

在探讨全球能源转型的前沿时，我们常常将目光聚焦于锂离子电池。然而，另一种储能技术——压缩空气储能（CAES），正在海外一些大型项目中展现出其独特的价值。它并非新概念，但近年的技术迭代，特别是非补燃式先进绝热压缩空气储能（AA-CAES）的发展，正重新定义其在长时储能领域的角色。这让我想起我们海集能在站点能源领域的工作，虽然我们专注于电化学储能，但同样致力于为不同场景提供稳定、可靠的“能量时移”方案，无论是通信基站还是微电网，本质都是为了让能源更高效、更智能地服务于需求。

## 国外压缩空气储能项目的创新与启示

在探讨全球能源转型的前沿时，我们常常将目光聚焦于锂离子电池。然而，另一种储能技术——压缩空气储能（CAES），正在海外一些大型项目中展现出其独特的价值。它并非新概念，但近年的技术迭代，特别是非补燃式先进绝热压缩空气储能（AA-CAES）的发展，正重新定义其在长时储能领域的角色。这让我想起我们海集能在站点能源领域的工作，虽然我们专注于电化学储能，但同样致力于为不同场景提供稳定、可靠的“能量时移”方案，无论是通信基站还是微电网，本质都是为了让能源更高效、更智能地服务于需求。

让我们先看看这个“现象”。当前可再生能源并网的核心矛盾在于间歇性。光伏在日间发电，风电在夜间可能更活跃，这与实际的用电曲线往往存在错配。电池储能，尤其是锂电，是解决小时级、日内调节的利器。但当我们需应对更长时间的阴雨天或无风期，或者需要大规模（百兆瓦级及以上）、超长时（数小时至数天）的储能时，对系统规模、成本和寿命就提出了不同要求。这时，像压缩空气储能这样的物理储能技术，其价值就凸显出来了。它的原理，简单说，就是在电力富余时，用电能驱动压缩机将空气压入地下盐穴、废弃矿洞或人造储气库；在需要电力时，释放高压空气，驱动膨胀机发电。其核心优势在于规模大、寿命长（可达30-40年），且不依赖稀有金属。

### 从数据看技术演进与市场定位

根据美国能源部全球储能数据库的统计，截至2023年，全球已投运的压缩空气储能项目仍以传统的补燃式（如德国亨托夫、美国麦金托什电站）为主，但新建项目已全面转向更高效、零碳排放的先进绝热技术。一个关键数据是，先进绝热系统的设计循环效率已可提升至60%-70%，这相较于早期补燃式电站约42%-54%的效率，是显著的进步。其单位千瓦时的建设成本，随着规模扩大和技术成熟，正呈现下降趋势，在长时储能赛道中具备了与液流电池、抽水蓄能等一较高下的潜力。当然，它也有其“阿喀琉斯之踵”——高度依赖特定的地质构造来建设大型储气库，这极大地限制了项目的选址灵活性。这恰恰是像我们海集能提供的集装箱式储能系统所擅长的：我们通过标准化、模块化的设计，将完整的储能系统集成在箱体内部，从上海的研发中心设计，到连云港基地的规模化生产，可以实现快速部署，几乎不受地形限制，为通信站点、工商业园区提供即插即用的解决方案。

### 一个具体案例：点亮未来的一种可能

让我们聚焦一个正在推进中的标杆项目——加拿大安大略省的“先进绝热压缩空气储能示范工程”。该项目计划利用一个深部盐穴，建设一套装机容量约300兆瓦、储能时长可达10小时的系统。它的目标很明确：配合安省庞大的风电集群，平抑波动，提供可靠的容量备用。项目方披露的可行性研究数据显示，在为期30年的生命周期内，该系统预计可储存并释放超过2.5太瓦时的电能，相当于减少数百万吨的二氧化碳排放。这个案例的价值在于，它清晰地勾勒出压缩空气储能的典型应用场景：与大规模可再生能源

基地配套，作为区域电网的“稳定器”和“充电宝”。这和我们海集能在偏远地区部署的“光储柴一体化”站点能源方案，在逻辑上是相通的。我们在无电弱网地区为通信基站提供的，正是一个个微缩版的、高度集成的“能量枢纽”，通过光伏、电池和智能管理系统的结合，确保关键负载7x24小时不间断运行，只不过我们的“储气库”是高性能的锂电电芯，我们的“电站”是高度集成的能源柜。

## 压缩空气储能与电池储能特性简要比对

### 对比维度

压缩空气储能 (大型CAES)

电池储能 (以锂电为例)

### 典型功率/时长

百兆瓦级，数小时至数十小时

千瓦至百兆瓦级，分钟至数小时

### 循环寿命

极长（万次循环以上，系统寿命30-40年）

较长（数千次循环，系统寿命10-15年）

### 选址依赖

高（需特定地质条件）

低（模块化，灵活部署）

### 主要应用场景

电网侧大规模长时调峰、可再生能源消纳

电网调频、工商业及户用峰谷套利、备用电源、站点能源

### 海集能的实践与跨技术思考

从这些海外项目的研究中，我们能获得什么启示呢？我的见解是，未来的能源存储生态必然是多元化的，不存在一种技术可以包打天下。压缩空气储能、抽水蓄能更像是电网的“主动脉”或“大型仓库”，解决的是宏观尺度的能量时空转移。而像海集能深耕的电池储能，特别是应用于站点能源和分布式微网的产品，则如同“毛细血管”和“前置仓”，深入到负荷终端，实现精准、快速、灵活的调节。我们集团提供的从电芯到系统集成再到智能运维的EPC服务，本质上就是在构建这些可靠、高效的“毛细血管网”。比如我们的站点电池柜，能够在-30 到55 的极端环境下稳定工作，通过智能能量管理系统，无缝切换光伏、电池和备用电源，这其中的系统集成和热管理智慧，与大型CAES项目面临的系统效率、安全挑战，在工程哲学层面是共鸣的。技术创新，无论是“巨无霸”还是“小而美”，最终都要回归到为客户创造价值这个原点：提升可靠性、降低全生命周期成本、推动可持续发展。

所以，当我们为海外那些宏伟的压缩空气储能项目所展现的工程想象力而赞叹时，也不要忽视在身

边正在发生的、由模块化智能储能驱动的能源变革。每一种技术路径都在其最适应的土壤中生根发芽，共同编织着未来弹性电网的蓝图。那么，对于您所在的领域或地区而言，在规划未来能源结构时，您认为长时大规模储能与分布式快速响应储能，应该如何协同配置，才能最优地平衡可靠性与经济性呢？

来源: <https://hj-mobile.com>