

分布式能源虚拟化技术在数据中心不间断电源系统建设中的应用

摘要：本文通过分析目前数据中心建设过程中出现的常见问题，提出数据中心不间断电源系统新的技术应用-分布式能源虚拟化技术，通过介绍分布式能源虚拟化技术的工作原理、架构，并同当前主流不间断电源进行对比，分析该技术的应用场景。

关键词：数据中心，不间断电源系统，分布式能源虚拟化技术

1 当前数据中心不间断电源系统建设遇到的问题

近几年国内数据中心建设飞速发展，不间断电源系统作为数据中心的重要组成部分，其采用的技术和设计思路对数据中心的建设进度和建设成本、运营成本具有较大的影响。采用传统集中式不间断电源系统在数据中心建设过程中经常遇到的问题如下：

1.1 老旧机楼改造为数据中心遇到的问题

- 集中式不间断电源系统对楼面承重要求高

当前集中式不间断电源系统对楼面承重要求为 16KN/m^2 ，普通机房的楼面承重仅仅为 6KN/m^2 左右，无法作为集中式不间断电源系统的电力电池室。很多老旧机房缺少规划或者前期规划存在瓶颈，如果使用集中式 UPS 进行改造，因楼面承重等问题无法满足设计要求导致改造搁浅。

- 老旧机楼空余空间不满足新建集中式不间断电源系统

对于在用机楼仅仅将其中部分楼层改造为数据中心，由于过去机楼建设的思路均为电源系统集中设置在一层或者其中的某层，现有电力电池室已安装大量电源设备，

剩余空间有限且零散，电力电池室至 IT 机房距离远等因素均给采用集中式不间断电源系统建设造成困扰。

- 老旧机楼设计时未考虑大型设备的搬运

对于大功率的传统集中式不间断电源系统，UPS 主机外形尺寸大，重量达 1-2 吨，在运输和搬运都比较困难，往往需要大型工程机械搬运。一些机楼在设计时因运输通道窄，甚至还要破开建筑外墙进行搬运，将集中式不间断电源系统运输到安装位置也比较困难。

1.2 新建数据中心存在的问题

- 设计及安装周期长

新建数据中心从审批到基建完成往往要经历很长的周期，甚至超过 2~3 年。对于现在日新月异的互联网行业，如果能早一天部署，早一天建成，便能早一天赢得客户，早一步占领市场。

- 对未来需求不明确

在数据中心建设中，传统集中式不间断电源系统往往按照一个机房或者一个楼层进行规划，需要一次性建设满足一个机房或者一个楼层的供电容量，但数据中心的机柜销售往往需要一段消化，时间可能达到 1~3 年，导致不间断电源系统在建设初期处于低负载运行状态，并且不间断电源设备从投入运行开始就不断的折旧及消耗设备的维保时间。

对于业务快速发展的企业尤其是互联网企业来说，未来的不确定性往往要求基础设施也同样具备灵活多变、按需扩容的能力，集中式不间断电源系统显然无法满足这一要求。

1.3 当前数据中心不间断电源系统建设存在的问题

目前数据中心不间断电源系统的建设基本以 N+1 或 2N 集中不间断电源系统为主，从数据中心建设、运营以及后期维护来看，这样的建设模式会带来以下几个问题：

- 建设成本高

传统集中式不间断电源系统，需要在每个楼层或集中设置电力电池室，与 IT 机房面积对比约为 2:3，空间浪费较大；由于 UPS 设备和蓄电池组较重，电力电池室承重要求高需大于 16KN/m²，建筑成本高。传统集中式不间断电源系统初期需要一次性建设完成，前期投资大。

- 运营成本高，效率低、不节能

机房业务逐步增加，甚至经过几年才能完成业务全配置，传统不间断电源系统一直处于轻载运行，电源系统效率较低，损耗较高；如 2N UPS 供电系统，电能经过整流、逆变（AC-DC-AC）两级电能转换损失较大，电能浪费 15%左右。当单机负载率运行在 40%以下时，整机效率更是低于 82%，电能浪费较大。

- 扩容更新困难、维护不便

随着数据设备越来越高密度集中化，高功耗设备增多，UPS 系统需要扩容或者因故障需要更换时，因电力区域面积空间受限，扩容改造和系统割接难以实施；同时 UPS 系统单机容量也越来越大，内部控制系统也越来越复杂，维护难度也随之加大。

