

# 化学储能行业ESG白皮书

EVERY TIME YOU TRY IS A LIMITED EDITION

## 摘要

储能行业中，化学储能（包括氢储能、氨储能、合成燃料储能等）正成为能源变革的新生力量。本白皮书聚焦于此行业对ESG的贡献，以及行业自身的ESG表现，深入剖析其在减少碳排放、提升能源利用效率、保障能源安全等方面的作用。我们也将展现行业内企业如何通过创新技术与科学管理，在实现商业价值的同时，积极履行社会责任，为构建绿色、和谐、可持续的未来能源格局贡献力量。



# PREFACE

## 前言

随着全球对气候变化问题的日益关注和能源转型的迫切需求，化学储能行业正以前所未有的速度发展。氢、氨、合成燃料等化学储能技术在实现能源高效存储和清洁利用方面展现出巨大潜力，成为迈向可持续未来的新兴领域。

这本白皮书旨在全面剖析化学储能行业在ESG方面的表现。从环境角度来看，这些储能技术有助于减少对传统化石能源的依赖，降低温室气体排放。例如，氢燃料电池在运行过程中仅产生水，是一种近乎零排放的能源解决方案；氨作为一种储能介质，其分解和利用过程也能够实现相对环保的能源转换。

在社会层面，化学储能行业的发展将创造大量就业机会，从研发、生产到应用和维护，涵盖多个领域。同时，稳定的能源存储有助于保障能源供应的可靠性，对于提升社会福祉和保障基础设施运行意义重大。

在公司治理方面，行业内的企业正不断加强自身的管理水平，通过提高透明度、强化责任机制等措施，确保企业在追求经济效益的同时，能够兼顾环境和社会效益。

本白皮书将深入探讨化学储能行业在ESG各维度的现状、挑战和机遇，为行业发展提供有价值的参考，推动其迈向更加绿色、可持续的未来。

# ANALYST

## 研究员

钟振强	CFA ESG证书：107203285
苏 倡	CFA ESG证书：102203030
孙洪君	高级注册ESG分析师：24RZQLKC600984A
孙傲迪	CFA ESG证书：121096304
	高级注册ESG分析师：23RZQLKC000392A
何卓声	CFA ESG证书：106759877
	高级注册ESG分析师：24RZQLKC001899A
谢 拢	CFA ESG证书：100338760
姜昌日	CFA ESG证书：104706985
	高级注册ESG分析师：24RZQLKC003271A
罗 靖	高级注册ESG分析师：24RZQLKC600628A
黄梦梅	高级注册ESG分析师：24RZQLKC003282A
李宏伟	CFA ESG证书

# CONTENTS

## 目录



### 第一章 化学储能行业概览

- 07 储能技术及化学储能
- 08 化学储能
- 11 氢储能的价值链
- 20 氨储能的价值链
- 27 合成燃料储能的价值链
- 28 化学储能行业的发展历程

### 第二章 化学储能行业的ESG发展

- 43 化学储能的相关政策
- 51 行业ESG核心议题
  - 议题1：安全生产管理
  - 议题2：污染问题
  - 议题3：节能减排效率问题

### 第三章 行业ESG的优秀实践

- 57 中科富海

# 第一章 化学储能行业概览



## 第一节 储能技术及化学储能

面对能源供需的新挑战，储能技术应运而生并蓬勃发展，各类技术凭借独特的原理与优势，各显神通。抽水蓄能作为传统储能技术的“老牌劲旅”，历史悠久、应用广泛；而新型储能技术如电化学储能、电磁储能、化学储能等后起之秀，正逐步改写着能源存储的格局。

### 一、储能技术

风电、光伏发电这类可再生能源电力，虽清洁环保，却饱受地理位置与天气条件的掣肘，发电稳定性欠佳，难以保障持续供电，进而引发供需失衡等难题，储能系统的作用就显得尤为关键。依据工作原理的差异，储能系统可细分为机械储能、电化学储能、电磁储能、化学储能、热储能等多种类别。

作为传统储能方式，抽水蓄能的装机规模独占鳌头，已建成的抽水蓄能装机容量在所有储能方式中占比高达 69%；新型储能方式中，电化学储能中的锂离子电池储能占据了最重要的比重。以氢储能、氨储能为代表的化学储能行业，虽然在整体储能领域的占比不足 0.1%，但因为其独有的特性，正逐步被推广使用。

图 1：储能技术的分类



表 1：四种主要储能方式的对比

储能方式	原理	优点	缺点	适用场景
抽水储能	将多余电能转换为水的势能	技术成熟	地形要求高，无法大规模使用	地形优势地区，日度调峰
压缩空气储能	将多余电能转换为空气的势能和内能，驱动燃气轮机发电	安全、容量大	效率低、有污染	与其他热机共用
蓄电池储能	将多余电能储存到蓄电池	响应时间快，无地理位置限制	自衰减、边际成本高	日度调峰、调频
氢储能	将多余电能通过电解水转化为氢气的化学能	无自衰减、能量密度高、边际成本低	效率低	季度调峰

来源：《中国低碳技术创新需求评估报告》、CNESA、国金证券

## 第二节 化学储能

化学储能被视为未来低碳能源系统的重要组成部分。它不仅可以与可再生能源发电（如风能、太阳能）无缝对接，还可以在能源安全和能源多样化中发挥关键作用。其在长时间储能、远距离运输和大规模工业应用方面的优势，使其能够有效解决传统电化学储能和机械储能无法覆盖的需求。

化学储能技术，将电能转化为化学能储存起来，然后在需要时将其转化为电能。常见的化学储能模式主要是氢储能、氨储能和合成燃料储能。这些储能载体本身是可以直接利用的燃料，因此，如果产业链终端可以直接利用氢、氨等物质，如氢燃料电池汽车、热电联供、化工生产等，这些储能载体不必再转化回电力系统中的电能，可以提高整体用能效率。

化学储能的代表性技术是氢气储能，氢气储能的中游环节涵盖了储存、运输、加氢基础设施建设、燃料电池技术及系统集成。通过优化这些环节，氢气储能将能够在交通、工业、发电等多个领域实现广泛应用，为实现全球碳中和目标提供可靠支持。随着技术进步、成本降低和基础设施的完善，氢气储能将在未来的清洁能源系统中发挥更为重要的角色。

在氢气储能之外，氨储能和合成燃料技术也各具优势，为不同的应用场景提供了解决方案。这些技术不仅有助于提高能源系统的灵活性和稳定性，还能够有效减少碳排放，支持全球碳中和目标的实现。未来，随着技术的进步和成本的下降，这些储能方式将进一步整合到现代能源系统中，为清洁能源的广泛应用提供有力支持。

目前主流的化学储能技术包括氢气储能、氨气储能、合成燃料储能和甲烷储能等。这些技术各有其工作原理、应用场景，并在不同的行业中占据重要地位。

表 2：主流的化学储能技术比较

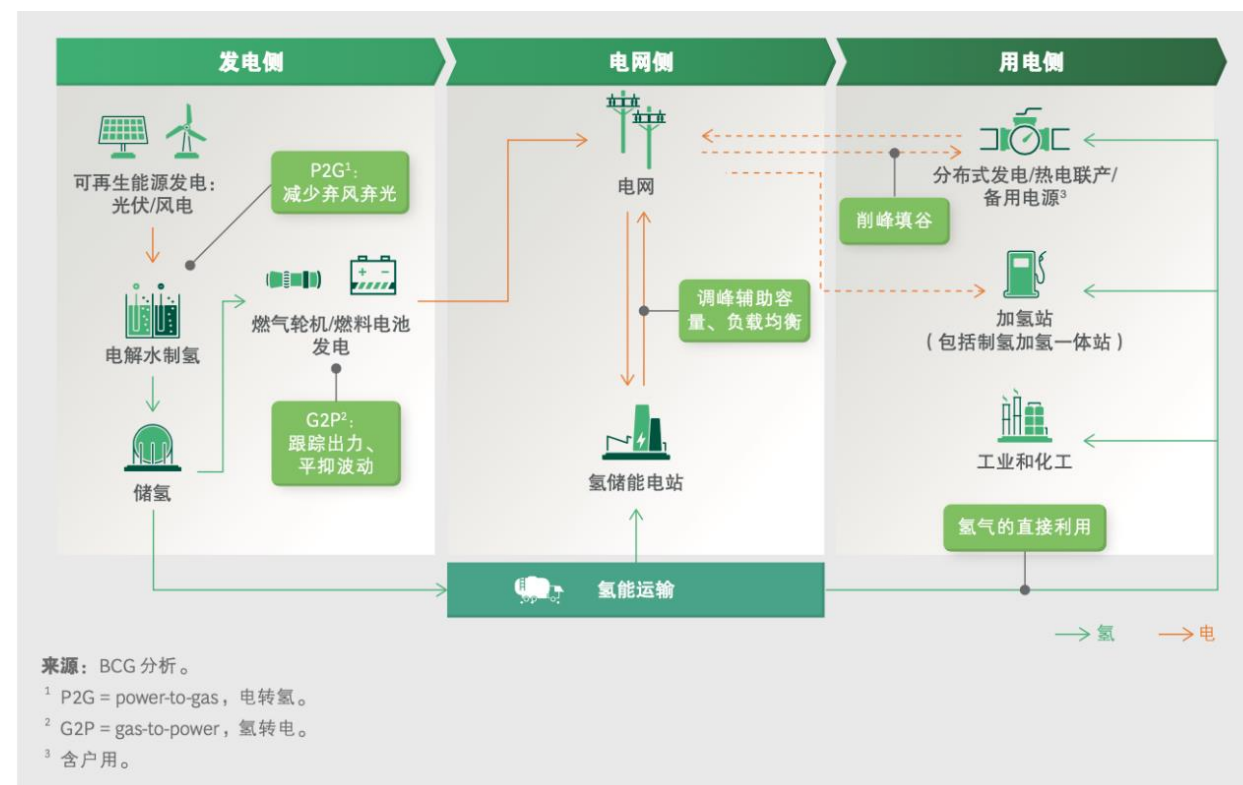
储能技术	工作原理	应用场景	实际应用实例
氢气储能	电解水将电能转化为氢气，通过储氢罐存储。燃料电池将氢气转化为电能或直接燃烧。 氢气储能能量密度高，储存量大，无污染，可再生；但技术难度大，成本高，储存和运输困难。	交通运输（如氢燃料电池汽车）、工业燃料替代、电力储能。	张家口可再生氢能示范区，为冬奥会提供氢燃料电池汽车加氢服务。
氨气储能	氢气与氮气合成氨，氨可以直接燃烧或通过氨燃料电池生成电能。 氨气储能的能量密度高，安全性好，环境友好。	工业能源替代、农业、发电和长时间储能。	江苏宝武集团氨燃料项目，使用氨替代传统化石燃料，支持钢铁生产。
合成燃料	利用电解制氢与捕集的二氧化碳反应生成液体燃料，如合成甲醇和柴油。	航空航天、远洋航运、工业燃烧和汽车燃料替代。	智利 Haru Oni 项目，使用风能生产合成甲醇和合成汽油。
甲烷储能	甲烷 (CH <sub>4</sub> ) 是天然气的主要成分，将甲烷氧化生成二氧化碳，释放出氢离子和电子，获得能量。 甲烷储能能量密度高，储存和释放速度快；但安全性较低。	天然气管网中的储能、电网调峰、家庭供暖、工业燃料和发电。	德国“Power-to-Gas”项目，将风能转化为合成天然气并注入天然气管网。
金属燃料	利用金属（如铝、锌）的氧化还原反应，来储存和释放能量。	航空航天、军事和便携式能源设备。	目前处于实验和小规模试验阶段，尚无大规模商业应用。

化学储能的应用十分广泛，主要涉及三大类型：发电侧储能、电网侧储能、用电侧储能。相对于其他储能方式，化学储能具有能量密度高、响应速度快、环境适应强、循环寿命长等特点，这些特点让化学储能有效地适用于各类需要快速响应和高能量密度的应用场景。

以氢储能为例。

- 发电侧，借助可再生能源发电（如光伏、风电），用电解水的方式制氢。制得的氢可以储存起来，也可以通过燃气轮机/燃料电池直接发电。
- 电网侧，氢储能电站可以对电网起到调峰辅助、负载均衡的作用。
- 用电侧，氢能源有多种应用方式，包括氢储能转化为电能，用于分布式发电/热电联产/备用电源；也包括加氢站、工业和化工等氢气的直接利用。

图 2：氢储能在可再生能源电网中的应用



来源：《新能源革命的技术瓶颈与路径》，国金证券

### 第三节 氢储能的价值链

#### 一、价值链

氢气储能作为化学储能的代表性技术，凭借其高能量密度、长时间储存能力和零碳排放特点，成为未来清洁能源系统的重要组成部分。

氢气来源颇为广泛，作为零碳燃料，具有燃烧极限范围宽广、点火能量低、火焰传播速度迅速等优点。就能量传递的实质而言，绿氢是达成碳中和目标的有效路径。

氢气储能技术涵盖了制氢、储氢、输运、加氢基础设施以及氢燃料电池应用等多个环节，代表整个化学储能领域的关键技术和应用场景。

图 3：氢储能的价值链



来源：《关于印发吕梁市氢能产业中长期发展规划（2022-2035）的通知》

#### 1. 上游：氢气制备

为保障氢能供给，世界主要国家和地区依据自身资源禀赋确定了不同的制氢技术路线。

灰氢是通过化石燃料如煤炭、天然气等的蒸汽重整或部分氧化制得的氢气，目前全球产量最多。灰氢的生产过程中会产生大量二氧化碳等温室气体，污染比较严重，虽工艺成熟、成本较低，但不符合环保标准。

目前，国内主要使用煤炭制氢方式，国外主要以天然气制氢为主。

蓝氢同样以化石燃料制取，不过在生产过程中结合了碳捕集、利用与封存技术，能将产生的二氧化碳捕获并封存，从而显著降低碳排放，是灰氢过渡到绿氢的重要阶段，但该技术尚不成熟，且存在一定技术和经济挑战。

绿氢是利用可再生能源如风能、太阳能、水能等通过电解水制得的氢气，整个过程不使用化石燃料，不产生任何碳排放，是真正的绿色、无污染清洁能源，虽目前成本较高，但随着技术进步有望下降，是未来氢能源发展的主要方向。

绿氢的生产技术即电解水制氢。在储存电能的过程中，电能驱动水（H<sub>2</sub>O）的电解反应，将其分解为氢气（H<sub>2</sub>）和氧气（O<sub>2</sub>）。电解反应的化学方程式为：2H<sub>2</sub>O(l)→2H<sub>2</sub>(g)+O<sub>2</sub>(g)。

水在电解槽中，在直流电的作用下电解成氢气和氧气，阴极产生氢气，阳极产生氧气。电解水制氢主要需要水、电、电解槽设备等。电能可以是传统的火电，当前及未来的趋势是采用绿电。

#### 相关企业

中国石化：2023 年生产氢气约 430 万吨，占全国制氢总量的 12%。已建成加氢站 128 座，为全球建设和运营加氢站。推动可再生能源制氢项目，在新疆库车建成我国首个万吨级光伏绿氢示范项目，在内蒙古鄂尔多斯启动建设 3 万吨/年绿氢项目、在乌兰察布推动 10 万吨/年绿氢项目，促进炼化业务化石能源替代。

- 壳牌：壳牌已建设超过 50 座加氢站，覆盖欧洲、北美和亚洲等主要市场。计划到 2030 年在全球范围内建成 500 个加氢站。

Refhynne 是壳牌在德国的一个旗舰项目，位于莱茵兰（Rhineland）炼油厂。该项目是欧洲最大的电解水制氢项目之一，利用 5 兆瓦的电解槽，每年可以生产约 1300 吨绿色氢气。在荷兰，壳牌的 Pernis 炼油厂，建设了一个大规模的氢气生产设施，通过蒸汽甲烷重整（SMR）技术生产氢气，并计划逐步增加绿色氢气的比例。壳牌计划到 2030 年在全球范围内将其氢能业务扩大至日生产 1000 万吨氢气，主要通过可再生能源制氢的方式。

