 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i8.7017

Analysis of Battery Energy Storage Technology and Its Application in Communication Power Supplies

Wenbo Bi

Shanxi Branch of China Tower Corporation Limited, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

In recent years, while China's information and communication infrastructure has been continuously improving, communication systems have also put forward higher requirements in many aspects such as power quality, power supply continuity and energy management. Although traditional municipal electricity combined with diesel power generation is supplemented by batteries, it still has problems such as high energy consumption and complex operation and maintenance, making it difficult to meet the demands of the new era. Therefore, the adoption of battery energy storage technology that can enhance power supply flexibility as a supplementary power source for communication power has gradually become an important development trend. Based on this, this article, in combination with the research and practical background, puts forward several viewpoints on battery energy storage technology and its application in communication power supplies for reference.

Keywords

Communication power supply Battery energy storage technology Application; Value; Path; Analysis

通信电源中的电池储能技术及其应用分析

毕文波

中国铁塔股份有限公司山西省分公司，中国 · 山西 太原 030000

摘　要

近几年来，在我国信息通信基础设施不断完善的同时，通信系统在电能质量、供电连续性与能源管理等众多环境也有了更高的要求。传统市电+柴油发电虽辅以蓄电池，但仍存在能耗高、运维复杂等问题，难以满足新时期需求。因此，采用可提升供电弹性的电池储能技术作为通信电源的补充电源逐渐成为了重要发展趋势。基于此，文章结合研究与实践背景下就通信电源中的电池储能技术及其应用提出几点看法，以供参考。

关键词

通信电源；电池储能技术；应用；价值；路径；分析

1 引言

通信电源系统必须满足高可靠性、高效率、不间断供电等严格要求，以确保通信网络的稳定运行。电池储能技术作为备用电源和能量缓冲的重要手段，在通信电源系统中占据重要地位。本文将从电池储能技术的基本原理出发，分析其技术特点，并探讨其在通信电源中的应用。

2 电池储能技术概述

电池储能技术是指利用电池将电能以化学能的形式储存起来，并在需要时将其释放为电能的过程。根据储能介质的不同，电池储能技术可分为多种类型，如铅酸电池、锂离子电池、钠硫电池等[1]。其中，锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和环保特性，在通信电源领域得到广泛应用。电池储能系统通过与通信电源系统中的整流器、配电单元、负载侧进行直流侧或交流侧耦合，实现对通信基站、数据中心及传输机房等核心节点的供电冗余、峰谷削峰、能效提升与运维智能化功能。其与通信电源系统的高度融合性使其不仅承担供电保障功能，还能实现能源管理的智能调控与绿色节能的核心目标。

3 通信电源中电池储能技术应用价值

在我国通信网络快速发展的背景下，需要提高核心节点和边缘设备的电源系统稳定性以及供电的连续性，特别是一些地方应用 5G 基站、边缘计算中心和城域传输网之后，传统的由铅酸电池作为备用电源已经不能够适应机柜中服务器密集分布、供电场合具有一定的间歇性负载以及周围高温等要求。因此可以在直流供电环节应用电池储能技术，通

【作者简介】毕文波（1979–），男，中国山西太原人，本科，高级工程师，从事移动通信、通信基站塔房及配套设施维护、智能运维研究。

过增加以磷酸铁锂为代表能效高的电池单元，再配合适当的智能 BMS、双向变换，组成电池储能装置使用，不仅可以解决不间断供电问题，而且还能够支持负载分级管理、SOC 状态实时追踪与模块化并网扩展等能力，从而有利于通信电源长期依赖被动冗余的结构性局限这一弊端予以解决。就目前工程实践而言，主干传输节点多采用高压直流 ±240V 架构，配套电池储能系统通过 DC/DC 升压模块接入主母线，实现电网断电下毫秒级切换供电；而在偏远基站、光缆放大站与微模块机房场景中，储能单元则与光伏系统协同运行，形成分布式光储一体化供能架构。上述实践充分体现出电池储能系统对供电连续性保障能力的扩展，也推动了通信电源向去中心化、自恢复与宽温工作的方向演进 [2]。在系统设计层面，工程师需基于负载功率、环境温区、站点等级制定储能配置策略，并结合 GB50174 与 YD/T2343 等行业规范完成整机热设计、电气隔离与接地保护布置，实现储能系统在通信电源中的深度集成与场景适配，构建具备智能调度能力的能源底座。

