

储能系统在充电桩一体化设计中的配置策略

校香云, 马艳丽

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

DOI:10.61369/EPTSM.2025050008

摘 要： 充电桩一体化设计中储能系统的配置策略决定了光储充系统的实际效能，本研究系统性分析了储能系统在平抑光伏波动与优化电网负荷所发挥的双重价值，结合充电桩一体化设计中储能系统的配置原则，提出容量匹配电网协同与场景适配的三维框架，详细探讨了不同充电场景的差异化配置要求。技术路径层面突破了光储充系统架构耦合模式选择与智能控制算法等关键技术瓶颈，创新性提出了模块化安全防护与弹性扩展方案。实践导向聚焦土地集约化与经济性优化路径，标准体系部分构建开放协同的产业生态框架，从而为充电桩一体化设计的可持续发展提供了有力的理论支撑与技术路线。

关 键 词： 储能系统；充电桩；光储充；光伏发电

Configuration Strategy of Energy Storage Systems in Integrated Design of Charging Piles

Xiao Xiangyun, Ma Yanli

Zhengzhou Electric Power Technology College, Zhengzhou, Henan 451450

Abstract： The configuration strategy of energy storage systems (ESS) in the integrated design of charging piles determines the actual effectiveness of the photovoltaic-storage-charging (PV-SC) system. This study systematically analyzes the dual value of ESS in suppressing photovoltaic fluctuations and optimizing grid load. Combining the configuration principles of ESS in the integrated design of charging piles, a three-dimensional framework of capacity matching, grid synergy, and scene adaptation is proposed, and the differentiated configuration requirements of different charging scenarios are discussed in detail. At the technical path level, key technical bottlenecks such as the selection of coupling modes for the PV-SC system architecture and intelligent control algorithms have been broken through, and innovative modular safety protection and elastic expansion schemes have been proposed. The practice orientation focuses on land intensification and economic optimization paths, and the standard system partially constructs an open and collaborative industrial ecological framework, thus providing strong theoretical support and technical routes for the sustainable development of integrated charging pile design.

Keywords： energy storage system; charging pile; pv-storage-charging; photovoltaic power generation

引言

电动汽车普及加速充电基础设施升级迭代，充电桩一体化模式成为光储充系统建设的关键环节。当前光伏出力波动与充电负荷峰谷差制约系统效能，传统储能系统的配置方法已经难以满足复杂场景需求。本研究基于能源时空转换理论，突破现有研究聚焦单一技术的局限，首次建立配置策略的多维度评价体系，通过解析储能系统在能源缓冲与电网调频中发挥的核心作用，重构容量匹配与场景适配的协同机制，并重点解决直流耦合架构的能效优化问题，创新设计智能算法驱动的动态配置模型。本文的研究成果将为充电桩一体化设计提供系统性解决方案，助力能源转型战略实施。

一、储能系统在充电桩一体化设计中的核心作用与配置原则

（一）核心功能：能源枢纽与电网稳定器

充电桩的运行稳定性与储能系统的调节能力息息相关，这是

因为光伏发电自然存在的间歇性特征对能源连续供给形成挑战，这种波动性依赖储能系统实现有效平衡。储能单元在强光照条件下主动吸纳电能盈余，在弱光照环境下及时补充电力缺口，双向调节行为建立起持续供能的循环机制。从电网运行角度观察，储能系统承担着关键的负荷缓冲角色，特别是在公交场站等特殊场

项目信息：本文系河南省高等学校重点科研项目（25B470017）。

作者信息：

校香云（1991-），女，汉族，河南郑州人，硕士，讲师，主要研究方向：供用电技术，电机与变压器等。

马艳丽（1980-），女，汉族，河南南阳人，硕士，高级实验师，主要研究方向：新能源发电技术、充电桩智能充电技术等。

景中，需要将高峰充电需求转移至电网低谷时段执行，这种调度策略能够显著改善区域电网负载分布形态。进一步分析可知，储能系统具备电力时空转换特性，借助分时电价差异在低谷阶段存储能量并于高峰时段释放电力，此种操作不仅重构了用能经济模型，而且也极大缓解了电网调峰压力。现阶段技术发展表明，储能装置正逐步转变为分布式能源网络的协调节点，通过整合电动汽车分布式电池资源形成虚拟调节体系，为电力系统源网荷协同提供基础支撑。

（二）配置原则体系

在充电桩一体化设计中，需要对储能系统的配置体系进行科学构建，而这就需要综合考量多重约束条件的交互关系。首先，需要将容量适配作为基础原则^[1]，这需要结合光伏历史出力水平与充电负荷峰值特征进行匹配计算，容量配置不足直接影响系统功能实现，而过度配置则会造成设备闲置损耗，因此需通过动态分析寻求精确平衡点。其次，电网安全性原则是重要的边界条件，储能系统额定功率须严格遵守变压器承载限值，同时配置反向电流阻断设备防止电能回流公共电网，针对不同应用环境下储能配置的差异化需求，商业区系统需增强日间平段能源调度效能，居住区配置则应侧重夜间谷段储能利用率，而公交场站类场景则必须强化高频次充放电特性。再次，经济性原则要贯穿系统全周期，优先选择循环寿命与成本均衡的电池技术路线，模块化架构支持后续分期扩容并降低初期投入压力，退役电池梯级利用方案可有效提升资源使用价值。最后，最终配置方案应遵循多重约束下的技术可行性与经济合理性统一。

