

氢储能发电系统的 价值与探索

侯向理 首席技术官

2022 / 12.13



浙江高成绿能科技有限公司
Zhejiang Nekson Power Technology Co., Ltd

CONTENTS

目 录

01

机遇与挑战

02

氢能电站应用案例

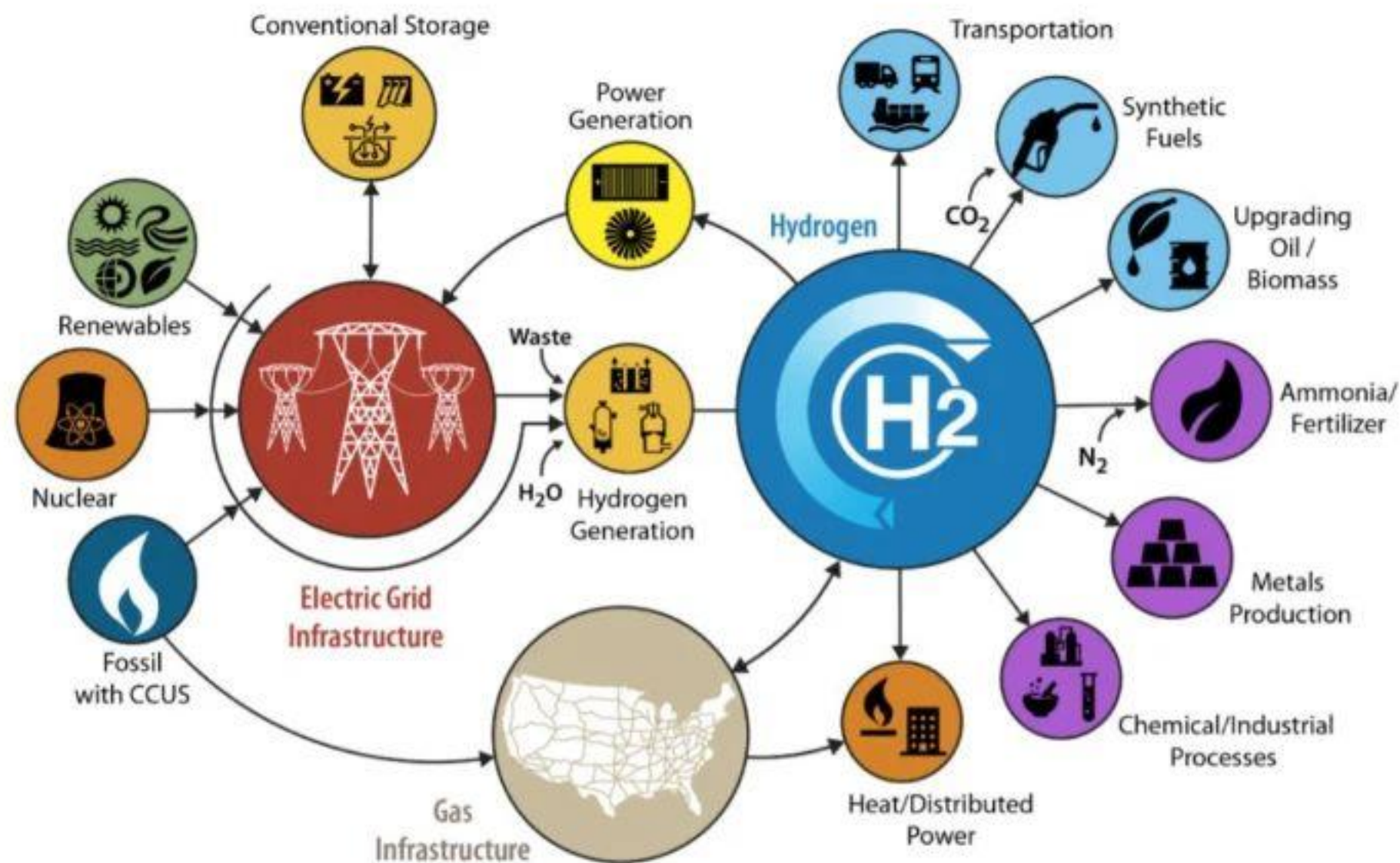
03

高成绿能简介

01

机遇与挑战

氢能的价值



美国能源部,《储能大挑战路线图》(《Energy Storage Grand Challenge Roadmap》)

