



华安证券

HUAAN SECURITIES

证券研究报告

氢能市场放量增长，液氢有望率先受益

——氢能系列报告（三） 液氢篇

分析师：尹沿技（SAC执业证书号S0010520020001）

2023年6月19日



主要观点

- ▶ **氢能产业未来可期，储运市场有望率先受益。**中国已经是世界上最大的氢气生产国，中商产业研究院预计，我国2023年氢气年产量将达到4575万吨，同比增长14.3%。同时，中国氢能联盟预计，2030年我国氢气年需求量将达到3700万吨，2050年我国氢气年需求量将接近6000万吨，2060年有望突破1.3亿吨。**按照储运设备占终端氢成本比30%**，当前氢气单价约为35元/kg，则2055年氢气储运市场有望突破万亿规模，到2060年，市场规模接近1.35万亿元。
- ▶ **成本限制高压气态运输经济性，中长距离液氢运输更占优。**高压气态储氢为国内目前最常用储氢形式，然而气态储氢密度低导致单位储氢成本高昂，液态储氢凭借高运输能力及高安全性崭露头角。经济性方面，仅考虑氢气配送成本，500km时气态/LOHC/低温液态/管道的运输成本分别为9.57、3.01、2.62、1.45元/kg。考虑制、储、运总成本后，长距离运输中液氢较气氢更占优势。尽管高压气氢制取成本比液氢低8.7元/kg，但每百公里运输增量却高2.34元/kg。二者平衡点位于约为370km，运输距离超过370km时，采用低温液氢储运的经济性更高。总的来说，液氢的单位运输成本对距离的敏感度更低，适配中长距离运输需求。
- ▶ **无损储运为液态储氢未来发展方向，液氢储罐为提高液氢储运技术的重要载体。**真空泵、液氢阀门价值量占比大，阀门、配件、管道、外壳、泵类成本占液氢储罐总成本52%以上，原因在于低温导致对其密封性、材质要求高。
- ▶ **有机液态储氢存在发展空间，关键在于催化剂和储氢介质的选择。**有机液态储氢成本低、安全性高，比液态储氢消耗更少能源。当前国内高压气态储氢与液态储氢均落后于国际先进水平，国内有望借有机液态储氢换赛道突围。
- ▶ **投资建议：**未来随着液氢需求增加，液氢储运产业链公司有望受益。储氢瓶制造环节建议关注蜀道装备、京城股份；液氢阀门环节建议关注富瑞特装；液氢运输环节建议关注中集安瑞科。
- ▶ **风险提示：**政策支持力度不及预期；液氢储运技术发展不及预期；下游氢气需求不及预期。



目录

1 氢能行业大爆发，储运市场放量在即

2 低温液氢适配中长距离储运

3 有机液态储氢发展空间向好

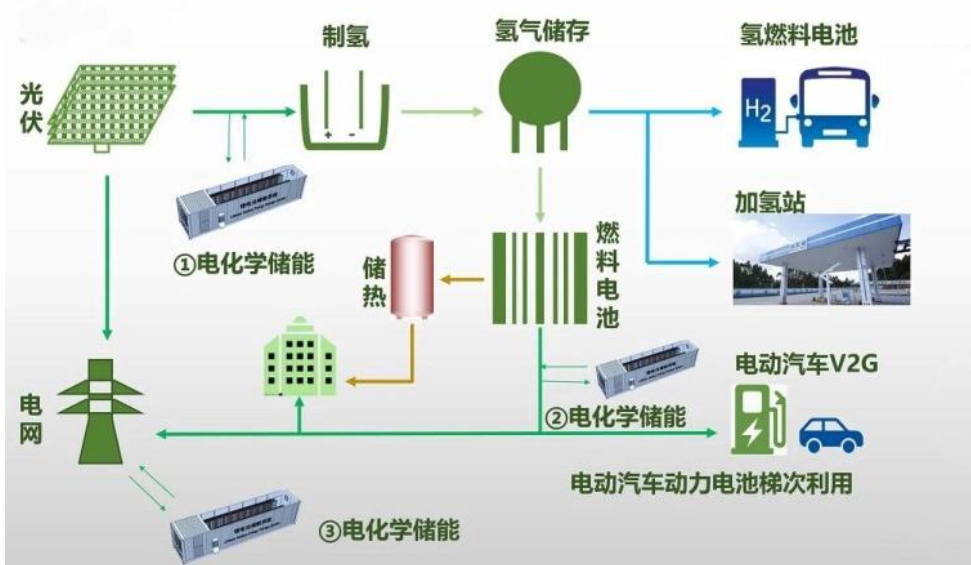
4 标的公司

1.1 氢能产业链发展逐步完善，市场快速扩张行业景气度高

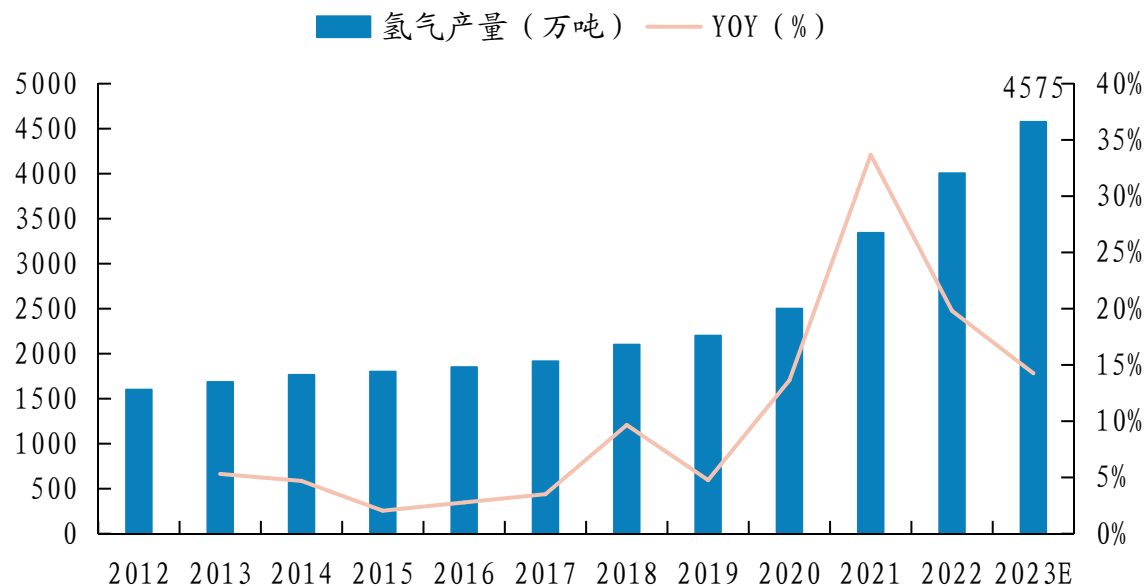
氢能产业链未来可期。国家发改委、国家能源局今年3月联合印发的《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》提出，到2025年，初步建立以工业副产氢和可再生能源制氢就近利用为主的氢能供应体系；到2030年，形成较为完备的清洁能源制氢及供应体系，可再生能源制氢广泛应用；到2035年，形成氢能产业体系。

氢能市场快速扩张，行业景气度高。中国已成为世界上最大的氢气生产国，根据中国煤炭工业协会数据，2022年我国氢气产量达4004万吨，同比增长19.8%。未来随着政策及市场驱动，氢能需求有望持续保持高增，中商产业研究院预测，2023年我国氢气产量将达4575万吨。

氢能产业链全景图



2012年-2023年中国氢气产量及增速



资料来源：长城汽车官网，中国煤炭工业协会，华安证券研究所整理

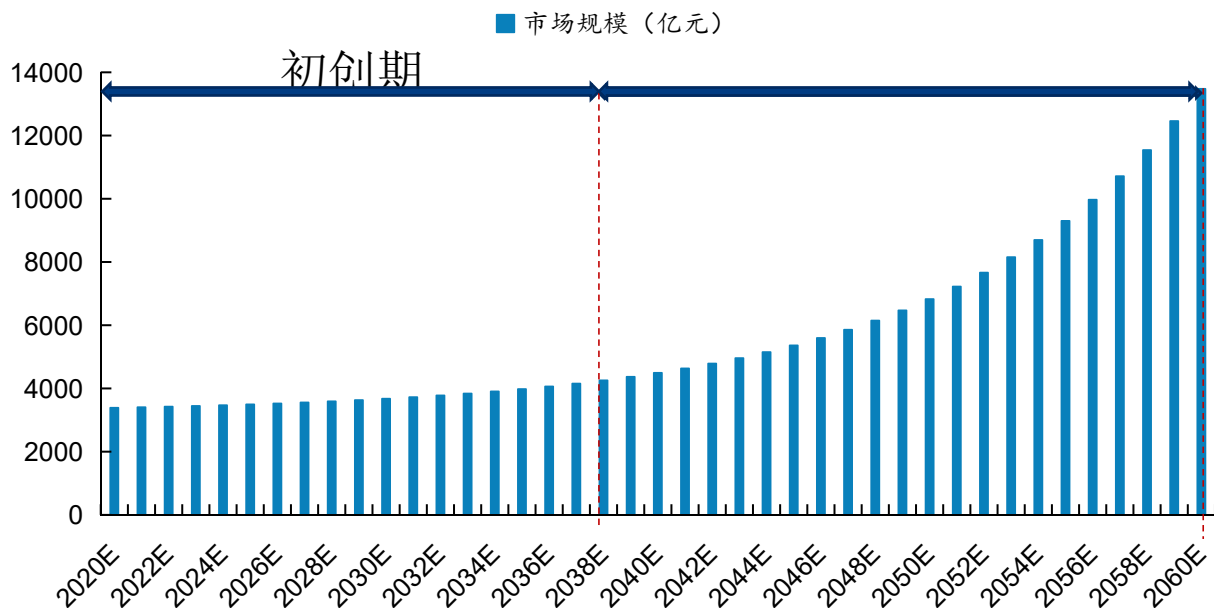


1.2 未来需求点燃市场热情，氢能长期发展潜力大

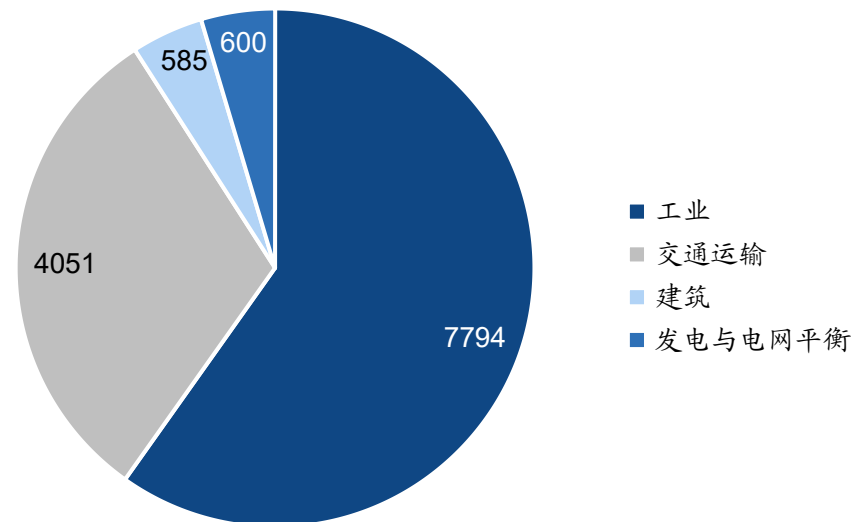
需求激增撬动氢气储运市场扩张。中国氢能联盟预计，2030年我国氢气年需求量将达到3700万吨，2050年我国氢气年需求量将接近6000万吨，2060年有望突破1.3亿吨。按照储运设备占终端氢成本比30%，当期氢气单价约为35元/kg，则2055年氢气储运市场有望突破万亿规模，2060年市场规模接近1.35万亿元。

