

# 助力数据中心安全低碳发展的 Battery Resource Pool Technology to Assist Data Center Safe and Low-carbon Development

## 蓄电池资源池技术

韩振东<sup>1</sup>, 刘军星<sup>2</sup> (1. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司, 河南 郑州 450007)

Han Zhendong<sup>1</sup>, Liu Junxing<sup>2</sup> (1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

### 摘要:

目前数据中心和通信机房中电源系统主要采用铅酸蓄电池组作为备电电池, 蓄电池组容量通常按照近期负载配置, 但初期负载往往低于近期负载, 致使初期容量偏大。蓄电池组到退役年限时, 有可能造成更换条件难以判别。介绍一种数据中心用蓄电池资源池技术, 可以解决目前数据中心中不同时期、不同健康情况的铅酸蓄电池组混用的问题, 进而解决蓄电池利用率偏低的问题, 提高建设投资效率, 在保证安全性的前提下推进数据中心和通信机房的低碳发展。

### 关键词:

数据中心; 通信机房; 低碳; 蓄电池; 资源池; 主动均衡控制

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2022.12.018

文章编号: 1007-3043(2022)12-0084-05

中图分类号: E968

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

At present, the electrical power system in the data center and the communication room mainly uses the Lead acid battery as the backup battery. However, the battery capacity is usually configured according to the recent load, the initial load is often lower than the recent load, resulting in large initial capacity. When battery reaches the end of its operation life, it may make it difficult to judge the replacement conditions, the dilemma between cost and reliability. It introduces a technology of storage battery resource pool for data center, which can solve the problem of mixing lead-acid batteries in different times and different health in the current data centers, and then to solve the problem of low battery utilization, and improve the efficiency of construction investment, and promote the low-carbon development of data center and communication room under the premise of ensuring security.

### Keywords:

Data center; ICT room; Low-carbon; Storage battery; Resource pool; Active balancing control

引用格式: 韩振东, 刘军星. 助力数据中心安全低碳发展的蓄电池资源池技术[J]. 邮电设计技术, 2022(12): 84-88.

## 0 背景

铅酸蓄电池是数据中心中使用最多的备电电源, 具有性价比高、功率特性好、高低温性能优越、运行安全可靠等优点, 但使用过后的废旧铅酸蓄电池因含铅及铅酸液等物质, 可能导致大气、水体、土壤严重污染, 对环境造成严重危害, 被国家列为危险废物。因此, 提升蓄电池的能效、延长使用期限, 有助于数据中心的降本增效和绿色低碳发展。

在数据中心和通信机房的电源系统建设中, 无论是UPS还是高压直流, 都需要使用蓄电池组作为备电保障。蓄电池组挂在直流母线上, 长期运行在浮充状态, 电源侧一旦断电, 则蓄电池通过逆变器(高压直流无需逆变环节)0 s接入, 保证对后端IT负荷的不间断供电<sup>[1]</sup>。目前数据中心和通信机房内一般使用的是铅酸蓄电池组, 根据《通信电源设备安装工程规范》(GB51194-2016)要求, 并联的蓄电池组需要满足同一厂家、同一时期的要求<sup>[2]</sup>。在建设初期蓄电池组一般按照近期负载需求配置, 但主设备在蓄电池组投入初期几年内一般为轻载运行, 部分蓄电池组较长一段时

收稿日期: 2022-11-03

期内除了维护周期试验外均为小电流充放,容量没有被充分使用。按照目前的技术手段,在蓄电池到更换年限时,并不容易判别其实际健康情况,如果依据长期轻载的运行状况进行超期服役,则有可能降低系统安全性,如果按期进行更换,则有可能造成浪费。因此,除了对蓄电池进行健康度评价方面的研究,本文还进行了蓄电池组资源池技术的研究,将新旧程度不一的蓄电池组进行混用,提高蓄电池组的投资有效性。

