

氢能专题研究之二：固态储氢 新兴技术优势凸显，从零到一前景广阔

行业研究·深度报告
电力设备新能源·氢能
投资评级：超配

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

氢的储运是当前我国氢能行业大规模发展的痛点，固态储氢优势凸显。储氢的技术有很多种，如液态储氢、气态储氢、固态储氢等，其中固态储氢的优势：

1) 相比高压气态储氢、液态储氢方式，固态储氢的体积储氢密度非常高，液氢体积密度为70.6kg/m³，固态储氢在90-110kg/m³之间；2) 固态储氢能够在常温常压下储存，使用方便，安全性更好。目前主流固态储氢技术路线为金属氢化物，通过加热/放热实现金属放氢/吸氢，从而形成金属储氢，目前金属氢化物材料主要包含包括镁系、钛系、钒系、稀土系及复合储氢合金等。

政策推动氢能产业高质量发展。从全球氢燃料电池汽车保有量来看，近几年已实现快速增长，由2019年的2.4万辆增长至2022年底6.75万辆，CAGR41%；我国2022年底氢燃料电池汽车保有量为1.23万辆，数量占全球比例约18.2%。目前，我国各省市已陆续出台氢能产业发展政策以规划产业高质量发展，二十省规划2025年氢燃料电池汽车保有量合计将超过十万辆、加氢站保有量合计超过1300座，二十省至2025年氢能产业规模合计将突破万亿大关。

固态储氢技术应用前景广阔。1) **车载储氢环节**，伴随氢燃料电池汽车的推广和车载固体储氢系统成本下降，固态储氢系统市场空间将会打开，我们预计车载固态储氢瓶2030年市场规模突破百亿元；2) **加氢站环节**，固态储氢相较于高压气态和液态储氢不需要压缩机或液化装置即可完成充氢，在加氢站建设成本上较低，具备较好的经济性，我们估计当前固态储氢加氢站整体成本约为800万元，我们预计2022-2026年固态储氢加氢站建设累计新增投资约将增加14.3亿元，至2025/2026年新增投资额分别为4.5/5.3亿元；3) **其他领域：如分布式供能，通信基站的备用电源，电力调峰电站等**，氢储能的存储规模更大，存储时间更长可以满足长周期、大容量储能要求，同时固态储氢安全性强，运输灵活性高，在长时储能领域有广泛应用空间。

产业链相关公司：厚普股份、东方电气、圣元环保、厦钨新能、鸿达兴业、科新机电、九号公司、永安行、美锦能源、雄韬股份、横店东磁、云海金属。

风险提示

- 1、国家宏观氢能规划政策出台的时间和 development 规模不达预期；
- 2、关键材料和装备国产化进程不达预期；
- 3、海外专利保护纠纷。

【 01 】 固态储氢技术基本介绍

【 02 】 固态储氢市场分析

【 03 】 固态储氢发展现状

第一章：固态储氢技术基本介绍

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

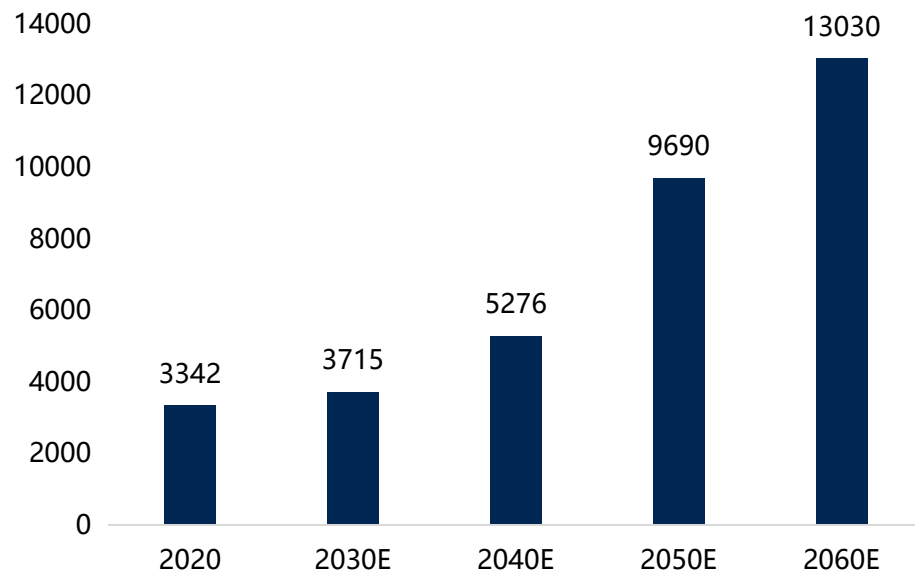
利用氢气的高还原性，代替焦炭作为高炉还原剂，以避免钢铁生产中的碳排放



资料来源：国鸿氢能，国信证券经济研究所整理

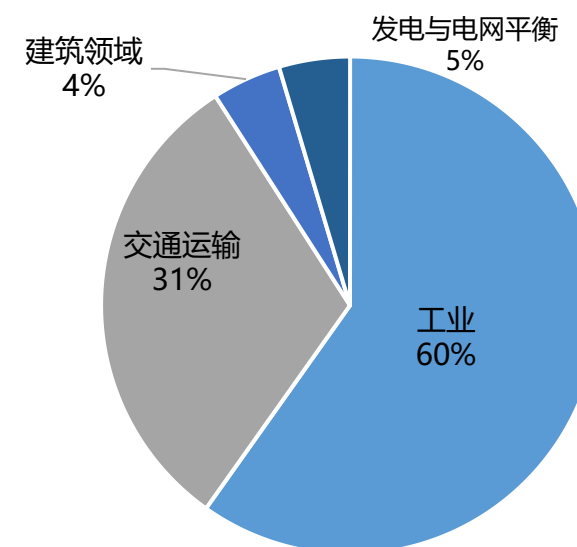
根据中国氢能联盟的预测，在2030年碳达峰愿景下，我国氢气的年需求量预期达到3,715万吨，在终端能源消费中占比约为5%；可再生氢产量约为500万吨，部署电解槽装机约80GW。在2060年碳中和愿景下，我国氢气的年需求量将增至1.3亿吨左右，在终端能源消费中占比约为20%。其中，工业领域用氢占比仍然最大，约7,794万吨，占氢总需求量60%；交通运输领域用氢4,051万吨，建筑领域用氢585万吨，发电与电网平衡用氢600万吨。

图2：我国氢能年产量以及未来预期（万吨）



数据来源：中国氢能联盟，国信证券经济研究所整理及预测

图3：2060年我国氢能各领域用量展望



数据来源：中国氢能联盟，国信证券经济研究所整理

图4：氢能产业链概览



资料来源：亿华通，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




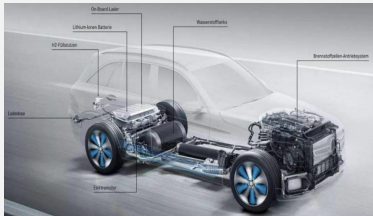
- **高压气态储氢技术成熟，应用广泛。**目前高压气态储氢技术主要应用在运输领域，加氢站和燃料电池车上均应用高压储氢瓶作为储氢装置。
- **加氢站**通常使用纯钢制造的I型瓶和II型瓶（钢制内胆，纤维环向缠绕），工作压力在17.5-30MPa，体积较大。加氢站配置250kg的储氢装置成本约为170-200万元以上，折合单位储氢价格约为6000-8000元/公斤。
- **车载储氢瓶**主要分III型瓶和IV型瓶两种。III型瓶压强为35MPa，内胆采用铝合金/钢，包裹材料为碳纤维或者混合碳/玻璃纤维复合材料。IV型瓶压强为70MPa，内胆采用聚合物（一般包括尼龙，高密度聚乙烯（HDPE），PET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5：高压气态储氢示例



资料来源：海珀尔氢能，丰田官网

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	 全金属 钢或铝	 钢或铝衬里 复合材料 环向缠绕	 钢或铝衬里 复合材料 全缠绕	 聚合物衬里 复合材料 全缠绕
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	 加氢站 等固定式储氢		 燃料电池汽车	

资料来源：国富氢能招股书，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°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。
- 液氢槽罐车价格为350万/台，可储存4300公斤液氢，液化过程耗电约为15KWh/kg。
- 2021年月，清华联手北汽福田的全球首辆35吨级、49吨级分布式驱动液氢燃料电池重型商用车成功问世，顺利通过综合测试。2021年2月，上海重塑、佛燃能源、国富氢能、泰极动力签署协议在佛山合作推进“液氢储氢加氢站项目”。

图6：低温液态储氢示例



资料来源：中集安瑞科、搜狐财经

储氢——气、液、固三种方式

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，加氢站从成本低。

✖ **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7：固态储氢示例



资料来源：九号公司，新氢动力，永安行官网，有研工研院官网，中国工程院

固态储氢技术路线主要可分为金属氢化物，配位氢化物，碳材料，金属有机骨架材料（MOFs）和水合物储氢等。

- **金属氢化物为固态储氢主流技术路线**，涉及材料包括镁系、钛系、钒系、稀土系及复合储氢合金等；其中镁系合金储氢容量大（最高可达7.6%），但放氢温度高，通常需要300℃；钛系、钒系、稀土系储氢合金储氢容量为1.4%-2.4%不等，放氢温度明显较镁系合金低。
- 配位氢化物路线需要碱金属（锂、钠、钾等）或碱土金属（镁、钙等）或第三主族元素（铝、硼等）。
- 碳材料路线需要活性炭、碳纳米纤维、碳纳米管等材料。