我国氢能产业具备长期发展潜力。根据中国氢能联盟的预测，在2060年碳中和愿景下，我国氢气的年需求量将增至1.3亿吨左右，在终端能源消费中占比约为20%。其中，工业领域用氢占比仍然最大，约7794万吨，占氢总需求量60%；交通运输领域用氢4051万吨，建筑领域用氢585万吨，发电与电网平衡用氢600万吨。

2020-2060年储氢设备市场空间测算



2060年中国各领域氢气需求量结构预测 (万吨)





1.3 氢能发展“拦路虎”，储运环节需打通

氢的供需错配导致储运成为氢气大规模应用的前提。我国氢能在地理分布位置上供应与负荷呈逆向分布，氢气资源“西富东贫，北多南少”，而在需求上恰好相反，因此氢气的储运技术显得至关重要。

储运氢环节难度大，成为制约氢能行业发展的瓶颈。标准状况下，氢气的密度较小(0.089g/L)，体积能量密度低；分子尺寸小，易泄漏且引起氢脆，对容器要求高；易燃易爆，其燃点为574° C，爆炸极限广至4%-75%。这些使得储运氢难度大、成本高、安全性低。

氢气成本高，储运环节或为降本关键。目前氢气成本仍处于高位，行业降本诉求较大，终端氢气价格约35元/kg，其中储运成本可达9-13元/kg，占终端氢成本的25%-37%。

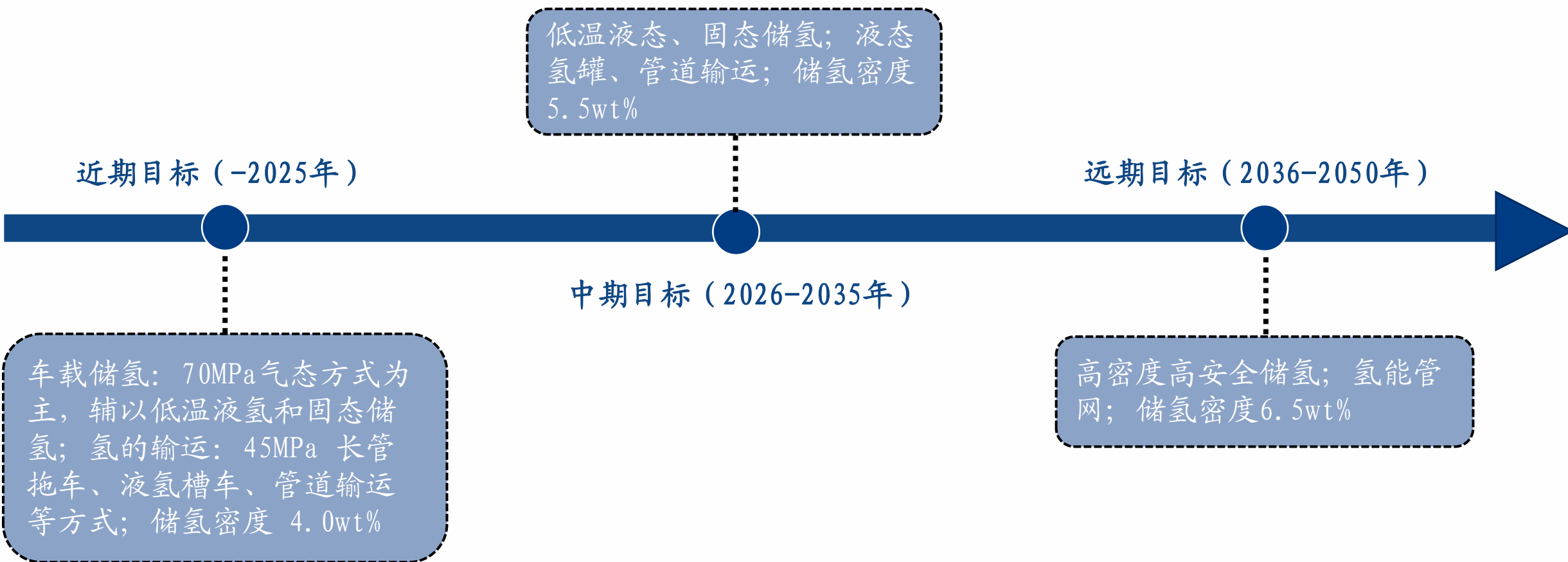
储氢成本占比

氢供应距离	终端应用实例	储氢形式	储氢环节价值量	储氢占价值量占比
短距离运输	工业、氢供应商及采购商	现场储存，平均1天	3.5元/kg	17%-25%
区域内储运	加氢站、建筑等小型需求	转换为液氢，平均储存1天； 高压气态储氢70MPa，平均储存1天	4.8-6.9元/kg	14%-33%
长距离供应网络	工业、大型采购商	管道运输，可在港口储存，平均储存2周	4.1-24.2元/kg	9%-46%



1.4 中国氢能储运技术路线展望（2025-2050年）

根据中国氢能联盟发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》，我国氢能储运将按照“低压到高压”“气态到多相态”的技术方向发展，氢气的储存和运输能力逐步提升，预计2050年储氢密度达到6.5wt%。





目录

1 氢能行业大爆发，储运市场放量在即

2 低温液氢适配中长距离储运





3 有机液态储氢发展空间向好

4 标的公司

2.1 高压气态储氢技术成熟，国内应用普遍

现阶段中国仅高压气态储氢技术发展相对成熟，低温液态、有机液态及固体材料储氢技术尚处于起步阶段。高压气态储氢由于初始投入较低、对基础设施配套要求较低，未来仍是小规模、短距离储运氢的主要方式。液态储氢、固态储氢可以实现大规模、远距离储运氢。然而受技术和成本端的制约，低温液态储氢目前主要应用于航天领域，有机液态储氢和固态储氢尚处于示范阶段，总占比不到0.1%。

四种储氢方式对比

储氢方式	发展瓶颈	国内应用情况	适用场景	储氢容器示意图
高压气态储氢	储氢密度低	应用最广，占绝对主导地位	常应用在氢燃料电池汽车等场景	
低温液态储氢	能量损耗	尚处起步阶段，国内目前应用于航天领域，国外应用广泛	大规模、远距离的氢能储运	
有机液态储氢	有机物储氢介质的选择	研发阶段	应用于移动式电源、微型燃料电池等场景	
固体材料储氢	储氢材料的选择	研发阶段	应用于加氢站等固定式储氢及对重量不敏感的场景	



2.1 气态储氢遇瓶颈，多相态发展趋势明确

气态储氢大规模应用存在瓶颈，未来液态储氢方式优势显现。高压气态储氢设备便捷，已成熟商业化，然而气态储氢的储氢密度低、关键技术被国外垄断、且存在泄露安全隐患，长期来看不是储氢技术优选方案。低温液态储氢需将氢气液化储存，可以大幅提高储氢密度，然而液氢储存能耗和成本较高。欧美和日本的液氢储运技术已成熟商业化，而国内受核心技术和高成本限制，液氢仅应用于航天领域。固态金属储氢安全性高，能保持氢气高纯度，但吸放氢性能和循环使用性能有待改善。有机液体储氢储氢密度高，成本较低，安全性较高，运输便利，但副反应产生杂质气体，脱氢反应需高温，催化剂易结焦失活。

储氢技术参数及优缺点对比

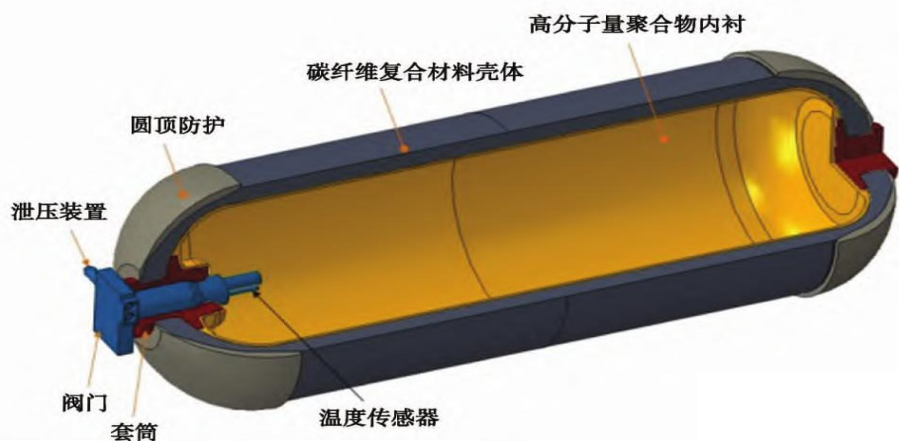
储氢方式	质量储氢密度 (%)	体积储氢密度 (kg/m ³)	压力 (MPa)	温度 (°C)	优点	缺点
高压气态储氢	13	40	70	25	技术成熟，设备结构简单、制备能耗低、充装和排放速度快	体积储氢密度低，安全性能较差
低温液态储氢	约40	71	0.1	-253	储氢密度高，运输简单，安全性高	储存成本过高，液化能耗高，对储氢容器的绝热性能要求极高
有机液态储氢	依介质而定	110	0.1	25	成本较低，安全性较高，常温常压下满足长期、长距离、大规模的氢气储运需求	能耗大，操作条件苛刻
固体材料储氢	3-18	86 (MgH ₂)	0.1-7	25	单位体积储氢密度大，能耗低，安全性高，操作简单，便于运输	放氢率低，吸放氢有温度要求，储氢材料循环性差

