

# 氢能行业专题研究之四：液态储氢 大规模长距离运输理想方案，产业化持续推进

行业研究 · 行业专题  
电力设备新能源 · 氢能  
超配 · (维持评级)

证券分析师：王蔚祺  
010-88005313  
wangweiqi2@guosen.com.cn  
S0980520080003

联系人：徐文辉  
021-60375426  
xuwenhui@guosen.com.cn

**氢的储运是当前我国氢能行业大规模发展的痛点，低温液态储氢和有机液态储氢技术均适用于大规模长距离氢气运输。**氢储运环节处于氢能产业链中游，连接制氢和用氢端，我国氢能供需存在错配，供给端我国氢气资源“西富东贫，北多南少”而在需求方面呈现相反状况，同时目前氢储运环节存在成本高、储氢难的问题，因而高效、低成本的氢气储运技术是大力发展氢能产业的必要保障。液态储氢技术主要包含低温液态储氢技术和有机液态储氢技术，其优势在于：1) 相较于高压气态储氢密度 $23.5-40\text{kg/m}^3$ ，低温液态储氢体积密度为 $70.6\text{kg/m}^3$ ，有机液态储氢体积密度为 $47-60\text{kg/m}^3$ ，液态储氢密度更大；2) 液态储氢在常压下储存，储运安全性较好；3) 液态储氢储运成本对运输距离不敏感，适合大规模长距离运输。

**国内低温液氢产业化积极推进，核心设备国产化是关键。**近年来国内规划中的液氢工厂项目达到十余项，国内整体产液氢规模正在迅速提升，产业化积极推进。从产业链上看，1) **氢液化环节**占低温液氢产业链成本比例较高，该环节未来呈现两大趋势，一方面降低系统综合能耗，当规模扩大时，氢液化的能耗和单位成本将显著降低，液氢达到足够的规模后将更具经济性；另一方面核心设备国产化，透平膨胀机和正仲氢转化器等设备国产化仍需攻克难点。2) **车载液氢供氢系统**，整体特点在于大储氢量，供应长续航，与高压气瓶相比，当容量相等时装载液氢瓶的运输车装载质量更轻。3) **液氢加注环节**，液氢泵是提高能效、降低成本并适用于液氢产业市场化和大规模应用的关键核心设备。目前国际上掌握高压液氢泵技术的企业主要包括美国ACD公司，德国林德公司和法国Cryostar公司，国内部分公司和科研院所开展了对高压液氢泵的研制，正在进行国产化替代。

**有机液态储氢技术在大规模氢储运中方面有较好发展潜力。**有机液氢技术原理在于通过液体有机物与氢结合以实现氢的储存，通过可逆反应实现氢的释放。随着技术不断发展，甲基环己烷体系、乙基咪唑体系和二苄基甲苯体系储氢材料逐步体现商用潜力。在产业化应用中，海外方面已将有机液氢技术应用于远洋贸易运输、工业和电网领域。国内技术起步稍晚，以武汉氢阳能源为代表的企业已在加氢站、建筑供热、工业等多领域推进有机液态储氢应用。

**低温液氢产业链相关企业：**蜀道装备、冰轮环境、杭氧股份、雪人股份、中泰股份、厚普股份、富瑞特装、致远新能，京城股份，航天晨光，鸿达兴业，嘉化能源，中集安瑞科，国富氢能，中科富海等。

**有机液氢产业链相关企业：**金宏气体、中国化学、武汉氢阳能源、陕西氢易能源、陕西御氢等。

**风险提示：**全球氢能政策推进不及预期，液氢产业化推进不及预期，关键材料和装备国产化进程不达预期。

- [ 01 ] 储氢方式介绍
- [ 02 ] 低温液态储氢分析
- [ 03 ] 有机液态储氢分析
- [ 04 ] 总结

# 第一章 储氢方式介绍

**氢能是传统化石燃料的理想替代。**为应对全球气候变化，满足可持续发展的要求，世界各主要经济体均加快了低碳转型进程，目前已有超过130个国家及地区提出制定碳中和目标，多数国家将在2030年实现中期减碳并于2050或者2060年实现碳中和。在碳中和的大背景下，世界各国加速寻求清洁能源的开发和利用。氢能是传统化石燃料的理想替代，正逐步成为全球能源转型发展的重要载体之一。

**氢能特点：绿色环保，热值高，安全性好，应用场景丰富。**

图1：氢能优势与应用场景

01

## 无碳排、无污染

氢气燃烧过程无碳排放、无污染物产生

02

## 热值高

氢气是常见燃料中热值最高的（143 kJ/g），是石油的约3倍，煤炭的4.5倍

03

## 安全性好

氢气在发生泄露后极易扩散，爆炸下限浓度高于汽油和天然气

04

## 应用场景丰富

### 交通运输领域：氢燃料电池汽车

交通运输业排放占全球碳排放量的1/3。燃料电池车具有零排放、续航里程长等特点，是交运行业减碳的最佳选择



### 建筑领域：分布式热-电联供系统

氢气供燃料电池发电，燃料电池发电产生热量用于供暖与热水供应



### 储能领域：氢储能参与电网辅助

氢储能系统耦合风光等可再生能源参与电网削峰填谷、调峰调频等作用



### 工业领域：氢能炼钢

利用氢气的高还原性，代替焦炭作为高炉还原剂，以避免钢铁生产中的碳排放

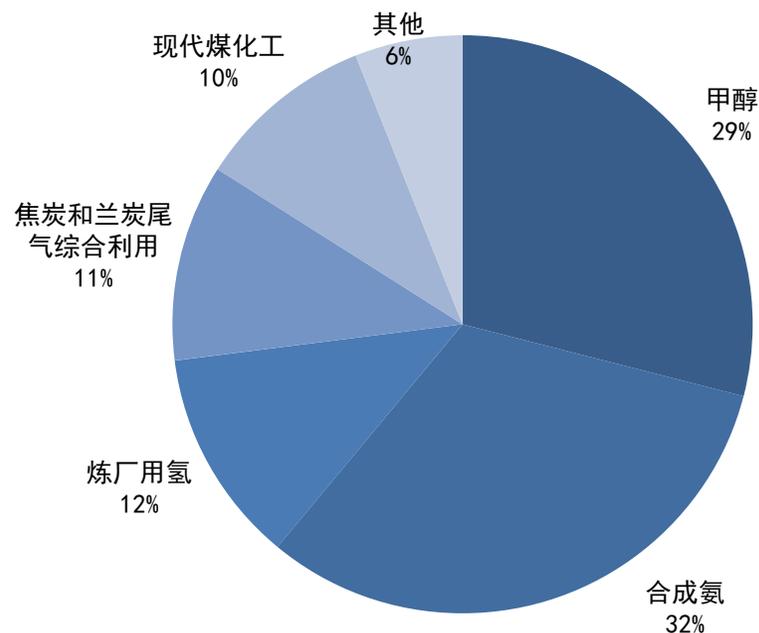


资料来源：国鸿氢能，国信证券经济研究所整理

# 全球碳中和推动氢能产业发展

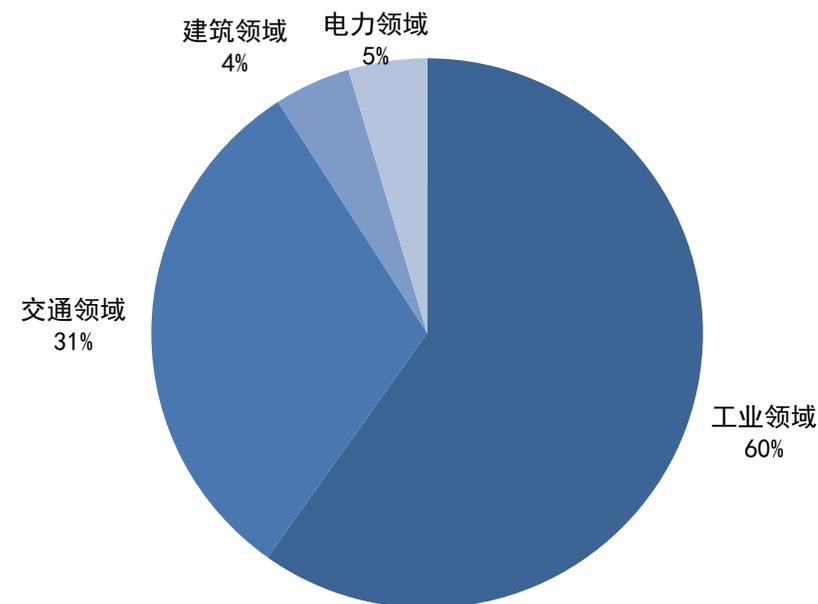
2021年我国氢气产量达到3300万吨，从当前的终端需求来看，90%以上用于工业领域，其中合成氨和合成甲醇对氢气需求合计占比超过60%，炼厂用氢、煤化工等其他工业领域对氢气需求超过30%。中国氢能联盟预计，在2060年碳中和情景下，我国氢气的年需求量将增至1.3亿吨左右，在终端能源消费中占比约为20%。其中，工业领域用氢占60%，约为7794万吨，交通运输领域占比31%，约为4051万吨，建筑领域和电力领域合计占比约为9%。

