

2024年05月23日

证券研究报告 | 产业深度报告

高承载容量、低运营成本，固态储氢开启规模化之路

固态储氢深度报告

氢能

投资评级：推荐（维持）

分析师：张锦

分析师登记编码：S0890521080001

电话：021-20321304

邮箱：zhangjin@cnhbstock.com

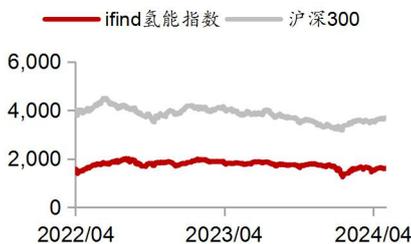
研究助理：张后来

邮箱：zhanghoulai@cnhbstock.com

销售服务电话：

021-20515355

行业走势图（2024年5月22日）



资料来源：ifind，华宝证券研究创新部

相关研究报告

1、《基于钢管的地下垂直压缩储氢打开气态储氢新思路—海外氢能动态点评》

2024-05-09

2、《氢能道路运输技术规范意见稿出炉，运氢技术有望进一步规范—氢能政策点评》

3、《20240425【产业研究】新型电力系统系列报告（二）：火电灵活性改造——电网灵活性增量主体资源》

2024-04-26

投资要点

④**固态储氢行业位于氢能产业链中游，发展空间广阔：**我国氢能行业受限于氢气在长距离领域应用的局限性、储氢环节的安全性和经济性、长距离储运氢气的可操作性，需要低损耗、灵活性强的存储载体来支持储氢行业的发展。当前，突破氢能行业“卡脖子”的关键在于提高储氢效率和降低成本，相比气态、液态储氢，经济、高效、安全、无需高额储氢设备的固态储氢脱颖而出，固态储氢技术的日渐成熟更加彰显出其在储氢密度和本征安全性能方面的巨大优势，固态储氢应用场景有望不断拓宽。

④**固态储氢技术具有稳定、载量大的优势，其中金属氢化物有望率先突破技术难点：**固态储氢是指在一定温度、压力等条件下，利用固态储氢材料实现可逆存储与释放氢气的技术，分为物理吸附储氢和化学储氢两种形式。物理吸附材料储氢是指通过范德华力将氢气分子吸附在固体表面，环境下通常较稳定；化学储氢材料主要包括金属氢化物、复合氢化物等，其中，金属氢化物因其高氢储存容量和良好的循环稳定性而成为研究和应用前景最广泛、最深入的材料类型。固态储氢兼具体积储氢密度高、吸放氢条件温和、可逆性和循环寿命高、安全性好、供氢纯度高的特点，应用前景广泛。

④**政策护航、运营成本占优，固态储氢有望进一步打开规模化应用之路：**国家和地方为支持固态储氢制定实施了相关标准政策，为国内市场的高质量发展提供了基础和保障。国家发布《通信用氢燃料电池固态氢源系统》《燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统》《镁基氢化物固态储运氢系统技术要求》等，为固态储氢提供制度标准化的优势。同时，固态储氢无需原料气压缩/液化设备投入，运营成本相较于高压储存与液态储存具有明显优势。目前，所有固态储氢材料中，镁基合金储氢因其储氢质量密度高、成本低、安全性强的优势，有望在我国率先获得规模化应用。

④**国内外固态储氢市场动态：**国内外固态储氢发展着眼于固定式应用场景和移动式应用场景，国内外就固定式场景开展了百公斤级金属氢化物储氢示范与应用，就移动式场景关于车载固态储氢罐及储氢材料进行开发研究。国内，固态储氢行业内部公司不断加大对固态储氢技术的研究开发，实现了多项专利产品的落地；各公司探索新的应用场景并着手相关项目的建设生产，固态储氢领域竞争激烈、充满发展潜力。

④**投资建议：**氢能储运作为整条产业链中的“卡脖子”环节，其成本降低空间与氢能存储效率备受市场关注，固态储氢在储氢密度和本征安全性能方面优势明显，随着相关技术的进一步突破，其应用场景有望不断拓宽，建议关注固态储氢及其相关上下游行业的投资机会。

④**风险提示：**技术发展不及预期、下游需求不及预期、政策推进不及预期；本报告提及的上市公司旨在论述行业发展现状，不涉及覆盖与推荐。

内容目录

1. 固态储氢行业位于氢能产业链中游，发展空间广阔.....	3
1.1. 氢能行业蓬勃发展，需要低损耗、灵活性强的存储载体.....	3
1.2. 高效率、低成本成为储氢行业的未来趋势.....	4
2. 固态储氢技术具有稳定、载量大的优势，金属氢化物有望率先突破技术难点.....	6
3. 政策护航、运营成本占优，固态储氢有望打开规模化应用之路.....	7
4. 国内外固态储氢市场动态.....	9
4.1. 国内外固态储氢研发进展.....	9
4.2. 国内固态储氢行业动态.....	11
5. 投资建议.....	13
6. 风险提示.....	14

图表目录

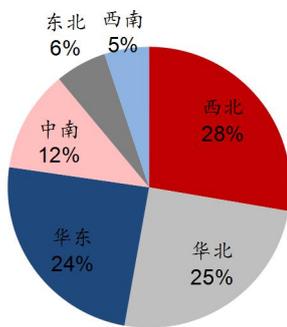
图 1: 2023 年中国氢气生产区域结构 (%)	3
图 2: 2023 年中国氢气消费结构 (%)	3
图 3: 不同储运方式在不同运输距离下的成本对比 (元/kg)	4
图 4: 随运输距离变化氢气成本构成的占比 (%)	4
图 5: 固态储氢应用场景.....	5
图 6: 固态储氢方式及材料分类.....	6
图 7: 固态储氢的基本原理.....	6
表 1: 主流储氢技术对比.....	4
表 2: 几种代表性固态储氢材料的技术参数.....	6
表 3: 固态储氢行业标准、政策及内容.....	7
表 4: 气态/液态/固态储氢运营成本对比.....	9
表 5: 镁基合金储氢性能.....	9
表 6: 全球固定式场景固态储氢开发情况.....	10
表 7: 全球移动式场景固态储氢开发情况.....	10
表 8: 固态储氢行业公司项目进展及产品专利总结.....	13