资料来源：国际氢能网，华安证券研究所整理

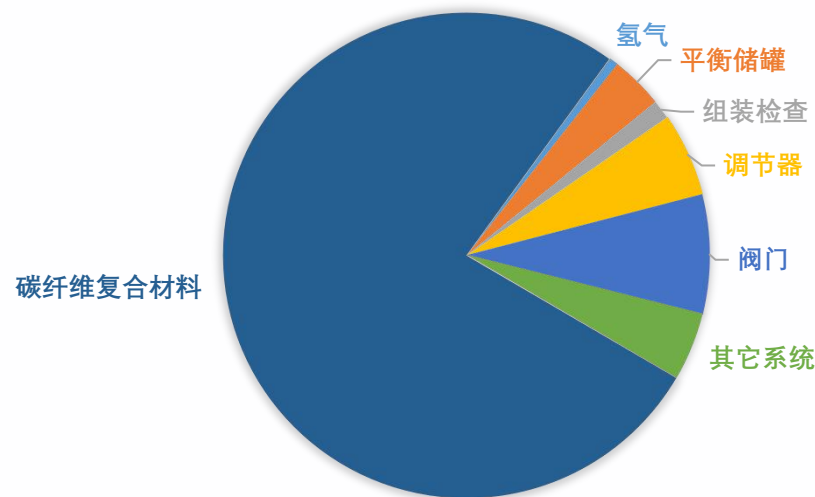
2.2.1 气态储氢瓶储存环节受限条件多

- 1) 储氢密度低，运输效率低：15MPa的标准高压钢瓶的重量储氢密度仅为1wt%，即使是35-70MPa高压钢瓶，储氢密度也仅5wt%，储氢重量不到瓶重的5%。因此高压气氢运输效率较低，一辆长管拖车的有效载氢量只有260kg左右，运力约为液氢储运车的5%
- 2) 高压提高储氢密度，安全性较差：储氢瓶材料与氢气长期接触，氢浸入到材料内部，导致金属材料塑性的损减、裂纹扩展速率的加快和断裂韧性的下降，从而引发氢脆，导致容器断裂或爆炸。
- 3) 储氢罐关键材料、核心部件（如碳纤维材料、瓶口阀、减压阀）依赖进口：III型储氢瓶碳纤维复合材料占储氢瓶生产成本的62.5%，IV型储氢瓶碳纤维复合材料成本占比更高，35MPa和70MPa的IV型储氢瓶中碳纤维复合材料的成本占比分别为77%和78%左右。碳纤维价格基本决定了储氢瓶成本，而我国目前碳纤维国产化率不足50%，进口依存度高。

IV型气态储氢瓶



35MPaIV型气态储氢瓶成本拆分





2.2.2 运输成本是气态储氢经济性的制约因素

核心假设:

我们选取技术相对成熟的管道运输、高压气态运输及未来有发展空间的液态运输及有机液态运输四种氢气储存方式，分别测算各种存储形式在同一条件下的成本表现。我们假设:

- 仅考虑储运环节中的运输部分，制氢、压缩氢、液化氢等环节不纳入考虑。
- 运输成本包括固定投入和运营成本。其中固定投入包含管道建设、车辆购置的成本；运营成本包括燃油费，通讯费，保养费等。
- 假设单次氢气运输平均距离为300km，每日运氢量=（每日运输距离/平均运输距离）*单次净载氢量。

关键性假设

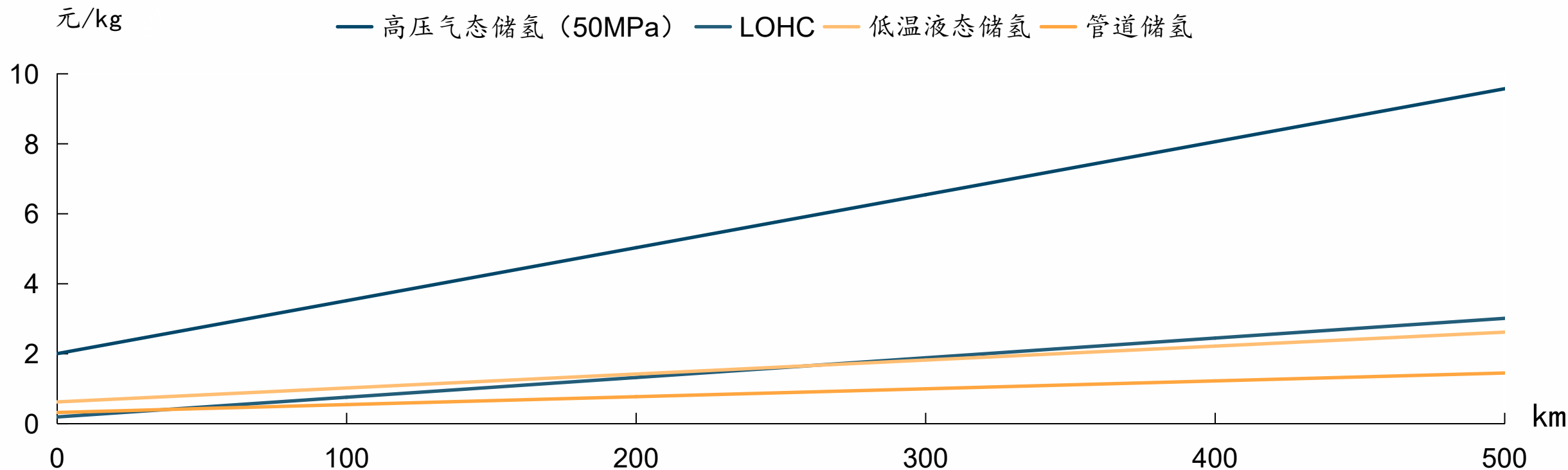
	管道运输	气氢	液氢	LOHC
折旧期（年）	40	12	12	40
距离（km）	依终端需求而定	-	-	-
资本性支出	3.5 百万元/公里	455 万元	700 万元	119 万元
单次净载货量（kgH ₂ ）	-	670	4300	1800
设计吞吐量（ktH ₂ /y）	38	-	-	-
装卸时间（h）	-	1.5	3	1.5
燃油费（元/km）	-	1.95	1.95	1.95
通行费（元/km）	-	1.3	1.3	1.3
保养费（元/km）	-	0.56	0.56	0.56



2.2.2 运输成本是气态储氢经济性的制约因素

高压气态储氢并非最经济储氢方式。仅考虑氢气运输成本，在500km的运距范围内高压气氢运输成本最高，低温液态、管道、LOHC处于明显低位。500km时，气态/LOHC/低温液态/管道的运输成本分别为9.57、3.01、2.62、1.45元/kg。高压气态储氢运力小，导致单位成本较高，管道储氢、低温液态储氢成本优势显现。

不同输氢方式的运输成本

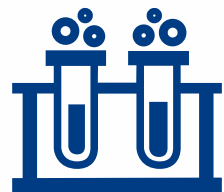




2.3 气态储氢长距离运输经济效益低，发展液氢是破局之点

低温液态储氢是将氢气冷却至 -253°C ，以液态的形式储运。由于其具有最小的分子量和极强的燃烧强度，液氢传统意义上运用于航空航天领域。Mordor Intelligence预测，到2040年，我国预计新增8700架次飞机，市场规模达到10.29万亿，这将有效推动液氢行业发展。同时，对清洁能源的需求日益增加，液氢替代传统化石燃料的趋势愈发明显。据Mordor估计，全球液氢市场2018-2028年的年均复合增长率将达到5.20%，到2028年全球液氢市场有望达到3521.44亿元。

液氢产业链



液氢制取

透平膨胀机
压缩机
换热器
正仲氢转换器



液氢储运

液氢储罐
液氢罐车



液氢加注

液氢泵

液氢运输罐车






2.4 国外液氢技术成熟为国内提供借鉴

美日等发达国家液氢技术已大规模普及，为国内液氢储运发展提供借鉴。在国内液氢储运技术尚不成熟的情况下，美日等发达国家液氢已大规模普及，液氢储运占70%。2021年全球的液氢产能接近500吨/天，其中北美地区有接近20座10吨/天以上的液氢生产工厂，占据了全球85%的产能，远远领先于其他国家和地区。并且液氢储运规模效应显著，发达国家已将成本降低到高压气氢的八分之一左右。这表明液氢储运技术已得到充分验证，降本路径逐渐清晰，未来国内大规模产业化发展指日可待。

美国Gardner Cryogenics公司、美国Chart公司、日本川崎重工业株式会社和俄罗斯深冷机械公司Cryogenmesh等企业代表了液氢储运的产业前沿。

国外液氢储运龙头公司业务情况

公司名称	液氢储运业务	公司产品
美国Gardner Cryogenics公司	美国第一家提供液氢罐车的企业，液氢罐容积达到65立方米，并将每日气化损耗保持在0.2%以下；液氢储罐储氢容量为11356升至113562升；ISO便携式罐体容量为18927-53250升	
美国Chart公司	在全球建设了超过800个液氢储罐，储氢容量为11355升-75700升以上；目前正在开发容量为47000升液氢ISO集装箱	
俄罗斯深冷机械公司 Cryogenmesh	液氢储罐容量5-520m ³ ，组装可达1400m ³ ；液氢罐车储氢容积为25-45m ³	



2.5 液氢技术蓄势待发，商业化进程加速

1956年

中国科学院物理研究所低温实验室第一次制得液氢

1960年

完成第一套小型氢液化装置

2021年6月

北京航天试验技术研究所成功完成国内首例车载液氢瓶火烧试验

2021年12月

国内首个液氢加气站竣工，设有一座14立方的液氢储罐

2022年3月

国富氢能首台民用大型液氢储存容器开工

2020年4月

鸿达兴业投资兴建的中国首条民用液氢生产线系统联动调试成功

2021年9月

航天科技集团六院101所研制的我国首套氢液化系统调试成功

2022年2月

中科富海控股子公司中科昊海1.5吨/天液氢工厂项目已全面开工建设

2.5.1 发展驱动因素一：液氢技术标准出台，商业化可期

国家标准出台，推动液氢商业化进程。2021年11月，我国正式实施三项液氢国家标准，进一步完善了氢能标准体系，使得液氢产业发展有标可依，为企业建立研发和生产体系提供技术规范，为指导液氢生产、贮存和运输，加强氢燃料质量管理，促进氢能产业高质量发展提供重要标准支撑，促使液氢商业化进程加速。