图2：2021年氢气下游需求结构



资料来源：杨铮，田桂丽《我国氢气市场分析及发展前景研判》[J]化学工业，2022第40卷第4期：51-57，国信证券经济研究所整理

图3：2060年氢气下游需求结构



资料来源：中国氢能联盟《中国氢能源及燃料电池产业白皮书2020》，国信证券经济研究所整理

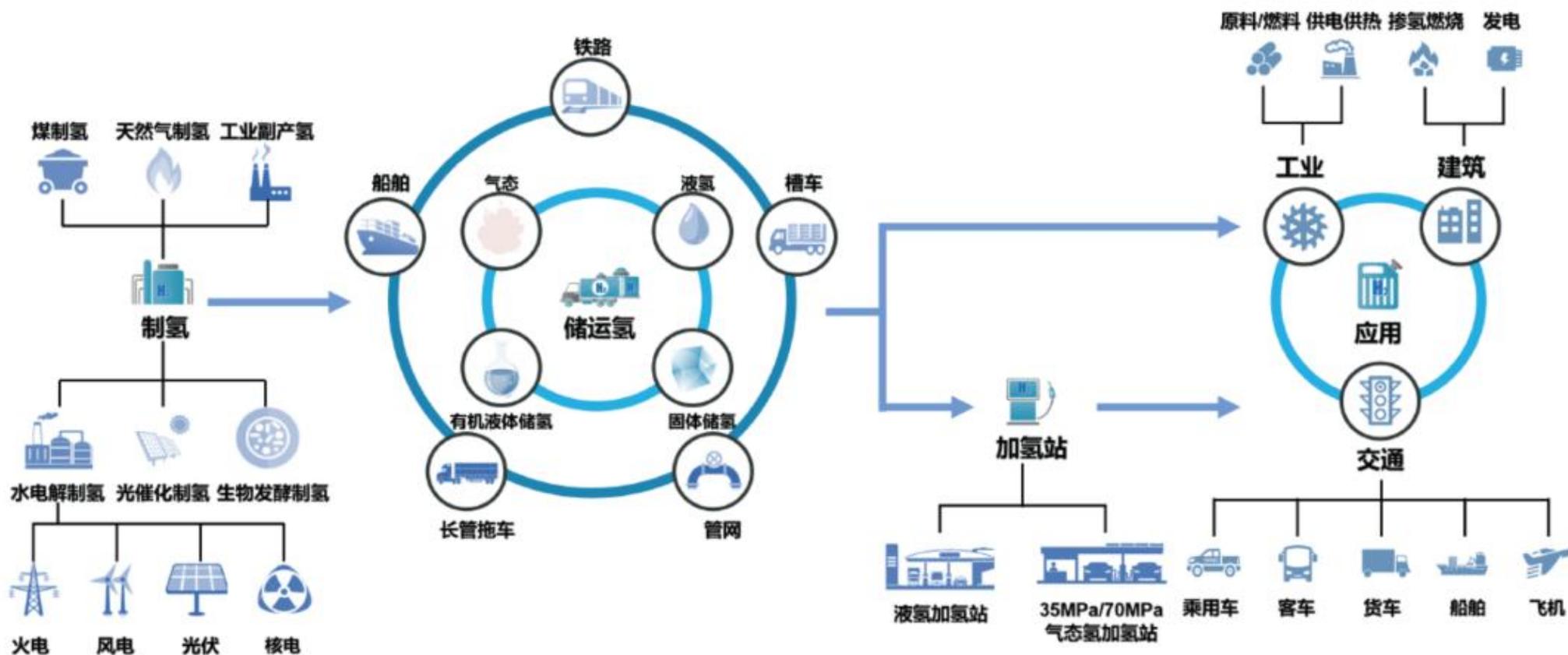
# 氢能储运为氢能产业发展重要环节

**氢储运为氢能产业发展痛点。**氢的储存-运输环节处于氢能产业链中游，连接制氢和用氢端，我国氢能供需存在错配，供给端我国氢气资源“西富东贫，北多南少”而在需求方面呈现相反状况，同时目前氢储运环节存在成本高、储氢难的问题，因而高效、低成本的氢气储运技术是大力发展氢能产业的必要保障。

**成本高：**氢气储运环节成本约占产业链所有环节的30%-40%。随着降本诉求的不断提升，储运环节将成为氢能降本的关键环节。

**储运难：**氢的储存和运输高度依赖技术进步和基础设施建设，是产业发展的难点。

图4：氢能全产业链图示



资料来源：中国氢能联盟《中国氢能及燃料电池产业手册2020年版》、国信证券经济研究所整理

## 低温液态储氢

液态储氢技术是采用低温技术将氢气冷却到液化温度（标准大气压下， $-253^{\circ}\text{C}$ ）以下，以液体形式储存在高度真空的绝热容器中。

☑ **优点：**质量储氢密度高（大于5%），常温常压下液氢的密度为气氢的845倍，适用于距离较远、运输量较大的场合

✘ **缺点：**成本高，能效低，存在泄露问题，每天损失可能达到1-2%；绝热系统复杂。

### 商业化应用情况

- 低温液态储氢技术目前美国、日本等已经实现了大规模的商业应用，国内应用最早起步于军事、航天等领域。随着近年来国内氢能产业兴起，民用液氢领域现已汇聚中科富海、航天101所、国富氢能、鸿达兴业等一批科研机构和企业，在相关技术上屡获重大突破；同时国家已发布液氢生产、贮存和运输的国家标准，这使液氢民用有标可依，实现了我国液氢产业民用领域标准零突破，为液氢进入市场化发展提供重要支撑。

图5：低温液态储氢示例



资料来源：中集安瑞科、搜狐财经

## 有机液态储氢 (LOHC)

有机液态氢即利用某些不饱和有机物与氢气进行可逆加氢和脱氢反应，实现氢的储存与运输，**有机化合物以甲基环己烷 (MCH)、二苄基甲苯 (DBT) 或十氢萘/萘酚为主。**

☑ **优点：** 储氢容量大，储氢密度高 (5-7.5wt%)，储氢过程可逆。

✘ **缺点：** 能耗高，设备费用高，脱氢反应温度高，催化剂活性不稳定。

### 商业化应用情况

- 目前国外德国、日本等处于LOHC技术开发和应用的前列，参与企业包括日本千代田、德国Hydrogenious Technologies等。国内处于研究和示范阶段，参与企业包括武汉氢阳能源，陕西御氢，南通久格，中船七一二所等。
- 目前示范应用场景包括交通领域（商用车、氢能船舶、铁路机车），分布式储能和加氢站供氢等。

图6：有机液态储氢



资料来源：德国Hydrogenious Technologies，国信证券经济研究所整理

## 甲醇载氢

甲醇载氢技术是指将一氧化碳与氢气在一定条件下反应生成液体甲醇，作为氢能的载体进行利用。在一定条件下，甲醇可分解得到氢气。

☑ **优点：** 储氢密度高（12.5wt%），储存、运输稳定，材料来源广泛，成本低

✘ **缺点：** 环保、安全问题，存在效率损耗，催化剂技术有待突破

🔧 **商业化应用情况：** 可应用于商用车、船舶、无人机、加氢站，分布式储能，目前多以示范性项目推进。目前甲醇载氢参与企业包括中船七一二所、中石化、上海博氢新能源、广东能创等。

## 液氨储氢

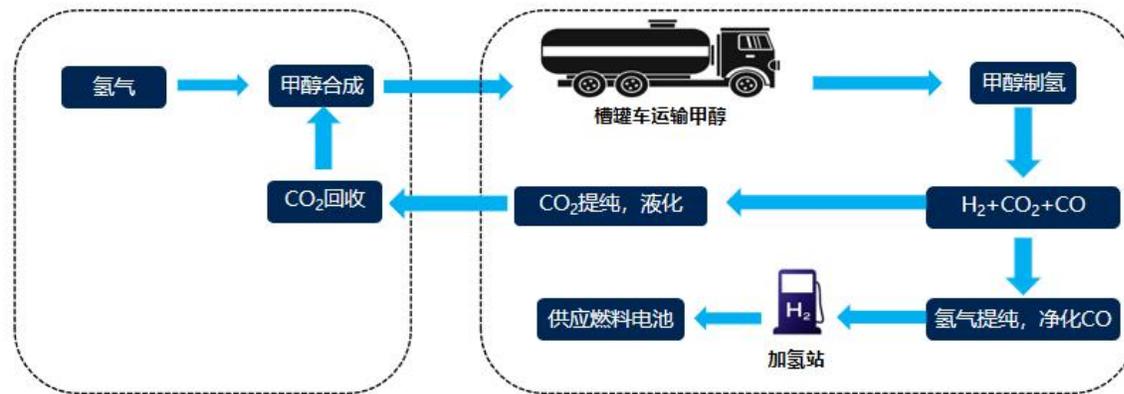
液氨，室温下是一种无色，带有强烈刺激性气味的有毒液体，对气态氨加压或冷却后得到液氨

☑ **优点：** 储氢密度高（17.7wt%），合成/分解技术成熟，储存、运输稳定

✘ **缺点：** 环保、安全问题，存在效率损耗，催化剂技术有待突破，氨分解制氢能耗高，设备要求高

🔧 **商业化应用情况：** 可应用于商用车、船舶、铁路机车、加氢站，分布式储能，目前多以示范性项目推进。目前液氨储氢参与企业包括福大紫金氢能、辉丰石化与宝武清能等。

