

专题一：助力碳达峰·实现碳中和 双碳背景下储能技术及应用概述

产业发展部

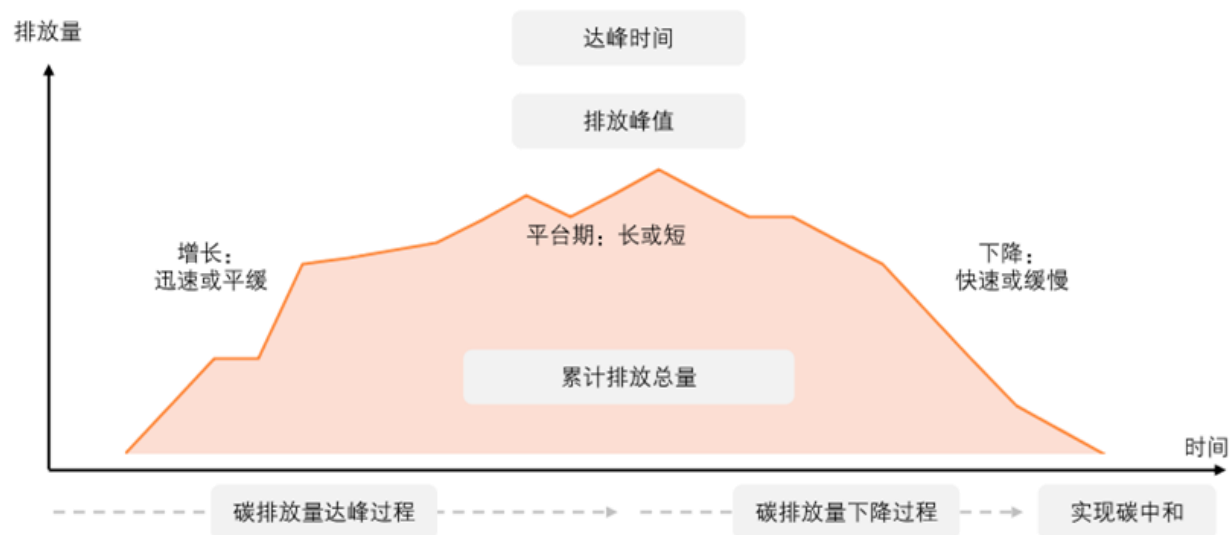
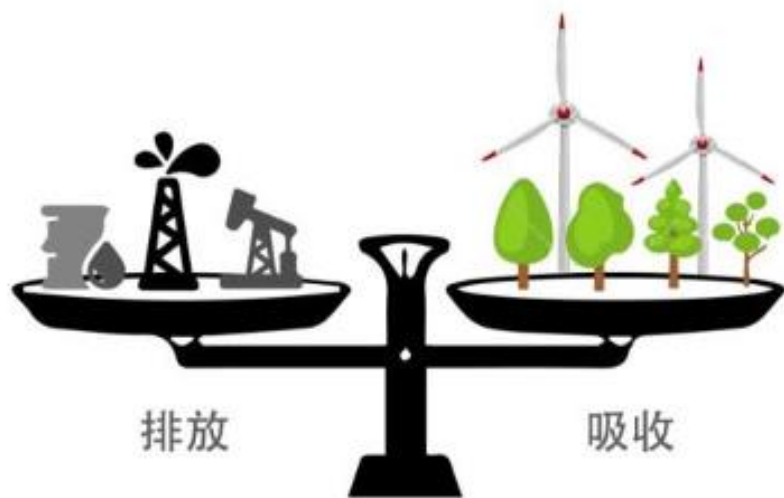
2021年11月

目录

- 1 储能行业发展和技术概述
- 2 储能技术典型的应用场景
- 3 储能技术未来的发展方向
- 4 储能技术应用的简要总结

1. 碳中和、碳达峰政策及行业背景

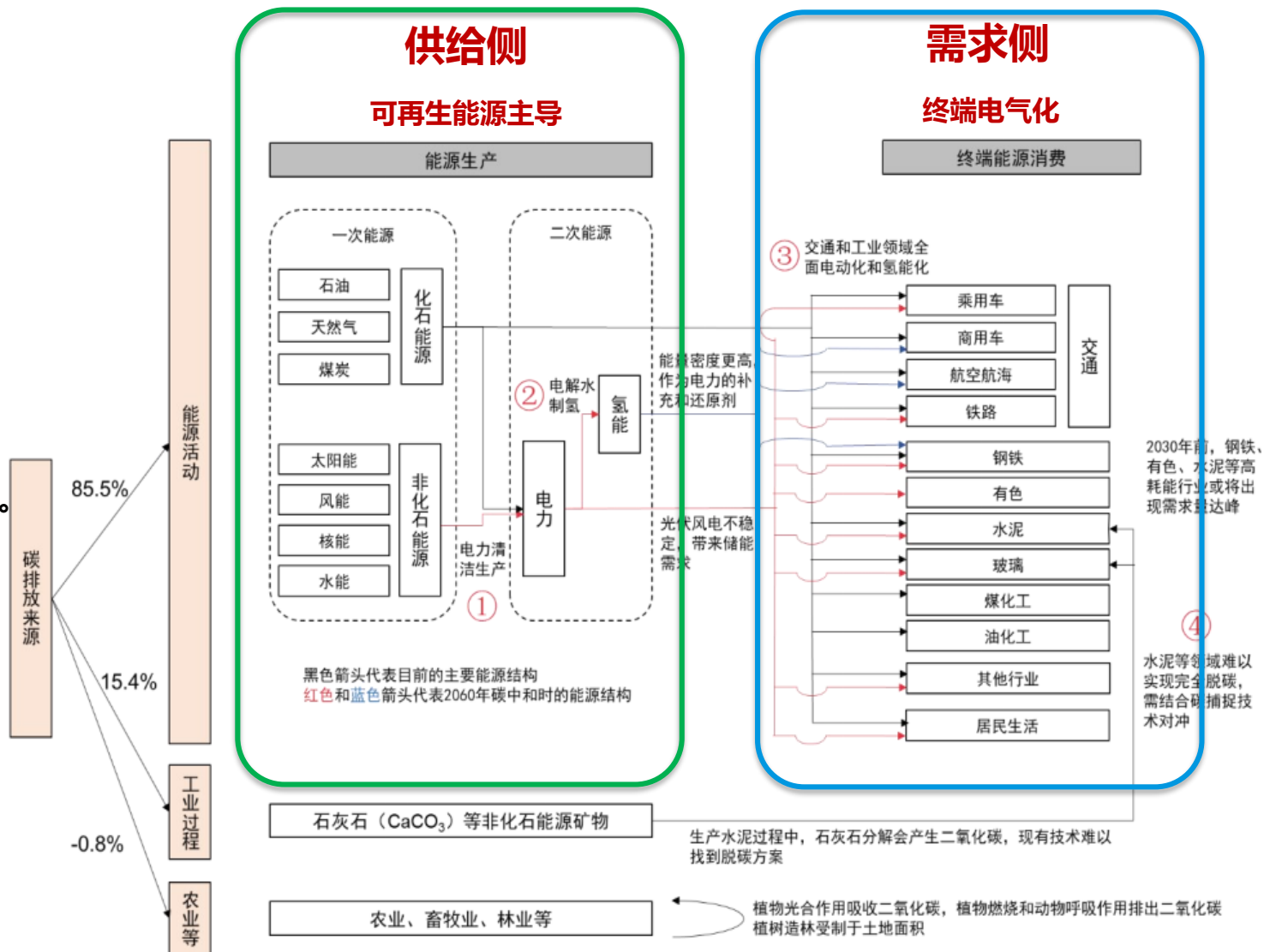
- 中国国家主席习近平在 2020 年 9 月 22 日召开的联合国大会上表示：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，争取在 2060 年前实现碳中和。”
- **碳达峰**：简单地讲是指二氧化碳排放量达到历史最高值。根据世界资源研究所介绍，碳排放达峰并不单指在某一年达到最大排放量，而是一个过程，即碳排放首先进入平台期并可能在一定范围内波动，然后进入平稳下降阶段。
- **碳中和**：指国家、企业、产品、活动或个人在一定时间内直接或间接产生的二氧化碳或温室气体排放总量，通过植树造林、节能减排等形式，以抵消自身产生的二氧化碳或温室气体排放量，实现正负抵消，达到相对“零排放”。



碳中和碳中和示意图

2. 碳中和、碳达峰行业全景

- 碳达峰与碳中和涉及到国民经济的方方面面，牵一发而动全身。
- 将碳排放来源分为能源活动、工业生产过程、农业、林业和废弃物处理等五类。
- 能源活动指，化石燃料的燃烧以及化石燃料开采时的温室气体逃逸排放，占比约为 **85.5%**。能源活动中，可分为**供给侧**和**需求侧**两个维度。
- 工业过程指，工业生产中能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的温室气体排放，占比约为 **15.4%**。
- 农业、林业和废弃物处理占比仅为 **-0.8%**，表现为净吸收二氧化碳。



3. 以新能源为主体的新型电力系统呼之欲出

高比例新能源电力系统需要储能技术支撑

- 新能源的随机性、间歇性、低转动惯量等给电力系统带来挑战，随机扰动冲击、暂态、频率、电压等多种稳定性问题耦合交织，电力电量平衡问题突出。
- 储能可向电力系统提供调频、备用、黑启动、调峰、需求响应等多种服务，能灵活应用于发、输、配、用各个环节。

成本快速下降，储能+新能源迎来新机遇

- 风电、光伏发电成本快速下降，“十四五”期间，部分地区将低于燃煤标杆电价。可利用其低价空间提升自身稳定性和可控性。
- 电化学储能经济性不断提升，在电网侧、用户侧已初具应用效益。目前，锂电池储能系统成本已接近1200元/kWh，到2030年有望进一步下降50%以上。

提升新能源的电网友好性

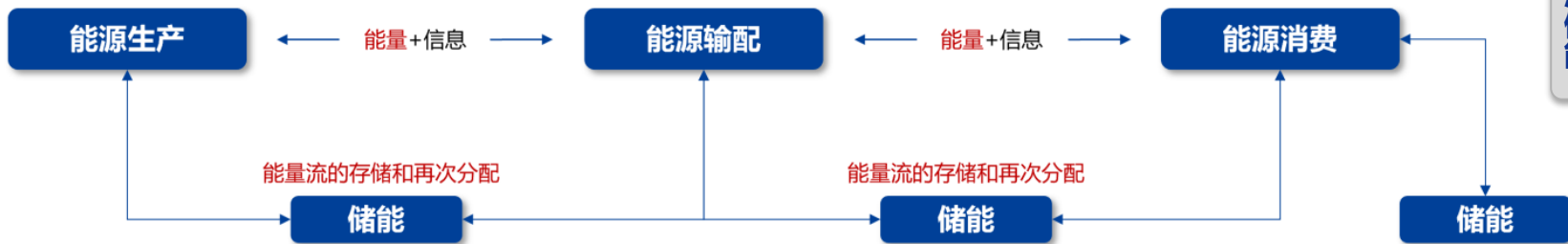
推动新能源高质量发展

带动储能规模化发展

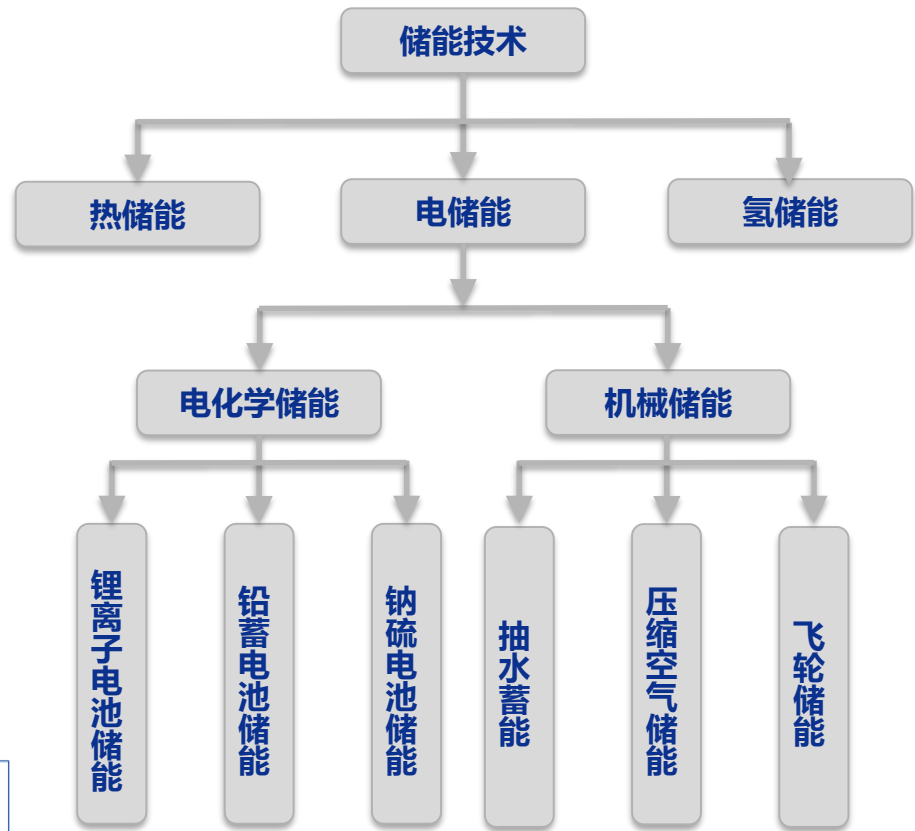
新能源发电与储能深度融合、相互成就

4. 储能技术的定义

- 储能即能量的存储。根据能量存储形式的不同，广义储能包括**电储能**、**热储能**和**氢储能**三类。
- 电储能是最主要的储能方式，按照存储原理的不同又分为**电化学储能**和**机械储能**两种技术类型。其中，电化学储能是指各种二次电池储能，主要包括锂离子电池、铅蓄电池和钠硫电池等；机械储能主要包括抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能等。
- 储能是能源生产、输配和消费环节中的重要一环，承担着**能量流传输中转站**的作用。