有关液氢的国家标准

标准编号	标准名称	实施时间	主要内容	适用范围
GB/T40045-2021	《氢能汽车用燃料液氢》	2021/11/1	规定了氢能汽车用燃料液氢的技术指标、试验方法以及包装、标志、贮存及运输的要求	适用于贮罐贮存、管道或罐车输送的质子交换膜燃料电池汽车用燃料液氢
GB/T40060-2021	《液氢贮存和运输技术要求》	2021/11/1	规定了液氢贮存和运输过程中液氢贮罐的设置、罐车和罐式集装箱的运输、吹扫与置换、安全与防护、事故处理的要求	适用于液氢贮罐、液氢运输车和罐式集装前的贮存和运输的技术要求
GB/T40061-2021	《液氢生产系统技术规范》	2021/11/1	规定了液氢生产系统的基本技术要求、氢液化装置、液氢贮存、氢气排放、自动控制与检测分析、电气设施、防雷防静电及保护接地、辅助设施、安全防护的要求	适用于新建、改建、扩建的液氢生产系统的设计
GB50516-2010	《加氢站技术规范》			

2.5.2 发展驱动因素二：液氢装备国产化替代趋势明显

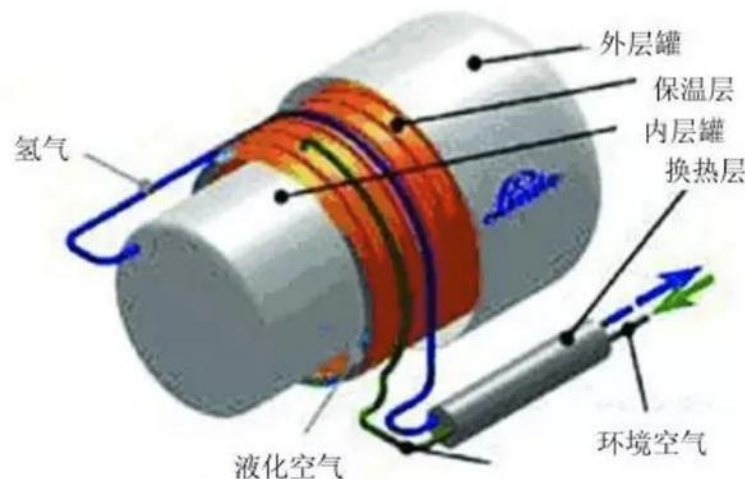
长时间以来，由于我国氢液化发展较晚，关键技术装备处于“卡脖子”状态，工程实例较少，主要应用于航天航空领域，民用规模较小。尽管如此，在国家大力发展氢能的风口下，液氢产业乘势而上，国内液氢产业正迎来发展“拐点”。

国内已打破液氢储罐的技术壁垒，缩短了和国外的技术差距，实现了液氢储罐的自主生产。海南文昌发射场的8个液氢储罐都由国内公司制造。国富氢能生产了液氢储罐和罐车样品，并将用于洛阳液氢生产项目，同时，国富氢能还自主研发了ISO液氢罐式集装箱，集装箱采用了高规格的奥氏体不锈钢，蒸发率低，储存时间长。航天101所完成了国内首例车载液氢瓶火烧试验和氢液化系统调试，大部分设备均为国产。

氢膨胀制冷氢液化系统



车载液氢储罐的结构示意图



2.6.1 储存环节-低温液态储氢的储氢密度大、安全性高

低温液态储氢有着以下优势:

- 1、**储氢密度大，单车运输量高。**液氢在常温、常压下的体积储氢密度为 $70.8\text{kg}/\text{m}^3$ ，分别为20、35、70MPa高压氢气的5、3、1.8倍。其运氢效率远超气态储氢，单车运氢量可达4000kg，是高压气态运输的15倍，装卸时间也明显缩短，运输效率显著提高。我们认为，远距离运输液氢储运在单位成本上具有成本优势。
- 2、**液氢在销售计量上比气氢更有优势。**在大规模的交易中，计量的精准性将变得非常敏感，液氢可以直接称重计量，误差在1%；而高压气氢的压差法计量，至少有3%的误差。
- 3、**安全性高。**液氢储存在日常储存运输的压力较低(一般低于1MPa)，以Linde公司为例，其液氢储罐压力为0.2MPa，远低于高压气氢储运方式的压力。因此低温液态储氢在日常运营过程中更易保证安全。

液氢、气氢储运方式比较

储运方式	高压气态储运	低温液态储运
运输方式	长管拖车	液氢槽车
运氢能力	260kg	4000kg
储罐压力	20MPa	0.6MPa
质量储氢密度	1.1wt%	14wt%
充装/卸载时间	8h	0.5h
同等运力车次比(美国)	20	1
经济距离	$\leq 150\text{km}$	$\geq 200\text{km}$

林德公司液化储氢和高压储氢的现场对比



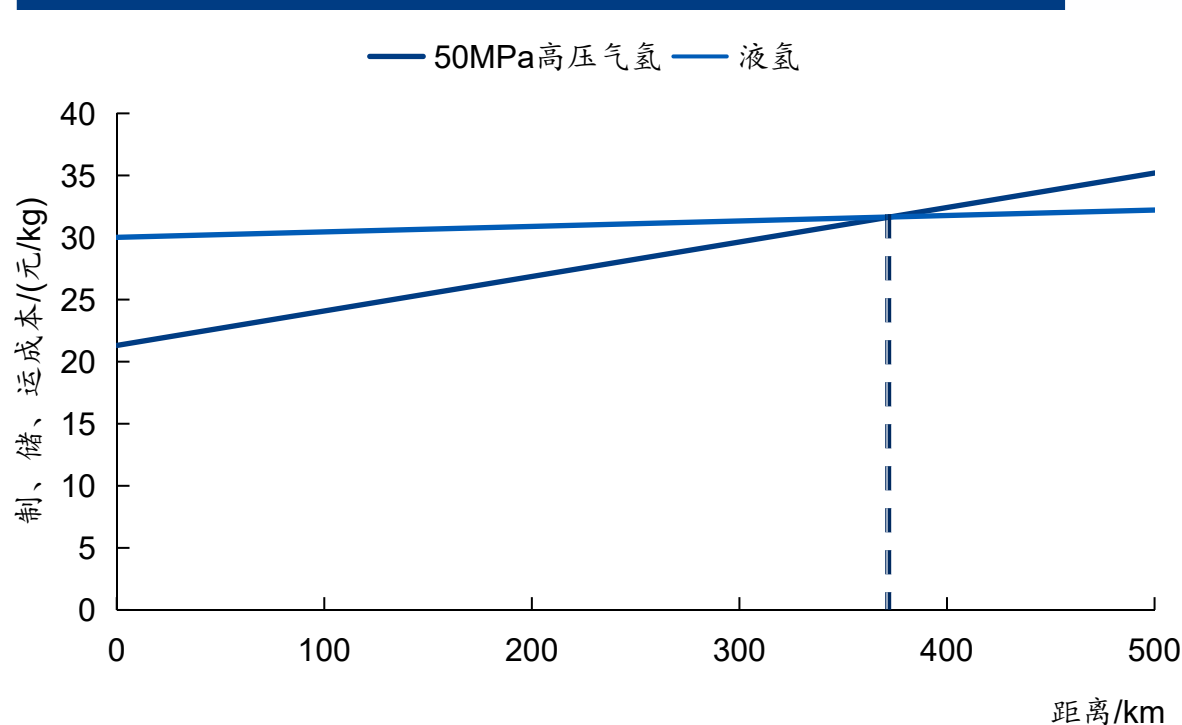
2.6.2 运输环节-液氢适合中长距离储运

中长距离储运液氢成本占优。相比其他运输方式，液氢储运密度高、运输效率高，适合长距离运输。单台液氢槽罐车的容量大约为65m³，单次可净运输约4000kg氢气，约为气氢长管拖车的15倍。50MPa高压气氢的平均制取成本比液氢平均制取成本约低8.7元/kg，但在百公里运输成本增量方面，气氢成本远超液氢，运输距离每增加100km，高压气氢储运成本增加2.78元/kg，液氢则为0.44元/kg。二者平衡点位于370km左右，运输距离超过370km时，采用低温液氢储运经济性更高。

液氢、气氢运输成本比较

储氢形式	高压气态储氢	储氢形式	低温液态储氢
运输方式	长管拖车	运输方式	液氢槽车
压缩储存成本 (元/kg)	13.8-20.7	液化成本 (元/kg)	13.8-17.3
储氢容器	25-50MPa储氢罐	储存成本 (元/kg)	≤2
储氢质量 (吨)	0.5-1	储氢质量 (吨)	≤3.5
装载时长 (小时)	6	装载时长 (小时)	0.5-2
运输成本 (元/kg·100km)	2.2-4.3	运输成本 (元/kg·100km)	≤1.3
运输总成本 (元/kg)	20.7-27.6	运输总成本 (元/kg)	17.3-20.7