图8：常见储氢材料结构示意图

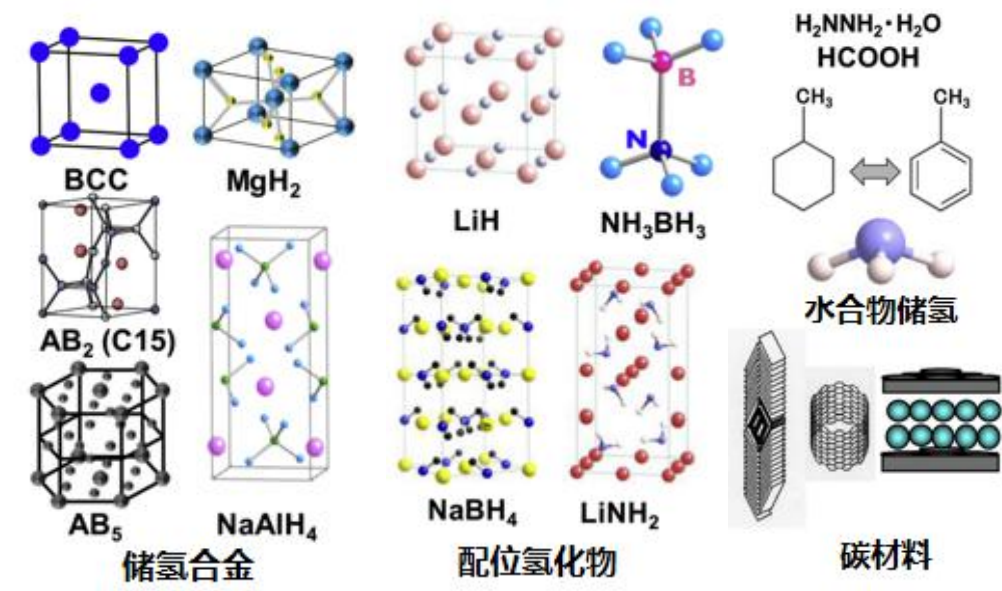


表2：不同金属氢化物相关性能对比

分类	金属氢化物	储氢容量 (wt%)	放氢温度 (℃)
镁系储氢合金	MgH ₂	7.6	>300
	Mg ₂ NiH ₄	3.59	>280
	Mg ₂ FeH ₆	5.5	>300
钛系储氢合金	FeTiH ₂	1.89	>30
钒系储氢合金	V _{0.7} Ti _{0.1} Cr _{0.2}	2.4	>20
稀土系储氢合金	LaNi ₅ H ₆	1.4	>100
	MgH ₂ -LiAlH ₄	9.4	>250
复合储氢合金	MgH ₂ -NaAlH ₄	7.6	>175
	MgH ₂ -LiBH ₄	11.4	>350

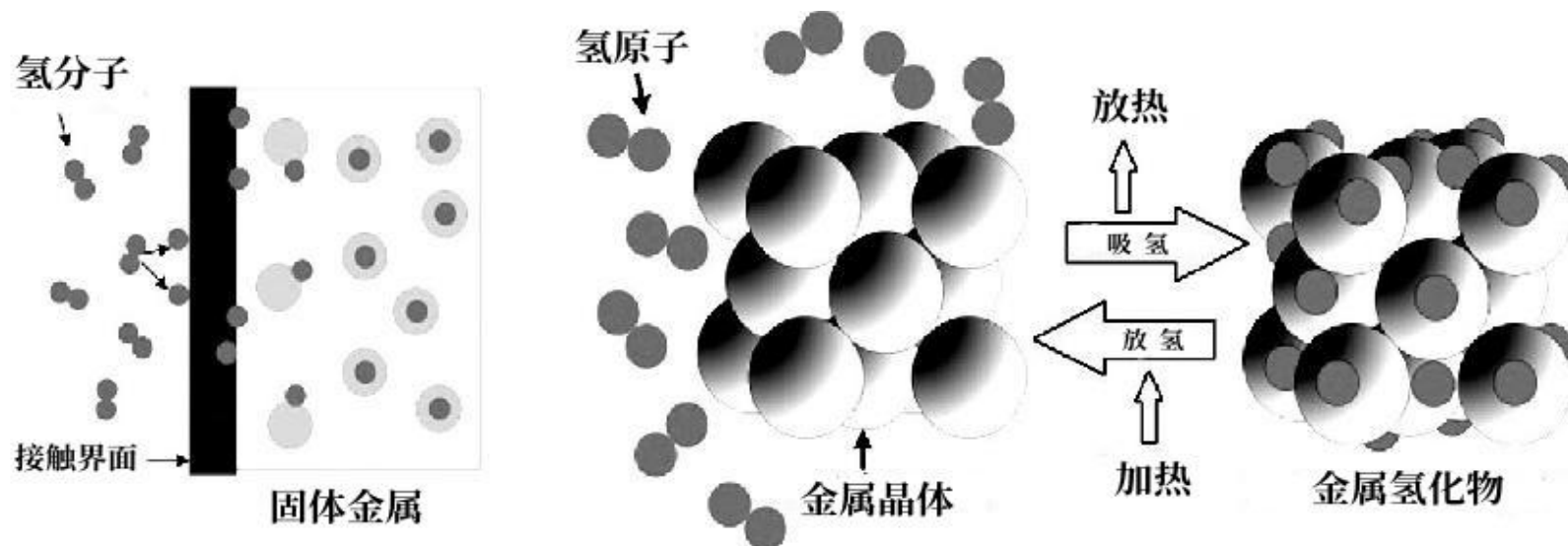
资料来源：ARIEMA Energía y Medioambiente S.L.，国信证券经济研究所整理

资料来源：Muhammad R. Usman 《Hydrogen storage methods: Review and current status》，Sanjay Kumar 《Development of vanadium based hydrogen storage material: A review》，国信证券经济研究所整理

金属储氢材料通过金属氢化物的形式来将氢气储存在合金中。吸氢过程中，合金储氢材料在一定的温度和氢气压力下，发生放热反应吸收氢气生成金属氢化物；放氢过程中，金属氢化物在加热的情况下发生吸热反应释放所吸收的氢气。

微观机理：氢分子首先吸附在金属表面，随着氢键断裂而解离成氢原子，氢原子通过内部扩散进入金属原子的间隙形成金属固溶体，之后固溶体中的氢原子进一步向金属内部扩散，达到固溶转化为化学吸附的活化能后从而形成氢化物。

图9：金属氢化物吸放氢基本元力



资料来源：马通祥,高雷章等《固体储氢材料研究进展》，国信证券经济研究所整理

储氢运氢——气、液、固三种方式比较

表3：不同氢储运方式比较

储氢技术	气态储运氢		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	镁基合金固态储运 氢
储氢质量分数 (%)	<2	-	>5.7	3.0	5.5	1.5	1.8	<7.6
体积储氢密度 (kg/立方米)	<23	0.09	70	23.5	40	104	96	94-110
运输方式	特种长管束拖车	管道运输	专用特种槽车	-	-	-	-	根据规模选择固态储 氢车
装载量 (KG/车)	250-460	-	360-4300	-	-	-	-	目前单车最大1200
温度 (摄氏度)	20	0		20	20	20	20	205-290
应用情况	广泛用于商品氢气的运 输	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	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，2023年4 月国内将推出第一代 镁基固态储运氢车
优势	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	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	体积储氢密度低，单车 装载量有限，不适用长 距离运输	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	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 合金固态储能在需要 较高温度下进行。

数据来源：全球氢能，DT新能源，中国工程院，国信证券经济研究所整理

储氢运氢——三种形式的结合应用前景

- 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）。
- 固态储氢车与液氢槽罐车运氢成本对距离不敏感，当加氢站距离氢源点50-600km时，运输价格约在10-13元/kg范围内，成本变动与储运氢过程中耗电费用，载氢量有关，在长距离运输下，固态储氢车与液氢罐车都具备成本优势。
- 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10：不同输氢方式在不同运输距离下的成本对比（元/kg）

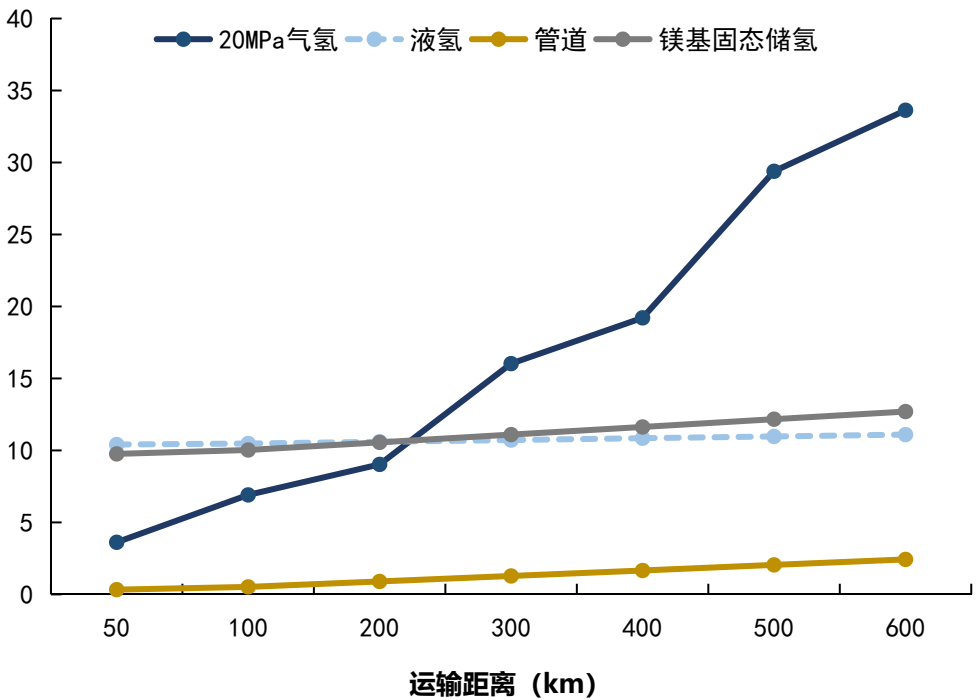


表4：测算假设

气氢	长管拖车价格	100万/台
	满载时氢气质量 (20MPa)	430kg
	折旧年限	10年
	压缩过程耗电	1kWh/kg
液氢	槽罐车价格	350万/台
	满载时氢气质量	4300kg
	折旧年限	10年
	液化过程耗电	15kWh/kg
管道	建设成本	617万/km
	输氢能力	10.04万吨/年
	折旧年限	20年
	压缩过程耗电	0.2kWh/kg
固态储氢	运输车价格	800万/台
	满载时氢气质量	1000kg
	折旧年限	10年
	固态储氢过程耗电	6kwh/kg