近几年,通信基站中已经出现了用于新旧电池混用的管理设备,如电池合路器,与基站中的开关电源配套使用,传统通信基站备电通常采用2组48V铅酸蓄电池<sup>[3]</sup>,放电电流较小。而数据中心中的蓄电池组电压等级在240V或480V,采用2组及以上配置,一般备电时间要求是单边15min或是系统30min<sup>[4]</sup>,要求短时间大电流放电,对蓄电池资源池控制器设备的要求更加严苛,目前还没有相关的产品在数据中心中使用,存在技术空白。因此,本文对数据中心使用的大容量、大电流放电的蓄电池组进行研究,采用蓄电池资源池技术,保证数据中心UPS备电蓄电池组的新旧混用安全性。

## 1 蓄电池资源池技术的特点

### 1.1 资源池技术的作用

新旧铅酸电池组直接并联使用存在风险,主要是新旧电池组内阻不一致,容易形成电池组间的环流,导致新电池性能衰减较快。并且新旧电池组并联存在偏流情况,造成系统运行时只有单组电池工作,影响蓄电池组使用寿命<sup>[5]</sup>。当新旧电池串联使用时,如有负载电流,新电池提供的电流还要在旧电池的大内阻上作消耗,增加新电池容量的损失<sup>[6]</sup>。

蓄电池资源池技术可以将不同批次、不同年限、同容量不同健康程度的新旧铅酸蓄电池组进行混用形成电池资源池,使用控制器设备进行管理,使多组蓄电池在工作过程中安全可靠地运行。同时,根据配电系统的扩容、电池老化或损坏的程度等情况,实现灵活扩容、补充或更换电池,增强现有电源适应差异蓄电池组共用的能力,延长蓄电池使用期限,提升存量蓄电池可用率,从而实现蓄电池精准投入,降本增效<sup>[7]</sup>。

蓄电池资源池技术关键点是综合控制器,通过对备电系统的多组蓄电池进行综合控制和隔离管理,可

以解决多组差异蓄电池不能并联使用的问题,实现新旧电池的有效整合,并做到电池容量的滚动扩容<sup>[8]</sup>。该技术具有下述功能。

a) 充电管理:对多组蓄电池进行独立充电管理,对于不同批次、不同年限和健康程度有差异的铅酸蓄电池组能够做到每组蓄电池组按照最大容量充满电。

b) 放电管理:采用自然下垂式的放电方式,可以优先将高容量的电池组放电,最大化地使用蓄电池组的容量,保证UPS系统的备电时间。

c) 在线式维护:可以在不断电的情况下,灵活地更换电池组,提高使用效率,减少运维成本,提质增效。

d) 单体电池的管理:蓄电池资源池控制器设备除了对电池组的管理外,配套单体电池管理系统,在线监测单体电池电压、单体电池温度、组压、充放电电流和环境温度,同时具有主动均衡功能,通过控制单体电池的电压来保证电池间电压一致性,降低容量损失。

e) 告警管理:对蓄电池组中出现的过压过流、欠压、短路、过温等故障,会有报警指示和反馈,并根据保护限值的设定,自动将故障设备脱离系统隔离,预防故障扩大化。

f) 数据存储:使用内置SD卡进行数据记录功能,对蓄电池的历史告警故障信息和参数信息进行保存,并通过CAN/RS485将数据上传到主控中,方便维护人员查看记录。

### 1.2 蓄电池资源池技术方案

蓄电池资源池的控制器工作原理是通过主动调整输出电压对接入的蓄电池组进行主动控制,在设备设计方面考虑到数据中心UPS系统备电蓄电池组容量较大,放电过程中会出现短时间大电流放电的情况,对放电主动管理在对器件的选型和安全性考量方面有很高的要求。同时受到资源池内相对老化的电池组自身特性的影响,在放电管理中不易进行控制,充放电管理的方式使得产品的成本和设计难度大大提升。