气态、液态储氢方式制、储、运总成本对比



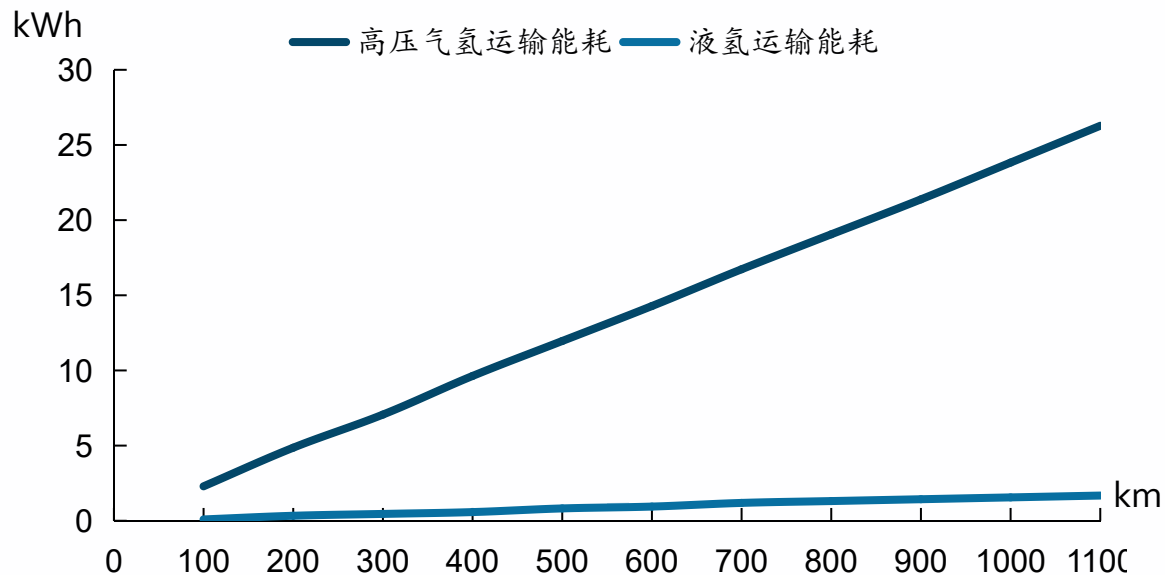
资料来源：《液氢的制、储、运技术现状及分析》，华安证券研究所整理



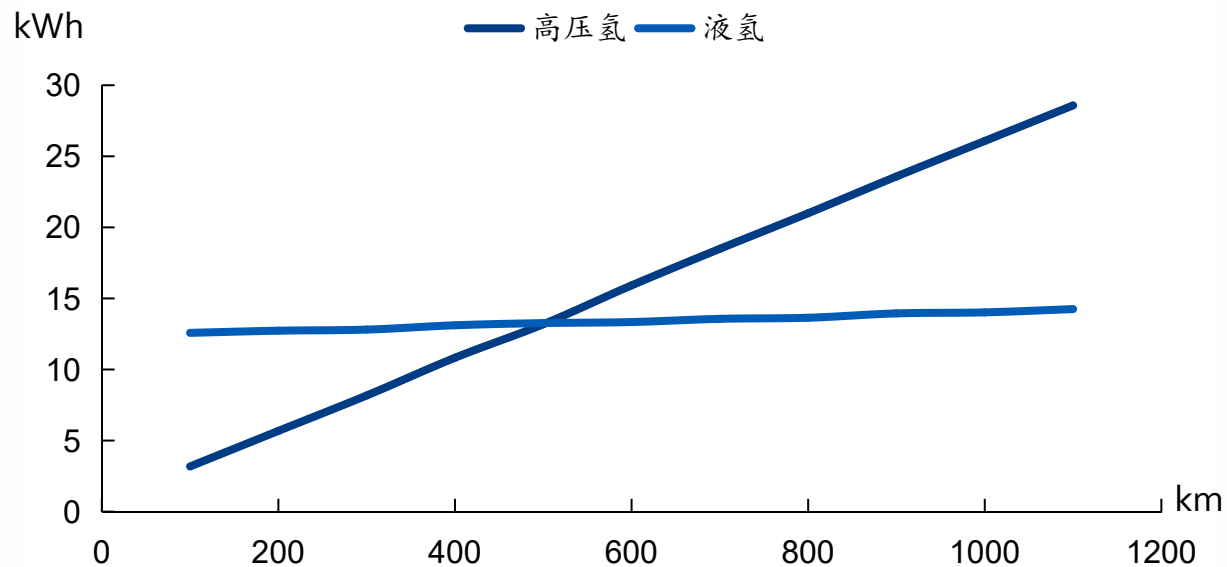
2.6.2 运输环节-液氢适合中长距离储运

液氢距离敏感性不强，在运输能耗和载运能力上具有巨大优势。运输能耗方面，相同能耗下低温液态储运的运输能力是高压气态储运的15倍。以一总重36吨的运输车为例，液氢和高压气态的载重能力分别为4500kg和30kg。每百公里能耗增加方面，液氢也比气氢表现优异，每公斤液氢能耗增加分别为0.16kWh，2.38kWh。总能耗方面，高压气态运输总能耗主要为压缩能耗与运输能耗，液氢的总能耗包括氢的液化能耗，压缩能耗与运输能耗。在运输里程达到 500 km以上时，液氢的总运输能耗低于高压气氢。因此，长距离运输的成本优势与能耗优势使得液氢在中长距离运输更占优势。

气态、液态运输能耗对比



气态、液态运输总能耗对比



2.7.1 液氢储罐类型

液氢储罐有多种类型，根据其使用形式可分为固定式、移动式、罐式集装箱。固定式储罐需要容积大、机械强度大、蒸发率小；移动式液氢储罐需要具有较高的抗冲击强度，能够在运输途中适应不同加速度的运输需求。

- 1) 固定式：由于比表面积低的储罐蒸发率低、受力均匀，大型的固定式储氢罐一般采用球形从而减小蒸发率。
- 2) 移动式：移动式液氢储罐常采用卧式圆柱形，具有一定抗冲击强度，以满足运输过程中的速度要求。
- 3) 罐式集装箱：可实现液氢工厂到液氢用户的直接储供，减少了液氢转注过程的蒸发损失，且运输方式灵活。

球形液氢储罐



卧式液氢储罐



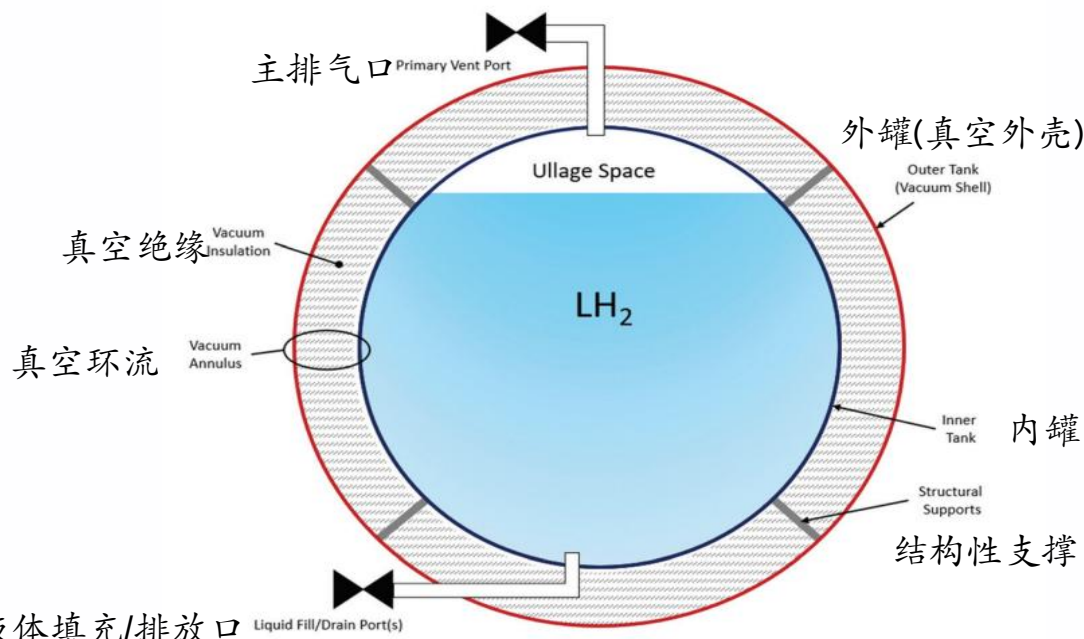
卧式液氢储罐



2.7.2 低温条件促成液氢储罐双层外壳结构

液氢储罐工作在 -253°C 左右的超低温环境，该苛刻条件对于液氢容器的低温应力、绝热性、稳定性和安全性都有着极高要求。液氢对储罐的隔热技术要求很高，通常采用多层真空隔热技术。典型的液氢储罐采用双层外壳结构，中间为真空夹层。小于40立方米的小型储罐一般真空绝热层的真空度相对更高（小于 10^{-3}MPa ）而大型储罐的真空绝热层的真空度更低（ 0.1MPa ）。双层外壳之间会有一定的结构支撑。由于液氢存储通常会有 0.5MPa 以内的工作压力，内胆需有一定的承压能力，一般超过 1MPa （必须大于泄压保护装置的动作压力）。由于前面介绍的热分层和热过充现象，储罐不能充得太满，一般要留出约10%的空间余量。

液氢储罐结构示意图



资料来源：《Hydrogen Storage Cost Analysis》，华安证券研究所整理

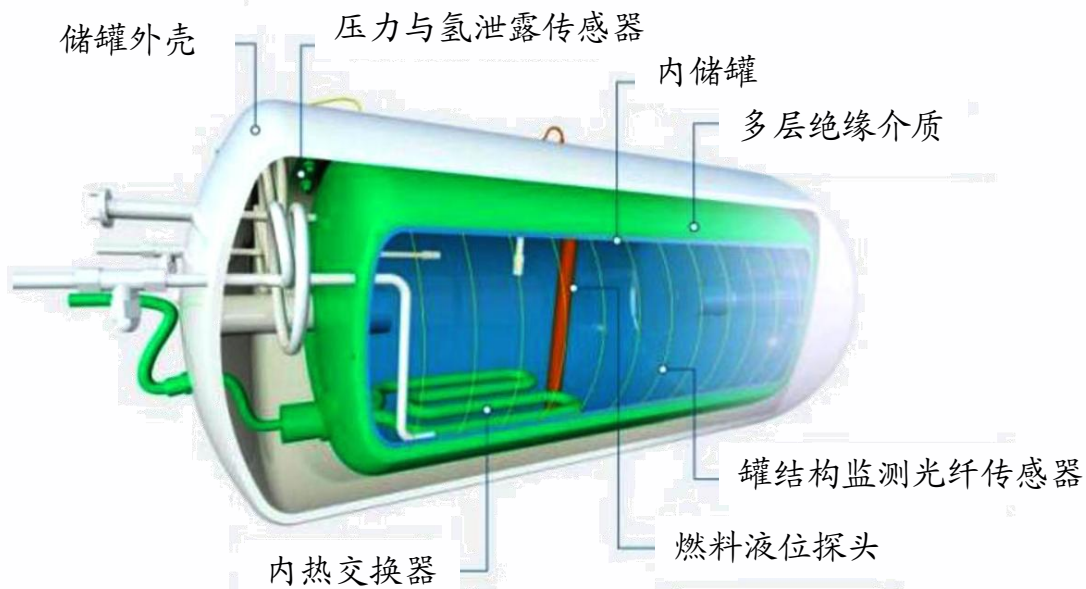
液氢储罐设计参数

多层绝缘厚度	11 mm MLI	21 mm MLI
储罐的数量	2	2
外壳材料	2219-T87	2219-T87
机载泵	1个（外部）	1个（外部）
可使用容量	50.6kgH ₂ /罐	48.2kgH ₂ /罐
水容量	824L/罐	770L/罐
壳体		
外径	66cm	66cm
长度	305cm	305cm
缸壁厚度	5.8mm	5.8mm
穹顶壁厚	2.85mm	2.85mm
质量	99.4kg	99.4kg
衬垫		
外径	62cm	60.2cm
长度	282cm	280.5cm
缸壁厚度	2.7mm	2.6mm
穹顶壁厚	4.5mm	4.5mm
质量	46.6kg	46.6kg

