

高海拔地区光伏电源系统中蓄电池的应用研究

何树旺¹, 代文¹, 曹龙², 陈永强²

1. 国网青海省电力公司玉树供电公司, 青海 玉树 815000

2. 青海德坤电力集团有限公司新能源分公司, 青海 西宁 810000

DOI:10.61369/EPTSM.2025030001

摘 要 : 文章主要以高海拔地区光伏电源系统中蓄电池的应用研究为重点, 首先对蓄电池选型考量进行分析, 其次从安装与布局优化、充放电管理、维护与监测、与其他储能技术整合等方面阐述蓄电池的应用, 最后从三方面阐述蓄电池在高海拔地区光伏电源系统应用面临的挑战, 对此提出一系列解决措施, 致力于提升该区域光伏电源系统蓄电池应用可靠性, 更为相关研究提供参考资料。

关 键 词 : 高海拔地区; 光伏电源系统; 蓄电池; 应用研究

Application of Battery in Photovoltaic Power System in High Altitude Area

He Shuwang¹, Dai Wen², Cao Long², Chen Yongqiang²

1. State Grid Qinghai Electric Power Company Yushu Power Supply Company, Yushu, Qinghai 815000

2. New Energy Branch of Qinghai Dekun Electric Power Group Co., Ltd, Xining, Qinghai 810000

Abstract : This paper focuses on the application research of batteries in photovoltaic power supply system in high altitude areas. Firstly, it analyzes the considerations of battery selection. Secondly, it expounds the application of batteries from the aspects of installation and layout optimization, charge and discharge management, maintenance and monitoring, and integration with other energy storage technologies. Finally, it expounds the challenges faced by batteries in photovoltaic power supply system in high altitude areas from three aspects, and puts forward a series of solutions, aiming to improve the application reliability of batteries in photovoltaic power supply system in this area, and provide reference for related research.

Keywords : high altitude area; photovoltaic power supply system; storage battery; application research

引言

清洁能源需求增长背景下, 光伏电源系统在高海拔地区崭露头角, 伴随该地区丰富的太阳能光照资源, 为光伏电源系统运行提供支持。光伏电源系统中, 蓄电池作为关键储能装置, 受高海拔低温、低气压、强紫外线辐射等特殊环境条件影响, 蓄电池在性能、寿命、放电特性方面都和常规环境存在差异, 容易导致在应用中出现供电不稳、蓄电池过早失效等问题, 为光伏电源系统的蓄电池部件带来新挑战。因此, 相关人员有必要深入开展高海拔地区蓄电池应用研究, 探索优化蓄电池使用的方法, 为高海拔地区居民提供可靠用电。

一、研究背景

一般情况, 类似青海这种高海拔地区, 自然环境比较恶劣, 存在空气稀薄、气温低、气压低的情况。正是这些条件为光伏电源系统、蓄电池运行带来挑战, 如低温会削弱蓄电池充放电性能、存储容量等; 再如高海拔气压变化, 也会对电磁外壳等产生不利影响。与此同时, 当地农牧民居住比较分散, 很多都不再大电网覆盖范围内, 存在用电困难问题。专用便携式户用电源, 可为牧民提供照明、小型电气使用等生活用电, 而蓄电池是储能的关键部件, 其性能优劣与农牧民用电息息相关。

二、高海拔地区光伏电源系统中蓄电池选型考量

(一) 低温适应性

优先选择能在高寒环境稳定工作的蓄电池种类, 如胶体蓄电池, 这种电磁和普通铅酸蓄电池比较, 在低温环境有更加表现, 不仅电解液是胶状, 还能降低电解液冻结的概率, 全满保证充放电效率, 就算处于零下的环境也能稳定储电、放电^[1]。

