

## 面向数据中心的储能系统应用研究

周钰, 郝为瀚

引用本文:

周钰, 郝为瀚. 面向数据中心的储能系统应用研究[J]. 南方能源建设, 2021, 8(3): 58-62.

ZHOU Yu, HAO Weihuan. Research on Application of Energy Storage System for Data Center[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(3): 58-62.

---

### 相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

#### 天然气分布式能源系统在大型数据中心的应用研究

Application Research of Natural Gas Distributed Energy System in Large Data Center

南方能源建设. 2015, 2(2): 52-56 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.02.009>

#### 数据中心天然气分布式能源冷电联供技术方案与经济性分析

Technical Solution and Economic Analysis for Natural Gas Distributed Energy Unit Combined Cooling and Power Supply of Data Center

南方能源建设. 2019, 6(2): 112-117 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.02.020>

#### 能耗指标与数据中心的的关系研究

Research on the Relationship Between the Energy Consumption Index and Data Center

南方能源建设. 2020, 7(3): 23-27 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.003>

#### 基于CO2热泵的产消型数据中心能效联动优化

Energy Efficiency Linkage Optimization of Production and Consumption Data Center Based on CO2 Heat Pump

南方能源建设. 2020, 7(3): 28-37 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.03.004>

#### 电网企业数据中心能效测量与计算方法研究

Research on Measurement and Calculation of Power Grid Enterprises Data Centers Power Effectiveness

南方能源建设. 2018, 5(4): 111-116 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.04.017>

# 面向数据中心的储能系统应用研究

周钰<sup>✉</sup>, 郝为瀚

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的] 在新基建的背景下, 数据中心得到迅猛的发展, 数据中心作为高密度负荷, 如何最大限度采用清洁能源并降低运行能耗, 得到越来越多的关注。[方法] 梳理了当前储能系统主流电池技术参数及数据中心供电需求。[结果] 通过电池参数分析, 给出了适用于数据中心储能系统的电池选型建议, 随后提出了面向数据中心储能系统的应用模式以及满足快速切换功能的储能系统拓扑结构。[结论] 通过典型工程案例验证了本技术方案的有效性。

**关键词:** 储能系统; 数据中心; 双变换式拓扑结构; 在线互动式拓扑结构

中图分类号: TM73; TP308

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)03-0058-05

开放科学(资源服务)二维码:



## Research on Application of Energy Storage System for Data Center

ZHOU Yu<sup>✉</sup>, HAO Weihao

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] Under the background of new infrastructure, data centers have developed rapidly. As a high-density load, how to maximize the use of clean energy and reduce operating energy consumption has been more concerned in data center projects. [Method] The main battery technical parameters of energy storage system and the power supply requirements of the data center were given in the paper. [Result] Through battery parameter analysis, recommendations for battery selection suitable for data center energy storage systems are given, and then the application modes for data center energy storage systems and the energy storage system topology with the fast switching function are proposed. [Conclusion] We verify the effectiveness of this technical solution through typical project case.

**Key words:** energy storage system; data center; double conversion topology; online interactive topology

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

新型基础设施主要包括5G基站、大数据中心、人工智能、新能源汽车充电桩、城际高速铁路和城际轨道交通、工业互联网、特高压等领域<sup>[1]</sup>。新基建的本质是信息数字化的基础设施, 是以新发展理念为引领, 以技术创新为驱动, 以信息网络为基础, 面向高质量发展需要, 提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。在这一背景下, 数据中心作为“新基建”建设的重要支撑得到了迅猛的发展及广泛的关注<sup>[2-3]</sup>。

