

# 2024

行业研究系列报告

## 新型储能行业研究报告

储能技术多元发展，我国新型储能技术与国际先进水平并跑



## 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、新型储能类型与应用概述.....   | 1  |
| 二、压缩空气储能.....        | 5  |
| （一）应用现状及工作原理 .....   | 5  |
| （二）压缩空气储能产业链 .....   | 7  |
| 三、飞轮储能.....          | 9  |
| （一）应用现状及工作原理 .....   | 9  |
| （二）飞轮储能产业链 .....     | 11 |
| 四、全钒液流电池.....        | 12 |
| （一）应用现状及工作原理 .....   | 12 |
| （二）全钒液流电池储能产业链 ..... | 16 |
| 五、钠离子电池.....         | 18 |
| （一）应用现状 .....        | 18 |
| （二）钠离子电池产业链 .....    | 20 |
| 六、超级电容器.....         | 26 |
| （一）产业类别及应用 .....     | 26 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| (二) 超级电容器产业链 .....   | 28        |
| <b>七、 熔融盐储能.....</b> | <b>30</b> |
| (一) 应用现状及技术原理 .....  | 30        |
| (二) 熔融盐储能产业链 .....   | 32        |
| <b>八、 重力储能.....</b>  | <b>35</b> |
| (一) 技术原理及应用 .....    | 35        |
| (二) 重力储能产业链 .....    | 39        |
| <b>九、 超导磁储能.....</b> | <b>40</b> |
| (一) 应用现状及技术原理 .....  | 40        |
| (二) 超导磁储能产业链 .....   | 41        |

## 图、表目录

|      |                                   |    |
|------|-----------------------------------|----|
| 图 1  | 2022 年中国储能技术和世界先进水平的比较成熟度 .....   | 4  |
| 图 2  | 2022 年中国储能集成示范和产业化梯队 .....        | 5  |
| 图 3  | 传统压缩空气储能技术原理.....                 | 6  |
| 图 4  | 压缩空气储能核心设备.....                   | 7  |
| 图 5  | 飞轮储能系统结构.....                     | 10 |
| 图 6  | 飞轮储能系统运作示意图.....                  | 10 |
| 图 7  | 全钒液流电池的构成.....                    | 14 |
| 图 8  | 全钒液流电池产业链.....                    | 17 |
| 图 9  | 中广核德令哈 200 万千瓦光热储一体化项目原理图.....    | 31 |
| 图 10 | 基于熔融盐储热的工业余热发电系统.....             | 31 |
| 图 11 | 熔融盐光热储能系统产业链.....                 | 33 |
| 图 12 | 12 小时储热 100MW 塔式太阳能光热电站投资组成 ..... | 33 |
| 图 13 | Energy Vault 公司光伏项目配套重力储能 .....   | 37 |
| 图 14 | 山体斜坡储能原理示意图.....                  | 38 |
| 图 15 | 重力储能产业链.....                      | 39 |
| 图 16 | 超导磁储能结构原理.....                    | 41 |
| 表 1  | 主要储能技术比较.....                     | 2  |
| 表 2  | 储能技术应用场景.....                     | 3  |
| 表 3  | 飞轮储能系统和装置开发应用重点机构.....            | 12 |

|      |                        |    |
|------|------------------------|----|
| 表 4  | 全钒液流电池产业链代表企业.....     | 17 |
| 表 5  | 钠电池与锂电池产业环节技术路线对比..... | 21 |
| 表 6  | 钠离子电池主要企业.....         | 22 |
| 表 7  | 钠电池正极材料（含前驱体）主要企业..... | 23 |
| 表 8  | 钠电池负极材料主要企业.....       | 24 |
| 表 9  | 钠电池电解液、电解质主要企业.....    | 25 |
| 表 10 | 超级电容器产业链重点企业.....      | 29 |
| 表 11 | 熔融盐储能产业链代表企业.....      | 34 |
| 表 12 | 高温超导带材重点企业.....        | 43 |

储能技术多元发展，各有不同的应用场景。我国新型储能技术基本上与国际先进水平并跑，压缩空气储能、储热储冷、锂离子电池、液流电池和钠离子电池技术已达到或接近世界先进水平。

## 一、新型储能类型与应用概述

新型储能是指抽水蓄能以外的储能技术。储能形式根据技术路径不同主要分为热储能、电储能和氢储能三大类，其中电储能又可按能量储存形式分为物理储能、电磁储能和电化学储能。物理储能除了抽水蓄能外，还包括压缩空气储能、飞轮储能、重力储能等；电磁储能包括超导储能、超级电容器储能等；电化学储能包括锂离子电池、钠电池、铅蓄电池、液流电池、钠硫电池、燃料电池等储能形式；热储能主要包括熔融盐储能、热（冷）储能等。

储能技术呈现多元化发展格局，各有不同的应用场景。每种储能技术均具有一定的独特性，在实际应用中，需要用户综合考虑各种储能技术的特点以及优缺点，选择最适宜的技术方案。比如，飞轮储能、超级电容、超导储能可以解决秒级或分钟级以下的调频需求；抽水蓄能、压缩空气储能、燃料电池和电化学储能等则更适用于进行小时级调峰；氢储能适合执行季节性调峰。不同储能技术的特点如下表所示。

表 1 主要储能技术比较

| 类型     | 容量/MW     | 转换效率   | 启动时间    | 放电时间     | 优点                          | 缺点  |
|--------|-----------|--------|---------|----------|-----------------------------|---|
| 抽水蓄能   | 100-4500  | 50-85% | 5-10 分钟 | 几十小时     | 技术成熟，规模大，成本低                | 效率低，地理条件要求苛刻，存在生态破坏问题                     |
| 压缩空气储能 | 10-350    | 40-50% | 5-10 分钟 | 1-20 小时  | 占地小，单位投资较小，运营成本低            | 效率低，存在地理（地质）条件限制，投资回报期长                   |
| 飞轮储能   | 0.005-22  | 80-90% | 1 秒     | 几秒-20 分钟 | 响应速度快，转换效率高，寿命长             | 额定功率较小，成本较高、自放电率高，噪音大                     |
| 锂电池    | 0.001-100 | 70-90% | 10-20 秒 | 1-20 小时  | 能量密度高，自放电小                  | 成本高，循环寿命待提升                               |
| 铅蓄电池   | 0.001-50  | 60-70% | 10-20 秒 | 1-20 小时  | 成本低，可靠性好                    | 寿命短，污染大                                   |
| 液流电池   | 0.1-200   | 65-80% | <1 秒    | 1-20 小时  | 安全性好，长循环，寿命长                | 初期投资成本高                                   |
| 超级电容器  | 0.001-5   | >90%   | 1-10 秒  | 几秒-几分钟   | 响应速度快，转换效率高，循环寿命长，功率密度高     | 投资成本高，能量密度低                               |
| 超导储能   | 0.1-0.5   | >90%   | <1 秒    | 几秒-几分钟   | 响应速度快，转换效率高                 | 技术未成熟、未商业化、投资成本高                          |
| 重力储能   | 几十-100    | 80-90% | 1-10 秒  | 6-15 小时  | 建设周期短，转换效率高，使用寿命长，度电成本低     | 能量密度较低，建设规模较大，浇筑水泥块耗能大                    |
| 熔融盐储热  | 5-1000    | 50-75% | 15 分钟   | 4-16 小时  | 储能密度高，稳定性好，安全性高，使用寿命长，储热成本低 | 投资成本高，对蓄热装置材料的抗腐蚀性要求高，只能应用在采用热能发电或者清洁供热场景 |

资料来源：深企投产业研究院整理。功率按照现实项目（包括规划项目）的最大功率，非理论值。

按照时长要求的不同，储能的应用场景可分为容量型（≥4 小时）、能量型（约 1~2 小时）、功率型（≤30 分钟）和备用型（≥15 分钟）四类，对应的应用场景如下表所示。

表 2 储能技术应用场景

| 类型  | 储能时长     | 实际应用场景               | 运行特点                 | 技术特征要求   | 储能类型                           |
|-----|----------|----------------------|----------------------|--|--------------------------------|
| 容量型 | ≥4 小时    | 削峰填谷、负荷调节、离网储能等      | 大规模能量吞吐              | 安全性高、成本低、大规模（100MW）、深充深放（循环寿命 5000 次以上）、资源环境友好 | 抽水蓄能、压缩空气储能、熔融盐储能、储氢、钠硫电池、液流电池 |
| 能量型 | 约 1~2 小时 | 复合功能，调峰调频和紧急备用等多重功能  | 充放电转换频；可观的容量；        | 高安全性；较快的响应速度；一定的规模（MW）；便于集成的设备形态               | 锂离子电池等                         |
| 功率型 | ≤30 分钟   | 辅助一次调频；提供系统阻尼；提高电能质量 | 动作周期随机；秒级响应速度；大功率充放电 | 高功率；高响应速度；高存储；循环寿命紧凑                           | 超级电容器、飞轮储能、超导储能                |
| 备用型 | ≥15 分钟   | 作为不间断电源提供紧急电力        | 快速启动                 | 高响应速度  | 飞轮储能、全钒液流电池、铅蓄电池、锂电池           |

资料来源：中国能建《关于“熔盐储热”技术》，天风证券等，深企投产业研究院整理。

从各类储能技术的研发推广进程看，目前我国储能技术基本上与国际先进水平并跑，压缩空气储能、储热储冷、铅蓄电池、锂离子电池、液流电池和钠离子电池技术已达到或接近世界先进水平；抽水蓄能、飞轮储能、超级电容和储能新技术与世界先进水平还有一定的差距，如下图所示。

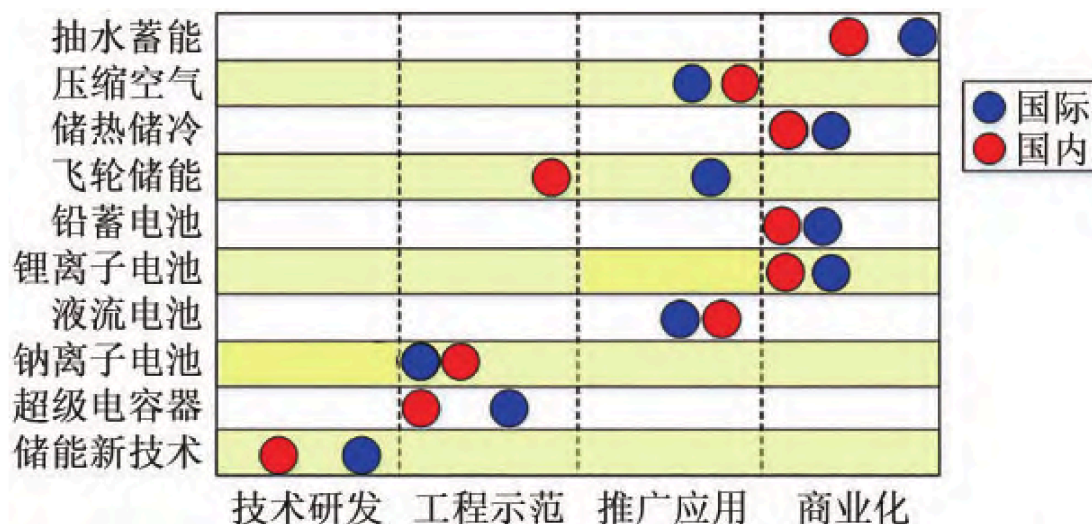


图1 2022年中国储能技术和世界先进水平的比较成熟度

资料来源：陈海生等《2022年中国储能技术研究进展》。

综合分析我国各储能技 2022 年的基础研究、关键技术和集成示范的情况，各种储能技术可以大致分为四个梯队。其中，第一梯队为抽水蓄能，单机规模 100MW 以上，占 2022 年全国储能装机的 77.1% 左右；第二梯队为锂离子电池、压缩空气储能、液流电池、铅蓄电池和储热储冷技术，单机规模可达 10-100MW，其中锂离子电池装机最多，有可能未来形成单独的一个梯队；第三梯队为钠离子电池、飞轮储能和超级电容器，目前单机规模可以达到 MW 级，其中钠离子发展受关注最多，有可能未来进入第二梯队；第四梯队为重力储能、热泵储电、压缩二氧化碳和液态金属技术等新型储能技术，需要进一步的研究，以便实现集成示范和产业化应用。

