美国政府将促进多样性、公平性、包容性和可及性，以有效

推动美国的研究、创新和商业化事业。联邦机构的行动将助力多元化和包容性的工作场所的管理和改善，强化人员、思想、文化和教育背景的多样性，这是实现清洁氢气战略的基础。

#### 4、推进能源与环境正义

作为“正义 40 倡议”<sup>1</sup>的涵盖项目，美国政府将优先考虑能源和环境正义。联邦机构将采取行动寻求创建新的计划、工具和倡议，以提高透明度、社区参与度、经济机会和清洁氢气技术的可及性，从而帮助改善社区的健康和福祉，包括部落社区和其他历史上未得到充分服务的社区，与“正义 40 倡议”保持一致。应与每个希望参与清洁氢气经济的社区进行有意义的、持续性的接触，确定清洁氢气部署的选址和效益。然而，在接触之前应咨询政府范围内的工具，如气候与经济公正筛选工具，以帮助开发商确定负担过重和服务不足社区的负担、差距和机遇。计划开展更多由政府发起的社区参与和倾听会议，以有效了解一线和边缘社区所关心的问题，特别是氢能、CCS 技术等问题。目前已在努力了解和解决社区关注的问题包括氮氧化物排放、非常规天然气生产相关环境健康风险以及氢泄漏检测等。此后美国政府还将发布相关指导意见，以明确和量化流向弱势社区的福利。氢气的生产、储存、配送和使用过程中的安全实践将继续成为发展不可分

---

<sup>1</sup>“正义 40 倡议”由拜登政府提出，旨在将联邦政府在能源与环境等领域投资总收益的 40% 提供给弱势社区。

割的一部分。

## 5、增加高质量的就业机会

美国政府将致力于保留和增加高质量的工作岗位。所谓的高质量工作的是指报酬丰厚、足以维持家庭开销、有晋升途径、工人可以就工作场所健康和安全生产计划设计和实施发表意见且可以自由公平地加入工会的工作。联邦机构的行动还将为从碳密集型行业转型的工人和社区提供机会，通过利用和扩大注册学徒计划、制定促进劳动力发展的部门战略、支持氢价值链中从设备制造和卡车运输到管道建设和 CCS 的每个环节的就业增长，来利用现有的技能和发展新的跨行业技能。据能源部的报告《商业起飞之路：清洁氢气》<sup>2</sup>估计，与新项目和清洁氢气基础设施建设相关的直接和间接就业岗位约为 10 万个。直接工作岗位涉及工程和建筑等，而间接工作岗位则涉及制造和原材料供应链等。

## 6、刺激国内制造业并构建强大的供应链

美国政府将促进美国制造业的发展，确保供应链的稳健、安全和弹性，并增加出口。联邦机构将利用多种方式开展行动，包括赠款、融资以及促进合作伙伴关系等方式。能源部最近的分析报告识别了美国电解槽和燃料电池供应链中的薄弱环节。为此，能源部进行了大量的研发投入，以降低电解槽和燃料电池的制造

---

<sup>2</sup>该报告由美国能源部于 2023 年 3 月发布，阐述了清洁氢发展现状、商业化路径、面临挑战与里程碑指标。

成本，实现规模化生产，扩大电解槽和燃料电池组件的供应链，并推进回收利用技术，以支持《2005年能源政策法案》第815和816条<sup>3</sup>。

## 7、实现可负担性和多功能性

美国政府将通过利用和联合多种能源，包括可再生能源和高基荷清洁能源（如核能），酌情利用化石能源和碳捕集与封存基础设施，提高复原力和加强能源安全，来实现能源系统的可负担性和灵活性。通过使用清洁氢气作为燃料或原料，或作为能源载体和存储介质，联邦机构可以提供跨部门的多种收入来源，并避免搁浅资产。

## 8、从整体出发

美国政府将从整体上着手清洁氢气的开发和应用，并将通过有针对性的开发来培养可持续的最佳实践，以支持而非与电气化等其他脱碳技术竞争。联邦机构将促进对社会、环境、经济和能源影响进行严格而透明的分析，以帮助指导新生的全球清洁氢气产业的可持续发展。

