



“科创中国” 技术路演

新型全钒液流电池储能技术

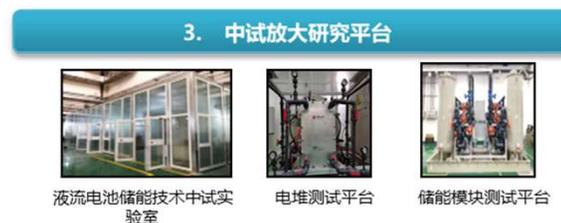
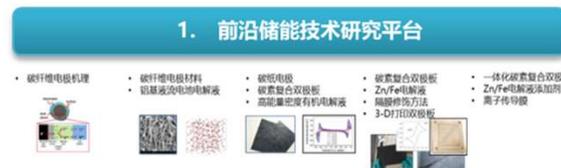
刘庆华

2021年10月

国家能源集团低碳院简介



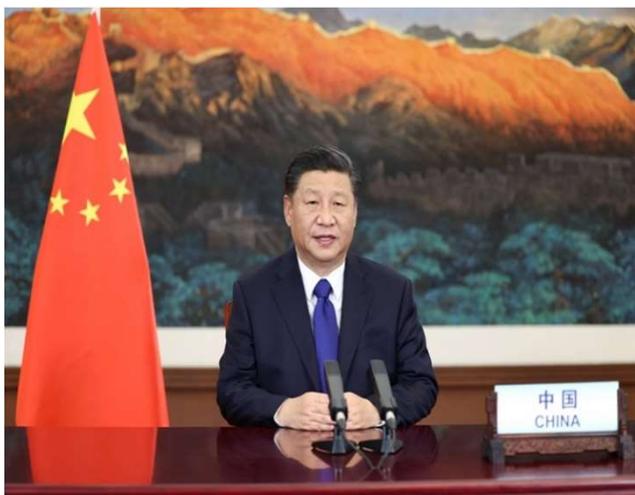
- 北京低碳清洁能源研究院（简称“低碳院”）隶属于国家能源集团，成立于2009年，是国家级海外高层次人才创新创业基地。目前设有北京、美国、德国3个全球研发基地，近700名员工，其中国外员工占比30%以上，50%科研人员具有博士学位。
- 创新型研发机制，全球化管理模式，聚焦储能等领域的先进技术研发、创新及产业化。
- 资深的液流电池储能技术研发团队，多位国家特聘专家，覆盖液流电池材料、电堆、部件、系统集成和示范应用等领域。
- 国际领先的技术研发平台，成熟的液流电池储能技术研发、评价、表征和示范平台。



储能是实现“30·60”目标的关键支撑技术



- 2030年，风电、太阳能发电总装机容量将达到**12亿千瓦以上**。
- **安全大规模长时全钒液流电池储能技术**是破解可再生能源发展瓶颈及低谷电消纳不足困局，是提升能源利用效率的关键支撑技术。



2020年12月12日，国家主席习近平在气候雄心峰会上发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，宣布中国力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

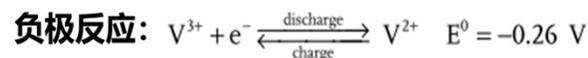
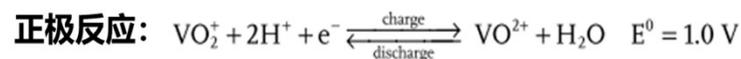
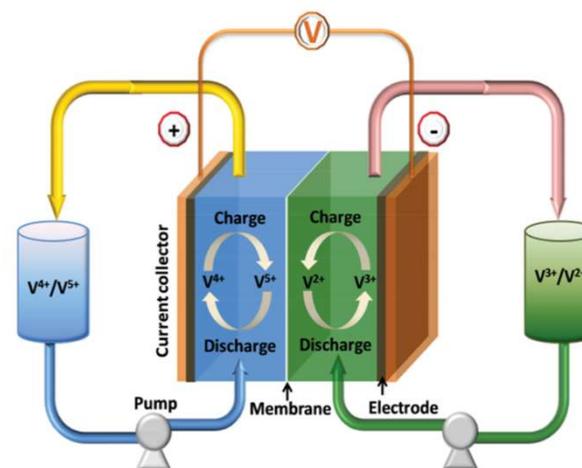
政策	要点
国家层面	
2021年，国家发展改革委《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	提升科技创新能力，坚持储能技术多元化， 液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期 。
2020年，国家发展改革委	“风光水火储一体化”，“源网荷储一体化”。
2019年，国家发改委等五部委	重点推动液流电池储能电站
地方层面	
2020年，江苏、浙江、甘肃、北京等超过16个省份发布推动储能发展相关政策	“新能源+储能” 标配发展趋势显现
湖北、江西等省份	明确支持全钒液流电池储能产业发展 。