2020年数据中心用电量占全国全社会用电量的2.67%, 预计2035年和2050年全国数据中心总能耗将

在2035年、2050年将分别突破200 TWh、600 TWh、1000 TWh, 分别占全社会用电量的5.31%及7.35%。随着数据中心能耗问题日益突出, 储能作为灵活性调节资源, 为优化数据中心的用能、最大化利用清洁能源、提高供电可靠性并实现资源集约及智慧能源管理等方面提供了强力有效的手段。随着储能产业的发展, 产品成熟度不断提高、建设成本不断降低、标准规范的不完善, 都为储能系统应用于数据中心建设奠定了良好的基础<sup>[4-7]</sup>。本文旨在研究储能系统应用数据中心场景的应用模式及方案, 面向数据中心的储能建设提供参考。

收稿日期: 2021-05-08 修回日期: 2021-06-17

基金项目: 中国能建广东院科技项目“百兆瓦级电化学储能电站关键技术研究”(ER06601W)

## 1 数据中心储能技术路线选择

目前规模化使用的电化学储能电池主要包括铅炭电池、磷酸铁锂电池、液流电池三类，各电池的具体参数如表 1 所示。

表 1 主流储能电池参数表

Tab. 1 Parameters of main energy storage battery

参数	铅炭电池	磷酸铁锂	液流电池
循环寿命/次	2 000	4 000~8 000	17 000
能量效率	65%~75%	98%	90%
能量比 (Wh·kg <sup>-1</sup> )	80~130	130~240	40~60
功率比 (W·kg <sup>-1</sup> )	50~140	200~315	300~400
成本/kWh	3 000~5 000	1 000~2 500	600~1 200
优点	1. 电池寿命长 2. 功率和容量独立设计 3. 安全性好	1. 储能密度高、效率高 2. 应用范围广、安全性好 3. 材料成本低	1. 安全性好 2. 成本低
缺点	1. 能量效率低 2. 能量密度 3. 成本高	1. 低温性能差 2. 充放电倍率一般	1. 循环寿命仍短 2. 放电倍率低

对于适用于面向数据中心大容量储能系统应具备以下特性：

1) 安全性高，数据中心储能系统应采用性能稳定，不易发生热失控的电池，上述三种电池由高到低为液流电池、铅炭电池、磷酸铁锂电池，总体而言，安全性均能满足数据中心应用需求。

2) 循环寿命长，作为大容量储能电池一般设计运行年限在 10~15 年，循环寿命不宜小于 3 000 次。

3) 充放电效率高，电池充放电效率的高低，直接影响到系统的成本，因此也是需要考虑的重要因素。

4) 响应速度快，适用于储能的系统需适应电力市场辅助服务以及备用电源快速启动的需求，备用电源启动时间不应低于 15 ms，液流电池启动相对铅炭电池及磷酸铁锂电池。

结合上述特性需求及表 1 的电池特性，磷酸铁锂电池兼顾了上述特征，最为适合面向数据中心的储能系统。

## 2 面向数据中心储能应用模式

根据《数据中心设计规范》(GB 50147) 的电源要求，A 级数据中心应由双重电源供电，并应设置备用电源，备用电源宜采用独立于正常电源的柴油发电机组，也可采用供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路；B 级数据中心宜由双重电源供电，当只有一路电源时，应设置柴油发电机组作为备用电源。并鼓励分布式能源的利用。结合上述数据中心的电源需求，储能应用模式主要包括以下几方面：

1) 平滑新能源输出。示意图如图 1 所示。新能源配置储能作为一路主供电源，为数据中心供电，虽然不能降低 PUE，但通过储能系统和新能源的配合使用，可以平抑新能源波动，为数据中心提供稳定持久的电能。

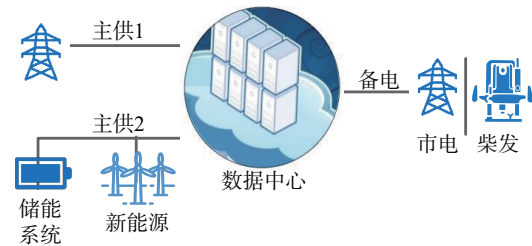


图 1 A 级数据中心储能系统配合新能源接入应用模式

Fig. 1 Application mode of energy storage system integrates with new energy access in Class A data center