### **（二）支持美国国家清洁氢战略和路线图的行动**

联邦机构将与各州、地方和部落政府以及利益相关者合作，采取行动开发和部署清洁氢气技术。报告概述了2025年之前的近

---

<sup>3</sup> 第815条为“清洁氢气制造和回收”，第816条为“清洁氢气电解项目”。

期、2029 年之前的中期以及 2035 年之前的长期计划行动。其中一些行动已经在进行中，并将得到现有的和最近宣布的公共资金的支持，如能源部的能源部贷款项目办公室和《跨党派基础设施投资法案》下的区域清洁氢气中心。美国政府正从全局出发，促进投资和行动，在全国范围内加速氢能及相关技术的商业化。

如图 2 所示，国家战略和路线图与《跨党派基础设施投资法案》中的主要氢能条款保持一致，并将推动更广泛的国家行动，以创新和建立清洁氢气的完整价值链。



图 2：《跨党派基础设施投资法案》中主要氢能条款的时间表

图 3 显示了氢气价值链从生产到最终用途的各个环节，并列

出了在关键领域可能拥有管辖权的机构。各机构将共同努力，定期更新该评估报告，并确定行动的优先次序，以确保美国能够加快氢气生产、输送、存储和最终用途的发展，同时解决潜在的环境问题，并确保负担过重、服务不足和代表性不足的个人和社区的公平和公正。