图7：甲醇载氢图示



资料来源：李星国,《氢与氢能》,科学出版社,2022:93-95, 国信证券经济研究所整理

图8：液氨储氢图示



资料来源：李星国,《氢与氢能》,科学出版社,2022:392-395, 国信证券经济研究所整理

## 高压气态储氢

气态储氢技术通过高压是将氢气压缩于高压容器中，来实现氢气的储存，通常由钢、铝、碳/玻璃纤维、高分子材料等制成。

☑ **优点：**压力容器容易制造；制备压缩氢的技术简单；成本较低

✘ **缺点：**能耗高；安全性隐患高，加氢站成本高。

### 🔧 商业化应用情况

- **高压气态储氢技术成熟，应用广泛。**目前高压气态储氢技术主要应用在运输领域，加氢站和燃料电池车上均应用高压储氢瓶作为储氢装置。
- **加氢站**通常使用纯钢制造的I型瓶和II型瓶（钢制内胆，纤维环向缠绕），工作压力在17.5-30MPa，体积较大。加氢站配置250kg的储氢装置成本约为170-200万元以上，折合单位储氢价格约为6000-8000元/公斤。
- 车载储氢瓶主要分III型瓶和IV型瓶两种。III型瓶压强为35MPa，内胆采用铝合金/钢，包裹材料为碳纤维或者混合碳/玻璃纤维复合材料。IV型瓶压强为70MPa，内胆采用聚合物（一般包括尼龙，高密度聚乙烯（HDPE），PET聚酯塑料/PA聚酰胺），外部包裹材料主要是碳纤维或者混合碳/玻璃纤维复合材料。国内氢燃料电池汽车配备的储氢罐主要以35MPa的III型瓶为主，而70MPa的IV型高压储氢罐，国外已经实应用，国内尚未批准。在燃料电池车上应用的高压储氢瓶按照储氢质量折算，35MPa的单价3500-5000元/kg，70MPa的8000-10000元/kg。

图9：高压气态储氢示例



资料来源：海珀尔氢能，丰田官网，国信证券经济研究所整理

表1：各种高压气态储氢瓶、罐分类及特点

	I型瓶	II型瓶	III型瓶	IV型瓶
材质	 <p>全金属 钢或铝</p>	 <p>钢或铝衬里 复合材料 环向缠绕</p>	 <p>钢或铝衬里 复合材料 全缠绕</p>	 <p>聚合物衬里 复合材料 全缠绕</p>
压强 (Mpa)	17.5-20	26-30	30-70	30-70
重量体积 (kg/L)	0.9-1.3	0.6-1.0	0.35-1.0	0.3-0.8
成本	低	中等	高	高
使用寿命	15年	15年	15-20年	15-20年
应用场景	 <p>加氢站 等固定式储氢</p>		 <p>燃料电池汽车</p>	

资料来源：国富氢能招股书，国信证券经济研究所整理

## 固态储氢

固态储氢技术是通过物理或化学方式使氢气与储氢材料结合，来实现氢气的储存。从材料分类上有金属合金、碳材料等。金属氢化物合金又可细分为稀土系、钛铁/锰系、钒系和镁系等。

☑ **优点：** 体积储氢率高，安全性能高、能效高，加氢站成本相对较低。

✘ **缺点：** 大多数材料质量密度低，镁系质量密度高，但放氢需要消耗大量热，对热交换装置要求高；尚未达到产业化规模。

### 商业化应用情况

- 固态储氢从体积储氢密度、安全性等因素考虑，是最具商业化发展前景的储存方式之一。
- 固态储氢目前在**交通领域**起步相对较早，氢能自行车、两轮车、燃料电池叉车、加氢站均有示范项目；国内企业如厚普股份也在开发车载固态储氢瓶，目前钛系储氢装置售价在2万元/kg，未来希望通过规模化生产，降至8000元/kg以内。
- 固态储氢在**电力调峰领域**也有示范项目，包括华电集团、云南电科院、有研科技集团等在四川泸定、昆明、张家口建设了相关示范项目。
- 在**备用电源**领域，应用于数据中心、医院、社区等工商业的示范项目。
- 在**工业领域**：目前化工上使用的是高压储气罐，安全性存在挑战、复杂度很高。而固态储氢可以作为长期的储存，减轻安全压力；还可以实现工业副产氢净化-储运一体化。一辆储运车可直接充装和纯化1.2吨氢气，得到99.999%的高纯氢，有效降低储运成本。

图10：固态储氢示例



资料来源：九号公司，新氢动力，永安行官网，有研研究院官网，中国工程院，国信证券经济研究所整理

# 储氢运氢——各类方式比较

表2：不同氢储运方式比较

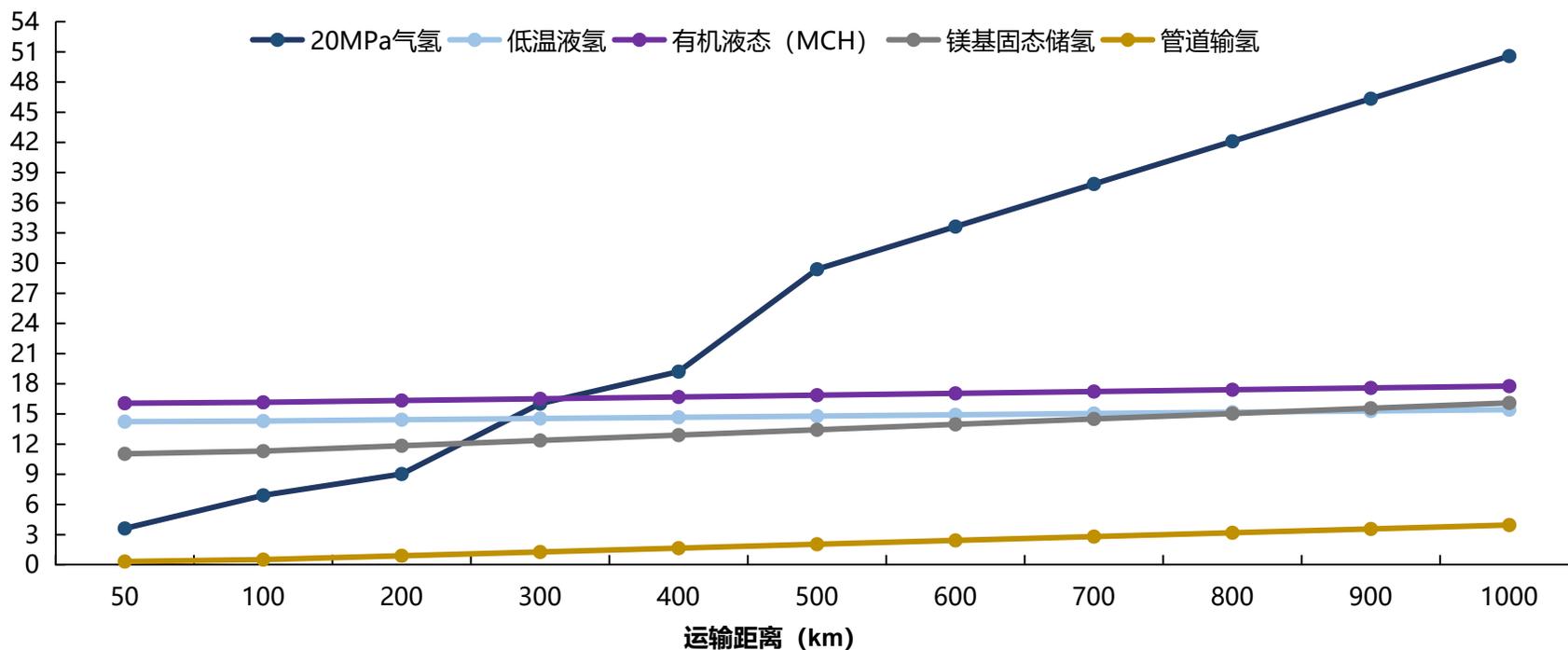
储氢技术	高压气态35MPa储运氢	高压气态70MPa储运氢	管道输氢	低温液态储运氢	有机液态储氢（甲基环己烷为例）	甲醇载氢	液氢储氢	稀土系合金固态储氢	钛铁系合金固态储氢	镁基合金固态储运氢
储氢质量分数 (%)	3.0	5.5	-	>5.7	6.1	12.5	17.7	1.5	1.8	<7.6
体积储氢密度 (kg/立方米)	23.5	40	0.09	70	47	99	108	104	96	94-110
运输方式	长管拖车	长管拖车	管道运输	专用特种槽车，驳船	专用特种槽车，驳船	专用特种槽车，驳船	专用特种槽车，驳船	根据规模选择固态储氢车		
装载量 (KG/车)	-	-	-	360-4300	-	-	-	目前单车最大1200		
温度 (摄氏度)	20	20	0	-253	300-350	250	400	20	20	205-290
应用情况	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	大规模、长距离运输	国外应用广泛，国内目前仅用于航天及军事领域	海外发展较快，国内处于示范阶段。主要应用场景包括商用车、氢能船舶、铁路机车和加氢站等。	可应用于商用车、船舶、无人机、加氢站，分布式储能，多以示范性项目推进	可应用于工业、氢能船舶和铁路机车，加氢站，多以示范性项目推进	示范项目持续改进	项目示范持续改进	国内已推出镁基固态储运氢车，固态储氢自行车，氢储能示范项目
优势	充、放氢速率快，发展应用成熟	充、放氢速率快，发展应用成熟	适用于大规模运输，单位能耗较低	体积比容量大，运输装载量大，氢纯度高	储氢容量大，储运方便，循环寿命长	储氢容量大，材料来源广泛，成本低	储氢容量大，储存、运输稳定	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；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	建设成本较高	能耗高，设备要求高，成本高，国内民用还未形成	催化，加氢，脱氢复杂，需要高温（300-350℃）	环保、安全问题	环保、安全问题，氨分解制氢能耗高	成本高	放氢动力学性能较弱	热交换较困难，镁基合金固态储能在较高温度下进行