2) 作为数据中心的备用电源。示意图如图 2 所示。该模式下储能预留部分备用容量作为数据中心的备用电源，储能系统同时可参与电力市场调峰、辅助调频（如有）等辅助服务，一方面可提高数据中心供电的可靠性，另一方面也从电力市场服务中获取收益补偿。部分地区，在规定时间内可恢复市电供应的部分数据中心，可替代市电或者柴油发电机备用回路，节省投资、提高项目整体经济效益。

3) 采用特殊结构的储能系统替代传统交流不间断电源 (UPS)。示意图如图 3 所示。由于目前电网的供电可靠性高，大部分时间 UPS 处于事故备用状态，正常运行时 UPS 电源的浮充损耗在 5%~10%，UPS 资源不能得到充分利用。如果采用能够事故电源切换时间小于 15 ms 的储能系统替代传统 UPS，能够在保证数据中心不间断供电的能力的同

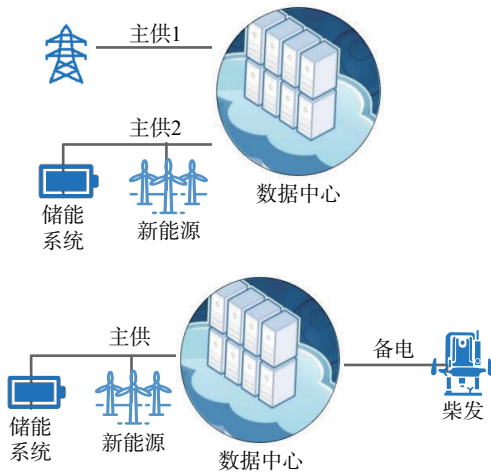


图 2 B级数据中心储能系统配合新能源应用模式

Fig. 2 Application mode of energy storage system integrates with new energy access in Class B data center

时，可通过储能系统积极参与与电网的互动及服务，与传统UPS相比可大大提高资产的利用率及系统运行收益。

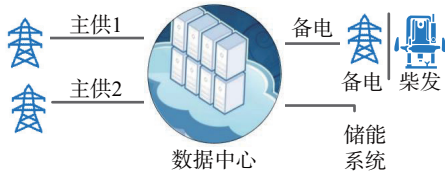


图 3 A级数据中心储能系统备用电源应用模式

Fig. 3 Backup power supply application mode of energy storage system in Class A data center

4) 多站融合应用模式。示意图如图 4 所示。多站融合建设模式和储能站、边缘数据中心和变电站、充电站、能源站等根据多种组合<sup>[8]</sup>，可以实现设备融合、控制融合、建设融合、信息融合，以达到资源最大化利用，达到多方互利共赢的效果。

### 3 数据中心储能系统替代 UPS 典型方案

除储能系统替代 UPS 应用模式外，其他应用模式储能系统采用传统的储能变流器拓扑结构，常见的包括单级式、双级式、H 桥链式结构。传统的储能系统响应时间在 20 ms 以上，难以满足数据中心小于 15 ms 的不停电切换需求，替代储能系统的 UPS 可采用以下几种基于传统 UPS 的改进型结构，能够实现事故快速为负荷供电的同时，也能向电网放电，实现与电网的双向互动，主要包括双变换式拓扑结构以及在线互动式拓扑结构两种：