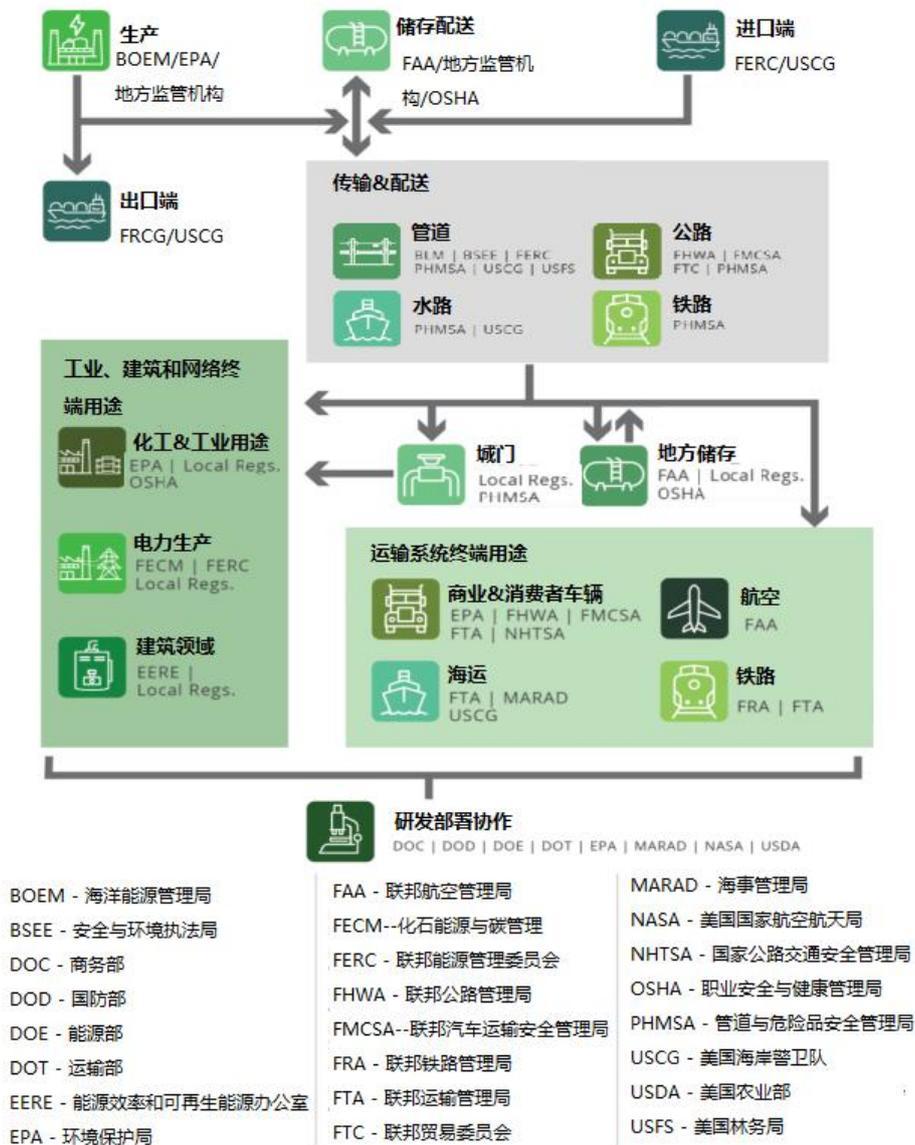


图 3: 氢价值链相关环节与监管部门

### (三) 近期、中期和长期的行动和里程碑

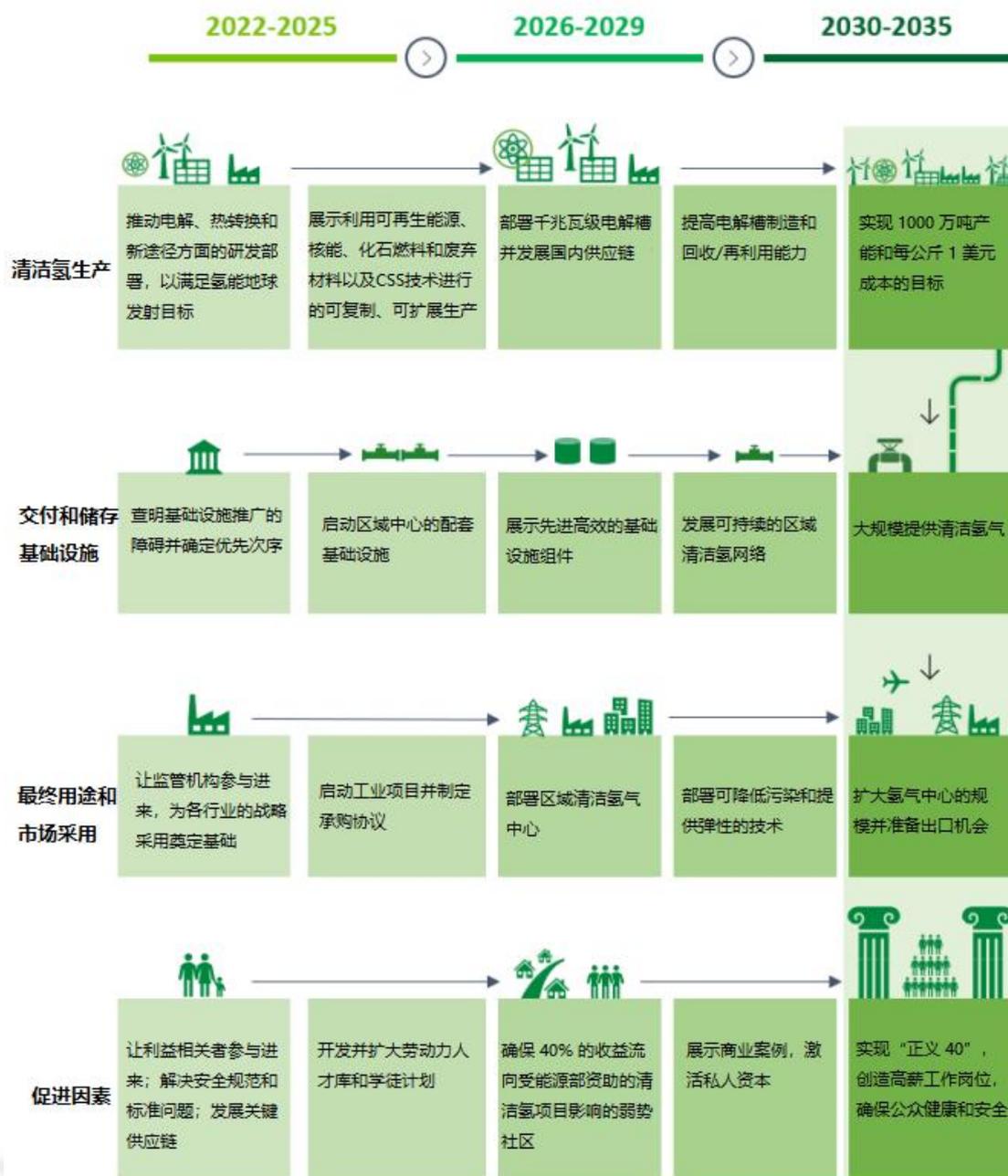


图 4：国家清洁氢气行动计划

## 支持清洁、负担得起和可持续氢气生产的行动

	2022-2025 年	2026-2029 年	2030-2035 年
清洁氢气生产	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 从生命周期、可持续性、成本、区域和公平角度评估路径,以确定战略的优先次序、差距,并为中期目标提供参考。</li> <li>• 制定清洁氢气生产标准。</li> <li>• 展示多种途径的清洁制氢技术,包括热解、废弃材料、可再生能源和核能。</li> <li>• 通过对制造、堆栈和配套设施组件进行研究、开发、示范和部署,降低电解槽的规模化成本。</li> <li>• 通过对模块化设计和强化工艺的研究、开发、示范和部署,降低热转换技术的成本。</li> <li>• 开发低成本、耐用的膜和分离材料。</li> <li>• 找出部件标准化的机会,减少对关键材料的依赖,发展健全的供应链。</li> <li>• 设计和实施加速应力测试技术,以评估和提高耐久性。</li> <li>• 发布有关路径、排放和成本的案例研究,更新 GREET 功能,使其更加方便用户、透明,并增加支持 45V 的路径。</li> <li>• 为今后的部署制定严格的数据收集和监测框架。</li> <li>• 确定工人所需的能力,并在可能的情况下制定基于共识的、行业认可的培训证书。</li> <li>• 促进高等教育和学徒计划,特别是在贫困社区,以培训清洁氢气劳动力,包括安全、规范和标准方面的培训。</li> <li>• 提高职业意识,吸引人们加入氢能工作队伍</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利用可再生能源、核能、化石燃料+CCS 大规模部署清洁氢气。