资料来源：全球氢能，DT新能源，中国工程院，国信证券经济研究所整理

# 不同输氢方式储运成本比较

- 对于高压气态储运，当运输距离为50km时，运输成本为3.6元/kg，随着距离的增加长管拖车运输成本大幅上升，当运输距离为500km时，氢气的运输成本达到29.4元/kg。因此，长管拖车只适合短距离运输（小于200km）。
- 低温液态储氢与固态储氢、有机液态储氢对运氢成本对距离不敏感，当加氢站距离氢源点50-1000km时，低温液态储氢运输成本约在14-15.5元/kg范围内，固态储氢运输成本约在11-16元/kg，有机液态储氢运输成本约在16-18元/kg。在中长距离运输下，固态储运、低温液态储运与有机液态储运都具备成本优势。
- 管道运氢成本主要来源于与输送距离正相关的管材折旧及维护费用，当输送距离为100km时，运氢成本仅为0.5元/kg。但管道运氢成本很大程度上受到需求端的影响，在当前加氢站尚未普及、站点较为分散的情况下，管道运氢的成本优势并不明显。

图11：不同输氢方式在不同运输距离下的成本对比（元/kg）



资料来源：张轩、樊昕晔等《氢能供应链成本分析及建议》[J]《化工进展》，2022年第41卷第5期:2364-2371，国信证券经济研究所测算；注：长管拖车、液氢槽罐车，固态储氢车百公里耗油25L，柴油价格7元/L，电价0.6元/kWh，过路费用0.6元/km，保养费用为0.3元/km，每车配备两名司机，装卸氢过程各需一名操作人员，人工费用为10万元/年；管道输氢建设成本基于济源-洛阳氢气管道项目测算。

## 第二章 低温液态储氢产业链分析

# 国内低温液氢项目积极推进

- 据北京航天试验技术研究所张振扬博士的论文《液氢的制、储、运技术现状及分析》，2021年底，全球液氢产能达到约485吨/天，其中美国，加拿大，日本液氢产能分别超过300/80/40（吨/天），为全球前三大市场。国内液氢产能约6（吨/天），主要服务于国内航空航天领域。据不完全统计，近年来国内规划中的液氢项目达到十余项，国企、民企、外企都表现出市场积极性。若规划的氢液化项目如期落地，国内液氢产能将在几年内超过160吨/天，有望超过加拿大成为全球第二大液氢市场。
- 国富氢能、中科富海、航天六院101所等企业为主要供应氢液化系统企业。而在液氢工厂运营方面，国内参与企业包括齐鲁氢能、中科富海、嘉华能源、鸿达兴业等。

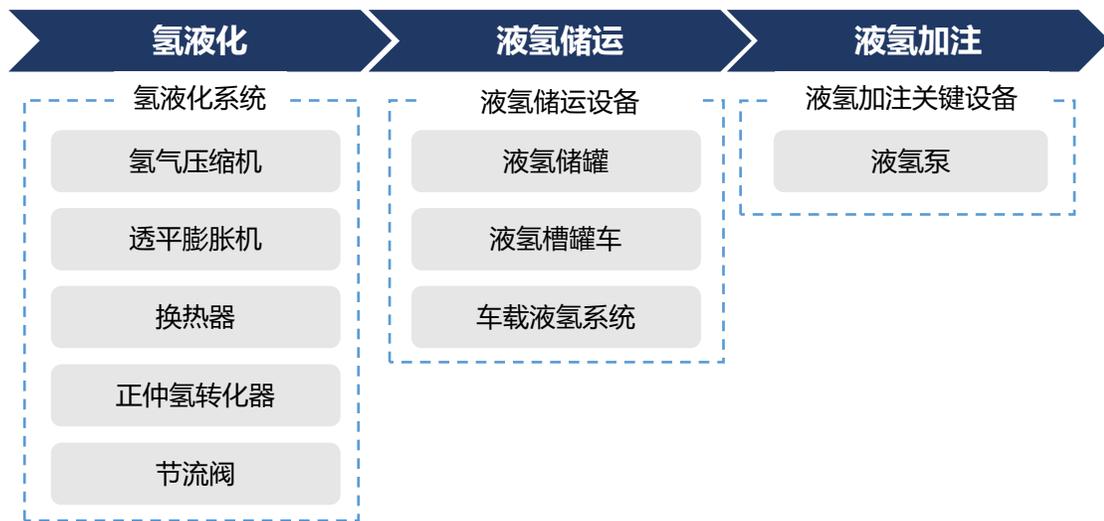
表3：部分国内低温液氢工厂项目及设备供应方

液化系统供应方	液氢工厂项目经营者	所在城市	液氢工厂产量(吨/天)	建设时间
	华久新能源（河南）	洛阳	8.6	2023年投产
	齐鲁氢能（山东）	淄博	10	2022年开工
	中科昊海	阜阳	1.5	2022年投产
	中科富海	北京	5	2022年投产
 <b>中国航天科技集团有限公司</b> China Aerospace Science and Technology Corporation  <b>航天六院101所</b>	中建航天	陇西	一期7.1，二期10.7	2022年开工
	嘉化能源	嘉兴	1.5	2021年开工
	鸿达兴业	乌海	-	2020年投产
	空气产品久泰（内蒙古）	呼和浩特	30	2022年开工
	空气化工产品	海盐	30	2022年投产
-	中石化巴陵石化、湖南核电	岳阳	60	2023年投产
-	河北旭阳	定州	1	2021年开工

资料来源：孙潇，朱光涛，裴爱国，《氢液化装置产业化与研究进展》[J]. 化工进展, 2023, 42 (3) : 1103-1117; 张振扬，解辉《液氢的制、储、运技术现状及分析》[J].《可再生能源》2023 (3) :298-305, 国信证券经济研究所整理

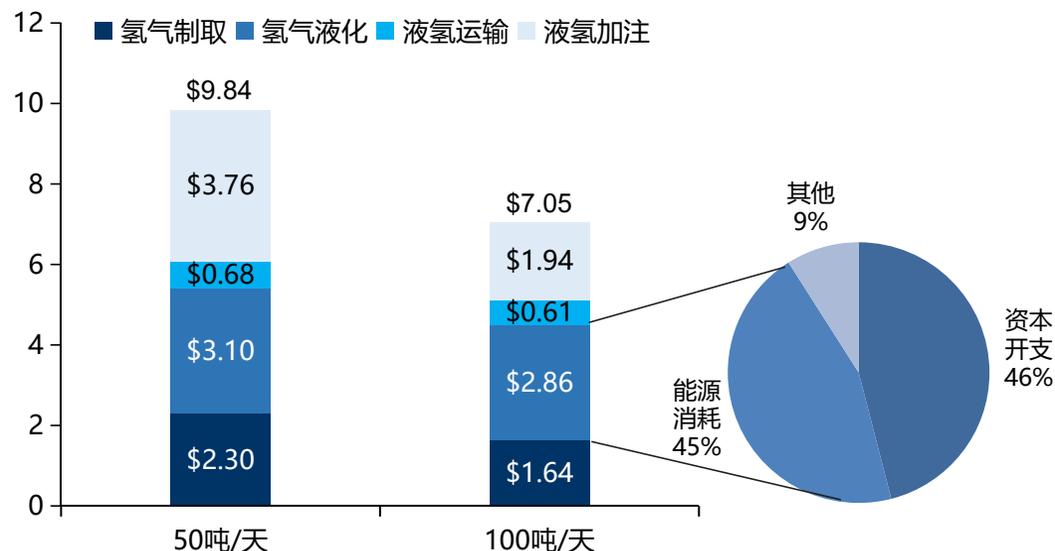
- 液氢产业链主要包括氢液化、液氢储运和液氢加注环节。
- 氢液化：目前大型的液氢工厂普遍采用液氮预冷型Claude系统，液化流程中主要用到压缩机、换热器、低温透平膨胀机、正-仲氢转换器以及节流阀等设备。
- 液氢储运：低温液氢的存储技术关键在于液氢储罐，根据其使用形式可分为固定式和移动式，大型的固定式储罐一般都采用球型，中小型的液氢储罐普遍采用立式或卧式的圆柱形。移动式液氢储罐厂采用卧式圆柱。国产化方面，目前我国已经完全具备了生产液氢贮罐的能力。
- 液氢加注：液氢泵是提高能效、降低成本并适用于液氢产业市场化和大规模应用的关键核心设备。目前国内液氢泵正在进行国产化替代。
- 美国能源部给出的液氢产业链成本结构显示氢气液化占低温液氢全产业链成本30%-40%。在液氢工厂50吨/天液化生产供应量下，液氢全产业链成本为9.84美元/kg·H<sub>2</sub>，其中氢气液化为3.1美元/kg·H<sub>2</sub>，占比31.5%，在液氢工厂100吨/天液化供应量下，液氢全产业链成本为7.05美元/kg·H<sub>2</sub>，其中氢气液化为2.86美元/kg·H<sub>2</sub>，占比40.5%，其中，氢气液化环节，资本开支占成本46%，能源消耗占45%。在供应量加大条件下，液氢全产业链成本显著得到下降。