数据来源：《氢能供应链成本分析及建议》，国信证券经济研究所测算；注：长管拖车、液氢槽罐车或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。

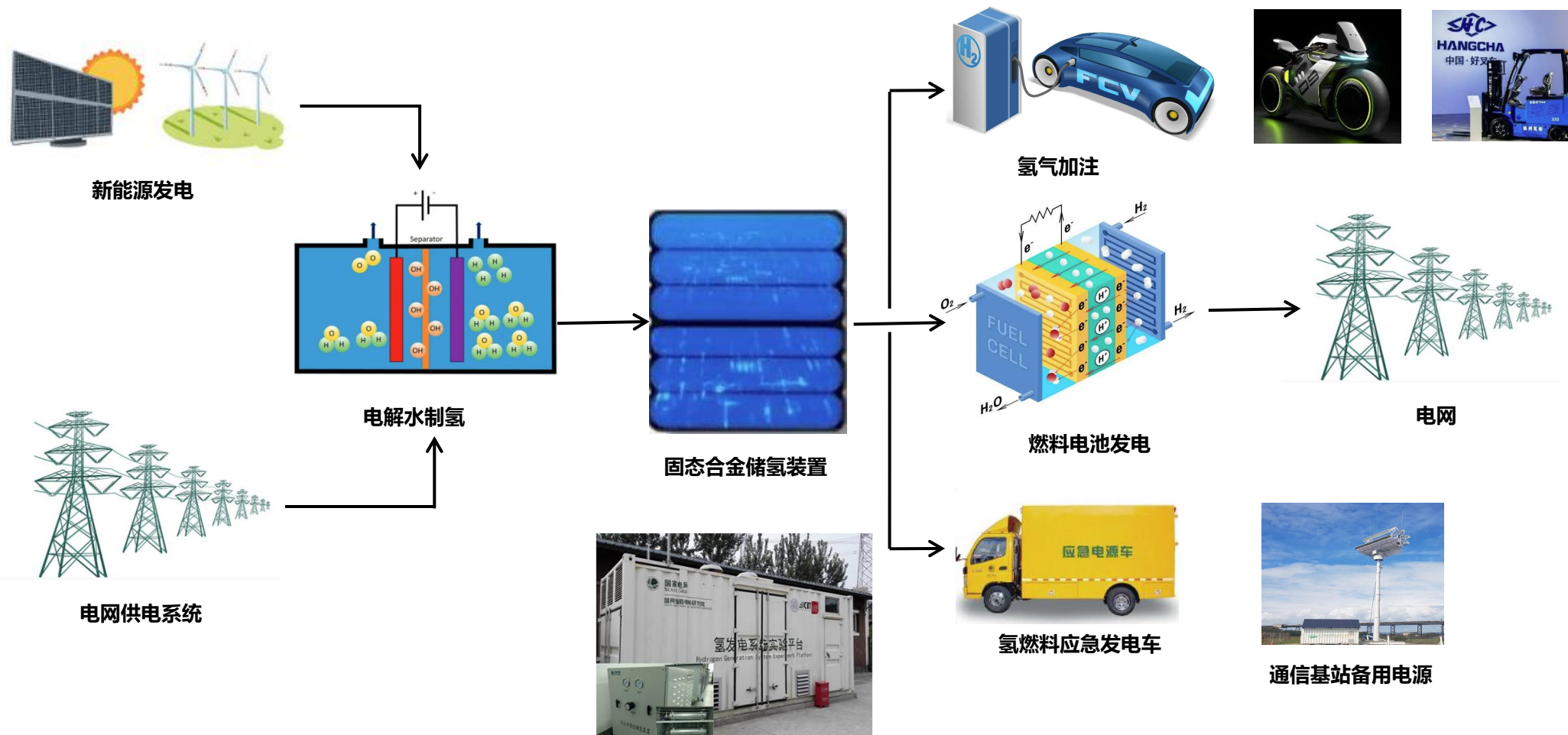
第二章：固态储氢市场分析

固态储氢技术拥有广阔的应用前景

对于不同的储氢方式，都有不同的适合场景。固态储氢适用的场景有：

- ✓ **工程车载应用：**1) 叉车对重量不敏感，固态储氢较为合适。相比高压储气罐，固态储氢能够储存两倍以上氢气，续航时间翻倍，叉车加氢一次工作可以连续工作一整天。2) 固态储氢可以用于港区、煤矿井下进行短途运输的物流车，这种场景下用高压气罐有安全风险，用固态储氢更合适。3) 地铁施工中的机械施工车辆也适合使用固态储氢装置，这些列车建站很小很少，但对体积和重量的承受力强一些。4) 固定路线的重卡、环卫车等等也非常适合。
- ✓ **乘用车载应用：**目前燃料电池乘用车主要是高压储氢，主流车型采用三个罐，一横两竖的摆放方式，比较占用空间，如果使用固态储氢装置，可以与底盘进行一体式设计，类似电动车，空间利用率会大大提高，同时汽车的重心会降低，汽车的阻力降低，能效提高；同时固态储氢安全性更好，车辆可以放心进入地下车库停放。目前存在的问题是需要提高质量储氢密度到2%以上，并且降低制造成本。
- ✓ **通信基站的备用电源：**例如我国2008年汶川地震后，一些单位开发了燃料电池和固态储氢装置组成的备用电源，一次能够供给通信基站运行17个小时左右。
- ✓ **分布式供能：**固态储氢装置可以和光伏或风电配套使用。因为固态储氢需要的氢气压力低，光伏电解水制取的氢气可以直接存储在固态储氢装置中。固态储氢装置平时常温常压储存，使用时跟燃料电池配套使用，燃料电池余热可以放氢时使用，固态储氢装置可以作为换热系统的一部分。近年来更大规模的分布式储能，广州南沙和云南昆明的分布式供能，一方面可以直接跟燃料电池热电联供结合使用，另一方面可以把氢气增压后给氢能汽车加氢，形成**综合能源站**。
- ✓ **绿氢和化工相结合：**化工需要持续的氢气供给，单独的光伏制氢因为具有间歇性，因此不合适独立运行。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。
- ✓ **电力调峰电站：**固态储氢和200MW以上的燃料电池配套，可用作调峰电站，能够供电4、5个小时以上。这种电站储氢量很大，例如我国张家口的新能源基地，设计单日放氢量可达到50吨以上，这种应用非常适合固态储氢。按照一周以上的储存时间估算，固态储氢单位造价可低至1.0元/wh，略低于当前锂电池的系统价格1.1-1.2元/wh的水平，但相对于锂电池系统，固态储氢系统的长时储能在安全性方面的优点更为明显。
- ✓ **应急电源：**应用于数据中心、医院、社区等工商业。

图11：固态储氢应用场景示意图



固态储氢罐产品介绍

- 与高压气态储氢方式相比，固态储氢罐具有安全可靠的优势，对设备要求较低。目前主流的固态储氢罐主要由固态储氢材料、不锈钢/铝制壳体、气管通道、过滤器、散热鳍片、阀门和加热/散热管道组成。因固态储氢罐压力一般低于5MPa，故不需要成本较高的高压阀门。
- 固态储氢罐成本主要受规模、壳体材料、储氢合金等因素影响，各家工艺有所不同，成本差异较大。根据有研工研院资料显示，目前固态储氢装置成本约为8000元/kg H₂，而麟萧科技生产的金属氢化物固态储氢罐成本约为1200元/L。当前固态储氢装置处于早期示范阶段，未来随着产线规模的扩大和自动化程度的提高，制造成本有望大幅降低。同时，失效储氢罐中的储氢材料可以实现回收，进一步压缩制造成本。

图12：固态储氢罐结构

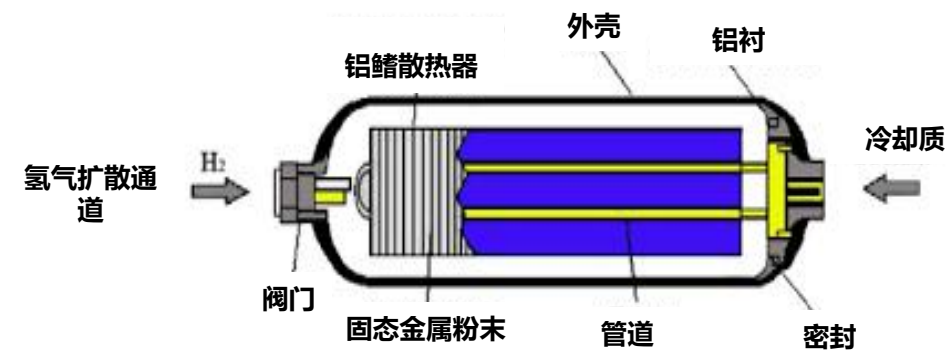


表5：固态储氢罐产品指标

项目	指标
材料	不锈钢、铝合金
工作压力	低压（0.1-0.7MPa，充氢压力≤0.7MPa）、中压（工作压力0.1-1.5MPa，充氢压力≤1.5MPa）、高压（工作压力0.1-3MPa，充氢压力≤3MPa）
产品容量比(kg/L)	0.008-0.03
使用寿命(年)/循环次数	2000次，容量保持90%以上
放氢速度(L/min)	0.5-200
成本	1200元/L，8000元/kg H ₂
使用场景	便携式氢仪器（氢原子钟）、便携燃料电池 燃料电池两轮车、叉车、冷链物流车、场地车 燃料电池备用电源 氢气运输 氢气储能
固态储氢罐生产企业	浩运金能、有研工研院、华硕能源、安泰创明、永安行、氢枫能源、麟萧科技、华硕能源