4 通信电源中电池储能技术应用路径

4.1 基于磷酸铁锂电池的通信基站后备电源系统构建

对于通信基站后备电源系统而言，可采用由磷酸铁锂作为主导取代铅酸电池成为常用的储能单元，具体实施上应基于基站最大功率负载 P_{max} 以及业务连续性需求，通过 $1.5P_{max} \times t$(t 为目标备电时间) 的方式确定电组的额定容量值，同时考虑倍率特性的需要检验其输出的能力，确保电池组处于异常温湿度或者突增负载状态下仍能稳供。系统架构采取多个 DC 母线并联冗余设置，且其电压通常选择为 48V 和 240V 两种形式，磷酸铁锂电池组也是经由双向 DC/DC 变换器接入并支持 CC-CV/CP 充电形式，以实现独立充放电通道、能量反馈以及具有不间断地运行工作特性。电池管理系统（BMS）嵌入高精度电压、电流与温度采样模块，内嵌均衡控制算法及 SoC/SoH 预测模型，支持 CAN/RS485 与主控系统通信，并具备内部短路、热失控、过压欠压等多重保护机制。为提升系统热稳定性，在高温高湿或半封闭基站环境中，应配置独立风冷系统或液冷板式散热单元，风冷需配置 PWM 调速模块并联热敏控制逻辑，液冷系统则应配套循环泵与冷却液传感器闭环控制，控制策略以电芯温度实时分布为基准进行调节。基于增强通信电源抗雷击、过压冲击能力，整流模块与电池组输入端并联浪涌抑制器（SPD）、压敏电阻，同时采取共模 / 差模电感滤波器减低 EMI 干扰，从而实现直流母线电压稳定。通信电源还须采取嵌入式远程动力监控单元接入通信运营商 NOC 平台，支持历史电流轨迹、等效内阻变化曲线、故障自诊断报告等数据远程调用、告警推送，以增强通信电源系统的远程运维能力和智能化管理水平。另外，电池安装时严格按相关国标、行标执行，同时执行电芯一致性筛选、连接导体压接力矩、绝缘等级的验证确认，且接线端子处采用高阻燃等级外壳，并加装接触温度检测模块，保证通信电源长期可靠运行。

4.2 通信室内机房 UPS 侧锂电储能模块配置

对于通信室内机房供电系统的 UPS 侧锂电储能模块而言，需要按照通信行业高标准的要求进行该系统设计，具体为：考虑到电池单体器件的串联 / 并联技术能够直接应用于储能系统的设计上，可选择磷酸铁锂电池 (LiFePO　) 组成 16 节电池串的标准机架式储能模块，每个模块的尺寸采用通信机房的标准尺寸，单组模块的标称电压值为 51.2V，并根据负载功率及备用时间需求采用 N+X 的方式进行扩容，并联模块支持 2P~10P 配置。储能系统可通过 RS485 或者 CAN 通信协议接入 BMS 网络，实现各模块间的均分和并机，并且其通信速率、拓扑结构、地址等参数均应满足 YD ／ T2344—2017 和 YD ／ T2343—2020 的要求。模块之间电流均衡可以采用主从方式互连或者采用 CAN 多主节点控制＋分布式的 BMSSOC 均衡算法，以抑制并联模块之间因为内阻不同而造成的偏充和偏放问题。建立 UPS 系统输出侧到储能模块之间的闭环反馈路径，同时逆变器控制系统配备有实时电压采样、实时电流采样功能模块，应用 PI 控制型动态电压跟踪算法，使得逆变器输出与储能相匹配，两者响应时间小于 10ms，以实现负载侧零切换运行 [3]。系统部署中，需对电池柜布局进行热场仿真与载荷应力评估，保证电芯在 25 ± 5℃范围内运行，柜体须满足 GB50174 机房标准关于通风散热、接地绝缘距离不少于 30mm、电缆走线独立隔离的结构要求。每组储能模块应配置独立消防传感单元，包括热失控检测传感器、烟感及高精度温升传感器，其信号需通过 RS485 总线接入上层 EMS 系统，实现三重安全触发机制。

4.3 偏远基站分布式光储一体化方案

在电网覆盖能力不足或长周期供电中断的偏远地区，通信基站电源系统需具备高自治性与环境适应能力，分布式光储一体化系统因其离网运行能力成为当前主力技术路径。系统结构采用闭环直流链路架构，典型构型为“光伏组件 – 直流汇流箱 –MPPT 控制器 – 磷酸铁锂电池储能单元 –DC 负载”，以实现电能高效转换与存储管理。光伏组件依据区域辐照强度选型，通常采用单晶 PERC 组件，匹配 1100~1500V 直流母线电压等级，通过汇流箱进行多串并联接入，确保组件间均流及防反二极管保护。MPPT 控制器具备动态追踪特性，其核心算法集成增量导纳法与模糊控制机制，以实现全天候最大功率点实时跟踪。储能模块选用具备 -40℃至 +60℃宽温运行能力的磷酸铁锂电芯，电芯组串设计依据负载配置容量与连续供电时长进行精确匹配，常规采用 48V/100Ah 以上模块化单元，并配置 BMS 系统实现电压、电流、温度等多维参数的实时监控与故障阻断控制。通信电源系统控制单元以工业级微控制器为平台实现，实现了功率预测、荷电状态 (SOC) 动态调度、负载优先级控制以及能量路径最优配置，支持 Modbus 或者 CAN 通讯协议接

