

氢能系列报告（一）制氢篇

副产氢已占先机，绿氢有望开新局

中性（维持）

行情走势图



证券分析师

樊金璐

投资咨询资格编号
S1060520060001
FANJINLU749@pingan.com.cn

陈骁

投资咨询资格编号
S1060516070001
CHENXIAO397@PINGAN.COM.CN

皮秀

投资咨询资格编号
S1060517070004
PIXIU809@pingan.com.cn



平安观点：

- **氢能是替代化石能源实现碳中和的重要选择。**氢能已经成为应对气候变化、建设脱碳社会的重要能源。欧、美、日、韩等发达国家纷纷制定氢能路线图，加快推进氢能产业技术研发和产业化布局。氢能产业已成为我国能源战略布局的重要组成。氢能可以以“二次能源、能源载体、低碳原料”三种角色助推能源转型进程。2050年全社会绿氢需求或将接近1亿吨。
- **我国氢气生产以西北、华北为主，主要来自化石能源。**从区域分布看，氢能生产主要在西北和华北地区。按生产来源划分，可以分为“灰氢”、“蓝氢”和“绿氢”三类。目前，我国氢气主要来自灰氢。工业副产气制氢在技术经济环境方面具有显著优势。未来与大规模光伏发电或风力发电配套的电解水制绿氢将成为发展趋势。
- **副产氢是近期理想氢源。**我国氯碱、炼焦以及化工等行业有大量工业副产氢资源，足以满足近期和中期氢气的增量需求。相对来说，丙烷脱氢、乙烷裂解等获取的氢气浓度较高。到2022年，丙烷脱氢和乙烷裂解项目副产氢气每年可供约36万辆氢燃料电池车行驶，工业副产氢几乎可以覆盖京津冀、长三角和广东地区，与氢能示范区域匹配，可以提供相对低成本的氢能。
- **绿氢将逐步走上前台。**电解水制氢具有绿色环保、生产灵活、纯度高以及副产高价值氧气等特点，但其单位能耗约在4-5千瓦时/立方氢，电价占到总成本的70%以上。若采用现有电力生产，制氢成本约为30-40元/公斤。一般认为当电价低于0.3元/千瓦时具备较好经济性。目前，电解水制氢技术主要有碱性水电解槽（AE）、质子交换膜水电解槽（PEM）和固体氧化物水电解槽（SOE）。其中，碱性电解槽技术最为成熟，生产成本较低。
- **氢能产业已成为我国能源战略布局的重要部分。**我国已经成为全球最大的氢气生产国，但是目前氢气主要来自灰氢（化石燃料），但化工过程副产氢成本低、产量大，且与氢能示范城市匹配，是短期最现实的氢源；随着碳市场的推进，绿氢的需求逐步增加，未来大规模光伏发电或风力发电配套电解水生产绿氢将成为趋势。随着氢能产业逐步用于汽车和工业，氢能的利用量将逐步增长，关注丙烷脱氢和乙烷裂解副产氢气的应用，建议关注金能科技、东华能源，绿氢产业的发展将推动电解槽及新能源装备的需求，新能源运营商也将受益，推荐隆基股份和三峡能源。
- **风险提示：**1) 碳中和政策实施不及预期；2) 氢能价格难以大幅下降；3) 燃料电池成本下降不及预期；4) 氢能冶金等工业应用发展不及预期。

氢能系列报告（一）制氢篇

副产氢已占先机，绿氢有望开新局

行业报告

行业深度报告

证券研究报告

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E			评级	
		2021-12-13	2020A	2021E	2022E	2023E	2020A	2021E	2022E		2023E
三峡能源	600905.SH	7.29	0.13	0.17	0.29	0.35	56.1	42.9	25.1	20.8	强烈推荐
隆基股份	601012.SH	87.68	1.58	2.02	2.56	3.11	55.5	43.4	34.3	28.2	推荐
东华能源	002221.SZ	13.05	0.73	0.97	1.25	1.70	17.9	13.5	10.4	7.7	未评级
金能科技	603113.SH	16.87	1.04	1.92	2.41	2.69	16.2	8.8	7.0	6.3	未评级

资料来源：未评级公司采用wind一致性预测

正文目录

氢能产业链——制氢	4
一、氢能是替代化石能源实现碳中和的重要选择	4
1.1 氢能产业已成为我国能源战略布局的重要部分.....	4
1.2 国家和地方均出台氢能政策支持产业发展.....	5
1.3 氢能在能源转型中的角色.....	7
1.4 2050 年氢能（绿氢）的市场需求超过 1 亿吨.....	7
二、当前中国氢气生产集中在北方，以灰氢为主	7
2.1 氢能分布在西北和华北.....	7
2.2 氢气来源现以化石燃料为主，未来向绿氢过渡.....	8
2.3 不同技术制氢的技术经济环境性分析.....	11
三、副产氢是近期理想氢源，绿氢逐步走上前台	13
3.1 工业副产氢是近期最现实氢源.....	13
3.2 可再生能源制氢是实现碳中和的必然选择.....	16
五、投资建议	19
六、风险提示	19

图表目录

图表 1	氢能产业链——制氢	4
图表 2	氢能替代主要领域	5
图表 3	国家层面氢能相关的主要政策	5
图表 4	各地出台的氢能产业政策	6
图表 5	国内燃料电池汽车主要政策	6
图表 6	从区域分布看，氢能生产主要分布在西北和华北地区（万吨）	8
图表 7	从氢的来源看可分为灰氢、蓝氢、绿氢	9
图表 8	2020 年我国氢气主要来源占比	9
图表 9	2020 年我国氢气主要消费途径占比	9
图表 10	当前中国氢气生产和消费主要工艺	10
图表 11	副产气制氢在经济性、碳排放等方面具有综合优势	11
图表 12	副产气制氢能源效率最高	12
图表 13	以现状电力结构看，电解水制氢碳排放最高	12
图表 14	工业副产氢成本最低	13
图表 15	丙烷脱氢工艺流程图	13
图表 16	中国 PDH 副产氢项目表（不完全统计）	14
图表 17	部分中国 PDH 副产氢项目图	15
图表 18	部分中国乙烷裂解副产氢项目图	16
图表 19	电解水制氢技术对比	17
图表 20	碱性电解槽（AE）电解水制氢示意图	18
图表 21	质子交换膜（PEM）电解水制氢示意图	18
图表 22	水电解制氢工艺流程图	18

氢能产业链——制氢

图表1 氢能产业链——制氢

氢能产业链-制氢				
制氢方式	技术路线	成熟度	优/缺点	公司
化石能源制氢	煤制氢	大规模应用	技术成熟	兰石重装 航天工程 云鼎科技
	天然气制氢		制氢过程存在碳排放问题	
工业副产氢	丙烷脱氢	大规模应用	成本低	万华化学 卫星化学 东华能源 美锦能源 金能科技
	乙烷裂解		须提纯及杂质去除, 受工业源限制	
	氯碱、焦化等其他工业			
可再生能源-电解水制氢	碱性电解	大规模应用	制氧过程无碳排放	隆基股份 江苏竞立 天津大陆 中电丰业 718所 三峡能源
	PEM电解	小规模应用	尚未实现规模化应用, 成本较高	
	SOEC电解	实验室		