氢可作为“电—氢能源转换体系”的关键媒介和能源转型的基石, 容易获得, 来源多样, 用途广泛, 战略意义重大

氢储能优势

新能源消纳

适合长周期（小时至季度）；大规模（兆瓦到百吉瓦级容量规模）储能

储运与使用方式 灵活性

可采用纯氢运输、天然气掺氢、特高压输电-受端制氢和液氨等方式，不仅可与电能之间相互转化，也可转化为含氢化合物促进工业脱碳

地理限制与生态保护

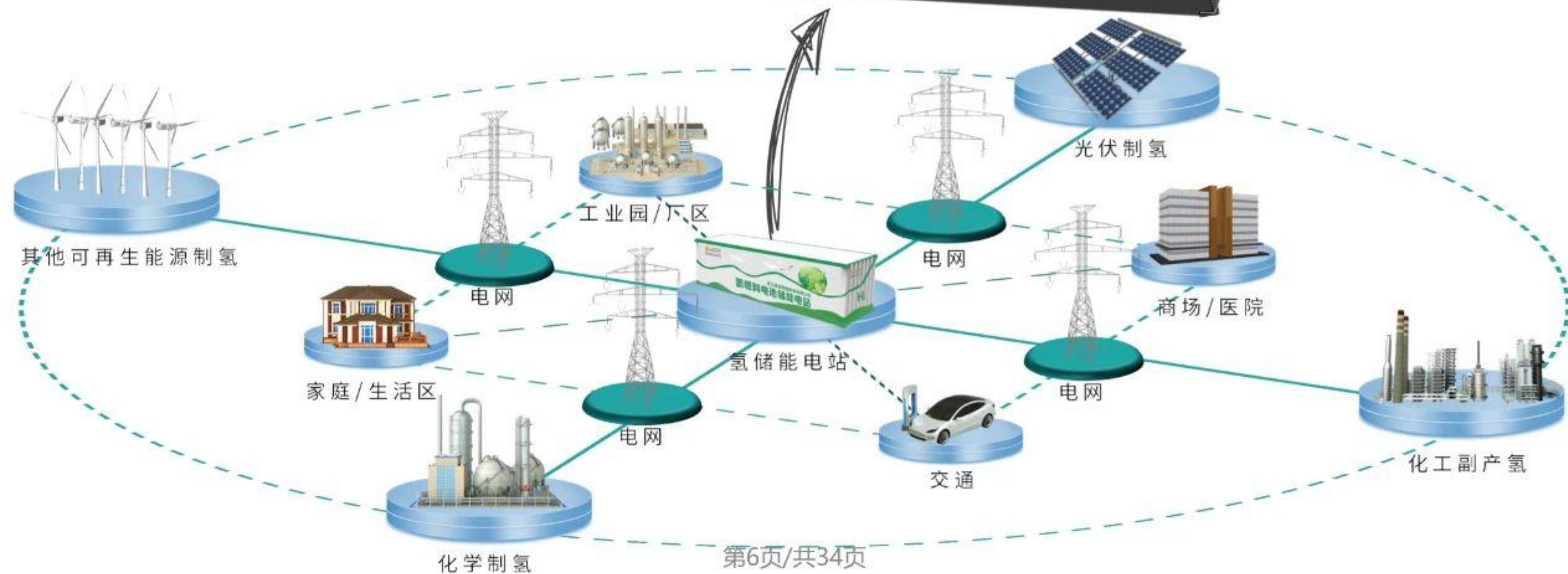
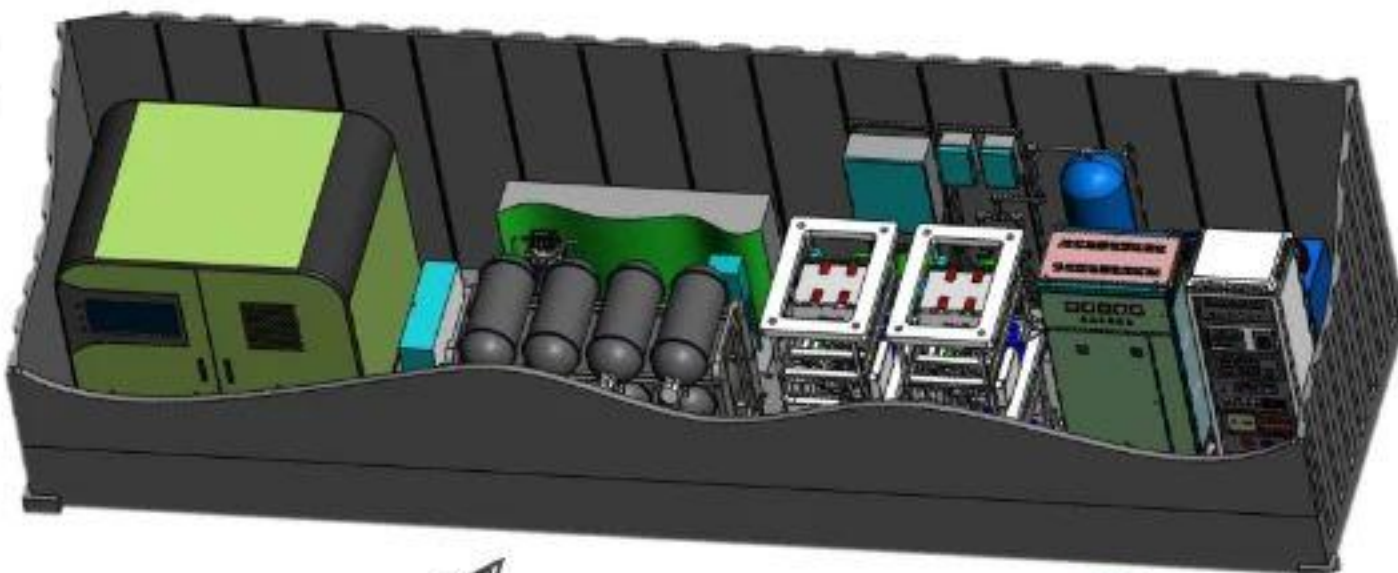
相较于压缩空气、抽水蓄能等其他大规模储能技术，氢储能不需要特定的地理条件，应用场景更广泛

