研究报告 2022/11

头豹 LeadLeo
www.leadleo.com

2022年中国压缩空气储能行业概览：迈向产业化初期，未来可期

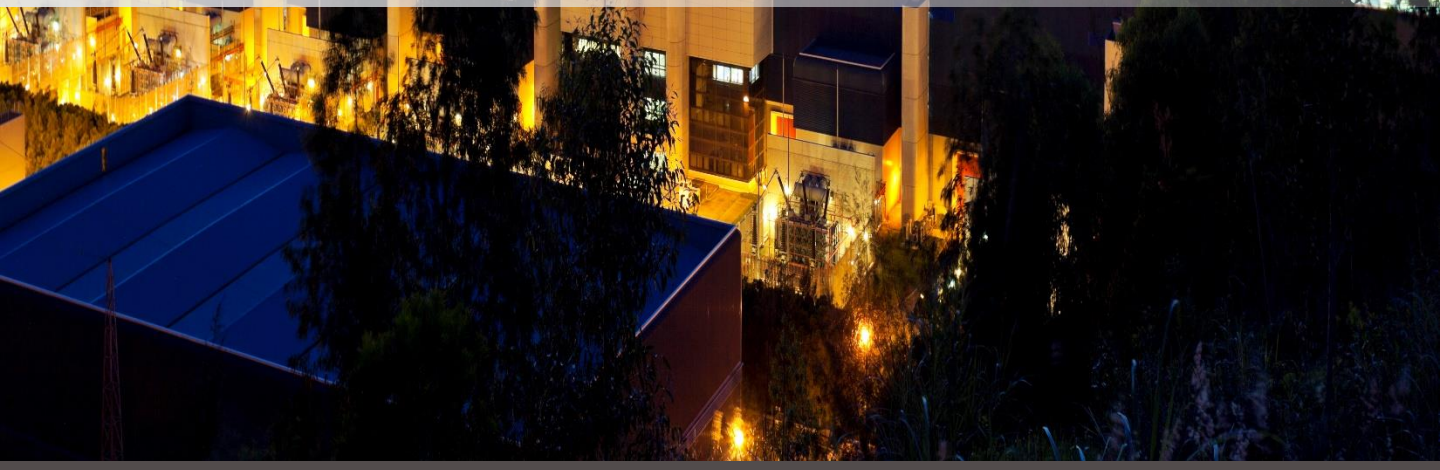
2022 China Compressed Air Energy Storage Industry

2022年の中国の圧縮空気貯蔵産業の概要

（摘要版）

报告标签：压缩机、储能、碳中和、膨胀机、盐穴资源

主笔人：鲍金玲



报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用"头豹研究院"或"头豹"的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

报告要点速览

长时储能是新型储能系统关键核心技术，在调节新能源发电波动作用上优势突出，随着可再生能源发电渗透率的提高，以4小时为代表的长时储能发展成为趋势，压缩空气储能（Compressed Air Energy Storage）是一种大规模的物理储能方式，能解决光伏和风电等不稳定可再生能源发电并网难的问题，提高其能源利用率。压缩空气储能具有规模大、寿命长、成本低、环保无污染等诸多优点，一次可储释能上万次，寿命长达40-50年，被视为最具发展潜力的大规模储能技术之一，有望在未来几年实现大规模商业化，成为抽水蓄能的有力补充。本文聚焦于中国压缩空气储能的发展，将解答以下几个问题：(1)压缩空气储能发展背景是什么？（2）哪些压缩空气储能的技术路线较有发展前景？（3）压缩空气储能现在的发展状况如何？

观点提炼

➢ 压缩空气储能发展背景是什么？

- 长时储能是新型储能系统关键核心技术，在调节新能源发电波动作用上优势突出，随着可再生能源发电渗透率的提高，以4小时为代表的长时储能发展成为趋势，大规模长时储能的技术路线主要包括抽水蓄能、熔盐储热、液流储能、压缩空气储能、氢储能五类，现阶段，抽水蓄能应用最成熟，但压缩空气摆脱地理限制，有望成为抽水蓄能的补充。
- 2021年以来，中国政府出台多项政策支持加快压缩空气储能技术的研制，推动压缩空气储能商业化进程，在政策的持续加码下，压缩空气储能有望迎来发展的东风。

