

在讨论能源转型时，我们常常聚焦于如何产生更多的绿色电力，无论是光伏还是风电。但一个同样关键、却时常被公众忽视的问题是：当太阳落山、风停歇时，我们如何保存这些宝贵的能量？这引出了储能技术这个宏大命题。在众多方案中，有一种技术正以其独特的物理智慧和巨大潜力重新回到舞台中央——它不依赖稀有金属，而是利用我们身边最丰富的介质：空气。是的，我说的正是压缩空气储能。

压缩空气储能如何将空气转化为电力银行

在讨论能源转型时，我们常常聚焦于如何产生更多的绿色电力，无论是光伏还是风电。但一个同样关键、却时常被公众忽视的问题是：当太阳落山、风停歇时，我们如何保存这些宝贵的能量？这引出了储能技术这个宏大命题。在众多方案中，有一种技术正以其独特的物理智慧和巨大潜力重新回到舞台中央——它不依赖稀有金属，而是利用我们身边最丰富的介质：空气。是的，我说的正是压缩空气储能。

让我们先厘清一个基本概念。储能，本质上是在时间维度上搬运能量。电池储能是通过电化学反应，抽水蓄能是利用水的势能。而压缩空气储能，思路非常直接：在电力富余时，用电机驱动压缩机，将空气压缩并储存于地下盐穴、废弃矿洞或高压容器中；当需要电力时，释放高压空气，推动膨胀机做功，重新带动发电机发电。这就像一个巨型的“电力银行”，存入的是压缩的空气，取出的是稳定的电流。其规模可以轻易达到百兆瓦时级别，这是目前大多数电化学储能难以企及的。根据中国能源研究会储能专委会的数据，截至2023年底，中国已投运的压缩空气储能项目累计装机规模已突破400兆瓦，其建设周期和成本优势在长时储能赛道中正日益凸显。

从物理原理到工程实践的核心阶梯

理解这项技术，我们可以沿着一个逻辑阶梯向上走。最底层是现象：空气被压缩时会发热，储存后温度下降；膨胀时则会吸热降温。早期的传统压缩空气储能电站，如德国亨托夫电站，在空气膨胀前需要燃烧天然气补热，这影响了其纯绿色属性。

接下来的阶梯是数据与迭代。新一代的先进绝热压缩空气储能技术解决了这个问题。它在压缩阶段捕获并储存压缩热，在发电阶段用这些热量预热膨胀的空气，从而摆脱了对化石燃料的依赖，实现全程零碳。其系统效率已可从早期的50%左右提升至60%-70%，甚至更高。这是一个显著的工程进步。

再往上，我们来到案例与场景的阶梯。在中国，山东肥城的国际首套300兆瓦盐穴先进压缩空气储能电站是一个里程碑。它利用地下盐穴作为天然储气库，单次放电就能提供超过60万度的电力，足以满足一个中型城镇数小时的用电需求。这种大规模、长时（通常4-8小时以上）的储能特性，使其成为平滑区域性新能源波动、参与电网调峰的理想选择。

那么，我们如何得出见解呢？我认为，压缩空气储能的复兴揭示了一个趋势：未来的能源系统将是多种储能技术共存的生态。锂电适合短时高频响应，抽水蓄能依赖地理条件，而压缩空气储能在规模、时长、寿命（可达30-50年）和成本上找到了一个独特的平衡点。它并非要取代谁，而是填补了大规模长时储能市场的一块关键拼图。

说到这里，我必须提一下我们海集能的视角。作为一家从2005年起就深耕新能源储能领域的企业，海集能对于各种储能技术的应用边界有着深刻的理解。我们总部位于上海，在江苏拥有南通和连云港两大生产基地，构建了从电芯、PCS到系统集成的全产业链能力。我们深知，在通信基站、物联网微站、安防监控这些关键站点，供电可靠性就是生命线。因此，我们为这些场景定制了光储柴一体化的站点能源解

决方案。虽然我们主力产品是电化学储能系统，但我们对包括压缩空气储能在内的所有大规模储能技术保持密切关注和技术储备。因为能源的未来，注定是多元融合的。我们的角色，就是作为数字能源解决方案服务商，为全球客户匹配最高效、最智能、最绿色的储能组合，无论是用于工商业、户用，还是支撑起全球通信网络的站点能源设施。

技术挑战与市场未来的交响

当然，压缩空气储能并非没有挑战。它对地理地质条件有一定要求，寻找合适的储气洞穴是项目成功的关键。系统效率相比顶尖的锂电储能仍有差距，且响应速度相对较慢。但它的优势同样突出：原料（空气）无限、安全不燃爆、环境友好、寿命超长。随着技术不断进步，特别是向更高效率的液态空气储能、超临界压缩空气储能等方向演进，其成本下降曲线非常值得期待。

一个有趣的问题是，这项技术与我们熟悉的电化学储能是什么关系？在我看来，它们是互补的“战友”。你可以想象这样一个场景：在广袤的西北风光大基地，配套百兆瓦级的压缩空气储能电站，像“水库”一样吸纳数日的光伏风电盈余，进行跨日甚至跨周的调节；而在城市变电站、工业园区或海集能所服务的通信基站旁，部署响应迅捷的锂电池储能系统，像“精密水池”一样处理秒级、分钟级的频率波动和备用电源切换。一个管“战略储备”，一个管“战术应急”，共同构建起弹性电网的防线。

所以，亲爱的读者，当您下次听到风声或看到阳光时，除了想到它们正在发电，是否也会思考，这些能量正以何种形态、被储存在世界的哪个角落，等待着在需要的时刻点亮一盏灯？面对这个能源存储的时代之问，您认为，除了技术进步，还有哪些政策或市场机制能加速像压缩空气储能这样的大规模长时储能技术的普及呢？

来源: <https://hjaiot.com>