

阿拉最近和几位能源行业的老朋友喝咖啡，大家不约而同地谈到了一个话题：储能技术百花齐放，但真正决定一种技术能否大规模、长时间稳定服务于电网的，往往不是最前沿的论文，而是那些看起来有些枯燥的“规范要求”。这就好比建造一座摩天大楼，惊艳的设计固然重要，但扎实的建筑规范才是确保它百年屹立的关键。今天，我们就来聊聊在大型长时储能领域备受瞩目的压缩空气储能，以及它背后那些至关重要的规矩。

压缩空气储能相关规范 requirements 是行业安全与效率的基石

阿拉最近和几位能源行业的老朋友喝咖啡，大家不约而同地谈到了一个话题：储能技术百花齐放，但真正决定一种技术能否大规模、长时间稳定服务于电网的，往往不是最前沿的论文，而是那些看起来有些枯燥的“规范要求”。这就好比建造一座摩天大楼，惊艳的设计固然重要，但扎实的建筑规范才是确保它百年屹立的关键。今天，我们就来聊聊在大型长时储能领域备受瞩目的压缩空气储能，以及它背后那些至关重要的规矩。

从物理现象到电网需求：为何规范如此重要？

压缩空气储能（CAES）的原理，说起来并不复杂。在用电低谷时，用电力将空气压缩并储存于地下盐穴、废弃矿洞或储气罐中；在用电高峰时，释放高压空气驱动透平发电。这个想法很美，但实际操作起来，却是一系列极其复杂的工程挑战。空气在压缩过程中会产生大量热能，如果直接储存，能量会白白散失；高压环境对储气容器的材料、密封和结构强度提出了严苛要求；整个系统的运行效率、响应速度、循环寿命，每一个指标都直接影响其经济性和可靠性。

没有规矩，不成方圆。这些挑战，正是催生一系列技术规范和安全标准的根本原因。规范的核心目标，是确保这一物理过程能够安全、高效、可控地转化为商业价值。它涵盖了从选址勘测、设备制造、系统集成、并网测试到长期运维的全生命周期。例如，对于地下储气库，地质结构的稳定性评估规范必须极其严格，任何微小的渗漏或塌陷风险都是不可接受的。对于设备，从压缩机、储气装置到膨胀发电机组，都有相应的压力容器标准、材料疲劳测试标准和电磁兼容标准。这些规范不是束缚创新的枷锁，恰恰相反，它们是行业健康发展的“护航员”。

数据与案例：规范如何塑造可靠系统

让我们看一个具体的维度：效率。早期的传统压缩空气储能电站，如德国亨托夫电站，其系统效率（电-电）大约在42%左右，其中一个重要原因在于压缩热未被有效利用。最新的先进绝热压缩空气储能（AA-CAES）技术，通过规范化的热管理设计，要求将压缩过程中产生的热能回收并储存，在发电时再利用，从而将理论系统效率提升至60%-70%以上。这个效率数字的提升，不是实验室里的理想值，而是通过一系列关于换热器效率、储热材料性能、隔热设计等方面的详细工程规范来实现的。

再比如安全性。压缩空气储能系统工作压力通常高达几十甚至上百个大气压。相关的压力设备规范，例如参照ASME BPVC（美国机械工程师学会锅炉及压力容器规范）或等同的国标，对材料的选用、焊接工艺、无损检测、安全阀设定和定期检验周期都做出了强制性规定。这些条款背后，是无数工程经验乃至教训的总结，其目的就是杜绝“压力容器”变成“压力炸弹”的任何可能性。

在我们海集能，虽然我们的主营业务聚焦于电化学储能和光伏混合站点能源解决方案，但我们对于储能系统规范的理解是相通的。无论是为偏远地区的通信基站提供一体化的“光储柴”微电网，还是为工商业园区设计大型集装箱储能系统，我们始终将符合乃至超越国内外权威标准作为产品开发的底线。我们在江苏南通和连云港的生产基地，建立了从电芯选型、BMS（电池管理系统）控制策略、PCS（变流器）并网特性到系统集成消防的全流程品控体系，这本身就是对“规范要求”的一种实践。我们深知，只有

把规范融入血液，才能造出客户敢用、好用、耐用的产品。

更广阔的视野：并网与市场规则的衔接

谈到这里，我想我们必须把视野再扩大一层。一个储能电站，终究是要接入大电网并提供服务的。因此，压缩空气储能的规范要求，绝不止于“自身体格强壮”，还必须学会如何与电网“优雅共舞”。这就涉及到并网技术规范，比如：

电能质量要求：

输出的电压、频率、谐波必须满足电网公司的苛刻标准，不能因为自身的启停对电网造成污染。

调度响应要求：接收到电网调度指令后，需要多快达到指定的功率输出？这个响应时间规范，决定了它能否参与调频等辅助服务市场。

通信与安全协议：

如何与电网调度中心进行安全、可靠的数据交互？这涉及到网络安全规范，在数字化时代尤为重要。

这些并网规范，正在成为压缩空气储能项目获得“准入许可”和“商业门票”的关键。在中国，国家能源局及国家电网、南方电网发布的一系列关于电化学储能、飞轮储能接入电网的技术规定，虽然并非专门针对压缩空气储能，但其核心思想——强调可控性、可测性、安全性与电网支撑能力——为所有新型储能技术的并网提供了清晰的框架指引。一个符合所有技术规范的储能电站，才具备了参与电力市场交易、通过削峰填谷或提供辅助服务获得收益的资格。从这个角度看，规范是连接技术与市场的桥梁。

面向未来：规范的进化与企业的角色

储能行业，尤其是像压缩空气储能这样涉及多学科交叉的技术，其规范体系本身也是动态发展的。随着更多示范项目投运、运行数据的积累、新材料的应用以及数字化智能运维技术的普及，相关的标准必然会不断修订和升级。这是一个“技术实践反馈规范，规范引导技术进步”的良性循环。

作为行业的一员，海集能始终密切关注着各种储能技术的发展与标准化进程。我们相信，扎实的工程规范与持续的自主创新并不矛盾。正是基于近20年在新能源储能领域的深耕，我们才能将对于安全、可靠、智能的追求，融入到我们为全球客户提供的每一个储能解决方案中，无论是大型的工商业储能，还是为关键通信站点保驾护航的站点能源设施。我们看到的，不是一个被规范限制的赛道，而是一个在规范保障下，能够行稳致远、真正为能源转型贡献价值的广阔天地。

那么，在您看来，对于压缩空气储能这类长时储能技术，当前最迫切需要明确或完善的规范，应该聚焦在哪个环节呢？是地下储库的长期环境影响评估，还是系统效率的权威测算与验证方法？期待听到您的高见。

来源: <https://www.hj-mobile.com>