规模储能经济性

储能系统的边际成本下降，规模化储氢比储电的成本要低一个数量级

氢储能发电应用模式

实现多能互补
实现分布式智能供电



氢储能发电经济性

发电成本=制氢成本/氢-电转化效率+制氢/储氢/发电设备折旧及使用维护成本
收益=销售电价-发电成本

氢储能发电的经济性取决于充（制氢）放（发电）电价差。

假设**绿电-制氢-发电**场景：可再生能源电价占绿氢制氢成本的60-70%，以0.15元/kWh可再生能源发电电价和50kWh/kg制氢电耗计算，可再生能源制氢的成本约为10.7~12.5元/kg。按照单位千克氢气发电18kWh和0.6元/kWh售电价格计算，售电收入为10.8元/kg，最多与制氢成本勉强持平，全链条算下来必然**亏损**。

整个链条电-氢-电能量转化效率只有**30%**多，这导致充放电电价差值至少**5倍**以内都没有经济性

出路在哪里？

- 1、进一步提高全链条电能转化效率，并充分利用副产热
- 2、可再生能源电价是否可以进一步降低到0.1元/kWh甚至更低？同时寻找销售电价更高的场景？
- 3、氢气价格是否有更便宜的来源，譬如副产氢、进口氢？
- 4、前期是否可以寻找一定政策支持，促进技术进步和产业链成本下降，顺利度过产业培育期
- 5、特定场景挖掘与其他储能技术的比较优势，譬如长周期、低频率、大容量应用领域
- 6、将氢储能发电与氢气多种工业应用相结合，提高氢气使用灵活性与经济性

总结：寻找便宜氢源，提高能量利用效率，寻找高电价应用场景，寻求政策支持，挖掘新型应用领域

氢储能机遇与挑战

机遇

- 能源体系转型
- 可再生能源不稳定性对储能的需求
- 氢储能自身的优势——长周期、大容量

挑战

- 氢气成本
- 电站造价成本
- 能量转换效率
- 技术成熟度
- 制氢-储氢-运氢-发电整个流程较长，法规制度不健全

展望

- 氢气规模化制造，成本进一步降低，且实现跨区域、跨国境供应
- 电站成本未来10年大幅下降，能量转化效率进一步提升，多种技术路线百花齐放
- 特定应用场景先行，由示范应用到商业化推广，技术成熟度持续提升，法律法规进一步完善
- 发电与多种消纳方式相结合，宜氢则氢宜电则电

