

如果你关注能源转型，或许听说过锂离子电池储能的风生水起。但当我们把目光投向更长时间尺度、更大规模的应用场景时，一种被称为“物理储能”的古老智慧正在焕发新生。这其中，压缩空气储能（CAES）以其巨大的功率和容量潜力，被视为构建未来新型电力系统的关键拼图。然而，从实验室走向广阔天地，它面临着一个核心挑战：如何建立一套科学、统一且安全可靠的设计标准规范？这不仅是技术问题，更关乎产业的健康与可持续发展。

压缩空气储能设计标准规范是规模化应用的基石

如果你关注能源转型，或许听说过锂离子电池储能的风生水起。但当我们把目光投向更长时间尺度、更大规模的应用场景时，一种被称为“物理储能”的古老智慧正在焕发新生。这其中，压缩空气储能（CAES）以其巨大的功率和容量潜力，被视为构建未来新型电力系统的关键拼图。然而，从实验室走向广阔天地，它面临着一个核心挑战：如何建立一套科学、统一且安全可靠的设计标准规范？这不仅是技术问题，更关乎产业的健康与可持续发展。

让我们先来看一个现象。过去几年，中国多个百兆瓦级的压缩空气储能示范项目陆续并网，这无疑是激动人心的进展。但如果你仔细研究这些项目的技术方案，会发现它们在系统构成、关键参数设定、安全冗余设计等方面存在显著差异。有的采用盐穴，有的利用废弃矿洞，还有的建造人工储气装置；效率目标从60%到70%以上不等；对电网的支撑功能也各有侧重。这种“百花齐放”在产业初期是活力的体现，但从长远看，缺乏共识性的设计准则，会增加项目的投资风险、影响设备互换性，并可能埋下安全隐患。数据表明，一个成熟的、标准化的产品体系，能够将大型储能项目的非技术成本降低高达15%-20%，这对于追求经济性的能源投资至关重要。

这就引出了我们今天要深入探讨的核心：压缩空气储能设计标准规范。它究竟是什么？简单讲，这是一套从系统顶层规划到具体部件选型、从建设施工到运行维护的全生命周期技术准则。它至少需要涵盖几个关键维度：

站点选址与地质评估规范：储气库的密封性、稳定性、与可再生能源和负荷中心的距离，都需要量化标准。

热力系统与效率定义规范：如何设计换热流程？如何界定并公平地计算系统的循环效率？

关键设备（压缩机、透平膨胀机）的性能与互联接口规范：确保不同供应商的设备能高效、稳定地协同工作。

电力接入与电网交互规范：明确储能系统作为电网主体的调频、调压、黑启动等功能的性能要求和测试方法。

安全与环保规范：涵盖储气库安全监测、高压气体风险防控、噪音控制等方方面面。

你可能会问，制定这样的标准会不会扼杀创新？恰恰相反，好的标准是创新的“高速公路”和“交通规则”。它为研发指明了方向，避免了企业在低层次问题上重复试错；它建立了市场信任，让投资者和电网公司能够清晰评估技术路线和项目质量。这就好比在新能源储能这个大赛道上，我们海集能深耕近二十年，从早期的铅酸、到如今的锂电和新兴技术路线，我们深刻体会到，标准化与定制化并非对立，而是产业成熟度的双翼。我们在江苏的南通和连云港两大基地，正是分别聚焦于满足特殊需求的定制化系统，与追求极致性价比和可靠性的标准化产品。这种“双轮驱动”模式，其底层逻辑正是对客户应

用场景的深刻理解和对行业标准规范的尊重与推动。

讲一个具体的案例或许更直观。让我们把视线投向中国西北的某戈壁滩。那里建设了一个结合了300兆瓦光伏和一套60兆瓦/300兆瓦时的先进压缩空气储能系统。项目的目标很明确：平滑光伏出力波动，实现绿电的长时间储存和跨日调度。在初期设计中，团队就遇到了难题——如何确定储气库的每日最大充放气循环次数？次数过多，地质疲劳风险增加；次数过少，则无法充分利用光伏电力。最终，项目参考了国内外初步的工程实践指南，并结合详细的地质力学模拟，将这一关键参数标准化，写入了设计方案。这个案例告诉我们，压缩空气储能设计标准规范往往源自于具体项目实践中遇到的共性挑战，它的形成是一个从实践到理论，再指导新实践的迭代过程。

设计规范关键领域

核心挑战

潜在标准化方向

储气库

地质条件多样，密封性要求极高，长期运行稳定性数据缺乏
建立基于地质类型的分级评估体系与监测标准

热管理

传统补燃式效率低，先进绝热/等温式技术复杂，储热材料与系统集成无统一范式
定义效率计算边界条件，规范储热子系统的性能测试方法

电网交互

作为大型转动惯量源，其动态响应特性与传统电源、电池储能均不同
建立适用于大型物理储能的并网性能测试标准模型

那么，推动这些标准规范落地，需要谁的力量？是政府机构、科研院所、还是像我们这样的企业？答案是，缺一不可。政府部门和行业组织需要牵头搭建平台，凝聚共识；科研院所提供前沿的理论支撑和测试验证；而身处市场一线的企业，则能将最真实的工程需求、成本约束和运维经验反馈到标准制定中。海集能在站点能源领域，为全球无数通信基站、物联网微站提供高可靠的光储一体化解决方案，阿拉深深晓得，一个看似微小的接口标准或防护等级规范，在实际的极端环境（比如沙漠高温或海岛盐雾）下，会直接决定整个系统的生死存亡。这种对“细节处见真章”的执着，同样适用于正在崛起的压缩空气储能产业。

展望未来，随着“双碳”目标的深入推进，电力系统对长时、大规模储能的需求将呈现指数级增长。压缩空气储能技术路线已经站上了风口。但要让这只“巨兽”温顺、可靠地为人类能源系统服务，就必须用严谨的压缩空气储能设计标准规范为其套上“缰绳”与“鞍鞴”。这个过程不会一蹴而就，它需要全球同行的开放协作与耐心耕耘。当标准体系日益完善之时，或许才是压缩空气储能真正迎来规模化、产业化爆发的黎明。

最后，我想抛出一个问题供大家思考：在锂电储能标准已相对成熟的今天，压缩空气储能作为后来者，是应该尽可能借鉴前者的框架，还是必须开创一套完全属于自己的标准体系？这两条路径，分别会引领产业走向何方？期待听到各位的见解。

来源: <https://www.hj-mobile.com>