</li> <li>• 以每千克 2 美元的价格实现电解清洁制氢。</li> <li>• 使国内电解槽制造能力达到多个千兆瓦级。</li> <li>• 展示催化剂和组件,最大限度地减少关键材料的使用,同时实现具有竞争力的性能和耐用性。</li> <li>• 优化电解槽与清洁能源供应之间的整合,以降低成本,提高效率和复原力。</li> <li>• 推进目前在实验室规模上最有前景的制氢概念,如热化学、光电化学或生物方法。</li> <li>• 从实际演示中收集数据,为研究、开发、示范和部署提供参考,并继续改进性能和耐久性。</li> <li>• 完善和更新路径评估,确保采用最可持续、最公平、最有弹性和最经济实惠的方法。</li> <li>• 利用严格的分析、经验教训、最佳实践和广泛的利益相关者反馈,确定扩大规模、实现最大效益的途径。审查并完善工作能力和行业认可的培训标准,以满足行业需求。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 到 2030 年,每年至少生产 1000 万吨清洁氢气。</li> <li>• 利用各种资源以每千克 1 美元的价格生产清洁氢气。</li> <li>• 展示电解堆栈,最大限度地减少关键材料的使用,实现目标性能和耐用性。</li> <li>• 展示利用废水或高温热能等多种原料进行规模化制氢的新型商业可行方法。</li> <li>• 确保采用的所有生产途径都有弹性和可持续的国内供应链,并能摆脱进口依赖。</li> <li>• 继续从实际部署中收集数据,为研究、开发、示范和部署提供参考,找出尚存差距并完善战略。</li> <li>• 应用最佳做法、经验教训和严格分析,包括通过全球合作和可持续性框架,确保推进最可持续、最公平、最有复原力和最负担得起的方法,以实现效益最大化。</li> <li>• 维持大学、社区学院和工会的培训计划,为强大的劳动力队伍提供支持。</li> </ul>