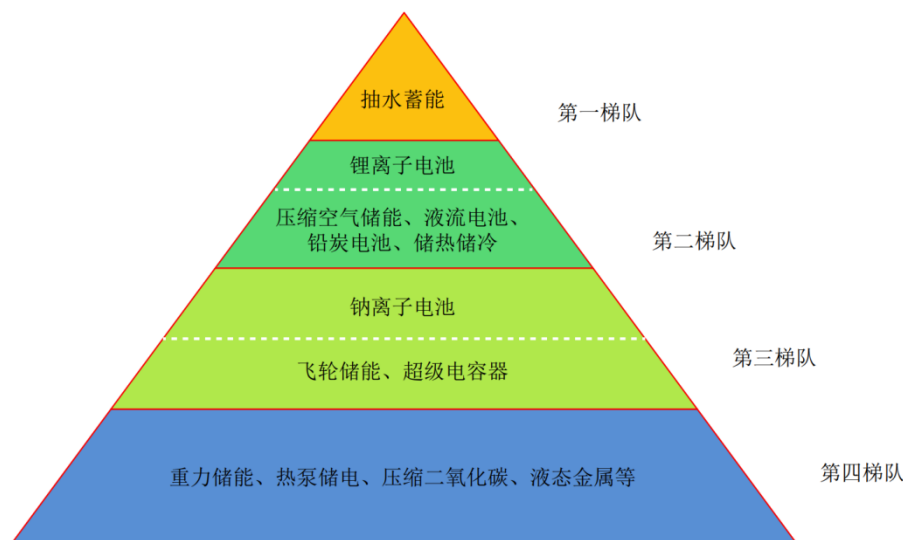


图2 2022年中国储能集成示范和产业化梯队

资料来源：陈海生等《2022年中国储能技术研究进展》。

## 二、压缩空气储能

### (一) 应用现状及工作原理

——应用现状。压缩空气储能(CAES)目前处于小规模应用阶段。据 CNESA (中国能源研究会储能专委会/中关村储能产业技术联盟) 统计,截至 2021 年底,压缩空气储能在全球新型储能装机规模中的占比为 2.3%。根据国家能源局数据,截止 2022 年底,压缩空气储能占全国新型储能装机规模的 2% (如按照 CNESA 全球储能数据库的不完全统计,占比为 1.5%)。当前压缩空气储能整体产业规模仍较小。

——工作原理。传统的压缩空气储能是基于燃气轮机开发的储能技术,其工作原理是,在用电低谷,用过剩的电能来驱动压缩机,将空气压缩至高压并储存在储气装置(如地面储气罐、地下盐穴、地下人工硐室等)中,使电能转化为空气的内能存储起来;在用电高峰,

由储气装置释放储存的高压空气，通过（进入燃烧室）燃烧或者换热的方式，加热压缩气体，将其输送至膨胀机内膨胀做功，推动发电机发电。其工作原理如下图所示。

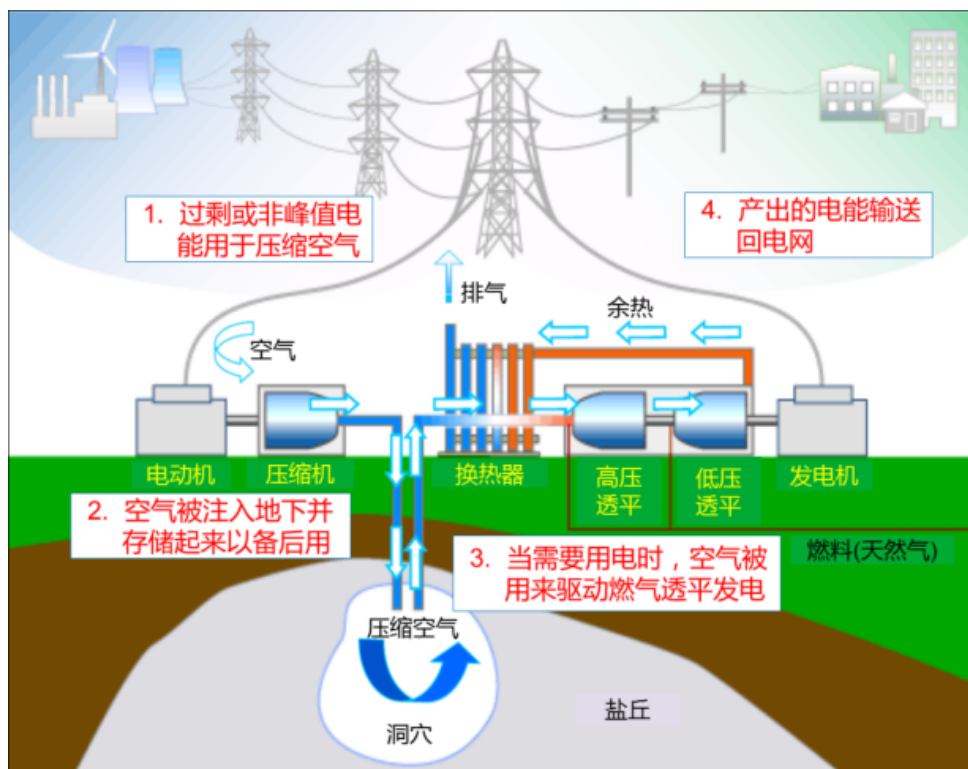


图3 传统压缩空气储能技术原理

资料来源：中国科学院工程热物理研究所《浅谈“压缩空气储能技术”》。

——**优缺点**。压缩空气储能具有启动快速、能量密度和功率密度较高、运营成本低、设备使用寿命长、损耗低等优点，一般可储释能上万次，寿命达40-50年。缺点是，能量转换效率低下（仅能到50%），需要大洞穴或者大容量储气装置存储压缩空气、存在地域（地质）条件限制，投资回报期较长。压缩空气储能中，储气方式不同，成本差异较大，单位成本约7000-9000元/kW，总体上当前压缩空气储能的单位成本高于抽水蓄能和电化学储能，单位kWh成本则与电化学储能相当。目前压缩空气储能度电成本0.24-0.25元，随着规模提升，新

型压缩空气储能系统的度电成本可达到 0.2 元，如果未来能降到 0.15 元以下，则经济效益更加显著。

## （二）压缩空气储能产业链

上游为装备制造、储气库。压缩空气储能系统主要由压缩机、空气透平膨胀机（空汽轮机）、发电机、换热器、储热介质等构成，储能电站设备投资约占 65%–70%，其余为土建安装及其他辅助工作。其中核心设备为压缩机（离心式空气压缩机），可占到储能电站投资的 15% 以上；换热器、透平机、辅助系统、控制系统等，和传统火电站配置类似，约占储能电站投资的 15%，基本无技术瓶颈。

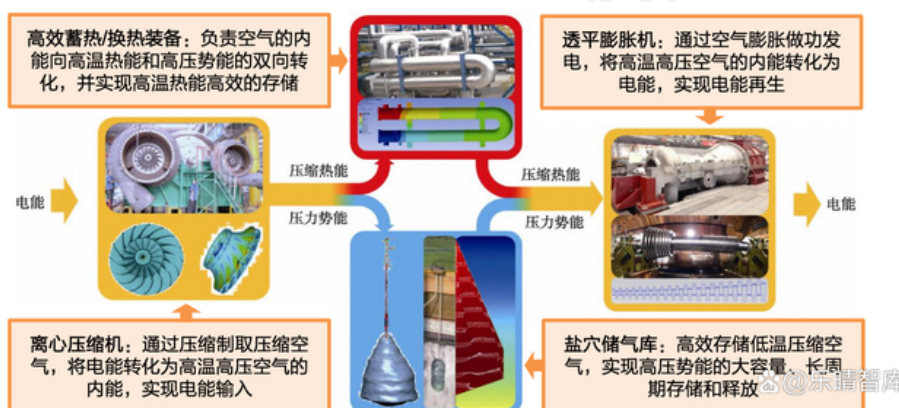


图 4 压缩空气储能核心设备

资料来源：乐晴智库。

**核心设备厂商：**国外压缩机主要有阿特拉斯·科普柯、西门子、日本神钢等，国内能达到相应技术要求的主要有陕鼓动力、沈鼓集团、金通灵三家企业。目前 100MW 级压缩机基本可以实现国产化，但实现单机 300MW 级仍存在很大难度和技术瓶颈。**设备主要企业包括：**陕鼓动力（空压龙头，压缩机、膨胀机）、沈鼓集团（离心压缩机）、金通

灵（空气膨胀机）、杭氧股份（空气压缩机、透平膨胀机）、川空集团（空分设备、透平膨胀机）、哈电汽轮机（空气透平、油气换热器等）、东方汽轮机（空气透平、油气换热器）、上海汽轮机（空气透平、油气换热器）等。

**储气库资源供应：**压缩空气储能储气库包括高压气罐、低温储罐、废旧矿洞改造、新建洞穴、盐穴等多种形式，现阶段在建、已投产项目多采用地下储气库（废旧矿洞改造、新建洞穴、盐穴），我国盐业企业中，鲁银投资、苏盐井神、中盐化工、雪天盐业等均在盐穴储能领域有所布局。储气装置占储能电站投资的 10%—20%，如采用地下盐穴，成本约占 10%；如采用人工硐室，成本约 20%；如储气装置使用压力容器，其单位造价是盐穴储气造价的 10 倍以上。

**中游为储能系统集成（主要提供技术支持）、储能电站施工建设。**主要的技术提供方是中储国能（中科院热物理研究所下属，近期完成超 10 亿元 A 轮融资）、中科储能、科远智慧，以及中科院理化所、清华大学等高校院所；主要的系统集成商包括中储国能、陕鼓集团等；项目整体建设施工单位主要有中国能建、中国电建等，主要提供 EPC（工程建设总承包）业务。从建设市场情况看，中国能建目前占据主要地位。

**下游为投资运营商（业主单位）。**当前参与投资布局（包括规划中）的企业包括中国能建、中国电建、国家能源集团、国家电投、中国华能、福能股份、华电集团、大唐集团、三峡集团（三峡能源）等，基本为国企（央企）。

### 三、飞轮储能

#### （一）应用现状及工作原理

——**应用现状**。飞轮储能还处于商业化早期，在全球及中国储能市场占有率较低。据 CNESA 数据，截止 2022 年底中国已投运新型储能累计装机规模达到 13.1GW，其中飞轮储能其中仅占 0.1%。目前国内市场上飞轮储能应用多数为试点项目，主要作为蓄电池系统的补充，成熟运行产品较少，运行功率较低，后备时间短，部分技术性能需要进一步完善。

——**工作原理**。飞轮储能的原理是利用过剩电力给真空外壳中的转子（飞轮）加速，把电能以动能的形式储存。在储能阶段，通过电动机拖动飞轮，使飞轮本体加速到一定的转速，将电能转化为动能；在能量释放阶段，飞轮的旋转速度会降低，电动机作发电机运行，将动能转化为电能。一般来说，飞轮系统使用电流来控制飞轮速度，其中高能的飞轮使用高强度碳纤维制成的转子，并通过磁悬浮轴承实现悬浮。这些转子在真空罩内的转速可达到 20000-50000rpm，可以在几分钟内达到所需的速度。