资料来源: 平安证券研究所

一、氢能是替代化石能源实现碳中和的重要选择

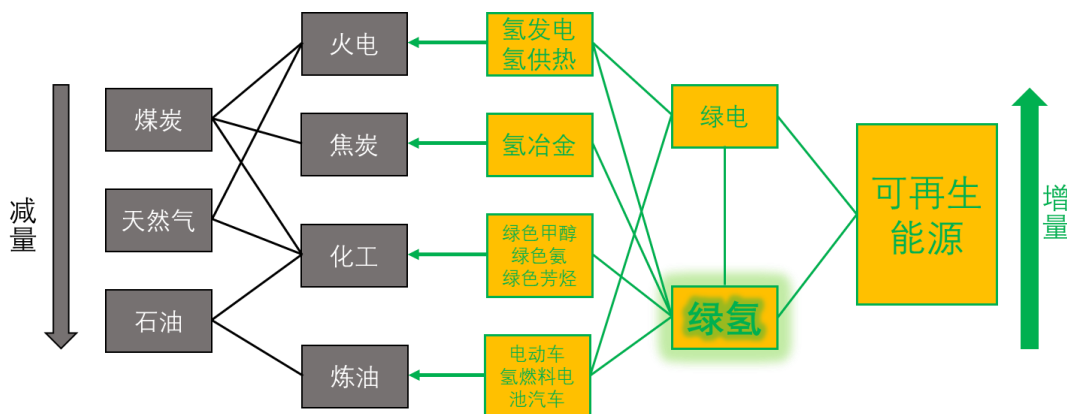
1.1 氢能产业已成为我国能源战略布局的重要部分

氢能（氢的能源生产和利用）受到全球广泛关注，成为应对气候变化、建设脱碳社会的重要产业方向。欧、美、日、韩等发达国家纷纷制定氢能路线图，加快推进氢能产业技术研发和产业化布局。当前，我国氢气生产利用主要在以石化化工行业为主的工业领域，以“原料”利用为主，“燃料”利用为辅。我国发展氢能具有良好基础，也面临诸多挑战。绿氢供应、氢储运路径和基础设施建设、氢燃料电池核心技术装备、氢燃料电池汽车技术装备等均待逐一攻破，必须实事求是、客观冷静、积极创新，争取少走弯路，开创氢能技术突破和产业化新局面。

氢能产业已成为我国能源战略布局的重要部分。2020年，氢能被纳入《能源法》(征求意见稿)。2021年，氢能列入《国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》未来产业布局。

氢能产业发展初期，依托现有氢气产能、就近提供便捷廉价氢源，支持氢能中下游产业发展，降低氢能产业起步难度，具有积极的现实意义。绿氢在“碳中和”中可以用在绿电无法发挥作用的领域实现互补，如氢冶金、化工、重卡交通燃料、供热等。面向未来，当绿氢成为稳定足量的低价氢源时，绿氢在促进工业脱碳方面将更好地发挥氢能价值。

图表2 氢能替代主要领域



资料来源：清华大学，平安证券研究所

1.2 国家和地方均出台氢能政策支持产业发展

氢能成为“十四五”期间重点产业，《“十四五”规划纲要》将氢能及储能设立为未来产业，将实施未来产业孵化与加速计划。各地抢抓氢能产业布局，目前已有包括京津冀、长三角、珠三角、四川、山东等30余个省市级的氢能发展规划相继出台。在“十四五”期间通过加强对氢能相关产业的支持，推动氢能形成规模产业。

图表3 国家层面氢能相关的主要政策

时间	政策	主要内容
2021年12月1日	《“十四五”工业绿色发展规划》	指出加快氢能技术创新和基础设施建设，推动氢能多元利用
2021年11月	《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》	引导企业加大可再生能源使用、推动电能、氢能、生物质能替代化石燃料；加快充电桩、换电站、加氢站等基础设施建设运营
2021年11月	《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》	明确提到推动氢燃料电池汽车示范应用，有序推广清洁能源汽车
2021年10月	《2030年前碳达峰行动方案的通知》	从应用领域、化工原料、交通、人才建设等多个方面支持氢能发展
2021年10月	《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》	筹推进氢能“制储输用”全链条发展；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
2021年8月	《对十三届全国人大四次会议第5736号建议的答复》	将积极配合相关部门制定氢能发展战略，研究推动将氢气内燃机纳入其中予以支持
2021年3月	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要(草案)》	在氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业
2021年2月	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	提升可再生能源利用比例，大力推动风电、光伏发电发展，因地制宜发展水能、地热能、海洋能、氢能、生物质能、光热发电
2020年11月	《新中国的中国能源发展规划(2021-2035)》	加速发展绿氢制取、储运和应用等氢能产业技术装备，促进氢能燃料电池技术链、氢燃料电池汽车产业链发展
2020年9月	《关于发展燃料电池汽车示范应用的通知》	采取“以奖代补”方式，对符合条件的城市群开展燃料电池汽车关键核心技术产业化攻关和示范应用给予奖励，示范期为4年
2020年6月	《2020年能源工作指导意见》	制定实施氢能产业发展规划，组织开展关键技术装备攻关，积极推动应用示范

2020年6月	《中华人民共和国能源法》	正式将氢能列入能源范畴，2020年成为氢能发展元年
2019年3月	《政府工作报告》	首次写进《政府工作报告》，推动充电、加氢等设施建设

资料来源：政府官网，平安证券研究所

图表4 各地出台的氢能产业政策

区域	政策名称
京津冀	《北京市氢燃料电池汽车产业发展规划》
	《天津市氢能产业发展行动方案（2020-2022年）》
	《河北省氢能源产业中长期发展规划》
长三角	《上海市燃料电池车发展规划》
	《江苏省氢燃料电池汽车产业发展行动规划》
	《浙江省加快培育氢能产业发展的指导意见》
	安徽《六安氢能产业发展规划（2020-2025）》《铜陵市氢能与燃料电池产业发展规划》《河北省2020年氢能产业重点项目清单（第一批）》
珠三角	《关于粤港澳大湾区氢能产业先行先试力争上升为国家战略的提案》《广州市氢能产业发展规划（2019-2030年）》
	《佛山市南海区氢能产业发展规划（2020-2035年）》《茂名市氢能产业发展规划》
其他	《山东省氢能产业中长期发展规划（2020-2030年）》《关于加快胶东经济圈一体化发展的指导意见》《潍坊市氢能产业发展三年行动计划（2019-2021年）》
	《山西省氢能源产业中长期发展规划》
	《内蒙古自治区氢能源产业中长期发展规划》
	《吉林省氢能源产业中长期发展规划》
	《重庆市氢燃料电池汽车产业发展指导意见》
	《武汉氢能产业发展规划方案》
	《四川新能源与智能汽车产业2020年度工作要点》《成都市氢能产业发展规划（2019-2023年）》
	《江西省新能源产业高质量跨越式发展行动方案》
	《河南省氢燃料电池汽车产业发展行动方案》
	《宁夏氢能产业发展指导意见》

资料来源：政府官网，平安证券研究所

图表5 国内燃料电池汽车主要政策

时间	政策	主要内容
2001年	“863电动汽车重卡科技专项”	发展三纵三横发展体系，包含燃料电池汽车和燃料电池汽车系统的开发。
2014年	《关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知》	符合标准的加氢站奖励400万元。
2016年	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	到2020年实现燃料电池汽车批量生产和规划化示范应用。
2019年	《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》	2050年氢能源占比约10%，氢能需求量接近6000万吨，加氢站达到1000座以上
2020年9月	《关于完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》	将购置补贴调整为选择示范城市或区域，重点围绕关键零部件的技术攻关和产业化应用开展示范。示范为期4年，采取“以奖代补”方式对示范城市给予奖励。
2020年10月	《节能与新能源汽车技术路线图（2.0版）》	提出2030-2035年实现氢能及燃料电池汽车的大规模的应用，燃料电池汽车保有量达100万辆左右。