二、储能系统配置在充电桩一体化设计中的关键技术路径

（一）系统架构设计：耦合模式选择

在充电桩一体化设计中，作为光储充系统的重要组成部分，其架构设计本质是对能量流通路径的优化决策过程。因此在选择耦合模式时，交流耦合模式需要构建分布式接入框架^[2]，光伏发电单元通过专用逆变器转换电能，储能装置配备独立变流设备，最终共同接入交流母线系统。由此设计的架构，其突出价值在于子系统间的运行互不干扰，当某个单元需要维护升级时不会影响其他设备运作，同时天然兼容现有交流充电设施大幅降低改造成本。值得注意的是该模式存在多级能量转换问题，从光伏直流电到交流母线再到储能电池的反复转换不可避免产生能耗损失。而直流耦合模式采用集成化设计思路，光伏组件产生的直流电能经由优化转换装置直接输送至直流母线，可同时向储能电池和直流充电桩供电，大幅减少转换环节提升能效水平。不过这种架构要求充电设备必须支持直流输入特性，无形中增加了设备定制成本。这两种技术路线的选择映射出工程应用中的典型矛盾，既要在技术成熟度与能源效率间寻找平衡点，又需考量初期投入与长期收益的关系。对于小型充电场景来说，通常采用交流耦合架构因其即插即用的便利特性，而大型场站则倾向直流耦合以实现全生命周期的能效优化。当前技术演进呈现融合趋势，新型混合架

构通过在光伏输入端设置智能路由装置，依据光照强度与负荷需求动态切换能量路径，使交流模式的灵活性与直流模式的高效性形成互补协同。在选择耦合模式时还需关注设备兼容性问题，选用标准化接口才能确保不同供应商设备的互操作性。

（二）储能类型与参数优化

储能技术选型本质是材料特性与经济效益的动态平衡过程，磷酸铁锂电池因其固有的电化学稳定性成为主流技术方案^[3]，该材料在高温运行条件下保持良好安全表现，特别适合高频次充放电场景的实际需求。钛酸锂电池虽然初始投资较高，但其卓越的循环寿命特性在公交场站等特殊应用场景展现独特价值，尤其适应每日多次充放电的高强度运行要求。容量确定需要建立动态计算模型，通过融合光伏历史出力曲线与充电负荷峰谷特征的时序关联，精准测算避免容量冗余导致的资源浪费或容量不足引发的运行中断问题。功率配置必须严格遵循电网物理承载极限，变压器安全阈值形成关键约束边界，模块化设计理念支持灵活扩展需求，典型如标准化百千瓦单元通过并联方式满足不同规模场站需求。工程实践中电池健康监测技术至关重要，依托内阻变化与容量衰减规律的动态追踪及时校准运行参数，保障系统全生命周期控制精度。技术发展聚焦自适应算法的创新突破，结合云端数据分析持续优化配置方案，最终形成适应运行环境自主演进的智能管理体系，这种动态调节机制有效延长系统服役周期。

（三）能量管理智能控制

智能控制系统构成光储充高效运行的中枢神经，其核心功能在于构建多维数据融合分析平台。系统持续采集历史负荷曲线、环境温湿度变化及实时电网频率波动等关键参数^[4]，建立具备自适应能力的虚拟负荷预测模型。该预测机制可提前规划未来数小时的最优充放电策略，在通信中断等特殊工况下维持基础调控功能，保障系统持续稳定运行。通信保障采用高速电力线载波等可靠传输技术^[4]，实现毫秒级精度的设备状态监控与指令下发，为精准控制提供底层支撑。控制策略的核心优势体现在分时电价机制的深度应用，夜间低谷电价时段储电与日间高峰时段供电的调度模式，显著提升电站运营经济效益。策略执行过程设置动态安全边界阈值，依据电池组实时温度与荷电状态自动调节充放电电流，确保设备安全运行同时延长电池使用寿命。技术演进聚焦机器学习算法的深化应用，通过对历史运行数据的持续学习优化控制参数，逐步形成自我完善能力的智慧管理体系。

（四）安全与扩展性设计

安全防护体系设计必须贯穿系统建设的全生命周期过程，在电气安全层面上需构建双重防护机制，应用防逆流装置阻断电能回灌风险的同时配置电压波动保护设备，通过拓扑隔离技术确保故障工况下的系统隔离能力。在电池安全防护方面还需采用多级监控策略，电池管理系统实时追踪温度电压核心参数变化趋势，结合耐高温电解液材料与热蔓延抑制结构设计，显著降低热失控事故概率。在物理防护体系上，则需通过专用防火材料构建密闭电池舱室，配合七氟丙烷气体灭火系统实现毫秒级响应，这种多级防护架构有效保障极端工况下的运行安全。在扩展性设计上，要聚焦系统可持续发展需求，模块化架构允许在不中断网运行