➢ 哪些压缩空气储能的技术路线较有发展前景？

- 压缩空气储能技术路线主要分为传统和新型压缩空气技术，传统压缩空气技术系统效率低，发展受限，新型压缩空气技术分为蓄热式、液态和超临界。综合来看主流的新型压缩空气储能技术，蓄热式压缩空气储能技术发展较为成熟，且不依赖化石燃料，效率也较高，叠加中国具有大量的盐洞、废弃矿洞，利用现有的洞穴建设可有效降低成本，因此蓄热式压缩空气储能有望在未来几年实现大规模商业化，超临界兼具蓄热式和液态的特点，前景也较为广阔。

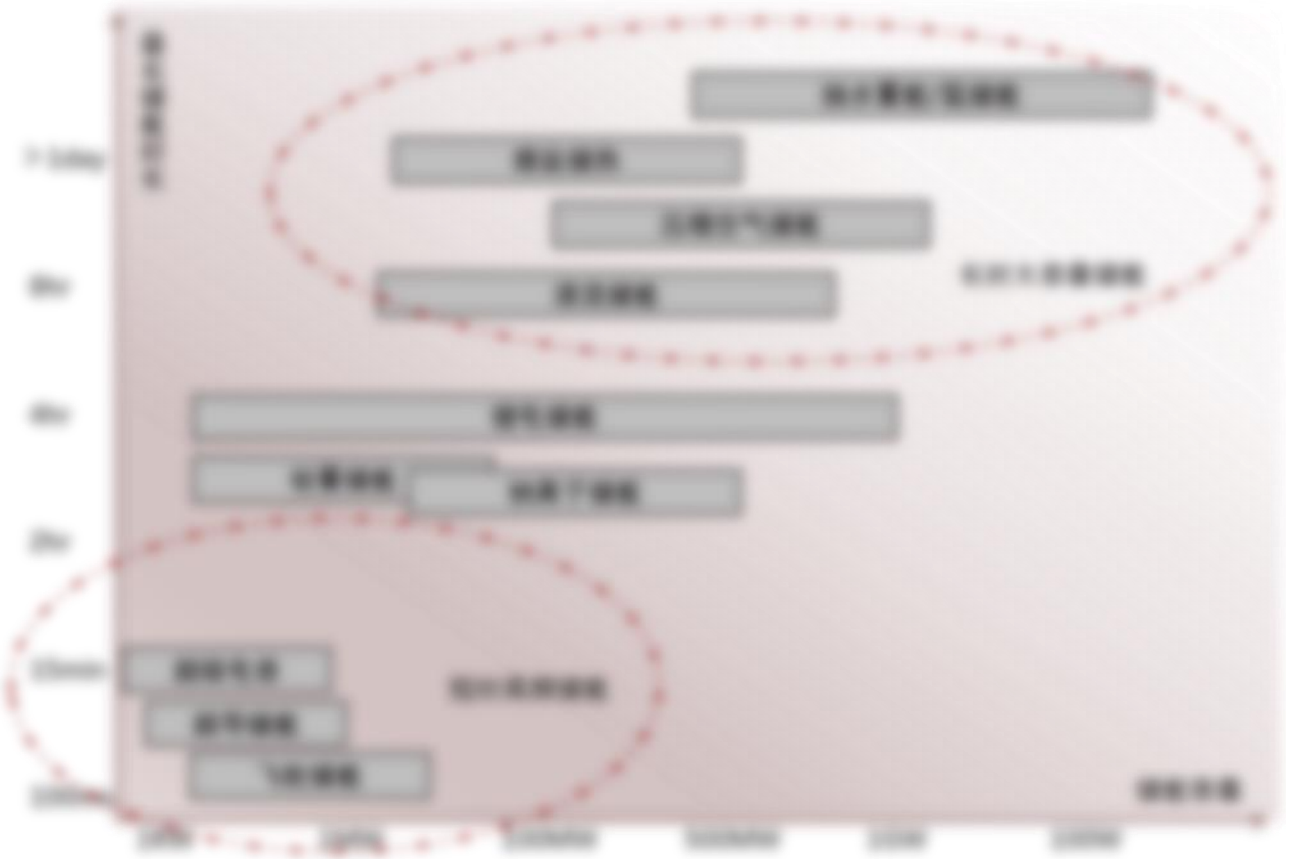
➢ 压缩空气储能现在的发展状况如何？

- 现阶段，中国压缩空气储能装机规模迅速扩张，产业化速度开始加快。截至2022年10月，中国已投运压缩空气储能项目共7个，总规模达182.5MW，总体来看，规模较小，分布零散。随着可再生资源渗透率的持续提升，大唐集团、福能股份等多家企业均开始布局压缩空气储能项目，现阶段，处于建设或规划状态的压缩空气储能项目约为18个，总装机容量达6,185MW，增量明显，且与已投运的项目相比，处于建设或规划状态的项目装机规模均超过100MW，备电时长也长达4-8小时。因此，压缩空气储能项目有望进一步放量，尽快实现大规模商业化。

发展背景：长时储能技术路线分析

大规模长时储能的技术路线主要包括抽水蓄能、熔盐储热、液流储能、压缩空气储能、氢储能五类，现阶段，抽水蓄能应用最成熟，但压缩空气摆脱地理限制，有望成为抽水蓄能的补充

不同储能形式的储能时长和储能容量对比