## 支持安全、高效和可靠的清洁氢气输送和储存基础设施的行动

	2022-2025 年	2026-2029 年	2030-2035 年
输送和储存基础设施	<ul style="list-style-type: none"> <li>开发和更新严格的分析模型和工具，以评估输送和储存途径、确定差距并确定战略的优先次序。</li> <li>开发严密监控和减少氢气泄漏和蒸发的技术。</li> <li>评估管道和组件材料与氢气及氢气与天然气混合物的兼容性。</li> <li>推进低成本、高效率氢气液化和减少蒸发的新方法。</li> <li>发现和开发用于大宗储存和配送的氢载体材料。</li> <li>确定可用于大量储氢的地质构造，以及相关的开发和运营要求</li> <li>开发和优化氢基础设施在工业和能源储存等关键应用领域的设计。</li> <li>为重型车辆开发高通量氢气分配技术。</li> <li>制定和统一重型车辆和非公路车辆的燃料协议，而氢气是最佳解决方案。</li> <li>加快研发工作，降低高压和液氢储罐（包括碳纤维复合材料容器）的成本。</li> <li>建立数据监测和收集框架，以评估上游和现场排放。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>验证和完善分析、模型和工具，为各种应用确定输送和储存路径的优先次序。</li> <li>展示高效可靠的氢气管道压缩机运行。</li> <li>量化气态和液态氢基础设施的损耗率，为缓解大规模部署中的损耗提供参考。</li> <li>为商业规模的新型高效氢液化系统开发设计。</li> <li>提出有希望实现的氢载体概念，设计可靠、低成本的再生器系统。</li> <li>启动区域性大容量氢储存示范项目，包括地下储存方法，并确保地方和区域利益。</li> <li>展示新型、高效、低成本的批量氢气输送方法。</li> <li>部署可扩展的氢燃料加氢站，以支持早期的车队市场，如重型卡车和公共汽车。</li> <li>确保针对潜在氢气和其他排放物/释放物的监测系统 and 数据收集已准备就绪。</li> <li>在关键地点设计可持续和公平的区域清洁氢气网络，以实现效益最大化，确保能源和环境正义与公平。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>与当地社区和利益相关者合作，设计氢气基础设施网络，优化区域供需，实现效益最大化，确保实现能源、环境和公平目标。</li> <li>展示先进的液化技术，其效率是现有概念的两倍。</li> <li>制定长期储存计划/战略氢储备，以确保供应的弹性。</li> <li>利用先进的低成本清洁氢气储存和基础设施，部署区域清洁氢气中心。</li> <li>收集在实际环境中散装氢配送（如通过管道或运输工具）的演示数据，包括排放数据，以便为降低成本和提高可靠性的研究、开发、示范和部署提供参考。</li> <li>继续收集数据，为扩大最佳交付和储存途径以及研究、开发、示范和部署提供参考。</li> <li>确保在不同的利益相关者之间共享与氢能基础设施相关的任何安全或其他最佳实践，以实现持续改进。</li> <li>利用氢基础设施方面的全球合作，为长期投资计划和氢出口机会提供参考。</li> </ul>