- Air Products：在全球范围内建立了约 250 个加氢站，覆盖北美、欧洲和亚洲的主要市场。

Air Products 年产氢气超过 80 亿标准立方英尺，包括从天然气重整到可再生能源电解水制氢的多种技术。Air Products 与沙特阿拉伯合作，在未来的 NEOM 城市开发世界上最大的绿色氢气项目。该项目计划使用 4GW 的可再生能源来进行电解水制氢，预计每天生产约 650 吨的氢气。

Air Products 在美国路易斯安那州建设了一个“蓝氢”项目，使用天然气重整技术并结合碳捕获与封存（CCS）技术生产低碳氢气。该项目每天生产约 75 万吨氢气，同时每年捕获和封存约 500 万吨二氧化碳。

## 2. 中游：氢气储运

**氢气的储存**是中游环节的关键步骤，储存方式主要包括气态储氢、液态储氢和固态储氢。每种方式各有其应用场景和技术特点。

- 气态储氢：高压气态储氢是目前应用最广泛的储氢方式，通常使用高压储氢罐将氢气压缩至 350 至 700 bar。高压储氢罐具有技术成熟、成本较低的优势，广泛用于固定式储氢装置和氢燃料电池汽车的车载储氢系统。这种方式能够满足氢能在交通运输中的需求，已成为氢燃料电池汽车的标准配置。
- 液态储氢：将氢气冷却至-253°C 液化后存储在低温液氢罐中，液态储氢的能量密度较高，适合远距离、大规模的氢气运输。液态储氢技术在航天领域应用广泛，当前正在探索商业化应用，尤其是在需要大规模氢气储运的工业和国际贸易中。

- 固态储氢：通过金属氢化物、纳米材料等吸附和释放氢气，实现固态储氢。这种方式提供了更高的储氢密度和更安全的储存条件，适合需要长时间稳定储氢的应用场景。目前固态储氢技术仍处于示范阶段，但未来有望在安全性和储存效率方面取得突破。

- 有机液体储氢：利用有机液体化合物（如甲苯、甲基环己烷）与氢气发生加氢反应来储存氢气，在需要时通过脱氢反应释放氢气。这种方式在常温常压下以液体形式存在，安全性较高，能利用现有的液体燃料储存和运输设施，不过脱氢反应需要合适的催化剂和反应条件，目前还面临反应温度较高、反应速率较慢等挑战。

**氢气运输**是氢能供应链的重要组成部分，方式包括气态运输、液态运输和固态运输。

- 气态运输：主要通过高压长管拖车和管道输送实现。高压长管拖车技术已相对成熟，适用于短距离、中小规模的氢气运输，广泛应用于加氢站之间的氢气配送。管道输送则适合大规模、远距离的氢气运输，尽管初期投资较大，但在长远来看具有成本效益。目前一些国家已开始建设氢气专用管道网络。
- 液态运输：液氢通过特殊设计的低温液氢罐车进行运输，适用于远距离、大规模的氢气运输，特别是在国际氢能贸易中具有潜力。液氢运输技术挑战主要在于超低温冷却和保持液氢状态的能耗问题。
- 固态运输：利用低压高密度储罐来运输固态氢，具有较高的安全性和便捷性。尽管固态运输技术尚在开发和示范阶段，但其未来在特定应用场景中的潜力不容忽视，尤其在小规模、分布式氢能供应中。

**加氢基础设施**是氢能应用的中枢环节，决定了氢能在交通运输和其他应用中的普及程度。根据氢气来源和储存方式，加氢站可以分为以下几种类型：

- 外供氢气加氢站：氢气通过外部供应链提供，利用加氢站内的储氢设施进行分配。这种模式适用于已有成熟氢气供应网络的地区，能够满足大规模氢气需求。
- 站内制氢加氢站：在加氢站内通过电解水或重整制氢直接生产氢气。这种模式减少了氢气运输的复杂性，但由于需要现场制氢设备和更高的技术要求，目前应用范围相对有限。

根据储存氢气的形态，加氢站可以使用高压气态氢气进行加注，或使用液氢储罐进行加注。液氢加氢站占地面积小、储量大，适合大规模氢燃料电池汽车的加注需求。

加氢站通常提供 35MPa 和 70MPa 两种供氢压力等级，分别用于不同类型的氢燃料电池汽车。目前，70MPa 的高压加氢站在重型货车和公共汽车中应用较为普遍。

截至 2023 年底，全球累计建成加氢站超过 1100 座，有 747 座加氢站分布在亚洲地区，占全球比重达到 66%，欧洲和北美地区的加氢站数量占比次之。中国加氢站的数量占全球的 36%，是全球最大的加氢站保有量国家。

### 相关企业

- 中集安瑞科，隶属中国国际海运集装箱（集团）股份有限公司，立足能源、化工、食品装备行业，为客户提供运输、储存、加工的关键装备、工程服务及系统解决方案。公司自 2006 年起开展氢能业务，产品涵盖了氢能储、运、加等各细分领域。2020 年，公司与挪威的 HEXAGON PURUS 成立合资公司，携手将欧洲已成熟运用的四型储氢瓶技术国产化，布局中国及东南亚快速增长的高压氢气储运的市场。
- 京城股份旗下的天海工业，拥有八个专业气体储运装备生产基地及一个美国公司的集团公司，可生产 800 余个品种规格的钢质无缝气瓶、缠绕气瓶、蓄能器壳体、无石棉填料乙炔瓶、焊接绝热气瓶、碳纤维全缠绕复合气瓶（含车用）、低温罐箱及加气站等系列产品。

### 3. 下游：氢气应用场景

氢的直接应用包括氢燃料电池应用（包括商用车、船舶、航空器等应用）、氢燃料、供电供热、化工/冶金等。氢发电应用包括季节性储能、分布式发电等。

#### (1) 氢燃料电池

**氢燃料电池**是氢气转化为电能的核心设备，是氢能应用的关键环节。在需要放电时，储存的氢气等燃料通过燃料电池重新转化为电能。

燃料电池将氢气和氧气重新组合成水，并释放出电能，反应方程式是  $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$ 。燃料电池技术在交通运输和固定式发电中具有广泛的应用前景。

**氢气储能系统集成**是实现氢储能发电的核心。其中的智能能量管理系统（EMS）在这一过程中发挥关键作用，通过实时监控和优化能量流动，确保系统的高效性和安全性。集成过程需要优化电解器、储氢罐、燃料电池等设备的性能，以实现能量的有效转换和利用。

- 综合能源管理：通过智能控制平台，管理各储能方式间的能量流动，确保能源的高效利用和供需平衡。
- 数据分析和优化：利用大数据分析和人工智能技术，实时监控和预测能量需求，优化储能系统的运行，减少能耗和损失，提高整体效率。
- 安全性管理：对涉及高压、高温和有毒物质的化学储能系统进行安全管理，包括泄漏检测、紧急停机和远程监控，确保系统在各种条件下的安全性。

国外氢储能应用广泛。美国在交通领域推广氢燃料电池汽车，已有超过 1 万辆上路；日本累计安装了约 40 万台家用燃料电池（ENE-FARM）。

中国在氢能应用方面集中在交通领域。截至 2023 年底，中国的燃料电池汽车保有量已超过 2 万辆，主要应用于公交车、物流车辆和市政环卫等领域。加氢站的数量也有了大幅增长，全国已建成并投入运营的加氢站数量超过 300 座，位居全球首位。

2022 年北京冬奥会期间运行超 1000 辆氢能源汽车，配备 30 多个加氢站，成为了全球最大的一次燃料电池汽车“秀场”。北京冬奥会使用的氢能源车型分为两类：一类是参与各场馆之间运输的商用大巴车，总数超过了 800 辆，覆盖了丰田、福田、宇通、中通、吉利等品牌；另一类是小型乘用车领域，基本都是都是丰田品牌车。

相比于电动车，氢燃料电池车“加氢 5 分钟，续航 800 公里”，耐低温，续航高，真正规避了电动车的所有痛点。但是，虽然能解决传统的痛点，但氢能固有的痛点也很明显。比如氢气的储存和运输都比较复杂，制氢、加注氢能时的安全问题，以及建设加氢站的三倍于加油站的高昂成本，都成为推广氢燃料电池汽车的障碍。

## (2) 氢能发电

氢气内燃机发电是通过氢气在内燃机中燃烧，将化学能直接转化为机械能，进而带动发电机产生电能，这一过程与传统的燃油内燃机发电类似。

2024 年 9 月，以“氢启未来 中德同辉”为主题的中关村道依茨氢气内燃机发电示范项目在北京经济技术开发区启用。示范项目是德国道依茨公司在中国设立的首个氢能应用项目，年发电量最多可达 100 万度，每台设备每年可累计减碳约 800 吨。该发动机具有孤岛或并网供电、单台或多机并联等模式，并实现自动启停、自动功率分配和远程控制等功能，可以广泛应用于多种民用、工业生产及储能场景。

### 实际应用案例

- 张家口可再生氢能示范区：位于中国河北张家口的可再生氢能示范区，是中国氢能应用的重要案例。该项目利用当地的风能和太阳能资源，通过电解水制氢，生产的氢气用于加氢站和氢燃料电池汽车，为冬奥会提供清洁的交通能源。
- 德国“Power-to-Gas”项目：这是欧洲首个利用可再生电力生产氢气和合成天然气的示范项目。该项目通过电解水制氢，并与二氧化碳反应生成甲烷，然后注入现有的天然气管网，实现大规模能源存储和供应。

## 二、氢能应用端的相关企业

日本在氢能及燃料电池技术方面具有显著优势。日本不仅拥有全球最多的氢能专利，还实现了燃料电池车和家用热电联供系统的规模化商业推广。此外，日本的氢能基础设施建设也较为完善，例如其城市地区使用氢燃料的热电联产系统以及全球首艘液化氢运输船的成功运营。日本的氢能和燃料电池技术和产品研发水平在全球具有明显的领先优势。

德国在氢能及燃料电池领域同样占据重要地位。德国是欧洲发展氢能最具代表性的国家或地区，拥有世界级的氢气和燃料电池价值链参与者，并且在可再生能源制氢规模和燃料电池供应制造方面均处于全球前列。德国政府通过大量资金支持氢能及燃料电池的研发和推广，建立了全球第二大加氢网络，并投入了全球首列氢燃料电池列车。

中国是世界上最大的制氢国，其制氢量长期保持第一，且蓝氢和绿氢的增速较高。预计到 2050 年，中国氢能的市场规模也将成为世界第一。

这些国家或地区在氢储能领域的成功因素主要包括政府的巨额财政支持、完善的基础设施建设、强大的技术研发能力以及政策和资金的有力推动。

### 1. 氢燃料电池

- 普拉格，成立于 1997 年，位于美国纽约，全球最大的氢燃料电池系统供应商，在物料搬运设备（氢燃料电池叉车）领域具有领先优势。截至 2023 年，普拉格已经部署了超过 60000 台燃料电池系统，占据北美物料搬运市场燃料电池解决方案的最大份额。

普拉格与亚马逊、沃尔玛等全球零售巨头达成了长期合作，为其物流和仓储设施提供氢燃料电池动力的物料搬运设备。通过这些合作，普拉格在全球数百个仓库部署了数万台燃料电池叉车，大幅提高了仓储和物流效率。自主研发的 ProGen 燃料电池引擎系列具备高功率密度、高效率和低维护成本的特点，广泛应用于物流车、商用车和固定电源等多个领域。这些引擎能够在恶劣环境下稳定运行，已经成为许多企业绿色能源战略中的重要组成部分。

- Bloom Energy，美国能源技术公司，专注于开发和商业化基于固体氧化物燃料电池（SOFC）的分布式发电系统。通过其先进的固体氧化物电解槽（SOEC）技术，实现了高效的绿色氢气生产。相比传统电解槽，Bloom Energy 的 SOEC 技术效率提高约 20%，能够利用较低的电能产生更多的氢气。

Bloom Energy 在美国加州部署了多个绿色氢气生产设施，这些设施采用公司独特的 SOEC 技术，利用太阳能和风能产生氢气。通过这些设施，Bloom Energy 每年可以生产超过 1000 吨绿色氢气，显著减少二氧化碳排放。

- 亿华通，中国领先的氢燃料电池系统研发与制造企业。公司专注于氢能技术的开发，涵盖石墨、金属燃料电池电堆、氢燃料电池发动机、系统集成、电解槽以及与之相关的产业链布局。

亿华通参与了中国首个国家级氢能示范区——张家口氢能示范项目。在 2022 年北京-张家口冬奥会投运的燃料电池车辆中，适配亿华通氢燃料系统的就有 700 多辆。其中包括了 465 辆北汽福田欧辉客车、85 辆宇通客车、80 辆吉利星际客车、40 辆中通客车，大多分布在张家口及崇礼赛区。

- 国鸿氢能，以燃料电池电堆及动力系统、分布式发电、制氢装备为核心产品的氢能装备公司。自主研发的 G 系列石墨燃料电池电堆，能够实现更高的功率输出和更小的体积重量比，特别适合商用车和大功率固定电源。累计出货量超过 650MW，搭载的氢能汽车累计安全距离超过 2 亿公里。
- 江苏国富氢能，专业从事氢能“制储运加用”装备的设计、制造与技术服务，是国内领先的氢能装备全产业链整体解决方案供应商。在车载供氢系统及加氢站成套装备领域，市场占有率均持续多年保持全国领先。同时，国富氢能对成熟产品通过国产化替代、设计深度优化，推进降本增效；在创新产品方面，包括自主研发的碱性水电解制氢电解槽，能适应功率波动的高效节能型电解槽。另外，公司还在液氢装备领域取得了重要进展，目前已在山东立项液氢工厂的产品示范项目，确保打通液氢全产业链示范应用。

## 2. 氢燃料电池汽车

- 丰田汽车，全球领先的汽车制造商之一，作为推动氢能技术商业化的先锋，丰田在全球范围内积极推广氢燃料电池汽车（FCEV），并致力于构建氢能社会。

2014 年推出全球首款量产氢燃料电池汽车——Mirai。这款车是氢能汽车的标志性产品，截至 2023 年底，全球累计销量超过 1.6 万辆。Mirai 凭借其零排放、加氢快速和长续航里程的优势，得到市场的广泛认可。特别是在燃料电池堆的效率、耐久性和成本控制方面取得了重大进展。最新一代的 Mirai 在每台车的燃料电池系统成本上减少了 50%，同时提高了功率密度和续航能力，续航里程达到 650 公里。丰田计划到 2030 年全球销售超过 100 万辆氢燃料电池汽车，并积极推动氢能社会的建设。

- 现代汽车，全球领先的汽车制造商，2023 年全球汽车销量排名第三名。

现代汽车于 2018 年推出了 NEXO，这是一款第二代氢燃料电池 SUV，也是全球首款量产的氢燃料电池汽车之一。NEXO 在续航里程、加氢速度和环保性能方面均处于领先地位。NEXO 的续航里程达到了 666 公里（根据 WLTP 标准）。

2020 年推出了全球首个商用氢燃料电池重型卡车——XCIENT Fuel Cell，并首次在瑞士投入运营。该卡车采用了现代汽车自主研发的氢燃料电池系统，具有零排放、长续航、高效率的特点。

2023 年，现代汽车在瑞士、德国、挪威等国家部署超过 1600 辆 XCIENT Fuel Cell 卡车，推动欧洲绿色物流的发展。

现代汽车计划到 2040 年实现全面的氢能商业化，目标是全球销售 70 万辆氢燃料电池汽车，并通过氢能技术推动全球交通和能源系统的去碳化。

- 飞驰科技，由美锦能源控股，成立于 1971 年，国家首批列入氢燃料电池汽车公告目录的整车生产厂家之一。专注于新能源汽车研发、生产、销售为一体的整车企业。自 2016 年以来，在细分领域中占有率行业排名始终全国前五。

公司目前已在广东佛山、山东青岛设立整车及组装基地，拥有产业落户优势，辐射周边地区。主要燃料汽车车型包含牵引车、冷藏车、物流车、公交车、环卫车等。

## 第四节 氨储能的价值链

氢气因其高燃烧热值和零碳排放的特质，被视为未来能源体系的瑰宝。然而，氢气的储存与运输成本高企且技术瓶颈显著。相较于氢，氨的液化过程较为容易（在常温 25°C 条件下，0.8~1.2 MPa 即可实现液化），且液氨的体积能量密度可达液氢的 1.5 倍，具有较高的能量运输效率。现有的传统工业合成氨产业已较为完整和成熟，可依托现有技术、基础设施及供应链实现氨的大规模、远距离高效运输。