资料来源：DT新能源，国信证券经济研究所整理

资料来源：浩运金能科技官网，麟萧科技，全球氢能，国信证券经济研究所整理

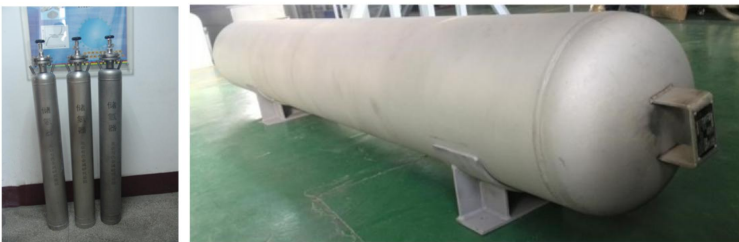
- 有研工研院开发的一系列固态储氢罐产品涵盖便携式、大容量、固定式等多种规格，容量覆盖0.1-1000Nm³，处于行业领先地位。浩运金能固态储氢罐产品可实现快速大容量吸放氢，且工作压力低于3MPa，为多种应用场景提供便利。目前国内生产固态储氢罐的企业有浩运金能、有研工研院、华硕能源、安泰创明、永安行、氢枫能源、麟萧科技和华硕能源。
- 目前主流固态储氢罐生产企业均有具备商业化潜能的产品面市。浩运金能开发的储氢罐容量最高可达800L，同时具备超过200L/min的快速大流量放氢性能。有研工研院开发的固态储罐已应用在与云浮飞驰、佳华利道等合作项目的冷链物流车、大巴车上。安泰创明开发的固态储氢瓶应用于两轮车上，续航可达80km；氢枫能源开发的镁合金固态储氢运输车上搭载14个储氢罐，可以实现1.2吨的氢气运载量。永安行固态低压储氢瓶生产线已实现规模化生产。

图13：有研工研院固态储氢罐产品

便携式固态储氢罐 10-1000 L



大容量固态储氢罐 10-100 Nm³



备用电源固态储氢装置



分布式发电系统固态储氢装置 10-1000 Nm³



10-100 Nm³

资料来源：有研工研院官网，国信证券经济研究所整理

表6：国内主要固态储氢罐生产企业介绍

项目	指标
浩运金能	公司开发的固态储氢罐储氢容量30-800L，可实现≥200L/min的快速大流量放氢性能。
有研工研院	公司具备年产2万立方储氢装置的生产能力，产品范围覆盖便携式固态储罐、大容量固态储罐、备用电源固态储氢装置、分布式发电固态储氢装置等。
安泰创明	公司储氢合金材料示范线已投产，年产能500吨。公司开发固态储氢瓶，可用于两轮车（续航80km）、外卖车和共享车（续航120km）。
氢枫能源	公司镁合金高密度储氢技术产业化项目的首条生产线已投产，规划共6条生产线，全部达产后，可年产镁基固态储氢设备约720套。 公司开发出镁合金固态储氢运输车，车内包含14个储氢罐，总储氢量高达1.2吨。
永安行	公司低压固态储氢瓶已用于氢能自行车，公司燃料电池生产线及固态低压储氢瓶生产线均为自行研发并实现规模化生产。
麟萧科技	公司开发的钛铁系固态储氢罐已用于电动踏板车，续航120km。固态储氢罐寿命可达20年，材料可回收循环使用。
华硕能源	公司产品包含0.01-20kg各种容量的固态储氢装备。

资料来源：有研工研院、浩运金能、安泰创明、氢枫能源、永安行官网，国信证券经济研究所整理

表7：各国氢能生产与应用规划

	2020	2025	2030	2035	2050
中国	<ul style="list-style-type: none"> 氢气产量3342万吨 	<ul style="list-style-type: none"> 电解槽装机规模10GW左右 工业副产氢提纯为主，绿氢试点运营 高压气氢运输为主 	<ul style="list-style-type: none"> 全国氢气产量3715万吨 电解槽装机>35GW 	<ul style="list-style-type: none"> 2040年氢气产量5276万吨 2040年电解槽装机>200GW 低碳排放制氢； 液氢运输作为主动脉；高压气态储运作为毛细血管 	<ul style="list-style-type: none"> 氢气产量9690万吨 电解槽装机>500GW 零碳排放制氢 固定式发电装置产能2万台套/年，燃料电池系统产能550万台套/年
欧盟	<ul style="list-style-type: none"> 年产氢气980万吨； 电解槽1GW，绿氢占比1.4%； 	<ul style="list-style-type: none"> 电解槽6GW，年产绿氢100万吨 	<ul style="list-style-type: none"> 电解槽40GW，年产绿氢1000万吨；过剩可再生能源大规模制氢； 全部氢能生产中1/3为超低碳制氢； 大规模氢气发电示范项目 		<ul style="list-style-type: none"> 可再生制氢装机大规模部署； 占能源需求的1/4
美国			<ul style="list-style-type: none"> 电解槽成本300美元/kW；运行寿命8万小时，转换效率65%。 氢输配成本2美元/kg 		<ul style="list-style-type: none"> 占能源需求的14%；
日本	<ul style="list-style-type: none"> 4000吨氢气 	<ul style="list-style-type: none"> 低压、高压发电成本分别为25日元/kWh，17日元/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> 30万吨氢气； 制氢成本3美元/kg 发电成本17日元/kWh 		<ul style="list-style-type: none"> 500-1000万吨氢气； 成本2美元/kg 发电成本12日元/kWh

资料来源：《欧盟氢能战略》，美国《氢能计划发展规划》、日本《氢能利用进度表》《氢能基本战略》，《中国氢能产业发展报告2020》，国信证券经济研究所整理

全球主要经济体氢能产业规划汇总——应用端



表8：各国氢能生产与应用规划

	2020	2025	2030	2035	2050
中国	<ul style="list-style-type: none">投运和在建加氢站130座以上；氢燃料电池汽车投运3712辆	<ul style="list-style-type: none">燃料电池汽车保有量10万辆：客车渗透率5%，物流车渗透率<5% 重卡渗透率0.2% 乘用车渗透率<1%	客车、物流车、重卡等车型取得全生命周期经济性	<ul style="list-style-type: none">加氢站数量2000座；终端年销售价格30元/kg；燃料电池汽车保有量100万辆：客车渗透率25% 物流车渗透率>5% 重卡渗透率15% 乘用车渗透率2%	<ul style="list-style-type: none">加氢站数量12000座；终端年销售价格20元/kg；燃料电池车保有量3000万辆：客车渗透率40% 物流车渗透率10% 重卡渗透率75% 乘用车渗透率12%
欧盟		<ul style="list-style-type: none">从化工扩展到其他领域	<ul style="list-style-type: none">370万辆乘用车；50万辆轻型商用车；4.5万辆卡车和公共汽车，570万辆列车（替代柴油列车）7%替代建筑用天然气，200万户供暖氢气炼铁大规模可行性测试	<ul style="list-style-type: none">32%替代建筑用天然气，1000万户供暖	<ul style="list-style-type: none">年用5600万吨；工业领域全面氢能替代。
美国	<ul style="list-style-type: none">燃料电池装机382MW燃料电池乘用车累计销量8413辆燃料电池叉车3万辆燃料电池大巴42辆在运加氢站42座，在建18座，年底100座	<ul style="list-style-type: none">加氢站200座	<ul style="list-style-type: none">加氢站1000座车载储氢系统一定标准下达到8美元/千瓦时；储氢罐用高强度碳纤维成本13美元/kg电力与工业用氢成本1美元/kg交通部门用氢成本2美元/kg重卡用质子交换膜燃料电池系统80美元/kW。		
日本	<ul style="list-style-type: none">燃料电池装机245MW家用燃料电池发电/供暖装置140万户建设加氢站160座燃料电池乘用车3500辆燃料电池公交车100辆燃料电池叉车50辆	<ul style="list-style-type: none">加氢站320座；燃料电池轿车20万辆，与混动价格相当；氢燃料电池公交车价格减半至0.525亿日元/辆（约合345万元）	<ul style="list-style-type: none">家用燃料电池发电/供暖装置530万户；建设加氢站900座燃料电池汽车保有量80万辆燃料电池公交车1200辆燃料电池叉车500辆	<ul style="list-style-type: none">燃料电池汽车1200万辆燃料电池叉车1万辆	<ul style="list-style-type: none">替代居民能源系统；全面替代加油站全面替代传统交通系统
韩国	<ul style="list-style-type: none">燃料电池装机408MW，全球占比40%投运加氢站34座	<ul style="list-style-type: none">22年建设运营100座加氢站			<ul style="list-style-type: none">2040年氢燃料电池累计620万辆加氢站1200个；

资料来源：《欧盟氢能战略》，美国《氢能计划发展规划》、日本《氢能利用进度表》《氢能基本战略》，《中国氢能产业发展报告2020》国信证券经济研究所整理

政策：多部门支持氢能产业发展

- 继2019年3月氢能首次写入政府工作报告后，国务院、国家发改委、国家能源局等多部门陆续印发了支持、规范氢能源行业的发展政策，主要包括氢能发展技术路线、氢能基础设施建设、燃料电池汽车发展等内容。