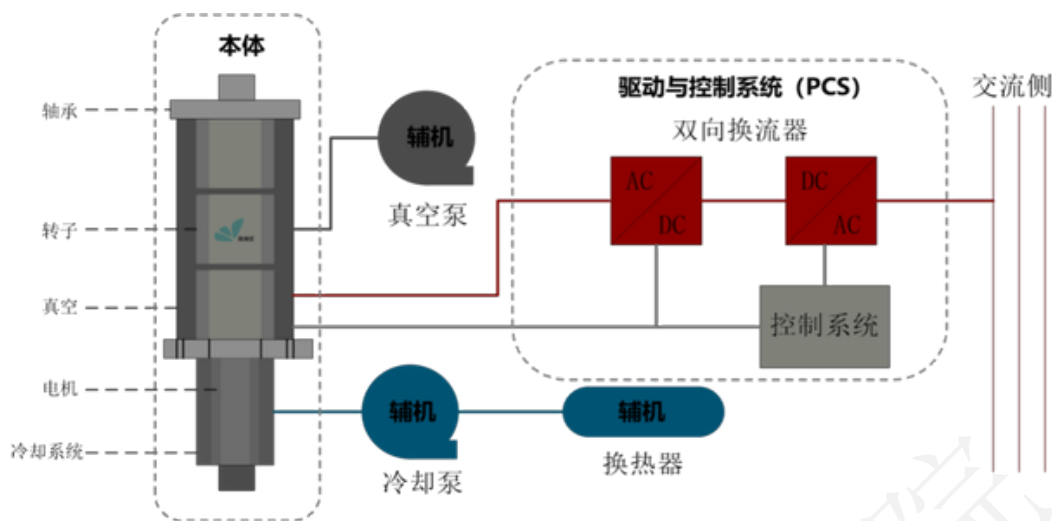


图5 飞轮储能系统结构

资料来源：贝肯新能源。

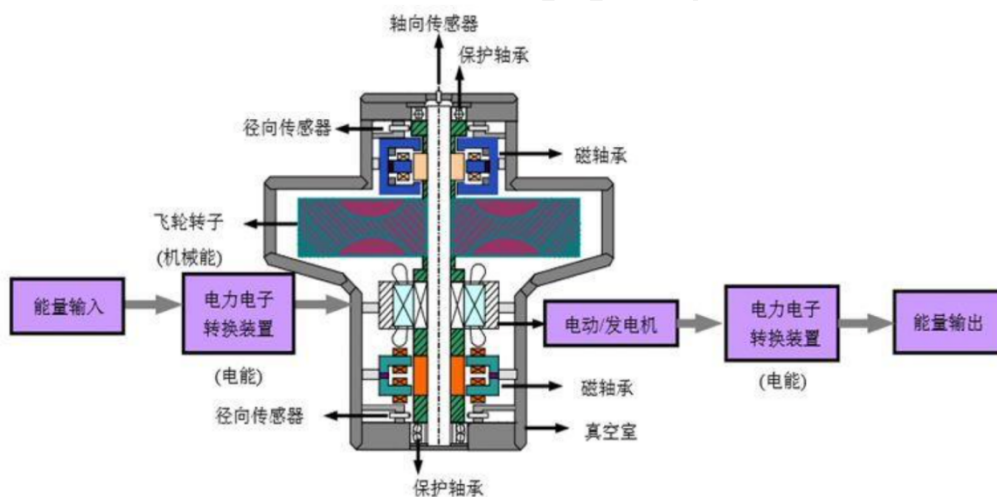


图6 飞轮储能系统运作示意图

资料来源：智见能源，中银证券。

——**应用领域**。飞轮储能是一种高频次、大功率、长寿命、高效率的功率型储能技术，适用于数百千瓦至数十兆瓦、持续数秒至数分钟、频次 10 万次以上的电储能应用场景，是实现电压稳定、频率调节的重要技术。飞轮储能可用于新能源并网、微电网调频，地铁、港口制动能量回收，数据库、医院不间断电源，国防、科研脉冲电源等。

——**优缺点**。飞轮储能的优点包括：1) 高效率。能量转换效率能够达到 90%及以上。2) 长寿命。飞轮储能的使用寿命可达 200 万次以上，且使用寿命不受充放电深度的影响，主要取决于飞轮材料的疲劳寿命和系统中电子元器件的寿命。3) 响应速度快。启动时间在 1 秒以内，充放电速度反应极快，属于分秒级的储能技术。4) 运维较简单。运行过程中几乎不需要维护，工况环境适应性好， $-20-50^{\circ}\text{C}$  下都能正常工作。缺点主要有：1) 能量密度低。额定功率小，最多供电几分钟，而且由于空气和轴承阻力，存储过程中存在电能消耗的情况。2) 成本较高。主要是由于其需要使用高强度材料（如使用碳纤维材料制造飞轮）和先进的控制技术，单位投资成本较大。3) 噪音大。旋转飞轮转速可高达 15000rpm，噪音较大，且持续工作在高转速、高温等极端工况下，因此极其轻微结构变动将会导致剧烈震动，不仅会产生极大地噪声污染，也可能发生断轴等安全风险。

## （二）飞轮储能产业链

**产业链上游**。典型的飞轮储能系统基本结构包括 5 个部件：1) 飞轮本体，一般为高强度复合纤维材料（如碳纤维复合材料）制成；2) 轴承，为转子提供低耗损支撑，利用非接触式的永磁轴承、电磁轴承或超导悬浮轴承等支承飞轮；3) 电机，一般为电动/发电互逆式双向电机（电动机+发电机）；4) 电力转换器，是输入电能转化为直流电供给电机，输出电能进行调频、整流后供给负载的关键部件；5) 真空器（真空室），为减少空气阻力，飞轮系统放置于高真空密封套筒内。上游部件主要由华阳股份、国机重装、湘电股份、广大特材等

企业提供。产业链中游为飞轮储能系统集成，主要设备厂商也同时参与。下游为发电侧、电网测的业主单位。

表 3 飞轮储能系统和装置开发应用重点机构

| 类型             | 企业和机构  |
|----------------|--|
| 国内研究机构         | 北京飞轮储能（柔性）研究所、核工业理化工程研究院、中科院电工研究所、清华大学、华北电力大学、中科院工程热物理所、北京协同创新研究院、北京航空航天大学、中科院长春光学精密机械与物理研究所、华中科技大学、中国人民解放军海军工程大学等   |
| 国内飞轮储能系统实际开发应用 | 华阳股份（A 股，飞轮储能项目应用）、北京泓慧国际能源（大功率磁悬浮飞轮系列产品）、沈阳微控新能源、国机重装（A 股，二重德阳储能科技有限公司）、广大特材（A 股，开发飞轮储能转子）、苏交科（A 股，子公司交科能源）、湘电股份（A 股，子公司湘电动力联合研发飞轮储能装置）、深圳坎德拉（磁悬浮飞轮储能技术设备）、天津贝肯新能源（超大功率飞轮储能电网调节技术）、盾石磁能（高速磁悬浮电机及控制技术）、恩斯特（电磁悬浮和超导磁悬浮飞轮储能技术）、北京奇峰聚能（大功率飞轮 UPS、飞轮储能调频电站）、北京华驰动能（电力级磁悬浮储能飞轮等）、大连亨利科技（飞轮储能系统）、阜阳罗特尼克（高能碳纤维飞轮储能）、鼎轮能源科技（飞轮储能电站应用）等 |
| 国外研发企业         | Beacon Power、VYCON、Temporal Power、Active Power、Amber Kinetics、Quantum Energy 等   |

资料来源：深企投产业研究院整理。

## 四、全钒液流电池

### （一）应用现状及工作原理

——应用现状。我国液流电池储能的研究推广处于世界领先水平。根据 CNESA 数据，截止 2022 年底液流电池占我国已投运新型储能累计装机规模的 1.2%。液流电池根据活性材料分类，可分为全钒液流

电池，锌基液流电池（锌溴、锌铁、锌镍、锌空气等），铁铬液流电池、全铁液流电池等等。其中全钒液流电池是目前最接近产业化和规模化应用的一种电池，而其他液流电池技术成熟度稍低，仍然面临活性物质的沉积、电解液互窜、功率密度低、容量和能量无法完全解耦、析氢和析氧等问题，基本上处于工程化示范阶段。在应用场合方面，液流电池有望与锂离子电池形成差异化竞争，主要在 4 小时及以上，百兆瓦时以上的容量储能场合进行推广。

全钒液流电池随着大规模产业化加速，渗透率将不断提升，装机规模呈增长趋势。根据 EV Tank 发布的数据，2021 年中国钒电池新增装机量 0.13GW，2022 年国内大量的钒电池储能项目开工建设，预计全年新增装机量将达到 0.6GW。据 EV Tank 预测，预计 2025 年钒电池新增规模将达到 2.3GW，2030 新增量将达到 4.5GW，届时钒电池储能项目累计装机量将达到 24GW，当年新增市场规模将达到 405 亿元。GGII 预测，2025 年国内液流电池出货量有望超过 10GWh（按 4 小时测算，含出口），复合增速高达 95.5%。

——**工作原理**。液流电池通过离子选择膜的离子交换将化学能转化为电能，离子选择膜将两种液体电解质分开存储在不同的罐中，利用两种化学溶液进行离子交换来进行充放电，其电压一般在 1.0-2.2V 之间。与其它电池相似，液流电池的功率与隔膜面积成正比，而储存能量的多寡和溶液储存容量成正比。

液流电池正负极全使用钒盐溶液的称为全钒液流电池（全钒氧化还原液流电池），简称钒电池。钒电池电能以化学能的方式存储在不

同价态钒离子的硫酸电解液中，通过外接泵把电解液压入电池堆体内，在机械动力作用下，使其在不同的储液罐和半电池的闭合回路中循环流动，采用质子交换膜作为电池组的隔膜，电解质溶液平行流过电极表面发生电化学反应，通过双电极板收集和传导电流，从而使得储存在溶液中的化学能转换成电能。这个可逆的反应过程使钒电池顺利完成充电、放电和再充电。

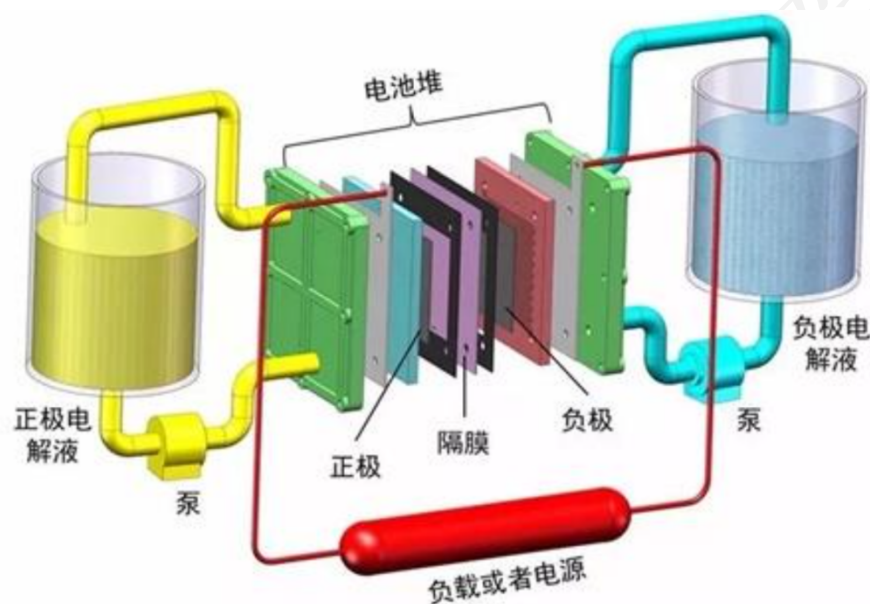


图 7 全钒液流电池的构成

资料来源：北京低碳院，安信证券。

——**优缺点**。全钒液流电池的优点包括：1) 相较于锂离子电池，安全性更高。全钒液流电池的电解液为钒离子的酸性水溶液，在常温常压下运行，不存在热失控、着火爆炸的风险，具有本征安全性。在空间占用方面，锂离子电池储能系统需要满足更为严格的消防及安全标准，在集装箱的排布上必须留出更大的安全距离，而全钒液流电池无此问题，因此布局更为紧凑，占地更加集约。2) 循环寿命长。循环次数可达 16000 次以上，显著优于锂离子电池，且生命周期内容量

可完全恢复，容量衰减问题小（相比之下，锂离子电池的可用容量会随着循环次数的增加而明显下降）。3）充、放电性能好。可深度放电而不损坏电池。自放电低，在系统处于关闭模式时，储罐中的电解液无自放电现象。4）启动速度快，无相变化，充放电状态切换响应迅速。5）输出功率和储能容量相互独立，便于模块化集成和规模放大。全钒液流电池实现了电芯功率和容量的分离，输出功率和储能容量可独立设计。要增加输出功率，仅需增加电堆的数量；要增加储能容量，仅需增加电解液的体积（储液罐的容量）。设计和安装灵活，便于模块化设计和规模放大，因此适用于大规模、大容量、长时储能，其储能时长越长，单度电分摊成本将大幅度降低，价格越便宜。近期的项目设计规模已达到 200MW，远超锂电池储能系统规模。6）我国钒资源储量丰富，供应链安全性更强。我国已探明钒矿储量占全球 43%（美国地质勘探局 USGS 数据），产量约占全球三分之二，相比于锂电池在核心矿产方面对外依赖度高，发展钒电池可避免受制于人。

**全钒液流电池的缺点包括：**1）能量密度不高。全钒液流电池的能量密度为 12-40Wh/kg，低于锂电池的 80-300Wh/kg。不过，固定式储能系统对能量密度要求不高，因此液流电池更适用于大规模蓄电储能。2）初始投资成本较高。目前锂电池储能电站的初始投资成本最低可达到 1.6 元/Wh，而钒电池储能项目初始投资成本普遍在 3 元/Wh 以上。近期钒电池成本下降较快，2022 年 11 月中核汇能 1GWh 液流电池储能采购中标候选人公示中，最低中标单价达到 2.2 元/Wh。虽然钒电池初装成本较锂电池偏高，但全寿命周期使用成本与锂电相近，