图12：低温液氢全产业链梳理



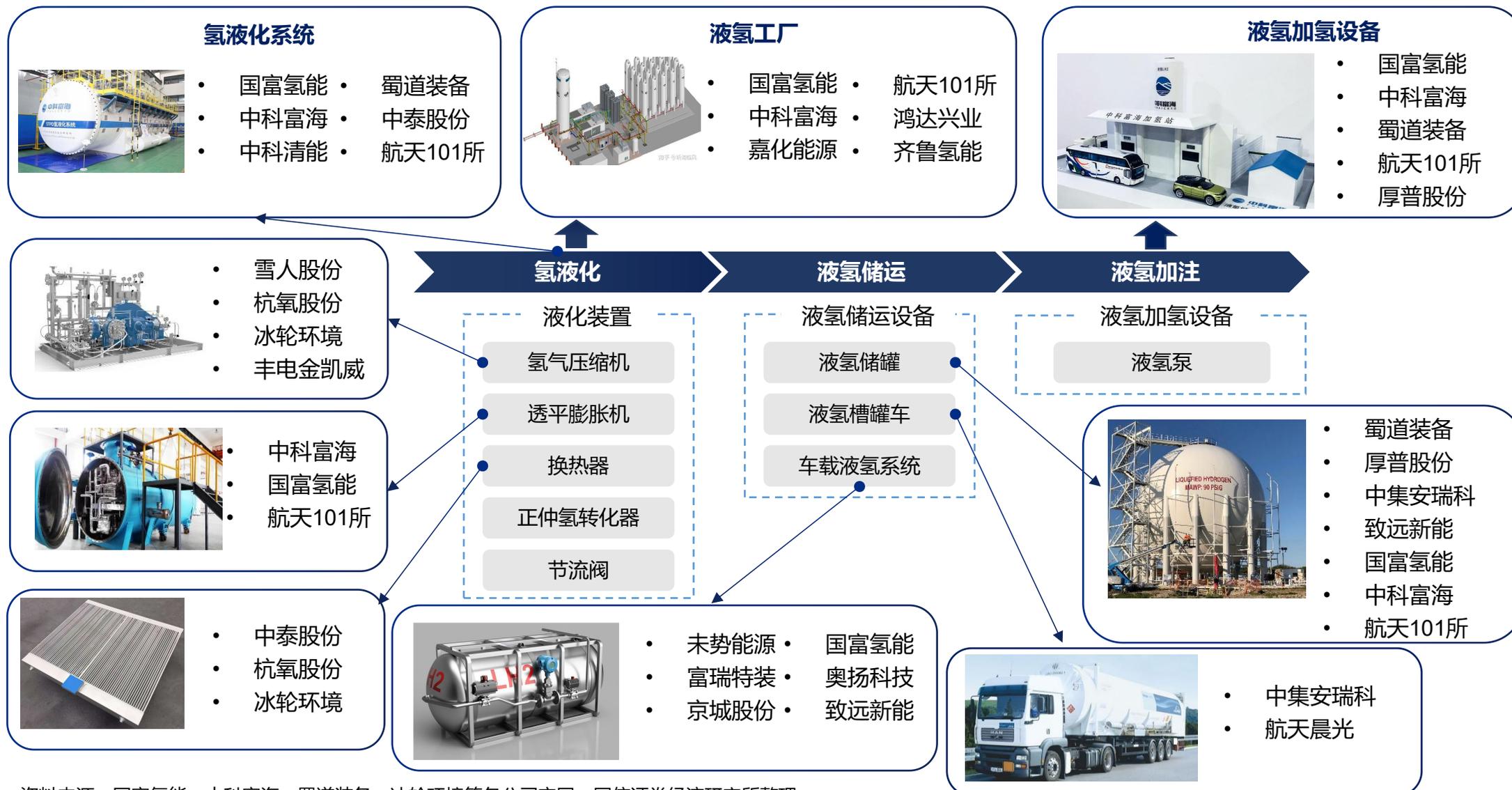
资料来源：李星国，《氢与氢能》，科学出版社，2022:191-203，国信证券经济研究所整理

图13：液氢全产业链成本结构（美元/kg H<sub>2</sub>）



资料来源：美国能源部，国信证券经济研究所整理，注：50吨/天与100吨/天为液氢工厂单日氢液化产量，在加注环节上50吨/天液化产量选用400kg/天规模加氢站，100吨/天液化产量选用1000kg/天规模加氢站。

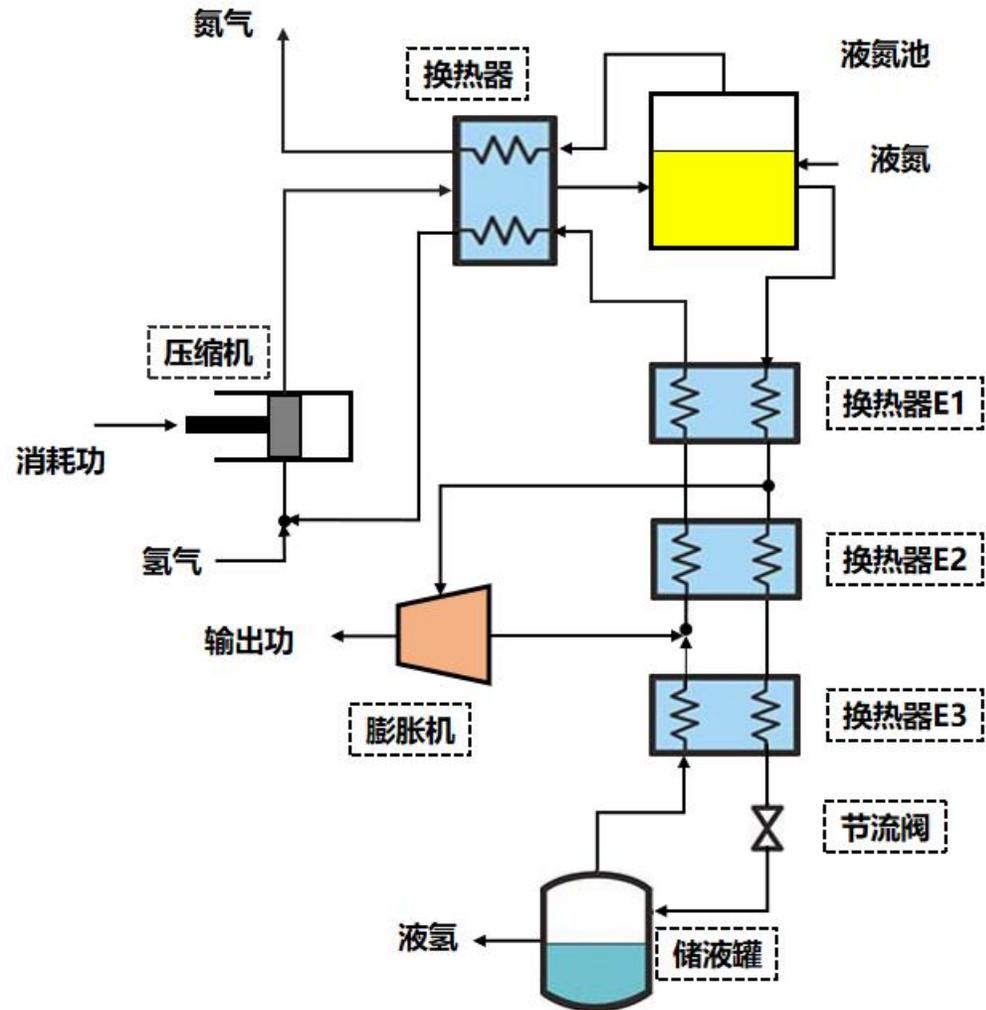
图14：低温液氢全产业链梳理



资料来源：国富氢能、中科富海、蜀道装备、冰轮环境等公司官网，国信证券经济研究所整理

- 液氢生产方法主要有四种液化循环：节流液化循环（Linde-Hampson系统）、带膨胀机的氢液化循环（Claude系统）、氦制冷氢液化循环和磁制冷液化循环。
- 目前世界上运行的大型液化装置多数采用带膨胀机的氢液化循环（Claude系统），小型液化装置多数采用氦制冷液化循环和节流液化循环。
- 氢液化原理：常压常温的氢气经压缩机压缩，并经换热器降温后实现等温压缩，然后再经液氮预冷并经换热器E1降温后成为两部分气体：1) 一部分气体连续经过换热器E2和换热器E3降温并通过节流阀等焓膨胀降温，部分氢气转变为液体从储液罐排除，未液化的部分气体经过换热器E3再次进入热力循环；2) 另一部分在膨胀机中等熵膨胀降温与换热器中E3复热氢气汇合进入热力循环。
- 膨胀机膨胀制冷不仅效果好，膨胀机输出的能量还可以补充系统消耗的能量，所以带膨胀机的液化循环单位能耗较低。带膨胀机的液化循环系统的工作压力为3~4MPa，远低于节流液化循环的工作压力，使系统更安全。故目前在氢液化中的应用最为广泛。