- **按照能量的转化机制不同，储能可分为物理储能、电化学储能、电磁储能和光热储能四类**，其中物理储能又包括抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能，电化学储能又包括锂离子电池、钠硫电池、铅蓄电池和液流电池等，电磁储能又分为超级电容器和超导储能，光热储能主要包括熔盐储能。在中国这样一个大储能市场中，没有任何一种储能技术能全面覆盖，**因此需要发展不同的储能技术来因地制宜。**
- 从储能时长和储能容量分析，大规模长时储能的技术路线主要包括**抽水蓄能、熔盐储热、液流储能、压缩空气储能、氢储能**五类，此外，**锂离子电池和钠离子电池的适用时间最好在1-4小时以内，但也可以用于长时储能**。综合分析这几类长时储能技术路线，**抽水蓄能**具有技术优、成本低、寿命长、容量大、效率高等优点，其应用也最为成熟；**热储能**技术特有的光热转换过程让其自带储能的本领，能够弥补太阳能发电的间歇性，优势明显，已处于规模化应用的阶段，现阶段中国火电灵活性改造主要采用储热技术；**锂离子电池储能**是现阶段技术最为成熟、装机规模最大的电化学储能技术；**钠离子电池储能**没有明显的资源约束，发展也较快；**液流电池**被认为是最具发展前景的长时储能技术，即将迎来商业化应用；**压缩空气储能**摆脱了地理限制，未来有望成为抽水蓄能的补充，其已进入放量阶段，商业化推广蓄势待发，**压缩空气储能是本文重点研究对象**。

来源：高工储能、头豹研究院

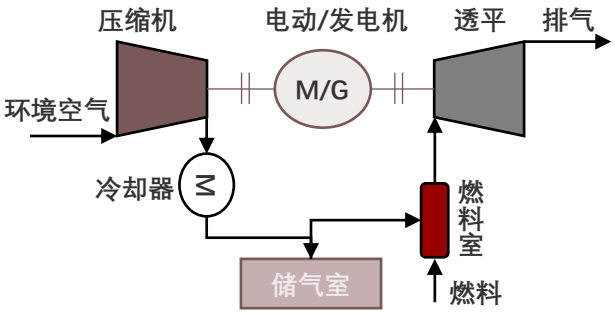
压缩空气储能技术路线

压缩空气储能技术路线主要分为传统和新型压缩空气技术，传统压缩空气技术系统效率低，发展受限，新型压缩空气技术分为蓄热式、液态和超临界，其中蓄热式有望实现大规模商业化

