《国家信息化领域节能降碳技术应用指南与案例（2024 年版）》之二：数据中心节能降碳技术（高效供配电技术）

（一）智能锂离子电池后备电源技术

1.技术适用范围

适用于数据中心后备电源系统。

2.技术原理及工艺

该技术采用磷酸铁锂电池，可大幅减少电池系统占地面积。三层电池管理（BMS）系统具有主动均流、智能均压控制功能，支持高倍率放电、新旧电池混合应用、锂电模块数量差异化并联使用，实现简易扩容，避免过度配置，有效降低总拥有成本（TCO）。系统架构如图 1 所示。

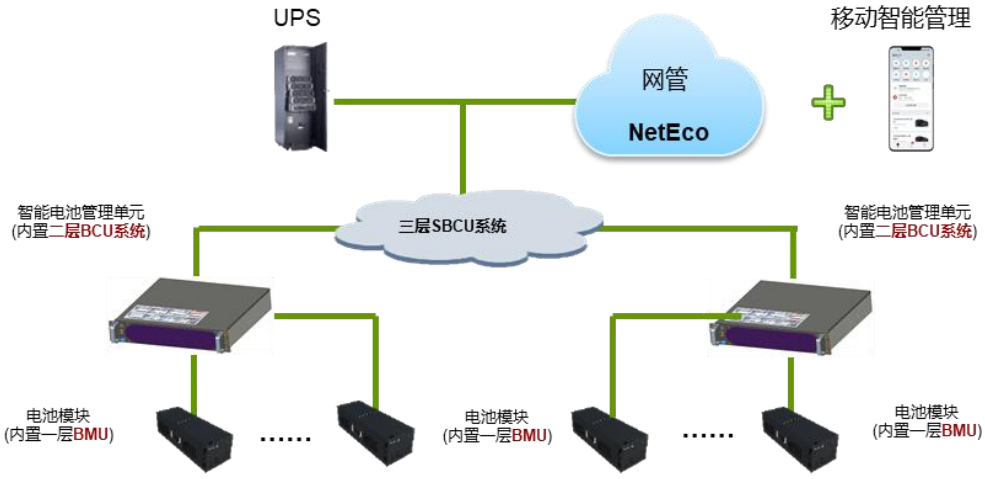

图 1 智能锂电管理技术架构图

3.技术功能特性及指标

该技术支持新旧电池混用、智能均压控制，磷酸铁锂电芯配套智能 BMS 管理系统。

（1）循环次数 5000 次（50% DOD）;

（2）设计寿命 15 年（25℃，70% EOL）;

（3）高倍率放电效率 85%（6C）;

（4）不均流度＜2%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为华为数字能源技术有限公司，应用单位为鹏城实验室数据中心。该项目为新建项目。数据中心 IT 设备供电架构为双重电源供电，主要耗能种类为电，末端自动切换，项目要求采用工厂预制、模块化设计等技术手段，缩短工期。

（2）主要技术改造内容:

在 0.4 千伏侧设置“2N”不间断电源系统，采用蓄电池作后备电源（后备时间 15 分钟），保障数据处理用计算机系统持续供电。项目建设周期为 3.5 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目按 16 兆伏安供电容量，平均负载率 30%，后备电源系统耗电可降低 20%，年节电量为 601 万千瓦时，折合年节约标准煤 1863.1 吨，减少二氧化碳排放 4955.8 吨。投资额为 481 万元，投资回收期为 1 年。

（二）电力模块技术

1.技术适用范围

适用于数据中心供配电系统。

2.技术原理及工艺

该技术采用一体化集成方案，将变压器、低压柜、补偿柜、不间断电源（UPS）柜、输出馈线柜等进行融合设计，并通过工厂预安装、预调试，减少配电系统占地，缩短供配电链路。系统架构如图 2 所示。