02

氢能电站应用案例

产品应用案例

可再生能源制氢



嘉兴恒创电力集团、嘉兴市供电局

PEM电解水制氢	额定产气量5Nm ³ /h
燃料电池发电	额定发电功率≥25kW
余热回收	热水供应量约8L/min, 热水温度≥50℃;
发电并网	输出电压380Vac, 可以并网使用/控制输出功率



技术优势及产品特点

- 园区屋顶光伏发电制氢
- 热能与电能双利用, 相辅相成, 提高能源利用率
- 并入智慧能源体系, 实现远程监控

国内**首**座氢储能热电联供电站



嘉兴电力红船“零碳”智慧园区



产品应用案例

可再生能源制氢



浙江正泰新能源科技有限公司

碱式制氢	额定产气量5Nm ³ /h
PEM电解水制氢	额定产气量1Nm ³ /h
燃料电池发电	额定发电功率≥10kW
车辆动力系统	额定系统功率5kW（风冷）

碱式制氢&PEM电解水制氢双系统



技术优势及产品特点

- 采用双系统制氢：碱式制氢&PEM电解水制氢
- 增加氢气增加装置，可支持氢能车辆加氢
- 搭配多辆氢能观光车进行示范运行
- 双电源系统（光伏+谷电）供电制氢

浙江海宁正泰新能源园区



产品应用案例

可再生能源制氢



浙江巨化股份有限公司

PEM电解水制氢	额定产气量 $2\text{Nm}^3/\text{h}$
燃料电池发电	额定发电功率 $\geq 5\text{kW}$
储氢系统储电量	$\geq 10\text{kWh}$
制氢系统工作压力	$1.0\sim 1.6\text{MPa}$ (压力可调)

技术优势及产品特点

- 采用金属储氢系统
- 热能除供应园区外，还用于金属储氢
- 双热管理系统，更加高效利用余热

金属储氢系统首次示范



浙江巨化集团化工园区



可再生能源制氢模式

国际能源署（IEA）发布的《2050年净零排放:全球能源部门路线图》指出，至2050年，可再生能源发电将占全球总发电量的88%；其中，风电和光伏发电占全球总发电量的68%。

发电侧

储能可用于解决因风光发电的间歇性和波动性导致的电网不稳定以及弃风弃电问题

电网侧

储能系统可提供辅助服务，维持电网稳定运转

用户侧

电网削峰平谷，节省电费；
备用电源，防止断电影响设备运转；
用于离网电源

目前，可再生能源制氢储能电站主要用于发电侧领域，实现长周期、大体量储能，形成真正的绿色闭环式能源产业链。

但短时间内经济性较差，需要深入挖掘应用场景，中长期随着绿氢的普及和制氢成本下降，该方式发展前景看好，可实现真正零碳排放。



产品应用案例



特殊场景即产即用

甲醇重整制氢	额定产气量320Nm ³ /h
燃料电池发电	额定发电功率≥300kW
电站模式	支持并网/离网、孤岛运行
无补给工作时长	≥400h
电力系统	AC400V并网/离网



技术优势及产品特点

- 燃料为化石燃料，对储存条件要求不高
- 氢气即产即用，无储存带来的可能风险
- 燃料电池工作过程温度较低，高隐蔽性，红外特征低
- 高可靠性，安全措施完善

化石燃料制氢模式

在线制氢——即产即用

化石资源/醇类制氢**工艺成熟、成本低廉**，具备较强的**规模效应**，是目前工业氢气的主要制取路径。目前，全球氢气消费量超过**96%**是通过化石燃料制取的。**中短期内该方式可有效解决氢源的问题**，借助于**碳捕集与封存技术 (CCS)**，可以有效降低该制氢方式的碳排放量，将“灰氢”转变为“蓝氢”，以实现未来化石能源的可持续发展。