在长时储能场景更具优势。不过仍要考虑如果钒资源开发力度不如预期，钒电池大规模应用拉动钒价上涨、拉高电解液成本，则可能削弱全钒液电池的全寿命周期的性价比优势。

## （二）全钒液电池储能产业链

全钒液流电池主要由电解液、交换膜、电极、双极板等组成。电解液是钒离子的储存介质，占系统成本的 35%—40%（其中五氧化二钒占电解液成本 60%左右），其性能将直接影响到电池系统的工作效率、运行工况和使用寿命等；交换膜是电池内用于钒离子交换的膜材料；电极是氧化还原反应的主要发生场所，包括一个正极和一个负极；双极板是用来电气连接但液压分离相邻电芯的一种隔板，主要功能为隔离正负极电解液、汇集电流和支撑电极等。双极板、离子交换膜、电极、电极框架等构成电堆，电堆是钒电池系统的重要部件，是发生电化学反应的主要场所，可占总成本的 35%，而电堆成本中 55%来自于离子交换膜。其他装置（如管路与控制系统、循环泵等）占总成本的 30%。全钒液流电池产业链如下图所示。

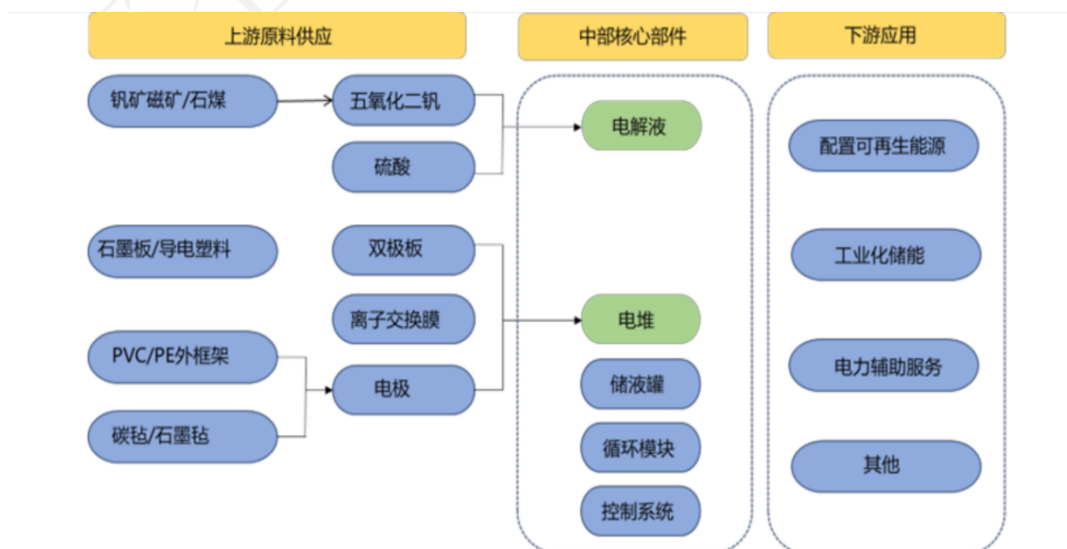


图 8 全钒液流电池产业链

资料来源：长城证券。

当前国内全钒液流电池市场总体体量较小，龙头格局未显，产业仍处于发展初期。产业链各环节的竞争格局和代表企业如下表所示。

表 4 全钒液流电池产业链代表企业

| 类型                   | 竞争格局及代表企业  |
|----------------------|--|
| 上游钒钛资源（钒矿及钒加工-五氧化二钒） | <ul style="list-style-type: none"> <li>目前国内从事上游钒资源端的企业主要有攀钢钒钛、河钢承钢、安宁股份、西部矿业等，其中攀钢钒钛份额最大，约为 30%，具备钒制品（以 <math>V_2O_5</math> 计）4 万吨/年的生产能力。</li> <li>重点企业：攀钢钒钛（上游原料-钒制品、钛原料）、安宁股份（上游原料-钒钛）、河钢股份（子公司承德钒钛）、成渝钒钛科技、四川的盛集团钒钛有限、中核钛白、龙佰集团、振华股份、明星电力、北京德泰储能、四川川威集团等。</li> </ul> |
| 电解液                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>部分上游五氧化二钒的生产企业已经开始介入到电解液的生产。</li> <li>主要企业：大连博融（大连融科子公司）、湖南银峰、河钢股份、四川星明能源环保、山东液流海材料、江西银汇新能源等。</li> </ul>  |
| 离子交换膜                | <ul style="list-style-type: none"> <li>目前的国产化率较低，主要是科慕（原杜邦）、戈尔、旭硝子等美国和日本少数厂家。2021 年科慕的 Nafion 膜在国内市场占比 75%。国内企业如东岳集团、江苏科润、国润储能等正在加速进行国产替代。</li> </ul>  |
| 电极（碳毡、石墨毡）           | <ul style="list-style-type: none"> <li>电极以国内企业为主。主要企业包括：江油润生石墨毡、辽宁金谷炭材料、江苏普向环保等。其他企业：嘉兴纳科新材料、甘肃富莱碳纤维、吉林神州碳纤维、甘肃郝氏碳纤维、江苏神通碳纤维、江苏同康碳纤维、宜兴宜泰碳纤维、沈阳宇恒碳纤维等。</li> <li>碳纸制备工艺较复杂，生产企业以日本东丽、加拿大 Ballard、德国 SGL、美国 AvCarb 等国外企业为主。</li> </ul>                                     |
| 双极板                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>石墨双极板的主要企业包括华熔科技、上海弘枫、开封时代等；碳塑双极板主要包括嘉兴纳科、中国科学院大连化物所等。</li> </ul>   |
| 系统及部件研发              | <ul style="list-style-type: none"> <li>目前多数钒液流电池企业在产业化初期，多采用电堆自产的方式来控制成本和优化功率性能。</li> <li>主要企业：大连融科储能（全产业链）、上海电气（A 股，旗下上海电气储能，钒液流电池电堆、电池系统）、北京普能世纪（电堆、电池系统集成）、四川伟力得能源、湖北绿动中钒（国家电投下属）、国网英大（A 股，旗下武汉南瑞、全产业链研发布局）、湖南汇锋高新</li> </ul>   |

| 类型         | 竞争格局及代表企业  |
|------------|--|
|            | 能源（全产业链）、杭州德海艾科、液流储能科技、开封时代新能源、湖南银峰新能源、山东液流星储能（亚星化学旗下）等。   |
| 电池管理系统、逆变器 | <ul style="list-style-type: none"> <li>由锂电储能产业链中相关企业直接提供。</li> </ul>   |
| 国外研发机构     | <ul style="list-style-type: none"> <li>奥地利 Cell Cube (Enerox GmbH)、美国 ESS TechInc.、美国 Invinity Energy Systems、加拿大 Largo Inc.、美国 Lockheed Martin Corporation、美国 Primus Power Solutions、德国 SCHMID Group、日本 Sumitomo Electric Industries, Ltd.、美国 UniEnergy Technologies, LLC、加拿大 VRB Energy、Redflow Ltd. 和 KORID ENERGY (KE) 等。</li> </ul> |

资料来源：深企投产业研究院整理。

## 五、钠离子电池

### （一）应用现状

——**应用现状**。钠离子电池的出现是对现有锂电池技术的重要补充，将是锂电池之后率先实现产业化的电池，预计 2023 年进入商业化量产。钠和锂具有相似的电化学特性，且钠盐的储量丰富、成本低廉，钠离子电池具有环境友好、高低温下性能表现好以及安全性好等优势，钠离子电池在理论上是锂离子电池的优良替代品。在高锂价压制下，产业界对钠离子电池的量产替代需求更加迫切。从下游应用来看，钠电池与锂电池场景也高度重叠，尤其是在储能、两轮车、低速电动车、电动工具等领域的可替代性较强。根据中国电子技术标准化研究院报告，钠电池将主要应用于电动自行车、电动汽车（A0 级、货车、电动公交）、储能等领域，其中两轮电动车有望成为最先落地的应用场景。2023 年，两轮车应用方面雅迪、台铃、星恒先后发布

钠电池产品，6月中旬奇瑞和江铃两款钠电池乘用车型进入工信部目录。

从能量密度看，钠离子电池与三元锂电池有较大差距，但已逐步接近磷酸铁锂电池。钠荷质比、比容量、容量密度低于锂，使得钠离子电池的能量密度上限不及锂离子电池。宁德时代2021年推出的第一代钠离子电池单体能量密度达到160Wh/kg，预计2023年量产出货。2023年7月中国电子技术标准化研究院发布的“全国首批钠离子电池测评名单”中，17家送样测试企业的产品平均能量密度为104.1Wh/kg，排名居前四家企业的产品能量密度在120Wh/kg至130Wh/kg之间。目前三元锂电池单体能量密度可达到300Wh/kg，磷酸铁锂电池单体能量密度达到200Wh/kg，钠离子电池距离磷酸铁锂也还有一定差距。如宁德时代规划中的第二代钠离子电池实现量产（预计单体能量密度将突破200Wh/kg），则可接近当前磷酸铁锂水平。

——**市场规模**。根据EV Tank《中国钠离子电池行业发展白皮书（2023年）》数据，截止到2023年6月底，全国已经投产的钠离子电池专用产能达到10GWh，相比2022年年底增长了8GWh，预计到2023年年底全国或将形成39.7GWh的钠离子电池专用量产线。现有钠离子电池企业的合计规划产能已经达到275.8GWh。根据EV Tank在2022年的测算，考虑到钠离子电池各潜在应用场景对电池的需求量，理论上在100%渗透的情况下，钠离子电池2026年的市场空间可达到369.5GWh，市场规模或将达到1500亿元。

——**应用优势**。一是**资源储量优势**。我国锂资源严重依赖进口。

根据美国地质调查局数据,2021 年全球锂金属资源量约为 8900 万吨, 锂金属储量约 2200 万吨, 其中智利、澳大利亚、阿根廷储量合计占比 78%。而钠资源在地壳元素含量中为 2.75%, 数百倍于锂资源, 不仅总量丰富, 而且全球分布都较分散, 在矿石、盐湖、海水中均有广泛的分布, 我国发展钠离子电池有利于保障供应链安全, 避免原材料卡脖子风险。二是**工艺路线切换便利**。在制造工艺方面, 钠离子电池可以实现与锂电池生产设备、工艺兼容, 产线可进行快速切换, 完成产能快速布局, 因此锂电池、动力电池主流厂商均可布局延伸发展。三是**规模量产后的成本优势**。根据中科海钠测算, 当超过 100GWh 的大规模生产实现后, 每生产 1GWh 钠离子电池的直接材料成本比磷酸铁锂电池低 30%-40%。四是**性能优势**。钠离子电池相较锂电池拥有更快的充电速度, 更宽的工作温度范围, 循环寿命和热稳定性则与磷酸铁锂电池相当。比如, 钠离子电池比锂电池更适用于高寒地区高功率应用场景, 对于温差大的高纬度国家, 钠电池将是储能的重要选择。

现阶段, 与磷酸铁锂等成熟锂离子电池相比, 钠离子电池体系由于工艺不成熟、研发设备成本摊销大以及产品一致性问题, BOM 成本优势未能发挥。而且随着 2023 年锂价波动下行, 一定程度上削弱了钠电池的性价比优势, 如果碳酸锂价格降至 15 万元/吨以内, 钠电池发展可能受到较大影响。随着全产业链加快量产、技术趋于成熟, 钠电池生产有望实现规模效应、成本大幅降低。

## （二）钠离子电池产业链

与锂离子电池类似, 钠离子电池产业链也主要包括上游的原材料

(正极、负极、隔膜、电解液等)、中游的电芯及电池以及下游的应用。与锂离子电池产业链的主要差异表现在上游正、负极材料以及中游电池厂的技术能力,电解液和隔膜则与锂电池产业链差异不大。从成本结构看,钠电池正极材料价值在钠电占比 26%, 负极 16%, 电解液 26%, 隔膜 18%, 集流体 4%。

表 5 钠电池与锂电池产业环节技术路线对比

| 产业环节 | 钠电池                                    | 锂电池                 |
|------|--|---------------------|
| 正极   | 层状氧化物、普鲁士蓝(白)和聚阴离子                     | 高镍三元、磷酸铁锂、锰铁锂等      |
| 负极   | 硬碳材料制备要求较高                             | 以石墨/人造石墨为主          |
| 电解液  | 采用六氟磷酸钠, 和锂电池电解液制备原理类似, 量产难度低          | 采用六氟磷酸锂             |
| 隔膜   | 与锂电池体系变化不大                             | 一般采用高强度薄膜化的聚烯烃多孔膜   |
| 添加剂  | 成膜添加剂为钠电核心壁垒, 补钠对容量提升意义大               | 包括成膜/导电/阻燃/过充保护添加剂等 |
| 集流体  | 负极集流体选用铝箔, 其他非活性物质沿用锂电。复合集流体可同时用于锂电和钠电 | 负极采用铜箔, 正极采用铝箔      |