图14：氢能产业发展政策梳理

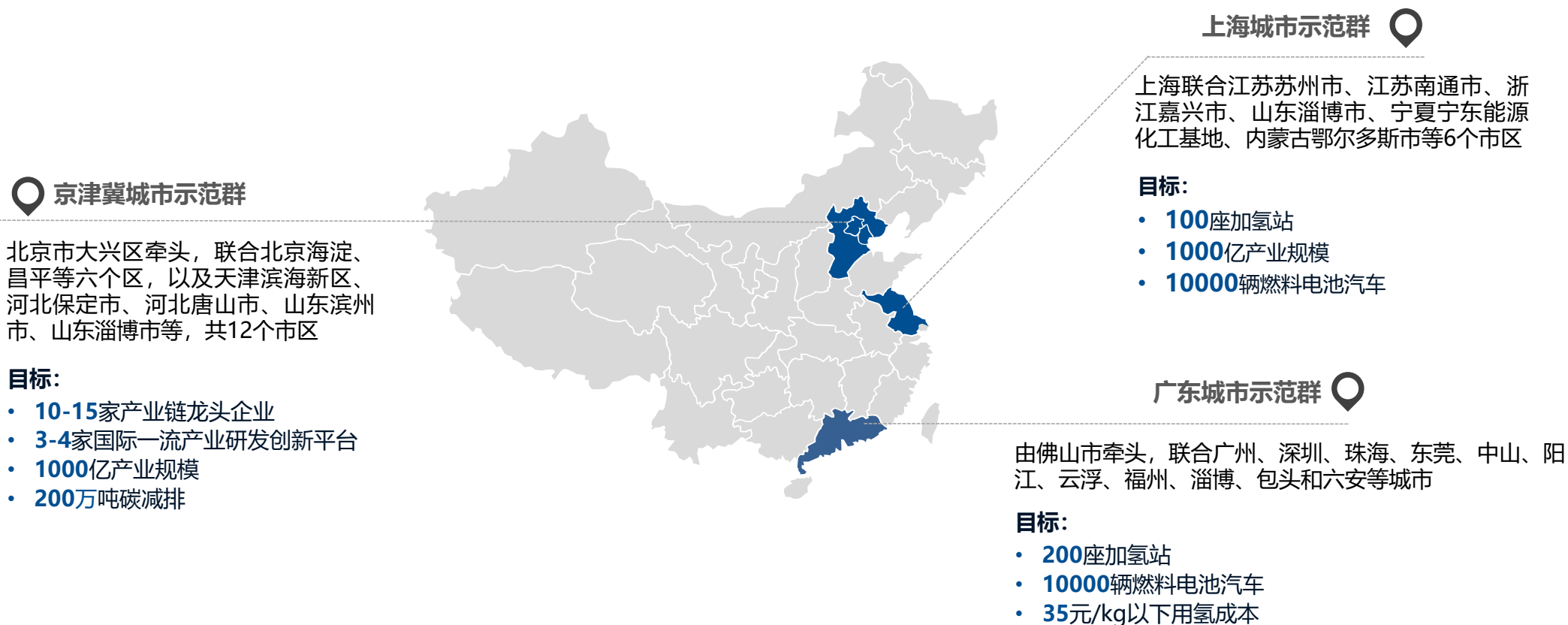


资料来源：中国政府网、各部委官方网站，国信证券经济研究所整理

三大氢燃料电池“示范城市群”落地，推动氢能跨区域发展

2021年8月，财政部、工业和信息化部、科技部、国家发展改革委和国家能源局《关于启动燃料电池汽车示范应用工作的通知》正式印发，宣告京津冀、上海、广东成为国内三大氢燃料电池汽车示范城市群，示范期为四年。国家将采取“以奖代补”的方式，按照示范城市群任务目标完成情况给予奖励。“示范城市群”的落地，将加快燃料电池关键核心技术自主化与产业化进程，有助于探索氢能商业化模式和燃料电池产业政策的建立，推动氢能跨省跨区域协同发展。

图15：三大氢燃料电池汽车城市示范群任务目标



多省市发布氢能产业建设目标

全国已有20个省份公开发布到2025年的氢能规划，从我国各省市出台政策来看，二十省规划2025年氢燃料电池汽车保有量合计将超过十万辆、加氢站保有量合计超过1300座，二十省至2025年氢能产业规模合计将突破万亿大关。

表9：各省份2025年氢能源产业发展目标

省市	规划年份	产业规模	企业数量	推广/应用燃料电池汽车 (辆)	加氢站
北京	2025年	1000亿元	10-15家龙头企业	10370	74
山东	2025年	1000亿元	10家知名企业	10000	100
河北	2025年	500亿元	10-15家领先企业	10000	100
河南	2025年	1000亿元	-	5000	50
重庆	2025年	-	15家相关企业	1500	30
四川	2025年	-	25家领先企业	6000	60
浙江	2025年	-	-	5000	50
上海	2025年	1000亿元	5-10家具有国际影响力的独角兽企业	10000	70
江苏	2025年	-	-	4000	100
广东	2025年	1000亿元	-	10000	300
内蒙古	2025年	1000亿元 (氢燃料电池汽车)	10-15家龙头企业	5000	60
宁夏	2025年	-	一批相关企业	500	10
安徽	2025年	500亿元	-	3000	30
湖南	2025年	-	-	500	10
辽宁	2025年	600亿元	-	2000	30
山西	2025年	-	-	10000	100
陕西	2025年	1000	-	10000	100
贵州	2025年	-	-	1000	15
福建	2025年	500	-	4000	40
吉林	2025年	100	-	500	10

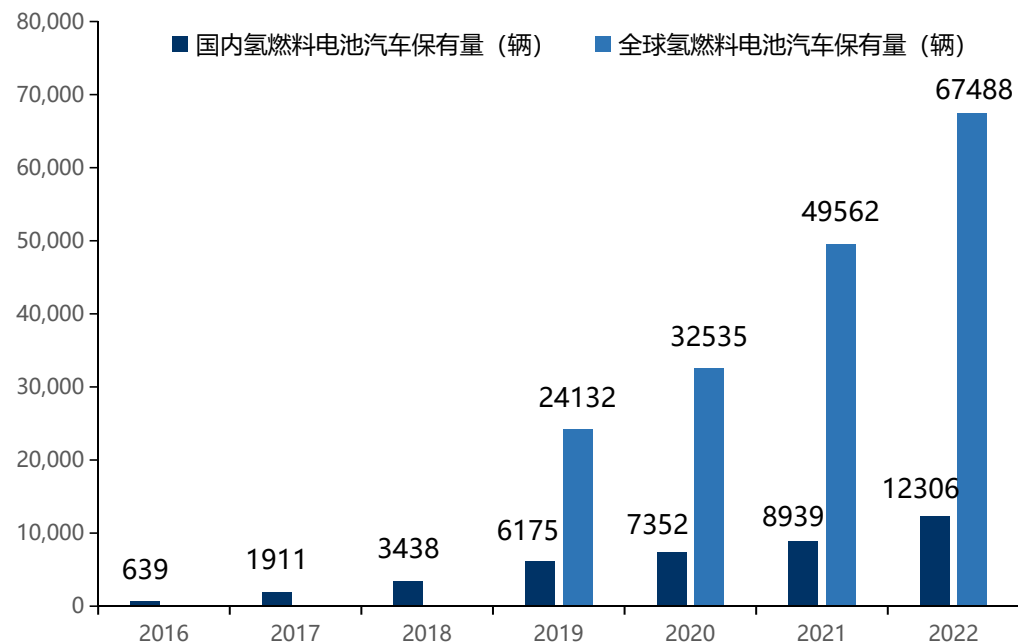


- 十四五期间20省规划建设加氢站超过**1300座**。
- 氢燃料电池车保有量超过**10万辆**。

资料来源：各省氢能中长期发展规划政策文件、各省政府网站，国信证券经济研究所整理

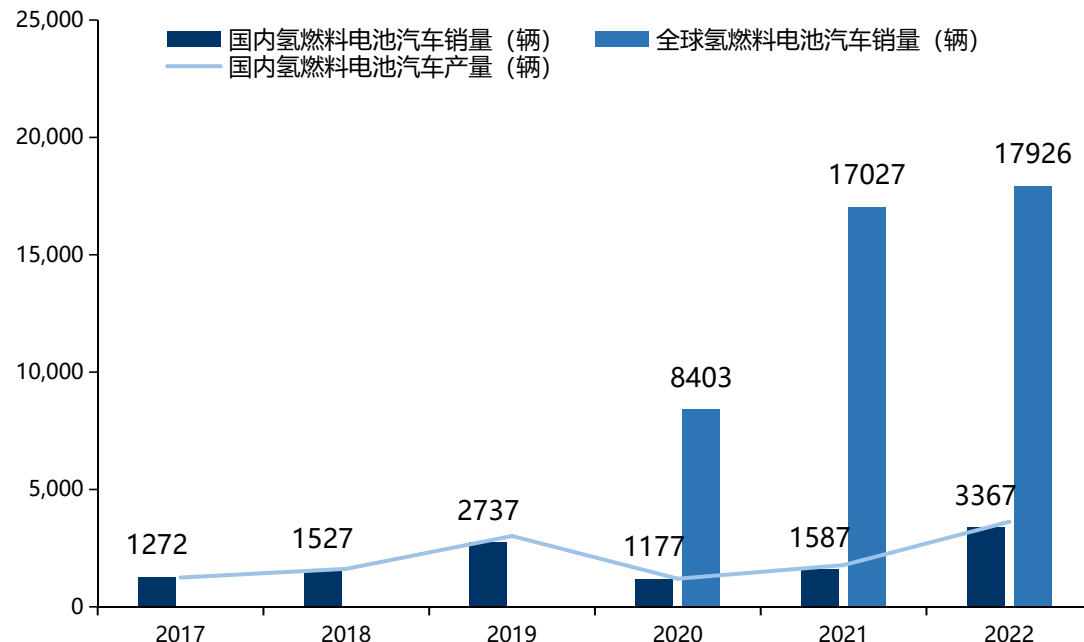
- 从全球氢燃料电池汽车保有量来看，近几年实现快速增长，由2019年的2.4万辆增长至2022年底6.75万辆，CAGR41%；从我国情况来看，至2022年底国内氢燃料电池汽车保有量达到1.23万辆，数量占全球比例约18.2%。
- 从全球氢燃料电池汽车销量来看，2022全年实现销量17926辆，其中我国实现销量3367辆，占比18.8%，随着燃料电池系统生产规模化与燃料电池电堆核心零部件国产化推动成本下降，在2025年燃料电池汽车保有量达超10万辆政策指引下，我们预计未来几年我国氢燃料电池汽车产销量迅速上升。