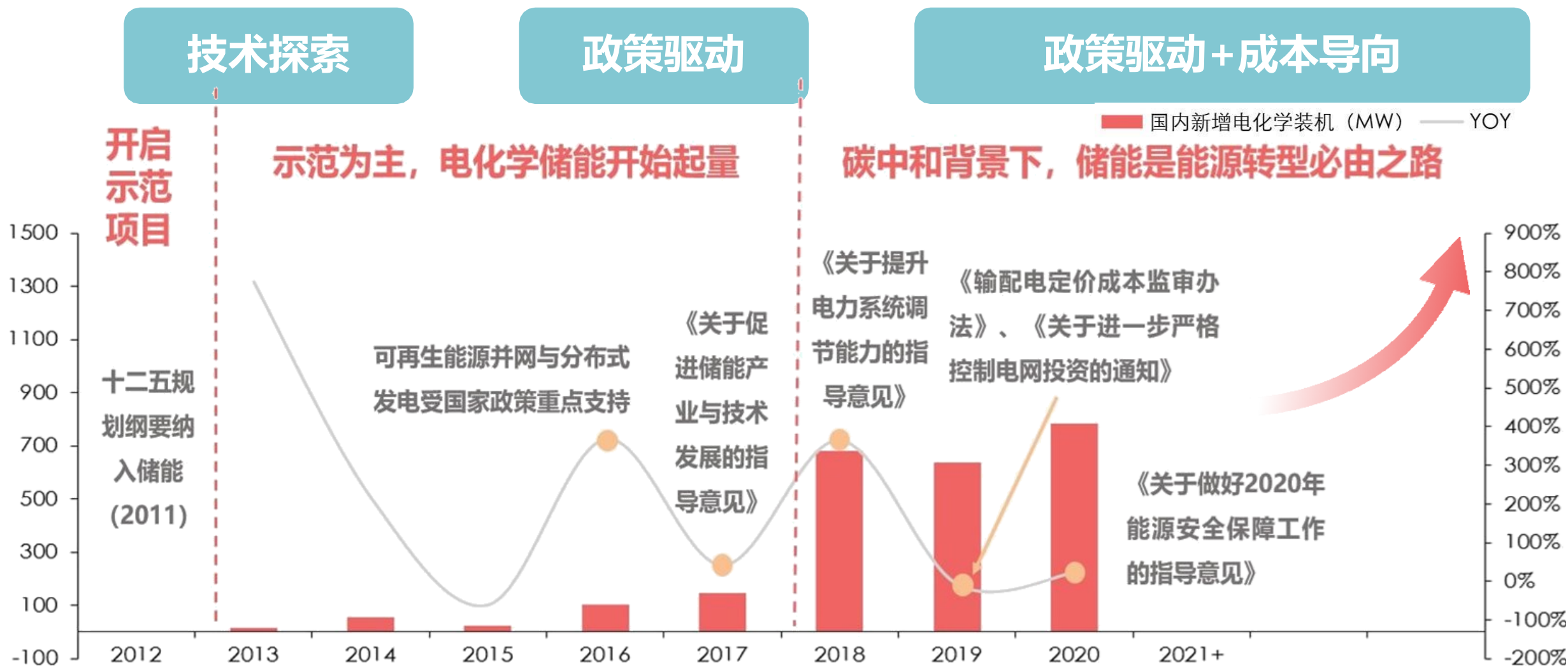


储能是能量流传输过程中的中转站



储能技术分类

5. 储能行业的发展路径



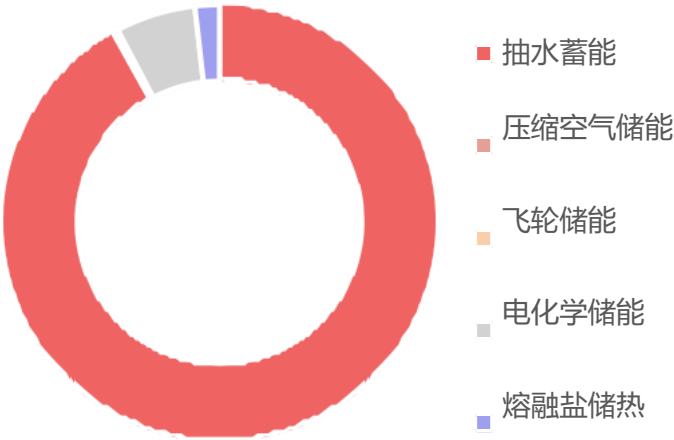
6. 储能的主要应用场景和技术分类

- 按照储能作用时间的长短，可以将储能系统分为**数时级以上、分钟至小时级、秒级**等。
- 抽水蓄能、压缩空气、飞轮储能、储氢等，主要应用于数时级以上的工作场景。
- 电化学储能包括钠硫电池、液流电池、锂离子电池等，主要应用于分钟至小时级的工作场景。
- 电磁机械储能包括飞轮储能、超级电容储能等，主要应用于秒级的工作场景。
- 截至2020年Q3，全球储能中抽水蓄能占比91.9%，电化学储能占比5.9%，其他的是飞轮储能、压缩空气储能等。

常见储能类型及应用场景介绍

额定放电时间	应用场景	运行特点	对储能的技术要求	主要储能类型
数时级以上	电网削峰填谷、 负荷调节	大规模能量吞吐	大规模（100MW/100MWh以上） 深充深放（循环寿命5000次以上） 资源和环境友好 成本低	抽水蓄能 压缩空气 熔融盐 储 氢
分钟至小时级	平滑可再生能源发电、 跟踪计划出力、二次调频 、 提高输配电设施利用率、削峰填 谷	充放电转换频繁、 秒级响应速度、 可观的能量	一定的规模 高循环寿命 便于集成的设备形态	电化学储能
秒级	辅助一次调频、 提供系统阻尼、 电能质量调整	动作周期随机 毫 秒级响应速度 大 功率充放电	高功率响应速度 高存储/高循环寿命 高功率密度及紧凑型的设备形态	飞轮储能 超级电容储 能

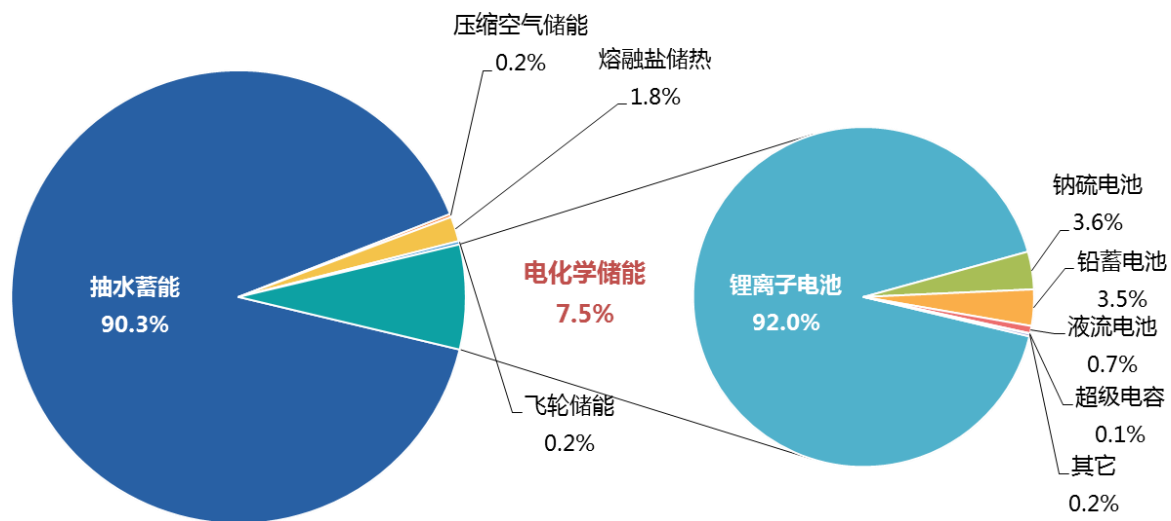
图表：2020 Q3全球储能结构



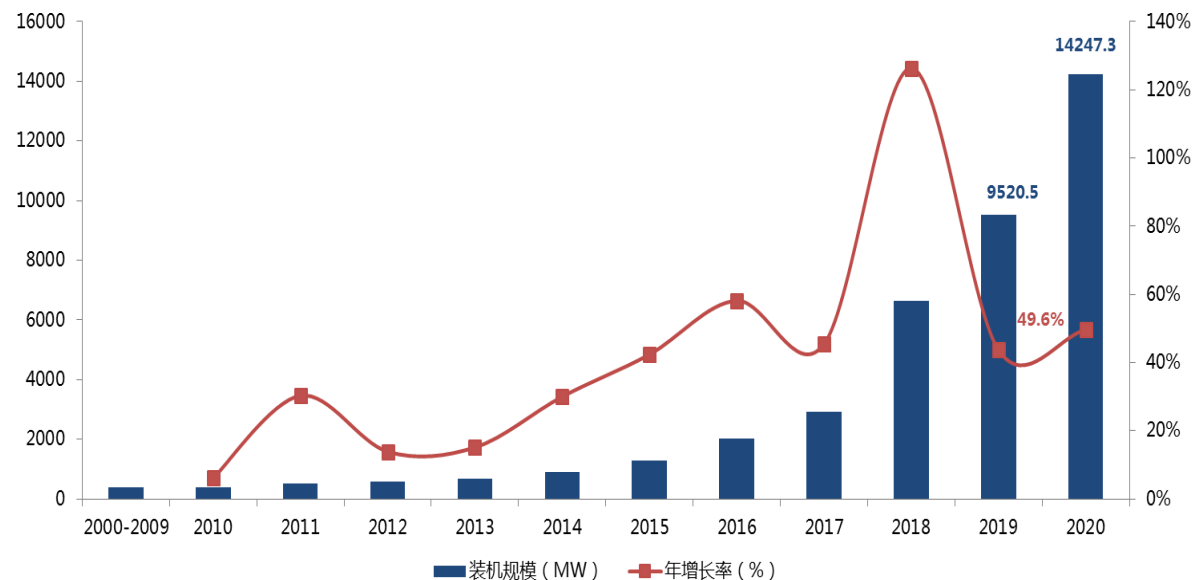
7. 全球2020年储能发展情况

- 截至2020年底，全球已投运储能项目累计装机规模**191.1GW**，同比增长**3.4%**。
- 其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为172.5GW，同比增长0.9%；电化学储能的累计装机规模紧随其后，为14.2GW；在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为13.1GW，电化学储能和锂离子电池的累计规模均首次突破10GW大关。