资料来源: GGII, 东莞证券, 深企投产业研究院整理。

——**钠电池电芯单体及集成**。钠电池整体上处于产业化前期, 竞争格局尚未成熟。目前主要锂电池、动力电池厂商均在布局钠电池技术路线, 同时也有大量新能源产业链的企业跨界布局, 宁德时代计划于 2023 年实现钠离子电池量产和装机。中科海钠、华阳股份、鹏辉能源、多氟多、孚能科技、欣旺达、美联新材等已公开宣称最快将在 2023 年以后形成钠离子电池量产能力。目前已建及在建钠离子电池产线的企业如下表所示。

表 6 钠离子电池主要企业

| 类型      | 企业及产能规划   |
|---------|---|
| 已建及在建   | 中科海钠+华阳股份（山西阳泉、太原，2GWh）、传艺科技（4.7GWh，中试+量产线）、中科海钠+三峡能源（安徽阜阳，1GWh）、东莞易事特集团（0.2GWh 中试线）、维科技术+钠创新能源（2GWh）、多氟多（1GWh）、蔚蓝锂芯、立方新能源、众钠能源（江苏泰州，5GWh）、兴储世纪（1GWh）、恩耐吉新能源（湖北随州，3GWh）、东驰新能源（安徽阜阳，20GWh）、景创锂能（安徽亳州，5GWh）、世科峰和+河南龙源新能源（0.2GWh 中试线）、方寸新能源（甘肃敦煌，5GWh）、维科技术（2GWh）等 |
| 规划      | 传艺科技（5GWh）、中科海钠+三峡能源（4GWh）、普利特（1.3GWh）、英能基新能源（重庆/兰州，5GWh）、雄韬股份（湖北荆门，10GWh）、派能科技（江苏扬州，1GWh）、为方能源（贵州，3GWh）、科翔股份（江西赣州，1GWh）、世科峰和+河南龙源新能源（河南濮阳，13.8GWh）、雅迪集团（杭州，0.5GWh）、东莞易事特（10GWh）、英能基（安徽宣城，10GWh）、海四达电源（湖南长沙，30GWh）、盘古钠祥（无锡，5GWh）、众钠能源（安徽广德，20GWh）等              |
| 新品发布及研发 | 宁德时代、比亚迪（弗迪电池）、鹏辉能源、蜂巢能源、欣旺达、孚能科技、中科海钠、汉行科技、华阳新材、湖南德赛电池、派能电池、大连物化所、湖南立方、海四达、嘉盛电池、海基新能源、盘古钠祥、星恒电源、昆宇能源、传艺钠电、中比新能源、拓邦股份、辽宁星空钠电、猛狮科技等  |

资料来源：华安证券等，深企投产业研究院整理。

——**正极材料**。钠离子电池正极材料目前主要有层状氧化物、普鲁士蓝（白）和聚阴离子三种选择。层状氧化物能量密度高，制造工艺与三元锂电正极高度重叠，有利于三元正极厂商技术迁移，产业化进度较快，有望率先商用。普鲁士蓝（白）成本更低，有着较高的电压和可逆容量，材料工艺成熟后性价比更高、发展潜力大，但密度较低，只有氧化物密度的一半，对体积敏感的应用领域来说挑战较大，结构的问题也导致其商业化进展较慢。聚阴离子类化合物结构类似于磷酸

铁锂，循环寿命长，基本在 4000 次以上，理论循环次数可达 10000 次，但存在可逆比容量低、部分含有毒元素的问题。钠离子电池正极材料国内主要企业如下表所示。

表 7 钠电池正极材料（含前驱体）主要企业

| 序号 | 代表企业           | 布局现状   |
|----|----------------|--|
| 1  | 山西华阳股份（A 股，阳泉） | 与中科海纳共建 2000 吨/年钠电池正极材料（层状氧化物）项目投料试生产                                |
| 2  | 容百科技（A 股，宁波）   | 进入量产开发阶段，规划月出货达千吨级（普鲁士白、层状氧化物）                                       |
| 3  | 当升科技（A 股，北京）   | 层状氧化物完成工艺定型并向国内大客户送样，产线在建  |
| 4  | 振华新材（A 股，贵阳）   | 正极材料（聚阴离子化合物）已实现吨级产出，募投 10 万吨正极材料项目可兼容钠电正极                           |
| 5  | 传艺科技（A 股，扬州）   | 具备年产 200MWh 钠离子电池配套正极材料产能（层状氧化物、聚阴离子型）                               |
| 6  | 邦普循环（A 股）      | 普鲁士白正极材料产线建设完成，投产后具备量产 600 吨正极材料能力                                   |
| 7  | 格林美（A 股，深圳）    | 层状氧化物、普鲁士白与下游客户认证中   |
| 8  | 厦门厦钨新能源（A 股）   | 掌握钠电正极层状材料量试生产技术，正极材料前驱体及材料开发已完成试生产工作                                |
| 9  | 美联新材（A 股，汕头）   | 层状氧化物和普鲁士蓝（白）正极材料部分产能正在建设中   |
| 10 | 上海派能科技（A 股）    | 已经建成 50 吨普鲁士蓝生产线，2023 年实现 GWh 级别产能                                   |
| 11 | 鞍山七彩化学（A 股）    | 普鲁士蓝正极材料 50 吨中试生产线已投产，相关产品已通过部分电池厂商的检测，与美联新材合资建设年产 18 万吨电池级普鲁士蓝（白）项目 |
| 12 | 多氟多（A 股，焦作）    | 5000 吨/年正极材料产线 2023 年投产  |
| 13 | 立方新能源（株洲）      | 小批量生产普鲁士蓝，准备试产层状氧化物  |
| 14 | 浙江钠创新能源（杭州）    | 年产 4 万吨钠离子正极材料项目一期投产，规划 2023 年实现 GWh 级生产                             |

| 序号 | 代表企业           | 布局现状  |
|----|----------------|---|
| 15 | 江苏众钠能源（苏州）     | 硫酸铁钠（NFS）正极材料于 2022 年 3 月实现 100 吨线,2023 年 3 月扩产至 500 吨,预计 9 月实现 5000 吨线 |
| 16 | 长远锂科（A 股,长沙）   | 2023 年投产一条钠电正极中试线   |
| 17 | 湘潭电化（A 股）      | 向钠电池企业小批量供应电解二氧化锰   |
| 18 | 立中集团（A 股,保定）   | 二期将建设电子级氟化钠产能   |
| 19 | 广东道氏技术（A 股,江门） | 正极前驱体镍铁锰已有几十吨出货   |
| 20 | 湖州超钠新能源        | 层状氧化物正在技术攻关, 具备小量产能   |

资料来源：深企投产业研究院整理。

——**负极材料**。不同于锂电池，钠离子电池负极一般不使用石墨，目前已经报道的钠离子电池负极材料主要包括碳基、钛基、有机类和合金类负极材料等，其中无定形碳材料（包括硬碳材料、软碳材料、复合无定形碳材料）最具有应用前景，现阶段负极厂商技术路线以硬碳为主、软碳为辅。其中，软碳储钠容量低，硬碳材料储钠位置和形式多样，理论容量可达 350-400mAh/g。硬碳材料在比容量、循环等方面具有明显优势，目前已经成为宁德时代等钠电池厂商选择的负极技术路线之一。有望成为主流路线。

表 8 钠电池负极材料主要企业

| 序号 | 代表企业       | 布局现状   |
|----|------------|--|
| 1  | 深圳贝特瑞（A 股） | 钠电正负极已通过国内部分客户认证, 实现吨级以上订单, 负极材料现有产能 50 吨/年, 在建 1000 吨硬碳产能 |
| 2  | 深圳翔丰华（A 股） | 布局硬碳负极材料（生物质基、树脂基、沥青基硬碳），产品送样中                             |
| 3  | 杉杉股份（A 股）  | 硬碳材料（生物质基、树脂基硬碳）批量供货头部电池企业, 2023 年产能达千吨级                   |

| 序号 | 代表企业          | 布局现状  |
|----|---------------|---|
| 4  | 多氟多（A股，焦作）    | 2023年将视线 2000 吨负极材料产能（生物质基硬碳）                       |
| 5  | 中科电气（A股，岳阳）   | 硬碳产线处于小试阶段  |
| 6  | 传艺科技（A股，扬州）   | 具备年产 200MWh 钠电池配套正极材料产能，4 万吨在建                      |
| 7  | 华阳股份（A股，阳泉）   | 与中科海纳共建 2000 吨/年负极材料项目投料试生产；子公司华纳芯能无烟煤软碳产能 2000 吨/年 |
| 8  | 成都佰思格         | 已量产硬碳负极（生物质基硬碳），现有产能 2000 吨/年，预计 2023 年上半年 8000 吨/年 |
| 9  | 深圳珈钠能源        | 处于小中试阶段，正在筹划百吨级的中试线                                 |
| 10 | 元力股份（A股，南平）   | 2023 年规划千吨级硬碳负极材料产能（生物质基硬碳）                         |
| 11 | 济南圣泉集团（A股）    | 拟建年产 10 万吨生物基硬碳负极材料项目（生物质基、树脂基硬碳）                   |
| 12 | 广东道氏技术（A股，江门） | 正在进行钛基负极材料生产技术累积                                    |
| 13 | 容钠新能源（广州）     | 年产 10000 吨硬炭负极材料前驱体投产                               |
| 14 | 福建鑫森炭业（南平）    | 2022 年底实现吨级首发交付（生物质基硬碳材料）                           |
| 15 | 山西煤化所         | 已有淀粉基硬碳负极产能   |
| 16 | 上海汉行科技        | 煤基软碳材料产线完成中试  |

资料来源：深企投产业研究院整理。

——**电解液及电解质**。钠离子电池和锂离子电池的电解液成分基本相似，锂电池的电解质材料主要为六氟磷酸锂，钠离子电池电解液的溶质主要为六氟磷酸钠。溶剂为链状碳酸酯和环状碳酸酯共用，一般采用 EC、DMC、EMC、DEC 和 PC 等溶剂组成二元或多元混合溶剂体系，此外再加上特定的功能性添加剂。主要厂商有多氟多、天赐材料、新宙邦、永太科技、传艺科技等，如下表所示。

表 9 钠电池电解液、电解质主要企业

| 序号 | 代表企业        | 布局现状                                |
|----|-------------|-------------------------------------|
| 1  | 多氟多（A股，焦作）  | 六氟磷酸钠年产能 1000 吨左右，2023 年将建成 1GWh 钠电 |
| 2  | 广州天赐材料（A股）  | 规划建设 1 万吨/年六氟磷酸钠产能，预计 2023 年年底量产    |
| 3  | 深圳新宙邦（A股）   | 钠电池电解液已吨级交付客户                       |
| 4  | 传艺科技（A股，扬州） | 建设一期 5 万吨钠电电解液项目                    |
| 5  | 永太科技（A股，台州） | 250 吨钠离子电池材料的产能建设                   |
| 6  | 瑞泰新材（A股，苏州） | 处于中试阶段                              |
| 7  | 中欣氟材（A股，杭州） | 一期年产六氟磷酸钠 5000 吨，预计 2023 年下半年投产     |
| 8  | 丰山集团（A股，盐城） | 钠电池电解液 2023 年 7 月投产                 |
| 9  | 延安必康（A股）    | 子公司九九久已有六氟磷酸钠成品产出                   |
| 10 | 江苏国泰（A股，苏州） | 钠电池电解液处于中试阶段                        |

资料来源：深企投产业研究院整理。

——**集流体**。钠离子电池负极集流体选用铝箔，成本仅为铜箔的一半，布局的企业包括鼎盛新材、东阳光、万顺新材、南山铝业等。正极集流体则与锂电产业链相同。

## 六、超级电容器

### （一）产业类别及应用

——**产品类别**。超级电容是介于普通电容和充电蓄电池中间性能的特殊类电容器，具有电容器快速充放电的特性，又具备电池的储能特性。超级电容器的电容量达到法拉级别，是传统电容器的数百甚至

上百万倍。按照工作原理，超级电容可分为三类，双电层电容(EDLC)、法拉第赝电容和混合型超级电容(HUC)。

双电层电容(EDLC)利用多孔炭电极/电解液界面实现双电层储能，工作温度在 $-40^{\circ}\text{C}$ - $70^{\circ}\text{C}$ 之间，循环寿命大于100万次，已实现商业化应用，是目前超级电容器应用的主流。

法拉第赝电容可视为双电层电容器的一种补充形式，电极材料采用金属氧化物或导电聚合物，工作温度在 $-20^{\circ}\text{C}$ - $65^{\circ}\text{C}$ 之间，循环寿命大于1万次，当前应用成本高昂，技术尚不成熟，产业化前景不明朗。