(二) 能量密度与容量需求

依据农牧民日常生活用电负荷, 优先选择契合能量密度、容量的蓄电池, 也要考虑是否要满足夜间、连续阴天这种无光照情

况对应的用电所需。因此可以根据当地农牧民使用电器功率、使用时间总和，计算所需蓄电池对应的容量——如照明灯具功率10w，一天会使用5h；电视功率50W，一天会使用3h，进一步确定所需蓄电池规格^[2]。

（三）便携性要求

专用便携式户用电源，因此要着重考量蓄电池重量、体积，尽可能选择质量轻、体积小的电池，也可以选择多组小型电池组合形式，让农牧民携带和使用更方便。比如锂电池不仅能能量密度高，重量也比较轻，可有效满足携带要求。

三、高海拔地区光伏电源系统中蓄电池的应用

（一）安装与布局优化

高海拔地区光伏电源系统中，蓄电池安装与布局优化是重要的一项基础工作。一方面，要谨慎选择安装位置，因为高海拔地区有非常强的紫外线，且昼夜温差很大，应选择适当的位置安装蓄电池——如安装在有保温隔热的室内、专门设计的防护箱中，有效阻隔紫外线辐射、外界极端温度环境，从本质上减少对蓄电池性能的影响。例如，一些高原中建立的小型电站项目，大多数是将蓄电池安装在特定保温箱，将其和随时放置的蓄电池进行比较，可有效延长其使用寿命^[3]。另一方面关注通风散热，因为蓄电池充放电期间会产生热量，一旦热量积聚，会直接影响蓄电池性能、寿命，所以要合理规划，确保空气流通，带有产生的热量。针对多组蓄电池衔接，要保证稳固连接，精心布局线路方向，既能减少接触电阻、规避因虚接造成的安全问题，还能降低线路损耗，让光伏电源系统高效运行，为高海拔地区提供电力支持。

（二）充放电管理

高海拔地区中，充放电管理可保证蓄电池性能、寿命，所以要制定契合的充放电管理机制。就充电来说，高海拔地区低温是关键影响因素，会导致蓄电池充电能力降低，因此合适的充电方式非常关键，温和刺激电磁内部化学反应，促使电磁温度持续回升，内部也处于稳定状态；再结合电磁真实状况，有规律增加充电电流，采用这一循环渐进手段，可防止电流直充损伤极板硫化现象，让整个充电过程更安全、更高效。就放电来说，也需要进行精细化管理，依据用电负荷的真实状况，严格管控放电深度，切记不能出现过渡放电。尤其是一些便携式户用电源，因为用户会在很多复杂情况进行使用，有必要制定电量提醒、自动保护制度。若电量无限趋近于临界数，会第一时间提供使用人员；若使用期间发生误操作，造成放电过量，自动保护机制会立即打开，预防电池过渡放电，从多角度维护电池寿命、电池性能，进而为高海拔地区提供用电所需^[4]。

（三）维护与监测

为保证蓄电池能够正常运行，有必要制定定期维护方案。例如，铅酸蓄电池，鉴于注重蓄电池的工作原理、特点，要仔细核查电解液液位，确保其在正常范围；着重关注电解液所占比，直接决定电池充放电性能。若发现液位较低、不足，需要第一时间补充蒸馏水，让电池内部保持最佳化学反应环境^[5]。针对一些蓄

电池来说，必须仔细检查电池外壳，检验其是否存在漏液、破损等问题，就算是细微裂缝，也有可能造成严重后果。此外也不能忽视连接线路，若线路出现松动会在提升接触电阻，不仅影响电池正常运行，还会带来一定的安全隐患。与此同时，引入专门的监测设备也非常关键，动态化监测蓄电池的各项参数，如电压、电流等，采用大数据分析技术，发掘电池性能的变化方向、规律等。比如一旦电压产生波动，温度一直偏离正常范围等，需要工作人员第一时间采取应对方法——如电池性能严重衰退需及时更换，为光伏电源系统运行保驾护航。