资源池内新旧电池组混用时,因旧电池容量小,内阻大,如果不进行主动控制,旧电池容量在充满后,新电池会停止充电,导致新电池的性能会受到旧电池的直接影响,因此,在充电阶段必须进行主动控制管理。在放电阶段,因容量高的蓄电池组先进行放电,在电压与旧电池电压相等后,并联新旧电池组会同时

放电,旧电池组因内阻高,放电电流相对较小,但不会影响到新电池组的性能。因此可以采用单独的充电管理、自然下垂放电的方式,充、放电回路独立,在放电回路设计防逆流二极管,防止出现倒灌的情况,实现新旧电池组并联使用,产品的成本得到有效的控制,也确保产品在市场上具有应用价值。

蓄电池资源池技术中使用的控制器由DC/DC模块和控制单元组成。DC/DC模块通过主动调整输出电压,实现对接入电池充电的主动控制;DSP(Digital Signal Processor)控制单元根据预设的每组蓄电池充电、放电参数,对蓄电池组的充、放电过程进行管理和控制<sup>[9]</sup>。该控制器能够有效监测UPS充电器电压、蓄电池组的总电压、充电电流、温度等具体参数,并根据

采样数据对电池进行充电管理;同时,该模块可以通过通信口与显示屏、电池管理系统、控制器之间、与外部系统之间的互联互通;还具有过压、欠压、过流、短路等多重保护,确保控制器的稳定可靠,其架构如图1所示。

该设备安装在UPS母线和蓄电池组之间,如图2所示,同传统架构相比,可以对每组蓄电池进行独立管理,保障在某一组蓄电池出现衰减严重或单体故障后,不会影响到其他蓄电池组的正常充电,延长整体蓄电池组的使用寿命,减少系统容量损失。