资料来源：政府官网，平安证券研究所

1.3 氢能在能源转型中的角色

氢能（绿氢）与电力（绿电）均为二次能源，是双碳目标战略下的必然选择。氢气的利用由来已久，但并非是当前备受关注的交通和电力领域，而主要作为生产原料应用于工业领域。

为了实现我国能源系统的多元化、清洁化和低碳化转型，氢能的发展可以从“二次能源、能源载体、低碳原料”这3个角度切入，助推能源转型进程。

（1）氢气可作为高效低碳的二次能源。氢气本身是一种高能源密度的二次能源（单位质量），同时也具有较强的电化学活性，可通过燃料电池进行发电。因此氢气可应用于燃料电池汽车从而替代传统燃油汽车，节约石油消费；也可以用于家用热电联产，减少电力和热力需求；还可以直接将氢气掺入到天然气管网直接燃烧。

（2）氢气可作为灵活智慧的能源载体。通过电解水制氢技术及氢气与其他能源品种之间的转化，可提高可再生能源的消纳、提供长时间储能、优化区域物质流和能量流，进而建立多能互补的能源发展新模式。比如，在区域电力冗余时，可通过电解水制氢将多余电力转化为氢气并储存起来；在电力和热力供应不足时，氢气可以通过电化学反应发电、热电联供、直接燃烧等方式来实现电网和热网供需平衡。

（3）氢气可作为绿色清洁的工业原料。国际能源署、麦肯锡等机构都认为氢能将实现工业部门的深度脱碳，主要方式为应用氢能革新工艺，可以大规模使用“绿氢”替代“灰氢”。氢气直接还原铁是氢能革新工艺的典型代表，该工艺使用氢气作为还原剂，将铁矿石直接还原为海绵铁，之后进入电炉炼钢，从而节省了焦炭的使用、减少了因原料带来的二氧化碳排放。“绿氢”替代“灰氢”是使用来自可再生能源的氢气，来替代合成氨、甲醇生产过程中的化石能源制氢，进而实现深度脱碳。

1.4 2050年氢能（绿氢）的市场需求超过1亿吨

在加速推进能源转型过程中，氢能将有望全面融入能源需求侧的各个领域。以下内容我们参考发改委能源所的相关预测。

工业领域，氢能将从原料和能源“双管齐下”。原料方面，氢能将广泛应用于钢铁、化工、石化等行业，替代煤炭、石油等化石能源；能源方面，氢能将通过燃料电池技术进行热电联产，满足分布式工业电力和热力需求。**预计2050年工业领域氢能需求将超过3500万吨。**

交通领域，氢燃料电池汽车将与锂电池汽车“各司其职、各尽所长”，共同推动新能源汽车对传统燃油汽车的替代作用，在交通领域掀起新能源变革浪潮；由于氢燃料电池汽车具有行驶里程长、燃料加注时间短、能量密度高、耐低温等优势，在寒冷地区的载重货运、长距离运输、公共交通甚至航空航天等领域更具有推广潜力；**预计2050年交通领域氢气需求将接近4000万吨。**

建筑和其他领域，家用氢燃料电池、燃料电池应急电源等技术设备也有望实现规模化应用，**预计2050年氢气需求将接近2000万吨。**

综上所述，2050年全社会氢气需求或将接近1亿吨（折合约3.8亿吨标准煤）。发改委能源所测算，若实现“2°C”的碳减排情景，氢能需求还将进一步增加至1.5亿吨水平甚至更高，增幅超过50%。

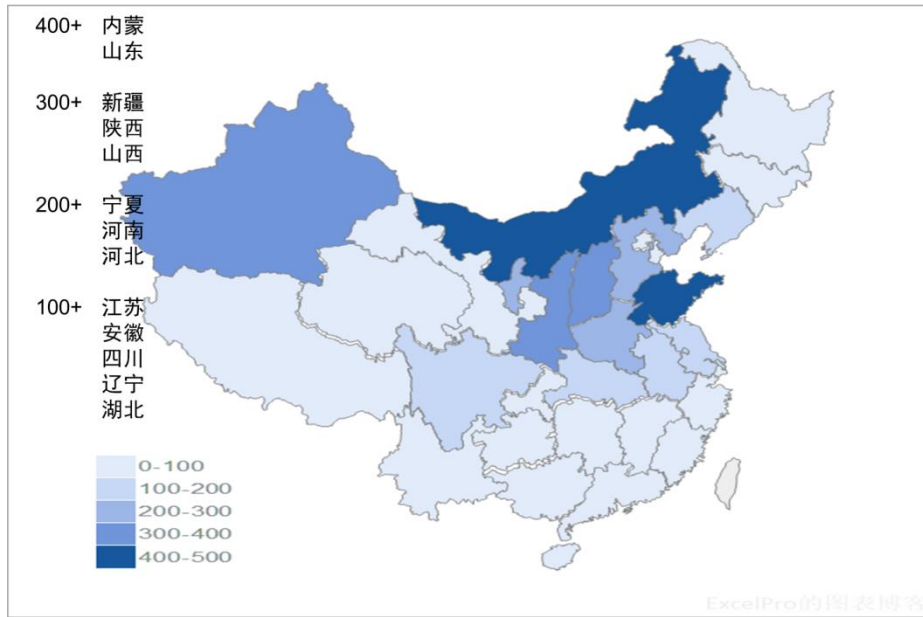
二、当前中国氢气生产集中在北方，以灰氢为主

2.1 氢能分布在西北和华北

2019 年以来，国家、各级地方政府对氢能产业发展高度重视，陆续出台了多项规划和发展目标，众多企业和科研机构纷纷开展技术攻关。中国煤炭加工利用协会统计，2020 年我国氢能产量和消费量均已突破 2500 万吨，已成为世界第一大制氢大国。

从区域分布看，氢能生产主要在西北和华北地区，根据 2019 年数据，产量超过 400 万吨的省份有内蒙和山东，产量超过 300 万吨的省份有新疆、陕西和山西，产量超过 200 万吨的省份有宁夏、河南和河北，产量超过 100 万吨的省份有江苏、安徽、四川、辽宁和湖北。