图16：国内及全球氢燃料电池汽车保有量（辆）



资料来源：高工产业研究院，香橙会氢能数据库，中国汽车工业协会，国信证券经济研究所整理

图17：全球氢燃料电池汽车销量及国内氢燃料电池汽车产销量（辆）

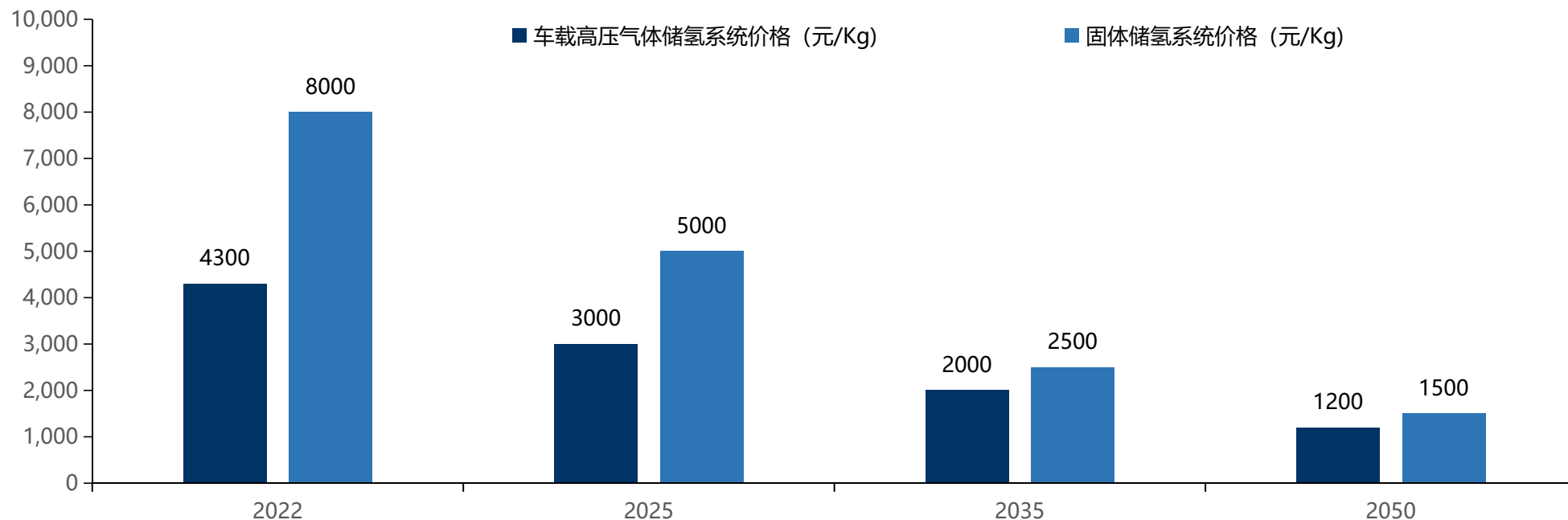


资料来源：高工产业研究院，香橙会氢能数据库，中国汽车工业协会，国信证券经济研究所整理

储氢系统成本下降空间大

当前我们估计车载高压气体储氢系统价格约为4300元/kg，固态储氢系统价格约为8000元/Kg，参照《中国氢能产业发展报告2020》中提出的未来储氢系统成本下降趋势，伴随着储氢系统中关键零部件国产化，储氢系统容量提升以及系统使用寿命提升，储氢系统成本将不断下降，我们预计未来国内储氢系统价格下降空间较大且固态储氢系统价格下降幅度将高于车载高压气体储氢系统。

图18：储氢系统成本下降空间大

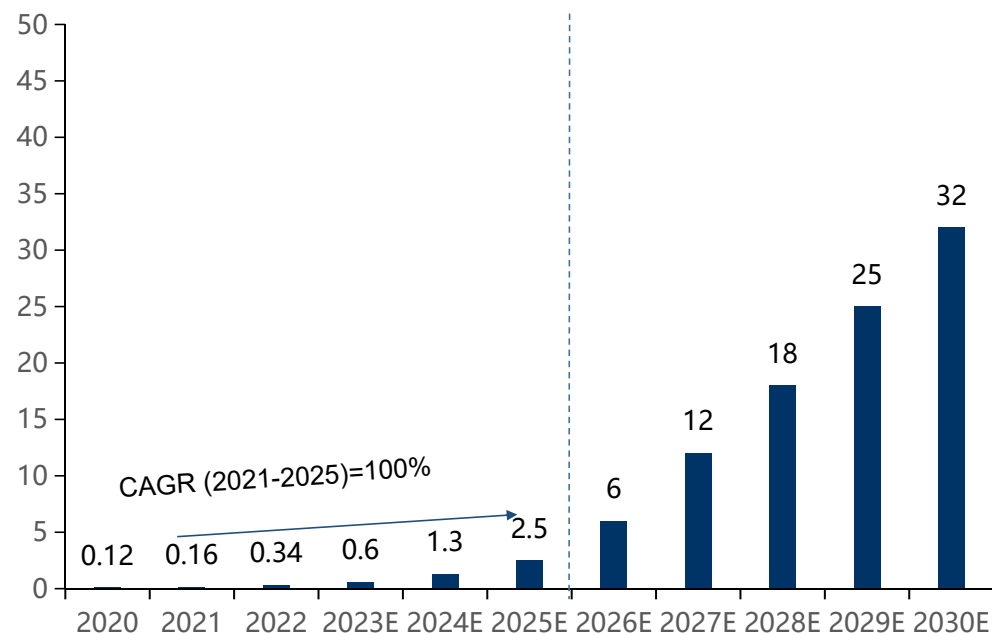


资料来源：《中国氢能产业发展报告2020》，国富氢能招股说明书（2022年版），全球氢能，国信证券经济研究所整理及测算，注：2022年车载高压气体储氢系统按照13万元单套价格及30kg氢气储氢量计算。

我国车载固态储氢瓶市场潜力测算

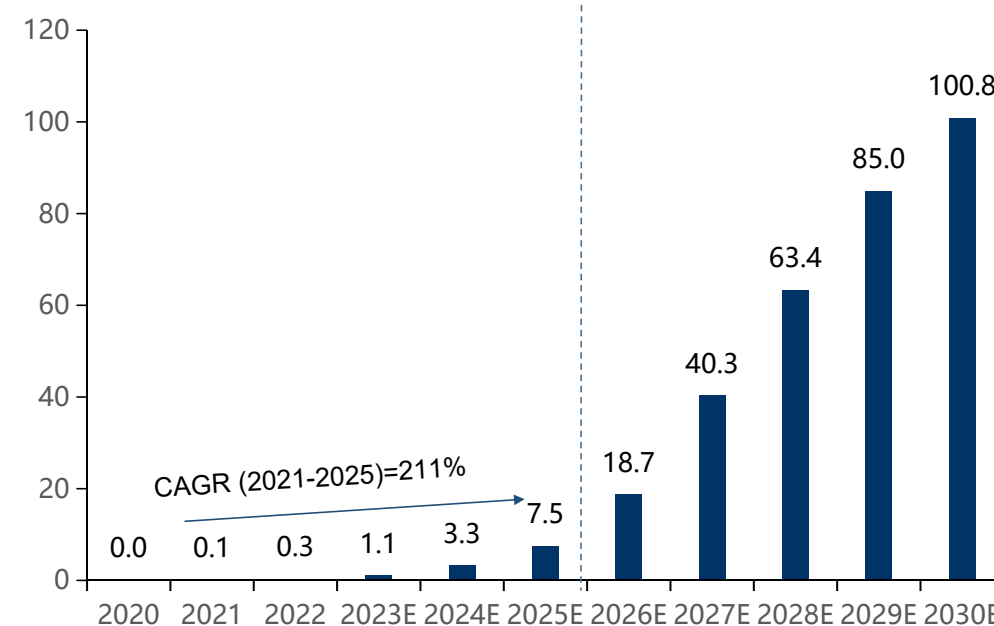
- 2022年我国氢燃料汽车销量为3367辆，根据我国二十省2025年合计10万辆氢燃料电池汽车保有量的政策指引，我们预计未来氢燃料电池汽车销量将实现快速增长，至2025年/2030年销量将分别达到2.5/32万辆，2021-2025年CAGR为100%；
- 固态储氢系统市场规模方面，由于整体技术较为前沿，当前仅有示范性项目，随着技术突破及固体储氢的应用推广，我们预计未来几年固态储氢系统市场规模将快速增长。参照国富氢能车载储氢系统价格，我们假设2022年/2025年/2030年固态储氢系统单价为25/15/9(万元/套)，固态储氢系统2022年/2025年/2030年渗透率分别为3%/20%/35%，计算得出车载固态储氢瓶2025/2030年市场规模分别为7.5/100亿元。