1.4 数据中心发展新方向

上述问题在现今数据中心发展过程中日益凸显，未来数据中心供电方式的需求将是以按需部署、模块化设计、供电设备灵活多变，并且采用能源虚拟化技术能够实现能源

资源池中电能的按需调度，使用分布式部署方案降低 IDC 机房对建筑物的要求并能实现快速部署。

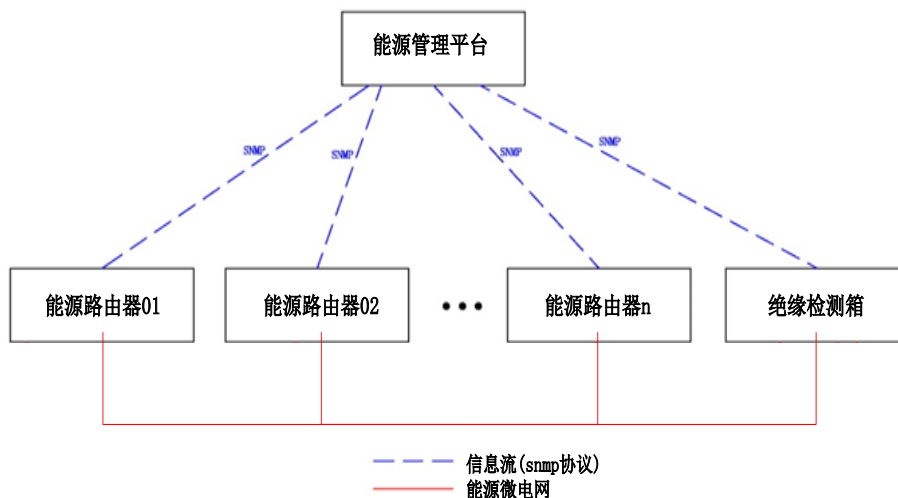
2 分布式能源虚拟化技术方案

2.1 能源虚拟化概述

能源虚拟化是融合电力电子、互联网和通信等技术的供电系统，其应用于数据中心不间断电源系统改变了现有的数据中心供电方式，提升数据中心的能源使用效率，保障数据中心业务的安全性。

2.2 能源虚拟化架构

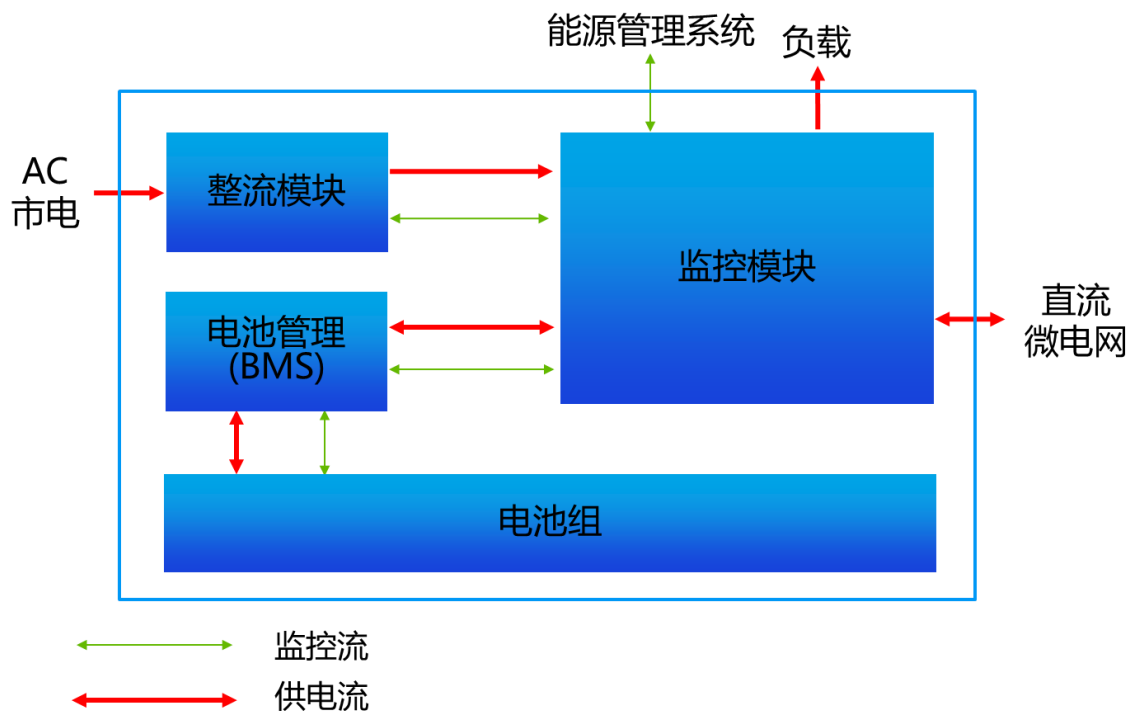
能源虚拟化方案整体架构分为承载能源虚拟化的硬件设备-能源路由器、将能源路由器组成能源池的核心技术-直流微电网以及对能源路由器进行管理、监控和能源调度的能源管理系统。