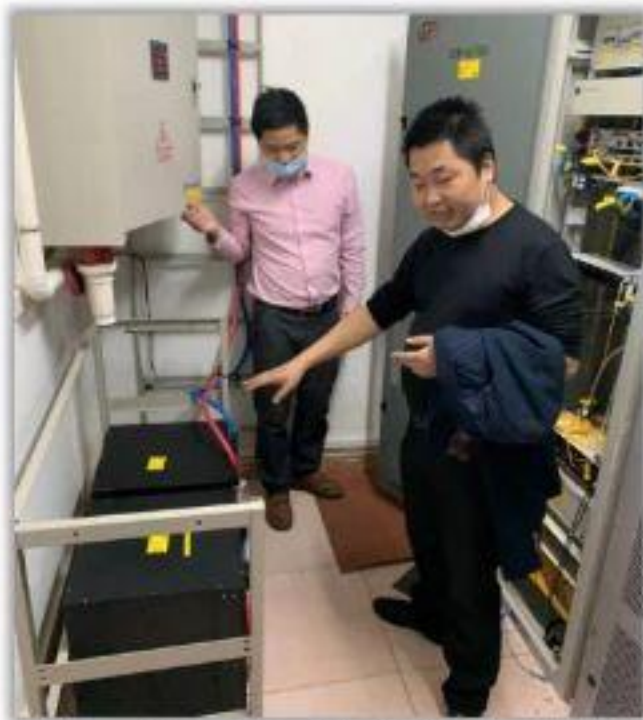


制氢工艺	主要原料	相关项目
煤气化法	煤、石油焦	恒力石化公司2000万吨/年、浙江石化公司4000万吨/年、盛宏石化公司2600万吨/年、中国石油天然气集团公司广东石化公司2000万吨/年等新建炼油项目以及中国海洋石油总公司惠州炼化公司2200万吨/年、中国石化集团公司燕山石化公司1200万吨/年、洛阳石化公司1800万吨/年等
甲烷蒸汽转化	天然气	中国石油天然气集团公司云南石化公司1300万吨/年炼油项目
甲醇蒸汽转化	甲醇	山东寿光鲁清石化有限公司60000m ³ /h甲醇制氢

产品应用案例 备用电源

中国铁塔股份有限公司

使用场景	公共场所	居民区	地下车库	野外	数据中心
运行功率	≥5kW	≥5kW	≥5kW	≥5kW	≥10kW
供电时长	≥8h	≥8h	≥8h	≥8h	≥72h
噪音要求	< 70dB	< 65dB	< 70dB	不限	不限
使用环境	城区内部	楼顶	密闭空间	半山腰	室内恒温



基站备用电源模式

备用电源场景对氢气价格敏感性较低，可充分发挥燃料电池无自放电、环境适应性好等优点，应用前景看好。

国家算力枢纽	国家数据中心集群
京津冀枢纽	张家口集群
长三角枢纽	芜湖集群
	长三角生态绿色一体化发展示范集群
粤港澳枢纽	韶关集群
贵州枢纽	贵安集群
成渝枢纽	天府集群
	重庆集群
甘肃枢纽	庆阳集群
宁夏枢纽	中卫集群
内蒙古枢纽	和林格尔集群

2021年7月14日
工信部印发《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》明确：支持探索利用锂电池、储氢和飞轮储能等作为数据中心多元化储能和备用电源装置，这一规划为氢储能在电力行业扩大了市场。

2022年3月
“两会”期间，提出实施“东数西算”工程，统一布局节点型设施，加快打造8大枢纽、10个国家数据中心集群，稳妥有序推进国家新型互联网交换中心、国家互联网骨干直连点建设。