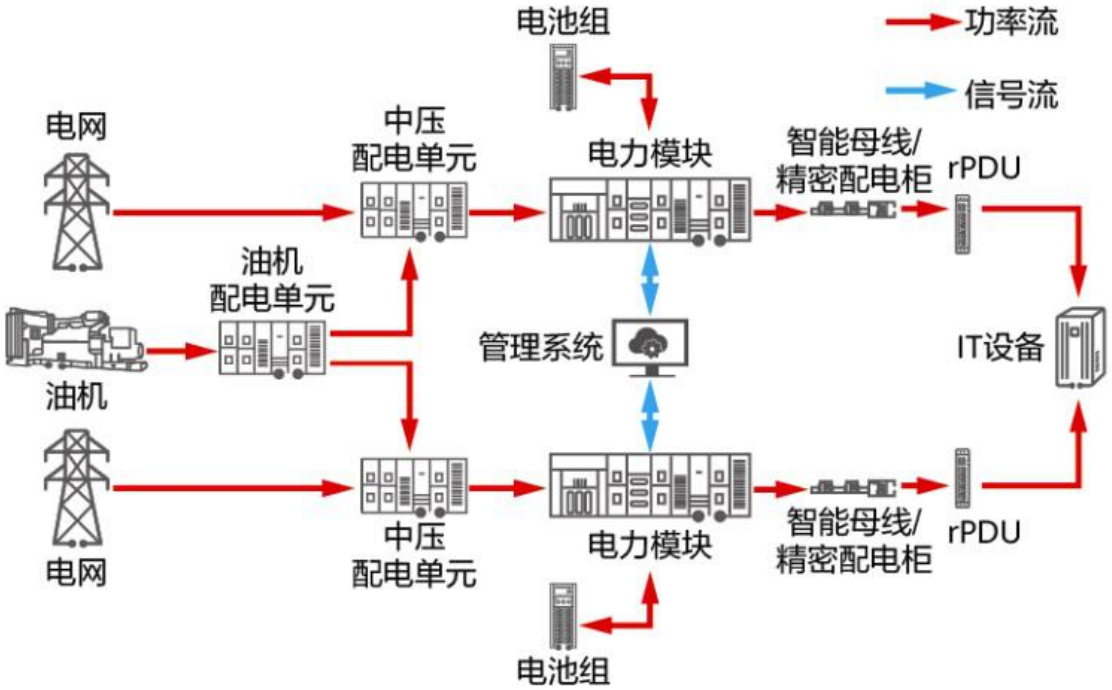

图 2 电力模块技术系统架构图

3.技术功能特性及指标

可实现全链路温度检测，低载高温预警，电容风扇等易损件寿命预测等功能。

（1）容量支持 1.25MVA/1.6MVA/2.0MVA/2.5MVA;

（2）链路效率 97.8%（智能在线模式）。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为华为数字能源技术有限公司，应用单位为山东发展中金数据中心。该项目为新建项目，项目规划 8 套 2.0 兆伏安电力模块及 4 套 2.5 兆伏安电力模块，主要耗能种类为电。

（2）主要技术改造内容:

实施内容包括安装电力模块变压器、低压柜、补偿柜、UPS 柜和馈线柜等。项目建设周期为 7 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目综合年节电量为 434 万千瓦时，折合年节约标准煤 1345.4 吨，减少二氧化碳排放 3578.8 吨。投资额为 1765 万元，投资回收期为 5 年。

（三）硅橡胶浇注干式变压器技术

1.技术适用范围

适用于数据中心变压器。

2.技术原理及工艺

该技术具有绝缘材料不会开裂、不可燃烧、环保可回收等特征。通过减小气道空气距离、降低绕组高度、应用低损耗取向硅钢材料（或非晶铁芯材料）等措施降低变压器空载损耗。采用高导热硅橡胶、新型散热措施、扁导线等措施降低变压器负载损耗。其结构示意如图 3 所示。

图 3 硅橡胶浇注干式变压器结构示意图

3.技术功能特性及指标

变压器主绝缘材料采用高安全、高可靠的特种硅橡胶，具有很强的过载能力，可超负荷 50%工作。

（1）额定电压等级 6~35kV;

（2）额定容量 30~5000kVA;

（3）能效优于国标中 1 级能效规定。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为悉瑞绿色电气（苏州）有限公司，应用单位为武当云谷大数据中心。该项目为新建项目，要求供配电系统具有高安全可靠性及强过载能力。