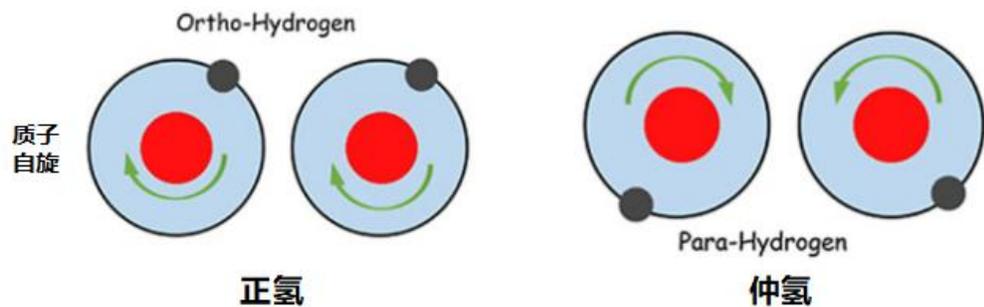
图15：带膨胀机的氢液化循环（液氮预冷型Claude系统）



资料来源：国家电投集团氢能产业创新中心《氢能百问》，中国电力出版社，2022:89-90，国信证券经济研究所整理

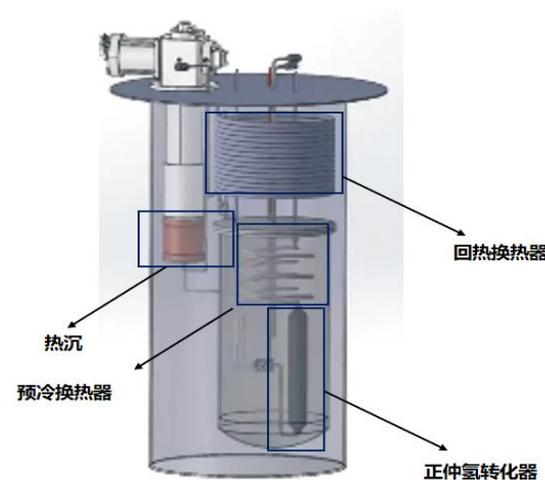
- 将常温氢气液化要移除三部分的热量：1) 常温氢气冷却至沸点散发的热量；2) 氢气冷凝液化所释放的热量；3) 正仲氢转化释放的热量。氢分子由两个氢原子组成，但两个原子核自旋方向不同，存在着正、仲两种状态。两个原子核自旋方向相同的是正氢，两个原子核自旋方向相反的是仲氢。常温的氢气稳定状态含75%正氢和25%仲氢。随温度降低仲氢浓度增加，稳定的液氢仲氢浓度为99.8%。
- 把常温的氢气液化后生成的是液态正常氢，是一种不稳定状态。液态正常氢会自发地发生正态到仲态转化，直到相应温度下的平衡氢。氢的正到仲转化是放热反应，如果把液态正常氢直接装入储气罐，尽管储气罐是绝热的，液氢正到仲转化放出的热量会使液氢沸腾蒸发，蒸发的氢气只能放空。因而在氢液化循环中会设置正仲氢转化器和催化剂（通常为水合氧化铁）以实现正仲氢转化。

图16：正氢与仲氢



资料来源：Amjad Riaz et, 《Significance of ortho-para hydrogen conversion in the performance of hydrogen liquefaction process》International Journal of Hydrogen Energy,2023(8):26568-26582, 国信证券经济研究所整理

图17：氢液化装置与正仲氢转化器



资料来源：刁希文《宽温区多模式的正仲氢催化转化性能测试平台设计和分析研究》中国科学技术大学硕士论文，2022:21-31, 国信证券经济研究所整理

# 氢液化产业发展方向——降低系统综合能耗

- 液氢产业发展核心在于规模效应，当规模扩大时，氢液化的能耗和单位成本将显著降低，液氢达到足够的规模后将更具经济性。据《中国能源报》报道，液化规模为5吨/天及以下时，氢液化的综合能耗将超过15kWh/kg·H<sub>2</sub>；当液化规模达到10-30吨/天时，氢液化的综合能耗约为9-14kWh/kg·H<sub>2</sub>；当液化规模扩大至150吨/天，氢液化能耗可降低至6kWh/kg·H<sub>2</sub>。
- 中科富海于2023年3月实现5TPD氢液化系统下线，并于6月通过1.5TPD氢液化系统鉴定，液化率达到1590kg/day，综合单位能耗为15.1kWh/kg·H<sub>2</sub>。国富氢能已具备8-30TPD氢液化系统供应能力，能耗为9-14kWh/kg·H<sub>2</sub>。

图18：中科富海5吨/天氢液化系统



资料来源：中科富海，国信证券经济研究所整理

图19：国富氢能10吨/天氢液化系统



资料来源：全球氢能，国信证券经济研究所整理

# 氢液化产业发展方向——核心部件国产化

- 目前国内液氢产业氢气压缩机与换热器基本已经实现国产化，透平膨胀机和正仲氢转化器等设备国产化仍需攻克难点。
- **氢气压缩机：**压缩机通常用于对氢气/氦气加压，以达到后续制冷的要求，压缩机是氢液化装置中耗能最大的设备，大量研究致力于提升压缩机效率和可靠性，压缩机目前已实现国产化，国内的供应商主要包括杭氧股份、冰轮环境、雪人股份、丰电金凯威等。
- **换热器：**在氢液化装置中，多流道钎焊铝板翅式换热器被用来在冷流体和热流体之间传热，其主要优点是低温工质相容性好、比表面积高（>2000m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>）、压降低以及温差小。国内液氢换热器生产企业包括中泰股份，冰轮环境，杭氧股份等。
- **透平膨胀机：**小型氢液化装置（≤5吨/天）通常采用氦透平膨胀机，大型氢液化装置通常采用氢透平膨胀机。透平膨胀机工作温度低，转速高，性能影响因素较多，研制难度较大。国外德国林德集团、美国空气产品公司和法国液化空气集团已掌握成熟的氢/氦透平膨胀机技术，国内氢/氦低温透平膨胀机的研制起步较晚，目前北京航天六院101所、中科富海和国富氢能等企业或机构具备自主知识产权并开发出相关产品。
- **正仲氢转化器：**目前国内自主研发正仲氢转化器的机构包括北京航天试验技术研究所等。

图20：氢气压缩机



图21：透平膨胀机

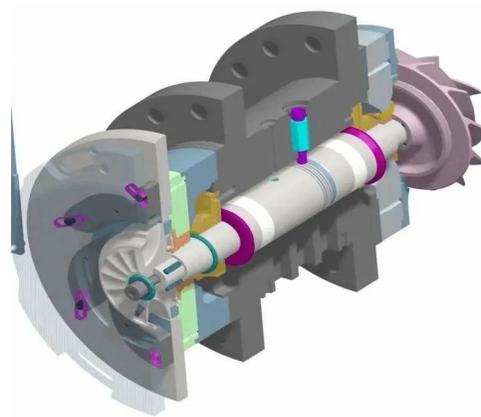


图22：翅板式换热器



资料来源：Neuman&Esser，国信证券经济研究所整理

资料来源：Linde，国信证券经济研究所整理

资料来源：Linde，国信证券经济研究所整理

- 低温液氢的存储技术关键在于液氢储罐。液氢储罐有多种类型，根据其使用形式可分为：1) 固定式：常用的包括球形储罐和圆柱形储罐，2) 移动式：移动式液氢储罐厂采用卧式圆柱形，结构、功能与固定式液氢储罐并无明显差别，但需具有一定抗冲击强度，以满足运输过程中的速度要求。
- 不同容积储罐采用不同绝热方式：目前主要包括**高真空绝热**、**高真空多层绝热**、**真空粉末绝热**、和**堆积绝热**等绝热方式。
- 国内液氢储罐研发生产企业包括国富氢能、中科富海、航天六院101所、蜀道装备、厚普股份、致远新能和中集安瑞科旗下中集圣达因等公司。

图23: 真空绝热储罐结构图示

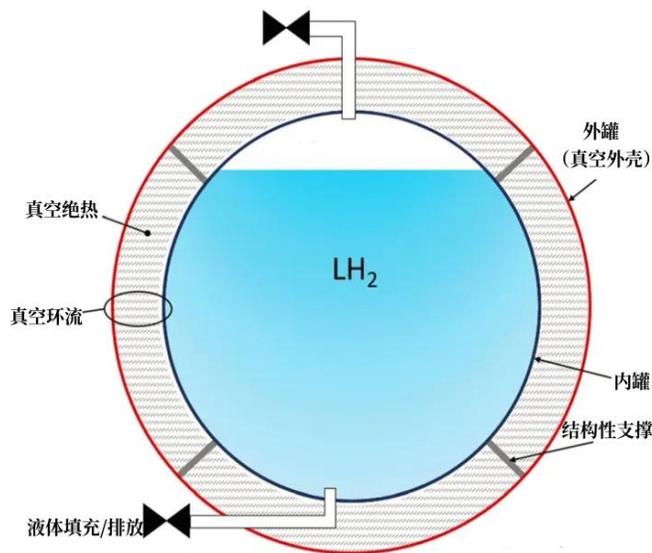


表4: 不同容积储罐与绝热方式

绝热方式	特点
高真空绝热 (适用小型储罐)	具有结构简单、紧凑、热容量小等优点，适用于小型液氢以及少量短期的液氢储存
高真空多层绝热	绝热性能好，重量轻，预冷损失小，可应用于液氢的长期储存和运输设备，但制造成本高，抽空工艺复杂，难以对复杂形状绝热；
真空粉末绝热 (适用中大型储罐)	要求的真空度不高，而绝热性能好，因此广泛用于中大型低温液体储存，其缺点则是要求绝热夹层的间距大，结构复杂而笨重
堆积绝热 (适用大型储罐)	广泛应用于大型液氧、液氮、液氢储存以及特大型液氢储罐中，其显著特点是成本低，无需真空罩，易于不规则形状，但绝热性能稍逊一筹

表5: 多层绝热液氢储罐结构成本拆分 (罐体质量101kg)

液氢储罐部件	成本比例
阀门、配件、管道成本	22%
泵	16%
外壳系统	14%
BOP应急系统	10%
多层绝热系统	10%
系统框架	8%
汽化器	5%
加氢与控制成本	4%
系统组装与检查成本	4%
系统内衬	3%
传感器与指示器成本	3%
真空泵系统	1%

资料来源: Linde, 国信证券经济研究所整理

资料来源: 李星国,《氢与氢能》,科学出版社,2022:196-200, 资料来源: Strategic Analysis Inc, 国信证券经济研究所整理  
国信证券经济研究所整理