正因为此，氨作为一种兼具原料和燃料特性的物质，其在构建新能源体系中所扮演的角色和定位与氢相似，可作为可再生能源大规模、长距离转移的介质。氨与氢在关键技术与应用场景方面具有较高的重合度。在全球范围内，氢能技术与产业已具备一定基础与发展态势。氢能可依托氢能产业基础实现快速渗透，并与氢能形成耦合发展，助力实现碳达峰、碳中和目标。

致力于构建“氢社会”的日本在国际上首次提出了氨能概念，将合成氨视为一种将绿色电力转化为零碳燃料的有效途径。

从储能角度来看，氨（NH<sub>3</sub>）具有高能量密度、易于液化和运输的特点，是未来低碳经济中的重要化学储能技术。氨可以通过催化分解产生氢气，解决了氢能难以低成本、长距离输送的问题，同时也可解决大规模绿色氢能如何利用的问题，延续氢能终端消费的产业链，进一步壮大氢能产业规模。

从能源角度来看，氨的完全燃烧产物仅为氮气和水，氨不含碳元素，燃烧利用过程中不会产生碳排放。既可作为电力系统的清洁燃料替代部分煤炭，也可作为发动机的清洁燃料替代部分化石能源。同时，氨的燃烧爆炸风险较汽油、天然气等燃料为低。氨具有刺激性气味，一旦发生泄露易于察觉，有利于及时处理安全风险。

## 一、价值链

### 1. 上游：氨气合成

合成氨的基本方法为 Haber-Bosch 法（哈伯法）：在高压、高温和催化剂存在下，由氮气和氢气合成氨。

### 2. 中游：氨气储运

#### 氨气存储

- 液态储存：氨在-33.4°C 的低温或常温下在适度的加压条件下保持液态，这使得液态氨的储存相对简单。液态氨可以存储在标准的液氨罐中，已经广泛应用于化工和农业领域。
- 固态储存：氨也可以通过化学吸附在固体材料中，实现安全、高密度的储存方式。这种技术目前主要处于研发和示范阶段，但有望在未来提供更安全的氨储存解决方案。

#### 氨气运输

- 管道运输：氨可以通过专用管道进行运输，类似于石油和天然气的输送。这种方式适合大规模、长距离的氨气运输，尤其在已有化工基础设施的区域应用。
- 液氨运输：液氨可以通过低温液氨罐车和船舶运输，支持国际氨贸易和远距离供应。氨的运输技术已经成熟，并广泛应用于农业和工业。

### 3. 下游：氨气应用场景

在产业链终端，氨最直接应用是转变成氢，进入“氢应用”模式。氨作为高效储氢介质，具有易液化储运、安全性高和无碳排放等优势。氨可以在需要时通过裂解产生氢气用于燃料电池发电。这种方法利用氨作为稳定的氢气运输介质，降低了氢气的运输和储存难度。

除此以外，氨的直接应用包括氨燃料电池应用（包括商用车、船舶应用）、氨燃料、热/电/冷联产、化工、农业等。氨发电应用包括季节性储能、分布式发电等。

- **燃料应用**：氨可以直接燃烧产生热能，或者作为氢燃料电池的燃料来源（通过分解产生氢气）。氨燃烧时不排放二氧化碳，因此是一种潜在的清洁燃料选择，尤其适用于高温工业过程和发电。
- **工业应用**：氨在化工制造（如生产化肥）中已得到广泛应用。随着绿色氨生产技术的发展（如电解制氢与氮气合成氨），未来氨的应用将进一步扩大到能源领域。

#### 实际应用案例

- 荷兰的液氨运输示范项目：通过改造现有的液化天然气运输船，探索液氨在长距离海上运输中的可行性，为氨储能的国际化提供技术支持。
- 中国宝武集团的氨燃料项目：利用氨作为替代燃料用于钢铁生产中的高温燃烧过程，展示了氨在工业脱碳中的应用潜力。

## 二、氨能相关企业

### 1. 国际上主要的氨能企业

氨作为重要的化工原料与能源载体，应用领域涵盖农业、工业、能源等诸多方面。氨的合成与生产是氨能产业的根基。氨能企业在全全球范围内具有关键战略地位和广阔发展前景。全球领先的氨能技术公司如 KBR，在全球范围内授权、设计或建造了超过 250 家基层氨厂，占据了约 50%的技术许可产能市场份额。

### (1) KBR: 全球最大技术许可产能持有者

KBR (Kellogg Brown & Root) 是一家总部位于美国的跨国工程和建筑公司，成立于 1901 年，提供全球范围内的专业服务，包括工程、采购、建设、运营和维护等领域。KBR 在多个行业都有涉足，如能源、化工和政府服务等。公司致力于通过其可持续发展解决方案和气候行动来促进更可持续的世界，并在能源转型、脱碳和循环经济方面拥有丰富的经验。

KBR 公司是全球领先的氨能技术领导者，拥有约 50% 的技术许可产能市场份额。自 1943 年以来，KBR 在全球范围内授权、设计或建造了 250 多家基层氨厂，并且在氨厂升级和改造方面也有丰富的经验。例如，KBR 提供的 K-Boost™ 技术解决方案能够显著提升氨厂的产能和能源效率，通过采用 KREST™、Purifier™ 和 Ammonia Converter 等工程解决方案，KBR 能够将氨厂产能提升 25%-50%，同时减少特定能耗 5%-15%。

此外，KBR 还与科莱恩扩大了战略合作，共同推进低碳和零碳绿氨的应用。这种合作结合了科莱恩的 AmoMax 催化剂和 KBR 的 K-GreeN 氨合成技术，旨在提高氨生产的经济性和能源效率。KBR 的 K-GreeN® 工艺技术专注于生产绿色氨，减少二氧化碳排放，并优化可再生能源的整合。

项目方面，KBR 参与了多个重要的氨能项目。例如，KBR 与 Acme 集团合作，在阿曼杜库姆经济特区建设了一个总投资 35 亿美元的绿色氨项目，该项目日产 300 吨氨，利用太阳能和风能作为能源，旨在实现零碳足迹。该项目是全球首批商业绿氨项目之一，预计完全投运后每天可生产 2400 吨绿色氨，相当于每年约 90 万吨。此外，该项目还计划安装 3GW 的光伏和 0.5GW 的陆上风电装机容量。

KBR 在 2023 年获得 MSCI 的 AAA 评级，还被《今日美国》评为 2023 年美国气候领导者之一。

#### 环境

- 技术创新推动环保：KBR 不断努力开发有益于环境的新技术。例如，其 Hydro-PRT® 技术可将废塑料转化为高价值的产品，避免塑料废物被燃烧、送往垃圾填埋场或泄漏到环境中，为循环塑料提供了可替代化石的原料，减少了对化石资源的消耗，有助于实现温室气体净零排放的目标。
- 碳减排成果显著：自 2019 年以来，KBR 一直是一家碳中和公司，通过抵消企业碳足迹，在范围 1 和 2 以及商务旅行中实现了碳中和。

#### 社会

- 员工发展与权益：KBR 重视员工的发展，提供学徒、培训、教育和发展机会，创造职业优势。公司还注重员工的工作环境和体验，通过员工满意度调查等方式不断改进。此外，员工积极参与慈善捐赠和社区外展工作，在社区中发挥积极作用。
- 教育与社区参与：例如其环境教育计划 OneOcean，员工支持当地学校并共同努力解决海洋中的塑料污染问题。
- 性别平等表现良好：被《福布斯》评为对女性友好的公司之一，在性别平等、职业晋升机会、育儿假等方面表现出色。

#### 公司治理

- 合规与道德标准：公司制定了商业行为准则等政策，致力于以最高的道德标准开展业务。
- 信息披露与透明度：发布可持续发展报告，向公众展示公司在 ESG 方面的进展和目标，与利益相关者保持沟通。
- 认可与荣誉：KBR 在行业内获得了诸多认可，如被《财富》杂志评为世界上最受尊敬的公司之一。

### (2) Yara Freeport LLC

Yara Freeport LLC 是由 Yara International 和 BASF Group 合资成立的一家世界级氨厂，位于美国德克萨斯州的弗里波特市 (Freeport)，拥有年产 75 万吨氨的生产能力。除了扩充 Yara 的氨业务，BASF 还将这些氨用作其聚酰胺 6 生产的原料。

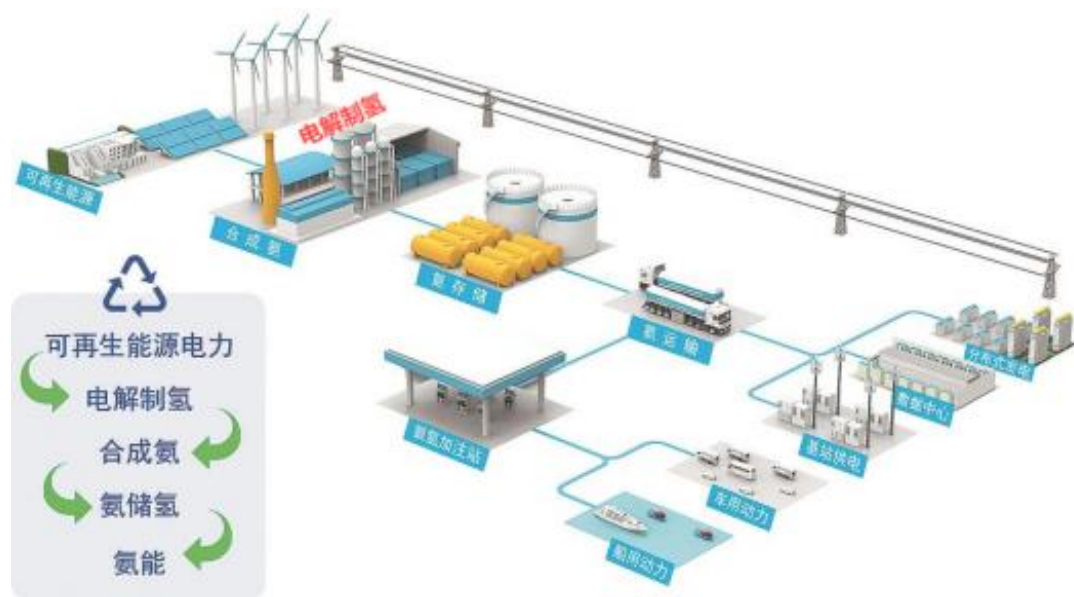
工厂采用了一种基于副产品氢气而非天然气的高效可持续生产过程，从而降低了资本支出和二氧化碳排放。为了支持新工厂的运营，Yara 在弗里波特港建造了一个新的氨储存设施，而 BASF 则升级了现有的码头和管道资产。这种整合使得工厂能够无缝融入 BASF 在弗里波特现有的 Verbund 制造结构中，优化了资源利用。

## 2. 我国主要的氢能企业

### (1) 福大紫金氢能

2023年1月，福大紫金氢能和厦门金龙共同研发出全国首辆“氨-氢”燃料电池客车，实现氢能在汽车上的即产即用，具有“加注时间短、续航里程长、安全高效、节能环保”等多重优点，为“氨-氢”能源在车用燃料电池领域的商业化推广提供了一条重要的技术路径。

图4：绿色“氨-氢”能源“零碳”循环路线



来源：福大紫金

2023年8月，由福大紫金氢能研发的百千瓦级“氨-氢”燃料电池发电站首次在建筑工地领域投入使用。该装置是福大紫金与中建四局建设发展有限公司合作项目，为建筑工地提供持续不间断的电力保障。相比柴油机发电机每千瓦时电可节省成本30%以上。“氨-氢”燃料电池发电站可用于草原、荒漠、高山、海岛等离网场景，帮助用户实现远程了解基站状况、长时间无人值守，实现安全、零碳、低成本供电。

### (2) 中船集团上海船舶研究设计院

由中船集团上海船舶研究设计院自主研发设计的氨燃料动力集装箱船，将在2026年交付比利时船东CMB公司使用。该型轮船总长150米，配备氨燃料发动机、氨燃料储罐及保障系统，能够装载1400个标准集装箱。相比以往依靠化石燃料驱动的船舶，该型轮船的二氧化碳年排放量减少了将近95%。

### (3) 皖能铜陵公司

皖能铜陵公司，即皖能铜陵发电有限公司，是一家国有企业，成立于2005年12月。公司主要从事电力及其附属产品的生产和销售，并涉及电力相关产业的开发和经营。公司拥有多个发电机组，总装机容量达到237万千瓦。

近年来，皖能铜陵公司在技术创新方面取得了显著成就。例如，该公司在300MW燃煤机组上进行了掺氨燃烧试验，并成功实现了多工况负荷下掺氨10%-35%的平稳运行。这一成果标志着我国燃煤机组大比例掺氨清洁高效燃烧技术，进入了工业应用阶段。

此外，皖能铜陵公司还积极参与新能源项目的开发。例如，该公司开发的铜陵市郊区经开区5G光电产业园厂房屋顶分布式光伏项目已通过备案审核。公司也在推动光伏制氢合成氨商业模式的落地。

### (4) 合肥氢聚科技有限公司

合肥氢聚科技有限公司是一家专注于氢氨一体化与氨能燃料利用技术的创新应用解决方案供应商。该公司由合肥综合性国家科学中心能源研究院氢氨中心孵化，于2021年12月成立。

公司致力于开发和推广氨发动机燃气控制系统、撬装式供氨系统、撬装式合成氨系统以及氢聚云服务等产品，旨在打造绿色、高效、经济的现代能源系统，其技术成果在多个领域得到应用，包括绿氨生产、储运、加注及其内燃机应用技术创新。

## 第五节 合成燃料储能的价值链

其他合成燃料是通过将电解制氢与二氧化碳反应生成的液体或气体燃料，如合成甲烷、甲醇和柴油。这些燃料既可以用于储能，也可以作为直接燃料使用，为替代传统化石燃料提供了一条可行的途径。

### 合成燃料的储存

- 液态储存：合成燃料通常以液态形式储存在常规的燃料储存设施中，如油罐或化工储罐。由于合成燃料具有与传统石油类似的物理和化学特性，因此现有的液体燃料储存和运输基础设施可以直接用于合成燃料，减少了新基础设施投资的需求。
- 气态储存：在合成甲烷的情况下，可以利用天然气管网进行气态储存和输送。这种方式允许将可再生能源电力转换为化学能并储存在现有的天然气基础设施中，实现能源系统的灵活性和稳定性。

### 合成燃料的运输

- 管道运输：合成甲烷可以通过现有的天然气管道进行大规模运输，降低了运输成本，并实现了长距离能源传输。欧洲一些国家已经开始利用天然气管网分配合成甲烷，支持可再生能源发电的稳定输出。
- 液态运输：如同传统液体燃料一样，合成燃料可通过油轮、铁路罐车和公路罐车进行液态运输，适用于国内和国际市场的燃料供应。

### 合成燃料的应用

- 工业应用：合成燃料可用于化工生产和高温工业过程，如钢铁制造、化肥生产等，替代传统的化石燃料，减少碳排放。
- 交通应用：合成燃料特别适用于航空和航运领域，因为它们能够直接替代传统的航空煤油和船用重油。智利的 Haru Oni 项目是合成燃料应用的一个典型案例，该项目利用风能发电制氢，并与二氧化碳反应生成合成燃料，为国际航空提供清洁能源。

## 第六节 化学储能行业的发展历程

### 一、氢储能

在全球气候变暖和碳减排的大趋势下，传统化石能源向清洁能源转型成为全球经济绿色增长的核心驱动。

氢储能技术基于将电能转化为氢气的化学过程，具有高能量密度和环境友好性，因而受到各国青睐。据国际氢能委员会预计，到 2050 年，氢能源在全球能源消耗总量中的占比将达 18%，可使二氧化碳年排放量较当前减少 60 亿吨，并催生出年产值 2.5 万亿美元的行业。在此背景下，发展氢能成为各国实现碳中和目标的战略选择。

#### 1. 氢能的发展

##### ◆ 萌芽阶段

1839 年，威廉·格罗夫（William Grove）发明了第一台燃料电池，实现了将氢和氧直接转化为电能的可能。20 世纪初，随着化学工业的发展，氢气的工业化生产开始兴起，但主要用于化工原料，而非能源载体。缺乏高效、安全的氢储存技术，限制了氢能的广泛应用，化石燃料廉价且易得，氢能未受到足够重视。