图表6 从区域分布看，氢能生产主要分布在西北和华北地区（万吨）



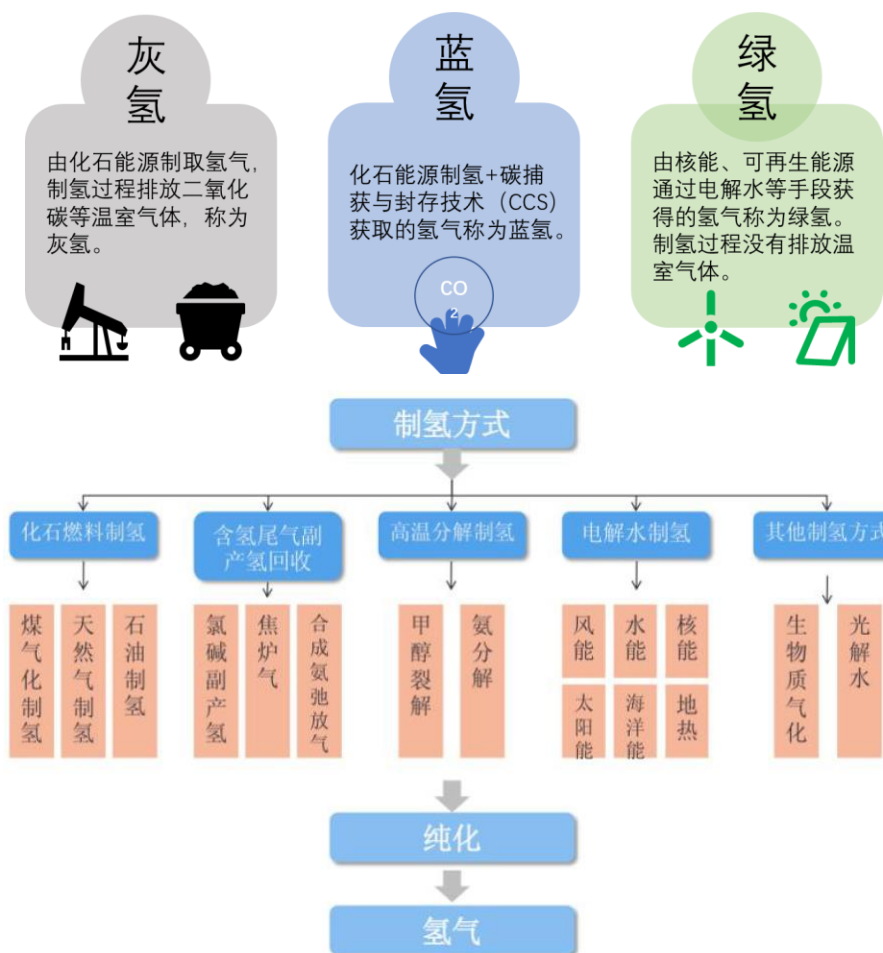
资料来源：清华大学，平安证券研究所

2.2 氢气来源现以化石燃料为主，未来向绿氢过渡

氢能源按生产来源划分，可以分为“灰氢”、“蓝氢”和“绿氢”三类。“灰氢”是指利用化石燃料石油、天然气和煤制取氢气，制氢成本较低但碳排放量大；“蓝氢”是指使用化石燃料制氢的同时，配合碳捕捉和碳封存技术，碳排放强度相对较低但捕集成本较高；“绿氢”是利用风电、水电、太阳能、核电等可再生能源电解制氢，制氢过程完全没有碳排放，但成本较高。目前，我国氢气主要来自灰氢。

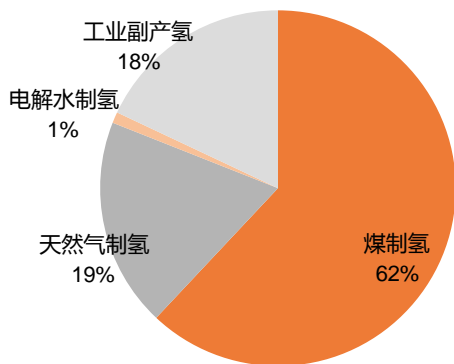
从来源看，我国的氢源结构目前仍以煤为主，来自煤制氢的氢气占比约 62%、天然气制氢占 19%，电解水制氢仅占 1%，工业副产占 18%。就消费情况看，目前的氢能基本全部用于工业领域，其中，生产合成氨用氢占比为 37%、甲醇用氢占比为 19%、炼油用氢占比为 10%、直接燃烧占比为 15%、其他领域占比为 19%。基于需求侧产业的发展和产业链的完善，从灰氢逐步过渡到绿氢是较好的方式，优先使用副产氢，实现资源综合利用。

图表7 从氢的来源看可分为灰氢、蓝氢、绿氢

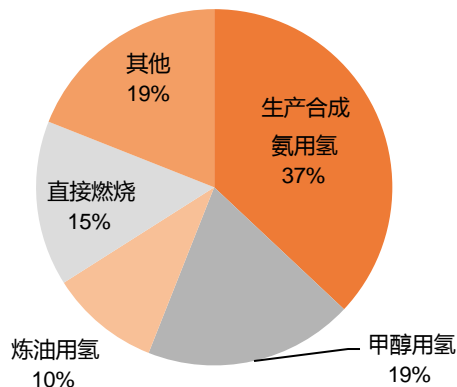


资料来源：清华大学，平安证券研究所

图表8 2020年我国氢气主要来源占比



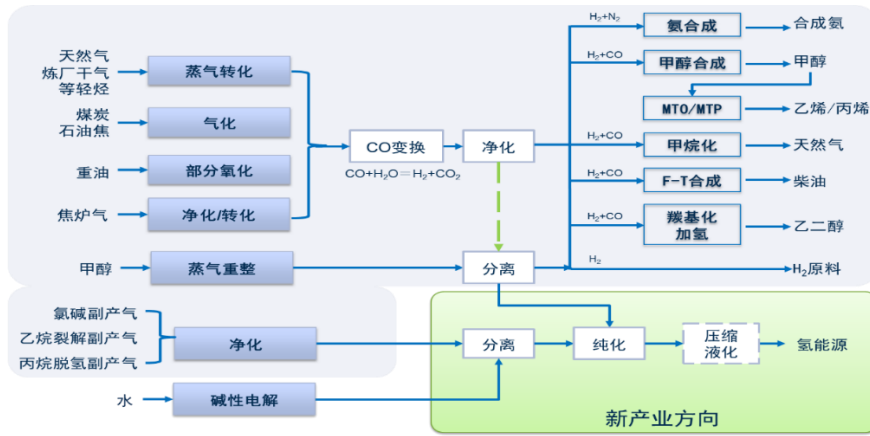
图表9 2020年我国氢气主要消费途径占比



资料来源：中国煤炭加工利用协会，平安证券研究所

资料来源：中国煤炭加工利用协会，平安证券研究所

图表10 当前中国氢气生产和消费主要工艺



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

(1) 以煤为原料制氢

煤制氢的本质是以煤中碳取代水中的氢，最终生成氢气和二氧化碳。这里，碳起到还原作用并为置换反应提供热。

以煤为原料制取含氢气体的方法主要有两种：

一是**煤的焦化 (或称高温干馏)**，煤在隔绝空气条件下，在 900-1000°C制取焦炭，副产品为焦炉煤气。焦炉煤气组份中含氢气 55%-60%(体积)、甲烷 23%-27%、一氧化碳 5%-8%等。每吨煤可得煤气 300-350m³，作为城市煤气，亦是制取氢气的原料。

二是**煤的气化**，使煤在高温常压或加压下，与水蒸汽或氧气 (空气) 等反应转化成气体产物。气体产物中氢气的含量随不同气化方法而异。

(2) 天然气制氢

天然气的主要成分是甲烷 (CH₄)，本身就含有氢。和煤制氢相比，用天然气制氢产量高、加工成本较低，排放的温室气体少，因此天然气成为国外制造氢气的主要原料。其中天然气蒸汽转化是较普遍的制造氢气方法。

(3) 重油部分氧化制造氢气

重油是炼油过程中的残余物，可用来制造氢气。重油部分氧化过程中碳氢化合物与氧气、水蒸气反应生成氢气和二氧化碳。该过程在一定的压力下进行，可以采用催化剂，这取决于所选原料与过程。

(4) 水电解制造氢气

水电解制得的氢气纯度高，操作简便，但需耗电。水电解制氢的效率一般在 75%-85%，一般生产 1m³氢气和 0.5m³氧气的电耗为 4-5kWh。根据热力学原理，电解水制得 1m³氢气和 0.5m³氧气的最低电耗要 2.95 度电。