产品应用案例

化工副产氢



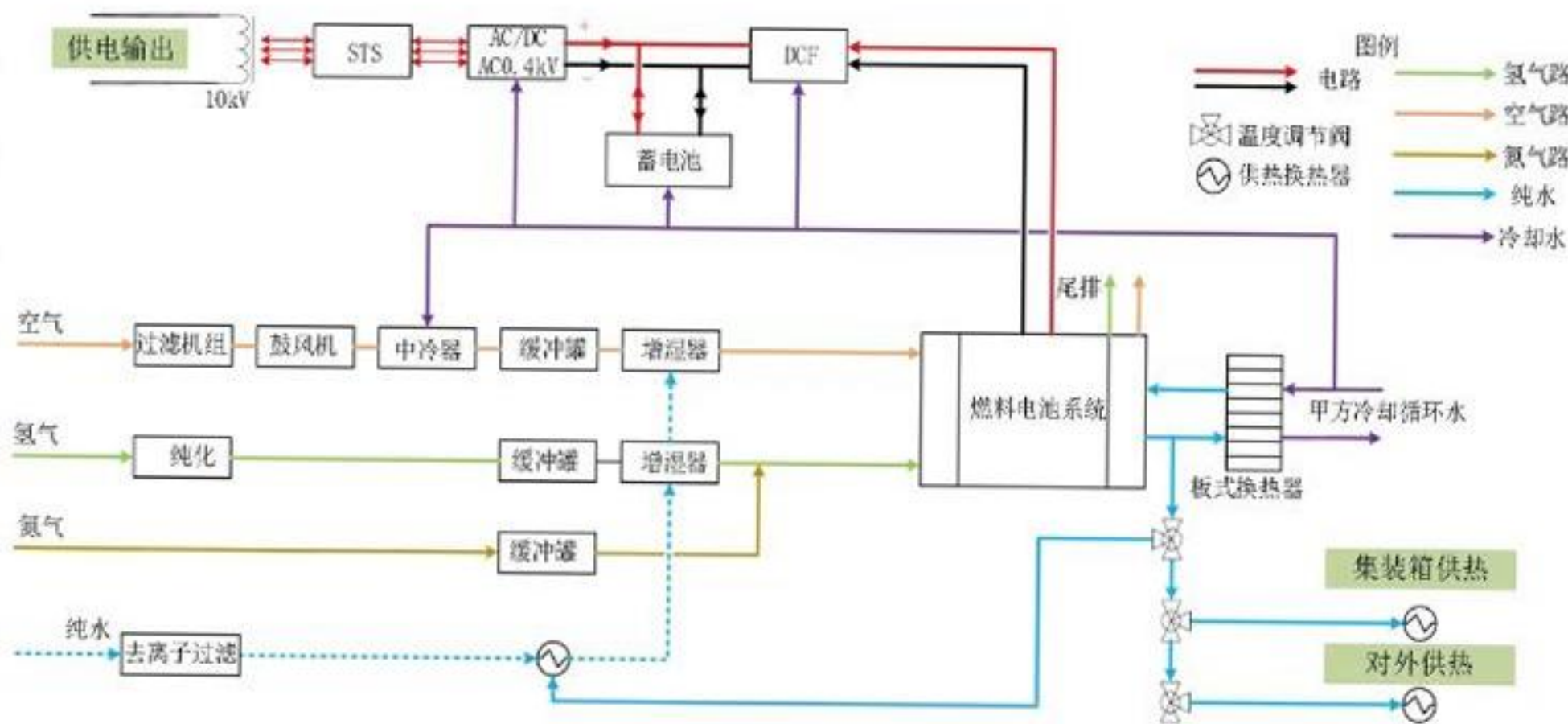
xxx精细化工有限公司

电堆额定功率	$\geq 2\text{MW}$
电站净输出	$\geq 1.6\text{MW}$
氢气流量	$1300\text{Nm}^3/\text{h}$
可回收余热	$\geq 1300\text{kW}$