##### ◆ 探索阶段

1964 年，NASA 首次成功发射了以液态氢为燃料的半人马座上面级（Centaur Upper Stage）火箭，证明了液态氢作为高能燃料的可行性，推动了低温工程和材料科学的发展。同时，20 世纪中叶开始，探索金属氢化物（如 LaNi<sub>5</sub>、TiFe）作为氢储存介质的可能性。然而，储氢容量有限，吸放氢动力学较慢，需在高温条件下操作。

##### ◆ 发展阶段

20 世纪末，美国、日本、德国为主的学者深入研究金属氢化物储氢技术和碳纳米材料。1993 年，日本启动了世界能源网络计划（WE-NET），重点研究镁基、钛基和稀土金属氢化物，提高储氢容量和吸放氢速率，推动了金属氢化物储氢技术的发展。

1991年，日本科学家饭岛澄男教授发现了碳纳米管，美国理查德·斯莫利（Richard Smalley）研究富勒烯和碳纳米管的储氢性能，开辟了利用纳米技术提高储氢性能的新方向。但是因为催化剂及金属材料的成本、较高的重量能量密度，限制了金属氢化物的应用。

#### ◆ 应用阶段

21世纪初，由于高压储氢技术的突破，燃料电池技术得以发展，丰田、本田、现代等汽车制造商采用碳纤维复合材料，开发了70兆帕的高压储氢罐，满足了燃料电池汽车的需求。因此促进了丰田、本田、现代等燃料电池汽车的上市，进一步推动了氢储能与燃料电池相关技术的商业化。

同时，在液态储氢方面，利用有机化合物（如甲苯、二苯基甲烷）可逆地吸收和释放氢气，实现常温常压下的氢储存和运输。固态储氢方面，探索硼氢化物、氨基甲酸盐等化合物的储氢能力。

## 2. 各国的发展特点与氢能战略

氢能作为理想的替代能源，自20世纪70年代开始受到重视。

据彭博新能源统计，目前全球已发布氢能战略的国家和地区有52个，计划发布的有29个。不同经济体因能源资源禀赋、转型压力、科技水平和国内市场空间的差异，其氢能产业布局各有重点。资源禀赋好的国家侧重于氢能上游产业，而资源匮乏的国家更注重下游市场开发。

#### ◆ 美国

美国从20世纪中期就开始了金属氢化物的应用研究，并提出了“氢经济”的概念。2003年，美国能源部在科学处成立专门的氢能基础研究资源及管理机构——氢气的生产、储存及应用基础能源科学工作组，明确氢能生产、储存、应用过程中的基础研究需求和机遇。美国高度重视氢能产业链上下游技术培育，涵盖氢气生产、储运、燃料电池制造、燃料电池汽车和加氢站基础设施等领域。美国在氢能领域专利众多，仅次于日本，在氢燃料电池汽车市场和加氢站利用率方面居全球领先水平。美国每年氢气产量超过1000万吨，占全球供应量的15%。

20世纪90年代起重视氢能与燃料电池技术，先后出台《氢能前景法案》等政策。21世纪初，《能源政策法》将氢能源纳入国家能源战略体系，并提出《国家氢能发展路线图》。2022年9月，美国能源部（DOE）

发布《国家清洁氢战略和路线图（草案）》，将氢能作为中长期战略技术储备，持续加大科技研发投入，以确保在新兴技术领域的领先地位。

美国能源部于2021年6月启动了“氢能源地球射线”（Hydrogen Earthshot）计划。

- 到2050年实现净零排放，清洁氢将在工业、交通和电力等领域发挥关键作用。广泛应用氢能源，以促进能源体系的全面脱碳。该计划的核心是在未来十年内将清洁氢的成本降低80%，达到每公斤1美元。
- 宣布将投资80亿美元用于建立“氢枢纽”（Hydrogen Hubs），促进生产、储存、运输和应用的全产业链发展。

2022年，美国通过了《通胀削减法案》（Inflation Reduction Act），为清洁氢生产提供了新的税收抵免，最高可达每公斤3美元。这将大幅降低清洁氢的生产成本，激励企业投资。

#### ◆ 欧洲

欧洲以碳减排为首要目标，将氢能视为能源安全和转型的关键保障，充分利用自身风力和光伏发电快速发展以及完善的天然气基础设施优势，加速氢能商业化进程。重点推广天然气管道掺氢。

根据2021-2027年的“地平线欧洲”计划，欧盟预算约955亿欧元，其中相当一部分将用于氢能和储能技术的研究与创新，推动技术进步和成本下降。

2000年，欧洲制定了《至2005年欧洲氢能研发与示范战略》，并在之后持续推动氢能技术的发展。

2020年7月，《欧盟氢能战略》发布，旨在加速氢能在欧盟能源体系中的应用，推动绿色转型。

- 到2030年，安装40吉瓦的电解槽，年产1000万吨可再生氢。
- 到2050年，氢能将在难以减排的行业中广泛应用，实现全面的能源转型和气候中和。

2019-2024年期间，欧洲燃料电池和氢能联合组织发布《欧洲氢能路线图：欧洲能源转型的可持续发展路径》报告，欧盟委员会发布《气候中性的欧洲氢能战略》，建立欧盟氢能产业联盟。德国、英国等国家也分别发布各自的氢能战略，如德国2020年发布《德国国家氢能战略》，英国2021年发布《国家氢能战略》，2024年发布《能源安全战略》及《氢能投资者路线图》。

### ◆ 日本

为丰富能源供给结构、保障能源安全，日韩专注于车用和家用领域的燃料电池应用，在燃料电池商业化应用方面处于世界领先地位。例如，日本则从 20 世纪 70 年代开始投入相关研究，并推出了搭载固态储氢系统的氢燃料电池车。

2013 年 12 月，日本经济产业省（METI）成立由行业、研究机构和政府代表广泛参与的氢能与燃料电池战略协会，并在能源效率和可再生能源部设立氢能与燃料电池战略办公室，推动氢能及燃料电池相关产业发展。

根据 2020 年的“绿色增长战略”，日本计划在氢能领域投入约 70 亿美元，用于技术创新和产业化推进。

日本在 2014-2023 年多次发布氢能相关政策，包括《氢能/燃料电池战略发展路线图》等，不断完善产业战略。例如，2017 年发布的《氢能基本战略》提到：

- 到 2050 年实现大规模氢能应用，通过氢能的广泛使用，实现能源结构的脱碳化和经济可持续发展。
- 到 2030 年，日本计划将氢气的成本降低到每标准立方米 30 日元左右。部署约 80 万台家用燃料电池（ENE-FARM）、增加燃料电池汽车（FCV）的数量至约 20 万辆，并建设约 320 个加氢站。

### ◆ 韩国

韩国于 2018-2020 年发布《创新发展战略投资计划》《氢经济发展路线图》等，还颁布了《促进氢经济和氢安全管理法》。

2019 年发布的《氢经济发展路线图》提到：

- 到 2022 年，韩国计划实现 8.1 万辆氢燃料电池汽车上路，其中包括 2 万辆公交车和 8 万辆乘用车。同时，建设 310 个加氢站，初步构建全国性的氢能供应网络。
- 到 2040 年，韩国计划在全国范围内部署 620 万辆氢燃料电池汽车（FCEV），建设 1200 个加氢站。
- 此外，目标包括将燃料电池用于发电的总容量提高到 15 吉瓦，以满足国内电力需求并出口相关技术。

### ◆ 澳大利亚

澳大利亚具备发展氢能产业的巨大优势，其总体氢能战略是打造清洁、创新、安全且有竞争力的氢能源产业，重点发展新能源制氢、氢发电和氢出口，有潜力成为全球最大的氢气生产国之一。

2021 年，澳大利亚政府宣布，未来十年投资 5.6 亿澳元用于研发低排放技术，其中氢能是重点领域之一。

2019 年，政府发布了《国家氢能战略》（National Hydrogen Strategy），目标是将澳大利亚打造成全球主要的清洁氢能源出口国和氢能技术的领导者。

- 到 2030 年，澳大利亚希望在全球氢能市场中占据重要地位，成为主要的氢能出口国。
- 到 2050 年，氢能将在澳大利亚的能源结构中扮演关键角色，广泛应用于电力、交通、工业和家庭等领域，助力实现净零排放目标。

### ◆ 其他海外国家

- 加拿大 2020 年公布《加拿大氢能战略》，发展供氢能力；
- 挪威 2021 年颁布《挪威氢能路线图》；
- 南非 2022 年颁布《南非氢能社会路线图》。
- 俄罗斯和沙特等国同样凭借自身化石能源优势，推动氢气出口贸易，创造新的经济增长动力。

### 3. 氢能技术路线

为保障氢能供给，世界主要国家和地区依据自身资源禀赋确定了不同的制氢技术路线。灰氢以化石燃料为主要来源，包括气化制氢、重整制氢、裂解制氢等技术；蓝氢是在灰氢基础上辅以 CCUS 技术获取；绿氢以可再生能源为来源，主要制备技术有电解水制氢、光解水制氢和生物质制氢等。

- 美国目前以天然气重整制氢为主，同时发展可再生能源电力水电解制氢。
- 日本受资源限制，计划建立海外氢能供给链，利用风电、光伏发电等富余电力发展水电解制氢，以提高能源自给率和减少碳排放。

- 韩国计划到 2025 年以副产氢为主并发展水电解制氢，到 2030 年发展大规模天然气重整制氢和水电解制氢。
- 德国重点发展电转气（P2G）制氢。
- 法国计划通过可再生能源电力制取氢气，建立规模化供氢体系。
- 挪威凭借丰富的天然气资源，大力发展天然气制氢和二氧化碳捕捉封存技术。
- 冰岛利用丰富的地热和水力资源，通过全国电网进行电解水生产氢燃料。

#### 4. 氢能研究试点

- 美国：政府和各州积极开展氢能应用项目建设与示范利用，典型项目有加州兰开斯特项目（由国际能源公司 SGH2 在兰开斯特建设的世界最大绿色氢生产设施）和 H2@Scale 综合示范项目（美国能源部牵头的氢能研发项目提案）。
- 日本：1993 年启动氢能源研究计划（WE-NET 项目），至 2002 年研发预算达 200 亿日元（约合 2 亿美元）。当前，日本和韩国都有氢能应用项目建设与示范，如日本的北九州氢能社区，韩国的氢能经济候选城市建设，韩国三陟市还被选定为氢技术研发城市。
- 欧盟：2008 年，欧盟工业委员会发起《燃料电池与氢能联合行动计划项目》，第一阶段（2007-2013 年）投资 9.4 亿欧元，第二阶段（2014-2024 年）投资预算 14 亿欧元。不完全统计显示，2007-2015 年欧盟在氢能与燃料电池方面投入约 74 亿欧元，并部署了一些氢能项目示范，重点项目包括德国 H2MOBILITY 加氢站计划、西班牙 Gas Natural Fenosa 公司电转气示范项目等。
- 德国：作为德国国家创新计划氢和燃料电池技术（NIP）的一部分，氢能示范区（HyLand）计划自 2019 年初提出后得到积极响应，同时德国政府在全国开展 20 个“能源转型实验室”项目，推动氢能在交通、供暖等领域综合利用。
- 澳大利亚：部署了 Jemena 悉尼绿色天然气项目和 Yara 绿色氢工厂项目等氢能示范项目。

世界主要国家在氢能产业发展各方面各具优势，积累的经验对我国氢能产业发展具有重要借鉴意义。

#### 5. 氢储能技术面临的挑战

从成本角度来看，氢储能系统的初始投资成本较高。以 200MW/800MWh 的氢储能发电工程项目为例，其初始投资成本约为 12200 元/KW，全生命周期度电成本约为 1.85~1.92 元/KWh。此外，氢储能系统的整体成本远高于其他储能方式，如抽水蓄能和电化学储能，其成本分别约为 7000 元/千瓦和 2000 元/千瓦，而氢储能系统成本高达 13000 元/千瓦。储运成本也占总成本的 30%左右，进一步增加了整体成本。

技术挑战方面，氢储能系统在能量转换效率上存在不足。氢储能的“电-氢-电”过程涉及两次能量转换，整体效率约为 40%，低于抽水蓄能和锂电池储能等其他储能方式的约 70%的能量转化效率。此外，氢气的物理和化学特性使其储运难度大、成本高且安全性低，这些特点对储运技术提出了挑战。目前，氢气主要通过长管拖车等公路运输方式运输，运输成本高且效率低。

为了实现更广泛的应用，氢储能系统，特别是燃料电池系统，需要持续的技术创新来提升性能，并将成本降低至有商业竞争力的水平。同时，氢能产业链的整体成本偏高，尚未突破规模化降本难点，需要加强国家层面的支持政策设计和科技创新政策体系。

#### 6. 我国氢能产业的发展

##### 战略地位

我国氢能领域的研究起步较晚，但近年来加速发展。氢能产业具有极为广阔的发展前景，对我国实现碳达峰、碳中和目标具有极重要的战略价值。

- 2019 年 10 月，国家能源委员会会议提出探索氢能等商业化路径；  
中国氢能联盟 2019 年发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》预计：到 2030 年，我国氢气需求量将达到 3500 万吨，在终端能源消费中占比 5%，燃料电池商用车销量将达到 36 万辆；到 2050 年，氢能将在我国终端能源消费中占比至少达到 10%，氢气需求量接近 6000 万吨，可减排 CO<sub>2</sub> 约 7 亿吨，年经济产值将超过 10 万亿元。其中交通运输领域用氢约 2500 万吨，约占该领域用能的 20%。
- 2020 年，国家能源局发布的《中华人民共和国能源法》，将“氢能”纳入能源范畴，并制定相关标准规范和支持政策；

- 2021 年发布的《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》明确了氢能的战略定位，并推动氢能基础设施建设。提出到 2025 年实现燃料电池车辆约 5 万辆，制氢能力达到 10-20 万吨/年。

### 发展现状

我国多个地区如长三角、粤港澳大湾区等形成了氢能产业的集群化发展态势。

- 在制氢方面，我国氢气主要来源于天然气或煤制氢、工业副产氢，其中绝大多数是蓝氢和灰氢，绿氢项目目前处于示范阶段。2023 年我国氢气产量约 3700 万吨，99%以上为灰氢和蓝氢，绿氢产量约 30 万吨。氢气消费结构中合成氨、甲醇、石油炼化等工业领域占比高达 99%以上，用于燃料电池的能源氢消费不足 0.1%。
- 在氢气储运方面，国外低温液态储氢应用较多，我国现阶段普遍采用技术成熟的高压气态储氢技术结合长管拖车运输方式。这种方式在氢能需求量小、运输距离短的情况下经济性较好，但随着氢能需求增长和运输距离增加，气态储运方式的经济性将难以满足要求，液态储存结合海上运输或管道输氢将是未来发展方向。
- 在氢气应用方面，加氢站是氢能应用的关键基础设施，我国目前全部是气氢加氢站，采用外供氢模式，加氢站中的压缩机主要依赖进口，而国外液氢加氢站主要集中在美国和日本。

### 发展趋势

- **绿氢发展潜力大**：目前我国灰氢、蓝氢、绿氢产量占比分别约为 80%、19%和不到 1%，绿氢竞争力较弱。但随着风光电成本进一步降低和碳排放成本上升，绿氢价值将逐渐凸显，特别是风光电基地调整项目投产后，将极大推动我国绿氢产业发展。
- **传统工业用氢仍占主导地位**：化工等传统制造业仍是未来氢的主要消费领域，尤其是化工行业规模庞大，其产品需求随国民经济发展持续增长。预计未来几年我国化工行业产品总需求和用氢量将保持缓慢上升趋势，甲醇化工、醇醚燃料用原料氢将是主要增长点，预计到 2030 年我国工业用氢需求量将增长到 4000 万吨/年。

