

各位朋友，下午好。今天我们来聊聊一个行业内时常被问起，却又往往被过度简化的问题。如果你在储能领域工作，或者只是对家里的储能设备感到好奇，你或许会注意到，它们似乎不像刚买来时那么“有劲”了。这个现象，我们称之为衰减。它不是故障，而更像是一种自然规律，就像我们人类随着时间推移，体能会逐渐变化一样。理解它，不是为了抗拒，而是为了更好地规划和管理我们的能源资产。

## 电化学储能电站衰减是能量系统不可避免的衰老过程

各位朋友，下午好。今天我们来聊聊一个行业内时常被问起，却又往往被过度简化的问题。如果你在储能领域工作，或者只是对家里的储能设备感到好奇，你或许会注意到，它们似乎不像刚买来时那么“有劲”了。这个现象，我们称之为衰减。它不是故障，而更像是一种自然规律，就像我们人类随着时间推移，体能会逐渐变化一样。理解它，不是为了抗拒，而是为了更好地规划和管理我们的能源资产。

那么，衰减究竟是如何发生的呢？它的核心在于电池内部的化学世界。一个电化学储能电站，其心脏是成千上万个电池单体。每一次充放电，都是一场微观层面的离子迁徙与化学反应。锂离子在正负极材料间穿梭，嵌入又脱出，这个过程并非完美无瑕。日积月累，会发生一些不可逆的副反应：比如电解液的分解消耗、电极材料活性物质的微小结构坍塌、以及固体电解质界面膜（SEI膜）的过度生长。这些微观变化累积起来，宏观上就表现为电池可用容量的下降和内阻的增加。换句话说，电池能储存的总电量变少了，充放电时自身的“损耗”变大了。这直接关系到电站的经济效益和供电可靠性，尤其是在那些对稳定性要求极高的场景，比如通信基站或偏远地区的微电网。

要量化这种衰减，我们通常看两个关键指标：容量保持率和能量效率。一个设计优良、运维得当的储能系统，在标准循环条件下，每年的容量衰减率可能在2%到3%之间。但请注意，这只是理想情况。在实际运行中，衰减的速率并非线性，它受到一系列复杂因素的深刻影响，我们可以把它们看作加速衰老的“压力源”。

**循环制度与深度：**频繁的深充深放，就像让电池一直进行极限运动，会极大加速电极材料的疲劳。

**环境温度：**这是最关键的变量之一。过高的工作温度（比如持续超过40°C）会剧烈加速电解液分解等副反应；而过低的温度则会导致离子迁移困难，内阻剧增，甚至引发锂金属析出，造成不可逆损伤。

**不一致性：**在由大量电芯串并联组成的电池系统中，单个电芯之间微小的性能差异，会在循环中被放大，导致“木桶效应”，拉低整个系统的可用容量。

**电池管理系统（BMS）的策略：**一个不够智能的BMS，无法实现精准的均衡管理和热管理，就等于放任衰减的发生。

说到这里，我想分享一个我们海集能在实践中遇到的案例。我们在为东南亚某群岛国家的通信基站部署光储柴一体化解决方案时，就深刻体会到了环境与运维的挑战。那里的基站常年面临高温高湿和盐雾腐蚀，对储能柜是极大的考验。我们通过前期仿真和实地测试，发现如果采用普通的温控策略，电池在三年内的容量衰减预计会超过15%，这将对运营商的备电保障和成本造成巨大压力。为此，我们南通基地的定制化团队专门设计了强化型的热管理系统和防腐涂层，同时连云港基地的标准化产线则为我们提供了经过严格筛选和配对的电芯模组。最终交付的站点能源柜，通过智能算法将电池工作温度精准控制在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的最佳区间，并结合主动均衡技术。根据两年的实际运行数据反馈，其容量衰减被有效抑

制在了年均2.5%以内，显著超出了客户的预期。这个案例生动地说明，衰减虽不可避免，但通过精准的设计和智能的运维，我们完全可以驾驭这个过程。

所以，我的见解是，看待储能电站的衰减，我们不能仅仅把它视为一个技术参数问题，而应将其置于全生命周期的资产管理和价值运营的框架下来审视。这意味着，从项目设计之初，就要将衰减模型纳入经济性测算；在产品制造环节，像我们海集能在江苏两大生产基地所做的那样，通过标准化的规模制造保证基础一致性，再通过定制化的设计能力来应对特殊环境挑战；在系统集成层面，选择性能匹配的PCS（变流器）和高度智能的BMS与EMS（能量管理系统）至关重要；最后，在长达十年甚至更久的运营阶段，基于数据的智能运维——预测性维护、状态评估和策略优化——才是对抗无序衰减、挖掘资产潜力的真正钥匙。这正体现了我们作为数字能源解决方案服务商的理念：提供的不只是硬件，更是一套贯穿始终的、高效的能源管理智慧。

## 主要衰减诱因

对电站的影响

关键缓解策略

## 高温运行

电解液加速分解，容量骤减

精密热管理，智能温控系统

## 电芯不一致性

系统可用容量“木桶效应”

电芯精细筛选配对，主动均衡BMS

## 非优化充放电策略

电极材料结构损伤

基于AI的自适应充放电算法

当然，行业内的研究从未停止。对于想深入了解电化学衰减底层机理的朋友，美国能源部下属的阿贡国家实验室电池部门发布过非常详尽的材料老化研究报告，可供参考（Argonne Battery Technology）。这些前沿研究，也持续反哺着像我们这样的企业的产品开发思路。

最后，留给大家一个开放性的问题：当我们谈论储能电站的“寿命”时，究竟是指它的容量衰减到某个阈值（比如80%），还是指其综合度电成本不再具备经济性？在您看来，为了延长这个“寿命”，作为用户，您更愿意在初始的硬件品质上投入更多，还是更依赖后期不断优化的智能运维服务？期待听到您的思考。

来源: <https://hjaiot.com>