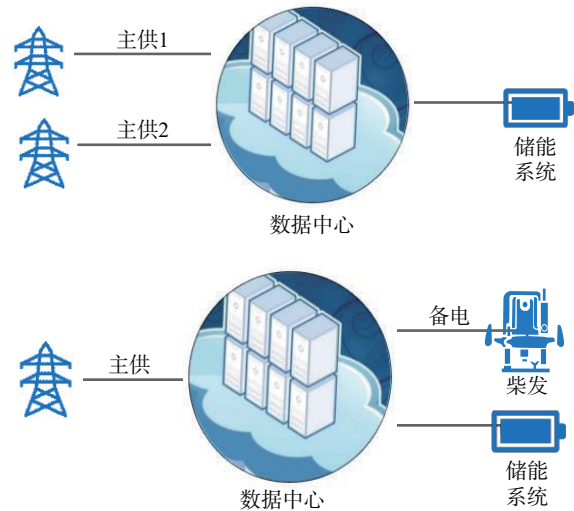


图 4 B级数据中心储能系统备用电源应用模式

Fig. 4 Backup power supply application mode of energy storage system in Class B data center

#### 1) 双变换式拓扑结构

双变换式拓扑结构将传统的 UPS 输入端的 AC/DC 模块由整流元件改为整流逆变双向元件，对于锂电池等无法浮充运行的电池应通过 DC/DC 模块接入直流母线。正常运行时，负荷可通过旁路开关或者双变换设备向直流负荷供电，也可通过输入端的双向 AC/DC 模块向电网放电。例如在峰谷套利的运行模式下，可以在谷价期间通过 AC/DC 模块整流（或者旁路开关）向负荷供电同时向电池充电；在峰值电价期间通过 AC/DC 模块逆变向电网放电或者负荷放电，节约数据中心用电成本。具体拓扑结构如图 5 所示。

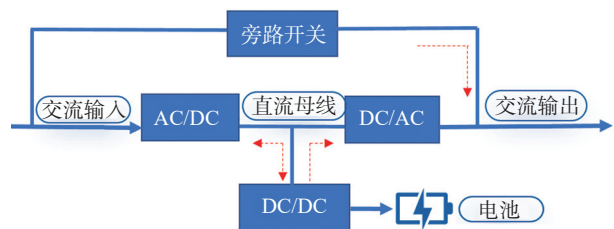


图 5 双变换式拓扑结构示意图

Fig. 5 Schematic diagram of double conversion topology structure

#### 2) 在线互动式拓扑结构

在线互动式拓扑结构将传统 UPS 输入端电源接口改为整流逆变双向的接口，并根据储能容量设计，确定电源接口及 AC/DC 模块的额定容量，通常比交流输出侧负荷需求大，以便在谷价可通过电



源接口给电池充电，在峰值电价时电池向负荷及电网放电。具体拓扑结构如图6所示。

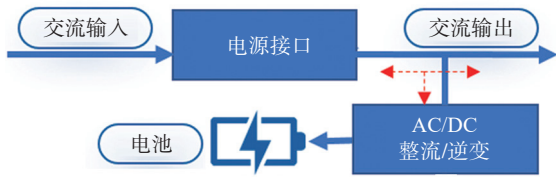


图6 在线互动式拓扑结构示意图

Fig.6 Schematic diagram of online interactive topology structure

两种拓扑结构技术经济比较如表2所示。

#### 4 典型案例

本研究以惠州某数据中心（规划万台机柜）项目为例，针对数据中心配置储能的运行模式及设计方案进行研究。项目为某大规模多应用场景试点电池储能站，主要为该数据中心提供电量供应，同时可为电网提供区域调峰调频及事故备用服务<sup>[9]</sup>。该储能项目拟规划规模为90 MW/180 MWh，同时计划在储能站站区顶部修建光伏系统。主线图如图7所示。