混合型超级电容(HUC)是在对双电层电容器与赝电容电容器的研究基础上诞生，能量密度更高，功率密度较低，工作温度在 $-20^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ 之间，循环寿命大于5万次，当前处于商业化早期，是超级电容器未来研究的重要方向。

——**应用现状**。超级电容器适合于短时大功率储能场景，对峰值功率释放的能量快速捕捉并在相对较短时间内快速释放，在电网调频、混合储能和汽车领域前景广阔。超级电容是功率型储能器件，与能量型锂电池可以实现互补。在独立储能场景下，超级电容在短时大功率、多次循环放电场景下更具经济性；在混合能源系统中，超级电容负责短时高功率峰值，锂电池负责长时低功率输出。

**电网调频**：超级电容适配电网短时高频、高功率调频需求，发电侧、输配电侧、用电侧应用逐步落地。

**交通运输**：超级电容公交实现充电5分钟、行驶30公里，可替

代传统电池。在轨道交通领域负责回收大型机车制动所释放的能量，启停瞬间高功率充放电。

**汽车领域：**适用于启停、安全冗余电源等场景。超级电容在 12V 电气系统下被用作主电源、安全冗余电源，在 48V 电气系统下被用作线控电源，在 HEV 车型中被用作主电池电芯。

**工业领域：**作为备用电源、能量回收系统，可应用于风电变桨、工程机械（如港口起重机）、智能电表、UPS 不间断电源等。

**超级电容市场规模有望快速增长。**自 2021 年起，有关超级电容储能的政策相继出台，超级电容器在储能领域迎来大规模落地。2022 年以来，超级电容在国内首次应用于火储一体化调峰调频、首次应用于一次调频、首次应用于岸储一体化项目。随着上游材料国产化推进，超容成本持续下降。根据超级电容产业联盟数据，2021 年全球超级电容市场规模为 15.9 亿美元，预计 2027 年将达 37 亿美元，2021-2027 年 CAGR 为 18%。2021 年中国超级电容市场规模达 25.3 亿元，预计 2027 年将超 60 亿元，2021-2027 年市场规模 CAGR 将超 20%。

## （二）超级电容器产业链

超级电容器由涂抹碳材料（如石墨烯、碳纳米管、碳气凝胶、活性碳等）的铝箔（集流体）构成的正负极、电解液、隔膜（分离器）构成，其中电极成本占比超过 30%，是制备超级电容的核心能力，决定超级电容的功率与能量密度。电解液在超级电容器的材料成本中占比仅次于电极材料，占比 25%左右。

上游原材料环节，目前电解液国产化配套已相对成熟，电极材料、

隔膜等高技术壁垒领域的国产化正在加速推进。中游超级电容制造环节，本土超级电容厂商新建、扩产项目稳步推进，实现技术突破。根据相关报道，我国宁波中车新能源首创高密度的碳气凝胶，能够替换被国外掌控的碳纳米管，从而在超高功率超级电容器的关键技术及应用上取得突破。下游终端应用环节，电力能源、汽车是超级电容最主要的两大增量市场，本土新能源市场的快速增长将带动超级电容产业链向国内迁移。

表 10 超级电容器产业链重点企业

| 产业环节    | 竞争格局及代表企业  |
|---------|--|
| 超级电容器制造 | <ul style="list-style-type: none"> <li>国外：美国超级电容龙头 Maxwell（被特斯拉收购）。</li> <li>国内：龙头企业：宁波中车新能源、上海奥威科技、南通江海股份（A 股）、锦州凯美能源。其他重点：万裕科技、锦州凯美能源（专精中小型超级电容）、风华高科（A 股，锂离子超级电容）、北京集星联合电子、北京合众汇能、深圳今朝时代（A 股）、无锡烯晶碳能（思源电气控股，电动车领域）等。</li> <li>在大容量超级电容器领域，中车新能源与奥威科技占比各半，业务主要集中在轨道交通和电动大巴市场；在中小容量超级电容器领域，凯美能源市场占比约为 40%，江海股份市场占比约为 20%，风华高科、万裕三信等企业合计占据 40% 的市场份额。</li> </ul> |
| 电极材料    | <ul style="list-style-type: none"> <li>双电层电容器使用的电极材料主要是活性炭、炭黑、石墨烯、碳纳米管等炭基材料，活性炭材料 80% 来自日本的可乐丽（Kuraray），炭黑材料约 50% 来自日本进口。</li> <li>国产：福建元力股份（A 股）、大潮炭能（河南安阳）等。</li> </ul>  |
| 电解液     | <ul style="list-style-type: none"> <li>深圳新宙邦（A 股）、江苏瑞泰新材（A 股）。</li> </ul>  |
| 隔膜      | <ul style="list-style-type: none"> <li>进口依赖度高，海外厂商包括日本高度纸业（NKK）、美国 Celgard 公司等。国产占比 20% 左右。</li> <li>国产：宁波柔创纳米、浙江凯恩股份（A 股，丽水）、中国制浆造纸研究院等。</li> </ul>   |

资料来源：深企投产业研究院整理。

熔融盐储能是大规模中高温储热的主流技术方向，在昼夜温差大、太阳能丰富的中西部地区应用较多，在热电厂储能改造方面市场前景较大。重力储能最常见的是“搬砖储能”，应用示范处于起步阶段。超导磁储能目前成本高昂，伴随高温超导材料的应用渗透，以及常温超导材料的研发进展，可能对未来电力技术产生前所未有的影响。

## 七、熔融盐储能

### （一）应用现状及技术原理

——**应用现状**。熔融盐储能是全球第三大储能模式，是热储能技术的重要组成部分，是大规模中高温储热的主流技术方向。根据 CNESA 统计，2022 年熔融盐储能全球累计装机规模占全球储能比重约为 1.4%。熔融盐储能的主要应用场景包括火电机组储热调峰灵活性改造（储能改造）、光伏光热储能一体化、风电园区储能、工业园区供暖供电等。光热电厂通过汇聚太阳光加热吸热塔内熔融盐实现光热利用及热发电，特别是融熔盐供热相比传统的燃煤供热，可以大幅降低碳排放，实现夜间无光照的情况下零污染供暖，对于昼夜温差大、太阳能丰富的地区具有重要意义，在我国西部地区应用较多。根据国际可再生能源署（IREA）数据，在全球所有配备储热设施的电力系统中，采用熔融盐储热技术的占比达 3/4。热电厂储能则通过将热电厂与熔融盐储能系统耦合实现热电调峰，目前市场空间最大。

——**技术原理**。熔融盐是指无机盐在高温下熔融形成的离子熔体，常用的熔融盐主要由碱金属或碱土金属与卤化物、碳酸盐、硅酸盐等盐类组成，具有工作温度高、使用温度范围广、传热能力强、系统压

力小、经济性较好等一系列的优点，已成为光热电站传热和储热介质的首选。熔融盐储能技术是以熔融盐储能材料为储热介质，将太阳能光热、地热、工业余热、低品位废热、谷电等以热能的形式储存起来，当环境温度低于介质温度时，储热介质可将热能释放出来，从而解决热能供给与需求在时间、空间不匹配所带来的问题。目前我国具备光热+熔融盐储能的整套技术。

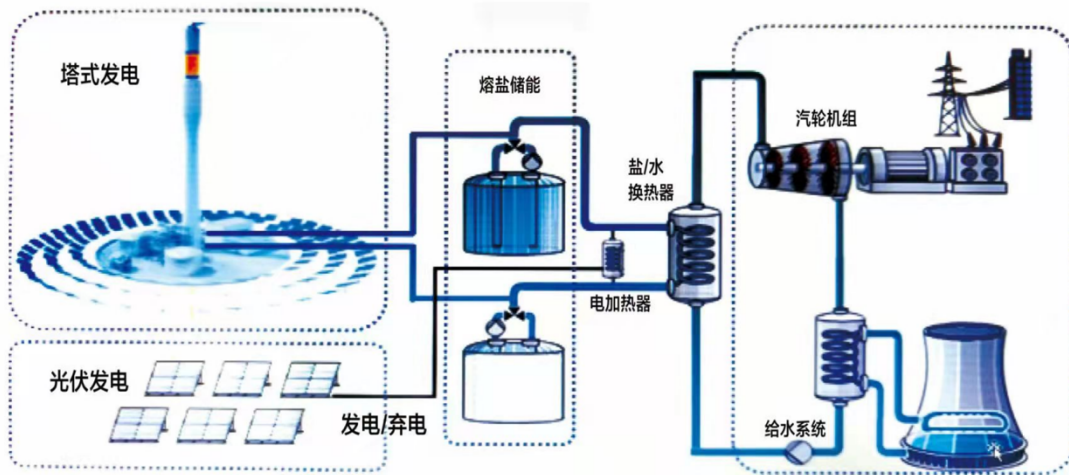


图9 中广核德令哈 200 万千瓦光热储一体化项目原理图

资料来源：深圳特区报。

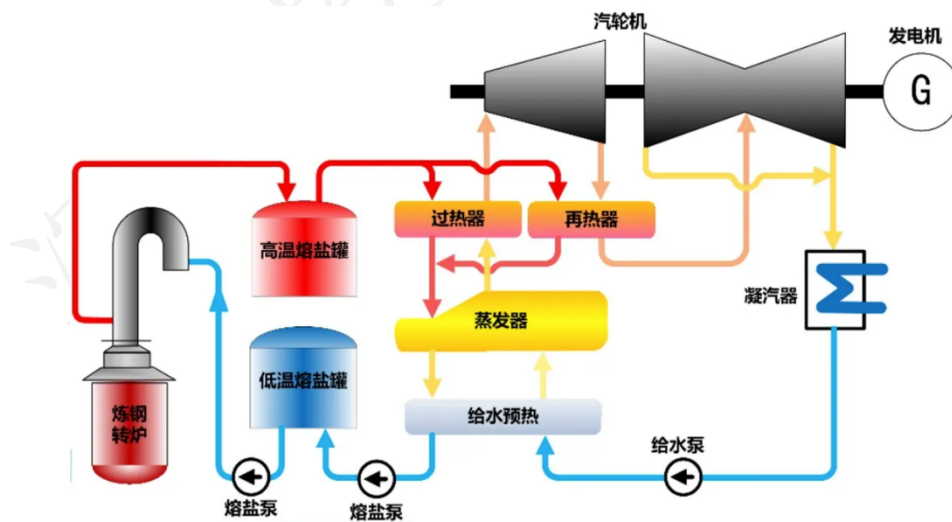


图10 基于熔融盐储热的工业余热发电系统

资料来源：北极星储能网，中航证券。

——优缺点。熔融盐系统具有设计简单、成本较低、工作状态稳

定、储热密度高、余热利用效率高、储热时间长等优点，适合大规模中高温储热，单机可实现 100MWh 以上的储热容量。根据北极星储能网，用熔盐储热方案的发电量比蒸汽储热方案提高 1 倍，而投资仅增加 32.3%。其缺点在于，熔盐是通过储存热量的方式来储存能量的，如果要储存电能，则需要完成“电能——热能——电能”的转换，效率很低。因此，熔融盐储能只有在采用热能发电的场景下才有经济优势，可以作为能量的存储介质，用于光热发电、火电厂改造等；或者应用在终端能量需求为热能而非电能的场景，如清洁供热。

## （二）熔融盐储能产业链

光热储能系统主要由聚光系统、集热系统、储换热系统、发电系统（蒸汽发生系统）组成，分别可以实现太阳能的聚集、转换、电力输出以及辅助的功能。其中储热系统将加热后的介质（熔盐）进行储存，换热系统在需要发电时利用高温熔盐与水进行热交换，以产生高温高压的蒸汽。储换热系统主要由熔盐储罐、熔盐泵、熔盐阀、电加热器、换热器、保温材料、除氧器、控制系统和各种水泵以及管道阀门等组成。产业链如下图所示。