1. 固态储氢行业位于氢能产业链中游，发展空间广阔

1.1. 氢能行业蓬勃发展，需要低损耗、灵活性强的存储载体

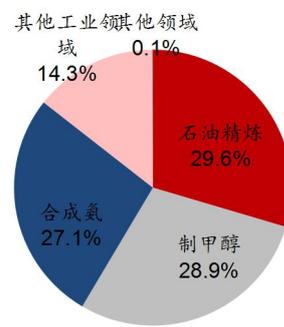
我国氢气产量规模逐年扩大，但大量的氢气只能用于短距离消纳。根据中国氢能联盟发布的数据，2023年全国氢能产量约3550万吨，中国氢能联盟预计到2050年，我国氢气需求量将接近6000万吨，产业链年产值达到12万亿元。根据赛迪顾问的统计，2023年我国氢能资源呈现出“北多南少”的特征，且我国氢气消费的最大应用依然集中在石油精炼、甲醇制取、合成氨等短距离消纳领域，交通等需要较长距离的其他领域应用市场尚处于推广阶段，氢气消费仅占比0.1%。

图 1：2023 年中国氢气生产区域结构（%）



资料来源：赛迪研究，华宝证券研究创新部

图 2：2023 年中国氢气消费结构（%）

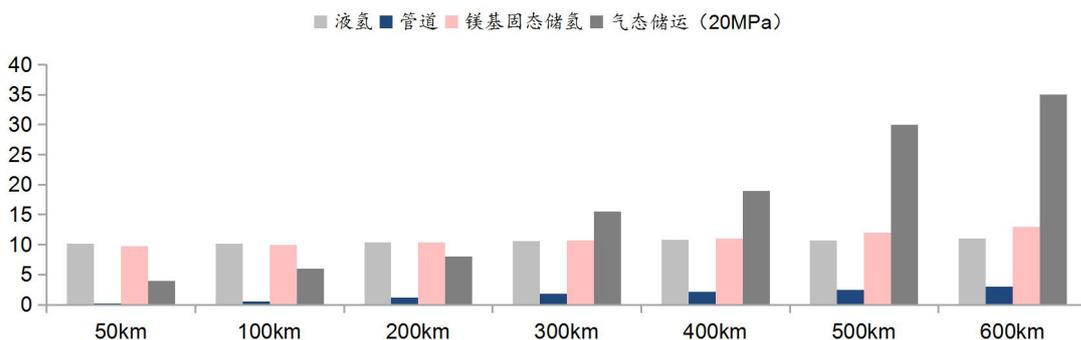


资料来源：赛迪研究，华宝证券研究创新部

储存环节关系氢能使用的安全性和经济性，也是产业发展的瓶颈所在。国家能源局在 2023 年 5 月 6 日题为《着力破解绿氢输送难题》中指出，氢能运输网络的建设是一项系统性工程，应根据市场需求特点，合理匹配各类储运方式，逐步提高氢气储存和运输能力，为构建新型能源体系提供有力支撑。然而氢气在常温常压下具有密度小、易燃易爆等特性，因此氢储运难度较大。此外金属材料在含氢介质中长期使用时，材料由于吸氢或氢渗而造成机械性能严重退化，易发生“氢脆”现象，因此还需注意储氢材料及运氢环境，以保证氢气在运输过程中的安全性。

基于氢能应用与氢能制取的区位差异，需要远距离、大容量、低损耗的氢能储运方式。氢气储运主要分为气态储运（高压气态储运和管道运输）、固态储运车、液氢槽罐车三种方式，其中高压气态运输成本随着距离的增加而大幅上升，固态储运车和液氢槽罐车的运输成本对于距离本身不敏感，在加氢站建设不完备的情况下具有长距离运输的成本优势。管道运输的成本主要来自与输送距离正相关的管材折旧及维护费用，在当前加氢站未全面普及的情况下，管道运氢受运输半径影响难以大面积铺设。

图 3：不同储运方式在不同运输距离下的成本对比（元/kg）

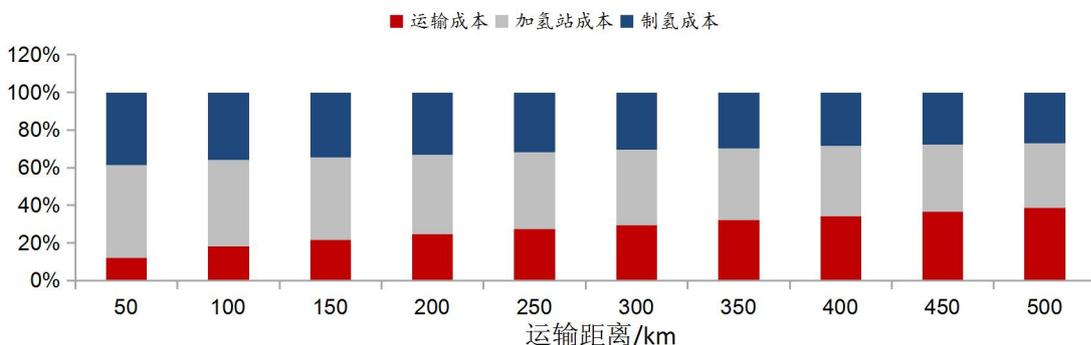


资料来源：SMM 氢能源、张轩等《氢能供应链成本分析及建议》，华宝证券研究创新部

1.2. 高效率、低成本成为储氢行业的未来趋势

当前氢气成本过高的原因在于运输环节成本占比过大，占到总成本的 30-40%，提高储氢效率和降低成本成为突破氢能行业“卡脖子”的关键。根据张轩等在《氢能供应链成本分析及建议》中的测算，以煤制氢、管道运输形式的燃料电池车为例，当运输距离突破 200km 时，氢能储运在氢气成本中的占比突破 20%，并随着运输距离的增加而加速增长。