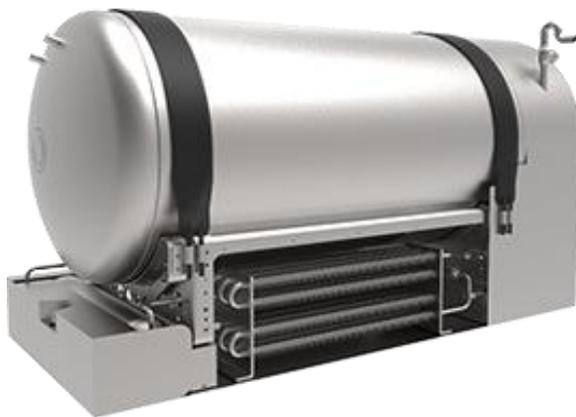
- **大储氢量，长续航。** 车载液氢供氢系统方面，以液氢作为燃料可以携带更多的推进能量以保证长续航要求。2023年4月末势能源推出“木星”车载液氢储氢系统，单瓶储氢质量高达80kg以上，液氢系统质量储氢密度 $\geq 8\text{wt}\%$ ，续航里程超1000km，5月奥扬科技推出1200L液氢瓶，储氢密度 $\geq 10\text{wt}\%$ ，储氢量75kg，续航里程750km。对比高压气态储氢瓶来看，整体液态储氢瓶储氢密度大，1200L液氢储氢瓶续航里程接近于8个70Mpa下270L（2160L）高压储氢瓶的续航里程，更适合于长距离运输，且当储氢量容量相等时，装载液氢瓶的运输车装载质量更轻。
- 从车载液氢供氢系统结构来看，关键部件主要包含绝热层，温度控制器，安全阀，节流阀，换热器等。
- 除末势能源，奥扬科技外，国内研发生产车载液氢供氢系统的企业还包括国富氢能，富瑞特装，京城股份，致远新能等。

表6：低温液氢瓶与高压储氢瓶对比

项目	液氢储氢瓶	35Mpa高压储氢瓶	70Mpa高压储氢瓶
理论体积储氢密度	70g/L	23.5g/L	40g/L
单个储氢瓶容量	1200L	270L	270L
储氢瓶组	1个	6-8个	6-8个
总容量	1200L	1620-2160L	1620-2160L
总储氢量	84kg	38-51kg	65-86kg
续航里程	840km	380-510km	650-860km

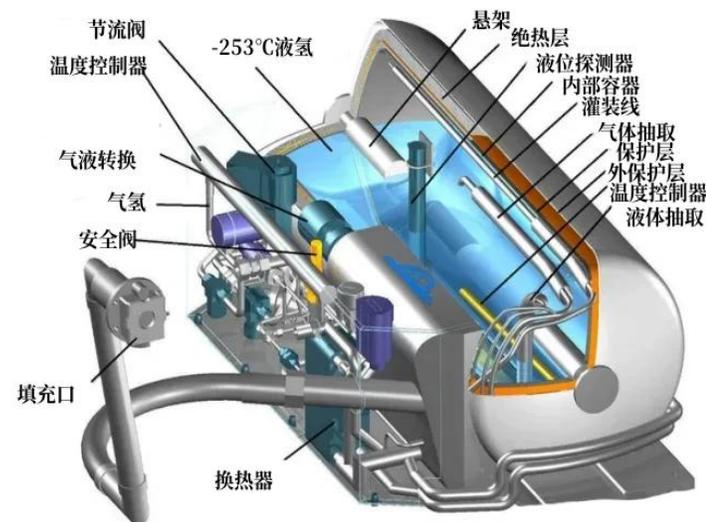
资料来源：奥扬科技，全球氢能，注：液态储氢瓶容量参考奥扬科技产品性能，高压气态储氢瓶选用270L容量对比，国信证券经济研究所整理及测算

图24：末势能源车载液氢供氢系统



资料来源：末势能源，国信证券经济研究所整理

图25：车载液氢供氢系统结构



资料来源：Linde，国信证券经济研究所整理

# 液氢泵是液氢加氢站建设核心设备

- 目前，全球加氢站主要形式为高压气态和液氢，截至2022年底全球已投运加氢站数量超过800座，其中液氢加氢站全球占比约30%，主要集中在美国、欧洲、日本。国内方面，根据EV TANK数据，截至2023年6月，中国累计建成的351座加氢站中，液氢加氢站比例约为1/4。国内加氢站建设成本方面，据氢云链数据，国内目前建设一座500kg/天的加氢站成本为700-1200万元。
- 加氢站组成结构方面，以日本有明液氢加氢站为例，液氢加氢站内部结构包括液氢储罐，液氢泵，蒸发器，蓄压器和分配器等。
- **液氢泵是提高能效、降低成本并适用于液氢产业市场化和大规模应用的关键核心设备。**国际上掌握高压液氢泵技术的企业主要包括美国ACD公司，德国林德公司和法国Cryostar公司。国内部分公司和科研院所开展了对高压液氢泵的研制，正在进行国产化替代。

表7：液氢加氢站结构（日本有明加氢站）

液氢加氢站部件	规格
液氢储罐	10000L内容积
液氢泵	500Nm <sup>3</sup> /h, 排气压力40MPA
蒸发器	蒸发能力500Nm <sup>3</sup> /h, 空温式铝制散热片
蓄压器	80Lx4罐, 压力40MPA
分配器	液氢: 0.5MPA, 压缩氢25/35MPA

资料来源：李星国,《氢与氢能》,科学出版社,2022年:203-205, 国信证券经济研究所整理

表8：海外加氢站建设成本（2014）

加氢量 (kg/天)	高压气态加氢站		液氢加氢站	
	总投资额 (万美元)	单位投资额 (万美元/天)	总投资额 (万美元)	单位投资额 (万美元/天)
100	139	1.39	90.3	0.93
400	204	0.51	172	0.43
1000	410	0.41	344	3.44

资料来源：QIN N, BROOKER P, SRINIVASAN S. 《Hydrogen fueling stations infrastructure》,Orlando: University of Central Florida, 2014: 7-10, 国信证券经济研究所整理

图26：液氢泵



资料来源：美国ACD, 国信证券经济研究所整理

表9：低温液氢产业链公司梳理

公司/机构	公司介绍	涉及液氢产品/业务
国富氢能	公司专业从事氢能“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。	<b>氢液化：</b> 透平膨胀机，氢液化系统，液氢工厂 <b>液氢储运：</b> 液氢储罐，车载液氢系统 <b>液氢加注：</b> 液氢加氢设备
中科富海	公司是一家低温装备制造制造商，以发展低温工程与制冷技术为基础，重点开发低温系统关键技术与产品。	<b>氢液化：</b> 透平膨胀机，氢液化系统，液氢工厂 <b>液氢储运：</b> 液氢储罐 <b>液氢加注：</b> 液氢加氢设备
航天科技集团六院101所	航天六院101所是国内最早进行航天氢能利用技术研究的机构，从20世纪60年代起便从事液氢生产和应用技术研究。	<b>氢液化：</b> 透平膨胀机，氢液化系统，液氢工厂 <b>液氢储运：</b> 液氢储罐 <b>液氢加注：</b> 液氢加氢设备
蜀道装备 (300540.SZ)	公司主营业务是为客户提供天然气液化与液体空分工艺包及处理装置。	<b>氢液化：</b> 氢液化系统 <b>液氢储运：</b> 液氢储罐 <b>液氢加注：</b> 液氢加氢设备
冰轮环境 (000811.SZ)	公司从事低温冷冻设备、中央空调设备、节能制热设备及应用系统集成、工程成套服务、智慧服务。	<b>氢液化：</b> 氢气压缩机，换热器
杭氧股份 (002430.SZ)	公司产品主要包括成套空气分离设备及部机、石化设备和各类气体产品。	<b>氢液化：</b> 氢气压缩机，换热器
雪人股份 (002639.SZ)	公司是一家以制冰、储冰、送冰设备及制冰系统的研发、生产和销售,以及冷水设备、冷冻、冷藏、空调、环保等制冷相关产品的设计、生产及销售为主要业务的公司。	<b>氢液化：</b> 氢气压缩机
中泰股份 (300435.SZ)	公司主营业务为深冷技术的工艺开发、设备设计、制造和销售,主要产品有板翅式换热器、冷箱和成套装置。	<b>氢液化：</b> 换热器，氢液化系统
鸿达兴业 (002002.SZ)	公司拥有“氢能源、新材料、大环保和交易所”四大产业体系，形成较为完善的一体化循环经济产业链。	<b>氢液化：</b> 液氢工厂