（2）主要技术改造内容:

使用一级能效 SJCB 系列硅橡胶浇注变压器 10 台，其中 SJCB18-2000/10/0.4-NX1 共 8 台、SJCB18-2500/10/0.4-NX1 共 2 台。项目建设周期为 2 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

每台 2000 千伏安/10 千伏变压器每年节电量 1.36 万千瓦时，每台 2500 千伏安/10 千伏变压器每年节电量 1.70 万千瓦时，该数据中心 10 台变压器每年总节电量为 14.3 万千瓦时，折合年节约标准煤 44.3 吨，减少二氧化碳排放 117.8 吨。投资额为 450 万元，投资回收期为 3 年

（四）模块化不间断电源（UPS）技术

1.技术适用范围

适用于数据中心供配电系统。

2.技术原理及工艺

该技术基于模块化架构，每个功率模块（30kW/50kW/100kW）功能独立，均有独立的整流器和逆变器单元，可插入不间断电源机架中独立工作和并联工作。具备交错并联、智能休眠、智能在线等功能，无间隔切换及谐波主动补偿。单机典型场景应用架构如图 4 所示。

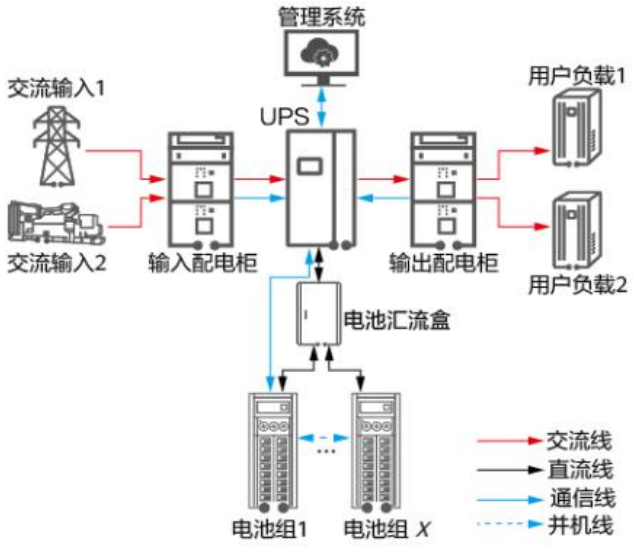

图 4 单机典型场景应用架构图

3.技术功能特性及指标

结构更加紧凑，较传统不间断电源节省 50%占地，并具备故障预警功能。

（1）双变换模式效率 97%（40%负载率）;

（2）智能在线模式效率 99%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为华为数字能源技术有限公司，应用单位为天津臻云数据中心。项目规划建设 3 座满足 T3 等级的数据中心，共 7500 个机柜，其中一期 3000 个机柜，配套建设相应电源系统。

（2）主要技术改造内容:

采用模块化不间断电源，具体型号为 UPS5000-1500k 和 UPS5000-500k 模块化 UPS，配置容量 20 兆伏安。项目建设周期为 2 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目系统效率约为 97%，年节电量为 20 万千瓦时，折合年节约标准煤 62 吨，减少二氧化碳排放 164.9 吨。项目总投资额为 6 亿元，投资回收期为 3 年。

（五）10kV 交流输入的直流不间断电源技术

1.技术适用范围

适用于数据中心供配电系统。

2.技术原理及工艺

该技术采用配电链路和整流模块拓扑两个维度对传统不间断电源系统架构进行优化，减少功率变换环节，实现中压 10kV 交流电输入后直接转化为 240V（或 336VC）直流电并输出，降低供配电系统冗余。技术原理如图 5 所示。