储能技术发展概况

- 当前储能技术分为物理储能、电化学储能、化学储能和储热储能。
- 技术路线选择综合考虑“安全性、经济性、技术性能、环境友好性、资源可持续性”等指标。



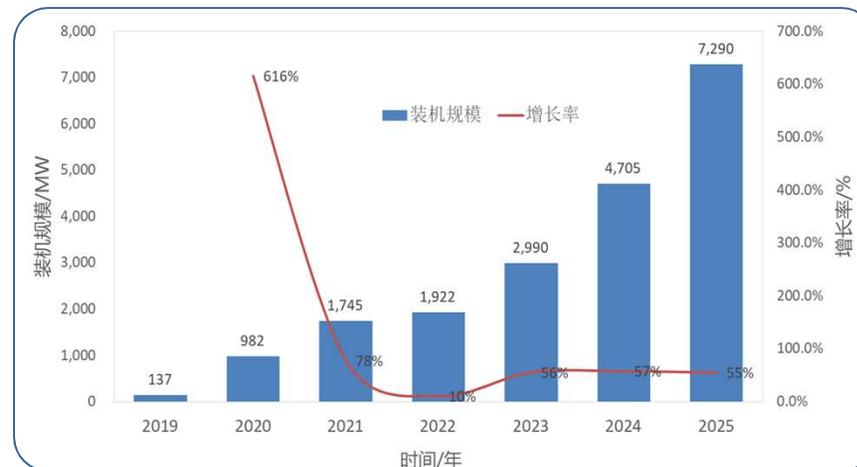
- **全钒液流电池是当前最为成熟的液流电池储能技术之一。**
- 全钒液流电池是一种与其他二次电池结构明显不同的储能电池技术路线。



液流电池是大规模储能市场最具竞争力的技术路线之一



液流电池储能应用于“源、网、荷”侧大规模储能市场。



“十四五”期间液流电池储能细分市场将快速发展。

- “十四五”期间，液流电池储能市场有望超过800亿人民币，国家能源集团投资约占15%。
- 液流电池储能应用于发电侧、电网侧、用户侧中的大规模储能应用场景，发挥可再生能源并网、调频调峰辅助服务、工商业能量管理、通讯基站备电、智慧城市保电备电作用。

液流电池技术路线在规模化储能领域具有先天优势



技术指标	传统全钒液流电池(VRB)	锂离子电池
化学组成	H ₂ SO ₄ 基、HCl基电解液	LFP/LMO/NCA/NMC/LCO
安全性	✓ 本质安全型, 不会爆炸起火	热失控引起起火爆炸风险
初始投资成本	✗ 3500-4000元/kwh	1800-2500元/kwh
全生命周期度电成本	✓ 0.2-0.37元/kwh	0.38-0.53元/kwh
单个循环充放电时长	✓ ~10小时	<4 小时
循环寿命	✓ 15000-25000次	1000-10000次
日历寿命	✓ 20-30年	3-10年
能量密度	✗ 15-40Wh/kg	80-300Wh/kg
直流侧效率	✗ 75%-85%	92%-99%
放电深度	✓ 100%	80%-95%
使用环境温度	✓ -20-50°C	-20-30°C
自放电率 (天)	✓ 0.1%	0.15%