根据石油和化学工业规划院统计，我国电解水制氢装置约 1500-2000 套，产量约 10-20 万吨。与大规模光伏发电或风力发电配套的电解水制氢装置正在进行小规模示范。

项目：河北建投张家口沽源风电制氢综合利用示范项目

河北省沽源县建设的世界最大的风电制氢综合利用示范项目已于 2016 年 9 月全部并网发电，随后于 2019 年 3 月完成制氢设备的安装。制氢站于 2016 年 9 月中旬开工建设，该项目采用从麦克菲公司引进 4MW 风电制氢装置的技术设计方案和整套生产设备。

投资方：河北建投新能源有限公司

建设规模：200MW 风电场、10MW 电解水制氢和氢气综合利用系统

制氢能力：1752 万标准立方米

制氢规模：一期 4MW 电解水制氢+2×400Nm³/h 中压水电解制氢设备

总投资：20.3 亿元

年销售收入：2.6 亿元

(5) 生物质制造氢气

家庭、农业、林业等产生的生物质可用于生产氢气。原料包括杨树、柳树和柳枝，以及来自厌氧消化或垃圾填埋所产生的沼气等。生物质可以使用成熟的技术进行气化，甚至在气化过程中与煤或废塑料共同反应，如果与碳捕获技术结合，就有可能生产出负碳氢。沼气有额外的净化要求，可以通过类似于蒸汽甲烷重整 (SMR) 的过程进行改造以产生氢气。

(6) 工业副产氢气净化

焦炉气、氯碱、丙烷脱氢制丙烯和乙烷裂解制烯烃副产的粗氢气可以经过脱硫、变压吸附和深冷分离等精制工序后作为燃料电池车用氢源，成本远低于化工燃料制氢、甲醇重整制氢和水电解制氢等路线。

2.3 不同技术制氢的技术经济环境性分析

氢气生产方式较多，氯碱副产气、干气、焦炉煤气、乙烷裂解副产气、甲烷、煤炭、天然气、电解水等多种制氢方式。其中，氯碱副产气、干气、焦炉煤气、乙烷裂解副产气等副产气制氢在能源效率、污染排放、碳排放、成本方面占据优势。各地区发展氢能产业链时，应充分结合区域能源结构，优先使用副产氢气和富余能源进行利用。

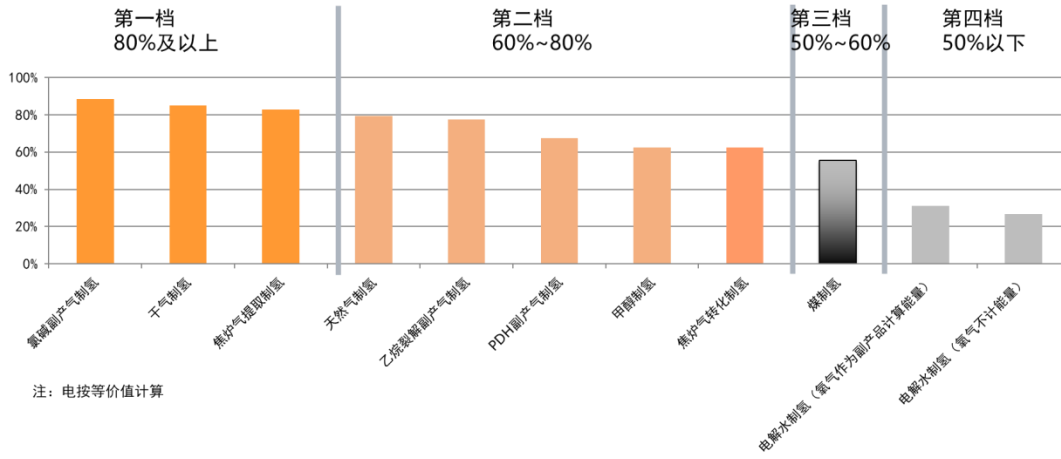
图表 11 副产气制氢在经济性、碳排放等方面具有综合优势

制氢方式	优点	缺点	能源效率 (%)	氢气价格 (元/kgH ₂)	氢气成本 (元/Nm ³)	碳排放 (kgCO ₂ /kgH ₂)	
化石燃料制氢	天然气制氢	产量高，成本低	排放温室气体	83	13-20	0.6-1.2	10
	煤制氢	产量高，成本低，商业化技术成熟	排放温室气体	63	10-15	1-1.2	20-25
工业副产物制氢	焦炉气制氢	利用副产物，成本低	焦炉气具有污染性，建设地点受制于原料供应	焦炉气提取制氢 > 80; 焦炉气转化制氢 > 60	6-11	1.2	< 5
	氯碱制氢	产品纯度高，原料丰富	建设地点受制于原料供应	> 80	10-17	1.3-1.5	< 5
电解水制氢	环保，产品纯度高	耗电量，成本高	45-55	13-46	3-5	25-30	

资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

从能源效率来看，氯碱副产气制氢、干气制氢、焦炉煤气提取制氢能源效率均在 80% 以上，天然气制氢、乙烷裂解副产气制氢、PDH 副产气制氢、甲醇制氢、焦炉煤气转化制氢能源效率 60%-80%，煤制氢能源效率在 50%-60%，电解水制氢能源效率在 50% 以下。

图表12 副产气制氢能源效率最高

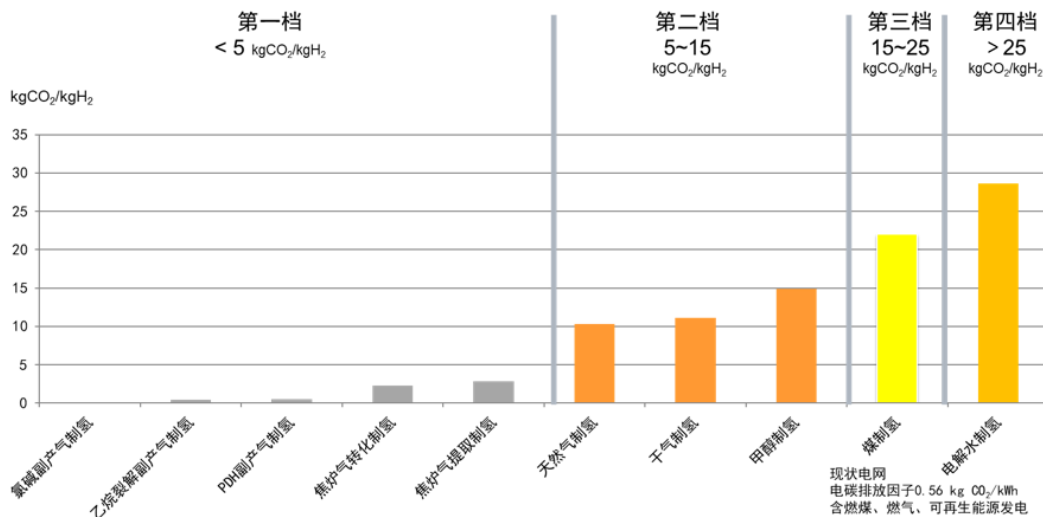


资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

从污染物排放来看，排污强度由小到大分别为：电解水制氢<天然气制氢~甲醇制氢~副产气制氢<煤制氢。

从碳排放来看，副产气制氢<天然气制氢<干气制氢<甲醇制氢<煤制氢<煤制氢电解<电解水制氢（基于现有电网电力结构），如果考虑清洁能源（光伏、风电、水电等），清洁能源电解水碳排放接近为零。