## 支持清洁氢气使用和更广泛市场应用的行动

	2022-2025 年	2026-2029 年	2030-2035 年
最终用途和市场应用	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 为大规模部署清洁氢气奠定监管基础。该监管将涵盖生产、加工、输送、储存和最终用途等各个环节。</li> <li>• 跨行业（如核电、可再生能源、化石能源、碳捕集与封存、能源储存）合作，以确定监管和政策差距，以及解决这些差距的关键战略（如“一次挖掘”方法，以共同安置输电、二氧化碳、氢气和其他管道），从而最大限度地减少影响。</li> <li>• 在利益相关者的参与下，制定氢气管道和大型项目许可的简化指南，并解决环境、能源和公平方面的优先事项。</li> <li>• 开拓市场结构和承购协议，以加快速度。</li> <li>• 促使难以脱碳的工业应用向清洁氢气过渡，并确定可能扩大规模的具体节点（如合成氨、炼油厂、钢铁）。</li> <li>• 推进高效的终端技术（燃料电池/其他低排放/零排放的动力转换技术），并缩减选择、扩大规模。</li> <li>• 完成强大的建模并改进数据收集，以量化氢泄漏对气候的影响。</li> <li>• 制定最佳实践和指南，以评估现实世界中清洁氢气部署的生命周期排放，并为“原产地保证”和认证计划提供参考。</li> <li>• 建立安全、风险和可靠性数据监测和收集框架。</li> <li>• 激励长期的、信用良好的承购，包括来自即将采用清洁氢气的新兴行业的承购。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 促进与氢技术有关的规范和标准的国际协调。</li> <li>• 应对监管挑战，增加电解槽利用可再生能源和核能的机会。</li> <li>• 通过可公开访问的平台，分享早期部署的最佳安全实践和经验教训。</li> <li>• 部署至少两个区域清洁氢气中心，展示氢气在难以脱碳的行业（如工业和重型运输业）的应用。</li> <li>• 制定氢气掺混限值的国家指南。</li> <li>• 供应清洁氢气，到 2030 年，利用生物质和废弃原料生产至少 30 亿加仑的可持续航空燃料。</li> <li>• 提高整个氢价值链中电解槽、燃料电池和其他部件的原材料回收和循环利用的效率和成本效益，确保不依赖国外进口。</li> <li>• 收集和分析安全、风险和可靠性数据，以便及早洞察影响未来部署的因素。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 制定市场结构和监管指南，促进清洁氢气出口。</li> <li>• 利用从大规模部署中汲取的经验教训，确定未来发展的优先领域，重点关注支持最高效、最经济、与气候最匹配的目标的整体方法，最大限度地保护公众健康、安全和环境。</li> <li>• 展示并量化氢气在提高未来清洁能源系统的弹性和减灾（如微电网、网络安全、偏远社区）方面的益处。</li> <li>• 到 2030 年，展示使用 100% 氢气发电的超低氮涡轮机运行和低 PGM 燃料电池运行。</li> <li>• 至少启动一个区域清洁氢气中心，展示氢气在清洁电网储能中的应用，并量化氢气在 2035 年前支持实现无碳污染电网的机会，包括区域因素。</li> <li>• 继续收集和分析安全、风险和可靠性数据，并提出有助于持续改进的见解。</li> </ul>