除此之外,增加了对蓄电池组单体电池的监控管理,如图3所示,同现有的单体电池检测不同,不仅对单体电池做数据采集和报警功能,同时,可以通过智

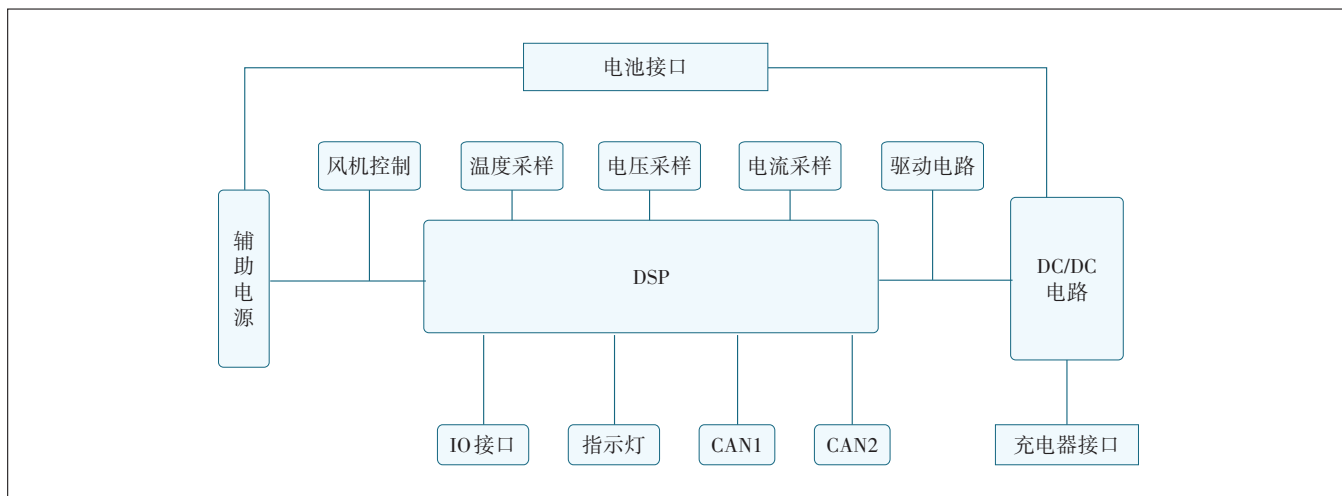


图1 蓄电池资源池技术原理框图

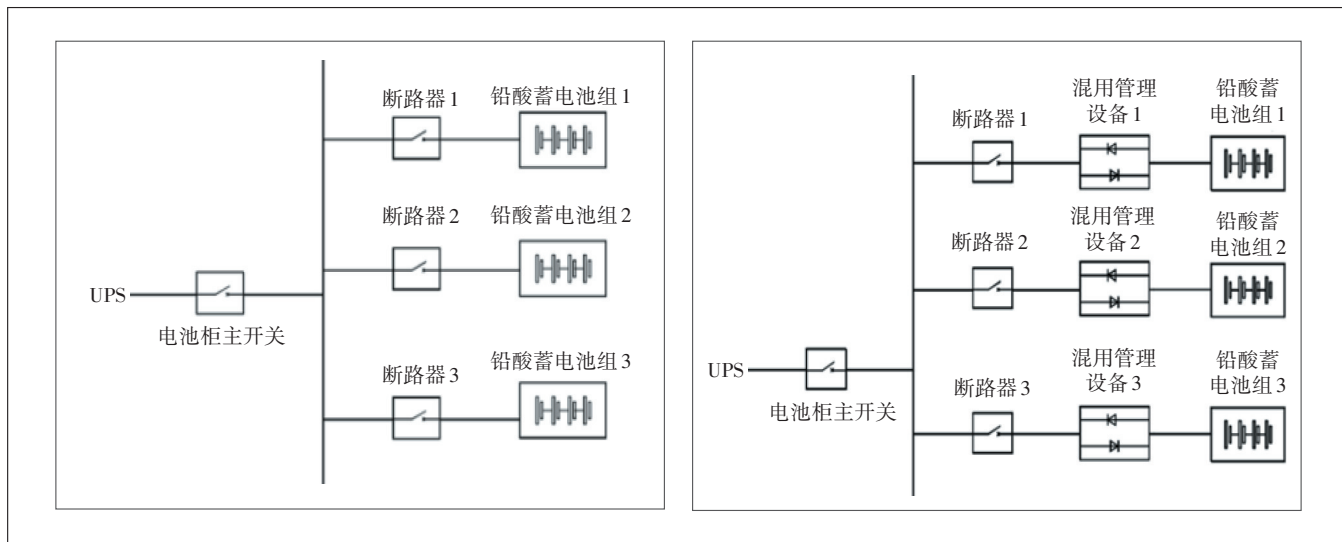


图2 传统UPS备电蓄电池组架构图(左)和蓄电池资源池设备架构图(右)

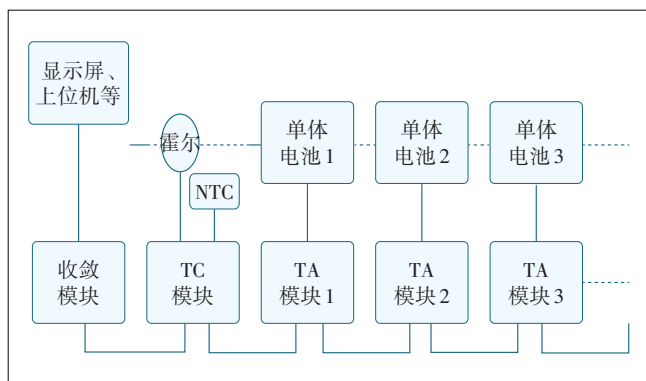


图3 单体电池管理原理图

能均衡控制策略,管理单体电池电压,保证蓄电池组中单体电池电压一致性,减少容量损失。

TA模块接入单体电池电芯,对电池的电压、温度进行检测,将数据通过通信接口上传至收敛模块;模块中设计的均衡电路,进行主动均衡管理,提高蓄电池组中电池电压一致性。同时,设计过温,均衡失效等多重保护电路,确保均衡功能的稳定可靠。