图 4：随运输距离变化氢气成本构成的占比（%）



资料来源：张轩等《氢能供应链成本分析及建议》，华宝证券研究创新部

与气态、液态储氢相比，固态储氢经济、高效、安全，不需要价格昂贵的储氢设备，运输方便。目前主流的储氢模式分为气态、液态、固态三种，其中气态储氢通常通过压缩氢气至高压罐中实现，是目前最常见的储氢方式，但高压储存对容器的安全性和稳定性要求较高，且运输途中存在较大的损耗风险；液态储氢通过冷却氢气至其沸点以下，使其转变为液态，这种方法适合大规模储氢，但液态储氢对于能耗和储氢设备的要求均较高；固态储氢通过吸附或化合物的形式将氢气储存在固态材料中，安全性较高，并且可以在接近环境的温度和压力下进行，对能耗和设备的要求较低，运输方便。

表 1：主流储氢技术对比

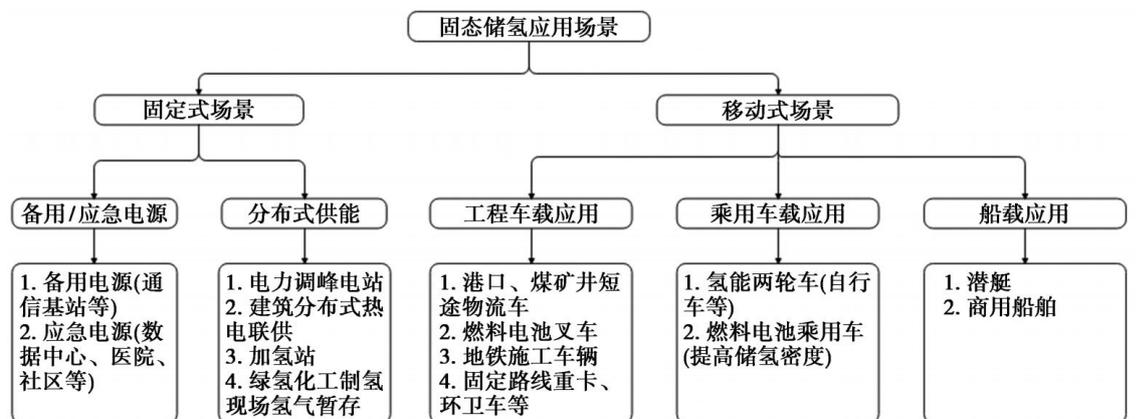
储氢技术	低温液态储运氢	高压气态 35MPa 储氢	高压气态 70MPa 储氢	稀土系合金固态储氢	钛铁系合金固态储氢	镁合金固态储氢
储氢质量	>5.7	3	5.5	1.5	1.8	<7.6

储氢技术	低温液态储运氢	高压气态 35MPa 储氢	高压气态 70MPa 储氢	稀土系合金固态储氢	钛铁系合金固态储氢	镁合金固态储运氢
分数 (%)						
体积储氢密度(kg/立方米)	70	23.5	40	104	96	94-100
运输方式	专用特种槽车					依据规模选择固态储氢车
装载量 (KG/车)	360-4300					目前单车最大 1200
温度(摄氏度)		20	20	20	20	205-290
应用情况	国外应用广泛, 国内目前仅用于航天及军事领域	广泛应用于国内燃料电池车	广泛应用于海外, 国内有审批阻碍	项目示范持续改进	项目示范持续改进	试验阶段
优势	体积比容量大, 运输装载量大, 氢纯度高	充、放氢速率快, 发展应用成熟	充、放氢速率快, 发展应用成熟	放氢平台更低, 动力学性能好	成本低	储氢密度大, 可快速充、放氢, 运输方便
劣势	能耗高, 设备要求高, 成本高, 国内民用还未形成	能耗高; 安全性隐患高, 加氢站成本高	能耗高; 安全性隐患高, 加氢站成本高	成本高	放氢动力学性能较弱	热交换较困难, 镁基合金固态储氢需要在较高温度下进行

资料来源: SMM 氢能源、中国工程院, 华宝证券研究创新部

随着固态储氢技术的逐渐成熟, 固态储氢在储氢密度和本征安全性能方面优势明显, 应用场景有望不断拓宽。近年来镁基、钛铁系、钒系固态储氢技术日趋成熟, 示范应用取得突破, 部分行业头部企业建成千吨级镁基储氢材料生产线, 产业链上中下游合作加强, 不断拓宽固定式、移动式细分应用场景。

图 5: 固态储氢应用场景



资料来源: 李海波《固态储氢技术现状与发展趋势分析》, 华宝证券研究创新部

2. 固态储氢技术具有稳定、载量大的优势，金属氢化物有望率先突破技术难点

固态储氢是指在一定温度、压力等条件下，利用固态储氢材料实现可逆存储与释放氢气的技术。固态储氢主要分为物理吸附储氢和化学储氢两种形式，具有体积储氢密度高、吸放氢条件温和、可逆性和循环寿命高、安全性好、供氢纯度高等特点。