图19：我国氢燃料电池汽车销量预测（万辆）



资料来源：中国汽车工业协会，中国氢能联盟，国信证券经济研究所整理及预测

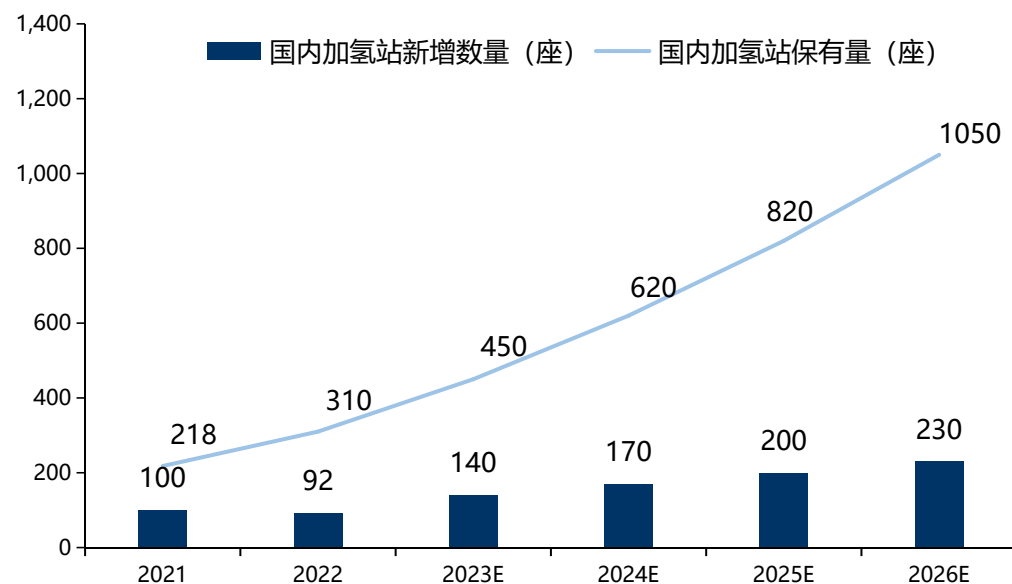
图20：我国车载固态储氢瓶市场潜力测算（亿元）



资料来源：中国汽车工业协会，中国氢能联盟，国富氢能招股说明书（2022年版），全球氢能，国信证券经济研究所整理及预测

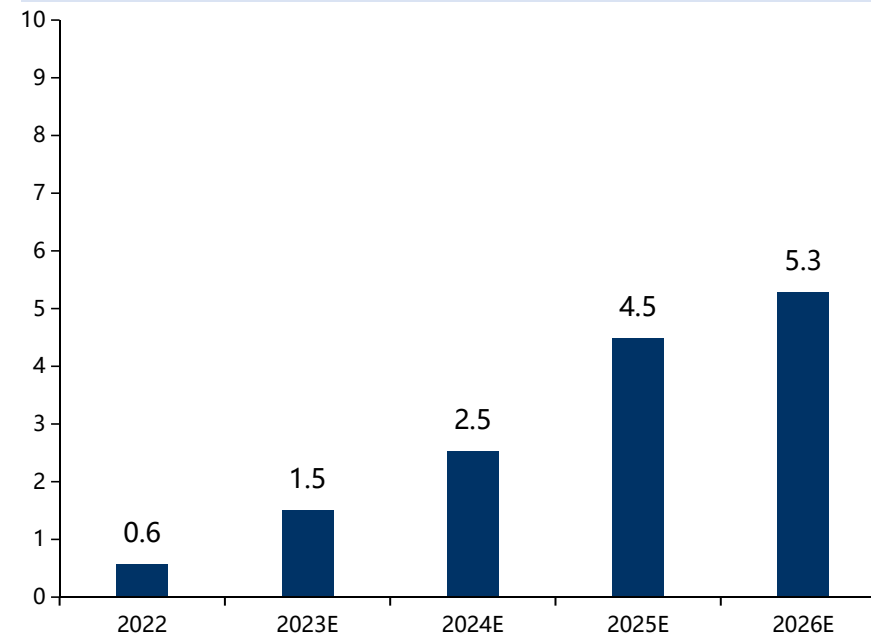
- 2022年我国新增加氢站数量为92座，至2022年底，我国共建成310座加氢站。目前，各大央企也在纷纷布局加氢站建设，中国石化2022年末已累计建成加氢站98座，是全球拥有加氢站最多的企业，其规划“十四五”期间建成1000座加氢站，打造中国第一氢能公司。
- 根据数十个省份及直辖市对加氢站建设规划情况，我们预计2023-2026年国内新增加氢站数量分别为140/170/200/230座。预计至2026年国内加氢站保有量将达到1050座，根据目前固态储氢加氢站建设成本约800万元测算，假设未来每年加氢站建设成本下降50万元，固态储氢加氢站2023/2025/2026年建设渗透率分别为5%/18%/30%。2022-2026年固态储氢加氢站建设累计新增投资约将增加14.3亿元，至2025/2026年新增投资额分别为4.5/5.3亿元。

图21：我国加氢站新增数量预保有量预测（座）



资料来源：香橙会氢能数据库，高工氢能，国信证券经济研究所整理及预测

图22：固态储氢加氢站年新增投资额测算（亿元）



资料来源：香橙会氢能数据库，高工氢能，国信证券经济研究所整理及预测

第三章：固态储氢发展现状

固态储氢相关企业进展介绍

表10：固态储氢相关企业进展介绍

企业	方向	氢能业务相关介绍
厚普股份 (300471.SZ)	钒钛基储氢合金 固态储氢系统 氢能加注设备 氢能源工程EPC	<p>业务：公司当前氢能领域业务包括氢能加注设备，氢能源相关工程EPC等，其中氢能加注设备包括氢压缩机撬、液氢真空管、氢气质量流量计、加氢机、加氢枪等，2021年公司氢能加注设备实现收入8126万元。公司另于2021年发布定增项目，募集资金1.55亿元建设车载低压固态储氢系统1万套、大型储能场景储氢系统5000套、小型储氢系统8000套年产线。</p> <p>合作：公司2019年与四川大学合作，委托四川大学就“钒钛基储氢合金中试工艺及合金制备项目”、“钒钛基储氢合金中试工艺及装备研究项目”进行技术服务和后续研发。2022年联合四川大学中标“云南电科院2022年光伏氢能转化技术与装置试制项目”，该项目是厚普股份首个光伏-制氢-固态储氢-加注-发电一体化的耦合类项目；2022年11月公司与燕新控股集团等签订合作协议，共同成立成都集氢（公司持股17%），合资公司将从事金属固态储氢材料与储氢系统的研发、设计、生产与销售。</p>
东方电气 (600875.SH)	固态储氢系统建设 固态储氢容器	<p>2023年3月25日，在广州南沙电氢智慧能源站固态氢能发电并网项目中，东方电气总承包建设低压高密度储氢、耦合氢燃料电池热电联供系统和三级静态压缩系统的工作。其固态储氢系统可对金属氢化物进行四级加压，通过改变温度等参数，将压力从3Mpa提升至80Mpa，从而为氢燃料汽车加氢。</p> <p>东方电气旗下氢能平台东方锅炉聚焦氢能供应端，包括制-储-运-加氢等环节，目前已经具备高压储氢容器批量化制造能力，同时正在开发固态储氢容器。</p>
圣元环保 (300867.SZ)	氢能源装备 固态储氢材料	<p>公司2022年与有研工研院达成战略合作，合作内容包括：1.氢能源研究院发展规划与平台建设，2.储氢材料研究与制备，3.固态储氢装置，4.风光制氢-储氢-用氢应用示范及迭代，主要以泉州、厦门两地作为试点，以厦门圣元绿色能源有限公司及泉州有元氢能源研究院有限公司作为主体展开。</p> <p>厦门项目：在有研工研院指导协助下，投资建设氢能源研究中心实验室和氢能源装备总成项目，开展固态储氢材料研发，推动氢动力车船应用和推广；</p> <p>泉州项目：投资建设固态储氢系统活化及应用项目，利用石化产业园区的工业副产氢对固态储氢材料进行活化，并在氢气储存、运输等环节广泛应用。</p>
厦钨新能 (688778.SH)	储氢合金	<p>子公司厦钨氢能科技业务涉及储氢合金，目前主要用于制作镍氢电池，储氢合金系制作镍氢电池的重要材料，未来重点发展固态储氢业务。</p>
鸿达兴业 (002002.SZ)	氢储运 稀土系储氢材料	<p>业务：鸿达兴业是早期国内开展液氢生产和储运联动业务的上市公司之一，在氢储运环节，公司已拥有气态、液态、固态三种储运模式。公司研发生产包括储氢瓶、储氢罐、质子交换膜等产品。2021年公司氢能业务实现收入2.57亿元。</p> <p>合作：与有研工研院合作联手研发稀土系储氢材料。</p>
科新机电 (300092.SZ)	储氢装置	<p>2022年4月，公司与安泰创明合作，基于固态储氢作为氢源介质的固、气储氢装置相关产品及应用开展研发合作，包括常温常压加氢站储氢装置(系统)、高温高压大型氢储、运装置进行共同研发，开发出适用于不同应用场景的氢储运装置(系统)，并在此基础上，继续进行加氢站储氢系统、中长距离氢储运车等方面的产品合作研发和推广应用。</p>

资料来源：高工氢能，企查查，厚普股份公司公告，东方电气官网，圣元环保公司公告，厦钨新能公司公告，鸿达兴业公司公告，科新机电公司公告、国信证券经济研究所整理

固态储氢相关企业进展介绍



表11：固态储氢相关企业进展介绍

企业	方向	氢能业务相关介绍
九号公司 (689009.SH)	氢能摩托车	2021年3月九号公司推出SegwayAPEXH2电动摩托车，采用固态储氢的方式，配备定制的专属储能罐，特点在于安全性好、体积小且储氢密度高，该车最大功率可达60kw，百公里加速不到4秒，最高时速预可达150km/h。
永安行 (603776.SH)	氢能自行车	公司产品包含氢能自行车，车内氢能棒采用低压固态储氢技术，优势在于安全性，大储氢量，内部平衡压力低。目前公司已建成年产5万台小功率燃料电池生产线和年产15万台氢能自行车产线。
云海金属 (002182.SZ)	镁基储氢材料	公司与上海交通大学、重庆大学等机构合作，开展镁基固态储氢材料研究，目前处于研发阶段，未来选择适当时机介入产业。
美锦能源 (000723.SZ)	氢燃料电池车	公司控股子公司佛山飞驰汽车（持股42.67%）在2019-2021年相继推出全球首台固态储氢燃料电池公交车、首款氢燃料电池牵引车、全球首台固态储氢燃料电池冷藏车等产品，公司掌握VCU、FCU、BAT、电机Motor等各类控制技术，具备了车身和底盘、新型三电系统产品以及FCV、EV、HEV、PHEV等开发制造能力，正发展成为新能源汽车系统纵向一体化产品方案提供商
雄韬股份 (002733.SZ)	燃料电池系统	参股上海氢枫能源（持股4.26%），参股公司专注于高密度镁合金固态储氢产品的研发生产。
横店东磁 (002056.SZ)	-	参股安泰创明（持股3.62%），参股公司深耕固态储氢材料技术数十年，其中常州研究院率先开发出固态储氢为氢源的燃料电池发电系统，成功应用于氢能助力车、氢能外卖车和氢能共享车。
安泰创明	固态储氢材料 燃料电池发电系统	公司深耕固态储氢材料技术数十年，其中常州研究院率先开发出固态储氢为氢源的燃料电池发电系统，成功应用于氢能助力车、氢能外卖车和氢能共享车，合作公司包括九号公司，永安行等。
氢枫能源	镁基储氢材料	公司与上海交通大学丁文江院士团队合作共同成立氢气储运公司—氢储（上海）能源科技有限公司，专注于高密度镁合金固态储氢产品的研发生产，2022年4月在河南新乡的全球首条镁合金高密度储氢技术生产线建成投产测试，2022年12月推出镁基固态储氢车。2021年10月底，氢枫能源与氢储（上海）能源、上海交通大学、有研工程技术研究院有限公司等多家企业、高校和科研院所共同起草的国内首个关于镁基氧化物固态储运氢技术标准—《镁基氧化物固态储运氢系统技术要求》正式发布。