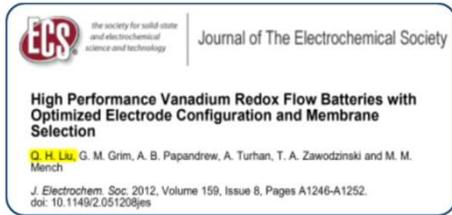
- **安全性、循环寿命、日历寿命、价格**是市场评估储能技术/产品优劣性的核心关切点, 两种电池各具优劣势。
- **液流电池可支持长时间持续充/放电, 安全性及运行成本**方面均优于锂离子电池。
- **液流电池最需要提高的就是初始投资成本**, 亟需技术创新以实现快速降本。

全钒液流电池储能技术挑战

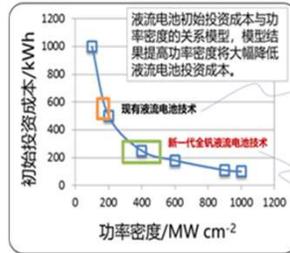


- 虽然全钒液流电池储能是“应用起步最早、已验证功能最全、储能电站规模最大”的储能技术路线，但因克服以上挑战进展缓慢，“核心电堆转化能力弱”成为行业痛点，导致近年来液流电池发展缓慢，亟需突破性技术。

新型全钒液流电池核心技术攻关



2011年，低碳院技术团队在**全球范围内率先提出“高功率密度全钒液流电池”**概念，以**第一作者**身份将研究成果发表在“美国电化学学会会刊 (JES) ”。



