

# 集装箱式移动储能系统研发与应用探析

姚迪青

上海纳杰电气成套有限公司, 上海 201111

**摘要：** 社会经济的快速发展加快了全球能源结构转型的步伐，储能技术作为能源体系中的关键技术，其应用率呈不断升高态势。集装箱式移动储能系统属于一种新型的储能方式，具有高度模块化、便于运输和安装、灵活适配等特点，将其引入到能源市场中，不仅能有效提高能源调度能力，还可进一步推动清洁能源的发展。本文主要采用案例分析法和文献研究法，以具体的案例为落脚点讨论了集装箱式移动储能系统研发的局限性，深入探讨集装箱式移动储能系统研发要点，并提出集装箱式移动储能系统的应用场景，以期为企业开展相关工作提供有益参考。

**关键词：** 集装箱式；移动储能；系统研发；系统应用

## Research and Application Analysis of Containerized Mobile Energy Storage Systems

Yao Diqing

Shanghai Najie Electric Complete Set Co., Ltd. Shanghai 201111

**Abstract：** The rapid development of social economy has accelerated the transformation of the global energy structure. As a key technology in the energy system, energy storage technology has seen a continuous increase in its application rate. The containerized mobile energy storage system is a new type of energy storage method that features high modularization, ease of transportation and installation, and flexible adaptation. Its introduction into the energy market can not only effectively improve energy scheduling capabilities but also further promote the development of clean energy. This article mainly adopts the case analysis method and literature research method, using specific cases as a starting point to discuss the limitations of containerized mobile energy storage system research and development. It delves into the key points of containerized mobile energy storage system research and development and proposes application scenarios for containerized mobile energy storage systems, aiming to provide useful references for related enterprises in their work.

**Keywords：** containerized; mobile energy storage; system research and development; system application

### 前言

能源转型发展的大背景下，可再生能源已成为各国实现可持续发展的重要战略选择。分布式光伏能源具有清洁、低碳、可再生等显著优势，但在发电过程中，间歇性和不稳定性问题显著，即依赖光照条件，夜晚或阴天时发电能力大幅下降，使可再生能源大规模接入电网时，电网频率和电压波动加剧，甚至引发电网故障。集装箱式移动储能技术应运而生，成为能源领域研究的重点和热点，对增强电力系统的可靠性与稳定性具有重要意义。

### 一、集装箱式移动储能系统研发的局限性

上海纳杰电气成套有限公司承接并推进集装箱式移动储能关键技术研究项目，为闵行区重大产业技术攻关计划项目的重要组成部分，于2023年立项。该项目也是本司与上海交通大学，上海电力大学的三方产学研合作项目，就集装箱的材料、涂层、防水、保温、防火、绝缘底板、防盗、尺寸等以及照明系统、接地

系统等做出了明确的要求，并采用外观检查和淋雨试验的方式及时发现并处理集装箱质量问题。在集装箱式移动储能系统研发过程中，具有一定的局限性，具体如下。

**集成技术不均衡：**集装箱式移动储能系统融合电池、电力电子、热管理、智能控制等多种技术，发展参差不齐问题较为显著，导致系统整体性能难以达到最优状态，一定程度上限制了集装箱式移动储能系统的大规模应用。

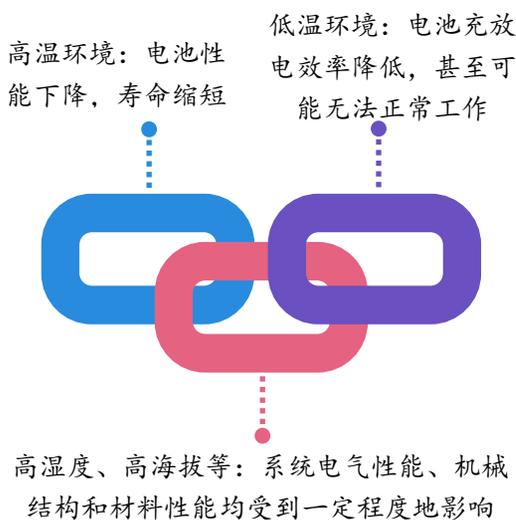
作者简介：姚迪青(1979.05-)，男，汉族，本科学士，上海市，中级工程师(电气自动化)，研究方向：电气自动化及智能化技术。

相关研发不系统：但从研发来看，各个环节的研究相对孤立。例如，电池研发侧重于提高电池性能，电力电子技术研发专注于变流器等设备的功能实现，热管理研发则主要关注“如何控制电池温度”，极大增加了系统集成的难度与成本。

重应用、轻基础模式：即大量资源和精力投入应用场景的开发和项目实施上，对基础理论、基础技术和基础材料的研究力度不够。

早期产品忽略热平衡带来火灾风险。电池在充放电过程中产生大量热量，若不能及时有效散发出去，将导致电池温度升高，从而增加热失控问题出现的风险。

储能工程应用对环境因数考虑不足。不同的地理环境和气候条件下，集装箱式移动储能系统面临着差异化的挑战（见下图1）。在实际研发过程中，对环境因素重视度不足，安全系数较高。



