

最近几年，储能行业的朋友们聚在一起，常常会聊到一个有点“冷门”的热点——热管理。这听起来是不是有点矛盾？实际上，当储能系统的功率密度越来越高，单柜容量越做越大，特别是在集装箱这种集成化场景下，如何把电池工作时产生的热量高效、均匀地带走，成了决定系统安全边界与生命周期成本的关键。这不仅仅是技术问题，更是一个关乎经济性的商业命题。

【重要说明】本文/视频中所有关于节省金额、收益、回本周期、投资成本等数据，均为基于特定假设（如年用电量100万度、电价0.8元/度、光伏利用小时数等）的理论推演示例，不代表实际收益承诺，亦不构成购买或投资建议。实际收益受光照条件、电价波动、设备价格、安装费用、补贴政策等多种因素影响，可能存在显著差异。在做任何投资决策前，建议自行核实最新市场价格并咨询专业人士。

集装箱储能系统浸没式冷却磷酸铁锂技术白皮书

最近几年，储能行业的朋友们聚在一起，常常会聊到一个有点“冷门”的热点——热管理。这听起来是不是有点矛盾？实际上，当储能系统的功率密度越来越高，单柜容量越做越大，特别是在集装箱这种集成化场景下，如何把电池工作时产生的热量高效、均匀地带走，成了决定系统安全边界与生命周期成本的关键。这不仅仅是技术问题，更是一个关乎经济性的商业命题。

传统的风冷和液冷方案，大家都很熟悉了。风冷成本低，但在大型集装箱系统里，容易产生温度不均匀的“热点”；液冷通过冷却板与电芯接触，均温性好了很多，但结构复杂，对密封和可靠性要求极高。那么，有没有一种更直接、更彻底的解决方案呢？有的，这就是我们今天要深入探讨的浸没式冷却（Immersion Cooling）。

简单来说，浸没式冷却就是把电芯直接浸泡在绝缘的冷却液中。热量直接被液体吸收并带走，实现了电芯与冷却介质100%的接触。这种方法的优势非常显著：

极致均温：

整个电池包内温差可以控制在3°C以内，远优于传统方案，这极大延缓了电芯的一致性衰减。

安全跃升：绝缘冷却液本身具有很高的燃点甚至不可燃，即便单个电芯发生热失控，其热量也会被液体迅速扩散吸收，有效遏制连锁反应。

空间与能效优化：

省去了复杂的风道和冷板，系统结构更紧凑，同时冷却泵的功耗通常低于风机群，提升了系统整体能效。

当然，凡事都有两面性。浸没式冷却的挑战也明摆在那里：初次投入成本较高、冷却液的长期兼容性与维护、以及整个系统重量增加。这就引出了下一个核心问题：这项前沿技术，最适合与哪种电芯技术路线结合，才能最大化其价值？答案指向了当前储能市场的绝对主力——磷酸铁锂（LFP）。

为什么是LFP？数据背后的协同效应

磷酸铁锂电池以其高安全、长寿命、低成本的优势，已经成为储能，尤其是大型储能电站的标配。阿拉（上海话，意为我们）看数据说话：根据中国电力企业联合会2023年的报告，在当年新增的新型储能项目中，磷酸铁锂电池的装机占比超过了95%。它的热稳定性本来就比三元材料高，但即便如此，在大规模集中布置时，热管理依然是瓶颈。

浸没式冷却与LFP的结合，在我看来，不是简单的“1+1”，而是产生了“1+1>2”的化学反应。我称之为“安全与寿命的乘数效应”。

对比维度传统风冷+LFP浸没式冷却+LFP

电池包内最大温差通常 $>8^{\circ}\text{C}$ 可

来源: <https://www.hjenergysolution.com>