2020年全球储能市场累计装机规模



2000-2020年全球储能市场累计装机变化

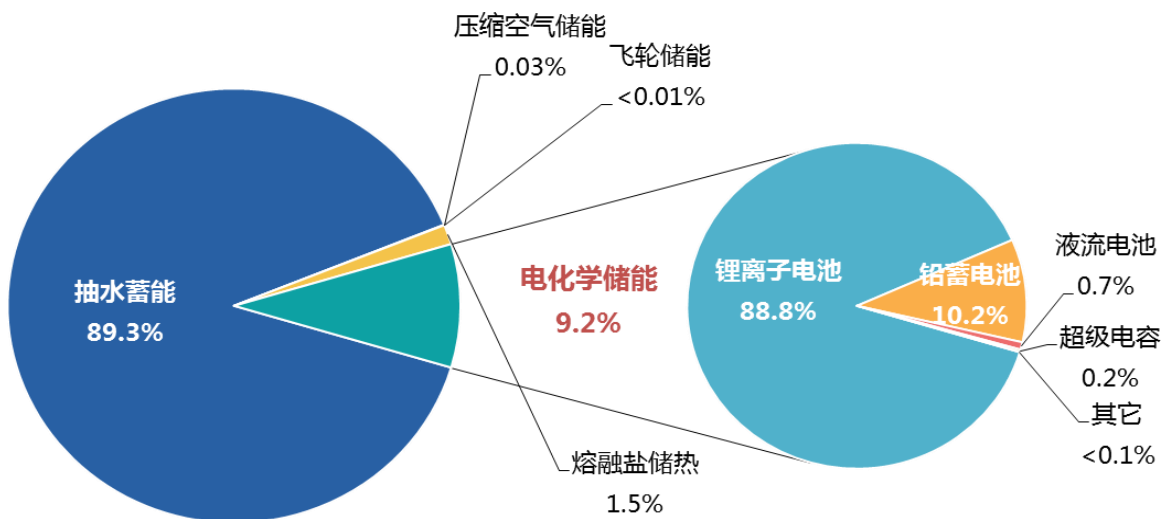


数据来源：中关村储能产业技术联盟CNESA数据库

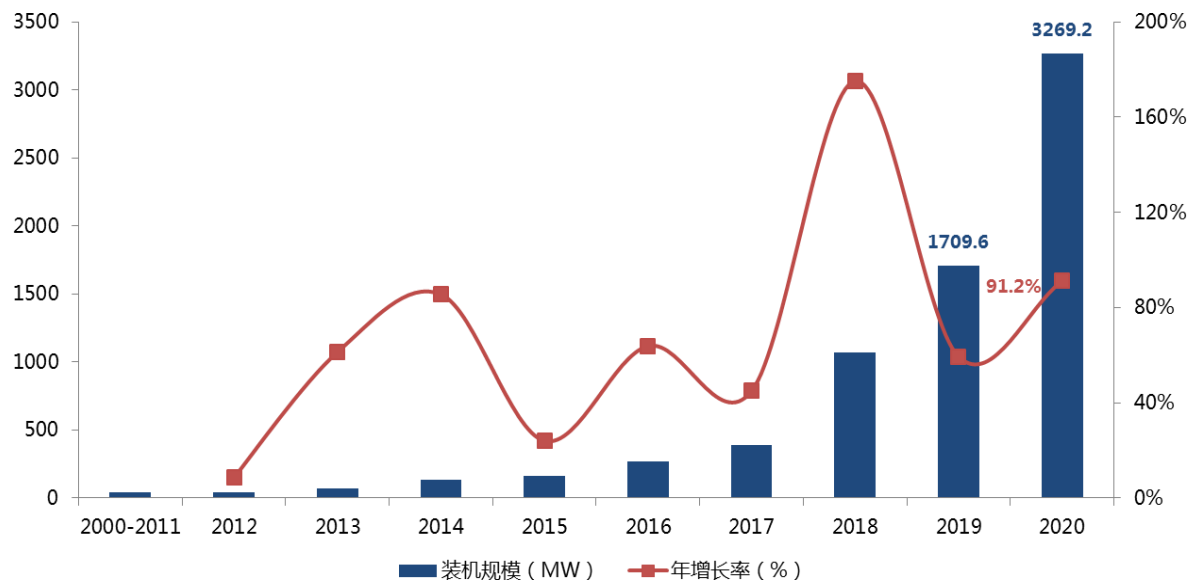
8. 中国2020年储能发展情况

- 截至2020年底，中国已投运储能项目累计装机规模**35.6GW**，占全球市场总规模的**18.6%**，同比增长**9.8%**。
- 其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为31.79GW，同比增长4.9%；电化学储能的累计装机规模位列第二，为3269.2MW，同比增长**91.2%**；在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为2902.4MW。

2020年中国储能市场累计装机规模



2000-2020年中国储能市场累计装机变化



目录

- 1 储能行业发展和技术概述
- 2 储能技术典型的应用场景
- 3 储能技术未来的发展方向
- 4 储能技术应用的简要总结

1. 抽水蓄能应用

- 抽水蓄能电站是目前技术最成熟、应用最广泛的储能技术，具有**规模大**、**寿命长**、**运行费用低**等优点。截至2020年底，全国在运抽水蓄能电站总装机容量3146万千瓦，此外，我国抽水蓄能可开发站址资源约1.6亿千瓦。
- 抽水蓄能电站的缺点，主要是建设周期较长，且需要适宜的地理资源条件。由于抽水蓄能效率较低，在其他储能技术逐渐成熟的情况下，其新增装机增速逐年放缓。2019年由于部分抽水蓄能退役停机而新增项目较少，新增净装机为-0.6GW，首次出现负增长。



抽水蓄能电站工作原理图



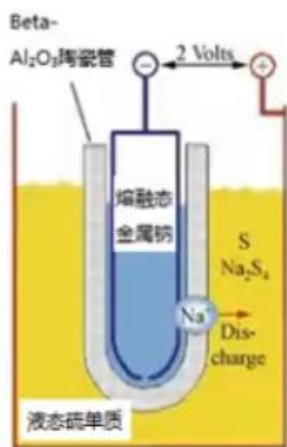
天荒坪抽水蓄能电站



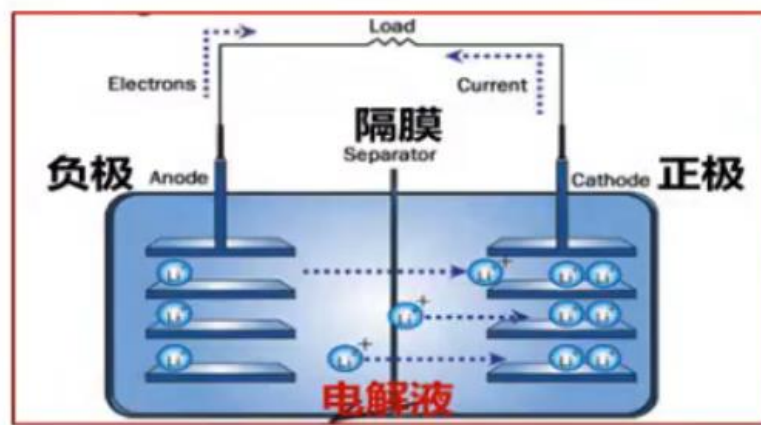
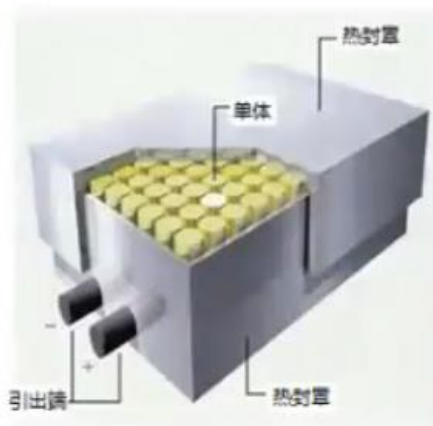
惠州抽水蓄能电站

2. 电化学储能应用-原理概述

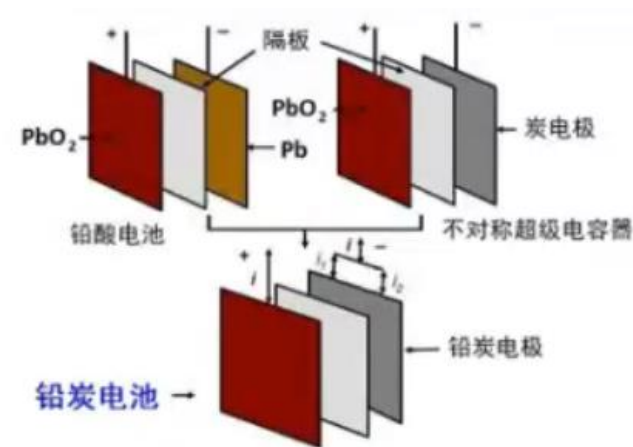
- 电化学储能是当前**新增速度最快、发展潜力最大**的电力储能技术。
- 相比抽水蓄能，电化学储能受地理条件影响较小，建设周期短，可灵活运用于电力系统各环节及其他各类场景中。同时，随着成本持续下降、商业化应用日益成熟，电化学储能技术优势愈发明显，逐渐成为储能新增装机的主流。
- 未来随着锂电池产业规模效应进一步显现，成本仍有较大下降空间，发展前景最为广阔。



钠硫电池工作原理图



锂离子电池工作原理



铅酸电池工作原理图

2. 电化学储能应用-电力系统源网储荷

- 受益于新能源汽车快速发展，锂电池成本快速下降，电化学储能是未来最有可能成为主流的储能技术路径。
- 电化学储能可分为发电侧、电网侧和用户侧三大应用场景，主要作用包括：
 - 1) **发电侧**：调频、新能源消纳、黑启动，提升电能质量；
 - 2) **电网侧**：提高电网稳定性、平滑电网需求、降低电网投资、电能交易及综合服务；
 - 3) **用户侧**：削峰填谷、需量管理、需求侧响应、后备电源、微电网应用。

发电侧→



- 新能源消纳
- 提升电能质量

电网侧→



- 提高电网稳定性
- 降低电网投资
- 电能交易与综合服务

用户侧→



- 削峰填谷
- 需量管理
- 需求侧响应
- 后备电源
- 微电网

2. 电化学储能应用-锂离子电池

- **锂离子电池**是电化学储能的主要路径，**磷酸铁锂电池**更适用于储能场景。
- 锂离子电池在现有电化学储能装机中占比90%，主要分为三元锂电池、磷酸铁锂电池等，磷酸铁锂电池占储能锂电池的90%以上。磷酸铁锂电池特性更适用于储能场景，是目前电化学储能的发展趋势。
- 磷酸铁锂电池能量密度较低，但在循环寿命、安全性，成本方面有优势，铁、磷元素对环境友好，磷酸铁锂电池对环境无污染。

锂离子电池储能特性

储能类型	工作原理	能量密度	循环寿命	成本	安全性	应用与技术情况
三元锂电池	以稳定地进行锂离子嵌入/脱嵌反应的材料作为电池的正负极，通过锂离子在正负极之间的可逆转移实现能量的储存/释放	210-250Wh/kg	2000次+	约800元/KWh	较差	应用范围广 技术进步快，产业链相对完备
磷酸铁锂电池		110-160Wh/kg	可达5000次以上	约600元/KWh	较好	
钛酸锂电池		60-110 Wh/kg	25000次以上	三元电池的2-3倍	较好	国际：美国Altairnano公司 日本东芝公司等 国内：珠海银隆、微宏动力等