2.3 能源虚拟化的工作原理

● 能源路由器介绍

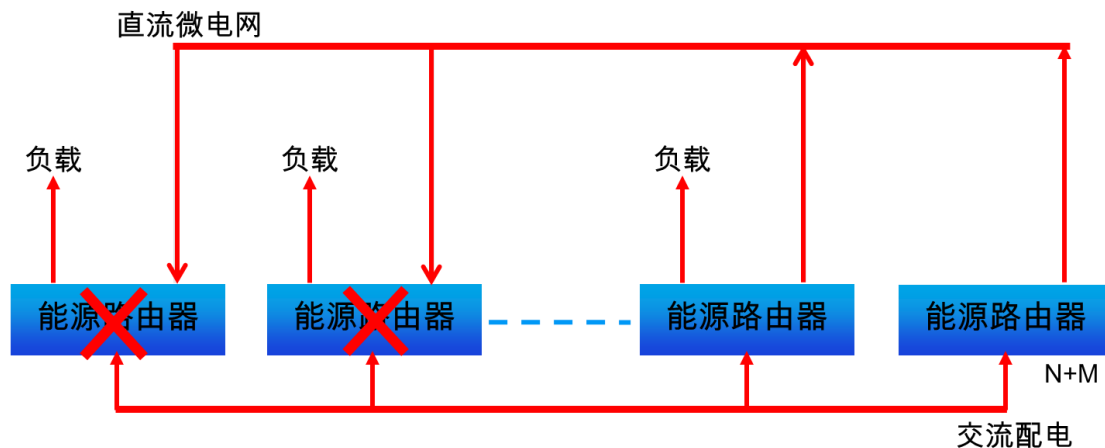
能源路由器作为能源虚拟化的承载设备，由整流模块、控制模块、铁锂电池模块（电芯和 BMS）及能源管理系统组成，各模块安装在一个主机箱中，主机箱可以部署在标准的服务器机柜中。整流模块将交流电转换成高压直流 336VDC/240VDC；BMS 负责电池管理功能；监控模块负责监控能源路由器的运行状态，智能调整能源路由器的运行参数、侦测识别输入/输出状态；能源管理系统实时分析从监控模块上报的数据，进行能源调度、设备状态管理、运行趋势分析及报表输出。



能源路由器为数据中心供电系统实现能源智能化调度、业务与能源联动和能源可视化，为数据中心供电提供更为可靠、高效节能及智能化的能源互联网，并与数据中心业务系统进行联动，实现数据中心业务的连续性。

● 能源池与能源智能调度

能源虚拟化将数据中心的能源路由器系统组成一个能源池，能源池中的能源可以智能调度。例如，能源池中供电设备发生故障或者超载时，IT 负载可以从能源池中获取到电源，IT 负载能得到持续的供电。



说明：

a、正常工作时能源路由器供应本机柜能源，N+M ($M \geq 1$) 冗余配置的能源路由器输出到直流微电网上。

b、当某一个机柜的能源路由器发生故障或过载时，由能源管理系统控制，直接从直流微电网取电；当多于一个能源路由器故障或过载时，需先判断直流微电网是否电力足够，如果不够需调用负载低的能源路由器同时为直流微电网供电，并完成系统均流。

● 能源可视化

供电系统会实时收集供电情况及 IT 设备运行情况，方便企业了解需求和功能的变化。通过对每个机柜甚至是每个 IT 设备的用电监测，输出详细的报表，为运营人员提供用电规划，提升能源利用价值。