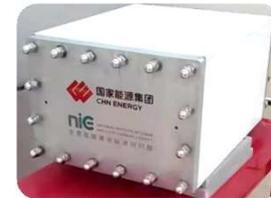
功率密度-成本模型



电池关键材料创新



电池结构和工艺创新



高功率密度电堆样机

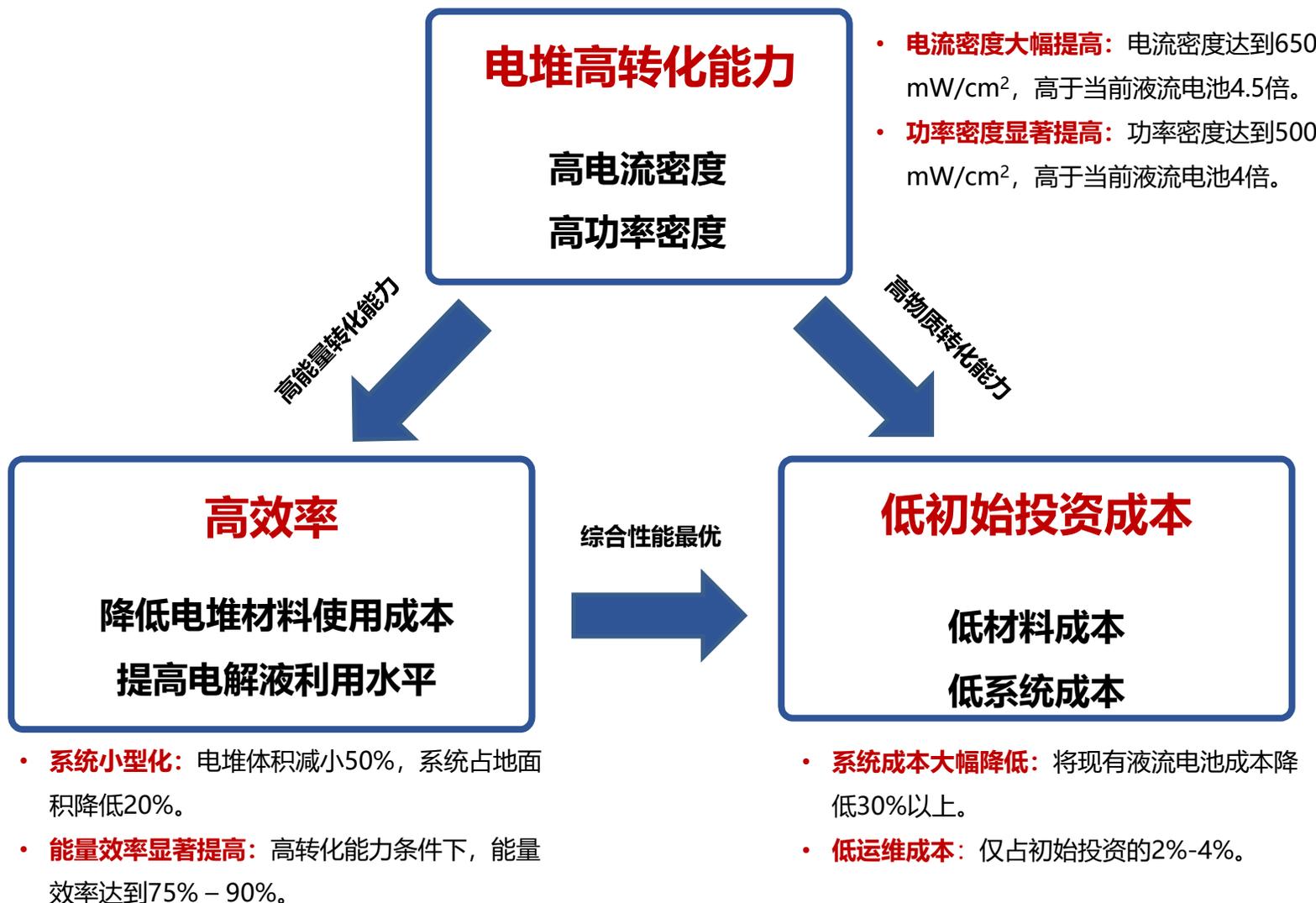


“光伏+储能”应用
场景技术示范



在首次提出“高功率密度电堆”基础上，自主创新，围绕“材料-结构-工艺”多维复合技术路线，开展了13项核心技术攻关，开发了**新型电池材料、新电池结构、电堆/电解液最优匹配工艺技术**，在“高活性、低电阻、强传质”实现了**技术突破**，成功开展了小试、中试、技术示范，成功制备了高功率密度电堆样机和储能系统模块，掌握了**新型全钒液流电池储能核心技术**。

新型全钒液流电池核心技术突破



新型全钒液流电池核心技术突破效果



技术指标	传统全钒液流电池	新型全钒液流电池	锂离子电池
化学组成	H ₂ SO ₄ 基、HCl基电解液	H ₂ SO ₄ 基、HCl基电解液	LFP/LMO/NCA/NMC/LCO
安全性	本质安全型，不会爆炸起火	本质安全型，不会爆炸起火	热失控引起起火爆炸风险
电站规模	兆瓦至吉瓦	兆瓦至吉瓦	一般小于20兆瓦
初始投资成本	3500-4000元/kwh	2500-2800元/kWh	1800-2500元/kWh
全生命周期度电成本	0.2-0.37元/kwh	0.1-0.15元/kWh	0.35元/kWh
单个循环充放电时长	~10小时	~10小时	~2小时
循环寿命	15000-25000次	15000-25000次	1,000-10,000次
日历寿命	20-30年	20-30年	3-10年
能量密度	15-40Wh/kg	15-55Wh/kg	80-300Wh/kg
直流侧效率	75%-85%	75%-90%	92%-99%
放电深度	100%	100%	-80%
使用环境温度	-20-50℃	-20-50℃	-20-30℃
自放电率 (天)	0.1%	0.05%	0.15%

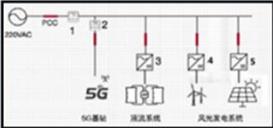
新型全钒液流电池的开发成功大幅提升液流电池的性价比。为其大规模应用提供了技术基础。将为储能市场提供**高安全、大规模、综合性能最优**的储能产品。