磷酸铁锂电池储能系统

2. 电化学储能应用-非锂离子电池

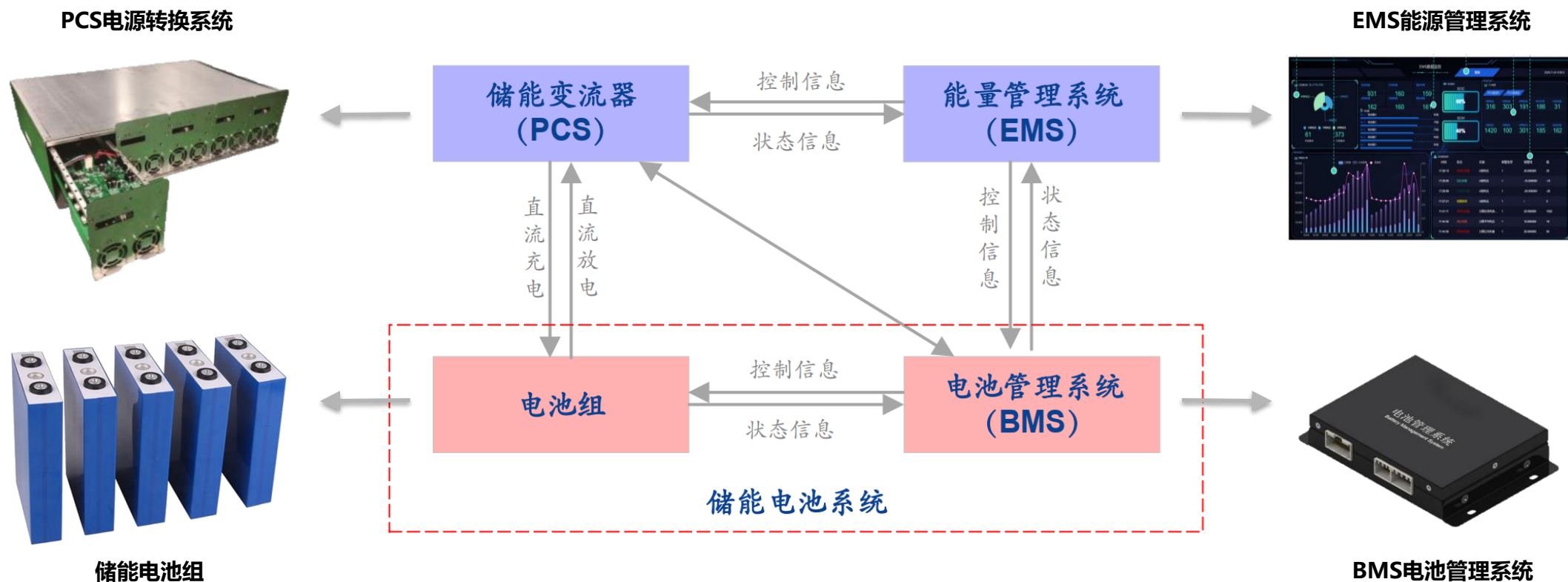
- 钠硫电池和液流电池仍受制于成本和安全
- 铅碳电池循环寿命短、能量密度低、造成污染等问题，目前使用逐渐减少。
- 钠硫电池缺点是生产成本低，约为2000元/kWh，且存在安全隐患。液流电池由于电解液的原材料多样，有许多发展路径，目前全钒液流较为成熟，美国的Primus和ESS公司在锌溴液流上有所突破，已取得金融机构和政府部门资金支持。

非锂离子电池储能特性

储能种类	工作原理	技术经济指标	优点	缺点	主要研究单位
钠硫电池	在高温环境（300~350℃），液态金属钠为负极，单质硫为正极，充电时金属钠发生氧化反应，钠离子通过陶瓷管扩散进入正极与单质硫结合生成钠硫化物，以此将电能转化为化学能。	循环寿命：4500次 能量效率：85% 能量密度：150-240kWh/m ³ ，150-230W/kg 系统价格：2000元/kWh	能量密度较大； 原材料钠、硫易得；	成本高； 存在安全隐患	国际：日本NGK公司等 国内：中科院上海硅酸盐研究所
液流电池	液流电池的活性物质以液态形式。根据电解液又分为：全钒液流、多硫化钠液流、锌溴液流、铁铬液流等体系。目前，全钒液流发展相对成熟。	循环寿命1万次 能量效率70% 运行环境温度15-40℃ 能量密度15-25Whn 系统价格：2000元/kWh	电池寿命长 功率和容量独立设计 安全性好	效率低 能量密度运行温度窗口窄 可靠性低	国际：日本住友电工等。 国内：北京普能世纪科技、大连融科和武汉南瑞等
铅碳电池	铅碳电池是将非对称超级电容器与铅酸电池采用内并联方式两者合一的混合物，作为一种新型的超级电池，铅碳电池是将铅酸电池和超级电容器两者技术的融合，是一种既具有电容特性又具有电池特性的双功能储能电池。	循环寿命：1200-1500次 比能量：30-55Wh/kg 比功率：500-600W/kg 能量转换效率：92% 电池成本：750元/kWh	比功率高 没有易燃成分，安全性好 成本较低，原材料资源丰富，可再生回收利用率高	循环寿命仍短 容量利用率较低 易析氢失水	日本古河公司 美国East Pann 浙江南都电源 超微公司 圣阳公司

2. 电化学储能应用-储能电池系统架构

- 储能系统通常由四大部分组成：分别为：电池组、EMS（Energy Management System）能源管理系统、PCS（Power Conversion System）电源转换系统、BMS（Battery Management System）电池管理系统。结构示意图如下：



3. 超导磁储能、超级电容器、飞轮储能

超导磁储能

- 功率特性好，适合在提高电能质量等场合应用
- 能量密度较低
- 成本高昂



超级电容器储能

- 功率密度高，快速充放电
- 可达百万次充放电次数
- 成本高



飞轮储能

- 大功率快速充放电，几乎不需维护，寿命长，对环境无不良影响
- 自放电率高
- 成本高昂

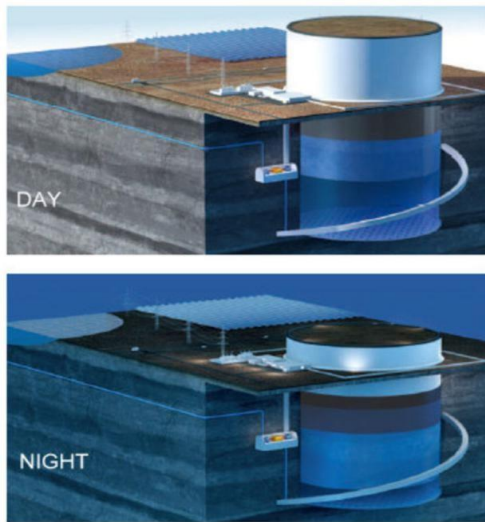


4. 其他新型储能

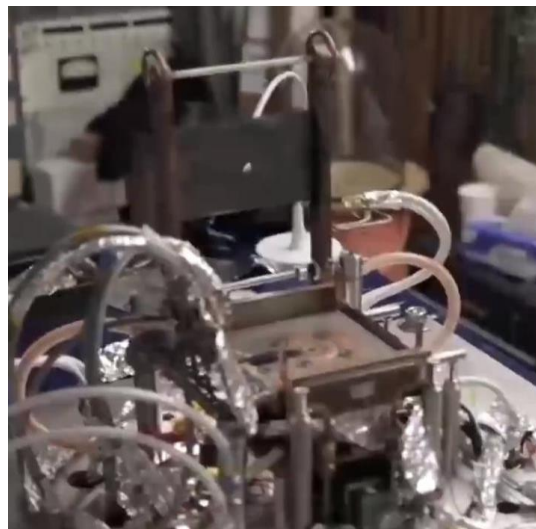
- 目前市面上还出现了许多新型的储能方式，如混凝土块积木式重力储能、水力岩石重力储能以及热储能等。
- 混凝土块积木式重力储能：在电力多余时，利用起重机将混凝土块吊至120米的高度，在电力短缺时，把混凝土块放下，通过发电机将重力势能转化为电能。
- 水力岩石重力储能：富余电力时，泵把水压入储水池中，岩石活塞被水压提起，当电力短缺时，闸门打开，岩石活塞下降将重力势能转化为电能。
- 热储能：美国Antora Energy公司使用电力来驱动电阻式加热器，将碳块加热到 2000°C 以上后暴露在热伏板上，通过热伏发电机发电，该热伏发电机可以捕获热存储介质的辐射光并将其转化为电能。