- **工业用氢呈现新态势**：我国未来将探索清洁低碳氢能在工业领域的替代应用。在化工和电力领域，国家能源、中国石化等企业积极探索氢储能和绿氢化工结合的发展模式；在钢铁领域，以氢气或煤气为原料直接还原铁将成为冶金用氢新的增长点。
- **交通领域用氢快速增长**：我国车用氢能领域发展迅速，目前年生产销售规模在 1500-3000 辆。根据《氢能规划》和《节能与新能源汽车技术路线图 2.0 版》预测，到 2030 年我国氢燃料汽车保有量有望达 20 万辆，且未来仍将保持高速增长，预计届时车用氢能消耗量将达到 30-40 万吨/年，占车用总能耗的 30%左右。
- **氢能发电和燃气掺烧领域前景广阔**：随着氢能和燃料电池成本降低，其在调峰储能和热电联供等领域应用前景广阔。预计到 2030 年我国氢能发电和燃气掺烧领域氢能消耗量有望达到 10 万吨/年，由于我国电力和天然气体量庞大，未来氢气在储能发电和燃气掺烧领域发展空间大。

## 二、氨储能

早期的氨储能研究聚焦于提升氨的裂解效率及催化剂的研发。随着技术的持续精进，氨在储能领域的潜力得到了更广泛的挖掘。特别是在日本、韩国及欧盟等地，氨储能被视为实现碳中和目标的关键路径之一，各国纷纷出台氢能发展战略，加大对氨储能技术的研发投入与推广力度。

### 1. 氢能的发展

氨作为一种重要的工业原料，其生产技术自 20 世纪初便起步。1909 年，弗里茨·哈伯成功演示了从元素合成氨的方法，随后卡尔·博施将其工业化，这一革命性突破对全球农业生产产生了深远影响。然而，直至 20 世纪中叶，氨的应用仍主要局限于农业与化肥领域。

进入 21 世纪，氨储能技术开始崭露头角。自 2004 年起，美国每年举办“氢能研讨会”，标志着氨作为能源载体的研究逐渐升温。2018 年，西门子在英国牛津哈威尔启动了全球首个氨储能先导项目，该项目集成了风力发电、氮气生产、电解水等系统，旨在验证氨储能系统的可行性与实用性。

近年来，氨储能技术取得了长足进步。例如，西门子与英国牛津大学携手，在罗瑟福德阿普顿实验室运营一座全电氨合成与能源储存示范工厂，深入探索氨在电力储能、需求侧响应及肥料生产等领域的商业应用

潜力。此外，多个国家如挪威、加拿大、日本、德国等已启动或计划启动绿氨生产项目，如挪威的 Grieg Edge、Arendals Fossekompagni、加拿大的 Hy2Gen、日本的三菱公司等，这些项目通常涉及可再生能源（如风电、太阳能）制氢，再转化为氨进行储存和运输。

展望未来，预计到 2030 年，氨储能将成为推动合成氨产业发展的核心动力之一。氨具备大规模、跨季节、跨区域储存的独特优势，加快氨能产业发展及其在新型电力系统中的应用，是实现“双碳”目标、保障国家能源安全的战略抉择。然而，氨储能技术仍面临生产成本、存储与输送等方面的挑战，亟需技术创新与政策扶持以加速其商业化进程。

## 2. 全球氨能政策

为了推动氨储能技术的发展和行业应用，各国出台了多项政策，包括战略、法律、资金投入等层面，为行业的长远发展创造了良好的政策环境。

- 日本政府将氨能技术列入国家战略性创新计划，并制定了氨燃料技术的发展路线图。目标是到 2030 年利用氢和氨生产出的电能占其能源消耗的 1%，并在 2050 年实现纯氨发电。日本还发布了“Japan embracing ammonia power to achieve 2050 zero CO<sub>2</sub> target”的氨战略，以支持其碳中和目标。
- 韩国政府宣布将 2022 年作为氢气-氨气发电元年，并投入大量资金用于基础设施建设，力求成为全球第一大氢气和氨气发电国。韩国还公布了氨能和氢能的高温燃烧计划，成立了一个氢氨发电示范促进领导小组，目标是推动氢、氨与天然气、煤混合燃烧发电。
- 澳大利亚政府通过 Hydrogen Headstart 等项目大力支持绿色氨生产项目，并提出加强政府与行业之间的合作关系，共同出资设立氨生产技术研发中心。澳大利亚还大力推动氨在远洋航运场景的应用，并为氨动力船舶提供税收优惠和安全培训课程。
- 美国通过《通胀削减法案》(IRA) 为所有低碳燃料（蓝色或绿色）提供更广泛的刺激。并发布了“通过使用高液体能源将可再生能源化为燃料”计划。
- 欧盟已将氨作为氢贸易的主要技术路线之一，并开始布局绿氢合成氨基础设施，开展绿氢制氨在交通及工业领域的应用示范研究。

- 中国在《“十四五”新型储能发展实施方案》中强调了对氨储能技术的研发和示范应用的支持。该方案提出要拓展氨储能应用领域，开展依托可再生能源制氨等更长周期储能技术试点示范，并制定氨储能技术标准。

此外，中国还建议将氨能纳入国家能源战略规划，制定中长期发展规划与产业化应用路线图，加快氨氢融合新能源安全检测技术、安全评价方法与标准研究。

## 3. 国际氨能发展现状

- 日本在掺氨燃烧技术方面处于国际领先地位。日本在发展“氢能经济”的基础上提出了“氨经济”，率先推出氨能。2021 年 10 月，当地政府出台了第六版能源战略计划，明确提出，到 2030 年利用氨生产出的电能要占日本能源消耗的 1%，替代电站中 20%煤炭的使用量；到 2050 年实现纯氨发电。高效火力发电是日本擅长的领域，借助氨来实现碳中和的方式，将助力日本在全球领先。
- 韩国宣布将 2022 年作为氢气、氨气发电元年，力争成为全球第一大氢气、氨气发电国。韩国计划从 2030 年开始实现氨燃料发电商业化，将氨燃料在发电领域的占比提高到 3.6%。
- 澳大利亚充分利用当地的太阳能，利用光伏制氢技术制备绿氢供合成氨使用。澳大利亚政府正在布局氨能贸易，将制备的氨气转变为液氨存储，通过海运送往韩国和日本。
- 为了应对石油危机，美国能源部支持了 17 个绿氨项目，旨在将可再生能源转化为高能量密度的碳中性液体燃料，整体布局利用可再生能源生产绿氨。
- 欧盟指出，要加大绿氨生产，将绿氨作为能源的贸易体系之一。目前正在布局绿氨合成的研究，旨在开展绿氨在交通及工业领域的工程示范。
- 沙特正在建设全球最大的绿氨及合成氢工厂，预计 2024 年投产，并以液氨的形式进行全球销售。

另外，国际上，氨能在交通领域的研究处于前列。日本、韩国正在研发推出氨燃料汽车。2020 年 7 月，韩国现代造船公司设计了载重 5 万吨的氢动力船，预计 2025 年实现商业化运营。2021 年 11 月，全球最大的氨生产商挪威 Yara 公司建造的全球第一艘氨动力货船下水成功。2022 年 5 月，世界上第一台氨动力零碳拖拉机在纽约石溪大学首次运行。俄罗斯正在研发氨燃料火箭发动机。

#### 4. 我国氢能的发展现状

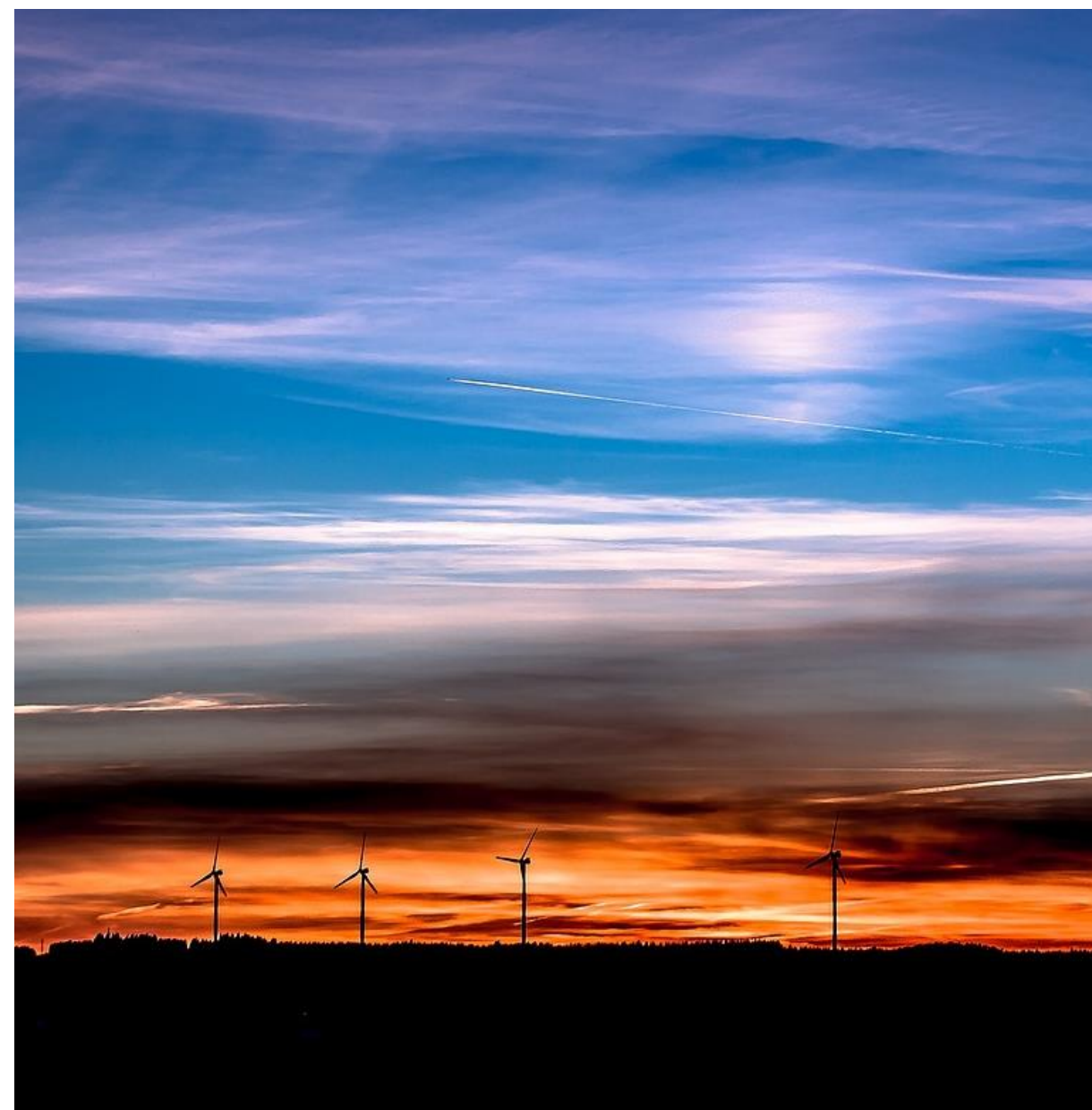
我国氨的生产、储运、供给等环节已形成体系，具备良好的合成氨及氨利用基础条件。截至 2023 年底，我国合成氨年产能已突破 7000 万吨，成为全球最大的合成氨生产国之一。

《“十四五”新型储能发展实施方案》明确指出，拓展氨储能应用领域，开展依托可再生能源制氨的新型储能技术试点示范，并将其列为重点示范。2022 年 3 月发布的《能源产业发展中长期规划（2021—2035 年）》提出，积极引导合成氨等行业由高碳工艺向低碳工艺转变，促进高耗能行业绿色低碳发展。

自上述政策发布以来，多家企业、研究机构纷纷布局。

- 明拓集团有限公司、中国化学华陆公司将以绿氢和空气氮为原料，建设中国首台 1.2 万吨绿电催化合成绿氨项目，推动形成绿色低碳产业。
- 中国氨能有限公司拟在乌拉特后旗工业园区投资建设绿氢示范项目，同时利用低温低压催化技术合成年产近 30 万吨的绿氨。
- 庆华煤化集团有限公司、和宁化学有限公司、汉科科技有限公司、太阳山能源开发有限公司共同组建宁夏氨氢产业联盟。
- 兰州新区氨能产业园项目计划建设以年产 6 万吨绿氨和氢能交通应用为核心的示范应用中心。
- 福州大学、三聚环保新材料股份有限公司、紫金矿业集团股份有限公司联合创建国内首家“氨—氢能源重大产业创新平台”。
- 欧神诺瓷有限公司、德力泰科技有限公司、佛山仙湖实验室成立发起先进零碳燃烧技术联合创新研发中心，成为国内首家拟开展氨氢高温窑炉零碳燃烧技术的单位。
- 中国石油化工集团有限公司、福大紫金氢能科技股份有限公司已经合作建成全国首座氢制氨、加氢一体化示范站。

- 国家电投集团北京重燃能源科技发展有限公司、合肥能源研究院双方将针对氢能与氨能、燃气轮机等领域发力。
- 上海船舶研究设计院完成了 18 万吨氨燃料货船的设计。江南造船（集团）有限责任公司与劳氏船级社、瓦锡兰集团合作，设计了氨燃料动力超大型运输船。



## 第二章 化学储能行业的ESG发展



## 第一节 化学储能的相关政策

### 一、氢能产业政策

表 3：2023 年国家层面氢能行业政策梳理

时间	颁发部门	政策	内容
2023.01	国家能源局	关于征求《新型电力系统发展蓝皮书（征求意见稿）》意见的通知	充分发挥氢能作为二次能源的优势，推动可再生能源制取“绿氢”，研发质子交换膜和高温固体氧化物电解制氢等关键技术，开展氢储运/加注关键技术、燃料电池设备及系统集成关键技术研发和推广应用，实现氢能制备利用关键技术完全国产化，研发纯氢气燃气发电机组。
2023.01	工信部	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	针对安全经济的新型储能电池进行开发，在氢能、燃料电池领域，要加快高效制氢技术攻关，推进储氢材料、储氢容器和车载储氢系统等的研发。支持制氢、储氢、燃氢等系统集成技术开发及应用。
2023.01	国务院新闻办公室	《新时代中国绿色发展白皮书》	氢能方面，提出推动能源绿色低碳发展，大力发展非化石能源，坚持创新发展，积极发展氢能源。
2023.02	最高人民法院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供司法服务的意见》	审理碳排放权交易案件，要依法明晰碳市场交易相关主体之间的权责，推动提高市场流动性，形成合理碳价、增强企业碳减排动力；审理涉高能耗、高碳排放企业生态环境侵权案件，要适应应用能权、钢铁、水泥产能等新类型生态环境权益对司法保护提出的新要求，要引导企业有序开展包括氢能在内的各项节能降碳技术改造和推广应用。
2023.02	国家标准化管理委员会	《2023 年国家标准立项指南》	其中 2023 年重点支持关键基础材料等领域和方向推荐性国家标准，包括储氢材料标准在内。
2023.02	国家标准化管理委员会	《新型储能标准体系建设指南》	出台 205 项新型储能标准，其中有 11 项氢能专项标准，涉及规划设计、施工验收、检验检测、运行维护、安全应急等五大类别。
2023.03	国家发改委	《绿色产业指导目录（2023 年版）》	涉及氢能“制储输用”全链条装备制造、氢能基础设施建设和运营等。
2023.04	国家能源局	《2023 年能源工作指导意见》	积极推动氢能应用试点示范，探索氢能产业发展的多种路径和可推广的经验。加快攻关新型储能关键技术和绿氢制储运用技术，推动储能、氢能规模化应用。加强新型电力系统、储能、氢能、抽水蓄能、CCUS 等标准体系研究，重点支持能源碳达峰碳中和相关标准立项，加快重点标准制修订。
2023.06	国家能源局	《新型电力系统发展蓝皮书》	交通领域大力推动新能源、氢燃料电池汽车全面替代传统能源汽车；长期实现电能与氢能等二次能源深度融合利用。电力在能源系统中的核心纽带作用充分发挥，通过电转氢、电制燃料等方式与氢能等二次能源融合利用，助力构建多种能源与电能互联互通的能源体系。
2023.07	国家标准委、国家发改委等部门	《氢能产业标准体系建设指南（2023 年版）》	构建了氢能制、储、输、用的全产业链标准体系，涵盖基础与安全、氢制备、氢储存和运输、氢加注、氢能应用等五个子体系；按照技术、设备、系统、安全、检测等进一步分解为 20 个二级子体系、69 个三级子体系。

