

# 数据中心储能技术

## 目录

1	范围 .....	1
2	引言 .....	1
3	数据中心电化学储能系统 .....	1
3.1	铅酸电池 .....	2
3.2	铅炭电池 .....	2
3.3	锂离子电池 .....	2
3.3.1	磷酸铁锂电池 .....	3
3.3.2	三元锂电池 .....	4
3.4	全钒液流电池 .....	4
3.5	钠硫电池 .....	5
3.6	主流电化学储能技术对比 .....	6
3.7	当前适用于数据中心的电化学储能技术 .....	7
4	数据中心园区级储能 .....	8
4.1	数据中心园区级储能概述 .....	8
4.2	数据中心园区级储能方案架构 .....	9
4.2.1	高压侧储能系统 .....	9
4.2.2	低压侧储能系统 .....	10
4.3	数据中心园区级储能关键技术 .....	12
4.4	数据中心园区级储能价值 .....	13
5	数据中心微模块储能 .....	14

5.1	数据中心微模块储能概述 .....	14
5.2	数据中心微模块储能方案架构 .....	15
5.3	数据中心微模块储能关键技术 .....	16
5.4	数据中心微模块储能价值 .....	18
6	数据中心机柜级储能技术 .....	19
6.1	数据中心机柜级储能概述 .....	19
6.2	数据中心机柜级储能方案架构 .....	20
6.2.1	整体架构 .....	20
6.2.2	方案适应性及优势 .....	22
6.3	数据中心机柜级储能关键技术 .....	22
6.3.1	集群功耗控制 .....	22
6.3.2	智能扛峰 .....	23
6.3.3	管控接口 .....	24
6.4	价值探讨 .....	25

---

# 数据中心储能白皮书

## 1 范围

本文主要讨论范围是数据中心的电化学储能系统，及其在数据中心中的应用。

## 2 引言

数据中心为了在市电中断时保障设备运行的连续性，通常需要配置各类形式的储能系统。

储能即能量的储存。根据能量存储形式的不同，广义储能包括电储能、热储能和氢储能三类。电储能是最主要的储能方式，按照存储原理的不同又分为电化学储能和物理储能两种技术类型。其中电化学储能技术主要包括铅蓄电池、锂离子电池、钠硫电池、液流电池和超级电容器；物理储能技术主要包括抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能和超导储能。

目前数据中心最常见的储能系统是用于不间断电源的储能系统。不间断电源配置的储能系统，可以采用电化学储能，即蓄电池储能；也可采用物理储能，即飞轮储能。采用电化学储能是主流。蓄电池的选取，当前以铅酸蓄电池为主，也有部分数据中心选取锂离子电池。

## 3 数据中心电化学储能系统

目前，电化学储能技术主要以锂离子电池、铅蓄电池、钠硫电池和液流电池为主，这些技术在可再生能源并网、分布式发电及微网领域已实现兆瓦级的示范应用，同时在调频辅助服务、电力输配、电动汽车等领域也在进行应用示范。

---

### 3.1 铅酸电池

铅酸蓄电池已有 100 多年的使用历史，非常成熟。以其材料普遍、价格低廉、性能稳定、安全可靠，具有免维护性、优越的高低温性能、耐过充和优越的充电接受能力、电池一致性高等特点，因而在数据中心中得到非常广泛的应用。铅酸电池依旧被采用。但铅酸电池也有一些严重的缺点，主要就是循环寿命很低，比能量也较小，充放电倍率也较低。如果是单纯的作为后备电源，仅是在停电等紧急情况下电池进行放电，保障供电连续性，传统铅酸电池还是能够基本满足需求的。但是其循环寿命低的弱点，也决定了其在削峰填谷等高强度使用的储能场景下的应用前景。

### 3.2 铅炭电池

铅炭电池是从传统的铅酸电池演进出来的技术，它是在铅酸电池的负极中加入了活性炭，能够显著提高铅酸电池的寿命。与传统的铅蓄电池相比，铅炭电池有以下特点：充电速度快，放电功率高，循环寿命显著增长，可达传统铅酸电池的 6 倍，同时也保留了铅酸电池安全稳定的特性，可广泛地应用在各种新能源及节能领域。使用了铅炭技术后，铅炭电池的性能优于传统的铅酸蓄电池，可应用于新能源车辆中，如：混合动力汽车、电动自行车等领域；也可用于新能源储能领域，如风光发电储能等。由于铅炭电池与铅酸电池的原理、体积和能量密度较为相近，对数据中心传统储能系统进行演进，用铅炭电池来替代铅酸电池具备较高的可行性。