资料来源：企查查、九号公司公司公告、永安行公司公告，云海金属公司公告，美锦能源公司公告，安泰创明、氢枫能源官网，国信证券经济研究所整理

表12：固态储氢相关科研院所进展介绍

科研院所	材料研究方向	氢能研究介绍
中国有研科技集团有限公司	稀土系材料、钛系、钒系、镁系、复杂化合物、碳纳米管等	<p>研发：固态储氢领域，在学术带头人蒋利军的带领下，先后开展了稀土系AB5型、钛锰系AB2型、钛锰系AB型、钒钛系BCC型，镁系A2B型等一系列合金储氢材料以及复杂化合物NaAlH₄，Li-Mg-N-H，碳纳米管等新型大容量储氢材料研究；在此基础上，攻克了高熔点、高活性钛系合金熔炼规模技术，低熔点易挥发镁基储氢材料可控气氛机械合金化纳米晶批量制备技术等行业技术难题。</p> <p>应用：有研研究院实现了固态储氢技术在移动式制储一体化燃料电池应急发电车、燃料电池移动通讯基站备用电源、氢能燃料电池加氢站、燃料电池大巴、物流车，以及电网储能等应用。</p> <p>合作：有研研究院先后与鸿达兴业、圣元环保达成合作协议，针对固态储氢的研究与应用展开示范运行及平台建设等工作，在储氢材料设计与开发、储氢装置模拟仿真、设计制造、储氢材料与装置测试与评价等方面形成了相关全方位的研发平台，也在相关领域占据领先地位。</p>
包头稀土研究院	稀土系材料	<p>包头稀土研究院储氢领域研究方向包括稀土储氢材料，固态储氢装置等。在稀土固态储氢材料中拥有完整的材料制备、测试及应用实验条件和产业化装备，形成了稀土储氢合金材料研究、应用及产业化技术开发团队，研发工作处于国内外先进水平。目前包头稀土院已获授权国际专利2项，国内发明专利20余项。</p>
上海交通大学	镁基材料	<p>介绍：上海交通大学丁文江院士团队从事固态镁基储氢材料的应用研发10余年，2019年创建上海交通大学氢科学中心，专注氢科学领域的前沿性基础研究，目前丁文江院士在SCI/EI源期刊上发表论文600余篇，申请发明专利200余项，研究成果获国家科技进步二等奖、国家技术发明二等奖。</p> <p>产业化：团队携手氢枫能源，共同成立氢气储运公司—氢储（上海）能源科技有限公司，专注于高密度镁合金固态储氢产品的研发生产，2022年4月在河南新乡的全球首条镁合金高密度储氢技术生产线建成投产测试，2022年12月推出镁基固态储氢车。</p>
四川大学	钒基材料、复杂化合物、类石墨烯材料	<p>四川大学吴朝玲教授团队从事储氢材料及储氢系统开发研究20余年，主要研究方向包括：廉价钒基储氢合金开发，固态储氢系统研制，新型复杂化合物储氢材料，类石墨烯储氢材料等，目前出版书籍包括《氢气储存和输运》，《氢燃料电池》等。吴朝玲教授累计主持国家、省部及其它项目10余项，发表论文120余篇，授权专利近10项。</p>
燕山大学	稀土系材料	<p>介绍：燕山大学韩树民团队长期致力于新型稀土储氢材料的基础理论和应用技术研发，在揭示新型稀土储氢合金超晶格结构、储氢机理、生成条件和构效关系等基础理论研究中取得重要成果。目前累计发表SCI论文200余篇，出版学术专著1部，获国内外发明专利30余项。</p> <p>产业化：2017年成立中科轩达，依托团队的研究成果，迅速启动了新型稀土储氢合金电极生产线建设项目，该项目已于2019年12月顺利完成，是中国第一条具有自主知识产权的新型稀土储氢材料生产线，目前产能达300吨/年以上，已进入技术成熟、生产稳定和产品市场推广阶段。</p>

资料来源：中国有研科技集团有限公司官网，包头稀土研究院官网，上海交通大学氢科学中心官网，四川大学新能源与低碳技术研究院官网，中科轩达，国信证券经济研究所整理

表13：海外固态储氢进展

国家	机构名称	时间	固态储氢进展
美国	GKN Hydrogen公司	2021年	获得了美国能源部170万美元资助开发HY2MEGA 固态氢化物储氢罐 ，该项目为期三年，可以储存500kg氢气，项目于2022年底启动。
	Green Fortress公司	2017年	获得了来自美国联邦政府的资助开发固态氢燃料的储氢系统。其固态储氢材料主要是催化改性的多孔硅，氢气储存成本低于8美元/kWh，规模可在电网级别。
英国	Cella Energy公司	2014年	材料： 开发出聚合物和氨硼烷组成的轻质固态高密度储氢材料，该材料提供的能量是同等重量下锂离子电池的3倍，稳定性和贮氢性能良好，可在100℃左右几分钟内释放约9%的氢气。该固体材料能够进行模块化设计，制备成不同形状，根据应用需求灵活组合。 应用： <ul style="list-style-type: none">与从事航空航天技术和固体火箭发动机技术的法国Safran集团开展合作，将其应用于航空航天领域的氢燃料电池储氢材料。2016 年利用该固体材料的无人机成功实现首飞；与以色列的Israel AesospaceIndustries (IAI) 合作，将其应用于Bird Eyes 650小型无人机的燃料电池能源系统上，可大幅减少供电系统的重量，提升无人机的续航能力。
日本	东芝公司	2017年	开发的 自给型能源供应系统 H ₂ One已在日本国内医院、旅馆、铁路站台及紧急避难场所等多个场景得到应用，系统采用固态储氢技术，氢气储存量达270Nm ³ ，电力存储量可达350kWh。
挪威	HYSTORSYS公司	2016年	应用于HyNor Lillestrøm加氢站的HYMEHC-10的 金属氢化物压缩机组 （10 Nm ³ /h）可将氢气压力从1MPa增至20MPa，该氢气压缩机的三个高压钢制容器中都装有大约34kg的金属氢化物材料：AB ₅ （La _{1-x} Ce _x Ni ₅ ）合金用于1MPa到5MPa的第一压缩阶段，AB ₂ 合金（Ti、Zr基）用于5MPa到20MPa的第二阶段压缩。该系统在20至150℃的热循环下工作，只需要少量的电力来提供电力。
南非	HySA系统能力中心	2016年	开发出配备燃料电池电源模块和金属氢化物储氢罐的叉车，该叉车充氢6min即可达到最大储氢容量的83%，充满仅需12~15min，在充满的状态下进行轻型操作可连续运行435min。
澳大利亚	Lavo公司	2020年	推出商业化氢能存储系统，该系统利用金属氢化物储存氢气，储能量达40kWh。公司签订约1.15亿澳元远期订单，计划将其储氢系统推向兆瓦级。
荷兰	Electriq公司	2023年	和Zenith Energy Terminals将建造世界上第一家储氢固体粉末制造工厂。

资料来源：张晓飞《固态储氢技术的研究进展》，Green Fortress官网，东芝官网，Electriq官网，北极星储能网，国际能源网，国信证券经济研究所整理

- **固态储氢为储氢环节新兴技术，相较于高压气体储能和低温液态储氢具备高安全性、高体积储氢密度、快速充放氢、运输便捷等优势，并为业界所重视。**目前主流固态储氢路线为金属氢化物，包括镁系、钛系、钒系、稀土系及复合储氢合金等。
- **固态储氢技术应用前景广阔。**1) **车载储氢环节**，伴随氢燃料电池汽车的推广和车载固态储氢系统成本下降，固态储氢系统市场空间将会打开，我们预计车载固态储氢瓶2030年市场规模突破百亿元；2) **加氢站环节**，固态储氢相较于高压气态和液态储氢不需要压缩机或液化装置即可完成充氢，在加氢站建设成本上较低，具备较好的经济性，我们估计当前固态储氢加氢站整体成本约为800万元，我们预计2022-2026年固态储氢加氢站建设累计新增投资约将增加14.3亿元，至2025/2026年新增投资额分别为4.5/5.3亿元；3) **其他领域：如分布式供能，通信基站的备用电源，电力调峰电站等**，氢储能的存储规模更大，存储时间更长可以满足长周期、大容量储能要求，同时固态储氢安全性强，运输灵活性高，在长时储能领域有广泛应用空间。
- **产业链相关公司：**厚普股份、东方电气、圣元环保、厦钨新能、鸿达兴业、科新机电、九号公司、永安行、美锦能源、雄韬股份、横店东磁、云海金属。

表14：相关公司估值表

公司 代码	公司 名称	投资 评级	收盘价 (4月3日)	EPS			PE			PB MRQ
				2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E	
300471.SZ	厚普股份	未评级	15.84	-0.1	0.1	0.1	-	316.8	158.4	4.2
600875.SH	东方电气	增持	18.66	0.9	1.3	1.6	20.3	14.7	11.5	1.9
300867.SZ	圣元环保	未评级	19.44	-	-	-	-	-	-	1.4
688778.SH	厦钨新能	买入	71.93	4.0	6.1	8.1	18.0	11.8	8.9	3.5
002002.SZ	鸿达兴业	未评级	2.80	0.1	0.2	0.2	21.5	18.7	16.5	1.0
300092.SZ	科新机电	未评级	14.18	0.5	0.7	0.9	27.3	21.8	15.2	3.7
689009.SH	九号公司	未评级	37.35	0.6	6.6	10.1	59.3	5.7	3.7	4.4
603776.SH	永安行	未评级	16.60	-	-	-	-	-	-	0.9
000723.SZ	美锦能源	未评级	9.19	0.6	0.7	0.7	15.8	14.1	13.3	3.1
002733.SZ	雄韬股份	未评级	18.57	0.5	0.7	0.9	40.4	28.1	21.1	2.3
002056.SZ	横店东磁	未评级	20.88	1.0	1.3	1.6	20.3	16.3	13.1	3.9
002182.SZ	云海金属	未评级	23.65	1.3	1.9	2.8	18.3	12.6	8.4	3.5

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理与测算；注：表中未评级股票业绩预测为Wind一致预期

风险提示

- 1、国家宏观氢能规划政策出台的时间和 development 规模不达预期；
- 2、关键材料和装备国产化进程不达预期；
- 3、海外专利保护纠纷；

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，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。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头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

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。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

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

深圳市罗湖区红岭中路1012号国信证券大厦18层

邮编：518001 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