压缩空气储能技术路线分析

传统空气压缩技术

系统示意图



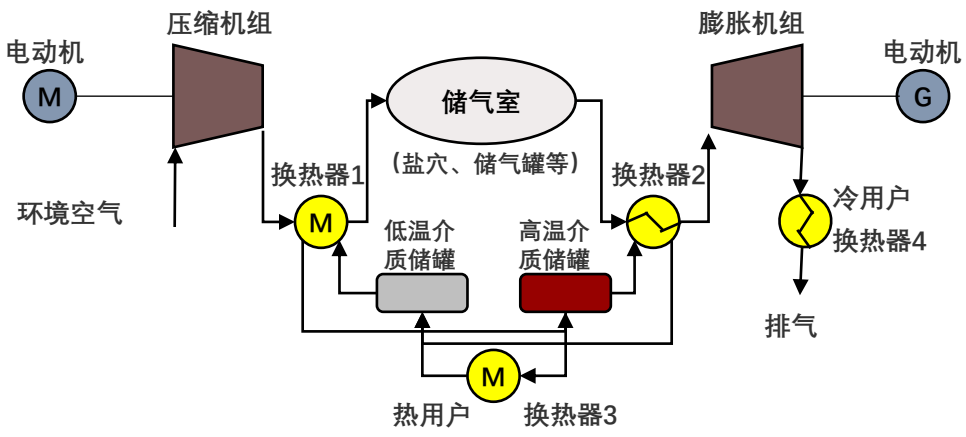
详细分析

- 压缩空气储能技术路线主要分为传统空气压缩技术和新型空气压缩技术两类。**传统空气储能技术发展受限，系统效率较低**。传统压缩空气储能为补燃式系统，均依赖于燃烧室和洞穴储气室，系统效率较低。如德国Huntorf压缩空气储能电站效率仅为42%，美国Mcintosh电站能量效率约为54%，**传统压缩空气储能技术的发展和应用均受到限制**。

新型空气压缩储能技术摆脱对化石燃料的依赖，系统效率得到提升。全球学者在传统压缩空气储能的基础上，通过采用优化热力循环、改变工质或其状态、与其他技术互补等方式，开拓出了多种新型的压缩空气储能技术，现阶段新型压缩空气储能系统主要有三个新的技术路径：**蓄热式压缩空气储能、液态压缩空气储能系统、超临界压缩空气储能系统。**

蓄热式压缩空气储能

系统示意图

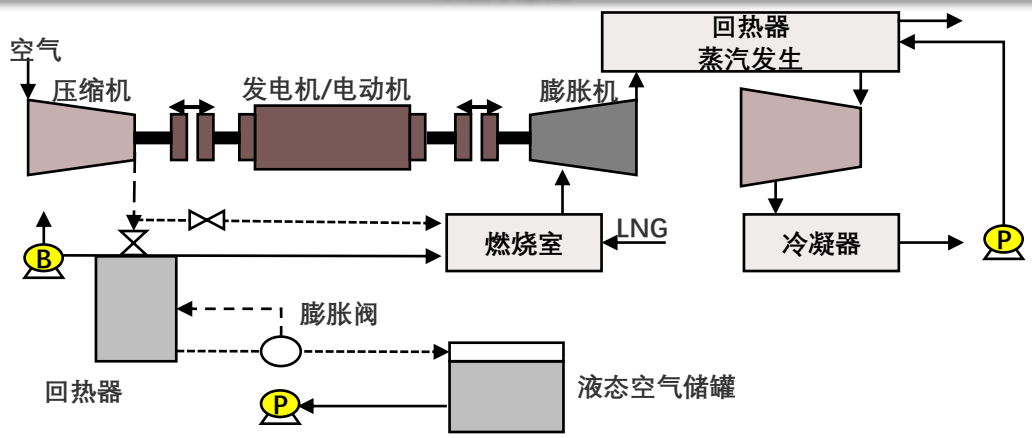


- 传统的压缩空气储能系统不带储热系统，因此压缩过程中的压缩热被弃用，导致大部分的能量损失，系统的循环效率较低，只有50%左右，同时还需要消耗传统天然气燃料。而在蓄热式压缩空气储能系统中，压缩空气产生的压缩热在储能时储存起来，在释能时则用这部分热量加热膨胀机入口空气，实现能量的回收利用，提高了系统效率。此外，蓄热式技术所产生的压缩热使其在压缩空气发电时不再需要燃烧化石燃料，可以取消燃烧室，**因此蓄热式压缩空气储能系统也摆脱了对化石燃料的依赖。蓄热式压缩空气储能系统的理论系统效率能达70%-80%。**

