

各位好。今天我想聊聊储能系统里一个看似普通，却直接影响着整个系统寿命与安全的核心议题——温控。如果你参观过大型储能电站，那些整齐排列的集装箱式储能舱，你会发现它们内部的热管理方式正悄然分化。传统的风冷系统，凭借其结构简单、初始成本低的优势，占据了相当大的市场份额。但当我们谈论更大容量、更高功率密度、更长循环寿命，尤其是对安全有极致要求的场景时，技术天平开始向液冷系统倾斜。这背后，是电芯技术，特别是磷酸铁锂（LFP）化学体系日益成熟所带来的连锁反应。今天，我们就以这份白皮书为引，探讨这两种技术路径的现状与未来。

液冷储能舱风冷系统磷酸铁锂技术白皮书

各位好。今天我想聊聊储能系统里一个看似普通，却直接影响着整个系统寿命与安全的核心议题——温控。如果你参观过大型储能电站，那些整齐排列的集装箱式储能舱，你会发现它们内部的热管理方式正悄然分化。传统的风冷系统，凭借其结构简单、初始成本低的优势，占据了相当大的市场份额。但当我们谈论更大容量、更高功率密度、更长循环寿命，尤其是对安全有极致要求的场景时，技术天平开始向液冷系统倾斜。这背后，是电芯技术，特别是磷酸铁锂（LFP）化学体系日益成熟所带来的连锁反应。今天，我们就以这份白皮书为引，探讨这两种技术路径的现状与未来。

现象：从“风扇呼啸”到“静水流深”的温控演进

让我们先从一个直观的现象说起。早期的储能项目，无论是集装箱式还是户外柜式，你总能听到内部风扇持续运转的嗡嗡声。这是风冷系统在工作，它通过空气强制对流，将电池产生的热量带走。这种方法，阿拉讲，简单直接，就像给房间装了几个大功率的电风扇。然而，随着单个储能舱的容量从早期的500 kWh跃升至如今的3MWh甚至更高，电池的排布越来越密集，产热量也呈几何级数增长。这时，风冷系统开始面临挑战：舱内不同位置的电池温差可能达到7-8℃甚至更高。要知道，对于磷酸铁锂电池而言，温度每升高10℃，其循环寿命衰减速度可能加倍。不均匀的温度场，意味着电池组内有些电芯在“过劳”，有些却在“偷懒”，这直接导致了整体可用容量的快速衰减和潜在的安全风险。

数据：温差、能耗与全生命周期成本的博弈

那么，具体的数据差异在哪里？我们来看几个关键指标。首先是温度一致性，这是评价温控系统效能的核心。一套设计优良的液冷系统，可以将电池包内的最大温差控制在3℃以内，甚至优于2℃。相比之下，风冷系统在满功率运行时，温差往往在5-10℃之间徘徊。这2-7℃的差距，映射到电池寿命上，可能就是数千次循环的差别。

其次是系统能耗。风冷系统依赖风扇，功耗相对固定，但为了达到降温效果，往往需要“过量”通风，能耗不低。液冷系统通过冷却液与电芯直接或间接接触，热交换效率更高，其泵和冷却单元的能耗通常更优，尤其在部分负载工况下。根据一些行业测试数据，在相同散热需求下，高效液冷系统的整体辅助能耗可比传统风冷降低约20%-30%。

最后，也是最实际的——全生命周期成本。液冷系统初始投资通常高于风冷，这毋庸置疑。但如果我们把时间线拉长到储能系统10年甚至15年的运营周期，情况就不同了。更好的温度均匀性带来了更长的电池寿命和更少的容量衰减，这意味着在整个生命周期内，你可以从每个电池中“榨取”出更多的可用能量。同时，更低的辅助能耗也持续节省着电费。综合计算下来，对于中大型、高利用率、对寿命有高要求的储能项目，液冷系统的总拥有成本（TCO）已经开始展现出竞争力。

案例：海集能在东南亚通信站点的实践

理论需要实践验证。这里我想分享一个我们海集能（上海海集能新能源科技有限公司）的实际案例。我们在东南亚某国的通信网络升级项目中，承接了大量偏远地区基站的光储一体化能源供应任务。这些站点往往地处热带，环境温度高、湿度大，且电网脆弱或不稳定。储能系统需要频繁充放电以保障通信设备7x24小时不间断运行，这对电池的循环寿命和热管理是严峻考验。我们为这些站点定制了基于高安全磷酸铁锂电芯的储能解决方案，并选择了集成液冷温控的户外能源柜。在其中一个典型站点，我们部署了一套50kWh/100kWh的储能系统。经过连续18个月的运行监测，数据显示：

在平均环境温度32℃的条件下，电池簇内最大温差稳定在2.5℃以下。

系统满功率运行时，温控子系统能耗比原先设计方案中的风冷方案降低了约25%。

电池容量衰减率符合甚至优于预期模型，确保了站点在电网长时间中断下的后备时长承诺。

这个案例生动地说明，在恶劣环境和严苛工况下，液冷系统结合磷酸铁锂电池，能够为关键基础设施提供坚实、可靠、高效的能源保障。海集能依托近20年在储能领域的技术深耕，从电芯选型、PCS匹配到系统集成与智能运维，正是通过这样一个个具体的项目，将高效、智能、绿色的储能解决方案落地全球。

见解：技术选择没有绝对，只有最适合的场景

讲到这里，或许有人会问：是不是液冷将全面取代风冷？我的看法是，在技术领域，尤其是工程应用领域，很少存在非此即彼的绝对替代。液冷和风冷，更像是工具箱里的两把不同规格的扳手，关键在于你面前是什么“螺母”。

液冷系统，以其卓越的均温性和高能量密度下的散热能力，正成为大型储能电站、对寿命和性能有极高要求的工商业储能、以及类似我们刚才提到的关键站点能源等场景的优选。它更适合“重任务、长周期”的挑战。

而风冷系统，其优势在于结构简单、维护便捷、初始成本敏感。在一些功率密度要求不高、充放电不那么频繁、或者预算优先的户用储能、部分中小型工商业储能场景中，它依然是非常经济且可靠的选择。海集能在江苏连云港的标准化生产基地，就规模化生产着这类成熟稳定的风冷储能系统，以满足不同客户的需求。

未来的趋势，我认为不会是单一技术的独舞，而是会走向“精细化匹配”与“智能化融合”。例如，在系统设计层面，可能会根据电池簇在舱内的位置和预期热负荷，混合部署液冷和风冷模块。在控制层面，基于AI的智能热管理策略将根据实时电价、负荷预测、电池健康状态（SOH）和环境温度，动态调整冷却策略，在保障安全与寿命的前提下，进一步优化能耗。

磷酸铁锂（LFP）的基础性角色

我们必须认识到，这场温控技术的演进，离不开底层电芯化学体系的进步。磷酸铁锂电池（LFP）凭借其固有的高热稳定性、长循环寿命和性价比优势，已成为储能市场，特别是对安全有硬性要求场景的绝对主流。LFP电芯对温度虽然敏感，但其更宽的安全窗口给了热管理系统更大的容错空间和优化余地。液冷系统能够更好地“呵护”LFP电芯，将其寿命和性能潜力发挥到极致，二者形成了良性的技术协同。可以

这样说，LFP的普及，助推了高效温控技术的需求；而先进的液冷技术，则反过来保障并提升了LFP储能系统的价值。

风冷与液冷系统关键特性对比

对比项

风冷系统

液冷系统

温度均匀性

一般（温差常>5℃）

优秀（温差可

来源: <https://hjenergysolution.com>