图 6：固态储氢方式及材料分类

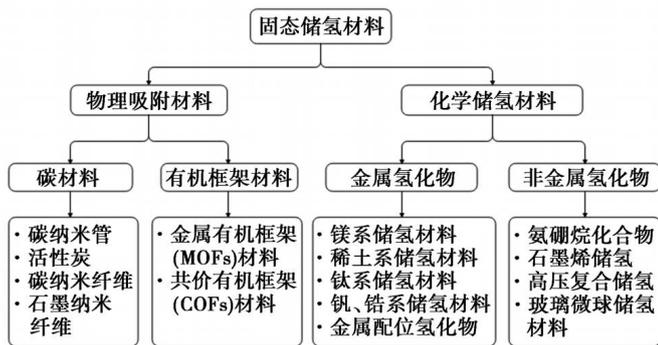
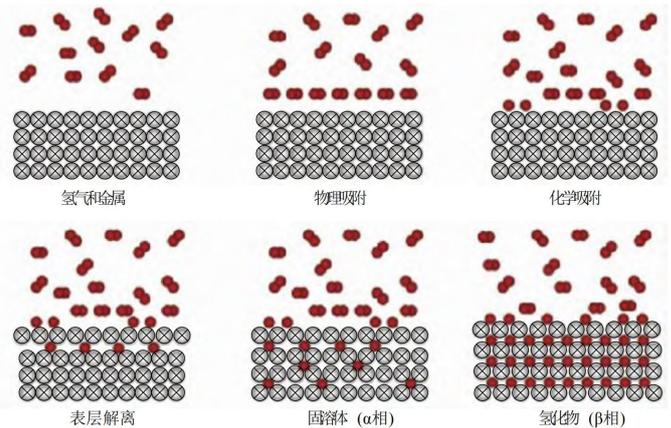


图 7：固态储氢的基本原理



资料来源：李海波《固态储氢技术现状与发展趋势分析》，华宝证券研究创新部

资料来源：上海燃气工程设计研究公司，华宝证券研究创新部

物理吸附材料储氢是指通过范德华力将氢气分子吸附在固体表面，由于吸附作用较弱，物理吸附储氢系统对环境条件下通常比较稳定。物理吸附储氢可利用的材料较多，其中活性炭因其多孔结构和高比表面积而成为一种传统且广泛使用的物理吸附材料，是氢储存的理想介质；碳纳米管因其独特的结构和优异的机械性能而受到极大关注；金属-有机框架（MOFs）作为一种新兴材料，具有极高的比表面积（高达 7000 m²/g）和可调的孔结构，成为物理吸附氢储存领域最有前景的材料之一；此外，一类被称为共价有机框架（COFs）的新兴材料与 MOFs 在结构上具有相似之处，因此也被认为具有物理吸附氢储存应用的潜力。

通常物理吸附材料的高比表面积和多孔结构有助于提高氢气的吸附量，且物理吸附储氢通常在接近环境的温度和压力下进行，部分材料（如活性炭等）成本低廉，为高效、安全的氢储存和利用提供了更多的途径。然而，物理吸附材料在环境温度和压力下的氢储存容量（<2 wt.%）对它们在固态氢储存系统中的应用依然存在限制。

化学储氢材料种类较多，主要包括金属氢化物、复合氢化物等。其中，金属氢化物因其高氢储存容量和良好的循环稳定性而成为研究和应用前景最广泛、最深入的材料类型。根据化学组成，金属氢化物可以进一步细分为 AB₅ 型（如 LaNi₅）、AB₂ 型（如 ZrV₂）、AB 型（如 TiFe）、A₂B 型（如 Mg₂Ni）等。它们通常由一个具有强烈吸氢活性的元素（A）和一个吸氢活性较弱的元素（B）组成。在脱氢过程中，这两种元素协同作用，调节氢的结合力。A 通常选自稀土元素（如 La、Ce）、镁（Mg）、钛（Ti）等，而 B 则选自过渡金属（如 V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni）。复合氢化物指的是含有配位键的复合氢化物，如氨硼烷（NH₃BH₃）、锂硼氢化物（LiBH₄）等，它们通过配体与金属中心的相互作用形成多步可逆脱氢反应，但通常需要在 200° C 以上的环境中进行脱氢。

表 2：几种代表性固态储氢材料的技术参数

材料	氢存储密度(wt.%)	释放温度(°C)	脱氢压力(MPa)
----	-------------	----------	-----------

材料	氢存储密度(wt.%)	释放温度(°C)	脱氢压力(MPa)
LaNi5	1.8	25	0.1-0.3
CaNi5	1.4	25	0.1
ZrMn2	1.5-2.0	25-100	0.1-1
TiCr2	2	25-100	0.1-1
TiFe	1.8	100	1-2
ZrNi	1.6	25-100	1-3
Mg2Ni	3.6	250-350	0.1-0.3
NaAlH4	5.6	150	0.1-1
LiNH2	10.5	150	0.1-1

资料来源：Yaohui Xu 《Research Progress and Application Prospects of Solid-State Hydrogen Storage Technology》，华宝证券研究创新部

3. 政策护航、运营成本占优，固态储氢有望打开规模化应用之路

国家和地方为支持固态储氢制定实施了相关标准政策，为国内市场的高质量发展提供了基础和保障。自2010年以来，国家完善固态储氢的技术标准，发布《通信用氢燃料电池固态氢源系统》《燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统》《镁基氢化物固态储运氢系统技术要求》，为固态储氢提供了标准化体系，同时出台政策文件《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》等支持了固态储氢的长久发展。2022年以来，地方政府相应中央，基于中央政策，落实到具体省级、市级层面因地制宜制定地方政策，包括内蒙古发布《做好现代能源经济这篇文章 做大做强国家重要能源基地》、宁夏回族自治区发布《宁夏回族自治区氢能产业发展规划》，中央结合地方共同推动产业升级和可持续发展。