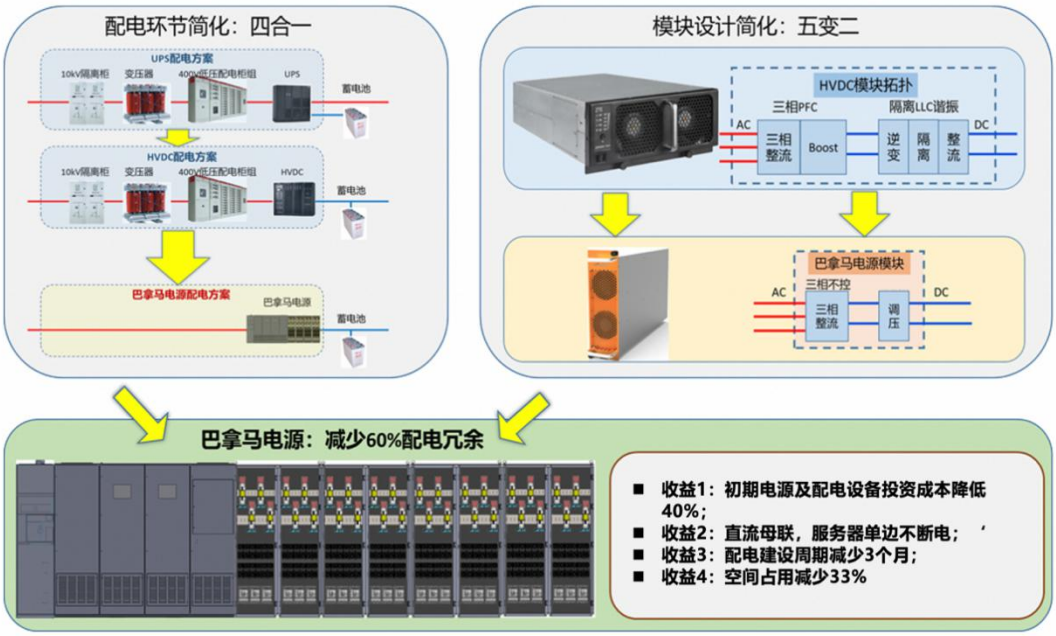

图 5 10kV 交流输入的直流不间断电源技术原理图

3.技术功能特性及指标

将供配电链路整合为 1 套交流输入的直流不间断电源系统，简化配电链路，降低供配电系统冗余。

（1）电源模块最高效率＞98%;

（2）10%～100%负载率下效率＞97%;

（3）电源整机效率＞97.5%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为阿里云计算有限公司，应用单位为华东某云计算数据中心项目。该项目为新建项目。该数据中心有1700个机柜，新建安全可靠的配电系统，主要耗能种类为电。

（2）主要技术改造内容:

采用10千伏交流输入的直流不间断电源系统16台，简化了配电链路，提高了链路的供电效率。项目建设周期2个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目年节电量1500万千瓦时，折合年节约标准煤4650吨，减少二氧化碳排放1.2万吨。以一个20兆瓦标准楼为例，投资成本比“2N高压直流”方案下降40%，投资额减少约1800万，投资回收期为1.5年。

（六）高频大功率模块化不间断电源（UPS）技术

1.技术适用范围

适用于数据中心供配电系统。

2.技术原理及工艺

该技术采用模块化设计和控制器局域网（CAN）通信链路冗余设计，新型碳化硅（SiC）器件和低磁导率材质电感器件，交错并联结构功率因数校正（PFC）电路和中性点钳位（NPC）三电平逆变电路，可提高产品扩展性能和系统供电可靠性，降低器件及电路损耗，结合高散热设计及合理器件布局。其技术原理如图 6 所示。

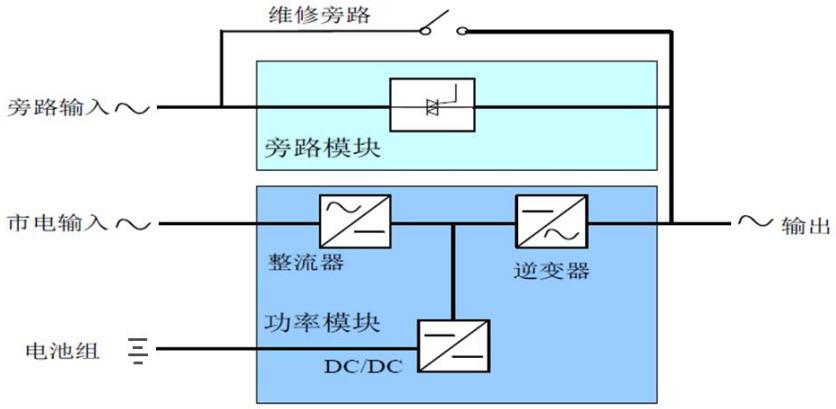

图 6 高频大功率模块化 UPS 技术原理图

3.技术功能特性及指标

具备智能休眠、无功补偿、储备一体等功能，整机可在 40℃环境下持续满载运行，过载表现优异。

（1）单机容量 1.2MW，最高可支持 8 台并机;