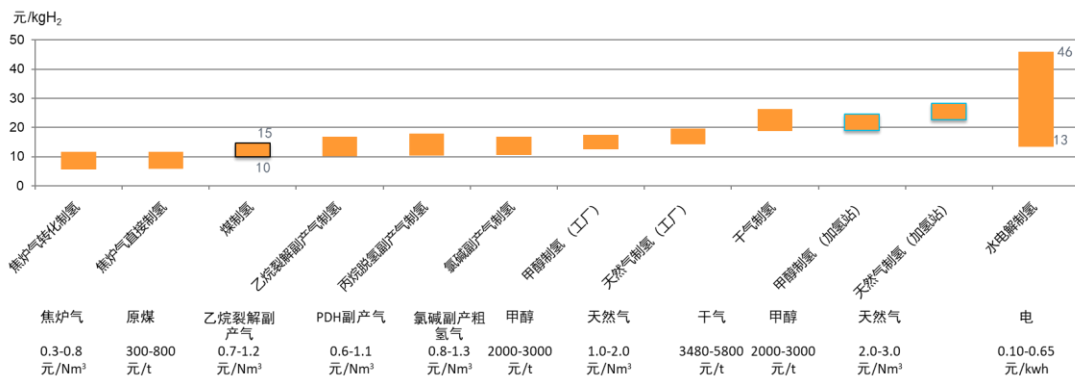
图表13 以现状电力结构看，电解水制氢碳排放最高



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

从成本来看，制氢成本与原料价格关系最大，控制氢能价格需要控制原料价格；根据设定的价格范围，从平均成本看，焦炉煤气制氢<煤制氢<其他副产气制氢<甲醇制氢<天然气制氢<水电解制氢。因地制宜，选择合适原料制氢，氢气出厂价格可低于 15 元/kg，可与煤制氢成本相当。

图表14 工业副产氢成本最低



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

注：水电制氢低价情景包括弃电、部分资源地自发电、燃煤电厂边际成本、部分省份谷电

三、副产氢是近期理想氢源，绿氢逐步走上前台

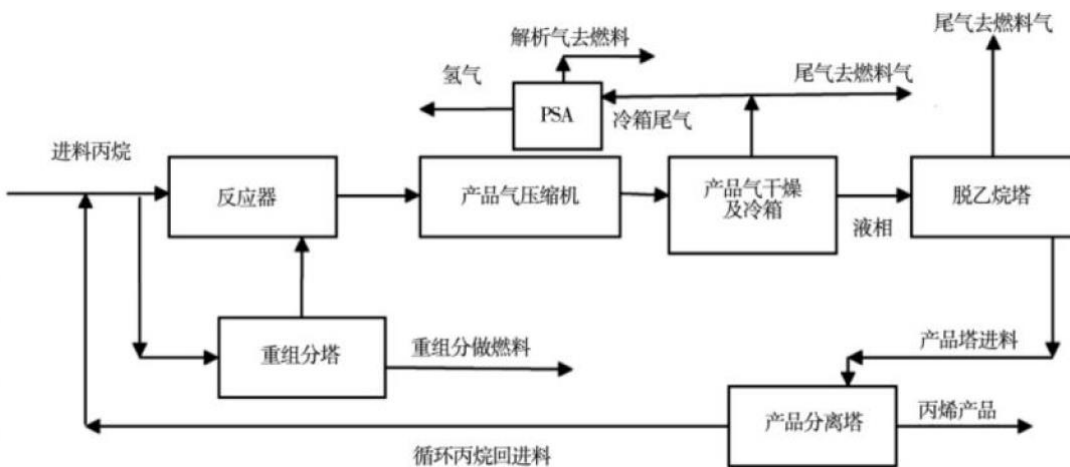
3.1 工业副产氢是近期最现实氢源

我国氯碱、炼焦以及化工等行业有大量工业副产氢资源，足以满足近期和中期氢气的增量需求。但因渠道、价格、信息等原因，这些副产氢很大一部分被用来直接燃烧甚至排空。因此，未来应探索将工业副产氢高值化利用的商业模式，将副产氢提纯并运输至氢气需求侧，更好的发挥氢能价值。相对来说，丙烷脱氢、乙烷裂解等获取的氢气浓度较高。

(1) 丙烷脱氢制丙烯副产氢

丙烷脱氢制丙烯工艺中，生成产品丙烯的同时，副产同等摩尔量的氢气，混合在乙烷、乙烯、一氧化碳、甲烷等的混合尾气中，如采用适当的分离手段，可获得大量的高纯度氢气，作为产品出售能获取更大经济效益。

图表15 丙烷脱氢工艺流程图



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

图表16 中国PDH副产氢项目表（不完全统计）

序号	投产年份	地区	公司	项目进展	丙烯产能（万吨/年）
1	2013	天津	天津渤化石化有限公司	投产	60
2	2014	浙江	浙江卫星石化股份有限公司（一期）	投产	45
3	2014	浙江	宁波海越新材料有限公司（一期）	投产	60
4	2014	浙江	浙江三圆	投产	45
5	2015	山东	京博石化	投产	13
6	2015	山东	神驰石化	投产	21
7	2015	山东	烟台万华	投产	75
8	2015	江苏	张家港扬子江石化有限公司	投产	60
9	2016	山东	齐翔腾达（一期）	投产	10
10	2016	浙江	东华能源（宁波）新材料有限公司（一期）	投产	66
11	2016	河北	河北海伟交通设施集团有限公司	投产	50
12	2017	山东	东明石化	投产	12
13	2019	浙江	浙江卫星石化股份有限公司（二期）	投产	45
14	2019	广东	东莞巨正源一期	投产	60
15	2019	辽宁	恒力石化	投产	50
16	2019	陕西	延长石油	投产	12
17	2020	浙江	浙江石化	投产	60
18	2020	浙江	浙江华泓	投产	45
19	2021	福建	福建美得石化有限公司	投产	66
20	2021	浙江	东华能源（宁波）新材料有限公司（二期）	投产	60
21	2021	山东	金能科技股份有限公司	投产	90
22	2021	山东	齐翔腾达（二期）	投产	70
23	2022	江苏	斯尔邦	在建	70
24	2022	陕西	延长中燃	在建	60
25	2022	浙江	宁波台塑	在建	60
26	2022	广东	东华能源（茂名）	在建	60
27	2022	广东	东莞巨正源二期	在建	60
28	2022	河北	河北海伟兰航化工有限公司	在建	50
29	2023	江苏	中化集团	在建	60
30	2023	山东	振华石油	在建	100
31	2023	江苏	宁波金发	在建	60
32	2023	浙江	浙江卫星石化股份有限公司	在建	80

资料来源：亚化咨询、石油和化学工业规划院，平安证券研究所

根据亚化咨询、相关公司公告及公开信息统计，截至2021年12月，中国共有22个PDH项目投产，另有10个在建，这32个PDH项目丙烯总产能达到1735万吨/年，其中已投产项目1075万吨/年；按照生产1吨丙烯，副产38千克氢气计算，投产产能副产氢气40万吨/年，假定副产氢一半可以用来外供氢气，每年可以外供20万吨氢气。按每辆氢燃料电池车每天加注5公斤氢气、行驶里程200公里来算，这些副产氢气每年可供约11万辆氢燃料电池车行驶。随着在建项目及规划项目的陆续投产，未来供氢量会进一步增加。