混凝土块积木式重力储能



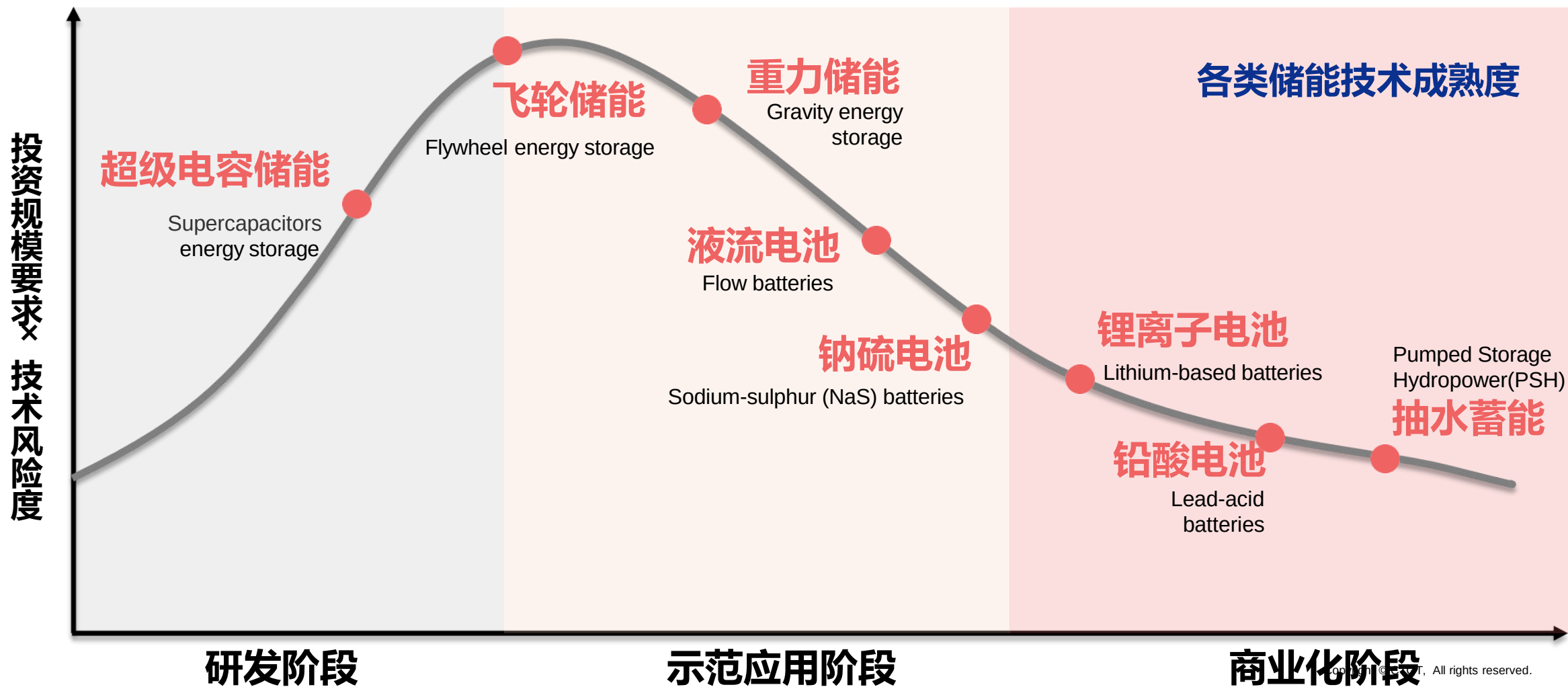
水力岩石重力储能



热伏发电机

5. 各类储能成熟度

➤ 锂离子电池是各类新储能技术中商业化进程最快的技术之一，目前已具备大规模应用的市场环境。



目录

- 1 储能行业发展和技术概述
- 2 储能技术典型的应用场景
- 3 储能技术未来的发展方向
- 4 储能技术应用的简要总结

1. 碳中和碳达峰背景下储能的行业走向

➤ 双碳背景下储能的主要发展阶段

➤ 第一阶段（2020-2025 年）

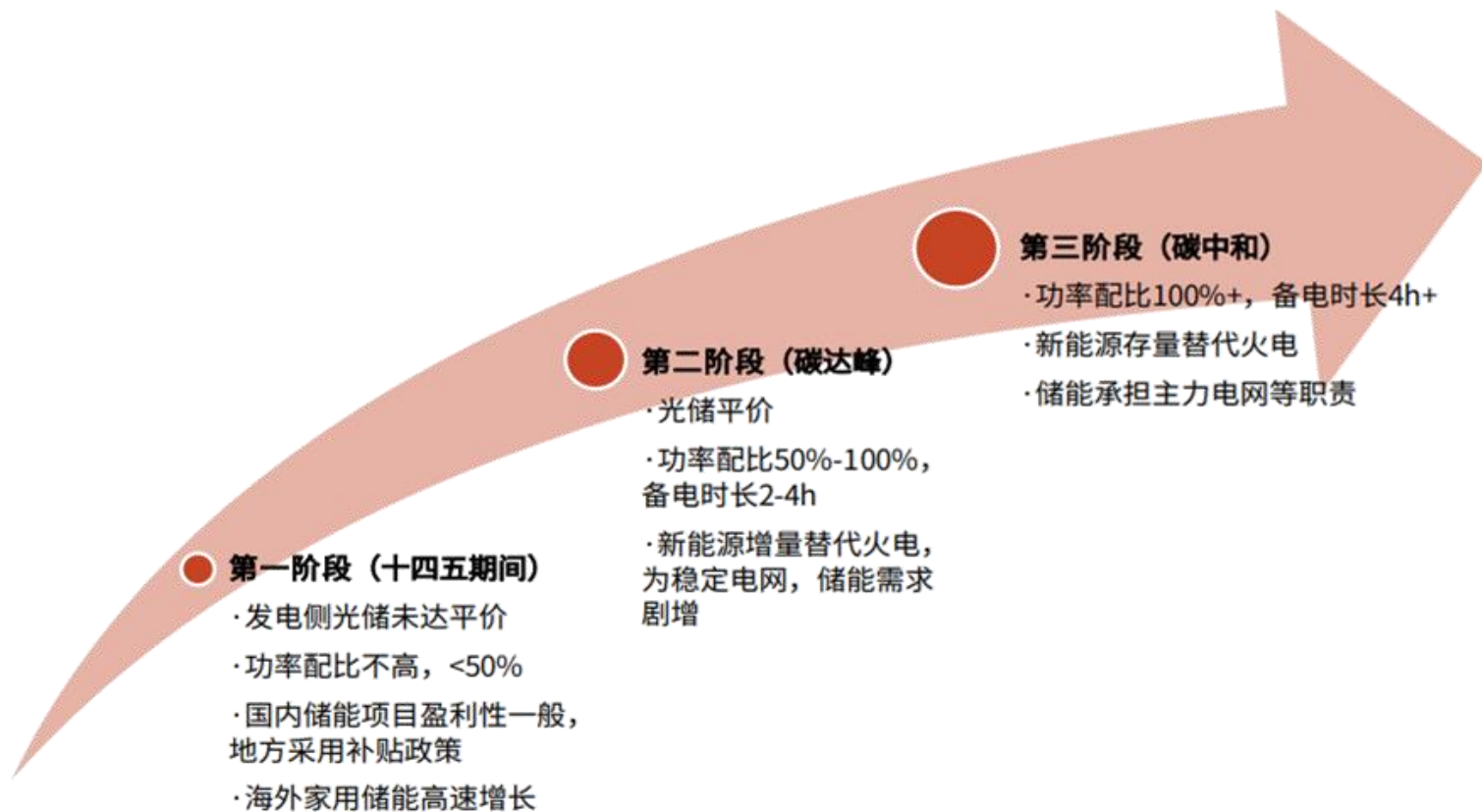
- “十四五” 风光发展带来的电源侧增配。
“十四五” 期间电力约束问题不构成主要矛盾，储能是风光发展的标配。

➤ 第二阶段（2025-2030 年）

- 新能源成为电力系统主力能源，电网稳定性亟需大量储能。

➤ 第三阶段（2030-2060 年）

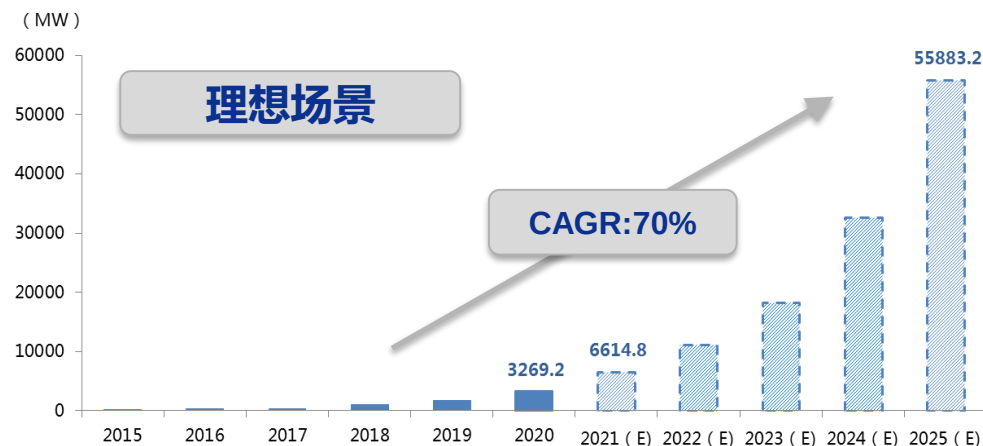
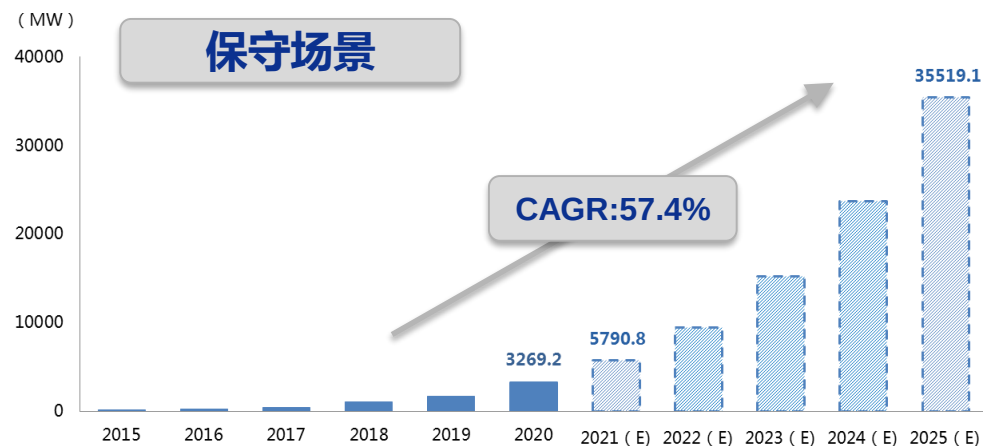
- 新能源存量替代化石能源，储能将在电网侧替代火电机组。



双碳背景下储能的三个发展阶段

2. 储能在十四五期间的市场容量

- 中关村储能联盟CNESA分保守、理想两种场景对中国电化学储能发展进行了预测。
- 在保守场景下，2021年电化学储能市场继续保持快速发展，累计装机规模将达到5790.8MW，**复合增长率（CAGR）为57.4%**，市场将呈现稳步、快速增长的趋势。按照1.2元/Wh估算，“十四五”期间仅储能设备市场就接近400亿元。
- 在理想场景下，“碳达峰”和“碳中和”目标对可再生能源和储能行业都是巨大利好，2021年市场累计规模将达6614.8MW，再创新高，**复合增长率（CAGR）接近70%**。随着新能源为主体的新型电力系统的建设，储能的规模化应用迫在眉睫，如果未来两年能有稳定的盈利模式保驾护航，“十四五”后期，即2024年和2025年将再形成一轮高增长，累计规模分别达到32.7GW和55.9GW，**市场规模逼近千亿**。



3. 储能技术应用面临的政策问题-各地电价政策不一，盈利尚不构成普遍性

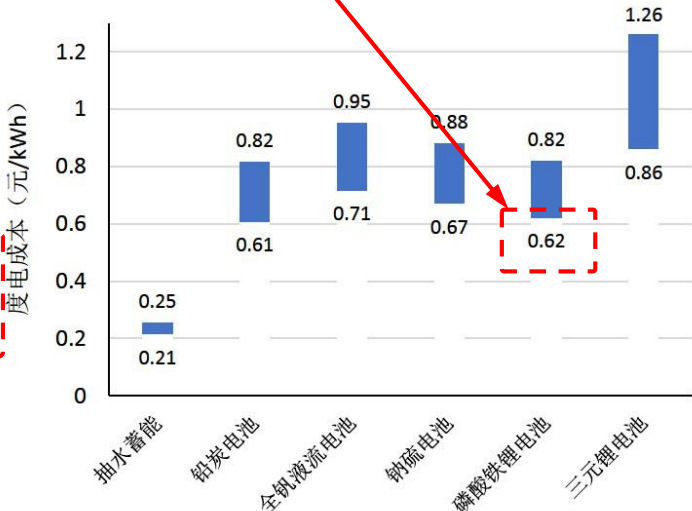
- 度电成本LCOE=（初始成本+折旧成本+运维成本现值+财务成本现值+税收成本现值）/生命周期内发电量的现值
- 目前磷酸铁锂电芯价格约0.6元/Wh，考虑Pack，集成，电气设备、施工等费用后预计价格在1.2元/Wh，在此建站成本下，峰谷、峰平平均价差 0.65元/kWh的地区，可实现经济性并且内部收益率IRR范围在8%至20%之间，如：北京、江苏、广东等地
- 随着电池的规模化成本不断下降，未来收益可期。

省市	高峰	平段	低谷	峰谷价差	峰平价差	平均价差
北京城区	1.4	0.87	0.37	1.03	0.53	0.78
北京郊区非居民	1.39	0.86	0.36	1.03	0.53	0.78
广东（广州）	1.2	0.73	0.36	0.84	0.47	0.65
江苏省	1.12	0.67	0.32	0.8	0.45	0.62
上海市夏季	1.02	0.63	0.22	0.8	0.39	0.6
上海市非夏季	0.99	0.6	0.28	0.71	0.39	0.55
海南省	1.03	0.64	0.33	0.7	0.4	0.55

典型省市一般工商业电价

储能价格 (元/Wh)	电价差 (元/kWh) /IRR		
	0.6	0.65	0.7
1.2	0.53 / 19%	0.54 / 25%	0.55 / 31%
1.4	0.59 / 8%	0.60 / 14%	0.61 / 20%
1.6	0.64 / -2%	0.66 / 5%	0.67 / 11%
1.8	0.70 / -12%	0.71 / -4%	0.72 / 2%

峰谷峰平两次套利储能项目LCOE/IRR测算

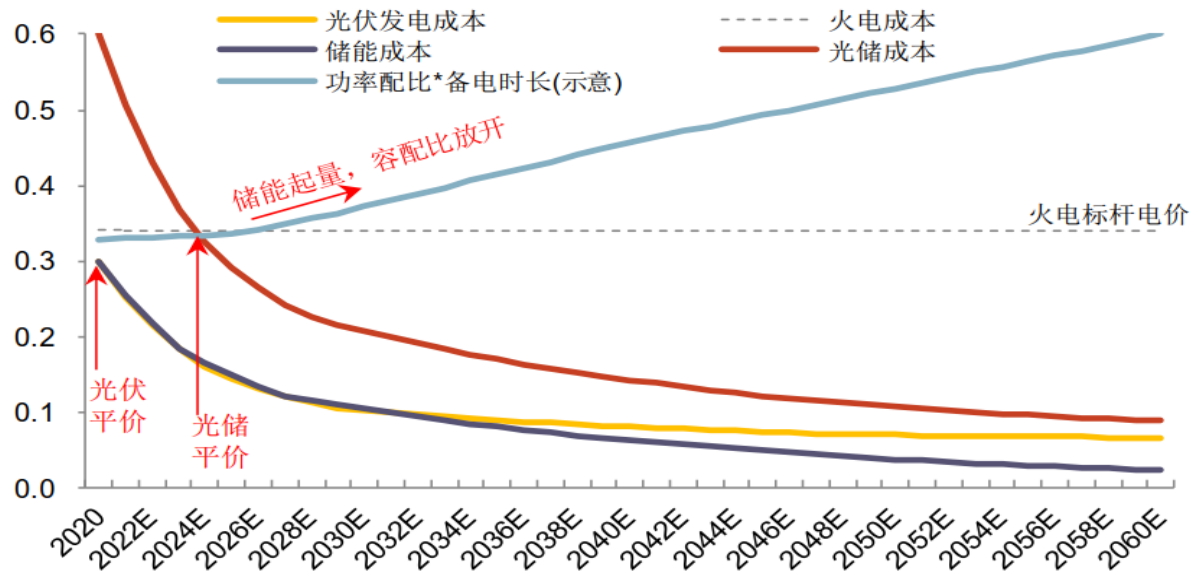


几类典型储能技术的度电成本

数据来源：天风证券、中科院电工所等《储能的度电成本和里程成本分析》

3. 储能技术应用面临的政策问题-平价仍需时日

- 新型储能价格机制有待完善，经济性缺口难分摊。
- 2019年5月，国家发改委、能源局印发的《输配电定价成本监审办法》明确提出**电储能设施不计入输配电定价成本**，两大电网公司相继限制企业内部储能投资，导致2019年电化学储能增速大幅回落。直到今年陆续出台的相关政策才缓解了投资紧张的局面。
- **储能配置比例博弈，解决消纳为当务之急。**
- 截止 2021年7月已有 19个省市出台了鼓励或要求新能源配储能的有关文件。湖南、湖北、内蒙、山东、山西、河北、贵州明确规定了储能配比，配置储能的比例从5%到 20%不等。然而这对发电集团的硬性指标造成了**不可避免的博弈**。