技术优势及产品特点

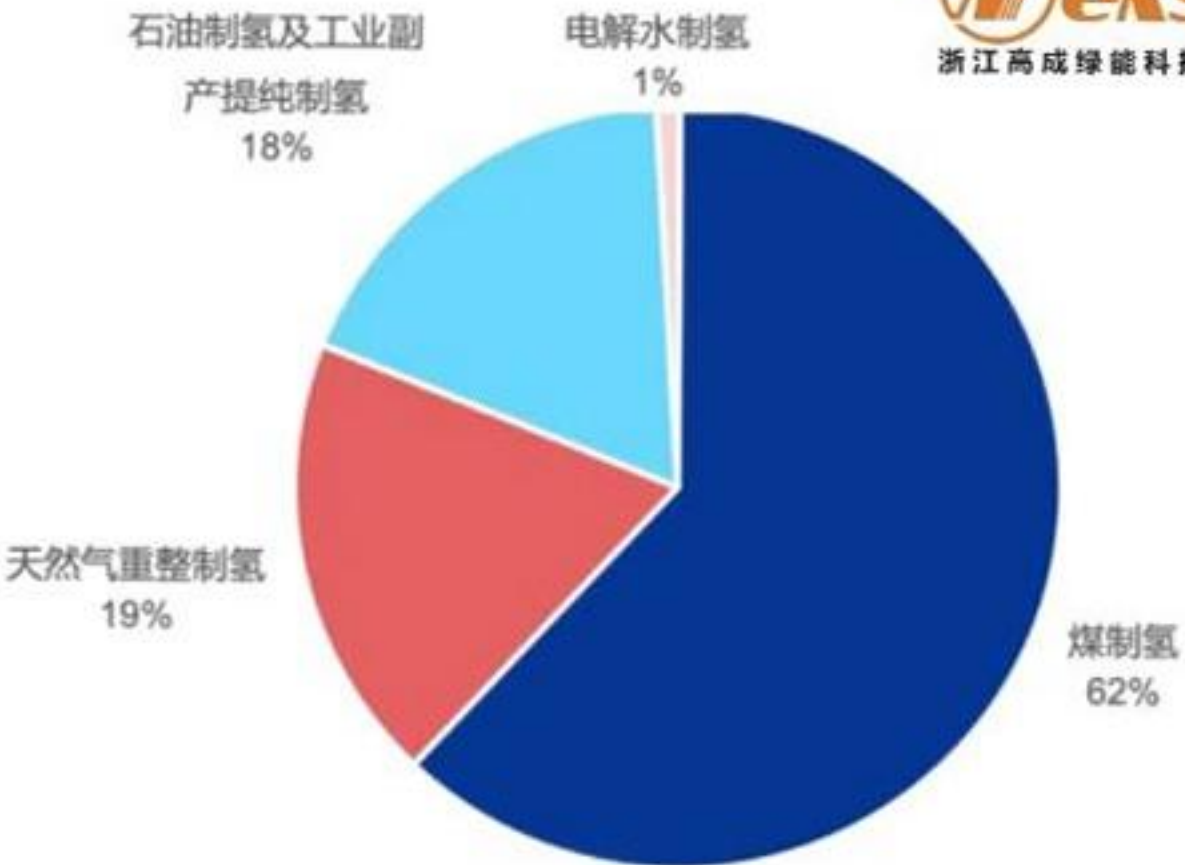
- 燃料为提纯后的化工副产氢
- 氢气提纯单价低，制氢成本较低
- 电站的公用工程需求与工厂契合通用
- 降碳省电，解决“拉闸限电”问题



电站流程简图

化工副产氢模式

根据《中国氢能发展报告2020》的统计，工业副产氢的年供应潜力为450万吨以上，其中焦炉煤气副产氢的供氢潜力最大，可有效推动废氢回收再利用二次能源循环市场产品推广应用。若可用副产氢中20%用于燃料电池发电，则年副产氢约91.8万吨，约可建设1912MW规模的电站。



工业副产氢	年产量 (万吨)	年副产氢 (万吨)	弛放气比例	可用副产氢 (万吨)
氯碱	3500	80	30%	25
甲醇合成	8351			10
合成氨	15000			100
丙烷脱氢	17个项目			37
焦炉煤气	47000	760	39%	287
合计				459

03

高成绿能简介

高成绿能简介



01

高成绿能产业园



02

厦门耐克森办公楼

- 浙江高成绿能科技有限公司成立于2006年，位于浙江省长兴县，是国内**首批**氢燃料电池企业。拥有从催化剂、膜电极、燃料电池、电解水制氢到燃料电池系统的**全产业链核心技术和自主知识产权**；建立了便携式、移动式、固定式燃料电池发电系统研发中心、制造中心；客车、重卡等车载动力燃料电池系统研发中心、运维中心，是集研发、生产和服务为一体的**军民融合型国家高新技术企业**。
- 厦门耐克森能源科技有限公司是浙江高成绿能科技有限公司**全资子公司**，是客车、重卡、叉车等车载动力燃料电池系统研发中心、运维中心。