表 3：固态储氢行业标准、政策及内容

发布时间	发布单位	发布文件	内容
2024/5/10	无锡市发展和改革委员会	《无锡市氢能和储能产业发展三年行动计划（2023-2025）》	推进核心技术攻关。支持企业开展液氢储氢、有机液体储氢、固态储氢、液态储氢等复合储氢及移动加氢、车载换瓶关键技术研究
2024/2/23	内蒙古自治区能源局	《做好现代能源经济这篇文章 做大做强国家重要能源基地》	大力发展绿氢产业，投运世界首条固态低压储氢生产线。
2023/12/29	合肥市人民政府	《合肥市新型储能发展规划（2023-2027年）》	重点推动氢储能技术攻关。加快推动光伏制氢和储氢、甲醇、天然气等高效燃料电池关键技术和装备攻关，推进储氢（氢）材料、容器、车载储氢系统、氢能发电和掺氢燃烧发电技术研发，支持制氢、储氢、用氢等系统集成技术开发及应用。
2023/9/1	内蒙古包头市人民政府	《包头市氢能产业发展规划（2023—2030年）》	坚持创新驱动，推进高安全高体积密度的固态储氢技术的发展；开展制氢、固态储氢、高压气态储氢等核心装备及关键材料制造产业的布局；打造新型固态储氢材料及装备制造产业集群。
2022/11/11	宁夏回族自治区发展改革委	《宁夏回族自治区氢能产业发展规划》	着力开展核心技术攻关。探索开展液氢储运、氨氢、有机液态储氢、合金固态储氢等技术研发和成果转化。
2022/11/7	南通市工信局	《南通市氢能与燃料电池汽车产业发展指导意见（2022-2025年）》	推动核心技术创新。聚焦氢气制储运加环节，攻关高压储运氢设备技术、高效液氢制备与储运技术、固态储氢技术，力争在关键装备领域实现重点突破。
2022/10/14	北京市经济技术	《北京经济技术开发区	鼓励企业开展颠覆性领跑技术研发，推进先进可再生能源制氢、

发布时间	发布单位	发布文件	内容
	开发区管委会	《关于促进氢能产业高质量发展若干措施》	液氢储运、固态储供氢等领域首台（套）技术突破、应用示范和系统集成，推动重大创新成果实现产业化。
2022/9/7	海盐县人民政府	《海盐县加快推进氢能产业发展若干政策意见（征求意见稿）》	支持企业氢能储运。在储氢补贴方面，对新建高压气态、低温液态、有机液体及固态等储氢项目，给予设备（含软件）实际投资总额 10% 的补贴，单个项目补贴限额 1000 万元。
2022/8/5	辽宁省发改委	《辽宁省氢能产业发展规划（2021-2025 年）》	提出依托鞍山现有的冶金、装备制造和原材料产业基础，重点发展燃料电池、镁合金固态储氢设备及其他核心部件和产品的研发生产。
2022/8/1	工信部、国家发展改革委、生态环境部	《工业领域碳达峰实施方案》	调整优化用能结构，推进氢能制储运输销用全链条发展。鼓励企业、园区就近利用清洁能源，支持具备条件的企业开展“光伏+储能”等自备电厂、自备电源建设。
2022/6/15	阜阳市人民政府	《阜阳市氢能源产业发展规划（2021-2035 年）（征求意见稿）》	开展低温液态储氢和固态储氢（储氢材料）技术研究。研究突破低温液态储氢、有机液体储氢以及固态储氢技术，推进建设高压气态、低温液态、固态储氢多种储氢方式相结合的储氢体系。
2022/3/23	国家发展改革委、国家能源局	《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》	稳步构建储运体系，推动低温液氢储运产业化应用，探索固态、深冷高压、有机液体等储运方式应用。
2021/10/29	上海市节能协会、中国节能协会	《镁基氢化物固态储氢系统技术要求》	规定了镁基氢化物固态储氢系统的一般要求、充/放氢技术要求、维护与检查要求、运输基本要求。
2020/11/3	国务院	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》	提高氢燃料制储运经济性。开展高压气态、深冷气态、低温液态及固态等多种形式储运技术示范应用，探索建设氢燃料运输管道，逐步降低氢燃料储运成本。
2016/12/13	中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会	《燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统》	规定了燃料电池备用电源用金属氢化物储氢系统的术语和定义、命名、技术要求、试验与检测、标志及包装、技术要求、试验检测、标志规定、产品随机文件等。
2010/9/29	中国通信标准化协会	《通信用氢燃料电池固态氢源系统》	规定了通信用氢燃料电池固态储氢系统的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存
2008/11/15	ISO	《Transportable gasstorage devicesHydrogen absorbedin reversible metalhyride》	制定了可运输储氢装置——金属氢化物可逆吸附氢的国际标准

资料来源：各协会、政府、标准团体官网，华宝证券研究创新部

由于无需原料气压缩/液化设备投入，固态储氢的运营成本相较高压与液态两种储存方式具有明显优势。根据氢储科技的测算，在实现规模化运输的条件下，当运输半径为 100 公里时，高压气氢的运营成本为 7 元/公斤，液氢为 18 元/公斤，镁基固态储氢为 4 元/公斤；当运输半径扩大到 300 公里，高压气氢的运营成本陡然上升，至 21 元/公斤，对比液氢 20 元/公斤，镁基固态储氢 12 元/公斤；当运输距离扩大到 500 公里时，高压气氢的运营成本已经增加到 35 元/公斤，液氢增加到 22 元/公斤，镁基固态储氢上升至 20 元/公斤。