TC模块收集蓄电池组的充放电电流和环境温度,通过CAN口和收敛模块通信。

收敛模块可以从TA模块中逐一读取各单体电池电压、温度值,并进行分析处理,作为单体电池管理的控制单元,外接显示屏可以实时查询监测数据和历史记录,能够手动设置运行参数和参数上下限值,具备自动告警系统,配置LED和蜂鸣器,并配有通信接口可以接入上位机和UPS系统中。

### 1.3 蓄电池资源池技术的效益分析

在数据中心建设初期,备电蓄电池组容量通常是按照IT设备近期负荷进行配置,但是在实际运行中,前2年一般会由于业务增长较缓,IT负载率会有30%左右的情况,不会很快达到系统近期负载,此时备电蓄电池组将有一半多容量实际没有使用。即使随着负荷需求的提高,在4年内配置的蓄电池组也会有部分容量没有充分使用,考虑到对铅酸蓄电池的设计,目前铅酸蓄电池的寿命普遍为4~6年。按照现在运维情况,需要在电池寿命临期后将所有蓄电池组进行更换,这导致有近一半蓄电池在未完全使用的前提下进行报废处理。

业界对旧电池的处理方法一般有如下2种。

a) 旧电池直接报废,由电池厂家回收。

b) 通过人工配组,将电池按不同厂家、不同容量进行配对,对部分旧电池进行重复使用。

以上2种方式,都会带来较大的投资成本浪费,增加了人力投入,不符合数据中心以经济效益为目标的建设要求。

以数据中心目前常用的500 kVA UPS 2N系统为例,要单台满足15 min备电时间,则需配置2组12 V/200 Ah的铅酸蓄电池,蓄电池投资大概为14万元。一个IT设备功耗为12 000 kW的数据中心,大概需要建设60台左右500 kVA UPS,需配置蓄电池组120组。从表1可以看出,在实际运行期间,UPS系统近3年内的负荷率在50%以下,此时只需要一组蓄电池进行备电即可满足备电时长要求;随着UPS负荷逐年增加,大概在4年以后,需要2组蓄电池进行备电。

表1 单台500 kVA UPS系统配置情况

设备运行年数/年	UPS系统负载率(双边负载)/%	15 min备电实际需要的蓄电池组数/组
1	10	1
2	30	1
3	40	1
4	60	2
5	80	2

假设在上述数据中心建设中,有以下2种拟定的理论场景,见表2、表3。

场景1:前期120组蓄电池组需要投资840万元,4年以后需淘汰部分蓄电池组,其中包含了容量未充足使用的蓄电池组,但是因为不能新旧电池直接混用,

表2 经济效益投入产出场景1

投资费用	未配置蓄电池资源池控制器		
	前期投资金额	4年后处理报废电池费用	报废后新建蓄电池投资金额
蓄电池建设金额/万元	840	0	504
蓄电池资源池控制器成本费/万元	0	0	0
建安工程费/万元	80	95	45
合计/万元	1 564		

表3 经济效益投入产出场景2

投资费用	配置蓄电池资源池控制器		
	前期投资金额	4年后处理报废电池费用	4年后按照UPS负载满载配置
蓄电池建设金额/万元	420	-	546
蓄电池资源池控制器成本费/万元	125	-	125
建安工程费/万元	54	24	54
合计/万元	1 348		

所以当一组蓄电池报废时,与其并联的另外一组电池同样需要报废,报废产生的费用预估为95万,后新建蓄电池组的费用约需要504万元,考虑安装工程费用的整体投资为1564万元。

场景2:使用蓄电池资源池控制器,前期可以根据实际负荷配置60组蓄电池,则仅需投资420万元,并配上蓄电池资源池控制器,投资大概为125万元。4年以后需淘汰部分蓄电池组,报废产生的费用预估为24万,后在新建蓄电池组中除了替换报废电池外,也需要配置UPS满载后的备电蓄电池组,因此新建投资为546万,并配上蓄电池资源池控制器,其投资成本大概为125万元,加上建安工程费用整体投资在1348万元。