图表17 部分中国PDH副产氢项目图



资料来源：亚化咨询，平安证券研究所

（2）乙烷裂解副产氢

蒸汽裂解是生产乙烯使用最广泛的方法。乙烷在 750-850°C、150-350kPa 条件下发生脱氢反应生成乙烯，并副产氢气。

根据亚化咨询估算，到 2022 年，乙烷裂解项目一共可副产氢气 92.3 万吨/年，假定副产氢一半可以用来外供氢气，每年可以外供 46.2 万吨氢气。按每辆氢燃料电池车每天加注 5 公斤氢气、行驶里程 200 公里来算，这些副产氢气每年约可供 25.5 万辆氢燃料电池车行驶。

图表18 部分中国乙烷裂解副产氢项目图



资料来源：亚化咨询，平安证券研究所

亚化咨询认为，由于单个丙烷脱氢和乙烷裂解项目副产氢产能较大，以液氢运输的方式更为合适，将可以为半径 300 公里范围内的区域供应氢气，这些副产氢几乎可以覆盖京津冀、长三角和广东地区，与氢能示范区区域匹配，可以提供相对低成本的氢能。

从目前来看，国内化工副产氢的利用是燃料电池行业供氢的较优选择，国内氯碱、PDH 和快速发展的乙烷裂解行业可提供充足的低成本氢气资源，且集中在负荷中心密集的华东地区，在对这些装置进行低强度的改造之后可同时解决周边区域的供氢和副产氢高效利用的问题，未来化工副产集中式供氢+水电解分散式制氢将会是国内供氢模式的发展方向。

(3) 主要公司

万华化学：丙烷脱氢装置产能 75 万吨/年，乙烯裂解产能 100 万吨/年。

东华能源：丙烷脱氢装置产能 180 万吨/年，茂名首套 60 万吨/年产能在建设中。

齐翔腾达：丙烷脱氢装置产能 80 万吨/年。

金能科技：丙烷脱氢装置产能 90 万吨/年。

卫星化学：乙烯裂解产能 125 万吨/年。

3.2 可再生能源制氢是实现碳中和的必然选择

(1) 可再生能源制氢

电解水制氢具有绿色环保、生产灵活、纯度高（通常在 99.7%以上）以及副产高价值氧气等特点，但其单位能耗约在 4-5 千瓦时/立方氢，制取成本受电价的影响很大，电价占到总成本的 70%以上。若采用现有电力生产，制氢成本约为 30-40 元/公

斤，且考虑火电占比较大，依旧面临碳排放问题。一般认为当电价低于 0.3 元/千瓦时（利用“谷电”电价），电解水制氢成本会接近传统化石能源制氢。

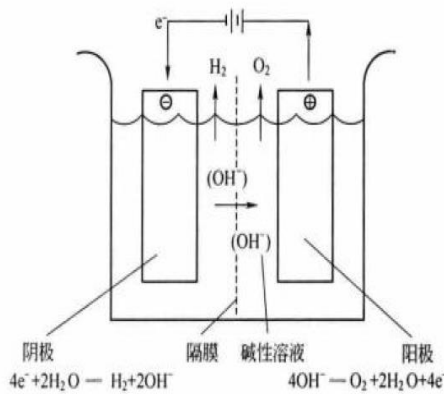
水电解槽是水电解制氢过程的主要装置，水电解槽的电解电压、电流密度、工作温度和压力对产氢量有明显的影响，它的部件如电极、电解质的改进研究是近年来的研究重点。目前，电解水制氢技术主要有碱性水电解槽（AE）、质子交换膜水电解槽（PEM）和固体氧化物水电解槽（SOE）。其中，碱性电解槽技术最为成熟，生产成本较低，国内单台最大产气量为 1000 立方米/小时；质子交换膜电解槽流程简单，能效较高，国内单台最大产气量为 50 立方米/小时，但因使用贵金属电催化剂等材料，成本偏高；固体氧化物水电解槽采用水蒸气电解，高温环境下工作，能效最高，但尚处于实验室研发阶段。

图表19 电解水制氢技术对比

项目	碱性电解	PEM 电解	SOEC 电解
技术成熟度	大规模应用	小规模应用	尚未商业化
运行温度	70-90° C	70-80° C	600-1000° C
电流密度	0.2-0.4A/cm ²	1.0-2.0A/cm ²	1.0-10.0A/cm ²
单台装置制氢规模	0.5-1000Nm ³ /h	0.01-500Nm ³ /h	/
电解槽能耗	4.5-5.5kWh/Nm ³	3.8-5.0kWh/Nm ³	2.6-3.6kWh/Nm ³
系统转化效率	60-75%	70-90%	85-100%
系统寿命	已达 10-20 年	已达 10-20 年	/
启停速度	热启停：分钟级 冷启停：> 60 分钟	热启停：秒级 冷启停：5 分钟	启停慢
动态响应能力	较强	强	较弱
电源质量需求	稳定电源	稳定或波动电源	稳定电源
负荷调节范围	15-100%额定负荷	0-160%额定负荷	/
系统运维	有腐蚀性液体，后期运维复杂，运维成本高	无腐蚀性液体，运维简单，运维成本低	目前以技术研究为主，尚无运维需求
占地面积	较大	较小	/
电解槽价格	2000-3000 元/kW（国产） 6000-8000 元/kW（进口）	7000-12000 元/kW	/
特点	技术成熟、成本低、易于实现大规模应用，但实际电能消耗较大、需要稳定电源	占地面积小、间歇性电源适应性强、易于实现与可再生能源结合，但设备成本较高	高温电解能耗低、可采用非贵金属催化剂，但存在电极材料稳定性问题、需要额外加热
与可再生能源的结合	适用于稳定电源的装机规模较大的电力系统	适配波动性较大的可再生能源发电系统	适用于产生高温、高压蒸汽的光热发电系统

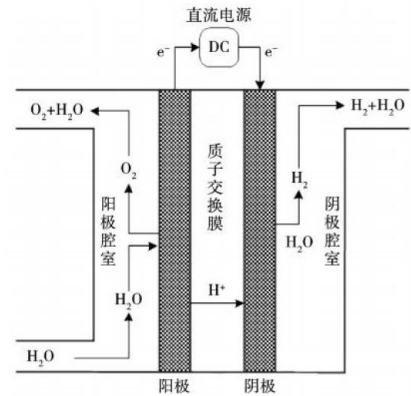
资料来源：《中国氢能产业发展 2020》，平安证券研究所

图表20 碱性电解槽(AE)电解水制氢示意图



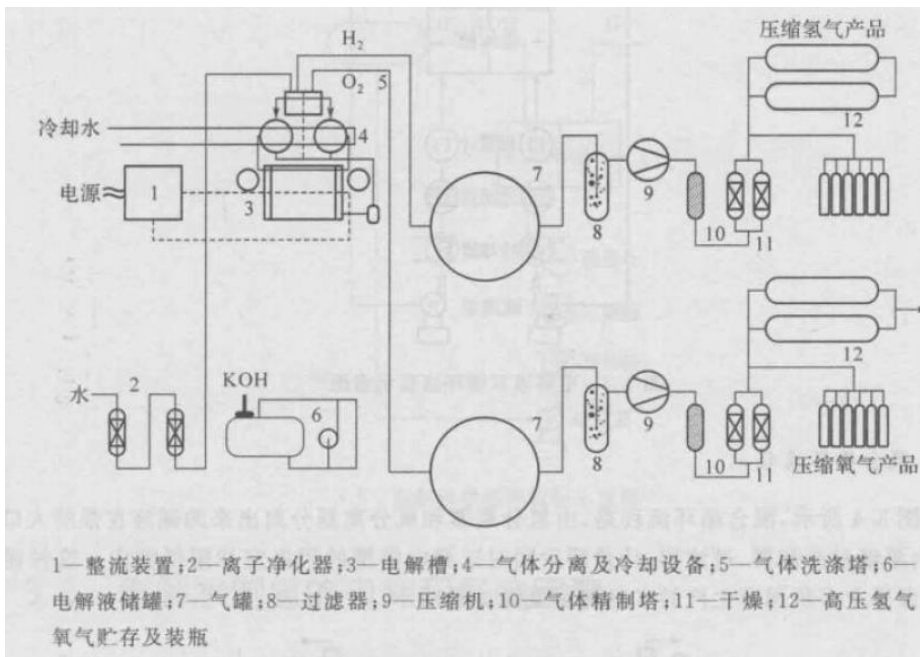
资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