表 4：气态/液态/固态储氢运营成本对比

储存方式	从原料气运送到加氢站中各环节需要的成本				100k m	300k m	500k m
高压气氢	增压设备折旧&能耗(+)	充装设备折旧&能耗(+)	长管拖车折旧&运营成本(+++)	增压设备折旧&能耗(+)	7 元	21 元	35 元
液氢	液化设备投入&能耗(++++)	充装设备投入&能耗(+)	液氮槽车折旧&运营成本(+)	增压设备折旧&能耗(+)	18 元	20 元	22 元
镁基固态	无	充装设备投入&能耗(+)	固态储道车折旧&运营成本(+)	放气及增压设备折旧&能耗(++)	4 元	12 元	20 元

资料来源：氢储科技，华宝证券研究创新部

此外，与其他固态储氢材料相比，我国镁基合金储氢有望率先获得规模化应用。镁基储氢材料体系的质量储氢密度通常为 4-7.6w%，可以在常温常压下进行氢气的存储和运输，典型的固态储氢罐包括固态储氢材料、壳体、气体管道及过滤器、蜡片、金属泡沫、加热管等强化传热介质，预置空余空间等。此外，与其他固态储氢材料如镍、钛、稀土相比，地球镁元素储量丰富，尤其我国镁资源全球居首，镁年产量占全球 85% 以上。其次，金属镁具有比重轻、阻尼性能优、储氢量大、电化学容量高等特点，与其他储氢材料相比具有运输方便、安全性高、储氢量大、单次储运效率高、存储过程中无氢气衰减的优势。我国目前的镁基储氢方案具有储氢质量密度高、成本低、安全性强的特性，能够匹配氢气运输、氢冶金、氢储能、氢化工、分布式发电、氢内燃机交通工具等多元应用场景，相比其他储氢材料具有更广泛的应用空间。

表 5：镁基合金储氢性能

合金	$\Delta H/(kJ \cdot mol^{-1}H_2)$	Capacity/wt%
Mg ₂ Ni	64.5	3.6
Mg ₂ Si	36.4	5
Mg ₂ Fe(H ₆)	87	5.5
Mg _{0.95} In _{0.05}	68.1	5.3
Mg ₃ Ag	68.2	2.1
Mg ₃ La	81	2.89
Mg ₂ CoH ₅	79	4.5

资料来源：张秋雨等《镁基固态储氢材料研究进展》，华宝证券研究创新部

4. 国内外固态储氢市场动态

4.1. 国内外固态储氢研发进展

(1) 固定式场景

固定式应用场景对储氢系统重量不敏感，但对安全性、寿命和成本要求较高，主要包括可再生能源制氢、储氢及应用，电网调峰储能，建筑分布式热电联供电源，备用电源等。国内外开展了百公斤级金属氢化物储氢示范与应用。2017-2019 年日本环境省资助了“创建氢社会项目”，Hitachi 等企业在光伏、风电制氢储氢及应用项目中进行储氢合金材料应用示范。国内进行了电网调峰固态储氢技术示范，2023 年南方电网建成广州南沙电氢智慧能源站，实现光伏发电制氢耦合固态储氢及燃料电池发电应用于电力系统，用电高峰可稳定出力。

表 6: 全球固定式场景固态储氢开发情况

实施单位	储氢材料	储氢规模/kg	案例情况
Japan Steel Works,Ltd.	LaNi5	120	格里菲斯大学(Griffith University)建造的光网光伏制氢-金属氢化物储氢-燃料电池发电系统
法国 McPhy	镁基	750	意大利 Troia Ingrid 可再生能源电解水制氢固态储氢平台,5 个 HDS150 储氢模块,150kg H ₂ / 模块,2016 年完成调试
澳大利亚 Hydrexia	镁基	100	澳大利亚 Brisbane 生产设施采用镁基固态储氢模块
中国南方电网有限责任公司	稀土/钛合金	165	广州南沙电氢智慧能源站由 PEM 制氢系统、固态储氢系统(7 个储氢模块)、45 Mpa 静态增压系统、35MPa 氢气加注系统以及 100kW 燃料电池发电系统构成

资料来源:李海波《固态储氢技术现状与发展趋势分析》,华宝证券研究创新部

(2) 移动式场景

叉车、港口及矿区物流车、环卫车等行驶路线相对固定,行驶范围有限,是固态储氢移动应用的重要场景。相比高压氢气罐,固态储氢密度和安全性高,续航时间长,固态储氢罐可减轻叉车配重,适合相对密闭、运行环境清洁的仓储物流园区。

表 7: 全球移动式场景固态储氢开发情况

制造商	车型	动力类型	储氢材料	年份
马自达	Capella	内燃机	AB, AB2, AB5, 镁合金氢化物	1994
丰田	RAV4 FCEV	氢燃料电池	AB, AB2, AB5, 镁合金氢化物	1996
本田	FCX-V1	氢燃料电池	AB, AB2, AB5, 镁合金氢化物	1999
萨凡纳河国家实验室	Gator 1	燃料电池混合动力	Mm(Ni,Al)5	1998
	Gator 2	燃料电池混合动力	Ti(Fe,Mn)	1998
丰田	FCHV-3	氢燃料电池	AB, AB2, AB5, 镁合金氢化物	2001
燃料电池推进研究所/桑迪亚国家实验室	矿山机车	氢燃料电池	(Ti,Zr)(Mn,V,Cr,Fe)2	2001
通用	军用卡车	氢燃料电池	低压金属氢化物	2003
STILL GmbH	叉车	氢燃料电池	Ti0.65Zr0.35(Fe,Cr,Mn,Ni)2	2015
科威特科学研究所	乘用车	氢燃料电池	MgH ₂ @ Zr70 Ni20Pd10	2018