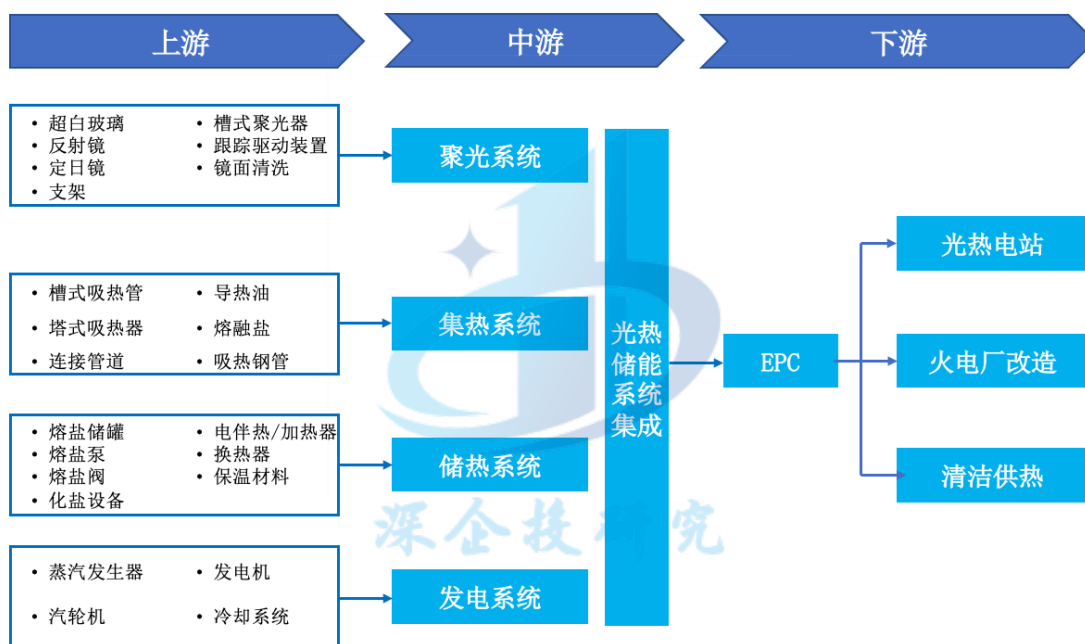


图 11 熔融盐光热储能系统产业链

资料来源：深企投产业研究院整理。

根据首航高科与可胜技术的数据，6 小时储热 100MW 塔式太阳能热发电站的总投资在 16-17 亿元之间，12 小时储热 100MW 塔式太阳能热发电站的总投资在 25-30 亿元之间。其中，聚光、吸热、储换热系统约占整个电站成本的 77%左右，如下图所示。

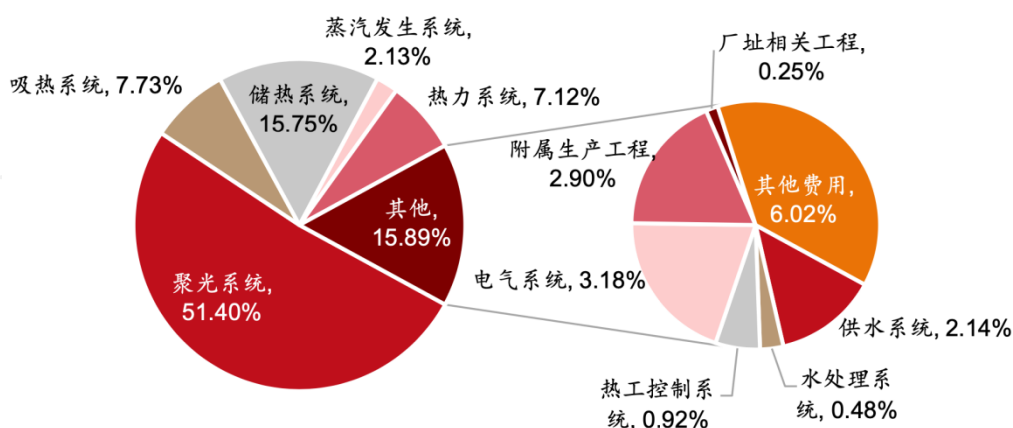


图 12 12 小时储热 100MW 塔式太阳能光热电站投资组成

资料来源：CSTA，可胜技术，西部证券《储能行业深度报告：行业东风将至，新型储能其兴可待-221201》。

我国熔融盐储能产业链主要企业如下表所示。

表 11 熔融盐储能产业链代表企业

| 类型       | 代表企业  |  |
|----------|-------|--|
| 聚光系统材料部件 | 超白玻璃  | 洛阳玻璃（A股）、安彩高科（A股）、大连耀皮玻璃（上海耀皮玻璃）等                    |
|          | 反射镜   | 首航高科（A股，酒泉）、武汉圣普太阳能、成都禅德太阳能等                         |
|          | 定日镜   | 首航高科（A股）、浙江可胜技术（杭州）、中能建中能装备扬州电力设备、皇明太阳能（德州）、成都博昱新能等  |
|          | 槽式聚光器 | 常州龙腾光热、北京天瑞星光热技术等                                    |
|          | 支架    | 江苏振江股份（A股，无锡）、常州龙腾光热、中能建中能装备、成都禅德太阳能、青海华汇新能源（海西州）等   |
|          | 跟踪装置  | 首航高科（A股）、江阴华方新能源（无锡）                                 |
|          | 镜面清洗  | 浙江可胜技术（杭州）等  |
| 吸热系统材料部件 | 熔融盐   | 青海盐湖股份（A股，海西州）、新疆硝石钾肥（吐鲁番）、江西金利达钾业（宜春）、山东爱能森新材料（东营）等 |
|          | 槽式吸热管 | 常州龙腾光热、兰州大成科技、北京天瑞星光热技术、道荣新能源（北京、邢台）等                |
|          | 塔式吸热器 | 首航高科（A股）、西子洁能（A股，杭州）、浙江可胜技术（杭州）等                     |
|          | 连接管道  | 江苏昊峰管道设备（泰州）等  |
|          | 导热油   | 江苏中能化学（A股，连云港）、涉县津东经贸（邯郸）、苏州首诺导热油、陶氏化学、山东爱能森新材料（东营）等 |
|          | 吸热钢管  | 无锡鑫常钢管、宝钢特钢等   |
| 储换热系统部件  | 熔盐储罐  | 首航高科（A股）、东华科技（A股，合肥）、江苏联储能源（常州）等                     |
|          | 熔盐泵   | 江苏飞跃机泵（泰州）等  |
|          | 熔盐阀   | 中国船舶重工（A股）、重庆川仪股份（A股）、中电建上海能源装备等                     |
|          | 化盐设   | 首航高科（A股）、江苏联储能源（常州）、山东爱能森新材料（东                       |

| 类型          | 代表企业                          |   |
|-------------|-------------------------------|---|
| 备           | 营)、百吉瑞(天津)等                   |   |
| 电伴热/<br>加热器 | 久盛电气(A股,湖州)                   |   |
| 换热器         | 上海电气(A股)、甘肃蓝科高新(A股,兰州)等       |   |
| 保温材料        | 鲁阳洁能(A股,淄博)、保全(上海)建材、广州晖能新材料等 |   |
| 发电系统<br>部件  | 蒸汽发生器                         | 西子洁能(A股,杭州)、无锡华光环能(A股)、东方电气集团东方锅炉(A股,自贡)、哈尔滨锅炉厂、上海锅炉厂(上海电气)等                        |
|             | 汽轮机                           | 杭汽轮、江苏金通灵(A股)、哈汽、东方电气集团东方汽轮机(德阳)、上海汽轮机厂(上海电气)等                                      |
|             | 发电机                           | 济南发电设备厂等  |
|             | 冷却系统                          | 首航高科(A股)、上海电气(A股)等  |
| 储能系统<br>集成  | 集热系统                          | 首航高科(A股)、北京天瑞星光热技术、上海电气亮源光热、浙江可胜技术(杭州)、常州龙腾光热、兰州大成科技、北京兆阳光热、成都博昱新能源等                |
|             | 储热系统                          | 上海电气(A股)、东方电气(A股)、西子节能(A股)、三维化学(A股,淄博)、东华科技(A股,合肥)、浙江可胜技术(杭州)、江苏联储能源、深圳爱能森、百吉瑞(天津)等 |
|             | 发电系统                          | 中广核新能源、中电工程西北院、中电建西北院、中电建中南院、山东电建一公司、山东电建三公司、内蒙院、中机华信诚(苏州天沃科技)、华科电工工程(兰州)等          |

资料来源：西部证券等，深企投产业研究院整理。

## 八、重力储能

### (一) 技术原理及应用

——**技术原理**。重力储能是利用建筑物、山体、地形等高度差，利用电动机将固体重物抬升至一定高度，当重物下降时，电动机可逆向操作并转换为发电机，从而产生电力。重力储能是一种非常简单的

储能方式，其原理类似于抽水蓄能，即通过将“重物”运上运下，实现电能和重力势能之间的转换，也可以认为抽水蓄能是以水为介质的重力储能，但为了区分传统抽水蓄能与新型重力储能，通常认为重力储能是除抽水蓄能以外的通过重力势能充放电的储能方式。重物一般选择密度较高的物质，如金属、水泥、砂石等，以实现较高的能量密度。

——**应用类型**。目前常见的重力储能形式有混凝土砌块重力储能（俗称“搬砖储能”）、山体斜坡储能、矿井储能（地下竖井重力储能）、活塞式重力储能、悬挂式重力储能等，其中混凝土砌块重力储能已经从理论研究、小规模试验发展到商业化项目落地阶段，应用示范相对靠前。

- **砌块重力储能**：电力充裕时，利用起重机将混凝土砌块（可达数十吨重）吊起，像积木一样堆叠成塔，通过砌块的升降过程进行充放电。该技术主要由瑞士 Energy Vault 公司提出，并开始在我国应用示范，其规划在中国建设 5 个项目，总储能容量 2GWh。目前 Energy Vault 与中国天楹（控股子公司阿特拉斯）合作，Energy Vault 提供授权技术支持，由中国天楹在南通市如东县、张家口市怀来县分别投资建设 100MWh 项目。



图 13 Energy Vault 公司光伏项目配套重力储能

资料来源：Energy Vault。

- **山体斜坡储能：**利用陡峭山区的地势，通过砂石的势能储能，电力充裕时，应用类似于滑雪缆车的电动系统将装满砂石的容器提升到山顶存放；用电高峰时，依靠重力将砂石从上顶运回地面，通过释放砂石势能发电。相比人工构筑物，该方式的结构更加稳定，承重能力更强，缺点是占地面积较大。用于提升重物的传送方式包括轨道机车、缆车、绞盘机、直线电机和传送链等。

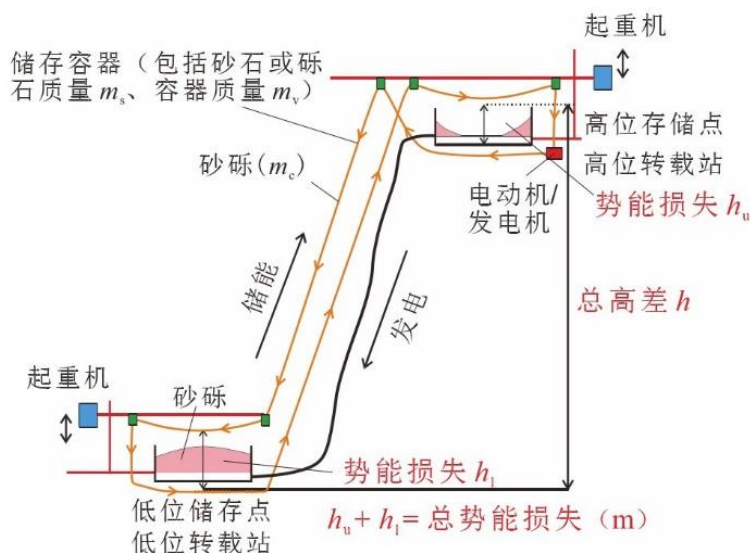


图 14 山体斜坡储能原理示意图

资料来源：重力储能技术研究进展，长城证券。

- **地下竖井重力储能：**利用废弃的矿井平台和矿井，采用 500-5000 吨重的钻机（铁块）作为重物，通过在 150-1500 米长的钻井中重复吊起与放下重物，实现充放电，是一种悬挂式重力储能。该技术由英国 Gravitricity 公司首次提出，2022 年开始在英国建设第一个 2MWh 商业化储能项目，同时在捷克、南非、德国等地，利用废弃矿井开展应用试点。地下竖井重力储能建设成本较低，但选址不够灵活，井口尺寸限制了储能规模。

——**优势与劣势。**重力储能技术能够在几秒钟以内启动并开始发电，储能综合效率 80%-85%。理论上，固体重力储能的成本比抽水蓄能和电池储能更低，技术使用寿命可达 30-35 年。重力储能电站上下仓扩展相对容易，重物势能储存期间不会有损失，储能时间长且无自放电问题。重力储能技术的缺点是能量密度较低，建设规模较大，容

量规模受限。混凝土砌块重力储能所需的高塔平均在一百米以上，其输出功率仅相当于同等高度的风力发电机。此外，该技术对塔吊的精度要求非常高，需要在每一块砖的位置误差小于几毫米的情况下控制上千个水泥块。同时，浇筑水泥块会消耗大量的能源，并会排放大量的二氧化碳，对环境有一定程度的影响（如果采用建筑废渣等进行废物利用制成砌块，则可以减少对环境的污染）。目前已落地的重力储能项目最大功率为 100MW，低于电化学储能和压缩空气储能。