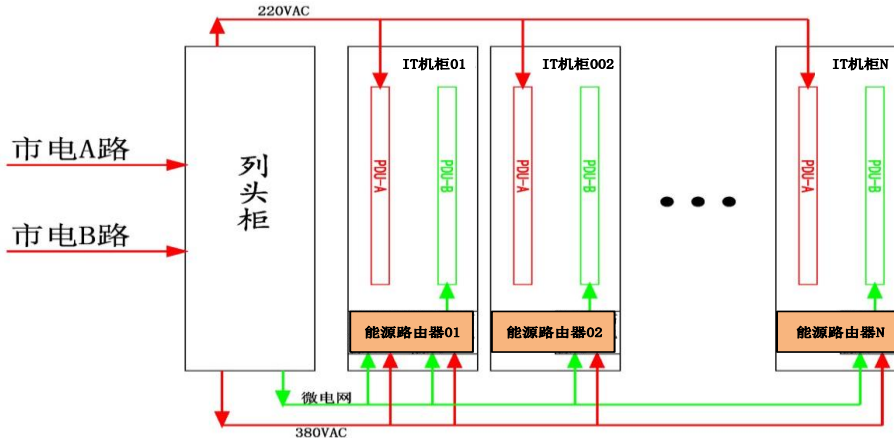
3 分布式能源虚拟化技术与当前常见不间断电源系统的比较

3.1 部署方案比较

● 分布式能源虚拟化部署方案

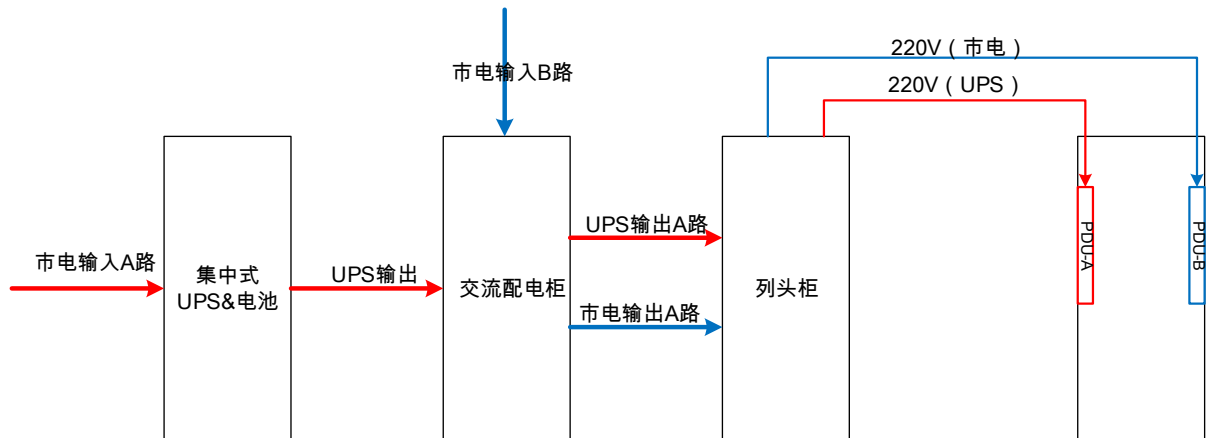
能源虚拟化以每一列机柜为单元，由部署在每一列机柜中的能源路由器及能源管理系统组成；能源路由器集成 240V 开关电源，并内置铁锂电池，提供 240V 直流电给 IT 负载，并在市电中断后不间断为负载供电。

每一台能源路由器通过电缆将电力汇聚到列头柜直流母排，并通过通信接口连接到能源管理系统，每一台能源路由器定义为一个具有供电能力的网络设备，从而互相连接形成直流微电网，可以通过能源管理平台进行能源调度，实行统一管理。



● 集中式 UPS 部署方案

该对比按照一路市电直供机柜、一路由集中式 UPS 输出后接入方式进行部署。



● 两种部署方案比较

从能源虚拟化部署方案和集中式部署方案组网看，能源虚拟化方案的优势：

- a) 空间上减少了电力电池室
- b) 部署上无需输出交流配电柜
- c) 集中式 UPS 若无冗余情况则存在单点故障，如果采用冗余方式将增加占地面积和设备成本，能源虚拟化方案一列机柜配置一台冗余能源路由器皆可实现高冗余；
- d) 采用能源虚拟化方案需要占用 IT 机柜空间，但节省的电力电池室的空间用来部署 IT 机柜，仍然比集中式部署方案多增加 20%以上机柜空间。