时间	颁发部门	政策	内容
2023.07	国家发改委等部门	《关于推动现代煤化工产业健康发展的通知》	鼓励建设大型“气化岛”，打造平台化原料集中生产、下游产品多头并进发展模式。在资源禀赋和产业基础较好的地区，推动现代煤化工与可再生能源、绿氢、CCUS 等耦合创新发展。
2023.07	国家能源局综合司	《关于公开征求 2023 年能源领域拟立项行业标准制修订计划及外文版翻译计划项目意见的通知》	2023 年能源领域拟立项行业标准制定计划共 668 项，其中氢能行业标准 16 项。覆盖了制储输用全链条，其中 2024 年有 6 项必须完成，其他 10 项要求 2025 年完成。
2023.08	国家标准委与国家发改委、工信部、生态环境部、应急管理部、国家能源局	《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》	明确了近 3 年国内国际氢能标准化重点工作任务，系统构建了氢能制、储、输、用全产业链标准体系，涵盖基础与安全、氢制备、氢储存和运输、氢加注、氢能应用五个子体系。按照技术、设备、系统、安全检测等进一步分解，形成了 20 个二级子体系、69 个三级子体系。
2023.08	全国道路运输标准化技术委员会	《氢气（含液氢）道路运输技术规范》	我国民用液氢开始逐步走向规模化示范应用阶段，液氢有望在符合技术规范的前提下在普通道路进行运输。
2023.10	国家发改委等 4 部门	《关于促进炼油行业绿色创新高质量发展的指导意见》	推动炼油行业与可再生能源融合发展，鼓励企业大力发展可再生能源制氢，支持建设绿氢炼化示范工程，推进绿氢替代，逐步降低行业煤制氢用量。
2023.10	国务院	《关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》	支持内蒙古优势科研力量参与国家实验室建设，开展新能源发电、绿氢制备、煤炭高效灵活发电、新型电力系统等研究与实践。
2023.12	工信部	《共建中国氢能高速行动倡议》	推动氢能及燃料电池汽车核心技术创新，京津冀三地将围绕京津冀高速区域氢能综合应用场景，打造绿色氢能应用示范标杆。
2023.12	国家发改委	《产业结构调整指导目录（2024 年本）》	由鼓励、限制和淘汰三类目录组成，其中氢能产业相关内容均为鼓励类。对电力、新能源、钢铁、化工、建筑中对于氢能的利用进行鼓励，对机械、汽车、船舶等领域对氢能的相关标准提出了要求。
2023.12	能源局	2024 年全国能源工作会议	加强中欧在氢能、储能、风电、智慧能源等领域的技术创新和对话合作。有序开展中美能源领域交流。

来源：根据政府部门的资料整理

我国具有良好的制氢基础，是世界上最大的制氢国，已初步掌握氢能制备、储运、加氢、燃料电池和系统集成等主要技术和生产工艺，发展氢能源优势显著。我国将氢能作为构建现代能源体系的重要方向和实现“双碳”目标的重要途径，高度重视氢能产业发展，相继出台一系列政策、规划，统筹推进氢能产业高质量发展，鼓励支持氢能技术与推广应用。2023 年，国家各部委发布涉氢政策超 43 项，氢能产业顶层设计日趋完善。

《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，推动加氢站建设，推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关，加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。《国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》明确，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。

### 重要政策解读

2022 年 3 月，国家发改委发布《氢能产业发展中长期规划（2021~2035 年）》，从技术水平提升、统筹产业布局、推进示范应用及完善政策支持机制等方面对我国可再生能源制氢行业中长期发展做出了规划。

表 4：中国可再生能源制氢行业汇中长期发展规划

指标	具体规划
技术水平提升	提高可再生能源制氢转化效率和单台装置制氢规模。
统筹产业布局	在风光水电资源丰富地区，开展可再生能源制氢示范，逐步扩大示范规模。
推进示范应用	储能领域：重点在可再生能源资源富集、氢气需求量大的地区，开展集中式可再生能源制氢示范工程，探索氢储能与波动性可再生能源发电协同运行的商业化运营模式。 工业领域：探索开展可再生能源制氢在合成氨、甲醇、炼化、煤制油气等行业替代化石能源的示范。
完善政策支持机制	完善可再生能源制氢市场化机制，健全覆盖氢储能的储能价格机制。

来源：国家发改委

根据《氢能产业发展中长期规划（2021~2035 年）》，我国可再生能源制氢行业发展目标为：到 2025 年，可再生能源制氢量达到 10~20 万吨/年，成为新增氢能消费的重要组成部分；到 2030 年，实现可再生能源制氢广泛应用，有力支撑碳达峰目标实现；到 2035 年，可再生能源制氢在终端能源消费中的比重明显提升，对能源绿色转型发展起到重要支撑作用。

图 5：2025~2035 年中国可再生能源制氢行业发展目标



来源：国家发改委

氢能产业是我国战略性新兴产业的重点发展方向，也是未来产业领域大力培育的方向。2024 年的《政府工作报告》指出：“加快前沿新兴氢能、新材料、创新药等产业发展，积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。”这是中央在全国年度经济规划方面首次指出要加快氢能产业的发展。

2024 年 3 月，国家能源局发布的《2024 年能源工作指导意见》指出，要编制加快推动氢能产业高质量发展的相关政策，有序推进氢能技术创新与产业发展，稳步开展氢能试点示范，重点发展可再生能源制氢，拓展氢能应用场景。《2024 年能源工作指导意见》为我国氢能产业的发展指明了方向。

2024 年地方两会上，全国 31 个省级行政区中有 22 个将氢能写入政府工作报告，提及氢能发展的省份数量保持逐年增加的趋势。具体而言，海南首次提及氢能，河北、河南、吉林、山西连续 6 年，内蒙古连续 5 年，重庆、辽宁、陕西连续 4 年，江苏、北京、四川连续 3 年提及氢能。内蒙古、宁夏、吉林、海南以绿氢带动氢能示范应用，广东、北京、重庆发力燃料电池汽车示范城市群建设，山东、湖北、安徽、新疆、吉林、宁夏在 2024 年重点工作中对氢能的部署规划较为明确。

◆ 地方氢能重视程度持续增长

2019-2024 年，全国 31 个省级行政区中，将氢能写入政府工作报告的数量从 9 个增长至 22 个。

表 5：将氢能写入政府工作报告的省份

时间	数量	省市及自治区
2019	9 个	广东、浙江、四川、河北、河南、吉林、天津、山西、云南
2020	10 个	广东、北京、浙江、山东、河北、河南、吉林、山西、青海、内蒙古
2021	13 个	广东、山东、山西、河南、辽宁、吉林、甘肃、陕西、云南、天津、重庆、内蒙古、新疆
2022	16 个	江苏、北京、福建、上海、湖北、四川、河北、重庆、河南、辽宁、新疆、吉林、山西、内蒙古、陕西、江西
2023	19 个	江苏、北京、上海、山东、四川、河北、重庆、河南、湖南、辽宁、安徽、吉林、山西、青海、广西、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西
2024	22 个	广东、江苏、北京、福建、山东、湖北、四川、河北、重庆、河南、湖南、辽宁、安徽、新疆、吉林、山西、青海、云南、海南、内蒙古、宁夏、陕西

来源：中国氢能联盟

根据上表，自 2019 年国务院《政府工作报告》首次将氢能写入后，除黑龙江、贵州和西藏外（以上 3 省仅黑龙江还未出台省级氢能专项政策），其余 28 个省级行政区均在相关年份政府工作报告中提及发展氢能，覆盖我国绝大部分区域并包括了五大燃料电池汽车示范城市群所有省市。

◆ 内蒙古、宁夏等地区聚焦绿氢带动产业示范应用

2024 年各地方政府工作报告中涉及氢能发展的内容，呈现了各地方发展氢能的侧重点。其中，内蒙古、宁夏、吉林、四川、海南 5 省，聚焦风光等可再生能源与氢能一体化，强调重视绿氢生产，并带动燃料电池汽车、绿氨绿醇等协同示范。

内蒙古 2024 年政府工作报告提出，聚焦氢能等方向前瞻谋划、务求突破，集中力量打造氢能制造等自治区级集群，着力发展壮大绿氢、绿氨、绿醇等产业。《内蒙古“十四五”氢能发展规划》提出，要构建全国重要的绿氢生产输出基地，打造“北疆绿氢城”的新名片，助力自治区能源转型升级。2023 年，内蒙古相继发布《内蒙古新能源倍增行动实施方案》《内蒙古风光制氢一体化项目实施细则》等文件，进一步推进风光制氢一体化，以绿氢为核心带动下游产业发展。

宁夏 2024 年政府工作报告提出，2023 年宁夏绿氢产能进入全国前列，2024 年应打好绿色低碳发展整体战，建成宁东“绿氢产业示范基地”。宁夏可再生能源制氢潜力大，氢能应用场景丰富，设定到 2025 年绿氢产量达到 8 万吨目标，设立宁东基地为氢能发展核心示范区，已开展国家能源集团宁东可再生氢碳减排、中广核宁东清洁能源制氢、京能宁东氢能制储加一体化、宝丰能源光伏制氢等多个重点项目，绿氢示范基地正逐步形成。

吉林 2024 年政府工作报告提出，开展“氢动吉林”“醇行天下”行动，落地一批十亿级、百亿级“绿电+绿氢+绿氨+绿醇+绿色航煤”项目和氢能装备制造项目，推动“吉氢入海”。吉林是我国重要能源基地，且区位优势明显，是我国向东北亚开放的重要窗口，发布了“氢动吉林”中长期规划，明确了绿氢、绿氨、绿醇等产能目标；2023 年，吉林发布《抢先布局氢能产业新赛道实施方案》，加快建设东北亚地区绿氢全产业链创新应用基地；目前，吉林正重点推进国电投大安绿氢合成氨、中能建松原绿氢氨醇一体化、三一长岭风光氢储数字化等项目建设。

海南 2024 年政府工作报告提出，更高质量培育现代化产业体系，启动海上风电制氢和氢能综合利用示范项目。海南于 2024 年 1 月发布了《海南氢能产业发展中长期规划（2023~2035 年）》，将发展氢能作为打造新经济增长点、升级清洁能源岛的重要抓手，提出以海上风电等制绿氢为基础带动氢能汽车、船舶、化工、航天等领域应用，同步利用自贸港优势探索开展国际合作。目前，海南已建成 6 座加氢站，海马联合丰田积极开展燃料电池汽车示范运营。

◆ 广东、北京、重庆发力燃料电池汽车示范城市群建设

2024 年各地方政府工作报告中，广东、北京均重点提出积极推进燃料电池汽车示范应用城市群建设，重庆提出加快建设成渝“氢走廊”，加快氢燃料电池商用车推广应用，争创国家级燃料电池汽车示范城市群。

2020 年 9 月，国家发改委、财政部、能源局等五部委联合发布《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，采取“以奖代补”的方式，对入围示范的城市群按照其目标完成情况给予奖励，示范期为 4 年。首批示范城市群包括京津冀城市群（北京牵头，共 11 个城市）、上海城市群（上海牵头，共 7 个城市）、广东城市群（佛山牵头，共 12 个城市）、河北城市群（张家口牵头，共 14 个城市）、河南城市群（郑州牵头，共 17 个城市）。

表 6：氢能城市群及代表性企业

城市群	包含城市	4 年目标	城市群代表性企业
京津冀城市群	北京大兴、海淀、房山、顺义、昌平、延庆、经开区，天津滨海新区，河北唐山、保定，山东淄博、滨州	5300 辆	亿华通、福田汽车、国氢科技、氢璞创能、东岳氢能、滨化集团、金龙汽车等
上海城市群	上海、山东淄博、江苏南通、内蒙古鄂尔多斯、宁夏宁东、江苏苏州、浙江嘉兴	5000 辆	重塑科技、捷氢科技、东岳氢能、苏州金龙、爱德曼、嘉化能源、上汽集团等
广东城市群	广东佛山、广州、深圳、珠海、东莞、中山、阳江、云浮，福建福州，山东淄博，安徽六安，内蒙古包头	10000 辆	国鸿氢能、雄韬股份、鸿基创能、明天氢能、广州石化、佛燃能源、雪人股份、飞驰汽车等
河北城市群	河北唐山、张家口、保定、邯郸、秦皇岛、定州、辛集、雄安，内蒙古乌海，福建厦门，上海奉贤，河南郑州，山东淄博、聊城	7710 辆	亿华通、河钢工业、未势能源、旭阳集团、厦门金龙、宇通汽车、中集安瑞科、金士顿等
河南城市群	河南郑州、洛阳、新乡、开封、焦作、安阳，河北张家口、保定、辛集，上海嘉定、奉贤、临港，山东潍坊、淄博、烟台，广东佛山，宁夏宁东	4445 辆	宇通汽车、正星氢电、锋源氢能、新飞集团、神力科技、东岳氢能、氢枫能源、金源氢化等

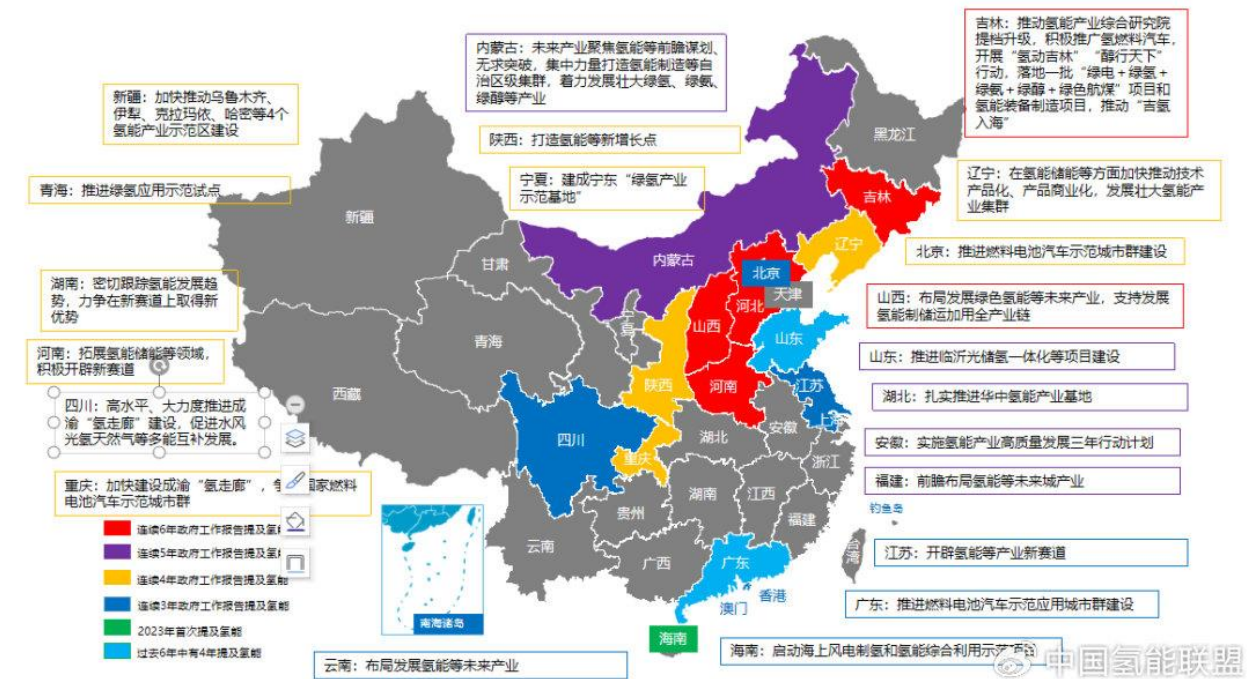
来源：中国氢能联盟

◆ 6 省 2024 年明确氢能重点工作

2024 年各地方政府工作报告中，山东、湖北、安徽、新疆、吉林和宁夏 2024 年重点工作氢能部署较为明确。

- 山东提出，推进临沂光储氢一体化等项目建设；湖北提出，扎实推进华中氢能产业基地；
- 安徽提出，实施氢能产业高质量发展三年行动计划；新疆提出，加快推动乌鲁木齐、伊犁、克拉玛依、哈密等 4 个氢能产业示范区建设；
- 吉林提出，推动氢能产业综合研究院提档升级，积极推广氢燃料汽车，开展“氢动吉林”“醇行天下”行动，落地一批十亿级、百亿级“绿电+绿氢+绿氨+绿醇+绿色航煤”项目和氢能装备制造项目，推动“吉氢入海”；
- 宁夏提出，建成宁东“绿氢产业示范基地”。