新型全钒液流电池示范应用



实例#1. 风电+光伏+5G通讯基站储能

- 位于福州紫光科技园，包括分布式风电、分布式光伏、5G基站和液流电池储能系统。



系统拓扑图



液流储能系统照片

千瓦级



实例#2. 光储+用户侧储能

- 位于广东顺德某工业园区，包括66kW光伏（多晶硅+ClGS），液流电池和用户侧微网。



示范项目外景图



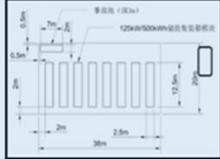
储能系统模块

百千瓦级



实例#3. 海上风电储能示范应用

- 位于江苏某海上风电场内，液流电池储能电站配置规模5MW/20MWh。



液流电池储能电站布置图



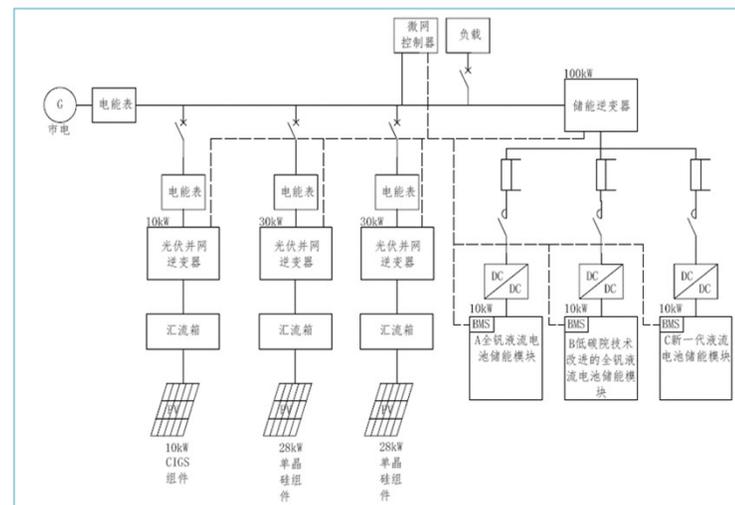
风电场现场照片

兆瓦级

- “光伏+用户侧” 新型 全钒液流电池储能示范应用

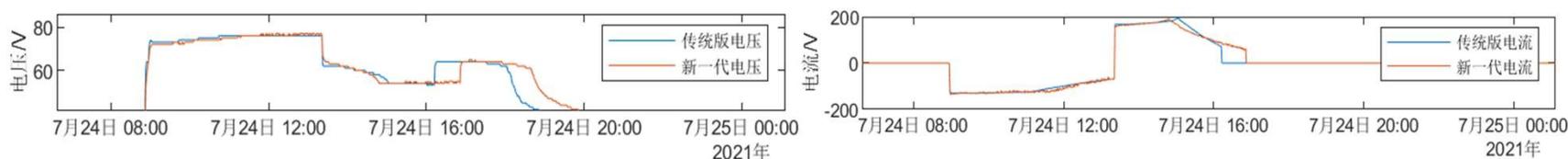


“光伏+用户侧” 全钒液流电池储能示范应用现场照片



应用示范系统单线图

- 系统构成：66kWp光伏发电系统（包括屋顶光伏和建筑光伏）、100kW储能逆变器、3套全钒液流电池储能系统（1套商业化储能系统、1套低碳院技术升级商业化储能系统、1套新型全钒液流电池储能系统）。