3.2 分布式能源虚拟化技术与主流不间断电源系统比较

当前数据中心的的主流不间断电源系统为集中式 UPS，部分新建机房开始使用集中式高压直流 UPS，在改造机房中部分使用交流 DPS，下表主要从当前 IDC 使用的供电系统在部署、安全、机房利用率、运维管理等方面与能源虚拟化方案进行对比。

比较项	集中式 UPS	集中式高压直流	交流 DPS	能源路由器
设计考虑	需要提前规划容量及空间,前期的浪费较大。如果前期设计存在缺陷,后期扩容难度大。	需要提前规划容量及空间,前期的浪费较大。如果前期设计存在缺陷,后期扩容难度大。	设计简单,无需提前规划容量及配套,降低前期设计难度,无需过多考虑后期扩容或者改造等因素。	设计简单,无需提前规划容量及配套,降低前期设计难度,无需过多考虑后期扩容或者改造等因素。
可靠性	采用集中式部署,单机故障对整体供电影响较大。使用模块化设计或者进行并机,有一定的冗余性。	采用集中式部署,单机故障对整体供电影响较大。使用模块化设计,有一定的冗余性。	一般单机柜供电,单机故障导致所带负载供电中断,设备增加逆变环节,增加一个故障点。没有冗余配置,可靠性低。	将能源路由器组成直流微电网,直流微电网中的能源路由器形成能源池,消除设备单点故障带来的业务中断,大幅提高可靠度。
安全性	不做绝缘监测。	绝缘安全只监控母线的绝缘性,并不监控支路的绝缘性。	不做绝缘监测	绝缘安全不但监控母线的绝缘性,还监控支路的绝缘性。
基础	需在基建时就要规划 UPS 室和电	需在基建时就要规划 UPS 室和电	无需规划 UPS 室和电池室。	无需规划 UPS 室和电池室。

比较项	集中式 UPS	集中式高压直流	交流 DPS	能源路由器
设施	池室,对楼面承重为 16KN。	池室,对楼面承重为 16KN。		
建设方式	需要一次性建设完成,在运营初期负载率低,效率低下,投资容易造成浪费。	需要一次性建设完成,在运营初期负载率低,投资容易造成浪费。	根据业务按需部署,但必须以机柜为单位进行部署,供电能力不能共享。	根据业务按需部署,既可以按照机柜进行部署,也可以按照模块进行部署。
空间利用率	需要独立的 UPS 室和电池室,空间占用大,整体空间利用率低。	需要独立的 UPS 室和电池室,空间占用大,整体空间利用率低。	无需 UPS 室和电池室。只占用机柜长尾空间,空间利用率高。	无需 UPS 室和电池室。只占用机柜长尾空间,空间利用率高。
机柜空间	不占用用户机柜空间。	不占用用户机柜空间。	需占用用户机柜空间。	需占用用户机柜空间。

比较项	集中式 UPS	集中式高压直流	交流 DPS	能源路由器
运营维护	需要专业的运维工程师，一般使用铅酸电池，需要定期维护检查，运维工作复杂且成本较高。	需要专业的运维工程师，一般使用铅酸电池，需要定期维护检查，运维工作复杂且成本较高。	单设备故障后必须要及时维护才能恢复业务，维护频率高，维护成本高。	配置能源管理系统，实现设备远程巡检，模块支持热插拔，无需专业的运维工程师。设备出现故障后不需要及时维护，负载由直流微电网供电。
管理方式	网管系统采集信息简单，并且铅酸电池需要定期进行人工充放电测试，管理复杂。	网管系统采集信息简单，并且铅酸电池需要定期进行人工充放电测试，管理复杂。	能够监控到每台设备用电情况。	能够监控到每台设备且能够调度整个系统电能，达到按需分配，最大程度节省电能。
过载容忍度	一般不允许超载。	一般不允许超载。	一般只能支持在过载 120% 时运行最长 1 分钟，只能承受短时过载。	多台能源路由器组建成一个能源池，单台设备可以过载 50%，能源池中可以有多个设备出现过