图 6：各地区氢能重点工作部署



来源：中国氢能联盟

- 山东临沂市于 2023 年 12 月底发布《临沂市碳达峰工作方案》，提出以临沂市光储氢一体化未来产业集群纳入全省未来产业集群为契机，加快打造全省有分量、全国有位置、全球有影响的光储氢产业发展新高地。
- 安徽于 2024 年 1 月发布《安徽省氢能产业高质量发展 3 年行动计划》，提出到 2025 年燃料电池车辆推广量达到 2000 辆以上、氢能船舶运营 10 艘以上、建成加氢站 30 座的目标。
- 2023 年 9 月，新疆自治区宣布了首批克拉玛依等 4 个示范区名单；其中，克拉玛依将在石油石化、风光储能、交通等 10 个领域推广氢能应用；哈密目标建成西部最大氢燃料车辆应用场景、西北地区大型低成本新能源制氢基地及西氢东送重要氢源地。
- 2023 年 6 月，由伊宁市联创城市建设集团与亿华通联合申请的《伊犁州伊宁市绿色氢能创新应用工程》项目获国家发改委批复并给予支持；乌鲁木齐提出推动氢能产业链全面发展，打造极具竞争力的氢能产业集群。

## 第二节 行业 ESG 核心议题

### 议题 1: 安全生产管理

氢气的易燃易爆特性使其在储存、运输和加注过程中面临较高的安全风险。氢气分子小，容易泄漏，且其爆炸下限较低，一旦泄漏，在遇到火花或高温时极易引发火灾或爆炸。因此，氢气储运及加注站的安全问题是整个行业关注的重点，关系到储能项目的长期可行性和公众对氢能的接受度。

#### 案例实践：张家口冬奥会氢气加注站

张家口市为 2022 年北京冬奥会提供了氢燃料电池汽车的加注服务，建设了全国最大的氢气加注站网络。为了确保安全，加注站使用了国际先进的氢气泄漏检测系统、紧急停车装置及防爆设备。加注站配备了多级安全防护系统，包括自动断电和火灾探测装置，确保一旦出现任何异常情况，可以在第一时间得到控制。整个冬奥会期间，加注站无事故发生，累计加注氢气超过 10,000 公斤，展示了在大型公共活动中安全使用氢气的可行性。这一成功经验为未来类似的大规模氢能应用场景提供了宝贵的经验和标准。

张家口冬奥会氢气加注站的建设过程中，采用了一系列的创新安全技术，如基于传感器网络的氢气浓度监测系统，能够实时检测空气中氢气的浓度变化。一旦检测到异常浓度，系统会立即发出警报并自动关闭氢气供应，防止泄漏的进一步扩大。此外，加注站还配备了智能防爆阀门系统和双重密封技术，以防止因设备老化或外力损坏导致的泄漏事故。这些措施使得张家口冬奥会加注站成为国内氢能基础设施安全管理的标杆。

张家口冬奥会期间的成功运营不仅提升了公众对氢能安全性的信心，也为其他城市和地区的氢能基础设施建设提供了可复制的经验。氢气加注站的管理人员接受了系统的培训，包括应急响应、泄漏处理和设备维护等方面，从而确保每一个环节都达到最高的安全标准。此类严格的管理实践为今后类似项目的实施奠定了坚实的基础。

#### 负面案例：齐鲁石化炼油厂氢气泄漏爆炸事故

2022 年 4 月，山东临淄区齐鲁石化炼油厂发生爆炸起火。据悉，火灾是由于氢气泄漏导致的。事故发生在齐鲁分公司胜利炼油厂连续重整车间压缩机区域，氢气泄漏着火导致连续重整装置和加氢裂化装置紧

急停工，最终于凌晨 1 时 20 分彻底扑灭，所幸无人员伤亡。尽管事故未造成人员伤亡，但由于设备老化和操作管理不到位，导致了氢气泄漏和随后的爆炸事件，暴露了在氢气处理过程中潜在的安全隐患。

这一事故再次强调了氢气在储运过程中的易燃易爆特性，以及对于企业严格执行安全管理措施的重要性。事故发生的原因在于氢气泄漏检测系统未能及时发现问题，操作人员也未能采取快速有效的应急措施。齐鲁石化炼油厂的爆炸事故不仅给企业带来了巨大的经济损失，还对氢能行业的公众信心造成了负面影响。因此，必须加强设备的定期维护和安全管理，确保氢气储运过程中每个环节的安全性。

此外，这次事故提醒我们氢气安全管理的标准化和系统化的重要性，特别是在涉及高压设备的场景中。通过提高氢气泄漏监测的灵敏度，以及强化紧急情况下的反应能力，才能更好地应对类似的安全挑战。

### 议题 2: 污染问题

虽然氢气本身在使用时不会排放二氧化碳，但在储存和运输过程中，如果发生泄漏，氢气逸散到大气中可能对环境产生影响。特别是氢气泄漏后，可能对大气中的臭氧层造成潜在的破坏，影响全球大气环境的平衡。因此，如何防止氢气泄漏成为行业关注的重要环保议题。

根据中国原子能机构和科技日报的报道，氢气泄漏进入大气后，可能会通过一系列复杂的化学反应影响臭氧层的稳定性。此外，氢气在大气中的积累可能改变大气的化学组成，进一步影响气候变化。这些潜在的环境风险，使得氢气泄漏问题需要引起高度重视。

为减少氢气泄漏对大气的影响，企业在设计氢气储运系统时必须采用多重密封和防泄漏技术，并配备先进的泄漏检测设备，确保任何微小的泄漏都能及时发现并处理。同时，政府和行业组织应加强相关环保标准的制定和实施，以确保氢气在整个储运过程中不会对环境造成负面影响。

#### 案例实践：佛山南海氢能产业基地

佛山南海氢能产业基地是中国氢能行业的一个示范项目，采用了液态氢储存技术，显著降低了氢气的逸散风险。基地内配备了实时泄漏检测和密封技术，使用了多层密封和防渗透材料，以确保氢气不会逸散到周围环境中。自项目运行以来，没有发生过氢气泄漏事件，展现了高效的环境控制手段。这一成功经验表明，通过先进技术和严密的管理措施，氢气储存和运输可以做到对环境零污染。

佛山南海氢能产业基地在环境管理方面采取了系统化的措施，不仅包括先进的泄漏检测技术，还采用了严格的环境监测和风险评估机制。基地内的氢气储罐和运输设备都进行了多重防护处理，确保任何潜在的泄漏风险都能被及时发现并处理。基地的环境监测系统与当地环保部门相连，确保所有数据实时上传，并接受第三方机构的审计。这种透明的管理方式不仅提高了企业的环境责任意识，也为其他氢能储运项目提供了示范。

此外，佛山基地还积极探索绿色氢能的全生命周期管理，从制氢、储氢到最终使用，所有环节都尽量减少碳足迹。基地通过与科研机构合作，开发了新的密封材料和储氢设备，以进一步降低环境影响。这些技术创新和管理实践，使得佛山南海氢能产业基地成为中国氢能环保管理的标杆。

### 议题 3：节能减排效率问题

氢气的储存和运输技术能否高效直接关系到整个氢能价值链的经济性和环保效益。氢气储运需要大量的能源，尤其是在高压气态氢和液态氢的储存过程中，压缩和冷却的能耗较高。因此，如何提高氢气储运的能效、减少能源消耗是行业关注的核心问题。高效的储运技术可以显著降低氢气的碳足迹，使其成为更加环保和经济可行的能源解决方案。

根据相关研究与报道，氢气储运在行业内普遍存在能效低下的问题，尤其是在使用传统的高压气态氢运输和液氢槽车技术时，能源损耗较高，导致运输成本居高不下。这种高能耗运输方式在长距离和大规模的氢气运输中表现尤为突出。例如，某些地区的氢气运输项目中，整个储运过程的能量损失高达 40%，大大降低了整体经济效益，并未达到预期的节能减排目标。此外，运输过程中的设备故障频发，增加了维护成本，并进一步影响了运输的稳定性和可靠性。

氢气管道运输是提高运输能效、减少碳足迹的重要发展方向。与高压长管拖车或液态氢槽车相比，氢气管道运输在大规模、长距离条件下具有显著的成本和效率优势。根据研究，管道输氢的成本远低于其他运输方式，特别是在 500 公里以上的长距离输送中。

氢气管道输送技术可以实现氢气的大规模、连续性输送，相比于其他运输方式，具有低成本和低能耗的优势。尤其在 500 公里以上的长距离输送中，管道输氢的成本效益非常明显。例如，中国石油大学的研究表明，管道输氢的成本远低于传统的长管拖车和液态氢槽车的运输方式。

### 案例实践：上海临港氢能港口项目

上海临港氢能港口项目采用了先进的液态氢储运技术，有效减少了氢气在储存和运输过程中的能量损失。与传统的高压气态氢运输相比，液态氢技术提高了单位体积内的能量密度，能耗降低了约 30%。此外，项目还通过对运输流程的优化，如减少中间环节和改进运输设备的能效，大幅提高了整体能源利用率。该项目展示了如何通过技术创新提高资源利用效率，并减少储运过程中的碳足迹，为氢气储运的节能减排提供了切实可行的路径。

上海临港氢能港口项目不仅在技术上取得了突破，还在管理上采用了先进的能源管理系统，通过智能监控与优化调度，进一步减少了不必要的能源浪费。项目方与科研机构合作，开发了一套智能化的液态氢运输管理系统，能够对运输过程中的温度、压力和能耗进行实时监测，并根据实际情况自动调整参数，以达到最佳的能源利用效果。这些创新使得项目在减少碳排放的同时，也降低了整体运营成本。

项目还通过对运输路线的智能优化，确保最短距离的运输，从而减少不必要的能源消耗。同时，项目方还引入了节能型的运输设备，例如使用新型保温材料来减少液态氢在运输过程中的冷却能耗。通过这些技术和管理上的改进，上海临港氢能港口项目成功实现了资源利用效率的大幅提升，并为其他氢气储运项目提供了良好的示范作用。

### 案例实践：中国输氢管道建设

中国正在积极推进氢气管道的建设，以推动氢能产业的发展。2024 年启动的康保—曹妃甸氢气长输管道项目，是中国在长距离氢气输送领域的重大突破之一。该项目全长 763 公里，设计压力达到 6.3MPa，实现了氢气的大规模长距离运输。这些长距离氢气管道的建设，为氢能的大规模应用奠定了坚实的基础，推动了氢能在中国的普及和应用。

此外，2023 年中国石化宣布的“西氢东送”输氢管道示范工程，连接了内蒙古自治区与北京市燕山石化，是中国首条跨省区长距离纯氢管道。这些项目的实施大幅提升了氢能在全国范围内的流通效率，降低了氢能的运输成本，并为氢能的大规模应用提供了必要的基础设施保障。

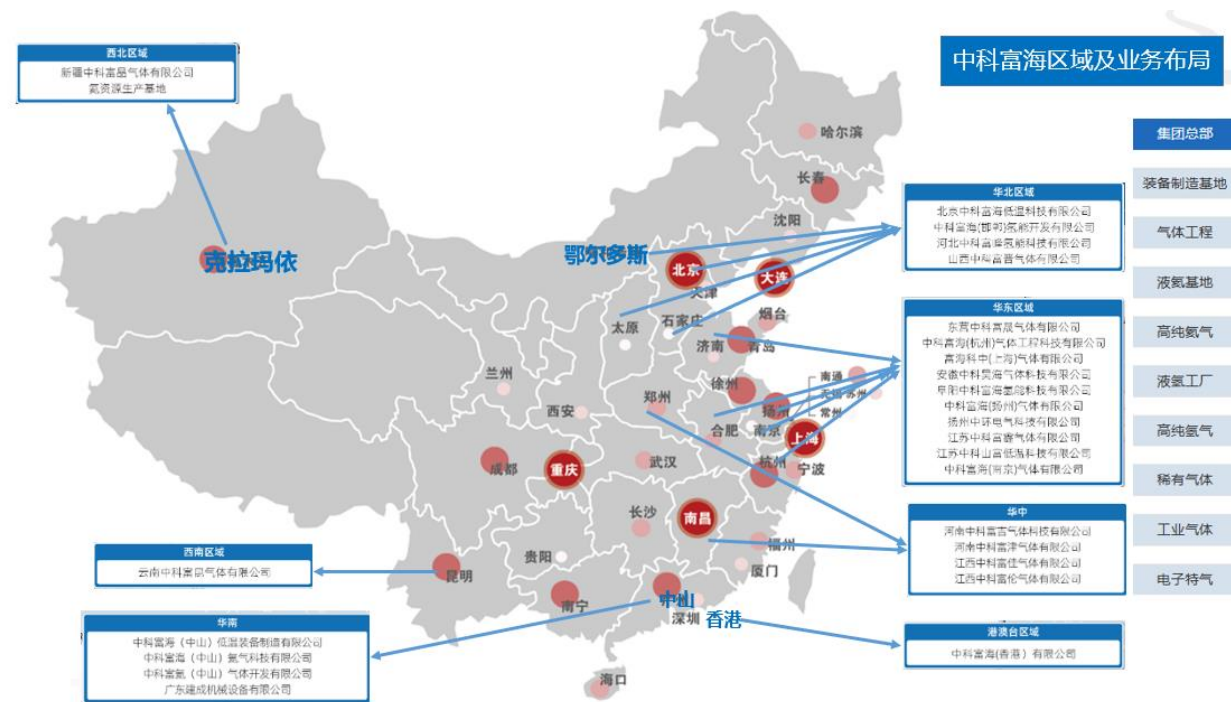
未来，随着技术的不断进步和需求的不断增长，氢气管道输送将在中国乃至全球的氢能供应链中发挥更重要的作用。

## 第三章 行业ESG的优秀实践

中科富海是国内具有自主知识产权的集大型低温制冷装备设计、制造、低温系统交钥匙工程与民族工业气体供应商，致力于提供液氢、液氮温区大型低温制冷装备、氢液化装置、LNG-BOG 提氮装备、稀有气体（氦氖氩）分离纯化等先进低温装备，以及氢能应用系统解决方案、高纯稀有气体、电子特种气体、工业气体和气体工程等服务。

2017 年成立至今，中科富海在全国各地建立分子公司和科研机构，初步完成在大型低温装备与低温工程、战略提氮、氢能产业、稀有气体与工业气体工程五大业务板块的规划布局，奠定其在全国大鄂尔多斯盆地、京津冀、长三角、粤港澳大湾区重点区域的发展。

图 7：中科富海的全国布局



来源：中科富海

低温科技领域对技术要求较高，目前国内公司此领域的佼佼者有中科美菱、天海低温、江苏克劳特、冰轮环境、澳柯玛、长虹美菱、青岛海尔等企业。而中科富海经过长期的探索研发，拥有自主知识产权的核心技术，能够提供液氢、液氮温区的大型低温制冷装备，以及氢液化装置等产品，在氢能产业链中扮演着重要角色。

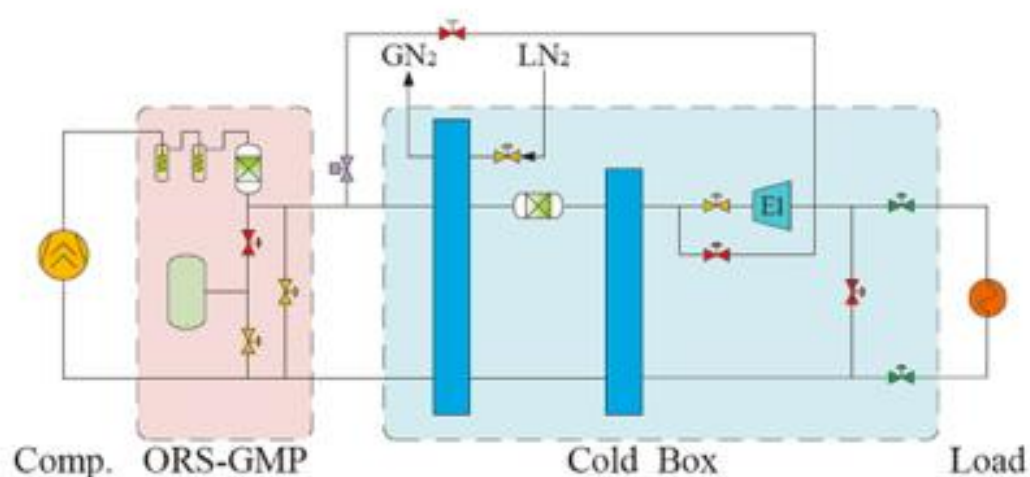
公司不断进行技术创新，致力于提高液氢装备的效率和降低能耗，未来 10 吨以上的成套设备能耗将低于 8kWh/kg。公司在低温领域的重大技术性突破主要涉及以下方面。