来源：头豹研究院

液态压缩空气储能

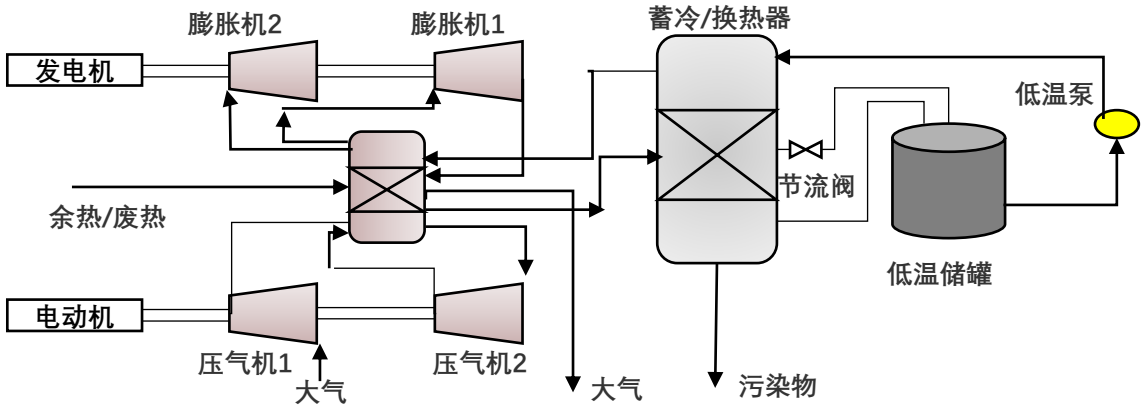
系统示意图



- **液态压缩空气储能系统：借助于空气降温液化技术，通过添加流程使空气以液态的形式储存。**储能时，晶硅压缩机的高压空气进入回热器降温和降压设备进行液化，被液化的常压低温液态空气储存在储液罐中；释能时，液态空气经过低温泵升压、回热器升温，进入燃烧室，与燃料混合燃烧后进入膨胀机做功，转换效率约为60%-70%，且储罐的成本较低，使用寿命长，**具有大规模推广的潜力。**

超临界压缩空气储能

系统示意图



- 超临界压缩空气储能系统利用空气的超临界特性，在蓄热/冷过程中高效传热/冷，并将空气以液态形式储存，实现系统高效和高能量密度的优点，系统**兼具蓄热式和液态压缩空气储能的特点，并摆脱了依赖大型储气室和化石燃料的问题。**

综合来看主流的新型压缩空气储能技术，蓄热式压缩空气储能技术发展较为成熟，且不依赖化石燃料，效率也较高，叠加中国具有大量的盐洞、废弃矿洞，利用现有的洞穴建设可有效降低成本，因此**蓄热式压缩空气储能有望在未来几年实现大规模商业化，超临界兼具蓄热式和液态的特点，前景也较为广阔。**