传统技术路线和新型全钒液流电池充放电测试曲线比较

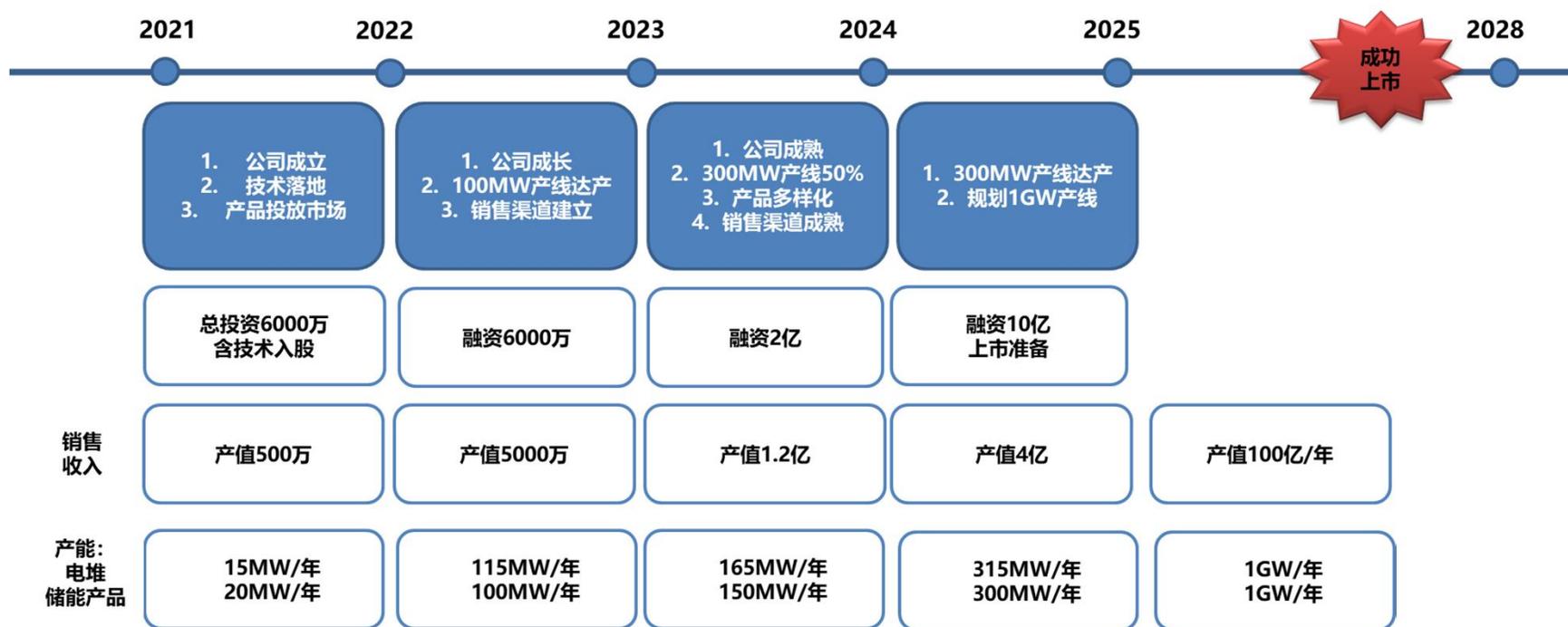
	充电时间	充电量	放电时间	放电量	效率
传统版全钒液流电池					
循环#1	6 小时 57 分 (18:23- 22:18) (8:00-11:02)	37.77 kWh	3 小时 10 分 (11:02- 14:12)	27.15 kWh	71.8%
循环#2	5 小时 30 分 (14:00 -19:30)	40.1 kWh	3 小时 08 分 (19:30 -22:38)	28.47 kWh	71.17%
小计	12 小时 27 分	77.87 kWh	6 小时 18 分	55.62 kWh	71.49%
新型全钒液流电池					
循环#1	4小时3分 (16:22-20:19)	35.55 kWh	3小时11分 (20:20-23:30)	26.39 kWh	74.23%
循环#2	4小时3分 (8:02-12:05)	35.3 kWh	3小时10分 (12:07-15:17)	26.49 kWh	75.04%
循环#3	4小时2分 (15:18-19:19)	33.67 kWh	3小时11分 (19:20-22:31)	25.17 kWh	74.75%
总计	12小时8分	102.52 kWh	4小时32分	78.05 kWh	74.7%