入远程监控平台，实现了基站远程无人值守运维管理，在夜晚或者没有阳光的时候，就会切换到储能供电通道，同时还可根据负载侧实时采样出来的电流大小，自动调节为合理的供电匹配方式，以备随时为用户设备提供稳定可靠的电量。为了适应高原、戈壁、沙漠等恶劣环境使用需求，需要考虑风压载荷、砂尘腐蚀、高海拔气压差等因素影响，在支架结构设计上使用铝合金型材支架，并设置抗风等级≥ 13 级，系统整体防护等级不低于 IP65，外壳密封使用耐紫外线密封胶条、防凝露结构设计，防止组件、电气单元受到环境的影响，保证了组件与电气单元处于稳定的运行环境中。

4.4 融合馈线电压补偿的高动态储能驱动通信电源系统设计

针对高负载波动通信基站供电特性，设计集成馈线电压自动补偿功能的高动态响应储能供电系统，以提升电能传输稳定性。系统架构选用双母线并联结构，其中主母线配置高频整流模块，副母线接入动态功率响应型磷酸铁锂储能单元；储能侧采用双通道 DC/DC 升降压变换器，每通道设计独立的恒压输出通道与动态电压跟踪通道，分别对基站静态负载与突发负载进行差异化响应控制。DC/DC 控制器集成多通道高速 ADC 模块，具备≤ 50μs 响应速率的电压、电流同步检测能力，结合动态滑模控制算法与扰动抑制 PID 闭环调节，实现负载侧电压波动在 ±3% 以内稳定控制。储能电池簇内部单体电芯采用低内阻、高倍率放电特性的 $LiFePO_4$ 电芯，具备 3C 放电能力，模组级 BMS 具备多段输出电流预测模型与分段保护机制，实现电芯级的热均衡管理及电流共享调度。系统配置远程可视化采样终端，通过高精度霍尔电流传感器实时监测馈线电压差，并将信号反馈至 EMS 调度平台，平台基于实时负载模型调整储能输出电压与电流分配策略，确保高动态负载条件下通信设备稳定运行。系统电缆布设采用双层铝箔 + 编织屏蔽结构电缆，传输路径进行全程等电位接地，接线端子布设接触温升监测与接线松动检测模块，并满足 YD/T 2165 通信电源抗干扰标准的屏蔽接地设计要求。

4.5 具备残余电流管理的微电网嵌入式通信基站储能方案

在通信基站分布式微电网场景中，构建具备残余电流自适应管理能力的嵌入式储能系统，以提升电能在多源接入下的协同运行能力。系统拓扑采取“市电 + 光伏 + 储能”三源并联模式，储能系统基于模块化磷酸铁锂电池架构构建，每个模组采用 48V/200Ah 标准化电池包并集成主 / 副 BMS 架构以强化电芯数据精度；核心 DC/DC 变换模块配置具备残余电流检测与反馈抑制控制单元，该模块利用零序电流互感器与快速采样 ADC 进行环路电流同步采样，通过模糊神经网络判别算法识别残余电流异常特征，对不同工况下的谐波注入、电网波动、电容泄漏路径电流进行快速分类响应，并动态调整储能输出的 PWM 调制策略，降低因多源并网引发的局部馈线电压不稳问题。储能控制逻辑嵌入电流反向抑制器（CRI）模块，其响应时间不大于 1ms，可在检测到反向功率流入时立即阻断能量路径，并反馈至 EMS 进行能量优先级切换。系统通讯接口采用双 CAN 总线设计，并具备抗电磁干扰滤波模块，其所有通信信号接入前配置共模扼流圈与 TVS 二极管以抑制浪涌干扰；系统安装布线中所有接入端口采用 IP67 防护接插件，柜体具备自密封正压结构，采用热循环风冷 + 热管辅助散热方式，并设计余压保护单元以防止尘埃与高湿环境侵蚀电芯，保证系统长期可靠运行。

5 结语

我国通信行业正在由传统高能耗模式向智能化、绿色化方向迈进，电池储能技术的引入为通信电源系统提供了更为稳定、高效且环保的电能保障手段。本文从电池储能技术的基本原理出发，结合国内通信电源系统的应用现状与实践经验，系统分析了储能技术在该领域中的多层级价值，并提出了具体的实施路径与工程做法。

参考文献

[1] 宋嘉皓,张瑜,郑骏文,等.钠离子电池在通信行业的应用技术分析[J].电信工程技术与标准化, 2024, 37(S01):148-152.

[2] 朱科.电池储能技术在电力系统中的应用[J].通信电源技术, 2023, 40(7):132-134.

[3] 青兆煦.创新电源技术在5G无线网络建设中的应用[J].移动信息, 2023, 45(5):44-46.

[4] 郑志明.储能技术在新能源电力系统中的运用[J].通信电源技术, 2024, 41(2):104-106.

[5] 魏敏.磷酸铁锂电池在通信电源中的应用分析[J].通信电源技术, 2023, 40(9):123-126.