2021主要储能政策

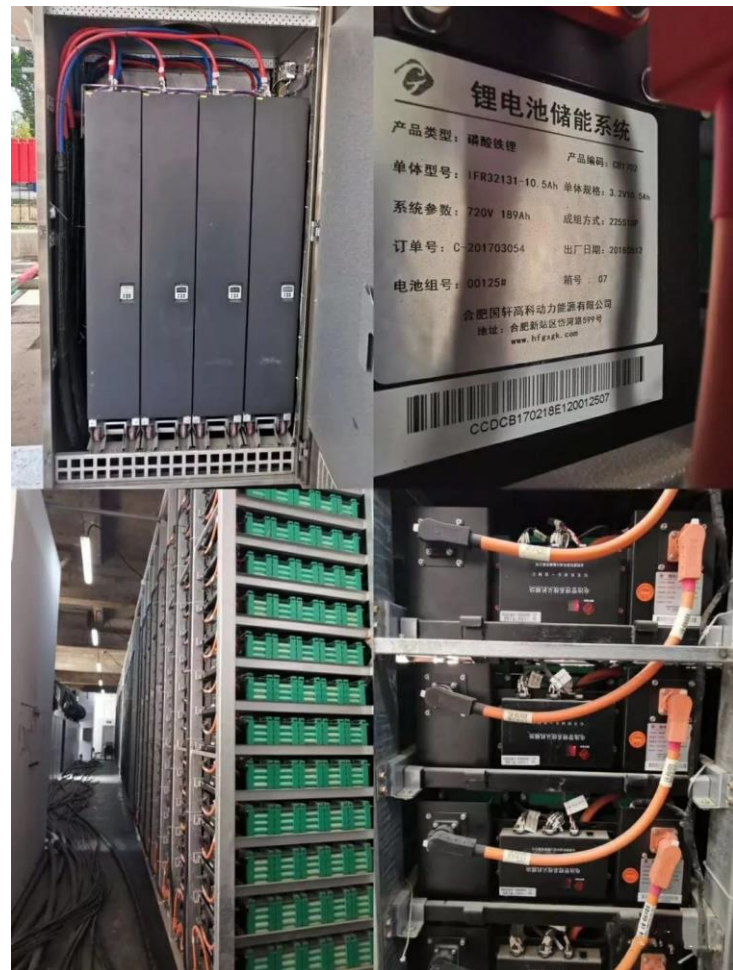
时间	政策	解决核心问题
2021年9月30日	《电网公平开放监管办法》国能发监管规〔2021〕49号	并网调度实质落地
2021年9月30日	《电化学储能电站并网调度协议（示范文本）（征求意见稿）》	并网调度实质落地
2021年9月28日	《新型储能项目管理规范（暂行）》国能发科技规〔2021〕47号	进一步规范管理
2021年8月24日	《电化学储能电站安全管理暂行办法（征求意见稿）》	确保项目安全运行
2021年7月29日	关于进一步完善分时电价机制的通知发改价格〔2021〕1093号	确保项目收益
2021年7月23日	关于加快推动新型储能发展的指导意见发改能源规〔2021〕1051号	中期规划

4. 储能系统应用面临的安全隐忧

- “4·16” 储能电站事故为行业敲响了警钟。已建成投运的动力电池梯次利用储能项目应定期评估电池性能，加强监测、强化监管。
- 储能项目需要加强对在运储能电站的安全运行管理和技术监督制度建设，明确管理职责和责任主体，加强储能安全技术攻关，研究储能系统全寿命周期应用安全技术。



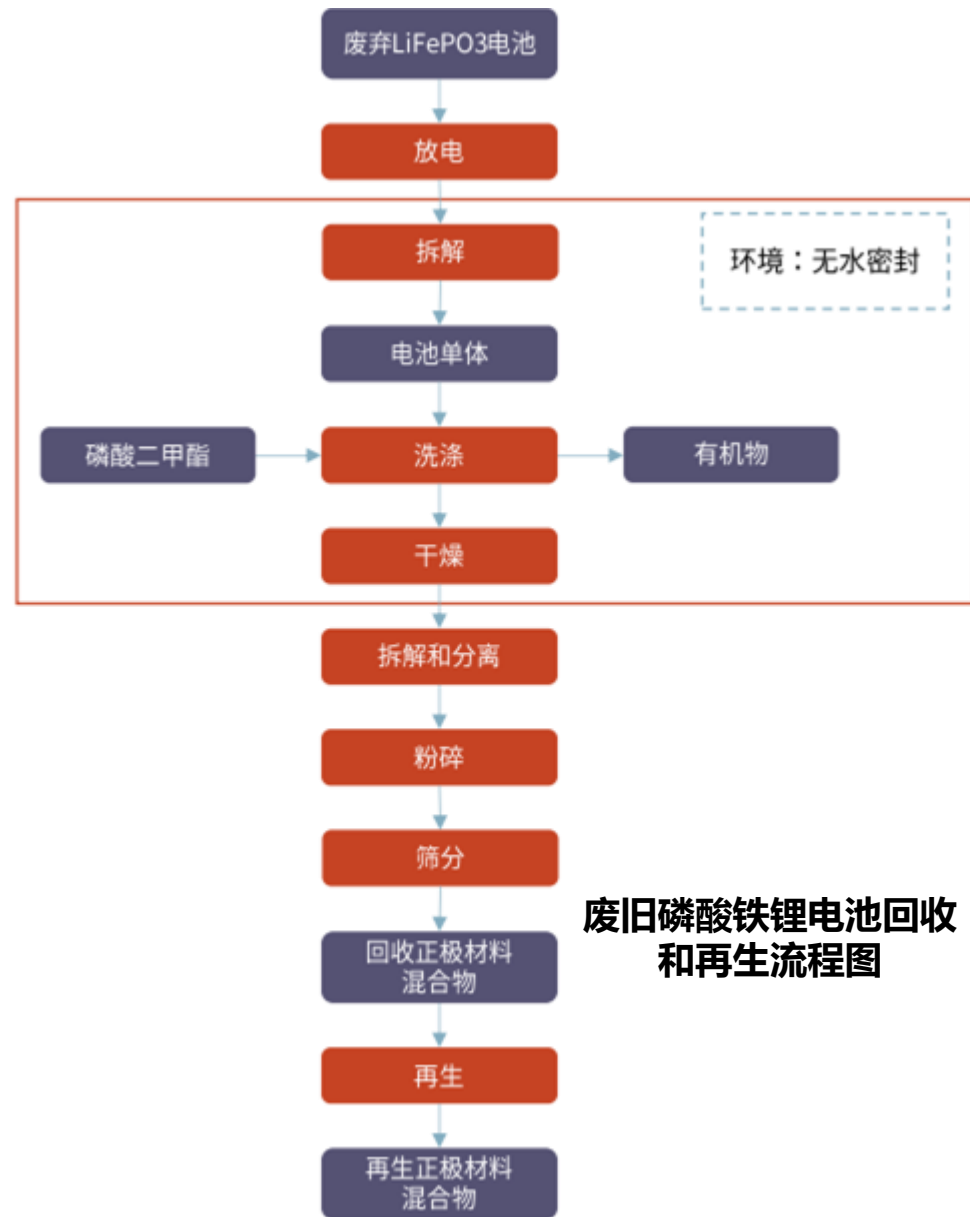
集美大红门 “4·16” 储能电站火灾事故



储能电站内部电池情况

5. 退役动力电池的回收再利用

- 储能技术应用面临的循环回收再利用问题
- 新型储能项目管理规范（暂行）（征求意见稿）》提出“在电池一致性管理技术取得关键突破、动力电池性能监测与评价体系健全前，**原则上不得新建大型动力电池梯次利用储能项目。**”
- 现行条件下，退役动力电池梯次利用在技术、市场上仍然存在较大的难度。
- （1）技术角度看，动力电池与储能电池遵循的技术标准不同、储能领域对电池的温度性能要求高，而部分退役的动力电池可能达不到储能电池的使用要求、基于容量衰减机理分析建立电池寿命预测模型还不完善，造成梯度利用退役动力电池在评价检测环节出现困难。
- （2）市场角度看，建立梯次利用逆向物流系统较为复杂，中间涉及的环节较多，比直接的物理、化学、生物拆解回收复杂、消费者心理上对梯次利用电芯的市场接受度较低。



目录

- 1 储能行业发展和技术概述
- 2 储能技术典型的应用场景
- 3 储能技术未来的发展方向
- 4 储能技术应用的简要总结

1. 储能技术的技术特点和应用总结

- **抽水蓄能技术**：技术和市场成熟，应用占比高。
- **电化学储能技术**：响应速度快，可满足多样化场景需求，是未来**最主要的储能发展领域之一**，政策和产业扶持的重点，需关注全生命周期成本、储能安全问题。
- **储热技术**：在民用电供暖、工业高温供热等热能利用市场，相比其他储能技术拥有更好的经济性。
- 综合经济效益将是制约储能技术大规模推广的重要因素，储能材料朝着**低成本、高储能密度、高循环稳定性、长周期存储**的方向发展。
- 储能装置也将从关注单体设备效率、成本，转向**储用协调**方向发展，规模化储能技术将从单纯供能，向兼顾电网辅助服务和综合能源服务的多元化用能方式发展。
- 单独从能量存储和转化角度看，储能或许经济性欠佳，须从全寿命周期角度和对**全社会能源转型**的角度发现和挖掘其附加价值。
- 未来，随着储能技术的发展和成本的进一步下降，储能将为建设高比例可再生能源电网提供有力支撑，助力双碳目标。

专题二：钠离子电池技术及 市场前景分析



CTG



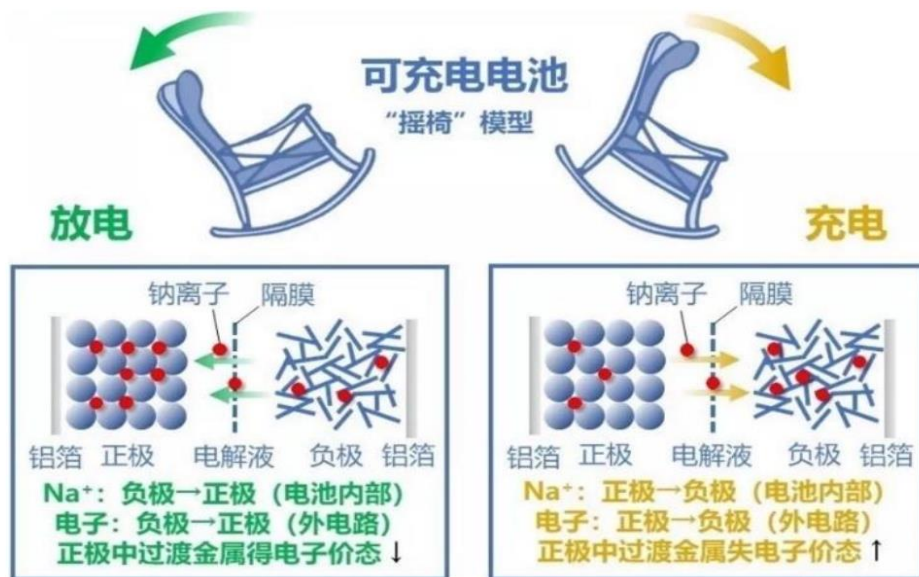
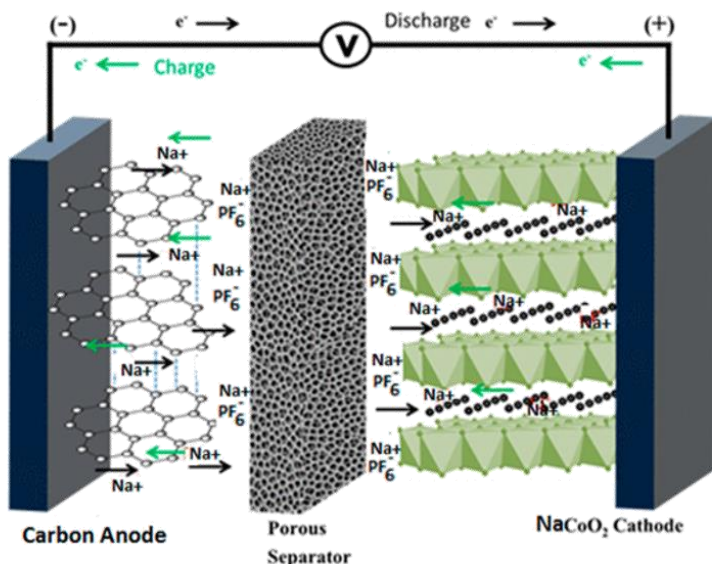
BEIJING 2022
OLYMPIC GAMES