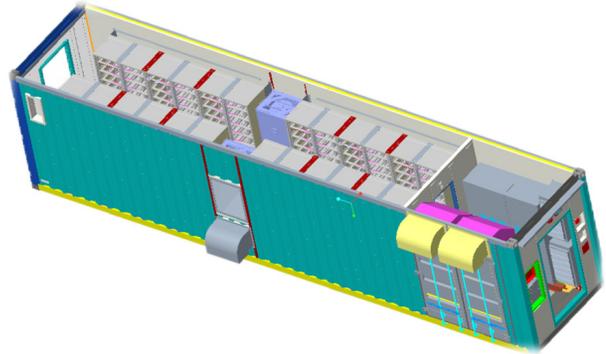
> 图1 影响储能工程应用的环境因数

## 二、集装箱式移动储能系统研发要点

### （一）系统架构

集装箱式移动储能系统架构需具有高集成度，相关人员需遵循模块化设计原则，集成储能电池系统、储能变流器（PCS）、电池管理系统（BMS）、监控系统、消防系统、空调系统等多个部分，形成完整的储能单元。与此同时，架构设计需兼顾运输与安装的便捷性，即综合考量集装箱在运输途中出现的震动、冲击等不良情况，采用有效的固定和减震措施，为快速部署提供便捷，更好地满足不同场景的应用需求。从空间布局角度来看，相关人员应高效利用集装箱空间，着力实现组件间线路连接的最短化、最优化目标，以此减少线路损耗与故障点<sup>[1]</sup>。以上述项目为例，集装箱式电池储能系统主要由两个部分组成，即电池仓和设备仓（见下图2），其中电池仓中具体有电池、电池架、BMS控制柜、七氟丙烷灭火柜、散热空调、烟感照明、监控摄像头等，电池主要采用1MWh的磷酸铁锂电池这一标配设计，各个部分形成一个远程客户端，相关人员可实时监测和管理仓内设备；设备仓由PCS和EMS控制柜两部分组成，PCS主要负责控制充电和放电过程，在无电网状态下直接为交流负荷供电，而在配电网方面，

EMS可同智能电表进行通讯，采集电网实时功率状态。1MWh系统中，PCS和电池的比例为1:1或1:4（储能PCS250kWh，电池1MWh）。



> 图2 某公司集装箱式移动储能系统架构

### （二）研发要点

#### 1. 储能电池系统

储能电池系统属于集装箱式移动储能系统的核心部分，重点在于电池类型、电池组管理。目前，常见的电池类型多种多样，包括铁锂电池、锂电池、铅炭电池、铅酸电池等，具有不同的使用优势和适用性，详见下表1，相关人员需参考储能需求、集装箱尺寸等因素进行合理选择<sup>[2]</sup>。

表1 集装箱式移动储能系统电池类型一览表

类型	能量密度 (Wh/kg)	循环寿命 (次)	使用优势	适用场景
铁锂电池	100-160	> 2000	能量密度高、循环寿命长	适用于对续航和使用寿命有较高要求的应用场景
锂电池	200-300	1500-2000	体积小、存储电能多	适用于对能量密度要求极高，且对安全性有严格管控措施的场景
铅炭电池	40-60	1000-1500	功率特性高、成本低	适用于对成本敏感，且有一定功率需求的场景
铅酸电池	30-50	300-500	成本低、技术成熟、安全性高	适用于对成本要求苛刻、对能量密度和循环寿命要求不高的场景

此外，电池组管理是集装箱式移动储能系统研发中不容忽视的一项工作。相关人员需保持电池的一致性，即通过选用科学的电池串并联方式，均衡电路设计，并优化热管理系统，将电池组内各电池的电压、温度等维持在一致状态下，以此延长电池组整体寿命，提升系统稳定性。以某项目为例，相关人员将电池组管理的研发重点放在了电池管理系统（BMS）优化方面，旨在充分发挥其监控和管理电池电压、电流、温度、电荷状态（SOC）等优势，整体提高电池使用的安全性和管理有效性，即一旦监测到电池出现过充、过放、过温等不良情况，将自主启动切断电路、调整充放电策略等功能，同时通过主动或被动均衡方式，可使电池组内各单体电池的电量保持一致，以此提高电池组的整体性能和使用寿命。

#### 2. 储能变流器（PCS）

PCS是集装箱式移动储能系统设备仓中的重要组成部分，主要负责交直流转换，其研发关键在于效率、功率密度和可靠性。PCS主要由DC/AC双向变流器、控制单元等构成，电池充电状态