图表21 质子交换膜(PEM)电解水制氢示意图



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

图表22 水电解制氢工艺流程图



资料来源：石油和化学工业规划院，平安证券研究所

未来，可再生能源发电制氢的潜力很大。一方面作为全周期零碳排放技术，随着可再生能源发电平价上网，电解水制氢成本将持续下降，尤其是近期局部区域弃风、弃光、弃水及弃核制氢的经济性较为突出；另一方面当波动性可再生能源在电源结构中占到较高比重时，单纯依靠短周期（小时级）储能将无法满足电力系统稳定运行需要。日间、月度乃至季节性储能将是实现高渗透率可再生能源调峰的主要手段。

(2) 主要公司

苏州竞立：苏州竞立制氢设备有限公司于 1993 年在苏州吴中经济开发区注册成立，是一家集研发、生产、销售水电解制氢设备、气体纯化、回收设备及各种类型的氢能专业设备于一体的高科技企业，历经二十多年的发展，现已成为国内大型的水电解制氢设备龙头企业。

在产品系统中，水电解制氢设备氢气产量从 0.3m³/h-1000m³/h 完成主流市场需求覆盖，该公司单机产量向两个方向发展，一是大型制氢设备，一是微型制氢设备。目前，公司 1000m³/h 压力型制氢设备已经研制成功，已成为国内制氢设备用户较多、市场占有率较高的专业设备研发、生产厂家。

公司承担了国家“973”计划大规模非并网风电制氢系统的科研任务。公司电解技术在大型化碱性电解设备方面处于领先水平，同时于 2016 年也完成了 PEM 电解槽的研制，目前核心业务以大型碱性电解制氢设备为主，兼顾其他电解制氢技术的储备性研究。

天津大陆：天津市大陆制氢设备有限公司成立 1994 年，长期从事制氢设备和气体纯化设备开发、设计、制造。是我国水电解制氢设备的专业厂家。可生产 0.1Nm³/h~1000Nm³/h 的电解水制氢设备。

大陆公司生产的制氢设备和气体纯化设备目前已广泛应用于电力、电子、半导体材料、光纤、冶金、建材、原子、化工、宇航、气象、医药等行业。

中电丰业：公司是水电解制氢及氢能源综合利用解决方案提供商，专注于氢能源领域研发、生产、销售的“交钥匙”工程，是一家国家高新企业。公司从开始代理国际著名氢能源品牌，到消化吸收自我创新，制造拥有完全自主知识产权的制氢供氢设备。目前，中电丰业已经成功参与了 200 多个制氢、加氢系统的设计、生产、安装、调试和技术服务，有全规格、全技术的水电解制氢产品，是国内 500 公斤现场制氢加氢一体站（山西大同）和兆瓦级 PEM 制氢储能项目（安徽）的主要设备供应商。

中船重工 718 所：主要是做水电解制氢的研究和生产单位，从 2011 年开始，陆续参加了很多国家 863 计划，中央财政支持的一些重点高校的学科建设，政府间的一些合作项目，已经一些省级的科技重大专项等等。

隆基股份：2021 年 3 月，隆基股份联合朱雀投资成立了氢能子公司，新设子公司注册资本 3 亿元。10 月 16 日，隆基氢能首台碱性水电解槽下线，公司当天宣布今年将具备 500MW 的能力，未来五年内产能将达到 5-10GW。

新能源运营商：绿电指的是利用风机、生物质能、太阳能等可再生能源产生的电力，发电过程中不产生或很少产生对环境有害的排放物；而绿氢来自于绿电，随着绿氢需求增加，新能源运营商用绿电生产绿氢将产生更多效益。

五、投资建议

氢能是替代化石能源实现碳中和的重要选择。氢能已经成为应对气候变化、建设脱碳社会的重要产业方向。欧、美、日、韩等发达国家纷纷制定氢能路线图，加快推进氢能产业技术研发和产业化布局。氢能产业已成为我国能源战略布局的重要部分。我国已经成为全球最大的氢气生产国，但是目前氢气主要来自灰氢（化石燃料），但化工过程副产氢成本低、产量大，且与氢能示范城市匹配，是短期最现实的氢源；随着碳市场的推进，绿氢的需求逐步增加，未来大规模光伏发电或风力发电配套电解水生产绿氢将成为趋势。随着氢能产业逐步用于汽车和工业，氢能的利用量将逐步增长，关注丙烷脱氢和乙烷裂解副产氢气的应用，建议关注金能科技、东华能源，绿氢产业的发展将推动电解槽及新能源装备的需求，新能源运营商也将受益，推荐隆基股份和三峡能源。

六、风险提示

(1) 政策实施不及预期

碳中和目标的实现需要相关政策大力推行，如执行力度不及预期将对氢能推广产生不利影响。

（2）氢能价格难以大幅下降

其他低碳或零排放技术快速发展，氢能价格难以大幅下降，指示在经济性上优势不明显，推广不及预期。

（3）燃料电池成本下降不及预期

氢燃料电池技术整车成本较高，如果成本难以大幅下降，或对氢能的推广应用产生影响。

（4）氢能冶金等工业应用发展不及预期

氢能冶金等工业应用还处于研究和示范阶段，如果进展不及预期或成本难以大幅下降，对氢能在冶金行业的推广应用产生一定影响。

平安证券研究所投资评级：

股票投资评级：

- 强烈推荐（预计 6 个月内，股价表现强于市场表现 20% 以上）
- 推 荐（预计 6 个月内，股价表现强于市场表现 10% 至 20% 之间）
- 中 性（预计 6 个月内，股价表现相对市场表现在 $\pm 10\%$ 之间）
- 回 避（预计 6 个月内，股价表现弱于市场表现 10% 以上）

行业投资评级：

- 强于大市（预计 6 个月内，行业指数表现强于市场表现 5% 以上）
- 中 性（预计 6 个月内，行业指数表现相对市场表现在 $\pm 5\%$ 之间）
- 弱于大市（预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场表现 5% 以上）

公司声明及风险提示：

负责撰写此报告的分析师（一人或多人）就本研究报告确认：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的，本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险，投资需谨慎。

免责条款：

此报告旨在发给平安证券股份有限公司（以下简称“平安证券”）的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠，但平安证券不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2021 版权所有。保留一切权利。

平安证券

平安证券研究所

电话：4008866338

深圳

深圳市福田区益田路 5023 号平安金融中心 B 座 25 层
邮编：518033

上海

上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 26 楼
邮编：200120
传真：(021) 33830395

北京

北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心北楼 16 层
邮编：100033