目录

- 1 钠离子电池技术概述
- 2 钠离子电池行业空间
- 3 钠离子电池发展方向
- 4 钠离子电池简要总结

1. 钠离子电池技术原理

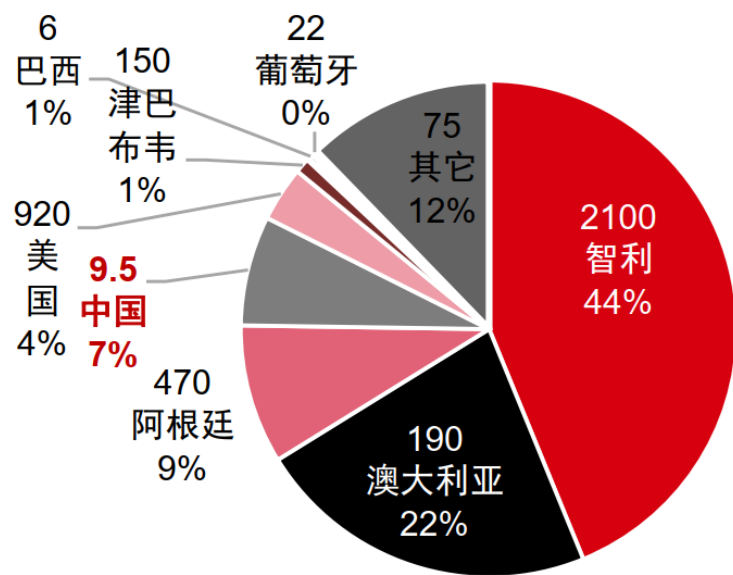
- 钠离子电池是一种钠基（SIB）二次电池，使用钠离子（ Na^+ ）作为电荷载体，与锂离子电池工作原理类似，主要依靠钠离子在正极和负极之间移动来工作。同锂离子电池相比，钠离子电池更适合作为大规模储能的器件。
- **优势：** 1) 相对于锂元素，钠元素的标准电极电位高0.3V，作为储能材料而言有更好的安全性能；2) 钠元素在地球上的储量丰富，地壳种金属钠的含量达到了2.4%，并且钠元素海水中就有丰富储量，开发方便；3) 钠价格便宜。
- **劣势：** 钠元素为第三周期元素，其离子半径约为 0.102nm，明显高于第二周期锂元素的离子半径 0.076nm，钠离子在正负极中嵌入/脱出容量小、阻力大，因此钠离子电池在能量密度与充放电能力等方面存在先天的落后。



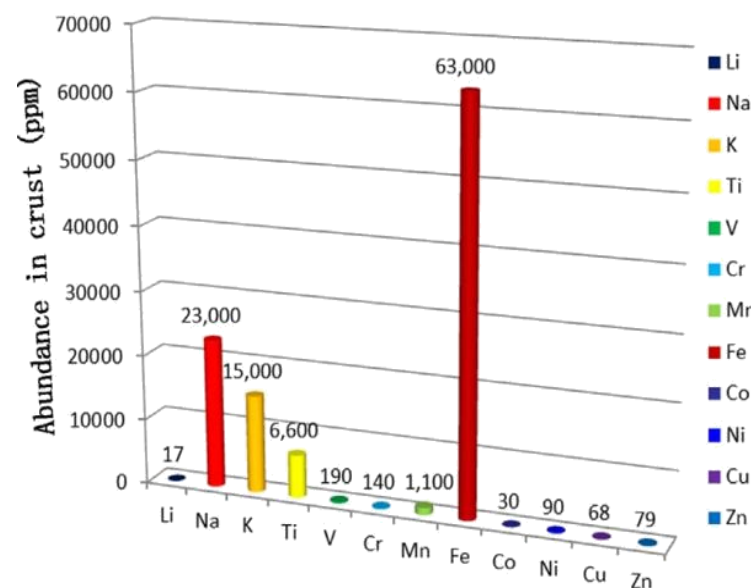
钠离子电池结构原理图

2. 钠离子电池技术优势

- **(1) 钠资源丰富度较高，全球分部均匀，较锂资源优势明显。**
- 长期来看，已探明锂资源全球储量 3940 万吨，但分布不均，智利和澳大利亚储量分别占 43.8%、22.4%，中国锂资源储量仅占全球 7%，进口依赖度高，受到资源限制。因此，近年来非锂电池体系受到关注，其中钠离子电池凭借钠元素较高的地壳丰度（约为 2.36%），远高于锂离子的0.002%，钠元素的地壳储量为锂元素的 1000 倍以上，及较低的获取成本带来潜在 BOM成本优势及相对优异的性能迎来发展契机。



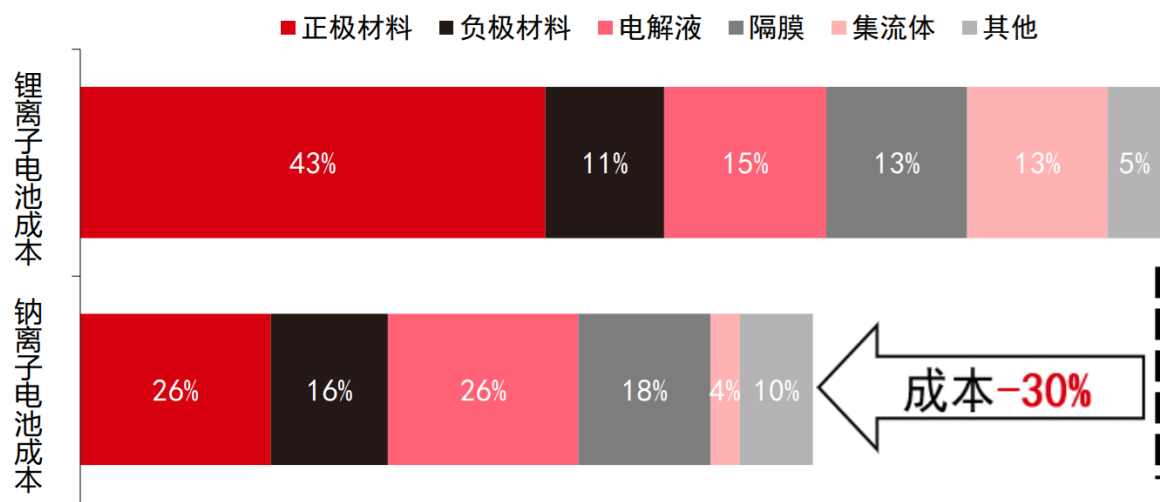
锂资源全球分国家分布 (万吨)



钠资源的地壳储量分布

2. 钠离子电池技术优势

- **(2) 钠离子化合物价格稳定，碳酸锂波动较大。**
- 目前钠离子盐制备主要依靠海水晾晒等模式，资源获取方式较多，因此钠盐价格较为稳定，保持在 250 元/吨。但是随着锂离子电池对碳酸锂需求增长，2021 年初至今，锂金属原材料碳酸锂价格快速上涨，由 5 万元/吨涨至 8.55 万元/吨，上涨 71%，带来电池成本压力提升。
- **(3) 钠离子电池有相对稳定的电化学性能，使用更加安全。**
- 钠电池化学性能稳定，不容易形成像锂离子电池中锂枝晶那样坚硬的枝晶，安全性较好；
- 此外钠电池可以采用稳定性更好的铝箔做负极集流体，在电池运输环节中，无需担心电压低导致电池性能衰减、失效等问题，因此运输前可将电量完全放空实现 0V 运输，降低电池运输的安全风险。

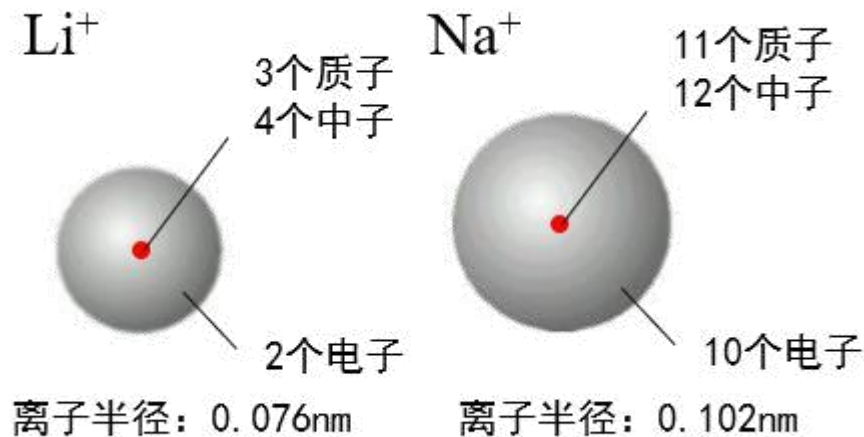


钠离子电池与锂离子电池成本比较

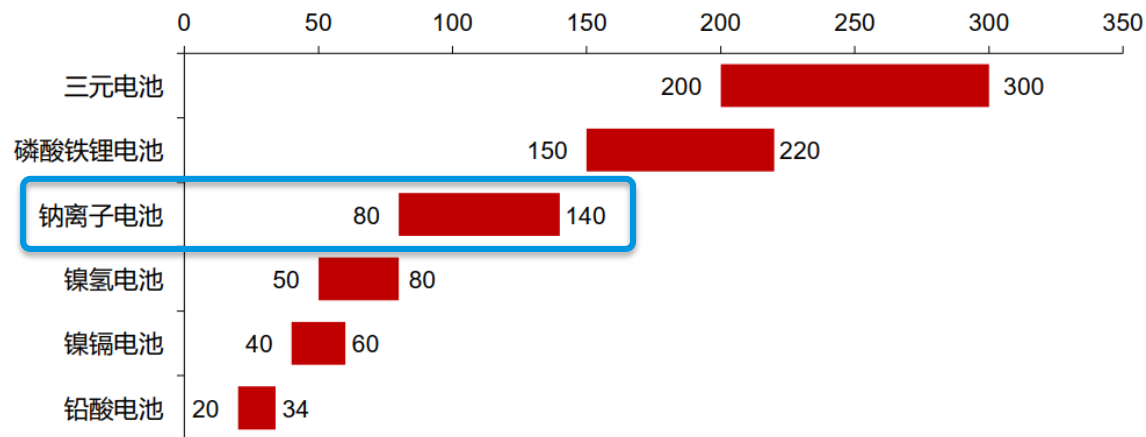
3. 钠离子电池技术现存劣势

➤ (1) 钠离子直径较大，电池能量密度较低。

- 电池的比能量主要由正负极材料的比容量和电位差决定。比容量与材料的分子量和电荷转移数有关。当分子量相同时，电荷转移数越大，比容量越大；当电荷转移数相同时，分子量越小，比容量越大。钠元素的原子质量(23)是锂元素 (6.9) 的 3.3 倍，导致钠离子电池能量密度仅为锂离子电池 50%左右。
- 根据当前学术论文叙述，正极材料的比容量较低、负极材料的首次库伦效率较低，因此限制了电池的比容量与能量效率。据此测算，当前钠离子电池电芯单体能量密度仅为120Wh/kg，明显低于磷酸铁锂电池 180Wh/kg 和三元电池的 240Wh/kg。