公司历史沿革



公司荣誉资质

高成绿能拥有**专利180余项**，**商标10余项**，参与制定国家标准**6项**，团体标准**2项**，是多家行业协会的**首批会员单位**。



催化剂

2009年开始自研催化剂，迭代至第3代，包含铂碳、铂黑、合金、氧化物等13个系列，铂含量、组分、载体均可自由搭配

加强催化剂载体耐久性，优化孔隙率，兼顾了活性与耐久性

产品参数	平衡性催化剂	高耐久性催化剂	高活性催化剂
含量（铂）		30%-70%Pt/C	
催化剂载体	大比表面积碳、部分石墨化碳、石墨化可选择		



膜电极

分为两类：空冷MEA-A系列、液冷MEA-B系列

优化催化层、气体扩散层搭配，提升电极内水分分布均匀性，保证膜电池高稳定、长寿命运行

催化剂层中添加自由基淬灭剂、抗反极催化剂提高膜电极极端条件耐受性

性能	参数
电极性能	$> 0.66V@2A/cm^2$
抗反极时间	$> 120min$
OCV工况	$> 1000h$
峰值功率密度	$> 1.5W/cm^2$

核心部件

空冷电堆

电堆型号	额定电流/A	额定电压/V	额定功率/W	尺寸/mm	重量/kg
STKAA-25C	12	15	180	111*67*88	0.98
STKAC-40A	40	25	1000	192*115*146	2.5
STKAD-120A	80	75	6000	268*128*557	13.4

*可进行25W~10kW范围内不同规格定制

- 包括三种标准型号产品
- 适合10kW以下应用场景，系统成本更低
- 抗反极技术，防止积水、欠气等造成膜电极损伤等问题
- 专利的单电池结构设计，组装更换更加便捷



核心部件

液冷电堆

电堆型号	额定功率/kW	峰值功率/kW	功率密度kW/L*
STKCF-200B	75	86	4.3
STKCI-400B	216	249	4.4

可提供10kW-300kW不同功率等级产品定制

- 包括CF和CI两种平台化产品，均采用宽操作区间设计，关键指标可定制化调整
- 通过流体力学模拟、高精度组装与均一性实测保证了电堆受力、流体分配和性能的均一性
- 专利的单电池结构设计，组装更换更加便捷



燃料电池系统 液冷系统

系统型号	NKS60B300A1
额定功率/kW	60
峰值功率/kW	65
额定电压/VDC	480-700
额定电流/ADC	0-125
功率质量密度W/kg	403
应用场景	湖州地区首批氢能公交



核心技术

- 动态极限加载工况下的介质提前干预技术
- 阴极侧湿度比例调节技术
- 阳极侧自适应排氢排水控制策略
- 宽温度范围全功率快速响应技术
- 电化学过程诊断及燃料电池健康度监控技术



系统型号	NKS120B450A2
额定功率/kW	120
峰值功率/kW	130
额定电压/VDC	480-700
额定电流/ADC	0-250
功率质量密度W/kg	486
应用场景	氢燃料电池重卡

燃料电池储能电站



嘉兴“零碳”园区热电联供电站



正泰新能源氢储能电站



巨化集团氢储能电站



湖州综合能源站氢储能电站



即产即用电站

燃料电池系统 空冷系统

	MOD-1K	MOD-5K
产品型号		
额定功率	1000W	5000W
峰值功率	1200W	6000W
额定输出电压	25VDC (22~40VDC)	75VDC (66~120VDC)
工作温度	-20~45°C	

注：提供1~10kW小型驱动电源模块产品定制化设计服务

- 高环境适应性设计
- 轻量化设计
- 集成化设计，包括电堆、散热系统、控制系统以及DC/DC



燃料电池小型动力系统



观光车



叉车



沙滩车



邮政车



巡逻车



无人机

燃料电池小型电源

额定功率	额定电压	尺寸mm	重量kg	运行温度
50-100W	24VDC,可定制	275*100*160	< 2.5	-20-45℃
2-10kW	48VDC/220VAC,可定制	670*500*375	< 45	-20-45℃

- 体积小
- 重量轻
- 结构简单
- 维护便利
- 安全可靠
- 环境适应性强



高成绿能燃料电池产业链