### 3.3 锂离子电池

---

锂离子电池由于具有高的比能量、优异的循环性能和绿色环保等优势，已基本占据便携式电子产品市场，如手机、笔记本电脑、照相机等。锂离子电池的工作原理主要依靠锂离子在正极材料（金属氧化物）和负极（石墨）之间嵌入和脱出来实现能量的储存和释放。锂离子电池具有很高的工作电压，比能量可达到 150Wh/kg。锂离子电池的性能主要依赖于电极材料和电解质的发展，而电极材料的选择尤为重要。目前锂离子电池的主要的技术路线为磷酸铁锂电池及三元锂电池。

### 3.3.1 磷酸铁锂电池

LiFePO<sub>4</sub> 是一种具有橄榄石结构的磷酸盐化合物，它具有稳定的充放电平台，充放电过程中结构稳定性好，安全性高，价格低廉，环保无污染，比容量可达 160Ah/kg，是近年来发展最快的一种锂离子电池正极材料体系，广泛应用于电动汽车和储能领域。

LiFePO<sub>4</sub> 存在的主要问题是振实密度低以及电子、离子电导率差，可以通过材料纳米化、二次造粒、碳包覆和掺杂等方法来提高 LiFePO<sub>4</sub> 电化学性能。

磷酸铁锂电池单体输出电压高，工作温度范围宽，比能量高，效率高，自放电率低，在电动汽车和静态储能应用中的研究也得到了开展。目前磷酸铁锂电池由于成本低、安全可靠和高倍率放电性能受到关注。

磷酸铁锂电池的技术特点如下：

安全性：安全可靠，全密封，不怕火烧，不爆炸；

循环寿命长：在室温和 100%DOD 情况下，电池的循环寿命不小于 5000 次；

性能价格比高：普通常用材料。

一致性好：目前国内的磷酸铁锂电池厂家已经具有自动化生产线，保证了电池产品的一致性。

### 3.3.2 三元锂电池

三元聚合物锂电池是指正极材料使用镍钴锰酸锂 (Li (NiCoMn) O<sub>2</sub>) 三元正极材料的锂电池。三元材料电池由于具有电压平台高、能量密度高、振实密度高、电化学稳定、循环性能好等特性，在提升新能源汽车的续航里程，减轻用户续航里程忧虑方面具有明显优势，同时还具有放电电压高，输出功率比较大，低温性能好，可适应全天候气温等优点，因此正逐渐受到汽车生产厂商和用户的青睐。

### 3.4 全钒液流电池

全钒液流电池全称为全钒离子氧化还原液流电池。全钒液流电池中的两个氧化-还原电对的活性物质，分别装在两个储液罐中的溶液中，各用一个泵，使溶液流经电池，并在电池内的离子交换膜两侧的电极上分别发生还原和氧化反应。单电池通过双极板串联成堆。全钒液流电池作为储能电源，主要用于电厂调峰项目系统、大规模的光电转换系统、风能发电的储能电源以及边远地区储能系统、不间断电源或应急电源系统等。