## （二）重力储能产业链

产业链上游以建筑原材料（水泥、金属、钢铁等）和装备为主，包含混凝土制造、相关的吊车、缆车及起重机设备以及相关的电气装备等。中游为储能系统集成、系统安装及系统运维商，下游应用分布在发电侧、电网侧以及用户侧。中游储能系统集成商或将起到主导作用。

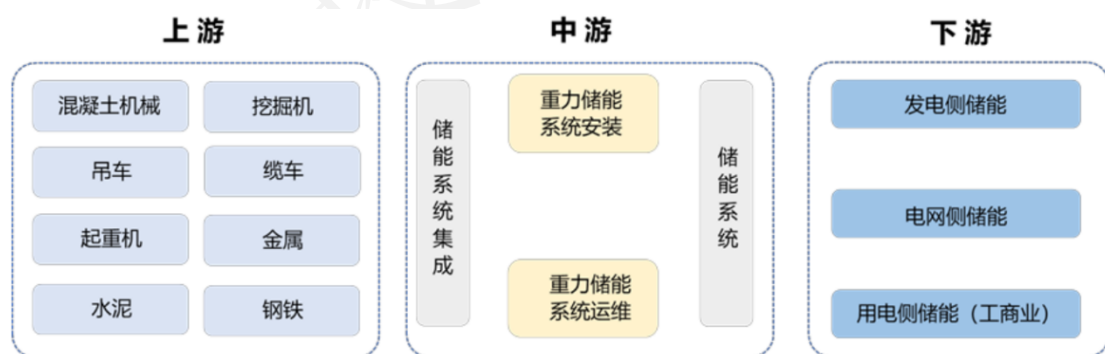


图 15 重力储能产业链

资料来源：长城证券。

重力储能当前尚未大规模商业化，产业格局也尚未成型。从成本结构来看，以 Energy Vault 第一代砌块储能系统为例，混凝土砖块成本占比约 40%，钢结构成本约占 20%，自动化控制设备成本约占 17%，

土建成本 16%，变频器和电机约占 15%，百兆瓦级重力储能项目的成本约为 4000-5000 元/kWh。

## 九、超导磁储能

### （一）应用现状及技术原理

——**应用现状**。超导磁储能（SMES）概念于 20 世纪 60 年代末被提出，70 年代起美国、日本、德国等国家先后开展研究，目前仍处于实验室研发、工程试点阶段，有一些小型装置实现了并网运行。目前全球研发机构主要分布在欧美和东亚地区，如美国 SuperPower 公司、德国 ACCEL 集团、法国国家科学研究中心、法国 EC 公司、意大利 ENEL 公司、波兰电工研究所、日本中部电力、日本东芝、日本三菱电机、韩国电力科学研究院、中国华中科技大学、中国科学院电工研究所、南方电网等。其中，美国在超导磁储能技术研究领域处于领先地位，技术水平最为先进。2011 年我国在甘肃白银建成了世界首座超导变电站，变电站集成了一台 10.5 kV/1 MJ/0.5 MW 的高温超导储能系统（由中国科学院电工研究所研制）。2016 年南方电网也实现了一台超导储能系统并网运行。

——**技术原理**。超导磁储能主要是利用超导线圈将电能以电磁能形式储存，利用多组由超导带材绕制的超导线圈，以串并联相结合的方式做成环形核心部件，正常运行时，电网电流通过整流向超导电感充电，当电流通过时产生高强度磁场，由于超导零电阻高密度载流特性，电流可保持恒流运行，直到需要释放时为止。据研究表明，低温

闭合超导线圈内电流衰减时间可长达十万年之久，基本可认为能量实现了无损耗储存。

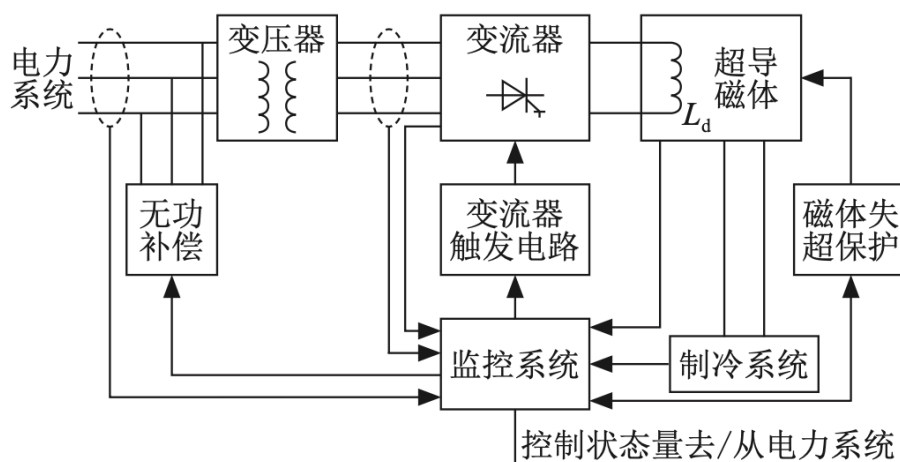


图 16 超导磁储能结构原理

资料来源：曹雨军等《超导储能在新能源电力系统中的应用与展望》。

——**优劣势**。超导磁储能具有快响应度、高储能功率以及灵活操控等优势，尤其是其无需进行能量变换，响应速度可达到毫秒级，高效率响应的优点是其他形式能量不可比拟的。随着高温超导材料（ $-196^{\circ}\text{C}$ ，液氮，以上温度工作的材料）的发现及应用，超导磁储能的成本有所下降，但当前已有的超导体需要昂贵且笨重的冷却系统才能实现零电阻导电，运行及维护成本高，限制了超导磁储能的工程化应用和示范推广。从长期来看，一旦室温超导材料实现突破，则储能技术将实现革命性突破。

## （二）超导磁储能产业链

超导磁储能系统主要包括超导储能线圈、功率变换系统、低温制冷系统、快速测量控制系统四部分。超导储能线圈是 SMES 的电磁能量存储单元，由于在恒定温度下运行，其寿命可达 30 年以上。功率

变换系统是电网与 SMES 进行能量交换的装置。低温制冷系统包括制冷机及相关配套设施，为超导磁储能系统的正常运行提供所需冷量。快速测量控制系统用来检测电网的主要运行参数，对电网当前的电能质量进行分析，进而对 SMES 提出运行控制目标，同时还具有自检和保护功能。

超导储能线圈是超导磁储能系统的核心关键部件，包括低温超导储能线圈、高温超导储能线圈两大类，已研发问世的产品中，高温超导储能线圈储能容量更大。超导线圈是由超导带材绕制，其产业链情况如下：

- **上游矿产资源：**低温超导带材的矿产资源包括钛矿、铌矿、锡矿等，高温超导带材的矿产资源包括铋锶矿、钇钡矿、硼矿、La、RE 矿等。
- **低温超导带材：**主要有 NbTi、Nb<sub>3</sub>Sn 等。目前全球超导带材市场以低温超导为主，占超导市场总量的 90%以上。NbTi 是用量最大的超导材料，国外生产商包括德国布鲁克(Bruker)公司、英国诺尔达(Luvata)公司、日本超导技术公司(JASTEC)和美国阿勒格尼技术公司(ATI)等，我国西部超导(A股)是目前国内唯一的 NbTi 超导线材商业化生产企业。Nb<sub>3</sub>Sn 超导线材主要由德国 Bruker 公司、日本 JASTEC 公司和古河电气工业株式会社以及我国的西部超导进行研发并批量化生产。
- **高温超导带材：**目前处于商业化初期。主要材料有 Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>(简称 Bi-2212)、Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(简称 Bi-2223)、REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> 涂层导体(第二代高温超导带材)、MgB<sub>2</sub> 超导材

料、铁基超导材料等。全球第一梯队厂商有 SuperPower（日本古河的子公司）、SuperOx（美资俄罗斯企业）和中国的上海超导，第二梯队厂商有韩国 SuNAM、俄罗斯 Theva 和美国超导等。各细分材料领域代表企业如下表所示。

表 12 高温超导带材重点企业

| 产品  | 代表企业  |
|---|---|
| Bi-2212   | 具备批量化制备能力的机构主要包括美国牛津仪器公司（B-OST）、欧洲耐克森（Nexans）公司、日本昭和电线电缆株式会社和西北有色金属研究院等                         |
| Bi-2223   | 国外：美国超导公司 ASMC、日本住友电气工业株式会社<br>国内：北京英纳超导技术有限公司、西北有色金属研究院等                                       |
| REBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub> 涂层导体 | 国外：韩国 SuNAM 公司、日本藤仓公司（Fujikura）、美国 SuperPower 等<br>国内：上海上创超导科技有限公司、上海超导科技股份有限公司、苏州新材料研究所有限公司等   |
| MgB <sub>2</sub> 超导材料                                   | 国外：意大利艾森超导（ASG Superconductors）、美国 Hyper Tech、日本日立（Hitachi）、韩国三东（Sam Dong）<br>国内：西部超导、西北有色金属研究院 |
| 铁基超导材料  | 我国研究处于领先地位，主要有中国科学院电工研究所  |

资料来源：深企投产业研究院整理。

# 企业简介

## 深企投产业研究院

深企投产业研究院是深企投集团旗下的高端智库，聚焦产业发展，服务区域经济，致力于为各地政府和园区提供产业发展落地方案。主营业务包括产业研究、产业规划、产业链招商策略、项目策划包装、项目评估等。产业研究院拥有来自北大、人大、南开、中大等经济学背景的产业研究专家，拥有长期跟踪研究区域经济和战略性新兴产业的产业研究团队，已为珠三角、长三角、海西、西南、西北等多个地区完成了数百个规划咨询和产业研究项目。

### 深企投产发集团

深企投产业发展（深圳）  
股份有限公司

深企投产业研究院

深投促产业发展（深圳）  
股份有限公司

厦门美知经济咨询  
有限公司

### 业务

#### 招商服务

- > 委托招商 > 招商培训
- > 招商办会 > 园区运营

#### 产业智库

- > 产业规划 > 项目策划
- > 招商策略 > 项目评估

  
**30** 个+  
委托招商区域

  
**2000** 家+  
优质企业资源

  
**1000** 份+  
行业研究报告

  
**100** 家+  
咨询服务客户

# 产业咨询业务

## 产业规划

产业规划 专项规划 课题研究 园区规划

- > 佛山国家高新区顺德园“十四五”产业发展规划
- > 宁波镇海区重点片区产业发展规划
- > 龙岩国家高新区“十四五”产业发展规划
- > 漳州台商区龙池工业综合体产业发展规划
- > 惠州潼湖生态智慧区三大片区产业发展定位研究
- > 龙岩市新罗区能源互联网产业发展规划
- > 龙岩市南部新城文旅康养产业规划
- > 贵阳双龙航空港经济区临空产业发展定位研究
- > 龙岩市乡村旅游发展规划
- > 贵州黔南州大数据“十四五”发展规划
- > 南凤湾工业区产业发展规划
- > 宁夏泾源重点产业发展策略
- > 宁夏吴忠市“十四五”现代服务业发展规划
- > 惠州新能源汽车产业发展策略
- > 广东省商务厅世界500强企业对外投资专题研究
- > 贵阳市产业引导基金招商专题研究
- > 碧桂园潼湖科技小镇工业地块产业发展规划
- > 大亚湾大东科技园产业发展规划
- > 蓬江区数字经济科创中心产业发展规划
- > 粤科-金茂智能装备产业园产业发展规划
- > .....

## 研究领域

|         |      |      |       |
|---------|------|------|-------|
| 新一代信息技术 | 高端装备 | 新能源  | 新能源汽车 |
| 新材料     | 生物医药 | 节能环保 | 航空航天  |
| 现代家居    | 现代食品 | 文旅康养 | 现代物流  |
| 商务服务    | 低空经济 | 机器人  | 医疗器械  |



## 产业链招商策略

- 智能传感器
- 新型消费电子
- 智能硬件
- 新型显示
- 5G通信
- 新型元器件
- 新材料
- 新能源
- 储能
- 生物医药
- 医疗器械
- 智能制造装备
- 智能专用装备
- 工业激光设备
- 冶金机械
- 轻工装备
- 工业机器人
- 新能源汽车零部件
- 现代家居
- 食品饮料
- 文旅康养
- 现代物流
- 总部经济
- 会展
- 互联网
- 商贸服务业
- .....

## 方法论



## 联系我们



商务合作：王女士 13168781866

座机：0755-82790019

邮箱：sqtcf@sqtcf.cn

网址：http://www.sqtcf.cn/

地址：深圳市福田区深南大道本元大厦 7B1

深企投集团

深企投产业研究院