制造商	车型	动力类型	储氢材料	年份
南非先进材料研究所	小型摩托车	氢燃料电池	Ti0.85Zr0.15(Fe,Mn,Cr,Ni,V)2	2019
中国有研科技集团有限公司	公交车	氢燃料电池	AB5 合金	2019

资料来源：李海波《固态储氢技术现状与发展趋势分析》，华宝证券研究创新部

4.2. 国内固态储氢行业动态

固态储氢行业内部公司不断加大对固态储氢技术的研究开发，实现了多项专利产品的落地；各公司探索新的应用场景并着手相关项目的建设生产，固态储氢领域竞争激烈、充满发展潜力。

宝武镁业：

项目：与氢枫能源签订《上海氢枫能源技术有限公司与宝武镁业科技股份有限公司战略合作协议》，开展战略合作项目

宝武镁业与氢枫能源在镁基固态储氢核心原材料镁合金的生产制造、加工等环节达成深度合作。双方将在镁合金材料生产研发、储氢性能、镁丸安全加工以及镁丸的材料回收开展合作。双方利用各自的优势与资源，在镁基固态储氢设备市场推广、应用场景落地等方面展开合作，快速规模化实现销售及占领市场，达到互惠互赢互利。

产品：镁基固态储氢材料

目前，宝武镁业镁储氢中试生产线设备逐步安装到位并进行试产，公司生产的中温高密度低成本镁基固态储氢材料已经具备中批量生产的条件。

厚普股份：

项目：云南电科院 2022 年光伏氢能转化技术研究与装置试制项目

厚普股份联合四川大学中标“云南电科院 2022 年光伏氢能转化技术研究与装置试制项目”。该项目包括光伏发电部分、PEM 制氢部分、碱水制氢、固态储氢装置、氢气加注站、燃料电池发电（不同规模）、应急发电车等，项目 2022 年底完成，是厚普股份首个光伏-制氢-氢储能（固态储氢）-加注-发电一体化的耦合类项目。

产品：钒基固态储氢合金

厚普股份拥有钒基固态储氢合金技术专利，并基于钒基固态储氢合金技术研发的低压固态储氢装备进入合金试生产阶段。

华硕能源：

项目：华硕能源固态储氢项目

华硕能源固态储氢项目将在 2024 年于内蒙古呼和浩特开工建设，打造内蒙古绿电消纳利用示范区，促进内蒙古清洁能源产业集群产值的进一步提升。

产品 1：精密仪器用固态储氢罐

华硕能源生产的精密仪器用固态储氢罐具有能够在中低压下充放电、常温下放氢、小体积

大容量、操作安全、可反复使用 4000 次以上的性能优点。

产品 2：固态储氢合金粉

华硕能源生产的固态储氢合金粉具有在低温低压下储放氢、储氢容量高、安全高效、方便运输、可逆吸放氢的性能优点。

有研工研院

项目：突破固态储氢运用新场景——“一体一链式氢气储、运、加、用新模式”

有研工研院固态储氢技术突破新应用场景，构建了一体一链式氢气储、运、加、用新模式。该新模式包含绿电生产、绿氢制备（PEM 制氢）、常温常压加注、常温常压运输（固态金属储氢模块运输）、安全存储（固态金属储氢）、更换式使用一体化解决方案，突破了固态储氢技术在工业车辆领域的新应用场景，解决了氢气“储、运、加、用”4 个环节的安全、成本和效率问题。

产品：氢能应急电源车

有研工研院基于 100kg 氢气级固态储氢系统研制的全国首台氢能应急电源车，在南沙小虎岛电氢智慧能源站试运行，其使用的固态储氢系统可存储 100kg 氢气，体积储氢密度达到国内领先水平，通过为搭载的 4 个 50kW 额定功率质子交换膜燃料电池供氢，可使燃料电池在 200kW 功率下持续供电 6 小时。

镁源动力：

项目 1：镁源动力尖山工厂项目

镁源动力与尖山新区管理委员会签署了《高纯氢化镁规模化生产及应用项目投资协议》，并启动了镁源动力尖山工厂项目。

项目 2：高纯氢化镁规模化生产及应用项目

镁源动力计划于 2024 年进行高纯氢化镁规模化生产及应用项目的建设。

专利 1：利用低成本电的镁基固态循环储放氢系统及其工作方法技术方案

镁源动力拥有的该专利技术公开了一种利用低成本电的镁基固态循环储放氢系统及其工作方法。镁基固态循环储放氢系统包括蓄热装置、镁基固态循环储放氢装置、导热介质循环系统。在电力充足且价格低于普通电网平均电价的时段内，将电能转换成热量，储存在蓄热装置内部。当镁基固态循环储放氢装置需要热量时，蓄热装置依靠导热介质向镁基固态循环储放氢装置传递热量。该专利可实现节能环保和无污染。

专利 2：一种镁基固态储氢壳管式换热器制造技术

镁源动力拥有的该专利技术公开了一种镁基固态储氢壳管式换热器制造技术，解决不便于对镁基储氢材料的填充和替换的问题。

永安行：

产品 1：储氢棒

永安行使用的储氢棒采用低压固态储氢技术，使用安全且储氢密度高，并由其子公司江苏永安行储氢科技有限公司提供。

产品 2：氢能自行车

永安行加强固态储氢技术在公司生产产品上的应用，公司有序拓展并推进氢能自行车业务，生产的氢能自行车储氢器采用固态储氢技术，不同于汽车储氢的 35Mpa 和 70Mpa 的技术路线，永安行固态储存器的氢气压力只有 1-2Mpa，输出的氢气压力仅为 0.05Mpa。

