

在能源转型的宏大叙事中，我们常常将目光投向那些崭新的技术，却忽略了脚下沉睡的遗产。全球范围内，数以万计的废弃矿井正静静地躺在那里，它们曾是工业文明的血管，如今却成了生态与经济的负担。但请允许我提出一个观点：这些深邃的巷道与洞穴，或许正是我们构建下一代大规模储能系统的绝佳场所。将压缩空气储能（CAES）技术植入其中，不仅是对土地资源的创造性再利用，更可能成为平抑新能源波动、降低储能成本的关键一步。这个思路，与我们海集能（HighJoule）长期以来的理念不谋而合——最高效的解决方案，往往源于对现有资源的深刻理解与智能整合。

废弃矿井空气储能成本分析

在能源转型的宏大叙事中，我们常常将目光投向那些崭新的技术，却忽略了脚下沉睡的遗产。全球范围内，数以万计的废弃矿井正静静地躺在那里，它们曾是工业文明的血管，如今却成了生态与经济的负担。但请允许我提出一个观点：这些深邃的巷道与洞穴，或许正是我们构建下一代大规模储能系统的绝佳场所。将压缩空气储能（CAES）技术植入其中，不仅是对土地资源的创造性再利用，更可能成为平抑新能源波动、降低储能成本的关键一步。这个思路，与我们海集能（HighJoule）长期以来的理念不谋而合——最高效的解决方案，往往源于对现有资源的深刻理解与智能整合。

现象：从负担到资产的观念转变

长期以来，废弃矿井的处理是一个令人头疼的问题。它们涉及持续的环境监测、潜在的地质风险以及高昂的封填成本。然而，视角的转换能带来全新的价值。压缩空气储能的基本原理，是在电力富余时，用电动机驱动压缩机将空气压入密封的地下空间储存；在需要电力时，释放高压空气驱动透平发电。传统的CAES需要挖掘或利用特定的盐穴、含水层，前期地质勘探与建设成本极高。而废弃矿井，本身就具备现成的、经过工程验证的地下空腔结构，这相当于省去了最昂贵的地下工程开挖费用。你看，问题的核心从“如何处置一个麻烦”，转变为了“如何激活一个现成的储能容器”。

数据拆解：成本构成的关键变量

让我们来具体算一笔账。一个完整的矿井CAES项目，其成本主要由几个部分构成：

矿井改造与密封工程：这是区别于新建CAES的最大成本变量。需要对现有巷道进行加固、密封，防止漏气。成本取决于矿井的现状、深度和地质条件，但通常远低于从零开挖一个新洞穴。

地上设备：包括压缩机、蓄热/换热系统、透平发电机组、控制系统等。这部分是项目的核心硬件成本，技术成熟，具有规模效应。

电力接入与系统集成：将储能电站接入电网，并实现与风、光等可再生能源的智能协同。

根据一些前沿研究机构的模型分析，利用条件合适的废弃矿井建设CAES，其单位千瓦投资成本有望比新建盐穴CAES降低20%-30%。更重要的是，它盘活了沉没资产，将持续的维护负债转化为可产生收益的能源资产。这不仅仅是技术账，更是一笔巧妙的经济账。

案例与见解：本土化创新的实践场

理论需要实践的检验。在德国，一个利用废弃煤矿坑道建设的CAES示范项目已运行多年，验证了技术的可行性。而在中国，尤其在华东、华北等曾拥有密集采矿活动的区域，这一构想更具现实意义。试想，

如果一个位于山西或江苏的废弃矿井被改造为储能电站，它不仅能消纳当地蓬勃发展的光伏和风电，还能作为区域电网的“稳定器”，甚至在极端情况下为关键设施提供支撑。

说到这里，我不得不提一下我们海集能的工作。我们在站点能源领域，特别是在为通信基站、边防哨所等无电弱网地区提供“光储柴一体化”解决方案时，始终在解决一个核心矛盾：如何在有限的空间和成本约束下，实现最大的能源自洽与可靠性。我们将光伏、电池柜、发电机和智能管理系统高度集成，这本质上也是一种“微型储能系统”的成本与效能优化。将这种对系统集成和成本控制的深刻理解，放大到矿井CAES这样的巨型项目上，逻辑是相通的——都需要精准把握从电芯（或空气）、功率转换到系统集成的每一个环节，实现全生命周期成本最优。我们南通基地的定制化能力与连云港基地的标准化规模制造经验，恰好可以对应这类大型项目中定制化改造与标准化设备集成的双重需求。

挑战与未来：不仅仅是技术问题

当然，前景光明不代表道路平坦。废弃矿井CAES的商业化仍面临一系列挑战：

挑战类别具体内容

技术层面老旧巷道的长期稳定性评估、高效密封材料与工艺、空气压缩/膨胀过程中的热管理优化。

政策与标准缺乏针对此类混合产权（地下空间使用权、能源设施属性）的明确法规、并网标准和安全规范。

经济性初始改造投资仍属巨大，需要创新的商业模式（如电力市场套利、容量租赁、辅助服务）和可能的政策激励来支撑。

这些问题，需要跨学科的合作——地质学家、能源工程师、经济学家和政策制定者必须坐在同一张桌子前。它考验的不仅仅是我们工程技术能力，更是系统设计和资源整合的智慧。就像我们为偏远站点设计能源方案时，必须同时考虑气候环境、运维可达性和成本一样，矿井CAES也必须作为一个“社会-技术-经济”复合系统来通盘考量。

海集能深耕储能领域近二十年，从工商业储能到户用，再到微电网和站点能源，我们始终相信，最好的能源解决方案是那些能够与当地环境、资源禀赋和用户需求无缝衔接的方案。废弃矿井储能，正是这一理念在更大尺度上的体现。它提醒我们，在奔向未来的路上，有时也需要回望过去，从工业文明的遗迹中发掘绿色转型的基石。

那么，下一个问题是：在您所在的区域，是否也存在着类似的“沉睡资产”？我们该如何共同迈出第一步，将这种充满潜力的构想，变为触手可及的现实？

来源: <https://www.hj-mobile.com>