来源：头豹研究院

压缩空气储能发展现状

从现有的压缩空气储能项目来看，项目数量较少，且规模较小，但随着多家企业开始布局压缩空气储能，处在建设或规划状态中的项目增多，且单个装机规模均超过100MW

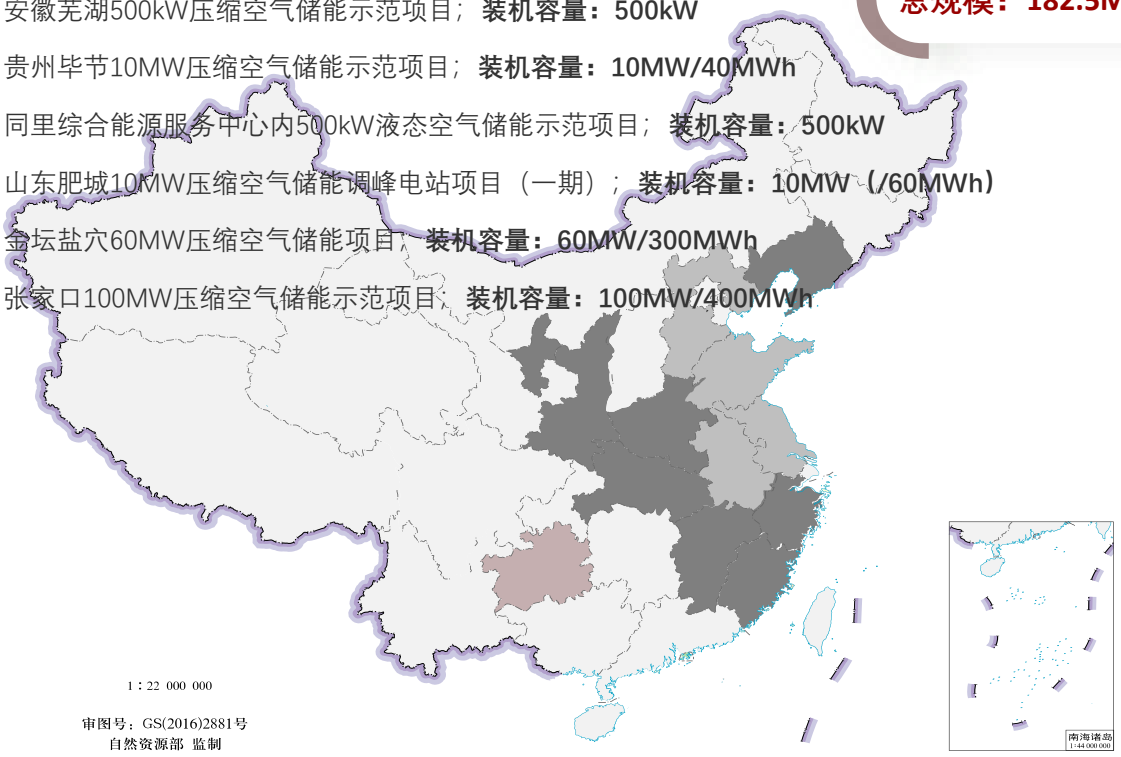
中国压缩空气储能项目梳理，截至2022年10月

已投运项目
建设/规划项目
建设/规划项目&已投运项目

已投运项目

- 河北廊坊1.5MW超临界压缩空气储能示范项目；**装机容量：1.5MW**
- 安徽芜湖500kW压缩空气储能示范项目；**装机容量：500kW**
- 贵州毕节10MW压缩空气储能示范项目；**装机容量：10MW/40MWh**
- 同里综合能源服务中心内500kW液态空气储能示范项目；**装机容量：500kW**
- 山东肥城10MW压缩空气储能调峰电站项目（一期）；**装机容量：10MW（/60MWh）**
- 金坛盐穴60MW压缩空气储能项目；**装机容量：60MW/300MWh**
- 张家口100MW压缩空气储能示范项目；**装机容量：100MW/400MWh**

总规模：182.5MW



建设/规划项目

- 湖北应城300MW级压缩空气储能电站；**装机容量：300MW/1,500MWh**
- 山东肥城盐穴先进压缩空气储能调峰电站（二期）；**装机容量：300MW/1,800MWh**
- 河南平顶山200MW先进压缩空气储能电站项目；**装机容量：200MW**
- 平顶山叶县100MW/800MWh先进压缩空气（盐穴）储能项目；**装机容量：100MW/800MWh**

来源：头豹研究院

总规模：6,185MW

- 山东泰安2*300兆瓦级压缩空气储能创新示范项目；**装机容量：600MW/4,800MWh**
- 江苏淮安465兆瓦/2,600兆瓦时盐穴压缩空气储能项目；**装机容量：465MW/2,600MWh**
- 兰陵压缩空气储能项目；**装机容量：100MW/600MWh**
- 福建省石狮热电有限责任公司压缩空气储能电站项目；**装机容量：1,200/4,800MWh**
- 大唐中宁县200MW/800MWh共享储能项目；**装机容量：100MW/400MWh**
- 德兴压缩空气储能调峰调频电站项目；**装机容量：1,250MW/7,500MWh**
- 瑞昌市压缩空气储能调峰调频电站项目；**装机容量：1,000MW/6,000MWh**
- 辽宁省朝阳县风光储氢一体化项目；**装机容量：300MW**
- 汉中市勉县100MW/800MWh先进压缩空气储能项目；**装机容量：100MW/800MWh**
- 400兆瓦盐穴压缩空气储能示范项目；**装机容量：400MW**
- 华能200MW矾山压缩空气储能项目；**装机容量：200MW**
- 浙江遂昌100MW矿洞压缩空气储能项目（一期）；**装机容量：100MW**
- 南大港产业园区先进压缩空气储能项目；**装机容量：200MW/1,600MWh**
- 中储国能旗下已纳规项目；**装机容量：520MW/2,120MWh**

