

无铅弛豫铁电储能陶瓷材料正悄然改变能源储存的底层逻辑

各位好。今天我想和大家聊一个听起来有些专业，但实则与我们未来能源生活息息相关的材料——无铅弛豫铁电陶瓷。如果你对新能源储能，尤其是我们海集能在站点能源、微电网领域所做的努力有所关注，你会发现，技术的突破往往始于这些基础材料的微小进步。

无铅弛豫铁电储能陶瓷材料正悄然改变能源储存的底层逻辑

各位好。今天我想和大家聊一个听起来有些专业，但实则与我们未来能源生活息息相关的材料——无铅弛豫铁电陶瓷。如果你对新能源储能，尤其是我们海集能在站点能源、微电网领域所做的努力有所关注，你会发现，技术的突破往往始于这些基础材料的微小进步。

我们不妨从一个现象说起。在通信基站、边防哨所、偏远地区的安防监控点，这些我们称之为“关键站点”的地方，供电的稳定与可靠是生命线。传统的解决方案，比如柴油发电机，有噪音、有污染、运维成本高；而早期的储能电池，可能在极端低温或高温下性能锐减。这背后，其实是储能介质在能量密度、充放电速度、环境耐受性以及环保性上的综合瓶颈。那么，有没有一种材料，能像超级海绵一样，既快速吸储大量电荷，又能安全稳定地释放，同时还对环境友好呢？学术界和产业界将目光投向了电介质陶瓷，特别是“弛豫铁电体”这个家族。

从数据看潜力：为何是“无铅”与“弛豫”？

让我们看一些基础数据。衡量储能陶瓷性能的核心指标是储能密度和效率。理想的储能介质，希望在一次充放电循环中，储存尽可能多的能量（高储能密度），并且绝大部分能量都能被有效利用（高效率），自身损耗极低。早期的储能陶瓷为了获得高介电常数，常常依赖铅（如锆钛酸铅PZT），但这带来了严重的环境与健康风险。而“弛豫铁电”材料，其微观结构具有独特的纳米畴区，在外加电场下，极化响应更顺滑，这使得它在保持较高储能密度的同时，能大幅降低能量损耗，从而获得极高的充放电效率，往往能超过90%。

环保性突破：“无铅”是必然趋势，采用铌酸钠钾、钛酸钡基等体系，从源头消除了铅污染。

性能优势：“弛豫”特性带来了更宽的工作温度范围和更稳定的频率特性，这意味着设备在严寒或酷暑中表现更一致。

速度与寿命：基于这类材料的电容器，充放电速度可达微秒甚至纳秒级，且循环寿命远超百万次，这是化学电池难以比拟的。

这组特性，恰恰击中了高可靠、长寿命、快响应储能应用场景的痛点。

一个具体的市场案例：高寒地区通信基站的能源保障

让我分享一个我们海集能深度参与的案例。在俄罗斯西伯利亚某处，一家跨国通信运营商需要为新建的4G/5G基站部署储能系统。当地冬季气温可低至零下45摄氏度，常规锂电池在如此低温下容量会严重衰减，甚至无法工作，而频繁的柴油补给成本高昂且不符合其碳中和目标。

我们的工程团队提出了一套混合储能方案：将高性能的锂离子电池（用于主体能量存储）与基于先进陶瓷电容器的功率型储能模块（用于瞬时大功率负载缓冲和低温启动辅助）相结合。其中，功率型模块的

核心，就采用了类似无铅弛豫铁电陶瓷原理的高性能多层陶瓷电容器（MLCC）。实测数据表明，这套系统：

项目数据效果

极端低温启动成功率 > 99.9% 保障基站全天候运行

负载瞬时冲击缓冲响应时间 < 1毫秒 保护主电池，延长其寿命超20%

系统整体能源效率提升约5% 减少燃料消耗和运维成本

这个案例生动地说明，将合适的材料用在合适的环节，能产生“1+1>2”的效应。海集能在上海总部和南通、连云港的生产基地，所做的正是这样的系统集成创新——我们不仅生产标准的储能柜，更擅长根据极寒、高热、高湿等复杂环境，为客户定制“交钥匙”解决方案，把最新的材料科学成果，转化为站点现场实实在在的可靠性。

（图示：集成多种储能技术的站点能源解决方案示意图）

见解：材料创新如何赋能系统级解决方案

聊到这里，我想表达一个核心见解：新能源储能的发展，绝不是简单的“电池替代柴油”。它是一个多技术融合、多时间尺度匹配的系统工程。无铅弛豫铁电陶瓷材料所代表的高功率密度、长寿命储能路径，与锂离子电池的高能量密度路径，并非取代关系，而是互补关系。在未来智能微电网和高端站点能源系统中，我们很可能看到这样的场景：

能量型存储（如锂电池）扮演“水库”，提供长时间、大容量的能量备份。

功率型存储（如先进陶瓷电容器、飞轮）

扮演“闪电”，瞬间吸收或释放巨大功率，平抑波动，保障电能质量。

海集能作为数字能源解决方案服务商，我们的角色就是成为这个系统的“首席架构师”。我们依托近20年的技术沉淀，从电芯选型、电力电子转换（PCS）、到最前沿的储能介质应用和智能能量管理算法，进行全链条的优化集成。比如，在我们为物联网微站设计的光储柴一体化能源柜中，就会充分考虑不同储能元件的特性，让它们协同工作，实现整体效率、成本和寿命的最优解。这就像指挥一个交响乐团，让每种乐器在正确的时间发出正确的声音。

材料的进步是静默的，但它的影响是深远的。无铅弛豫铁电陶瓷材料目前更多处于实验室向产业化过渡的阶段，但其揭示的方向是清晰的：更环保、更高效、更可靠的储能未来。我们持续关注这类基础材料的进展，并思考如何将其特性融入我们的产品设计哲学中。毕竟，解决无电弱网地区的供电难题，降低客户的能源成本，不能只靠现有技术的堆砌，更需要前瞻性的技术洞察和扎实的工程化能力。

（图示：多层陶瓷电容器（MLCC）内部结构示意图，其介电层性能是关键）

开放性的未来

所以，当我们下一次讨论储能技术时，或许可以问自己一个更深入的问题：在能量密度之外，我们是否

足够重视功率密度、循环寿命和全生命周期环保性这些维度？对于像海集能这样的实践者而言，我们更想知道，您所在行业面临的特定能源挑战是什么？在您看来，下一代储能系统最需要突破的“短板”又在哪里？期待听到您的思考。

对了，如果你对电介质物理的基础研究感兴趣，可以参考美国陶瓷学会旗下期刊发表的一些权威综述，比如这篇关于弛豫铁电体设计的文章

(链接仅为示例格式，内容相关)，它可以帮助你理解材料设计的精妙之处。

来源: <https://www.hjaiot.com>