储能系统采用双变换式拓扑结构每个10 kV母线段接入4 MW/8 MWh或者5 MW/10 MWh储能系统，替代传统UPS。

储能系统具体运行模式设计如下：

- 1) 正常运行时储能系统预留15 min的备用容量作为数据中心备用电源。
- 2) 参与调峰、调频、紧急备用容量辅助服务

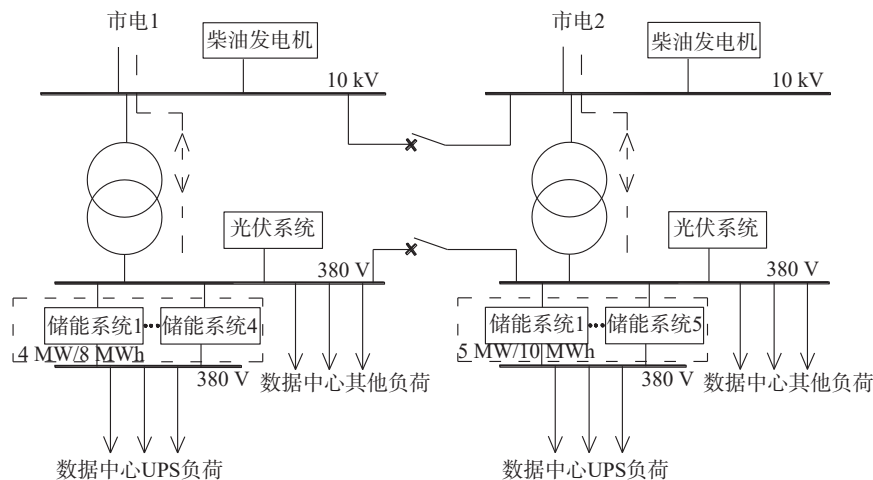


图7 储能系统接入数据中心主接线图

Fig.7 Main wiring diagram of of energy storage system connected to data center

表2 拓扑结构技术经济比较表  
Tab.2 Technical and economic comparison of the topology structure

参数	双变换式拓扑结构	在线互动式拓扑结构
技术特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对传统UPS设备改动大。</li> <li>2. 设置直流母线,储能电池通过输入端AC/DC模块和输出端DC/AC模块实现备电及向电网放电功能。</li> <li>3. 当采用不可浮充运行电池时需要在直流侧增加DC/DC模块。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对传统UPS设备改变小。</li> <li>2. 需增加电源接口和AC/DC模块的通流能力以满足储能功能的需求。</li> </ol>
优点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能够实现0 s切换,电能质量好。</li> <li>2. 储能和旁路均可向符合供电,储能充放电运行方式灵活。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 运行环节少,运行效率高。</li> </ol>
缺点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 成本高,当不采用旁路供电方案时,效率比在线互动式拓扑结构低。</li> <li>2. 需考虑谐波治理。</li> <li>3. 控制对象多,切换复杂。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 存在小于4 ms的切换延时。</li> <li>2. 稳压精度低于双变换式。</li> </ol>
成本	高	中
切换时间	0 s	小于4 ms延时
适用场景	所有类型数据中心	对切换时间要求不高的数据中心

运行模式（如表3所示）如下：

经过经济测算，储能系统除参与系统调峰、调频和紧急备用服务外，还同时为数据中心提供不间断备用电源，考虑电力市场辅助服务收益，项目内部收益率8.3%，动态回收期7.05年，项目的辅助收益情况如图8所示。

表3 储能系统参与辅助服务收益情况

Tab. 3 Income situation of energy storage system participation in auxiliary services

服务类型	服务运行时间	年收益/万元
调峰辅助服务	充电:0点~1点、17点~18点	4 168.3
	放电:14点~15点、19点~20点	
调频辅助服务	1点~8点、11点~13点、15点~17点、 20点~22点	1 101.8
紧急备用容量	1点~14点、18点~19点	511

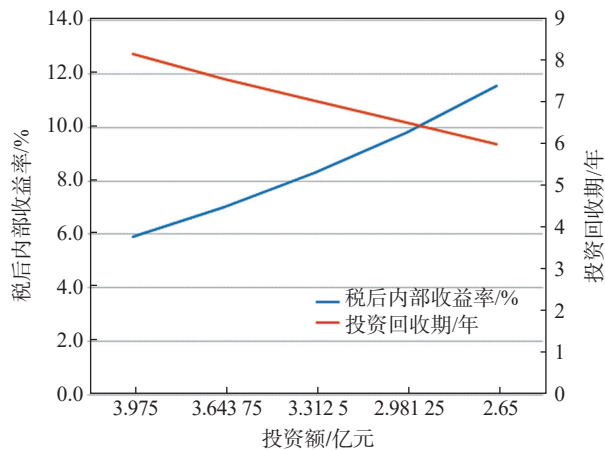


图8 储能系统接入数据中心的电力市场辅助服务收益

Fig. 8 Power market ancillary service income of energy storage systems connected to data centers