（四）与其他储能技术整合

高海拔地区光伏电源系统中，蓄电池单独使用存在局限问题，因此工作人员需将其和储能技术整合，其中超级电容器就是一个理想整合对象。超级电容器有很多特性，其一是功率密度非常高，尤其面对瞬间大电流所需时，可以及时放电，为高海拔地区中的一些设备的启动高功率用电提供支持。其二是充放电速度非常快，遇到光伏系统发电功率波动期间，能够第一时间调节充放电，促使电力供应保持在稳定状态^[6]。其三是循环寿命长，因为蓄电池历经多次充放电以后，性能会逐渐降低，但超级电容器即使长期使用，依旧可保持最佳性能。此外，光伏电源系统工作期间，超级电容器能与蓄电池一起工作，达成优势互补效果。一旦产生瞬间大电流所需，可以和蓄电池协同配合，分担蓄电池放电符合，防止蓄电池瞬时大电流放电遭受影响。进入充电阶段，能够迅速吸收电能，大幅提升系统自身的储能效率、供电效率。

四、蓄电池在高海拔地区的应用挑战与优化措施

（一）存在的问题

目前青海高寒高海拔偏远地区，很多农牧民已经使用含有蓄电池的光伏电源系统，有效改善其生活用电情况，也相继满足夜间照明、手机充电等所需，为生活带来极大的便捷。但在蓄电池实际应用期间，依旧面临一些挑战，主要体现在以下方面：

第一，性能衰减。长期在高寒高海拔区域，蓄电池充放电性能会遭受显著影响，如原本可以维持三天光照的蓄电池，使用一年作用，尽可以照明2天，严重影响供电持续性能。

第二，维护难度大。因为高海拔地区比较偏远，专门的维护人员难以到现场开展蓄电池维护工作——如电解液补充、充放电检测等，导致一些蓄电池即使发生故障，也无法第一时间得到修复。

第三，成本因素。由于高海拔地区非常独特，适用于该区域的蓄电池价格也比较昂贵，对大部分农牧民而言，是一笔非常大的经济负担，还有之后需要更换电池，也要消耗很多费用，在一定程度上阻碍这种电源系统的推广、应用^[7]。

（二）优化措施

（1）加强技术改进

从改进电极材料的角度看，采用特制的合金或复合材料，可改变电极于低温环境下的电化学反应活性，如某些纳米规格的电

池在低温时依旧可以高效充放电。优化电解液配方也是一个不错的方法，传统电解液在低温情形下黏度增大，离子迁移受阻挡，新配方可添入特殊溶剂，实现电解液冰点的降低，提高低温下的流动性，如新型耐寒添加剂可大幅度增强离子导电性，这些添加剂恰似“离子高速路的修缮工”，维持离子在低温环境中顺畅移动^[8]。因为处于高海拔地带，气压偏低、气温偏低，普通电池一般会因性能衰退无法正常运转，而改进后的蓄电池可有效抵御外界环境影响，减缓性能衰退速度，提高使用寿命，向高海拔高寒地区的通信基站、户外监测设备等提供稳定又可靠的电力支持，助力当地生产生活及科研监测等活动顺利开展。

（2）优化维护策略

现代的电力供应体系中，蓄电池作为关键储能物件，对其进行维护十分关键。因此可采用远程监控技术，保障蓄电池平稳运行。远程监控技术如同给蓄电池装上“电子眼”，实时采集电压、电流、温度等关键参量，一旦电压出现异样的波动情形，技术人员可迅速发觉，判断是不是由外部电路问题或者电池内部性能变化引起的；若电流出现不稳定现象，可准确分析出是负载异常，还是电池自身内阻有了变化；也要着重关注温度参数，温度过高、过低均有可能影响电池的寿命，远程监控能迅速进行预警。但很多农牧民掌握的电力知识有限，所以技术人员可以凭借远程监测的数据，采用电话、视频等形式，远程引导农牧民进行简易的维护事项，如清除电池表面的灰尘、查看连接线路有无松垮等，倘若监测到电池存在重大故障风险，马上安排专业人员到家里维修。通过这种维护方法，打破了时间跟空间的限制，既规避了因维护不及时引起的电池损坏状况，也提高了维护的效率、降