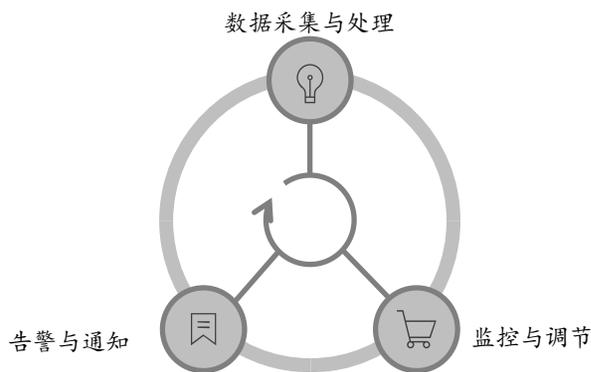
下, 其将网侧交流电整流成直流电给蓄电池充电, 而在电池放电时, 则将直流电逆变成交流电回馈到电网, 充放电之间的转换通常不超过200ms。在集装箱式移动储能系统研发过程中, PCS 设计需充分考虑功率因素, 即 PCS 功率处理能力需有效满足系统的需求, 可采用如下公式(1)进行计算并展开对比评估<sup>[3]</sup>。

$$P = UI \quad (1)$$

其中, U 和 I 分别代表电压和电流。滤波电容在 PCS 中主要用于滤除高频分量的电流电压谐波, 其设计需考虑分流效果、功率因数等, 通常情况下, 滤波电容的阻抗需 < 网侧电感阻抗的 20%, 而功率则需 < 系统额定功率的 5%; 为降低 LCL 谐振峰问题出现的概率, 需确保滤波器的谐振频率 > 电网频率的 10 倍, 且 < 开关频率的一半。

### 3. 监控系统

监控系统在集装箱式移动储能系统中发挥着保障作用, 主要用于帮助相关人员实时掌握储能系统的运行状态, 及时发现出现的具体问题加以纠正, 保障储能系统的运行稳定性和可靠性。通常情况下, 监控系统由通讯管理机、服务器、工控机、交换机、串口服务器、电池管理单元及相关通信辅件组成, 具备对外通讯、网络数据监控和数据采集、分析、处理等功能, 具体的运行流程详见下图 3。



> 图 3 集装箱式移动储能系统监控系统运行流程

基于监控摄像头、高精度传感器等设备, 系统可动态且全面采集集装箱式移动储能系统中各组电池的总电压、电流、平均温度、剩余电量、充放电电流、功率限值等常用信息, 以及直流侧电压、电流、功率和三相有功功率、无功功率、三相电压、三相

电流等 PCS 系统的相关参数, 并将其实时显示、存储和处理, 为后续分析和决策提供有力支持。监控系统可控制集装箱式移动储能系统开 / 关机操作, 并根据变流器通信协议定义的功率、电压、电流标准下发指令, 当系统出现异常时, 监控系统可自动报警并自动启动相应的保护措施, 确保系统安全稳定运行<sup>[4]</sup>。

## 三、集装箱式移动储能系统的应用场景

可再生资源大规模应用和电力系统转型升级的背景下, 集装箱式移动储能技术的市场需求呈不断增长态势, 在电力系统支撑、微电网与分布式能源等领域展现出了巨大的发展潜力。一方面, 集装箱式移动储能系统可作为电力系统的支撑设备用于平衡电网负荷、提高电网稳定性和可靠性。在电力需求高峰期, 储能系统可给予电网电力支持, 而在电力需求低谷期, 储能系统则可用于充电存储电能, 对于加快实现电网的削峰填谷和负载均衡具有积极意义。另一方面, 集装箱式移动储能系统应用于微电网和分布式能源场景中, 可有效提高电网系统的灵活性。微电网属于一种小型的电力系统, 由可再生资源发电设备、储能系统组成, 常被用于局部供电中, 而分布式能源是指分散在电网各处的发电设备, 包括屋顶光伏、小型风力发电等, 储能系统可作为其能源补充和支撑<sup>[5]</sup>。

## 四、结语

全球对清洁能源需求日益增长、能源结构变革速度加快的背景下, 集装箱式移动储能系统以其高度的模块化、灵活性、可扩展性和环境适应性, 展现出了极大的应用潜力和市场价值。从技术研发角度来看, 相关人员应重点把握集装箱式移动储能系统中储能电池系统、储能变流器、监控系统等各个方面, 以此确保进一步提高储能系统的安全可靠性和运行高效性。未来, 随着材料科学、电子信息技术、人工智能等领域的不断进步, 集装箱式移动储能系统的能量密度、循环寿命、安全性及智能化水平将向更高的层面迈进, 应用场景将得到进一步拓宽, 为能源供应体系提供有力支撑。

## 参考文献

- [1] 蒋如松, 苏雷. 集装箱式储能系统在低温环境下的工程应用 [J]. 电工技术, 2022, (12): 115-117.
- [2] 田刚领, 张柳丽, 牛哲荟, 等. 集装箱式储能系统热管理设计 [J]. 电源技术, 2021, 45(03): 317-319+329.
- [3] 杨金亮, 薛虎斌. 集装箱式储能系统散热设计研究 [J]. 移动电源与车辆, 2024, 56(02): 1-5.
- [4] 刘鹏飞, 庞清帅, 郭佳, 等. 集装箱储能系统电池舱总体设计及其抗震性研究 [J]. 机械研究与应用, 2024, 37(04): 160-164.
- [5] 白亚平, 张柳丽, 牛哲荟, 等. 集装箱式储能系统热管理设计及试验验证 [J]. 河南科技, 2020, 39(31): 25-28.