资料来源：国富氢能、中科富海、冰轮环境、雪人股份官网，蜀道装备、杭氧股份、中泰股份、鸿达兴业公司公告，国信证券经济研究所整理

表10：低温液氢产业链公司梳理

公司/机构	公司介绍	涉及液氢产品/业务
嘉化能源 (600273.SH)	公司的主要产品为包括蒸汽、脂肪醇(酸)、磺化医药系列产品和氯碱、硫酸等。	氢液化：液氢工厂
厚普股份 (300471.SZ)	公司主营业务为天然气加注成套设备/氢能成套设备的研发、生产和集成；清洁能源领域及航空零部件领域核心零部件的研发和生产；天然气和氢能等相关工程的EPC；智慧物联网信息化集成监管平台的研发、生产和集成；以及覆盖整个产业链的专业售后服务。	液氢储运：液氢储罐 液氢加注：液氢加氢设备
富瑞特装 (300228.SZ)	公司专业从事液化天然气(LNG)的液化、储存、运输及终端应用全产业链装备制造及提供一站式整体技术解决方案。	液氢储运：车载液氢系统
京城股份 (600860.SH)	公司的主营业务为气体储运装备制造，主要产品有车用液化天然气(LNG)气瓶、车用压缩天然气(CNG)气瓶、钢质无缝气瓶、焊接绝热气瓶、碳纤维全缠绕复合气瓶、ISO罐式集装箱、低温储罐、燃料电池用铝内胆碳纤维全缠绕复合气瓶、LNG加气站设备等。	液氢储运：车载液氢系统
致远新能 (300985.SZ)	公司主营业务为车载LNG供气系统、船用LNG燃料供气系统的研发、生产和销售。	液氢储运：液氢储罐，车载液氢系统
航天晨光 (600501.SH)	公司主营业务是航天及民用专用汽车系列产品、波纹管类系列产品的研制开发、生产制造、经营销售	液氢储运：液氢运输槽车和液氢输送管阀系统
中集安瑞科 (03899.HK)	公司能源装备部从事制造及销售多类型用作储存、输送、加工及配送天然气的设备以及为天然气行业提供设计、采购及安装施工服务业务。化工装备部从事制造及销售多类化学液体及化学气体的储运装置业务，例如罐式集装箱。液态食品装备部从事不锈钢储罐之工程、制造及销售以及提供设计、采购及安装施工服务业务。	液氢储运：液氢储罐，液氢运输槽车
未势能源	公司主要从事燃料电池系统、燃料电池堆、储氢系统、电堆膜电极等研发、生产和销售。	液氢储运：车载液氢系统
丰电金凯威	公司产品覆盖制氢原料气压缩机、氢气充装压缩机、加氢站压缩机，能为氢能行业提供全套压缩气体解决方案。	氢液化：氢气压缩机

资料来源：嘉化股份、厚普股份、富瑞特装、京城股份、致远新能、航天晨光、中集安瑞科公司公告，未势能源、丰电金凯威官网，国信证券经济研究所整理

## 第三章 有机液态储氢分析

# 有机液态储氢：适合大规模长距离运输的新型储氢技术

- 有机液态储氢 (LOHC) 技术是一种新型、高储氢密度的储氢技术，在氢气大规模储运和跨洋运输与国际氢贸易方面有着很好的发展潜力。其原理是借助某些烯烃、炔烃或芳香烃等不饱和液体有机物和氢气的可逆反应、加氢反应实现氢的储存，借助脱氢反应实现氢的释放，**质量储氢密度在5%-7.5%，储氢量大**，储氢材料为液态有机物，**可以实现常温常压运输，方便安全**。
- 有机液体储氢技术的工作原理可分为加氢和脱氢环节：**1) 加氢**：氢气通过催化反应被加到液态储氢载体中，形成可在常温常压条件下稳定储存的储氢有机液体；**2) 脱氢**：有机液体在一定温度条件下发生催化脱氢反应，反应产物经气液分离后，氢气输送至用氢端。
- 目前国内外研究较多的有机储氢载体有环己烷、甲基环己烷 (MCH)、十氢化萘、二苄基甲苯、十二氢-N-乙基咪唑 (12H-NEC) 等。随着有机液体储氢技术的不断发展，甲基环己烷体系、乙基咪唑体系和二苄基甲苯体系逐步体现商业化潜力。

图27：有机液态储氢原理示意图



表11：不同有机液态储氢路线比较

储氢介质	化学组成	质量储氢密度	脱氢介质	脱氢温度 (°C)
环己烷	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	7.19%	苯	300-320
甲基环己烷	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	6.16%	甲苯	300-350
十二氢-乙基咪唑	C <sub>14</sub> H <sub>25</sub> N	5.8%	乙基咪唑	170-200
反式十氢化萘	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	7.29%	萘	300-340
十八氢二苄基甲苯	C <sub>21</sub> H <sub>38</sub>	6.2%	二苄基甲苯	260-310
八氢二甲基咪唑	C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> N	5.76%	二甲基咪唑	170-200

资料来源：南通久格官网，国信证券经济研究所整理

资料来源：国家电投集团氢能产业创新中心《氢能百问》，中国电力出版社,2022:99-101，国信证券经济研究所整理

- 有机液态储氢技术凭借储氢量大，储运、维保安全方便且可多次循环使用的特点，可应用于跨季节储存以及大规模、长距离运输。
- **海外方面，有机液态储氢技术发展较早，已形成远洋贸易运输。**日本千代田公司建立了甲苯-甲基环己烷示范工程，利用该技术实现了澳大利亚至日本川崎的长距离氢气运输；德国Hydrogenious Technologies公司主要技术为二苄基甲苯，目前已在德国多马根建立起工业级有机液态储氢工厂，项目将供应欧洲工业及交通领域。
- 国内技术起步稍晚，目前多处于示范项目为主，已在加氢站、建筑供热、工业领域推进有机液态储氢应用。

表12：部分有机液态储氢应用项目梳理

企业/机构	地点	项目名称	应用场景
<b>国内项目</b>			
中国化学、武汉氢阳能源	上海金山	上海有机液态储氢加住一体化及氢能综合利用项目	加氢站供氢
中氢源安	北京	北京市石景山区纯氢供热项目	建筑供热
秦创原创新促进中心	陕西彬州	年产22000吨有机液体储氢材料项目	工业用氢
<b>海外项目</b>			
日本千代田	日本川崎	90MW商用氢气发电站建设项目	电网
德国Hydrogenious Technologies	德国多马根	工业级有机液态储氢工厂项目	工业/交通

资料来源：全球氢能，中国化学公司公告，李星国，《氢与氢能》，科学出版社，2022:591-594，国信证券经济研究所整理

# 有机液态储氢公司梳理

- 从国内有机液态储氢公司技术来看，主要以乙基咪唑类、甲基环己烷类以及二苄基甲苯类为主。
- 从国内公司项目及产品来看，目前以武汉氢阳能源、南通久格、青岛海望、陕西氢易能源、陕西御氢、中船七一二所等为代表的企业及机构已经开发出有机液态储氢材料，储氢/脱氢装机，车载供氢系统以及加氢装置，产业化整体推进中。

表13: 有机液态储氢技术公司及业务梳理

公司/机构	有机液态储氢技术	具体项目/产品/应用
武汉氢阳能源	乙基咪唑，二甲基咪唑	有机液态储氢材料，储氢/脱氢装置，车载有机液氢供氢系统
金宏气体 (688106.SH)	苄基甲苯和二苄基甲苯	有机液态储氢材料
中国化学 (601117.SH)	甲苯-甲基环己烷	有机液态储氢/脱氢装置，储氢加氢一体化装置
南通久格	甲苯-甲基环己烷	有机液态储氢材料，储氢/脱氢装置。
青岛海望	乙基咪唑	有机液态储氢装置，加氢装置和解决方案。
陕西氢易能源	芳杂环化合物	有机液态储氢材料，配套催化剂，储氢/脱氢装置
陕西御氢氢能源	-	有机液态储氢装置
中船七一二所	-	车载有机液氢供氢装置、加氢装置

资料来源：武汉氢阳能源、南通久格、青岛海望、氢易能源、陕西御氢、中船七一二所官网，金宏气体，中国化学公告，专利之星，国信证券经济研究所整理

## 第四章 总结

- 低温液态储氢和有机液态储氢均具备储氢容量大，储运安全等特点，是大规模长距离氢储运的理想方案，目前产业化持续推进中。
- 低温液氢产业链相关企业：蜀道装备、冰轮环境、杭氧股份、雪人股份、中泰股份、厚普股份、富瑞特装、致远新能，京城股份，航天晨光，鸿达兴业，嘉化能源，中集安瑞科，国富氢能，中科富海，未势能源，丰电金凯威等。
- 有机液态储氢产业链相关企业：金宏气体、中国化学、武汉氢阳能源、陕西氢易能源、陕西御氢等。

表14：相关公司盈利预测及估值（2023.7.28）

股票代码	股票简称	投资评级	总市值 (亿元)	最新股价 (元)	EPS			PE		
					2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E
300540.SZ	蜀道装备	未评级	39.7	24.7	-0.16	0.35	0.52	-154.4	70.6	47.5
000811.SZ	冰轮环境	未评级	127.2	17.05	0.57	0.88	1.09	29.9	19.4	15.6
002639.SZ	雪人股份	未评级	62.2	8.05	-	-	-	-	-	-
300435.SZ	中泰股份	未评级	55.3	14.49	0.73	0.98	1.25	19.8	14.8	11.6
300471.SZ	厚普股份	未评级	55.6	14.41	-	-	-	-	-	-
300228.SZ	富瑞特装	未评级	35.6	6.19	-	-	-	-	-	-
300985.SZ	致远新能	未评级	32.7	24.54	-	-	-	-	-	-
600860.SH	京城股份	未评级	67.7	12.48	-	-	-	-	-	-
600501.SH	航天晨光	未评级	64.1	14.85	-	-	-	-	-	-
002002.SZ	鸿达兴业	未评级	75.6	2.42	-	-	-	-	-	-
600273.SH	嘉化能源	未评级	138.1	9.85	1.14	1.28	1.35	8.6	7.7	7.3
03899.HK	中集安瑞科	未评级	150.7	7.43	0.52	0.61	0.71	14.3	12.2	10.5

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理与测算，注：业绩预测均为Wind一致预期

# 风险提示

---

- 1、全球氢能政策推进不及预期；
- 2、液氢产业化推进不及预期；
- 3、关键材料和装备国产化进程不达预期；

国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

## 分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

## 重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所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或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

## 证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



**国信证券**

GUOSEN SECURITIES

## 国信证券经济研究所

---

### 深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

### 上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

### 北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032