通过2种理论场景对比,场景1在前期投资大,4年后报废电池成本较高,没有充分使用蓄电池组的容量。场景2相对于场景1,无论是前期投资或后期处理,成本均有减少,结合2种场景拟定的数据,场景2项目可节省13.8%的投资,不仅充分利用了蓄电池容量,在效益上也有明显的优势。

因此使用蓄电池资源池技术,可以根据UPS负载情况,在近期按需配置备电蓄电池组,在系统负荷需求提高到50%以上后,把旧电池组和新电池组共同接入蓄电池资源池控制模块,既延长旧电池组的使用年限,充分利用电池容量,也在投资中节省了建设成本,减少资源浪费,确保经济效益最大化。

## 2 蓄电池资源池技术的应用场景

### 2.1 场景1:新建电池组

在UPS系统或HVDC新建时,按照近期的系统负荷需求配置满足备电时间的铅酸蓄电池组,配套接入蓄电池资源池控制器模块,可以通过主动均衡控制,动态调整单体电池电压的一致性,减少容量损失,并且通过对不同蓄电池组进行独立充放电管理,确保了单组蓄电池的稳定性,延长电池的使用时间。在后期负荷提升需要扩容时,可以实现在线式扩容,减少改造投资,提质增效。

### 2.2 场景2:故障电池组更换

在UPS系统或HVDC的备电蓄电池组中出现了一组蓄电池故障损坏情况后,可以根据备电时间新增一套铅酸蓄电池组,将原有电池组和新增电池组接入蓄电池资源池控制器模块中,再退运故障蓄电池组,使用资源池控制技术进行综合控制管理。

## 3 结论

数据中心和通信机房建设应以经济效益为目标,统一规划、分期建设,采用标准化、模块化思路,按需投产、灵活部署,确保经济效益最大化。在电源系统建设中,铅酸蓄电池作为必不可少的一部分,需要在保证安全可靠使用的前提下,兼顾投资经济性。蓄电池资源池技术可以将蓄电池的容量充分使用,并且其在线监测、告警管理和数据记录等功能,能够为现场维护人员提供支撑,方便后期对蓄电池组的更换和扩容,确保系统的安全稳定性。目前蓄电池资源池技术的控制器样机已基本完成,经过调试后将进行各种场景的运行试验,相信未来可以帮助运营商在数据中心和通信机房建设中减少投资,在维护中减少人力成本,并且在环保和双碳方面做出贡献<sup>[10]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 赵永为,高磊.高倍率电池在数据中心的应用[J].电源技术,2018,42(4):572-574.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.通信电源设备安装工程设计规范:GB 51194-2016[S].北京:中国计划出版社,2017:13.
- [3] 付培良,李长雷,李尚,等.通信基站备电新技术应用与研究[J].蓄电池,2022,59(4):159-163.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.数据中心设计规范:GB 50174-2017[S].北京:中国计划出版社,2018:37.
- [5] 姚克宇.关于存量电池利旧和新旧电池混用模式的研究[J].移动通信,2016,40(15):64-67.
- [6] 于志旺.新、旧蓄电池的使用比较[J].中国石油和化工标准与质量,2014,34(4):262.
- [7] 陈皓.5G汇聚机房电池共用管理应用测试[C]//2020年中国通信能源会议论文集.广州:中国通信学会,2020:121-124.
- [8] 张伟勤.电池共用管理器应用探讨[J].广东通信技术,2020,40(7):59-62.
- [9] 于渤,陈东旭,陈欣.电池共用管理器研发与测试[J].电信工程技术与标准化,2021,34(7):5-8.
- [10] 张红波.蓄电池共用管理技术应用及实例[J].内蒙古通信,2016,(4):87-92.

#### 作者简介:

韩振东,毕业于清华大学电子工程系,硕士,主要从事数据中心规划、建设及运营管理相关工作;刘军星,毕业于西安交通大学,工程师,学士,主要从事通信电源相关工作。

