# 空气储能发电的热效率究竟能达到多少

*当我们在谈论储能技术时，能量转换效率始终是那个无法绕开的、核心的技术指标。它像一把尺，衡量着技术的成熟度与经济性。锂离子电池的效率通常能轻松超过95%，但当我们把目光投向另一种大规模、长时储能技术——压缩空气储能（CAES）时，大家最常问的一个问题就是：它的热效率是多少？*

空气储能发电的热效率究竟能达到多少
当我们在谈论储能技术时，能量转换效率始终是那个无法绕开的、核心的技术指标。它像一把尺，衡量着技术的成熟度与经济性。锂离子电池的效率通常能轻松超过95%，但当我们把目光投向另一种大规模、长时储能技术——压缩空气储能（CAES）时，大家最常问的一个问题就是：它的热效率是多少？
这个问题的答案，远比一个简单的数字要复杂和有趣。它直接关系到这项技术能否在能源转型中扮演更重要的角色。让我带你一层层地剖析。传统的补燃式压缩空气储能，其原理是在用电低谷时，用电能驱动压缩机将空气压入地下盐穴或储气库；在用电高峰时，释放高压空气，并混入天然气等燃料燃烧加热，推动透平发电。在这个过程中，压缩产生的热能大多被散失了，发电时又需要额外燃料补热，这就导致了其系统整体热效率偏低，通常只在42%到54%之间。换句话说，投入100度电，最终只能回收42到54度电。这个数字，老实讲，在电化学储能面前确实缺乏竞争力。

然而，技术总是在演进。为了解决这个“热”的痛点，先进绝热压缩空气储能（AA-CAES）和液态空气储能（LAES）等新路线被提出。它们的核心思路是“热量回收”。在压缩阶段，通过多级压缩和间冷，将压缩产生的热能通过储热介质（如导热油、熔盐）储存起来；在发电阶段，再利用这些储存的热能来加热膨胀前的空气，从而大幅减少甚至完全摆脱对外部化石燃料的依赖。你看，这样一来，能量的循环就变得“绿色”多了。理论上，先进系统的电-
电转换效率可以提升至60%-70%，甚至实验室环境有更高目标。这已经是一个质的飞跃。
当然，阿拉（上海话，我们）评价一项储能技术，不能唯效率论。压缩空气储能的巨大优势在于其超长的持续时间（可达数小时至数天）和巨大的规模（可达百兆瓦级），以及其选址相对灵活、寿命长等特点。它更适合应用于电网侧的调峰、可再生能源消纳等场景。在这里，它的价值不完全体现在一次循环的效率上，更体现在整个电力系统的安全、稳定和经济效益上。
说到这里，我想岔开一句。在我们海集能，我们长期深耕于电化学储能领域，为工商业、户用乃至通信基站这类关键站点提供高效、智能的储能解决方案。我们深刻理解，不同的应用场景对储能技术的需求是截然不同的。比如，在我们核心的站点能源板块，为偏远地区的通信基站提供“光储柴”一体化方案时，我们追求的是极高的可靠性、环境适应性和快速的响应，效率固然重要，但保证通信生命线的持续供电是第一位。而在电网侧，规模和经济性则成为更关键的考量。所以你看，技术路线没有绝对的优劣，只有是否适合。
那么，回到最初的问题，空气储能发电的热效率是多少？我们可以这样看：

传统补燃式CAES：热效率约42%-54%，依赖化石燃料，但技术成熟。
先进绝热式CAES (AA-CAES)：理论电-电效率可达60%-70%以上，不依赖燃料，是发展主流。
实际项目数据：例如，中国某些已投运的示范项目，其设计效率目标就在60%以上，具体运行数据需要根据实际循环工况来看。

一个具体的案例或许能让我们更有体感。在河北张家口，那个著名的可再生能源示范区，就落地了一个基于盐穴的先进压缩空气储能示范项目。该项目设计规模为100兆瓦，系统设计效率目标瞄准了70%

的区间。它的一大使命就是解决当地大规模风电、光伏的间歇性问题，将多余的电能“压”进空气里，在需要时再释放出来。这个案例清晰地展示了，当效率提升到一定水平后，压缩空气储能在构建新型电力系统中的独特价值——它像是一个巨大的“电力海绵”，能够以较低的成本实现能量的跨时段、大规模转移。

所以，我的见解是，我们不必为压缩空气储能当前可能低于电池的效率数字而过分担忧。正如锂电技术从实验室走到今天的高效与安全，经历了漫长的迭代一样，压缩空气储能也正走在一条明确的效率提升和技术革新之路上。它的价值维度是多元的：规模、时长、寿命、安全性以及对地理条件的巧妙利用。

未来的储能格局，注定是多种技术并存的“组合拳”。对于电网运营商和能源决策者而言，关键问题或许应该是：在我的资源禀赋和系统需求下，哪种或哪几种储能技术的组合，能够以最低的综合社会成本，实现最高效、最可靠的能源转型？

在你看来，除了效率，在评估一项长时储能技术时，还有哪些因素是决策中不可或缺的？

——

来源: https://www.hjaiot.com