低维护成本，保障了偏远地区农牧民电力供应的稳定可靠，使蓄电池更好地助力生产生活^[9]。

（3）成本降低方法

高寒高海拔的偏远区域推广蓄电池应用，成本是核心制约要素，由此看出降低成本是关键。第一，加大政府补贴。从农牧民角度看，蓄电池及光伏电源系统刚开始采购的费用较高，政府借助补贴，能明显减轻农牧民的经济重压，让更多人有实力去采用，给出一定比例的购买津贴，或对后续使用阶段充电、维护等费用做减免处理，直接降低使用费用，引发农牧民的积极性，推动他们积极采用清洁能源设备^[10]。第二，产业规模化发展从生产端着力，伴随蓄电池生产规模的扩大，单位产品分摊固定成本下降，企业能投入更多的资金去进行技术研发与工艺改善，降低生产开销。同时规模化形成的竞争，会引导企业提高产品质量、优化机能，抬高产品的性价比。促使优质产品按更合理价格推到市场上，不仅可满足高寒高海拔偏远地区农牧民所需，还能把市场加以拓宽，造就良性的循环。采用以上两种方法，高寒高海拔偏远地区实现蓄电池普及不再遥远，为当地输送清洁、稳定的电力，有利于提升生产生活水平。

五、结束语

探索高海拔地区光伏电源系统中蓄电池应用期间，相关人员也清楚了解该工作的重要性、面临的挑战。通过合理选型、优化管理方法等，从本质上解决这些问题，进一步增强系统的稳定性，为蓄电池在高海拔地区光伏领域应用奠定基础。

参考文献

- [1] 梁旭耀, 蒙国勇, 黄广汉, 陈源洋, 蓝心, 颜永平, 张茂杰, 方华亮. 区域能源系统中变压器多维测度的优化设计控制研究 [J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(11): 197–203.
- [2] 程前, 蒋献周, 张丽萍. 分布式光伏发电系统在通信基站中的应用研究 [J]. 通信与信息技术, 2024, (06): 95–100.
- [3] 李朋, 李晓林, 张家腾, 许瑞栋, 郭建国. 一种立方星模块化电源系统的设计与在轨试验 [J]. 实验技术与管理, 2024, 41(09): 22–27.
- [4] 萧英楷, 伍星全, 苏杨添, 王吉武, 陆国祥, 张卫见, 董月雷. 航天器 S4R 电源技术在公路零碳中的应用 [J]. 中国交通信息化, 2024, (S1): 552–556.
- [5] 丁瑜, 邓敏茜, 程乔. 基于 5G 移动通信基站的可再生能源通信电源系统研究 [J]. 无线互联科技, 2023, 20(13): 15–17.
- [6] 谭建斌. 便携式电子产品光伏充电器硬件电路设计及系统调试 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(17): 111–114.
- [7] 邓卫梅. 50 MWp 集中式地面光伏电站直流电源系统设计研究 [J]. 水电与新能源, 2022, 36(10): 28–31.
- [8] 熊力颖, 何晓琼, 韩鹏程, 龚子, 王卓然. 基于改进控制策略的交直流独立光储电源系统 [J]. 电气工程学报, 2022, 17(03): 95–103.
- [9] 李龙刚, 任建平, 郭小可. 边远站点光伏自供电电源系统的研究与应用 [J]. 智能建筑电气技术, 2022, 16(03): 46–48.
- [10] 朱秀琴, 黄卫平, 蔡小玲. 多站融合工程交直流混合站用电源系统设计研究 [J]. 能源与环境, 2022, (01): 28–29+58.