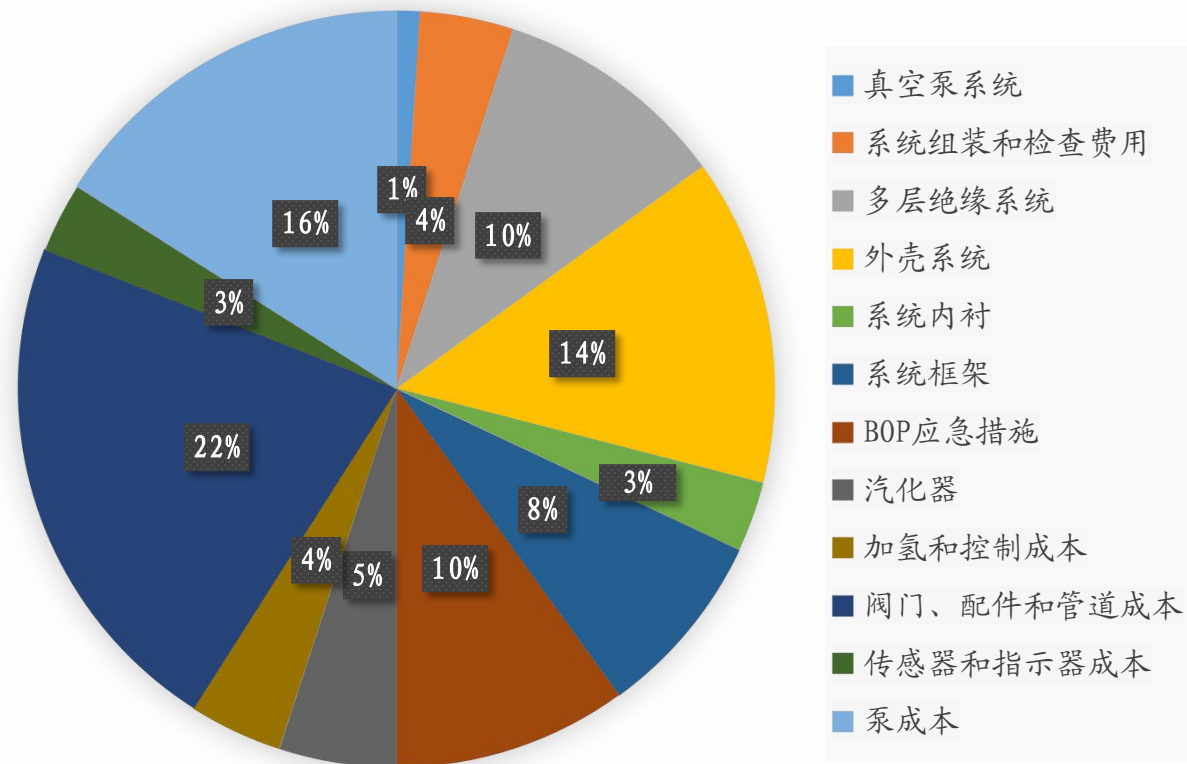
2.7.3 阀门与真空泵占液氢储罐成本主要部分

对储氢质量为101.2kg、厚度为11mm的多层绝缘液氢储罐进行成本拆分，阀门、配件、管道、外壳、泵类成本占总成本超过52%。

液氢储罐结构示意图



液氢储罐成本拆分



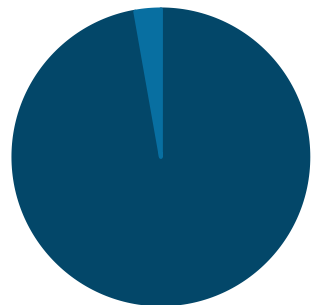
2.7.4 低温液态阀门市场需求旺盛

车载储氢瓶阀门是制约国产储氢罐发展的“卡脖子”技术。据GGII预估，氢能阀门是加氢站、车载供氢系统、燃料电池系统中增长最快的细分市场，到2025年中国车载储氢系统的氢能阀门市场需求规模将达到7亿元左右，据此估算，2021-2025年的氢能阀门市场的CAGR高达62.8%。从车载储氢系统氢能阀门国产化情况来看，国产品牌占有率为20-30%。

国产化替代趋势明显。依据尺寸，运输要求，国外产品定价700-70000元不等，而国内产品高压气态氢阀门价格仅为2000元，为国外同类型产品的十分之一，价格优势明显。富瑞特装、上海舜华等公司先后打破“卡脖子”技术，研制出70MPa的瓶口阀，目前正转向攻关液态储氢罐的瓶口阀难题。

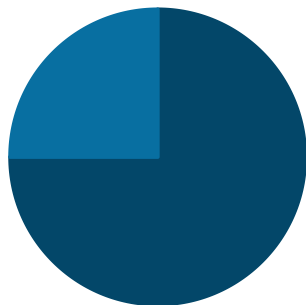
中国氢气用阀门市场国产化率-分领域

加氢站领域



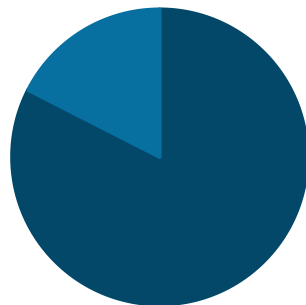
■ 进口产品 ■ 国产产品

车载供氢领域



■ 进口产品 ■ 国产产品

燃料电池领域



■ 进口产品 ■ 国产产品

国产液氢阀门实物图



2.7.5 真空泵技术壁垒高，国内鲜有厂商入局

液态储氢罐的工作温度为 -253°C ，因此工作环境决定了真空泵必须具有低温高压的特性。目前受限于国内液态储氢起步较晚，技术发展不成熟等条件，真空泵原件大多依赖于国外进口。

国内技术壁垒主要有以下三点：

- **密封性**：真空泵工作环境处于 -253°C ，常见材料热膨胀系数难以满足要求（低温下304L不锈钢的热膨胀系数约为17），因此低温环境中防止机械密封泄漏几乎不可能，大多数真空泵需减少甚至消除机械密封结构。
- **低热辐射**：真空泵电机工作温度高于液态储气罐，电机运行的热辐射容易导致低温流体升温。
- **低渗透率**：由于氢气分子热运动速度极快（几乎是空气分子的四倍），导致氢气分子会在真空中迅速扩散。高渗透率的材料会导致氢气分子渗透入真空泵中，从而引发氢脆，造成安全问题。

真空泵技术壁垒

密封性

低热辐射

低渗透率

产品壁垒

真空泵



2.8.1 蒸发损失成为液氢运输掣肘因素

◆ **影响因素：**液氢的蒸发损失与储罐的比表面积成正比。

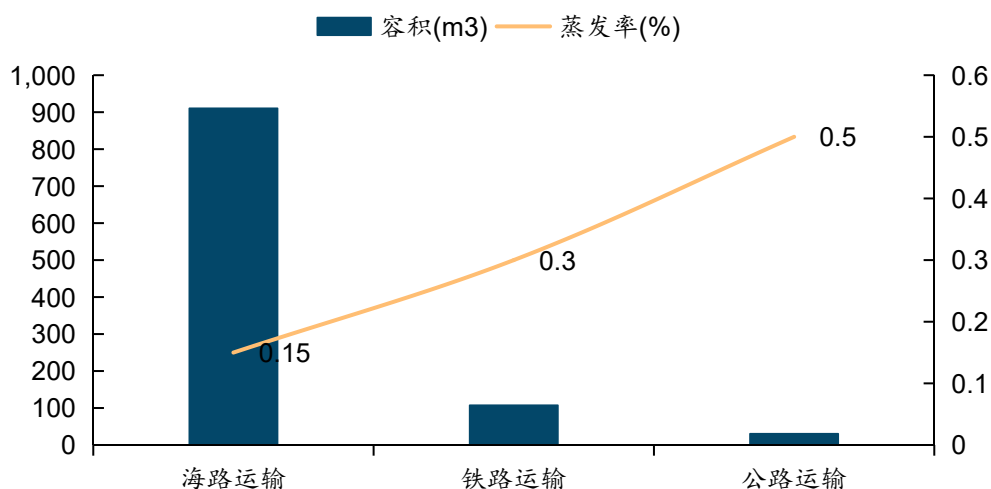
液氢储罐的漏热蒸发损失与储罐的比表面积 (S/V) 成正比，球形储罐具有最小的比表面积是较为理想的固定式液氢储罐。此外，容器的体积越大导致容器比表面积越小，从而蒸发率降低，因此移动液氢储罐多采用卧式圆柱形储罐并且尽可能增大其体积。

◆ **损失构成：**正常损耗+运输损耗

长时间存放液氢的静态蒸发损失大，目前一般为每天0.1% - 1%。

船运移动式储罐体积较大，910m³的船运移动式液氢储罐其蒸发率可低至0.15%；铁路运输储罐大小适中，107m³体积储罐日蒸发率约为0.3%；公路运输液氢槽车储罐体积最小，30m³的液氢槽罐日蒸发率约为0.5%。

三种储运形式的日蒸发率



JSC公司制氢罐的参数

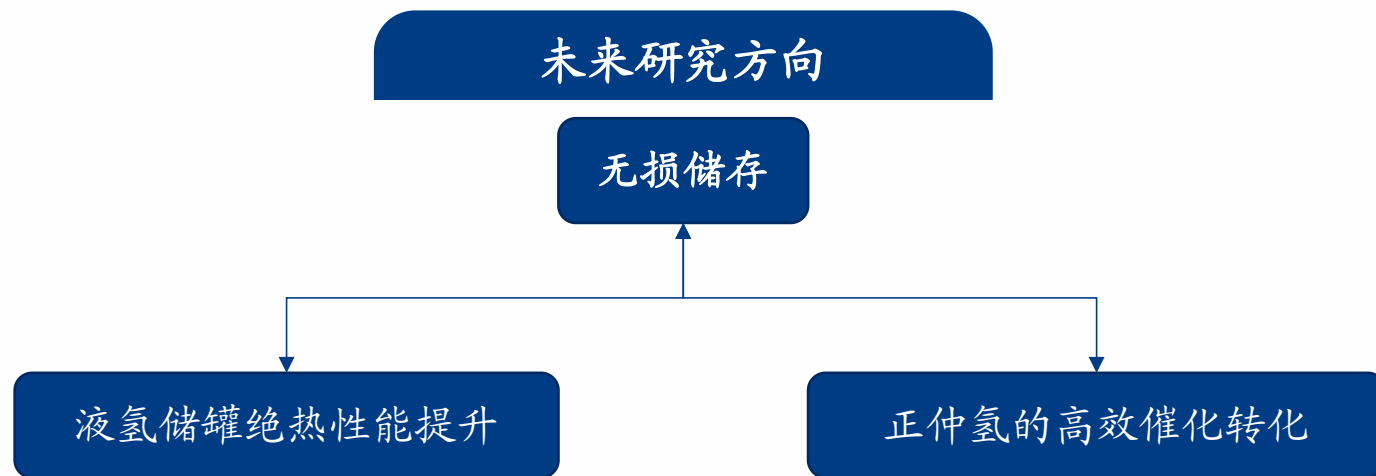
产品型号	CTB-25/0.6	CTB-45/1.0	PCB-63/0.5	PCN-250/1	PCN-250/0.8	PCB-1400/1
容积 (m ³)	25	45	66	246	246	1437
工作压力 (MPa)	0.70	1.00	0.50	1.00	0.85	1.05
蒸发损失 (%)	1.20	1.00	0.52	0.30	0.35	0.13