## 5 结论

本论文从数据中心的用电需求出发,分析了面向数据中心储能系统的应用模式,主要包括配合新能源接入、备用电源、替代UPS、多站融合四个方面。给出了数据中心替代UPS双变换式及在线互动式储能系统拓扑结构,并对其特征参数进行了比较,最后以一典型技术方案及储能运行模式分析,证明了本论文应用方案的有效性及其经济性。随着储能系统成本的不断下降,面向数据中心储能产品的产业化发展,相信数据中心储能会有越来越广阔的应用前景。

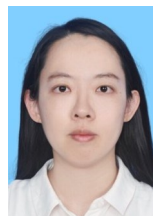
### 参考文献:

- [1] 李晓华. 面向智慧社会的“新基建”及其政策取向[J]. 改革, 2020(5):34-48.  
LI X H. "New infrastructure construction" and its policy orientation for smart society [J]. Reform, 2020(5):34-48.
- [2] 梁永亮,吴跃斌,马钊,等. 新一代低压直流供电系统在“新基建”中的应用技术分析与发展展望[J]. 中国电机工程学

报, 2021, 41(1):13-24+394.

- LIANG Y L, WU Y B, MA Z, et al. Application technology analysis and development prospect of the new low voltage direct current supply and utilization system with "new construction" [J]. Proceedings of the CSEE, 2021, 41(1):13-24+394.
- [3] 徐坚. 储能系统在数据中心的应用[J]. 通信电源技术, 2018, 35(10):103-105.  
XU J. Application of energy storage system in data center [J]. Telecom Power Technology, 2018, 35(10):103-105.
- [4] 何宝宏. 数据中心:下一波技术创新的制高点[J]. 信息通信技术与政策, 2020(6):1-3.  
HE B H. Data center: the commanding height of the next wave of technological innovation [J]. ICT and Policy, 2020(6):1-3.
- [5] DAYARATHNA M, WEN Y, FAN R. Data center energy consumption modeling: a survey [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016, 18(1):732-794.
- [6] 叶冉,李超,梁晓晓. 面向绿色数据中心的储能系统:体系结构和管理方法[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(2):326-340.  
YE R, LI C, LIANG X Y. Energy storage system in green data centers: architecture and management [J]. Journal of Computer Research and Development, 2016, 53(2):326-340.
- [7] 张文亮,丘明,来小康. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 2008(7):1-9.  
ZHANG W L, QIU M, LAI X K. Application of energy storage technology in power system [J]. Power System Technology, 2008(7):1-9.
- [8] 徐文波,程华福,白中华,等. 多站融合模式下储能电站的优化设计和运行[J]. 供用电, 2019, 36(11):84-91.  
XU W B, CHENG H F, BAI Z H, et al. Optimal design and operation of energy storage power station in multi-station fusion mode [J]. Power Supply, 2019, 36(11):84-91.
- [9] 薛琰,殷文倩,杨志豪,等. 电力市场环境下独立储能电站的运行策略研究[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(6):12-15.  
XUE Y, YIN W Q, YANG Z H, et al. Study on the operation strategy of independent energystorage power station in power market environment [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(6):12-15.

### 作者简介:



周钰

周钰 (通信作者)

1986-, 女, 江西九江人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电池储能技术、微网技术、大型输变电工程设计工作 (e-mail) zhouyu2@gedi.com.cn.

(责任编辑 李辉)