现阶段，中国压缩空气储能装机规模迅速扩张，产业化速度开始加快。截至2022年10月，中国已投运压缩空气储能项目共7个，总规模达182.5MW，总体来看，规模较小，分布零散。随着可再生资源渗透率的持续提升，大唐集团、福能股份等多家企业均开始布局压缩空气储能项目，现阶段，处于建设或规划状态的压缩空气储能项目约为18个，总装机容量达6,185MW，增量明显，且与已投运的项目相比，处于建设或规划状态的项目装机规模均超过100MW，备电时长也长达4-8小时。因此，压缩空气储能项目有望进一步放量，尽快实现大规模商业化。

来源：头豹研究院

压缩空气储能产业链分析

压缩空气储能产业链较长，上游为空气压缩机、膨胀机、换热器等核心设备和盐穴资源等，中游主要包括技术提供方和项目建设方，下游直接对接发电侧、电网侧、用户侧领域

压缩空气储能产业链分析

上游（设备提供商、盐穴资源）

空气压缩机

开山股份 ENGINEERING THE FUTURE
HANBELL HANBELL PRECISE MACHINERY CO.,LTD.
BSC 鲍斯股份

膨胀机&换热器

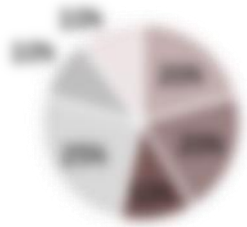
ShaanGu 陕鼓集团 SHAANGU GROUP
雪人股份 SNOWMAN GROUP
杭氧 HANGYANG 杭州杭氧膨胀机有限公司 HANGZHOU HANGYANG EXPANDER Co.,LTD
常发集团 CHANGFA GROUP
LUVATA
DunAn 盾安环境

盐穴资源

中国盐业集团有限公司
中盐内蒙古化工股份有限公司
云图控股 WINTRUE
苏盐井神 Jiangsu Suyan Jingshen Co.,Ltd

其他

中国压缩空气储能产业链上游成本占比情况，2021年



- 压缩空气储能产业链上游主要包括空气压缩机、膨胀机、换热器等核心设备以及储气盐穴资源等。从设备的成本分析，**空气压缩机、透平膨胀机和换热器**是压缩空气储能产业的核心设备，**成本占比分别为20%、20%、12%**。盐穴资源对降低整条产业链的成本和提高效率也起到了显著的作用，且**中国可利用的盐穴资源较丰富**，发展空间较大。

中游（技术提供方、工程建设方）

技术提供方

清华大学 Tsinghua University
中储国能

工程建设方

中国电建 POWERCHINA
中国能源建设股份有限公司 CHINA ENERGY ENGINEERING CORPORATION LIMITED

[redacted]

下游（应用端）

发电侧

中国华能集团有限公司 CHINA HUANENG GROUP CO.,LTD.
国家电投 SPIC
中国大唐集团人才招聘网站 China Datang Group recruitment website
中国国电 CHINA GUODIAN

电网侧

国家电网 STATE GRID
许继电气 XJ ELECTRIC CO., LTD
Narada 南都电源

用户侧

PYLONTECH
SOFAR SOLAR 首航新能源
HUAFU 华富储能 Huafu Energy Storage

- 压缩空气储能下游对接发电侧、电网侧、用户侧领域，2021年储能在发电侧和电网侧应用的占比**（约为96%）**较高，但用户侧的盈利模式最为清晰，**发电侧和用户侧将会成为储能的主战场。**