2.8.2 无损储存是液氢运输趋势所向

液氢的无损储存一直是低温液体存储的研究热点。氢气的液化能耗较高，蒸发损失大。液化1kg氢需耗电10-20kWh，液化过程以及运输过程有能量的损耗，压缩氢气需要20%的氢气能量，液化氢气则需要高达40%。液氢长时间无损储存涉及两方面关键技术突破。

- 1) 正仲氢的高效催化转化：进一步提高液化过程中高纯度液氢中的仲氢浓度，有效降低液氢罐中可能发生的自发转化过程，降低转化热带来的液氢蒸发损失。
- 2) 液氢储罐绝热性能提升：由传统的被动绝热方式向主动绝热技术转变，将更低热导率、更高低温性能的材料应用于液氢储罐，进一步提高液氢存储容器的绝热性能。





2.9.1 国内外液氢加氢站发展速度差异明显，国内建设迎来拐点

液氢加氢站国外发展较为成熟。世界上其他国家已建的400多座加氢站中，有超过120座液氢加氢站，占比约为30%。液氢加氢站主要分布在美国、欧洲和日本，最长的安全运营时间已经超过十年，且这些国家新建的加氢站又以液氢储氢型为主，说明液氢加氢站已成发达国家重要选择。

液氢加注降本效果明显。与传统压缩气氢加氢相比，使用液氢泵的能耗更低，且无需对加注氢气进行预冷。这即降低了加氢站的整体能耗和运营成本，还使得加注效率和速度大大提升。此外，建设液氢加氢站会极大降低用地成本。一套储氢量在300-1000千克的高压氢气集束管需要占地60-80平方米，而一套储氢量在400-6000千克的液氢储罐仅占地10-30平方米，这为未来加氢站向城市中心区扩张提供了可能。

我国在2021年在平湖建成了第一个液氢加氢站；同时，佛燃能源、国富氢能等四家企业携手开展“液氢储氢加氢站项目”，计划建设至少三座液氢储氢型加注站。

加氢站



2.9.2 供大于求出口需求增加，带动海上运输市场发展

国际氢供应网络的建立是为了解决地区间可再生能源供需地理错位的问题。由于氢气供应成本存在差距，部分用氢需求大但氢供应成本过高的国家和地区采取从供应成本较低国家和地区进口氢来满足自身的需求。

我国已是全世界最大产氢国。据中国氢能联盟和国家能源局数据，2022年中国氢能需求量为2800万吨，2022年中国氢能产量达到3781万吨，巨大的供销差为海外出口提供了基础。欧盟Repower EU规划提出到2030年要实现进口1000万吨/每年的可再生氢目标，下游需求也保证国内出口强势。我们预计，仅2022年，海上运输市场规模就可达到206-274亿元。随着未来清洁能源需求增加，船运市场有望突破千亿大关。

海上运氢船





目录

1 氢能行业大爆发，储运市场放量在即

2 低温液氢适配中长距离储运

3 有机液态储氢发展空间向好

4 标的公司

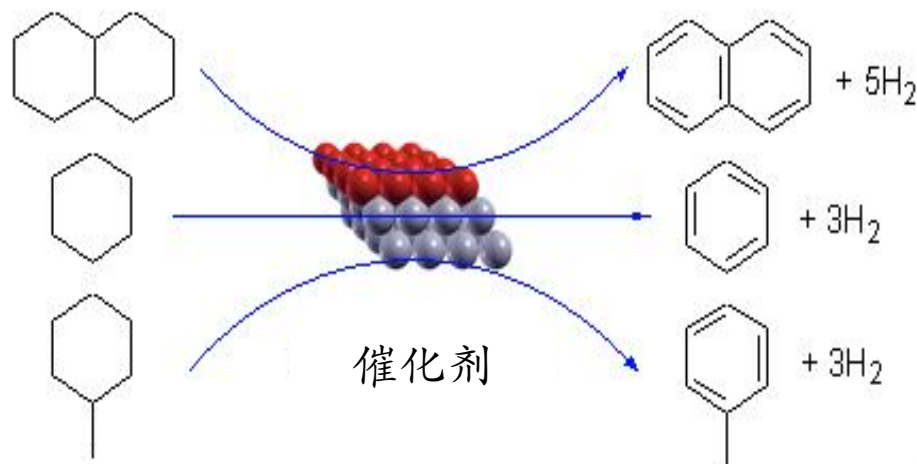
3.1 有机液态储氢具备性能优势，存在发展可能

有机液态储氢（LOHC）将氢气存储在具有高氢质量分数的有机液体中，通过化学吸附或物理吸附将氢气储存于有机液体的分子间隙中。有机液态储氢能够实现常温常压下的氢气储运，其稳定性高、长周期储存成本低、日常维护量小、储氢过程可逆，减少资源浪费与环境污染。但由于脱氢效率低、反应温度高、催化剂易被中间产物毒化等问题，目前尚处于研发阶段。

有机液态储氢优势

优势	说明
储氢密度高	比高压气态储氢和低温液态储氢都高，可以实现大规模、长距离的氢能储运
储运安全方便	与现有的液体燃料基础设施兼容，无需高压或低温条件，可以常温常压运输
储氢材料多样	可以选择芳香族、杂环族等不同类型的有机物作为储氢剂和载体，根据不同的需求调节储氢量和反应条件
储氢过程可逆	储氢材料可以循环使用，减少资源消耗和环境污染

有机氢化物储氢过程



3.2 储存介质各放异彩，寻找最佳介质为当前研究方向

有机液态储氢的介质有很多种，例如烯烃、炔烃、芳烃、杂环化合物等。不同介质间的优缺点分别为：

- 烯烃和炔烃，如辛烯、乙炔等，具有较高的理论储氢量，但反应可逆性较差，且易发生聚合反应，影响储氢效率。
- 芳烃，如苯、甲苯、萘等，具有较高的储氢量和稳定性，且与常规液体燃料具有相似的物理性质，便于运输和利用现有基础设施。但芳烃的缺点是脱氢温度较高，需要贵金属催化剂，且脱氢产物易挥发和污染环境。
- 杂环化合物，如卟啉、乙基卟啉、吡啉等，具有较低的脱氢温度和反应焓，且可以通过引入杂原子（如N、O、P等）来调节储氢性能。杂环化合物的缺点是储氢量相对较低，且可能存在毒性和环境问题。

有机液态储氢介质

类型	例子	储氢量 (wt%)	反应可逆性	脱氢温度	催化剂	环境影响
烯烃和炔烃	辛烯、乙炔等	6.2	差	250°C-300°C	-	易发生聚合反应
芳烃	苯、甲苯、萘等	6.2	好	240°C-400°C	贵金属	脱氢产物易挥发和污染
杂环化合物	卟啉、乙基卟啉、吡啉等	5.8	好	124°C	杂原子（如N、O、P等）	可能存在毒性和污染问题

3.3 有机液态储氢技术国内外发展存在差异

LOHC技术发展地区差异性明显。LOHC技术在先发优势明显的地区发展迅速，欧洲与日本等受限于资源禀赋的国家及地区依靠早期规划已经实现LOHC的部分商业化应用。2019年，日本先进氢能供应链技术开发协会投资有机液态储氢进口项目，每年运送210吨氢至日本用于发电和交通领域。2023年，德国投资全球首个液态储氢项目，Ship-aH2oy将应用兆瓦级液态有机储氢LOHC技术的绿氢，在船上开发和应用零排放推进技术。由于起步较晚，技术尚未成熟等劣势，我国有机液态储氢项目仍处于示范阶段。

我国有机液体储氢示范项目（部分）

场景	例子	优势
建筑供热	北京石景山纯氢供热示范项目	本项目每年可减少燃气消耗4.5万标方，二氧化碳减排量约90吨，可小规模验证氢能供热经济性和氢能应用产业链上下游协同发展模式
加氢站供氢	上海全球首个有机液体储氢加注一体化及氢能综合利用项目	该装置共包含五个系统：氢油加注及储油回收系统、400kg/天撬装氢油脱氢系统、固定式质子交换膜燃料电池供电系统、氢气加压至12.6MPa系统、45MPa氢气加注系统。
工业用氢	陕西秦创原（咸阳）创新促进中心有限公司新型有机液体储氢项目	高效率、低成本，实现200℃以下储放氢；非贵金属催化工艺，可服务于万吨级工业制氢；安全性可在室温状态下稳定保存数年，无挥发性可燃蒸汽。



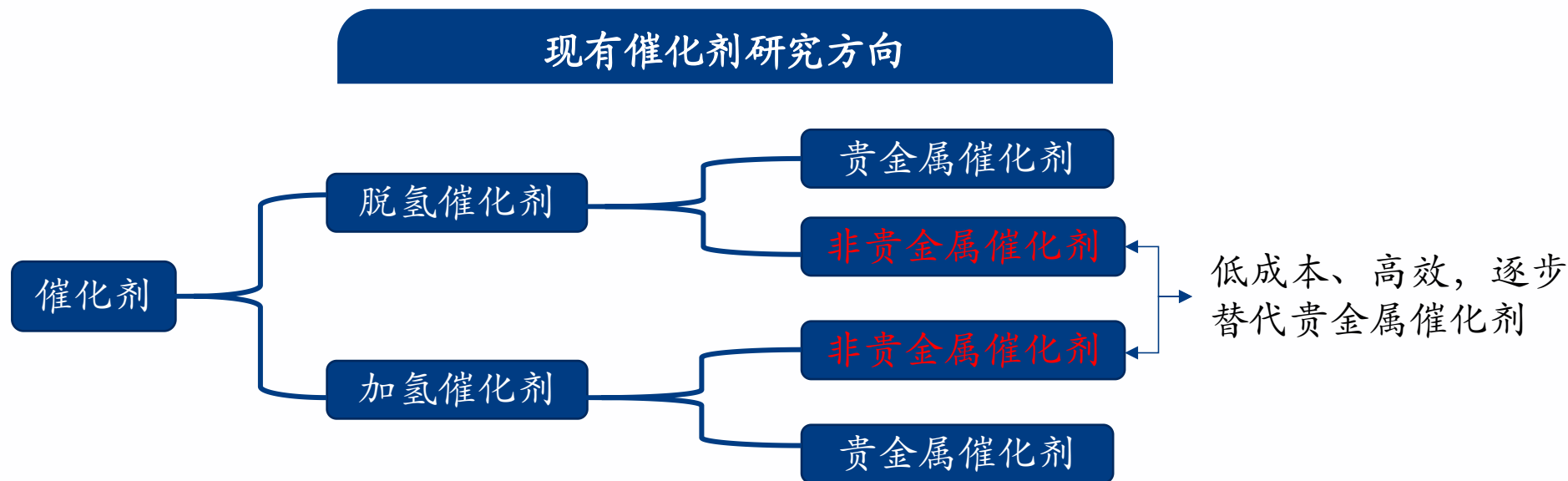
3.4 催化剂与热源问题影响有机液态储氢未来发展

催化剂反应易产生毒性物质，氢气纯度不高、反应需在高温下进行的问题。未来有机液态储氢发展亟需解决两大问题：

- 降低脱氢温度、提高脱氢效率：有机液态储氢脱氢过程需耗掉其储能30%的能量，因此在脱氢过程中能否寻找到低成本、高效的热源是影响有机液态储氢脱氢效率的关键因素之一。
- 合成更高效率、更低成本的催化剂：传统加氢催化剂存在贵金属用量高、反应温度高等缺点，不利于实际应用，因此，能否探寻到一个低成本、低温的催化剂仍是有机液态储氢商业化的关键因素之一。

