

如果你仔细观察过一块正在融化的冰，那么你已经见识了相变储能最朴素的原型。冰在融化成水的过程中，会吸收大量的热量而自身温度保持不变——这种在物质状态变化时存储或释放能量的能力，正是相变材料（Phase Change Materials, PCMs）储能技术的物理核心。今天，当全球都在寻找更高效、更紧凑的储能方式以匹配波动性日益增强的风电和光伏时，这项看似简单的技术，正从实验室走向产业前沿，成为解决热能管理和温度控制难题的一把精巧钥匙。

相变材料储能的国内外发展现状与未来

如果你仔细观察过一块正在融化的冰，那么你已经见识了相变储能最朴素的原型。冰在融化成水的过程中，会吸收大量的热量而自身温度保持不变——这种在物质状态变化时存储或释放能量的能力，正是相变材料（Phase Change Materials, PCMs）储能技术的物理核心。今天，当全球都在寻找更高效、更紧凑的储能方式以匹配波动性日益增强的风电和光伏时，这项看似简单的技术，正从实验室走向产业前沿，成为解决热能管理和温度控制难题的一把精巧钥匙。

从实验室到市场：现象与数据

一个普遍的现象是，无论是大型数据中心、通信基站，还是户用储能系统，温度控制都消耗着惊人的额外能源。传统的空调或风冷系统为了维持设备在最佳工作温度，往往“买一送一”，即消耗一份电来储能或运行，可能还需要额外半份电来降温。这造成了能源效率的“隐形漏斗”。相变材料的介入，旨在直接“堵住”这个漏斗。其原理在于，通过材料在特定温度下发生固-液或液-气相变时吸收或释放的潜热，来实现热能的“时间转移”——在温度升高时吸收热量，防止过热；在温度降低时释放储存的热量，维持温度稳定。

数据最能说明潜力。根据行业分析，相变储能系统的体积能量密度通常是显热储能（如用水储热）的5到14倍。这意味着，在储存相同热量的情况下，相变储能装置可以做得更小、更轻。对于空间寸土寸金的场景，比如我们海集能深耕的站点能源领域——那些遍布荒野山峦的通信基站或安防监控站——这种紧凑性优势是决定性的。我们在连云港的标准化生产基地，就在探索将相变温控模块集成到标准储能柜中，这可不是拍脑袋的决定，而是基于对全球多个地区，尤其是中东高温和北欧极寒环境下设备运行数据的深度分析。

国内外发展路径：技术竞赛与场景深耕

如果我们把视角拉宽，会发现国内外在相变储能的发展上呈现出有趣的“双轨并行”。

国际前沿：材料科学驱动。欧美和日本的研究机构与企业，更侧重于新型复合相变材料的研发，追求更宽的温度适用范围、更高的循环稳定性以及更好的导热性能。例如，通过将无机水合盐或石蜡等传统PCM与石墨烯、金属泡沫等高导热骨架材料复合，解决PCM自身导热系数低的短板。他们的目标市场往往聚焦在建筑节能、高端电子设备热管理和航空航天等尖端领域。

国内实践：应用场景牵引。中国的产学研结合则展现出强大的场景落地能力。得益于完整的新能源产业链和庞大的应用市场，国内技术发展更侧重于如何将相变储能与现有的光伏、储能系统进行低成本、高可靠性的集成。特别是在“光伏+储能”的微电网、弱电网地区的离网供电系统中，相变技术用于管理电池的热环境，延长其寿命，提升系统整体安全性，已成为一个明确的技术方向。这和我们海集能在南通基地为客户定制化设计光储柴一体化微电网方案时的思路不谋而合——技术必须服务于场景的刚性需

求。

上图示意了相变材料模块如何集成在储能系统中进行热管理。讲到底，技术路线没有高下之分，只有适合与否。海集能作为一家从上海起步，拥有近二十年技术沉淀的新能源企业，我们的角色就是桥梁。我们既关注全球材料学的突破，更扎根于中国乃至全球多样化的应用场景。通过在上海的研发中心进行技术消化与再创新，结合江苏两大生产基地（南通定制化、连云港标准化）的制造优势，我们致力于将前沿的相变储能理念，转化为客户手中稳定、可靠的“交钥匙”解决方案。阿拉经常讲，好的技术不是放在论文里，而是要能在吐鲁番的烈日下、黑龙江的严寒里稳定运行十年，这才是真本事。

一个具体的市场案例：通信基站的“恒温衣”

让我们看一个具体的例子，这也是海集能站点能源板块的核心业务之一。在非洲某地的偏远通信基站，传统方案依赖柴油发电机为主，搭配一组锂电池储能。当地昼夜温差大，白天阳光直射下集装箱舱体内温度可超过50℃，夜间则骤降。这种剧烈的温度波动对锂电池的寿命和安全性是严峻考验，同时也增加了空调制冷的能耗。

我们的工程师团队为此设计了一套集成相变温控单元的站点电池柜。方案的核心是在电池模块间布置特定相变点的PCM板材。当舱内温度因日晒或设备运行升至35℃（PCM的相变点）时，板材开始融化，大量吸收电池产生的和环境中的热量，有效抑制了舱内温度的快速上升；到了夜间温度下降时，PCM凝固，释放出储存的热量，延缓舱内温度下降速度。这样一来，相当于为电池组穿了一件智能的“恒温衣”。

指标传统方案（仅空调）集成PCM温控方案

夏季日均空调能耗约15 kWh降低至约8 kWh

电池舱温度波动范围28℃ - 52℃ 维持在32℃ - 38℃

预期电池循环寿命衰减年均约8%减缓至年均约4%

（注：以上为模拟项目数据，实际数据因具体环境而异）这个案例清晰地展示了相变储能如何从一个“增效”技术，转化为具有直接经济价值的“降本”和“延寿”工具。它没有改变能量存储的主体，却优化了整个系统的能量流和价值流。

未来的挑战与开放的棋局

尽管前景广阔，但相变储能的大规模商业化仍面临一些挑战。成本是首要门槛，高性能的复合PCM材料目前价格仍较高。其次，长期使用的可靠性，特别是经过成千上万次相变循环后，材料的性能衰减和潜在的泄漏问题，需要更长时间的实地验证。此外，整个系统在设计与控制上需要更精细化的建模，将PCM的热特性与电池的电特性、光伏的出力特性乃至当地的气候特性耦合起来。

但这不正是一切有价值的技术进步的常态吗？从光伏到锂电池，都走过类似的道路。关键在于，我们是否看到了那个不可逆的趋势：对能源利用效率的追求永无止境。当我们在为全球客户，无论是大型的工商业储能、户用储能，还是一个一个孤立的站点，提供高效、智能、绿色的解决方案时，相变材料这类“赋能型”技术，其价值会越来越凸显。它可能不会单独成为一个巨大的产品门类，但一定会成为未来优秀储能系统里不可或缺的“智慧器官”。

所以，下一个问题是，在你的行业或你关注的能源应用场景里，是否也存在这样一个“温度控制的隐形漏斗”？如果我们能一起找到它，或许就能携手设计出下一代的、更聪明的储能方案。海集能位于上海和江苏的团队，随时欢迎与您探讨这种可能性。

来源: <https://www.hj-mobile.com>