专利 1：一种低压固态储氢器及其氢动力自行车

永安行申请该项低压固态储氢器专利，公开了一种低压固态储氢器及其氢动力自行车。此发明通过降低固态储氢容器在初始条件下储氢容器的内部压力和设置温控部件进而控制储氢容器内温度等两方面来对储氢容器内部的压力进行控制。

表 8：固态储氢行业公司项目进展及产品专利总结

公司	固态储氢项目进展/产品/专利
宝武镁业	签订《上海氢枫能源技术有限公司与宝武镁业科技股份有限公司战略合作协议》，达成在镁基固态储氢核心原材料镁合金的生产制造、加工等环节的深度合作，实现镁基固态储氢设备市场推广、应用场景落地，达成互惠互利。
	镁储氢中试生产线设备安装到位、进行试产
	中温高密度低成本镁基固态储氢材料具备中批量生产的条件
厚普股份	“云南电科院 2022 年光伏氢能转化技术研究与装置试制项目”落地
	基于钒基固态储氢合金技术研发的低压固态储氢装备进入合金试生产阶段。
华硕能源	2024 年华硕能源固态储氢项目将于内蒙古呼和浩特开工建设。
	产品“精密仪器用固态储氢罐”具有能够在中低压下充放电、常温下放氢、小体积大容量、操作安全、可反复使用 4000 次以上的性能优点。
	产品“固态储氢合金粉”具有在低温低压下储放氢、储氢容量高、安全高效、方便运输、可逆吸放氢的性能优点。
有研工研院	构建固态储氢运用新场景——“一体一链式氢气储、运、加、用新模式”。
	产品“氢能应急电源车”，在南沙小虎岛电氢智慧能源站试运行，其固态储氢系统体积储氢密度达到国内领先水平。
镁源动力	签署《高纯氢化镁规模化生产及应用项目投资协议》，启动镁源动力尖山工厂项目
	预计 2024 年进行高纯氢化镁规模化生产及应用项目的建设
	申请专利“利用低成本电的镁基固态循环储放氢系统及其工作方法技术方案” 申请专利“一种镁基固态储氢壳管式换热器制造技术”
永安行	产品“储氢棒”采用低压固态储氢技术，使用安全、储氢密度高。
	产品“氢能自行车”运用固态储氢技术，所用储氢器所需氢气压力减小。
	申请专利“一种低压固态储氢器及其氢动力自行车”

资料来源：各公司公告，华宝证券研究创新部

5. 投资建议

氢能储运作为整条产业链中的“卡脖子”环节，其成本降低空间与氢能存储效率备受市场关注，固态储氢在储氢密度和本征安全性能方面优势明显，随着相关技术的进一步突破，其应用场景有望不断拓宽，建议关注固态储氢及其相关上下游行业的投资机会。

6. 风险提示

- 1、技术发展不及预期：固态储氢依赖于材料的化学性能和可逆存储转化能力，若技术研发不及预期则影响行业整体的商业化进程；
- 2、下游需求不及预期：固态储氢行业的需求主要来自下游，若下游行业的需求不及预期则影响固态储氢行业的市场空间；
- 3、政策推进不及预期：固态储运的推进离不开相关政策规划的推进，若政策推进不及预期则将压缩行业整体的市场化进展；
- 4、本报告提及的上市公司旨在论述行业发展现状，不涉及覆盖与推荐。

分析师承诺

本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体建议或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

公司和行业评级标准

★ 公司评级

报告发布日后的 6-12 个月内，公司股价相对同期市场基准（沪深 300 指数）的表现为基准：

买入：	相对超出市场表现 15% 以上；
增持：	相对超出市场表现 5% 至 15%；
中性：	相对市场表现在 -5% 至 5% 之间；
卖出：	相对弱于市场表现 5% 以上。

★ 行业评级

报告发布日后的 6-12 个月内，行业指数相对同期市场基准（沪深 300 指数）的表现为基准：

推荐：	行业基本面向好，行业指数将跑赢基准指数；
中性：	行业基本面稳定，行业指数跟随基准指数；
回避：	行业基本面向淡，行业指数将跑输基准指数。

风险提示及免责声明

- ★ 华宝证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格。
- ★ 市场有风险，投资须谨慎。
- ★ 本报告所载的信息均来源于已公开信息，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。
- ★ 本报告所载的任何建议、意见及推测仅反映本公司于本报告发布当日的独立判断。本公司不保证本报告所载的信息于本报告发布后不会发生任何更新，也不保证本公司做出的任何建议、意见及推测不会发生变化。
- ★ 在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。
- ★ 本公司秉承公平原则对待投资者，但不排除本报告被他人非法转载、不当宣传、片面解读的可能，请投资者审慎识别、谨防上当受骗。
- ★ 本报告版权归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何组织或个人不得对本报告进行任何形式的发布、转载、复制。如合法引用、刊发，须注明本公司出处，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。
- ★ 本报告对基金产品的研究分析不应被视为对所述基金产品的评价结果，本报告对所述基金产品的客观数据展示不应被视为对其排名打分的依据。任何个人或机构不得将我方基金产品研究成果作为基金产品评价结果予以公开宣传或不当引用。

适当性申明

- ★ 根据证券投资者适当性管理有关法规，该研究报告仅适合专业机构投资者及与我司签订咨询服务协议的普通投资者，若您为非专业投资者及未与我司签订咨询服务协议的投资者，请勿阅读、转载本报告。