（2）双变换模式效率 97.1%;

（3）高级经济（HECO）模式效率 99%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为深圳科士达科技股份有限公司，应用单位为中国移动河南数据中心。该项目为新建项目。项目要建设数据中心相应的配电系统，要求供配电系统为机房提供安全、可靠、稳定的不间断电源。

（2）主要技术改造内容:

采用 43 套 YMK3300 系列 400 千伏模块化不间断电源为数据中心提供不间断电源。项目建设周期 2 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目年节电量为 163.5 万千瓦时，折合年节约标准煤 506.9 吨，减少二氧化碳排放 1348.4 吨。投资额为 560 万元，投资回收期为 4.7 年。

（七）智能融合电力模块技术

1.技术适用范围

适用于数据中心供配电系统。

2.技术原理及工艺

该技术将传统供配电系统进行整合优化，通过智能管理平台进行管理。系统核心电源部分采用在线节能补偿运行模式时，由市电与不间断电源（UPS）联合供电，负载通过不间断电源（UPS）静态开关从市电获取所需有功功率，从不间断电源（UPS）逆变器获取所需无功功率。技术原理如图 7 所示。

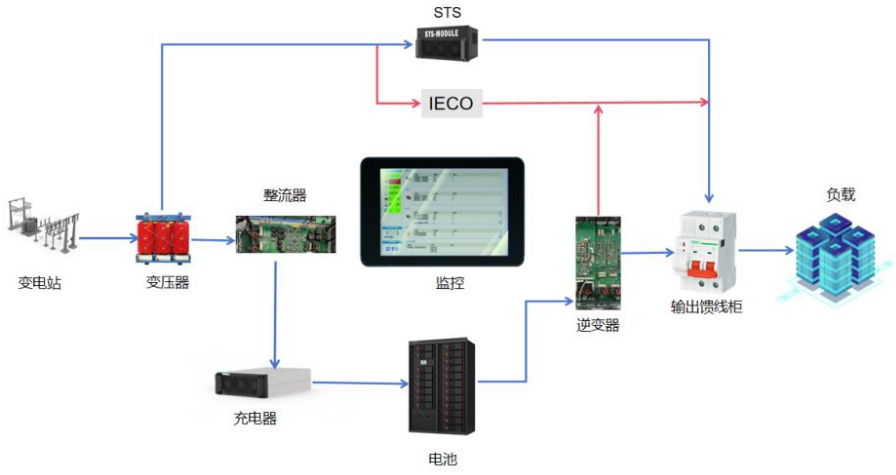

图 7 智能融合电力模块技术原理图

3.技术功能特性及指标

集成供配电系统、馈电系统、监控管理系统，可节省占地面积 30%以上，链路效率提升 3%。

（1）运行效率（在线节能补偿运行模式）99.5%;

（2）可实现市电旁路 0 毫秒无缝切换。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为先控捷联电气股份有限公司，应用单位为建投遵化热电有限责任公司分布式大数据中心。该项目为新建项目。数据中心总机柜数量1089架，单机架功耗为4.4千瓦，配套建设相应配电系统。

（2）主要技术改造内容:

采用一体化中压直供交流不间断供配电系统和智能融合电力模块技术，供配电系统采用7套（6套2兆瓦，1套1兆瓦）智能融合电力模块技术产品。项目建设周期为14天。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

项目按照平均负载率90%计算，年节电量389万千瓦时，折合年节约标准煤1205.9吨，减少二氧化碳排放3207.7吨。投资额为1800万元，投资回收期为5年。