- 液氢制取与储运技术：中科富海成功开发了系列化成套低温装备，包括液氢、液氮温区的大型低温制冷装备和氢液化装置，技术指标达到国际先进水平。公司在液氢制取、储运与加注等方面掌握了核心工艺与技术，打破国外技术垄断，提高了我国液氢生产能力。
- BOG 提氮技术：中科富海在 BOG（液化天然气在储罐中由于热量传导和自然蒸发而产生的气体）提氮领域取得突破性进展，成功研制出国内首套 LNG-BOG 低温提氮装置，实现了 BOG 提氮生产线的产业示范运行，填补了国内大型低温领域的空白。
- 大型氢液化装置：中科富海与中国科学院理化技术研究所联合研发、设计并集成制造的国产首套具有自主知识产权的 5 吨/天大型氢液化装置通过测试验收，实现了大型氢液化装置国产化，该装置总体性能达到国际先进水平。
- 低温制冷技术：中科富海拥有 20K-2K 核心关键技术，提供液氮温区大型低温制冷装备、氢液化装置及氢能应用系统解决方案，为我国科学研究领域和航空航天、半导体等战略高技术产业的自主可控发展提供关键支撑和保障。
- 绿色氢能与电子特气：中科富海在绿色氢能、电子特气、绿色气体领域业务布局，持续提升装备制造和气体生产规模和能力，围绕产业链需求完善技术创新体系。

图 8: 中科富海的低温制冷产品



10kW@20K氮制冷机



20K氮制冷机产品

小型	中型	大型
500-1000W	1000-2000W	>2000W

来源: 中科富海

表 5: 中科富海的电子特气产品与应用

类别	环节	主要气体产品	作用
电子特种气体	硅片制造	三氟化氮、氟化氢、氢气、氩	氯化、还原、溶解旋拉、环境气
	氧化	三氟化氮、氟气、氟化氢、三氟乙烷、二氟乙烯	清洗、去除杂质
	化学气相沉积CVD	氟气、氟气、氧化亚氮、TEOS、TEB、TEPO、磷化氢、三氟化氯、二氟硅烷、氟化氮、硅烷、六氟化钨、六氟乙烷、四氟化钛、甲烷等	形成CVD薄膜
	光刻工艺	三氟化氮、氟气、氟气、氟气、氟气等	进行光刻
	蚀刻工艺	三氟化氮、硅烷、氟气、四氟化碳、八氟环丁烷、八氟环戊烷、三氟甲烷、二氟甲烷、氟气、溴化氢、三氯化硼、六氟化硫、一氧化碳等	刻蚀、改进气体、提高各向异性和选择性
	离子注入	氟化砷、三氟化磷、磷化氢、三氟化硼、三氟化硼、四氯化硅、六氟化硫、氟气等	P型和N型的形成
电子大宗气体	环境气保护气	掺杂	三氟化氮、含硼、磷、砷等三族及五族原子之气体，如三氟化硼、乙硼烷、三氟化硼
		提供惰性环境氛围	氮气、氧气、氩气、二氧化碳等

来源: 中科富海

中科富海在低温科技领域的技术创新有助于推动氢能产业的绿色发展，其液氢技术可以提高氢能的储运效率，减少碳排放，对实现国家“双碳”目标具有积极作用。

### 环境

例如，中科富海（中山）低温装备制造有限公司新建项目的环境影响评价公示显示，公司在项目规划阶段就开展了详细的环境评估，确保项目实施对环境的影响降到最低。这种预防性管理模式体现了中科富海对环境保护的强烈责任感，符合 ESG 标准中的环境保护要求。

在项目启动之初，公司组织专业团队进行全面的环境影响评估（EIA），涵盖现场调研、数据分析和影响范围界定，确保全面识别项目可能对生态环境造成的影响。

在评估过程中，中科富海邀请地方政府、环保组织和社区居民参与，定期召开公众听证会，向利益相关者介绍项目计划，听取意见和建议，并建立在线反馈渠道，增强项目的透明度和公信力。这种多方参与的方式确保了环境评估的全面性，提升了利益相关者的参与感。

基于环境评估的结果，公司制定了一系列具体的环境保护措施。例如，在废水处理方面，公司投资建设高效的处理设施，确保所有排放的废水达到国家环保标准；在废气治理上，引入先进的脱硫、脱氮设备，控制有害气体排放；同时，采取隔音措施以减少设备运行过程中产生的噪声对周围居民的影响。

中科富海还建立了 ISO14001 环境管理体系，设定短期和长期的环境保护目标，明确各部门在环境管理中的责任。此外，企业重视员工培训与意识提升，实施定期的环保知识培训，并开展“绿色工作日”活动，鼓励员工参与实际的环保行动。

在持续改进方面，公司建立了反馈和评估机制，每半年对环境管理效果进行审查，编写年度环境绩效报告，公开项目的环境表现和未来改进计划。公司还注重技术创新，加大对环保技术的研发投入，更新设备，采用更高能效的生产工艺，减少能源消耗和污染。

最后，中科富海积极与环保部门合作，确保合规运营，接受定期检查并及时整改问题，与其他企业分享环境管理经验，共同提升行业的环保标准。通过这一系列具体措施，中科富海不仅符合 ESG 标准，提升了企业形象，还为社会和环境的可持续发展做出了积极贡献。

## 社会

中科富海通过其低温制冷设备和氢能应用系统，不仅在航空航天、先进核能等国家大科学工程中扮演了重要角色，还为战略资源的开发和应用提供了坚实支撑，特别是在保障国家战略氦资源供应方面。

在员工关怀和社会贡献方面，中科富海也展现了高水准的社会责任。公司为员工提供了完善的福利待遇，如食宿等基本保障，并通过技术创新与发展，带动了相关领域的就业增长和地方经济发展。同时，公司积极参与社区建设和公益活动，为当地社会贡献力量，树立了良好的企业形象。

## 公司治理

公司对自主知识产权非常重视。中科富海在低温制冷和氢液化领域取得了显著进展，其 20K-2K 低温制冷技术已在国内实现自主研发，具备了与国际先进水平相当的性能，能够满足国内市场需求。同时，公司的氢液化技术也取得了重要突破，具备高能效和稳定性，为氢能的应用提供了支持。

虽然中科富海在低温装备制造领域掌握了一定的核心技术（如 20K-2K 低温制冷技术和氢液化装置），但国际上相关方面仍然存在一定程度的技术垄断。目前，全球几家公司在这些领域处于领先地位，例如美国的霍尼韦尔（Honeywell）和林德（Linde）在低温技术和氢气液化方面积累了深厚的技术底蕴。此外，日本的三菱重工和神户制钢也在超低温制冷和气体分离设备的研发中占据优势。这些公司通过多年的技术积累和市场运营，掌握了关键核心技术和市场份额。

目前中科富海在低温制冷和氢液化领域的自主技术突破增强了国内的技术自主权和市场竞争力。相信随着技术的不断进步和市场的逐步扩展，公司有望在未来进一步提升技术优势和市场地位。

## 参考资料:

- 《储能技术发展及路线图》，海生、吴玉庭
- 《储能技术及应用》，中国化工学会储能工程专业委员会组织
- 《投资新型储能产业》，胡宇晨、龚芷以等
- 《中国氢能产业展望》，波士顿咨询
- 《氢能&燃料电池行业研究》，国金证券
- 《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》
- 《中国低温技术自主创新现状及挑战》，低温工程技术
- 《我国氢能技术创新与自主知识产权的现状与挑战》，科技创新与应用
- 《低温制冷技术的发展与应用现状》，低温工程
- 《全球氢能产业政策现状与前景展望》，电力信息与通信技术
- 《全球氢能产业发展趋势浅析》，石油石化绿色低碳
- 《全球氢能源研究进展与中国氢产业链现状分析》，江苏商论
- 《氢能事业的发展与前景展望》，石油石化节能
- 《国外氢能产业导向、进展及我国氢能产业发展的思考》，中国发展观察
- 《我国氢能产业发展前景》，中外能源
- 《我国氢气市场分析及发展前景研判》，化学工业
- 《氢能产业发展前景及其在中国的发展路径研究》，中外能源
- 《能源革命中的电化学储能技术》，中国科学院院刊
- 一文读懂：氢储能在新型电力系统中有哪些应用价值？
- “氢储能”技术你知道多少？
- 氢能储运关键技术发展趋势
- 氢能储运关键技术研究进展及发展趋势探讨
- 氢储能系统关键技术及发展前景展望
- 氢储能，能量密度竟然是电化学储能的100多倍！
- 液氢储运：加速实现关键设备国产化
- 0 电力消耗！首批 1.0MWh 的催化剂直接制氢反应器将进入市场
- 划重点氢储能系统关键技术介绍！
- 氢储能：长时储能的未来解决方案-中国储能网
- 一文读懂液氢储运技术发展前景，太阳能学报
- 制氢、储运、加氢、检测，氢能设备产业链全解
- 新质生产力发展经典：氢能与储能新业态新领域
- 氢储能系统关键技术及应用综述
- 金属氢化物储氢反应器放氢特性的数值模拟
- 有机液态储氢技术能否打破氢储运难题？
- 高压复合储氢罐用储氢材料的研究进展
- 碳纤维复合材料高压储氢容器研究与结构设计
- 全球氢储运项目部署及技术研发进展分析
- 氢生产、输送和储存系统用金属材料的开发
- 氢能储运关键技术研究进展及发展趋势探讨
- 液氢储运技术发展现状与展望
- 燃料电池行业专题：千亿氢能市场一触即发
- 氢燃料电池发展现状及未来展望
- 中国氢燃料电池行业现状深度研究与未来前景分析 ...
- 氢能技术全产业链现状及其在储能发电领域的应用
- 电力系统氢储能关键应用技术现状、挑战及展望，任泽平
- 氢能研究报告 2022——人类最清洁的能源解决方案
- 全球氢能产业：现状及未来
- 国际氢能发展战略比较分析
- 中国氢能行业市场概况、投资热点及未来发展趋势分析预测（2024版）
- 氢能&燃料电池行业产业链系列报告之十五：碳中和及储能背景下，千亿氢能市场一触即发
- 2024 全球氢能产业的全方位解读：发展现状与未来趋势的深度解析
- 《氢能计划发展规划》，美国能源部发布
- 美国能源部发布国家清洁氢能战略和路线图
- 碳中和目标下日本氢能产业发展战略变化分析
- 2024-2030 年中国氢能行业市场发展态势及投资前景研判 ...
- 解码绿色冬奥 | “氢”风徐来 张家口市全面推动绿色氢能产业发展
- 齐鲁石化炼油厂因氢气泄漏爆炸！氢能安全何解？
- 我国输氢管道建设提速
- 中国科学院团队打造新型废旧电池回收系统

# INTRODUCTION



## 关于上海现代服务业联合会

上海现代服务业联合会，是由本市主要从事服务业的行业协会、学会、商会等社会组织及企事业单位自愿组成的跨行业、跨领域的综合性枢纽型非营利社团组织。拥有会员单位1500余家，其中200余家为行业协会、学会、商会等社会组织，覆盖了金融、信息、科技、商务、生产、公共、专业服务等多个领域，基本囊括上海市服务业的所有行业。

以联合会为主发起设立了上海现代服务业企业促进中心、上海经贸商事调解中心、上海现代服务业发展研究院、上海现代服务业发展基金会、上海现代服务业标准创新发展中心等五个民非实体机构，并牵头成立长三角现代服务业联盟，具有全面服务社会、助推经济发展的综合实力和核心竞争力。

2024年3月，上海市商务委关于印发《加快提升本市涉外企业环境、社会和治理（ESG）能力三年行动方案（2024-2026年）》，明确上海现代服务业联合会承担着“加大对ESG理念的宣传力度”的主要任务。



## 关于荣续ESG智库研究中心

荣续ESG智库研究中心，致力于推动“绿色共赢”的可持续发展理念，成为企业ESG发展的长期伙伴。我们通过ESG行业研究、优秀案例研究、政策和标准研究、热点和趋势分析等，解决气候变化、环境、社会、公司治理等领域的信息缺乏或信息不对称的问题，为企业提供可落地、可复制、可持续的ESG 解决方案，帮助企业践行ESG理念，创造长期价值。

荣续智库研究中心汇聚了各行业的ESG专家和研究员，他们在各自领域拥有丰富经验和卓越能力。这些专家大部分是来自品职教育的ESG持证学员。品职教育拥有超过百万的活跃ESG学习社群，以及超过3万名ESG人才组成的人才库，是荣续智库坚实的人才资源。

荣续智库将继续发挥行业经验，秉持深刻洞察力和强大执行力，帮助企业将ESG有效整合到核心战略中，助力企业在ESG领域实现突破，创造社会和经济双重价值。

## ESG白皮书系列

- |                   |                    |                    |                  |  |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--|
| 01 纺织服装行业ESG白皮书   | 13 包装印刷行业ESG案例白皮书  | 25 银行绿色金融行业ESG白皮书  | 37 酒旅行业ESG白皮书    | 49 基建行业ESG白皮书                            |
| 02 食品饮料行业ESG白皮书   | 14 家电行业ESG白皮书      | 26 跨境电商行业ESG白皮书    | 38 零碳产城融合项目发展白皮书 | 50 气候金融ESG白皮书（基础篇）                       |
| 03 汽车行业ESG白皮书     | 15 美妆行业ESG白皮书      | 27 光储充行业ESG白皮书     | 39 零碳产城融合项目案例白皮书 | 51 气候金融ESG白皮书（实务篇）                       |
| 04 化工行业ESG白皮书     | 16 钢铁行业ESG白皮书      | 28 电子元器件分销行业ESG白皮书 | 40 白酒行业ESG白皮书    | 52 新能源汽车行业ESG白皮书（电池类）                    |
| 05 环保行业ESG白皮书     | 17 物流及航运物流行业ESG白皮书 | 29 建筑材料行业ESG白皮书    | 41 电力行业ESG白皮书    | 53 新能源汽车行业案例白皮书（电池类）                     |
| 06 新能源行业ESG白皮书    | 18 航空物流行业ESG白皮书    | 30 通信服务行业ESG白皮书    | 42 物业行业ESG白皮书    | 54 新能源汽车行业ESG白皮书（氢能·<br>甲醇·生物质·天然气·太阳能类） |
| 07 半导体行业ESG白皮书    | 19 建筑行业ESG白皮书      | 31 通信设备行业ESG白皮书    | 43 有色金属行业ESG白皮书  | 55 医养康行业ESG白皮书                           |
| 08 医药行业ESG白皮书     | 20 储能行业ESG白皮书      | 32 家居装饰行业ESG白皮书    | 44 零碳物流园区发展白皮书   | 56 公共建筑行业ESG白皮书                          |
| 09 财会行业ESG白皮书     | 21 机械储能行业ESG白皮书    | 33 互联网教育行业ESG白皮书   | 45 零碳园区发展白皮书     | 57 智能制造行业ESG白皮书（航空航天）                    |
| 10 金融“一带一路”ESG白皮书 | 22 电化学储能行业ESG白皮书   | 34 医疗器械行业ESG白皮书    | 46 传媒行业ESG白皮书    | 58 微电网与虚拟电厂行业ESG白皮书                      |
| 11 包装行业ESG白皮书     | 23 化学储能行业ESG白皮书    | 35 医疗卫生行业ESG白皮书    | 47 造纸行业ESG白皮书    | 59 中国企业出海ESG白皮书（更新版）                     |
| 12 印刷行业ESG白皮书     | 24 出海欧盟 行业ESG白皮书   | 36 康复辅具行业ESG白皮书    | 48 煤炭行业ESG白皮书    | 60 零碳园区案例白皮书（系列）                         |

合作咨询请联系  
(扫码添加联系人)



欢迎关注荣续ESG智库研究中心  
为您提供最新的ESG资讯  
共同探索可持续发展的未来