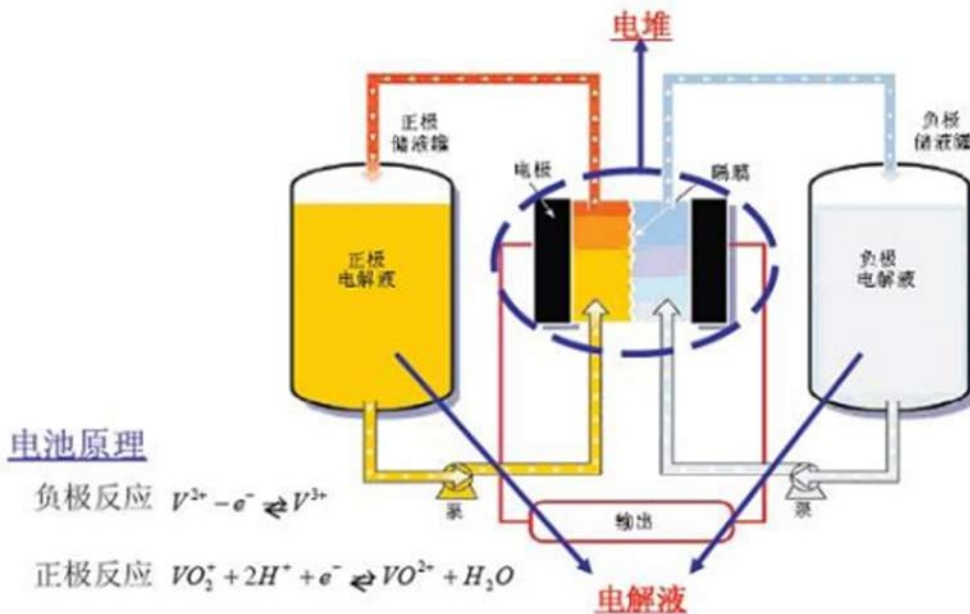


图 3.1 全钒液流电池原理图

---

全钒液流电池用于储能系统，具有的特征如下：

电池系统组装设计灵活，易于模块组合，蓄电规模可大可小。全钒液流电池的活性物质以液态形式贮存于储液罐中，容量取决于外部储液中活性物的容量和浓度，因此功率输出和能量储存部分是相互独立的，可根据适宜的地理环境条件设计建设，而容量可通过增加电解液体积来实现。如边远地区以柴油机发电为主要电源，全钒液流电池可按需求来调节电网，实现输出功率的稳定。

电池系统可高速响应，高功率输出。全钒液流电池充、放电可在很短的时间内完成，通过更换溶液，可实现电池的即时充电；通过电堆的不同组合，来提供不同的输出电压；负载变化时或放电深度增加时，可用附加电池维持输出电压恒定。

电池系统易于维护，安全稳定。所有单电池的反应物不存在固相反应，容易保证电堆的一致性和均匀性；电池的电解液均置于相同的储液罐中，每个电池的放电状态是相同的；同样，其工作温度为室温条件，所以电池系统是安全稳定的。

电池寿命长，全钒液流电池没有循环寿命问题，它的失效机制主要是电堆材料或辅机元件的老化。

### 3.5 钠硫电池

钠硫电池具有较高的储能效率（约 89%），同时还具有输出脉冲功率的能力，这一特性使钠硫电池可以同时用于电能质量调节和负荷的削峰填谷调节两种目的，从而提高整体设备的经济性。与传统的化学电池不同的是，钠硫电池采用的是熔融液态电极和固体电解质，其中，负极的活性物质是熔融金属钠，正极活性物质是硫和多硫化钠熔盐，固体电解质兼隔膜的一种专门传导钠离子的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷材料，电池外壳则一般用不锈钢等金属材料。



钠硫电池具有许多特点，其一是比能量高，是铅酸电池的 3~4 倍；其二是可大电流、高功率放电。其放电电流密度一般可达 200~300mA/cm<sup>2</sup>，瞬间可放出其 3 倍的固有能量；其三是充放电效率高。由于采用固体电解质，所以没有通常采用液体电解质二次电池的那种自放电及副反应。钠硫电池也有不足之处，需工作温度在 300~350℃，所以，电池工作在充电状态下需要一定的加热保温，在放电状态下还需要良好的散热设计；同时，其充电状态只能用平均值计量，所以需要周期性的离线度量；此外，由于硫具有腐蚀性，电池的护体需要经过严格耐腐处理。

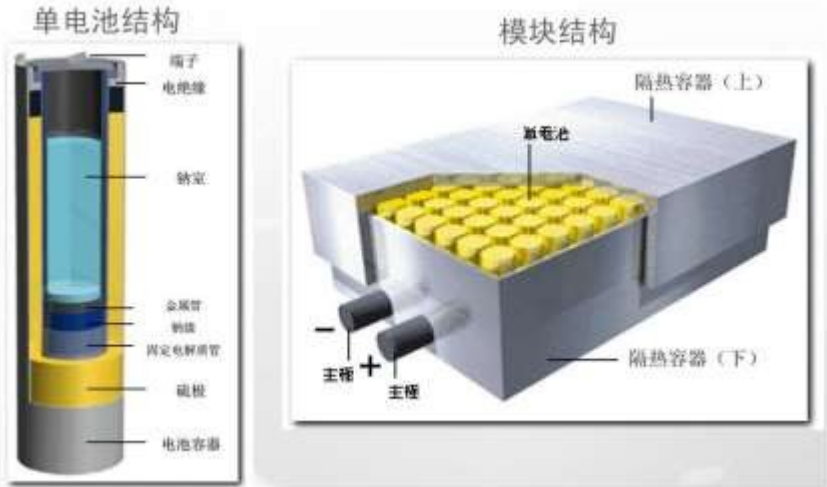


图 3.2 钠硫电池结构

### 3.6 主流电化学储能技术对比

各类电化学储能技术路线对比如下表所示：

电池类型	经济性	安全性	能量密度	环境友好性	循环寿命
铅炭电池	材料普遍、 价格低廉	性能稳定、 安全可靠	体积较大， 能量密度低	封闭壳体， 无污染	1000-3000 次
磷酸铁锂电	随着电动汽	安全可靠，	相比铅炭电	封闭壳体，	5000 次

---

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/105143310141011223>