## 促进安全、负担得起和可持续的清洁氢气经济并确保能源正义的行动

	2022-2025 年	2026-2029 年	2030-2035 年
促进因素以及环境和能源正义	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定并实施广泛、包容的社区参与框架，包括可以容许环境和能源正义组织、弱势社区、部落、部落组织工会、行业、学术界、国家实验室以及联邦、州和地方政府的参与，以确保广泛的参与的框架，并举行倾听会以收集利益相关者的反馈。</li> <li>在资助要求中纳入社区福利计划，要求申请者说明并承诺参与社区和劳工活动，投资创造良好的就业机会，促进多样性、公平性、包容性和可及性，并实现“正义 40”目标。</li> <li>为团队和组织以及联邦资助示范项目的地理/社区位置确定多样性、公平性、包容性、无障碍和其他关键优先事项的衡量标准。</li> <li>推出工具和平台（如 H2 Matchmaker），促进伙伴关系、包容性和市场成功。</li> <li>为工人（如来自化石行业的工人）制定再培训计划，提供近期和长期的高薪工作。</li> <li>为来自代表性不足社区的学生制定招聘和职业计划，促进多样性、公平性、包容性和可及性。</li> <li>制定并实施可持续性框架和 NEPA 最佳做法。</li> <li>开发教育资源，支持枢纽社区外联和参与战略。</li> <li>改进有关区域优先事项（如标准污染）的数据收集，并确定应用，为清洁氢气的部署提供信息。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完善和不断改进社区参与和包容，并应用所汲取的经验教训。</li> <li>促进公私伙伴关系，以实现包容性和加快进展。</li> <li>与区域清洁氢气中心地区的弱势社区制定并实施社区福利协议。</li> <li>启动氢能技术的部署，以减少非达标地区的标准污染，并为当地和弱势社区提供复原力、工作机会和其他重要益处。</li> <li>评估氢技术对地区供水和其他地区资源的影响。</li> <li>确定并应用环境和风险评估方面的经验教训，包括通过全球和地区合作获得的经验教训</li> <li>与工会合作，制定并扩大氢能技术注册学徒计划。</li> <li>为急救人员和法规官员建立教育和参与途径。</li> <li>利用 H2Tools 和其他平台分享最佳实践和经验教训。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>量化部署带来的益处，并确定其他政策或计划优先事项，以加快目标领域的进展。</li> <li>在贫困社区部署清洁氢气技术生产设施，为当地和区域带来效益。</li> <li>评估区域清洁氢气中心的技术、社会经济影响</li> <li>发展和完善市场结构，公平分配新技术的成本和效益。</li> <li>确保将适应、网络、弹性和其他减缓方法纳入扩大规模的战略计划。</li> <li>更新和完善可持续发展框架和最佳实践，为今后部署氢能提供参考。</li> <li>利用全球合作和倡议，最大限度地提高整个研究、开发和发展管道的成功率，确保公平的清洁能源过渡。</li> </ul>

## 四、结论

清洁氢气是美国实现脱碳目标的重要助力。尽管仍有许多不确定因素，但氢的潜力是显而易见的。近期、中期和长期的重点投资和行动将为更广泛地应用清洁氢气奠定基础，降低成本，并以可持续和全面的方式扩大规模。在《跨党派基础设施投资法案》和《通胀削减法案》的推动下，在研究、开发、示范和部署过程中，清洁氢气既能使难以减排的行业脱碳，又能创造和保留高薪工作，实现环境和能源正义，并为美国创造能源独立和出口机会。通过有效合作以及正确战略和实施计划，美国将能够在发展可持续、有弹性和公平的清洁氢气经济方面取得成功。

译自：*U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap, May 2023*  
*by Department of Energy*

译文作者：工业和信息化部赛迪研究院 黄晓丹 赵卫东 马涛  
李欢 张秉毅

联系方式：13220179173

电子邮件：[huangxiaodan@ccidthinktank.com](mailto:huangxiaodan@ccidthinktank.com)

# 咨询翘楚在这里汇聚

规划研究所

工业经济研究所

电子信息研究所

集成电路研究所

产业政策研究所

科技与标准研究所

知识产权研究所

世界工业研究所

无线电管理研究所

信息化与软件产业研究所

军民融合研究所

政策法规研究所

安全产业研究所

网络安全研究所

中小企业研究所

节能与环保研究所

材料工业研究所

消费品工业研究所

编辑部：工业和信息化部赛迪研究院

通讯地址：北京市海淀区万寿路27号院8号楼12层

邮政编码：100846

联系人：王乐

联系电话：010-68200552 13701083941

传真：010-68209616

网址：[www.ccidwise.com](http://www.ccidwise.com)

电子邮件：[wangle@ccidgroup.com](mailto:wangle@ccidgroup.com)

---

**报：部领导**

**送：部机关各司局，各地方工业和信息化主管部门，  
相关部门及研究单位，相关行业协会**

---

编辑部：赛迪工业和信息化研究院

通讯地址：北京市海淀区紫竹院路 66 号赛迪大厦 8 层国际合作处

邮政编码：100048

联系人：袁素雅

联系电话：(010) 8855543 13263204219

传 真：(010) 88558833

网 址：[www.ccidgroup.com](http://www.ccidgroup.com)

电子邮件：[yuansuya@ccidthinktank.com](mailto:yuansuya@ccidthinktank.com)