来源：头豹研究院

压缩空气储能市场规模

中国压缩空气储能项目的效率呈现上升趋势，成本呈现下降趋势，在系统效率提升和成本下降的双重因素推动下，压缩空气储能项目规模不断扩张，预计2025年实现大规模商业化

中国压缩空气储能项目的效率呈现上升趋势

【单位：%】



中国压缩空气储能项目的成本呈现下降趋势

【单位：元/kWh】



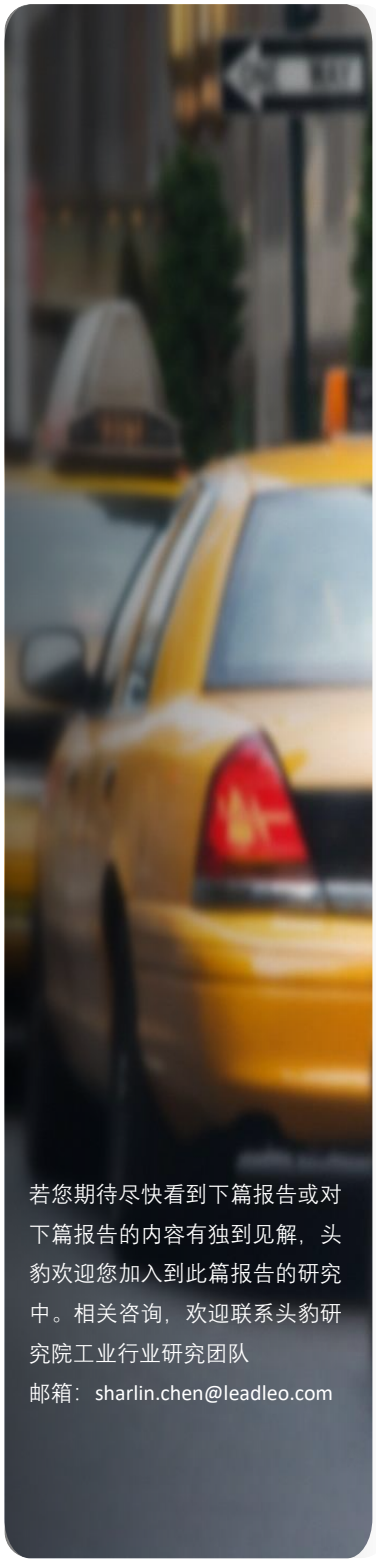
- **中国压缩空气储能项目的效率呈现上升趋势，且成本呈现下降趋势，产业化进度进一步提速。从系统效率方面来看**，2013年建成的河北廊坊1.5MW超临界压缩空气储能示范项目系统效率仅为52.1%，而2027年建成的贵州毕节10MW项目系统效率已提高至60.2%，且随着技术的逐步攻克，压缩空气储能示范项目的系统效率将进一步提高，并逐步靠近抽水蓄能项目的系统效率（70%-85%）。**从投资成本来看**，2021年并网的山东肥城10MW压缩空气储能调峰电站一期项目单位建设成本高达10,000元/kWh，而2022年开工的河南平顶山叶县200MW先进压缩空气储能电站项目的建设成本已降至7,500元/kWh，为现阶段最低的压缩空气储能项目投资成本，而根据现阶段中国压缩空气储能项目的情况，预计系统规模增加后，单位投资成本仍有下降的趋势，**2030年将有望降低至5,000元/kWh**，接近抽水蓄能项目的建设成本。

中国压缩空气储能项目的市场规模，按装机容量分析

【单位：万千瓦】



来源：头豹研究院



若您期待尽快看到下篇报告或对下篇报告的内容有独到见解，头豹欢迎您加入到此篇报告的研究中。相关咨询，欢迎联系头豹研究院工业行业研究团队

邮箱：sharlin.chen@leadleo.com

完整版研究报告阅读渠道：

- 登录**www.leadleo.com**， 搜索*《2022年中国压缩空气储能行业概览：迈向产业化初期，未来可期》*

了解其他储能系列课题，登陆头豹研究院官网搜索查阅 ：

- **2022年中国储能电池行业概览**
- **2022年中国便携式储能电源行业研究报告**
- **2022年中国液流电池行业研究报告：开拓长时储能新方向**
- **2022年“碳中和”主题投资赛道及企业研究系列报告（二）：储能**
- **“碳中和”行业研究报告**

头豹研究院简介

- 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕"协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播"这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务**、**行企研报定制服务**、**微估值及微尽调自动化产品**、**财务顾问服务**、**PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

企业服务

为企业提供**定制化报告**服务、**管理咨询**、**战略**调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场**服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项**评选、行业**白皮书**等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区**企业孵化服务

报告阅读渠道

头豹官网 —— www.leadleo.com 阅读更多报告

头豹APP/小程序 —— 搜索“头豹” 手机可便捷阅读研报

头豹交流群 —— 可添加企业微信13080197867，身份认证后邀您进群

详情咨询

客服电话

400-072-5588

上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127

深圳

李先生：13080197867

李女士：18049912451

南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521