比较项	集中式 UPS	集中式高压直流	交流 DPS	能源路由器
				载或者故障。
节能效果	系统效率在满载时一般能达到 94%，但负载小时效率低，不节能。	系统效率一般能达到 94%，而且和负载率无关，节能效果明显。	满载时才能达到 90%以上，而且与负载率相关。节能效果不好。	系统效率一般能达到 94%，而且和负载率无关，节能效果明显。
建设成本	由于采用铅酸电池初期建设成本较低。	由于采用铅酸电池初期建设成本较低。	采用铁锂电池，建设成本略高，但可以享受铁锂电池带来的相关优势。	采用铁锂电池，建设成本略高，但可以享受铁锂电池带来的相关优势。
运营成本	铅酸电池寿命短，需要定期维护更换，运营成本较高。	铅酸电池寿命短，需要定期维护更换，运营成本较高。	铁锂电池寿命较长，无须定期维护更换，运营成本较低。	铁锂电池寿命较长，无须定期维护更换，运营成本较低。

● 能源虚拟化与集中式 UPS 和高压直流对比

从对比结果看，采用能源虚拟化方案，部署比集中式方案简单，可以做到按需快速部署、可靠性高、灵活多变、扩容方便、在使用上更为安全、对机房楼面承重要求低，

降低用户设计难度及对后期扩容容易等优势，总体上能源虚拟化方案优于集中式部署方案。

- 能源虚拟化与 DPS 对比

能源路由器与 DPS 均具备分布式部署、模块化设计、快速部署、分阶段投资、对楼面承重要求低等特点。但 DPS 一般采用交流输入交流输出，在设计上增加了逆变环节，其效率在满载时最高为 90%。能源路由器为交流输入直流输出的方式，效率可以达到 94%，并且效率基本与负载无关。DPS 独立为 IT 机柜进行供电，当 DPS 故障时容易形成单点故障，如果 DPS 故障后不能及时修复，可能会导致所带 IT 负载供电中断。而多台部署在 IT 机柜中的能源路由器互联后组成能源池，如果单台能源路由器故障时，该能源路由器所带 IT 负载可以从能源池中获取电量，保障业务的连续性。

4 能源路由器的应用场景

- 原有机房改造

原有机房改造一般是供电容量无法满足当前 IDC 的需要或者需要扩充供电的等级，但原先规划的 UPS 面积小，无法满足改造需求，采用能源路由器作为机房改造的供电系统，不需要增加 UPS 室空间，甚至可以将原有的 UPS 室腾出部署 IT 机柜。

- 中小型数据中心

中小型数据中心一般占地面积较小，前期未进行 UPS 室及电池室的规划或者规划后会导致机房利用率降低，如果采用能源路由器分布式部署方案，将节省部署集中式 UPS 所占用的空间，有效提高机房利用率。

- 需求不明确的数据中心

对于一些需求不明确的数据中心，如果前期规划 UPS 容量太大，将造成投资浪费，如果前期规划不足，将导致后期扩容困难，如果采用能源路由器进行部署，可以按照当前容量进行设计，如果后期需要扩容，仅需要在能源路由器上增加整流模块即可，既能保护当前投资，又能在后期数据中心变化中灵活变更容量。

- 发展缓慢的数据中心

对于发展缓慢的数据中心，如果一次性投入终期容量的不间断电源系统，必然导致投资浪费，采用能源路由器进行按需部署，保障数据中心投资与收益同步，又能避免因集中式 UPS 一次性投入造成的资源浪费。

- 承重不满足部署集中式 UPS 的数据中心

按照电信机房设计规范，部署集中式 UPS 和电池室需要的楼面承重为 16KN/m^2 ，如果前期楼面未规划为电力电池室使用，一般建筑楼面承重 6KN/m^2 ，如果要改造为电力电池室，则改造成本较高或者受建筑限制无法进行改造，而采用分布式能源虚拟化技术进行部署，一台能源路由器的重量和两台 2U 的标准服务器重量相当，一般 6KN/m^2 的楼面承重即可满足。

5 总结

能源虚拟化分布式部署方案具有灵活部署、分期投资、降低对前期设计的难度及对楼面承重要求低等特点，在技术上实现了能源虚拟化、高冗余、高效率及模块热插拔等功能，并且采用了铁锂电池作为储能设备，符合数据中心不间断电源系统最新的发展趋势。