钠离子和锂离子半径尺寸、原子量对比

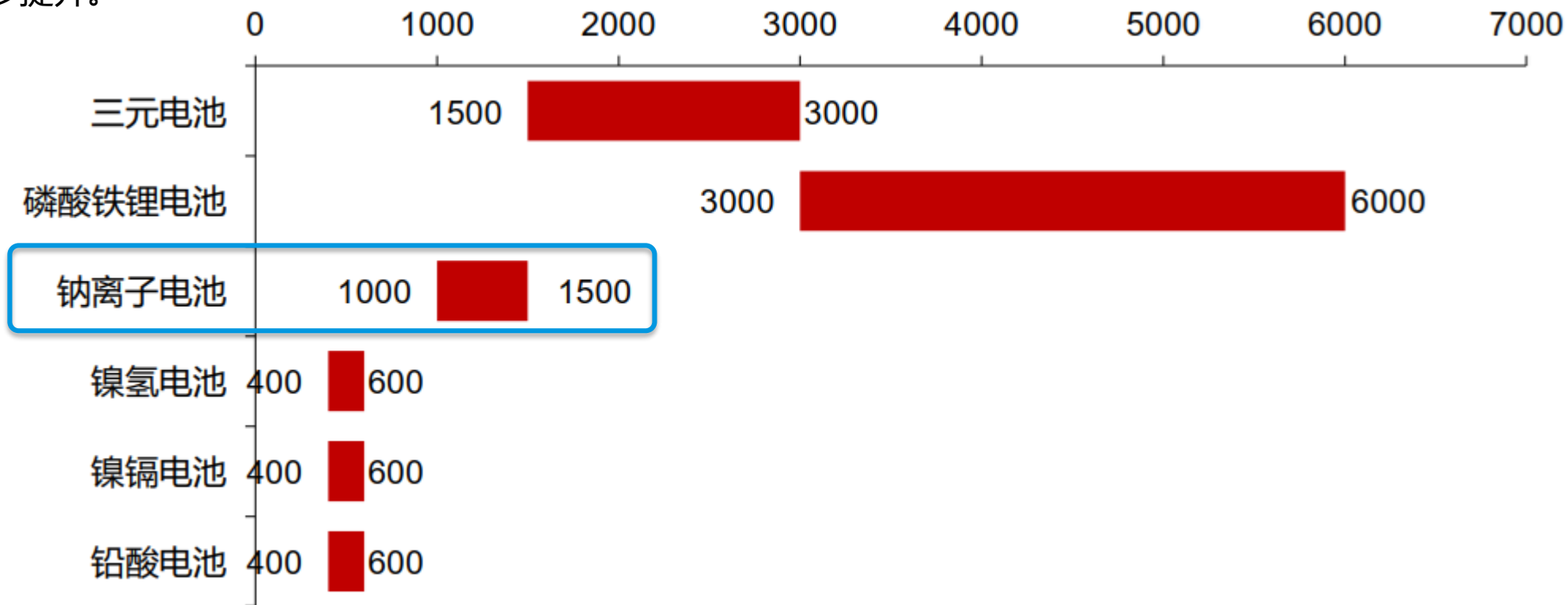


各种电池电芯单体能量密度对比 (Wh/kg)

3. 钠离子电池技术现存劣势

➤ (2) 循环性较差，目前正在逐步提升。

- 钠离子的半径是 0.102nm，锂离子的半径是 0.076nm，钠离子半径是锂离子的 1.34 倍，导致钠离子脱出/嵌入更难。循环性方面，钠离子电池当前循环次数最高约为 1500 次，显著低于磷酸铁锂电池 6000 次与三元电池3000 次，未来有望进一步提升。



各种电池电芯循环寿命对比 (次)

3. 钠离子电池技术现存劣势

- **(3) 仍处于导入前期，产业有待完善，适配应用场景有待进一步检验。**
- 各国产业化的钠离子电池体系存在较大差异，目前无相对明确的技术路线：
 - 1) 电池体系主要包括水系电池体系和有机电池体系；
 - 2) 正极材料主要包括层状铜铁锰和镍铁锰三元氧化物材料、聚阴离子型化合物氟磷酸钒钠和普鲁士蓝类材料等；
 - 3) 负极材料体系主要包括软碳、硬碳以及软硬复合无定形碳等；
 - 4) 电解液体系主要包括有机溶剂电解液和凝胶聚合物电解液。
- **钠离子电池仍处于商业化探索和改进中，工程化设备、供应链配套等暂未形成，产品性能、成本控制及适配应用场景等有待进一步检验。**

指标	磷酸铁锂电池	三元材料锂电池	钠离子电池 (铜基氧化物/煤基碳体系)
质量能量密度	150-2200Wh/kg	200-300Wh/kg	80-140Wh/kg
体积能量密度	200-350Wh/L	500-700Wh/L	180-280Wh/L
单位能量材料成本	0.5-0.6 元/Wh	0.6-0.7 元/Wh	0.3-0.4 元/Wh
循环寿命	3000-6000 次	1500-300 次	1000-1500 次
平均工作电压	3.2V	3.6-3.8V	3.2V
-20℃容量保持率	小于 70%	70%	88%以上
耐过放电	差	差	可放电至 0V
安全性	优	一般	优
环保特性	优	优	优

钠离子电池与锂离子电池（磷酸铁锂、三元）综合性能比较

目录

- 1 钠离子电池技术概述
- 2 钠离子电池行业空间
- 3 钠离子电池发展方向
- 4 钠离子电池简要总结

1. 钠离子电池千亿规模行业空间预判

- **平安证券：预计 2025 年钠离子电池潜在市场空间超 200GWh。** 钠离子电池有望率先在对能量密度要求不高、成本敏感性较强的储能、低速交通工具以及部分低续航乘用车领域实现替代和应用。
- **国信证券：钠离子电池 2025 年国内潜在市场空间约为141.2GWh。** 储能方面，预计25 年达到 64.6GWh；二轮电动车领域，预计 25 年达到 26.0GWh；低端车领域，预计 25 年达到 50.6GWh。
- **海通国际：补充主要将发生在储能、小动力电池等领域，60-100GWh市场。** 对于能量密度、体积、质量要求较高的应用领域，需求仍将以锂电池为主。

平安证券：钠离子电池潜在空间测算

	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
储能（GWh）	14	21.5	37	73	102	135	180
分布式电站配储能装机	7	11	19	37	56	76	98
集中式电站配储能装机	2	4	6	13	20	27	40
通信基站储能装机	5	7	12	23	26	32	42
电动两轮车（GWh）	28	31.5	37.8	43.5	47.8	43.0	38.7
销量（万辆）	4000	4500	5400	6210	6831	6148	5533
单车带电量（kWh）	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
A00 车型（GWh，国内为主）	4.64	6.08	14	21	24.7	28.52	30.8
销量（万辆）	23.2	30.4	70	105	123.5	142.6	154
单车带电量（kWh）	20	20	20	20	20	20	20
合计（GWh）	46.6	59.1	88.8	137.5	174.5	206.6	249.5

资料来源：Wind、乘联会、高工锂电、平安证券研究所

国信证券：国内钠离子电池2025年潜在空间

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
电动二轮车（GWh）	10.4	12.5	15.0	18.1	21.7	26.0
储能电池（GWh）	13.0	19.5	27.3	38.2	49.7	64.6
低端电动车（GWh）	4.4	11.6	18.4	26.8	39.6	50.6
合计（GWh）	27.9	43.6	60.8	83.1	111.0	141.2

资料来源:GGII、国信证券经济研究所测算

海通国际：钠离子电池2025年可替代市场空间测算

项目	假设一	假设二	假设三
钠基电池对储能锂电替代率（%）	30%	40%	50%
钠基电池对小动力锂电替代率（%）	30%	40%	50%
钠基电池对锂电替代量（GWh）	60	80	100
替代磷酸铁锂而降低的碳酸锂需求（万吨）	4.08	5.44	6.80
约占 2025 年需求比例（%）	3.4%	4.5%	5.7%

资料来源：海通国际预测

目录

- 1 钠离子电池技术概述
- 2 钠离子电池行业空间
- 3 钠离子电池发展方向**
- 4 钠离子电池简要总结

1. 钠离子电池应用场景和主要发展方向展望

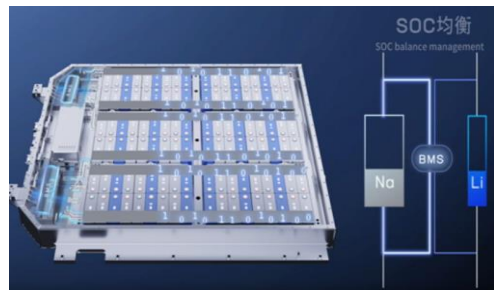
- **钠离子电池在对电池能量密度需求不高的场景中具备应用潜力。**
- **铅酸向锂电池迭代中的技术转型潜在市场：电动自行车。** 2020年中国电动自行车车新增销量3800万辆，如果按照1kwh来算，对应近38Gwh，目前随着锂电池的被替换上，导致这块的安全问题很多。钠电池有能量密度相对较低、安全性比较高的特点，可以在这个领域起到非常大的作用。
- **储能领域大规模示范应用尚需时日：**《关于加快推动新型储能发展的指导意见》明确提出量化的储能发展目标，即到2025年新型储能装机规模达3000万千瓦以上。到2030年，实现新型储能全面市场化发展，新型储能装机规模基本满足新型电力系统相应需求。指导文件中，要求**储能技术多元化并行发展**，2030年，加快飞轮储能、钠离子电池等技术开展规模化试验示范。
- **钠-锂混用（混合储能思想）：A00级电动车或储能试点。** 和LFP+NCM混用是相似，将钠离子电池与锂离子电池同时集成到同一个电池系统里，将两种电池按一定的比例和排列进行混搭，串联、并联集成，通过BMS的精准算法进行不同电池体系的均衡控制（宁德时代方案）。真正实现车用，需200Wh/kg的钠电池批量下线，才能在A级车上大量使用。这种情况还需要很长一段路要走。



低速工程机械



大规模储能应用



钠-锂混合储能

目录

- 1 钠离子电池技术概述
- 2 钠离子电池行业空间
- 3 钠离子电池发展方向
- 4 钠离子电池简要总结

- **结论：全面替代锂电不可行，3年成熟周期，可切入铅酸和锂电的中间市场。**
- **目前钠离子电池行业主要技术参数：**
- 产品参数：大规模化电芯成本将达到0.2-0.3元/Wh，目前材料成本预计会比锂离子电池低30-40%，目前单体能量密度120Wh/kg（天花板能够做到200Wh/kg），循环次数在3000次。
- 应用场景：未来应用面向储能、基站、低速车、低端乘用车市场。
- 材料体系： 正极：铁锰铜/镍三元体系及磷酸体系等；负极：硬碳；电解液：六氟磷酸钠；隔膜：无变化；集流体：铝箔。
- **宁德时代发布的钠离子电池特性：**
- 电芯单体能量密度已经达到了160Wh/kg，下一代钠离子电池能量密度将突破200Wh/kg，计划2023年形成基本产业链；
- 常温下充电15分钟，电量就可以达到80%；
- 零下20℃低温的环境下，仍然有90%以上的放电保持率；
- 系统集成效率达到80%以上；
- 热稳定性已经超越国家动力电池强标的安全要求。

钠离子电池部分相关公司	
公司名称	产业布局
宁德时代	已经官宣要建钠离子电池产业链
中科海钠	6月28日,中科海钠打造的全球首套1MWh钠离子电池储能系统在太原正式运行
钠创新能源	7月7日,与爱玛合作发布首批钠离子电池驱动的双轮电动车
华阳股份	间接持股中科海纳1.66%, 与其合资共建钠离子电池正负极材料各2000吨
浙江医药	持有钠创新能源40%股份
鹏辉能源	已做出钠离子电池样品,6月进行中试,预计年底前批量生产
欣旺达 博众精工	专利布局
容百科技	钠离子电池正极材料进入小试阶段,有普鲁士蓝专利布局
贝特瑞	硬碳专利布局,生产了新型负极材料包含少量软碳、硬碳等
翔丰华	开发了高性能硬碳负极材料,目前正在与相关客户测试中
中国长城	中国长城下属公司(武汉中原长江科技有从事锂电池、钠电池的研发生产,目前48V/10Ah钠离子电池组成功在电动自行车上示范应用
万顺新材	铝箔产品可应用于钠离子电池、
山东章鼓	钠离子电池由于特殊的“预制钠”技术还在制造专用成套设备,因此目前暂时还没有形成量产的产品
海基新能源	有对钠离子电池进行技术储备及相关研发
新宙邦	于2018年与上海交通大学及上海紫剑化工科技有限公司(浙江钠创新能源的发起人)签署了钠离子电池电解液相关的合作项目,该项目目前已经结题。
猛狮科技	公司已完成交付小批量18650圆柱钠离子电芯,受制于国内钠离子电池关键材料供应,目前还不具备量产条件

谢谢!