- 对比测试显示，新型全钒液流电池系统能量效率较传统型高出超过3个百分点。可以实现高功率高效率，稳定运行，尤其在联合运行时优势明显。

产业化方案

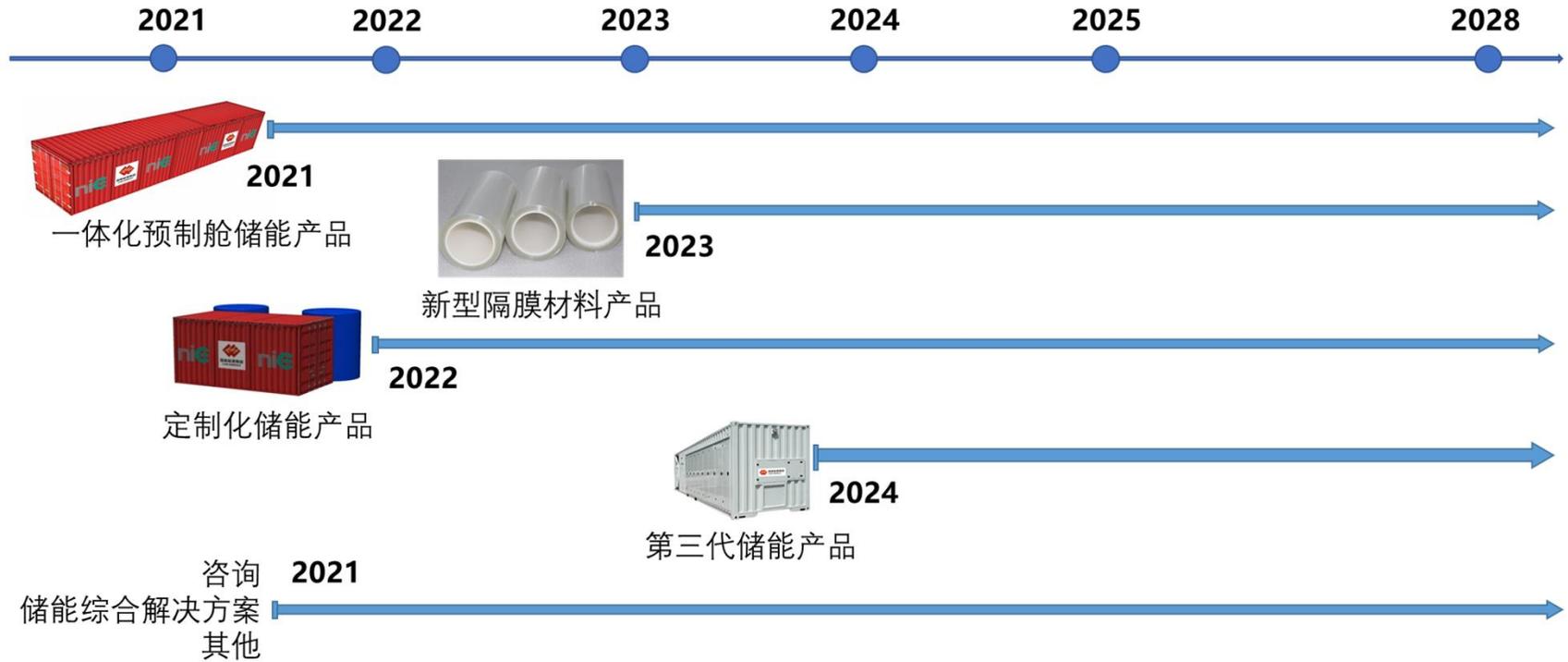


- 成立储能科技公司。近期以高端装备制造为主，中期向产业链上游延伸，开发关键材料产品，同时提供技术咨询服务，远期开展科技金融服务。
- 混合所有制模式（央企+社会资本+员工），核心团队持股。



产业化路线图

产业化方案



产品货架和持续技术开发计划

愿景

- 近期（2021-2025）发展成为国内一流的储能技术产业化主体。
- 未来（2025+）成为国际一流的储能企业。

使命

以市场为驱动，以先进液流电池储能技术为核心，创新发展，提供一流储能系统产品、储能材料产品、储能综合解决方案、储能技术服务和咨询。实现其在现代电力系统中的广泛应用并创造价值。

谢谢!