总的来说，液态有机储氢技术能否实现商业化，取代高压气态运输与管道运输成为未来氢气运输主流，取决于：

- (1) 技术发展能否快于其他储氢方式
- (2) 商业化进程能否顺利进行。





目录

1 氢能行业大爆发，储运市场放量在即

2 低温液氢适配中长距离储运

3 有机液态储氢是储运另一选择

4 标的公司



4.1 蜀道装备：天然气液化先行者，布局氢能全产业链

深冷业务技术国内领先。公司是国内最早进入天然气液化和液体空分行业并具有关键技术的企业之一。公司已获得制氢、氢液化、液氢储罐等相关专利，能够设计、制造制氢、氢液化、氢储运及加注等成套装备，具备提供液氢加注站装置的技术和装备的能力。

转向清洁能源，公司布局氢能全产业链，制氢环节，公司拟建设山西原平清洁能源项目，使用低价煤制取清洁能源，得到氢气、LNG以及氢气化合物等。储运环节，公司目前已经具备35MPa/70MPa气态加注站及液态加注站的设计、装备提供能力，同时也具备日产5-10吨液氢装置的能力。应用环节，公司依靠股东资源，布局清洁能源站。长期来看氢能有望成为公司新增长点。

公司切入气体运营业务，同时公司所披露的股权激励计划中也设立了较高的增长目标，长期来看公司有望借氢能与气体运营业务形成新的增长点，带来稳定现金流与盈利提升。

公司氢气液化装置





4.2 京城股份：国内首款III型储氢瓶制造者，破局液氢储氢瓶

公司拥有8个气体储运装备生产基地以及1个美国分公司。公司持续创新，拥有多种压力容器的设计和制造资格，可生产各类气瓶、蓄能器壳体、低温罐箱及加气站等系列产品。

储氢瓶制造方面：公司下属子公司天海工业，研发并推出国内首款70MPa III型氢瓶，并在2022年研制出新一代IV型氢瓶。储氢瓶采用塑料内胆碳纤维全缠绕结构，储氢密度达6.6%wt，重量轻、寿命长，为氢燃料电池重卡提供轻量化供氢系统，IV型瓶390L-8瓶组系统可使续航里程超过600公里。目前，公司布局液氢领域，2022年公司下属子公司天海低温装备公司开展《车用 1000L 液氢储氢系统、固定式液氢储罐等关键技术研发及产品开》项目，现已通过验收。

公司在储氢瓶制造方面为国内行业龙头，随着液氢行业发展，公司有望借助高压气态储氢的技术优势，提前布局液态储氢瓶，占有先发优势。

公司现有氢能产品及未来规划

产品名称	主要内容
高压瓶组式运氢集装箱	整箱重量16.5吨，储氢质量500千克，储氢压力52MPa，储氢效率是传统长管拖车的3倍
35MPa、70MPa储氢瓶	为北京冬奥会70MPa氢燃料汽车用氢气瓶和奥运火炬供氢系统提供配套保障工作，为氢能汽车提供了轻量化车载供氢系统更优选择
撬装式加氢站	采用集成模块撬装工艺设备布局，高精度、高可靠性的安全操作控制，可在有限的空间内实现地面加氢站的所有功能
车用 1000L 液氢储氢系统、固定式液氢储罐等关键技术研发及产品开	尚未商业化，通过北京市科学技术委员会验收

资料来源：公司官网，华安证券研究所整理

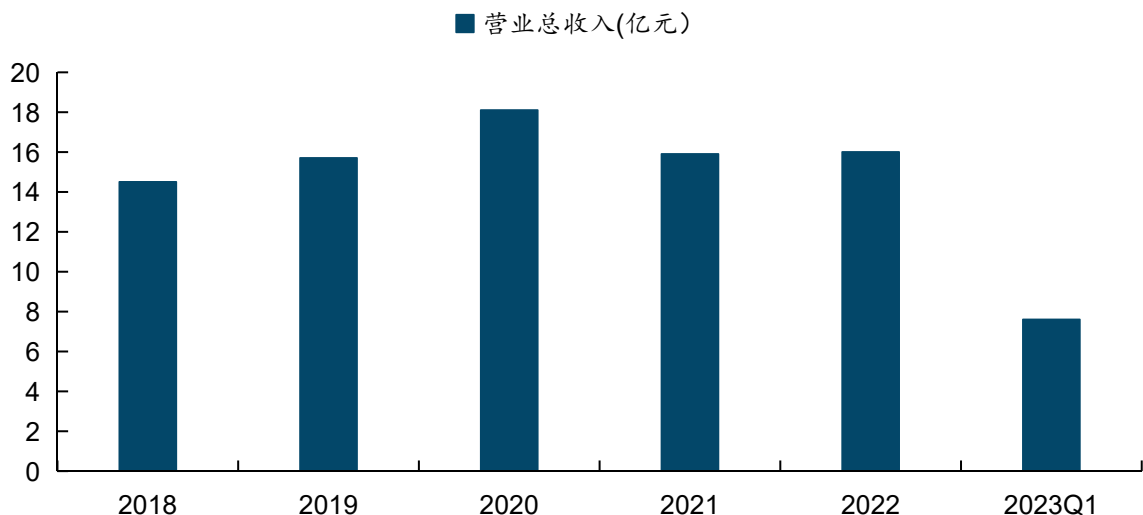
4.3 富瑞特装：低温阀门巨头，抢先布局液氢阀门市场

公司专业生产低温深冷介质的阀门和管道元件，主要产品有低温工业阀门、氢阀和液氢阀门，服务于LNG、空分、化工、车载供氢系统和加氢站等领域。公司已经建立LNG全产业链。公司下属子公司富瑞阀门与长隆石化所生产的阀门与燃料加注系统被用于“张家港号”液体运载火箭。

液氢阀门方面，公司依托主营业务在压力容器方面的经验，布局气态储氢相关产品链，如气态储氢罐、70MPa供氢系统用阀门设计开发、70MPa加氢站用阀门的设计开发等；同时公司布局液态储氢业务，如液氢供气系统及配套氢阀的研发。

营收增长高态势，23年度有望爆发。公司2023一季度营业收入7.6亿元，同比增长180.7%，后续随着国内氢能需求放量增加，公司营业收入有望维持高增长态势。

公司2018-2023Q1营业利润



资料来源：iFinD，公司官网，华安证券研究所整理

公司液氢阀门产品

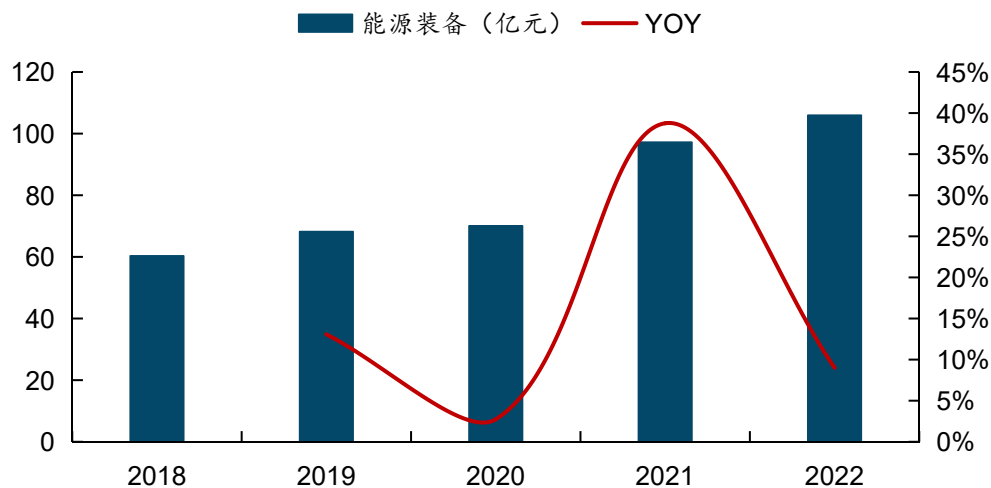


4.4 中集安瑞科：借高压气态运输之优势，发力液氢储运市场

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年起开拓氢能业务，覆盖储、运、加板块。公司是高压管束氢气运输车龙头，也是较早发力液氢储运领域的装备制造商之一，在2013年成功为海南文昌交付300m³液氢贮罐。2022年公司成功自主研发国内首台12米液氢罐箱，液氢罐车的企业标准及设计方案成为首家通过行业技术协会符合性评审的公司。

氢能业务带动能源营收增长。2018-2022年公司营收CAGR为11.94%，且多年均实现正利润。2022年公司毛利润34.01亿元，同比增长25.7%。2022年能源装备板块营业收入105.91亿元，同比增长9.01%，业务占比54.27%。其中的氢能业务营收9700万元，同比增加64.4%。随着未来储运市场放量，市场对液氢运输增加，公司有望借助多年营运经验与技术壁垒，布局液氢罐车市场，从而带动公司整体营业收入增加。

公司2018-2022年能源装备营收



公司液氢相关产品





投资建议&风险提示

投资建议：未来随着液氢需求增加，液氢储运产业链公司有望受益。储氢瓶制造环节建议关注蜀道装备、京城股份；液氢阀门环节建议关注富瑞特装；液氢运输环节建议关注中集安瑞科。

风险因素：

- 政策支持力度不及预期；
- 液氢储运技术发展不及预期；
- 下游氢气需求不及预期。



重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

行业评级体系

- 增持—未来 6 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%以上；
- 中性—未来 6 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；
- 减持—未来 6 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%以上；

公司评级体系

- 买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
- 增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
- 中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至；
- 卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；

无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。