的前提下分阶段扩容，标准化接口设计大幅简化新旧设备兼容流程。在空间布局上，需预留足够设备增容位置并设置专用电缆通道，为后期改造提供物理基础。此外，环境适应性设计还需重点强化极端温度防护能力，在寒冷地区配置电池自加热系统，高温环境则加强通风散热措施。在未来设计理念中，应进一步强调弹性扩展能力，即插即用型组件架构支持功率无缝升级，智能识别接口可自动适配新增设备参数。值得注意的是全生命周期维护方案设计，通过预留设备健康监测接口实现预测性维护能力，最终构建具备自我进化能力的可持续基础设施体系。

三、充电桩一体化设计中配置策略的实践导向与未来演进

（一）智能算法驱动精准配置

在各种算法的驱动下，储能系统的配置正逐步发生转变。传统经验主导的设计方式逐步被数据模型替代，基于深度学习的分析技术通过解析历史运行数据内在关联，赋予系统自主优化容量功率匹配的能力。这种转变形成动态响应机制的核心价值，系统能够依据光伏出力波动特征与负荷变化动态调整充放电阈值。特别需要关注负荷预测精度的演进过程，时序分析算法可提前预判极端天气的充电需求异动。实践证明新型配置方式降低设计冗余的成效显著，资源利用率普遍提升百分之十五以上。未来技术发展将融合数字镜像理念建立虚拟仿真环境^[5]，从而为配置方案提供了验证平台，最终形成持续进化的智能配置体系。

（二）土地集约化设计

随着土地资源的日益紧缺，空间利用理论也逐渐催生出来。为了实现空间合理利用，立体化设计成为突破空间限制的关键路径，变压器与低压设备的垂直分布使占地面积减少近百分之四十。顶棚光伏集成技术实现功能复合应用，碲化镉发电玻璃在维持透光需求的同时转换能源。值得深入探讨的是地下空间开发策略，嵌入式储能舱体设计释放地面空间压力。模块化预制技术大幅缩短施工周期，标准化组件支持现场快速安装。空间优化超越物理整合层面，设备散热系统的协同设计通过气流通道优化提升空间效能。在未来发展过程中，通过三维模拟技术预演设备布

局，将进一步挖掘出土地资源的利用潜力。

（三）经济性优化路径

在充电桩一体化设计中，其全生命周期需以经济性优化为原则建立成本评估框架。初始投资需平衡电池技术路线差异，磷酸铁锂电池的经济性与钛酸锂电池的耐久性构成战略选择基础。运营阶段聚焦分时电价机制的应用实施，智能策略达成峰谷套利最优化。退役电池梯次利用的经济价值值得重点研究，经严格筛选的电池可在储能系统延续使用寿命五至八年。维护成本控制依托预测性维护技术，设备状态监测提前识别故障征兆。地方新能源激励政策与碳交易机制提供额外收益渠道，模块化设计带来的维护便捷性降低全周期成本，关键在于构建动态经济评估体系持续适应能源市场演变。

（四）标准体系与生态协同

标准化建设是产业规模发展的必要前提，统一储能系统与充电设备的接口规范具有紧迫性，消除不同厂商设备的兼容障碍。通信协议的互联互通尤为重要，电力线传输技术需与物联网协议深度融合。电池梯次利用标准体系的缺位影响资源循环效率，需构建从检测评估到重组应用的完整规范。产业生态协同要打通能源生产消费环节，虚拟电厂技术整合分散资源参与电力交易。政策制定需考虑技术前瞻性要求，国际标准接轨可参考国际电工委员会准则。未来生态将向开放共享模式转型，公共数据平台加速技术经验流通。产学研协同机制推动创新成果转化进程，这是产业可持续发展的根本保障。

四、结语

本研究系统构建了充电桩一体化设计中储能系统的配置策略框架，证实智能算法对精准配置的关键价值。创新提出的三维空间集约模式大幅提升土地资源效能，全生命周期经济模型为投资决策提供科学依据。通过建设该体系可有效破解产业协同障碍，突破虚拟电厂技术延伸储能系统的调节能力边界。在未来研究中，需重点关注多源异构数据的融合应用，强化极端天气场景下的配置鲁棒性。动态标准体系需持续对接国际规范，梯次电池应用亟需建立全链条监管机制。在产学研深度协同背景下，最终实现能源基础设施的高质量发展目标。

参考文献

- [1] 张麒. 光伏发电储能充电一体化技术及其应用研究 [J]. 光源与照明, 2024, (12): 117-119.
- [2] 宋绪双. 光储充一体化充电站项目建设研析 [J]. 电力设备管理, 2024, (24): 147-149.
- [3] 徐颖, 张伟阳, 陈豪. 考虑虚拟负荷研判的 V2G 储能充电桩设计研究 [J]. 电力与能源, 2024, 45(06): 650-654.
- [4] 张元军, 李亚君, 张正修, 等. 光储充一体化技术的发展现状与未来趋势 [J]. 新能源科技, 2024, 5(05): 43-48. DOI: 10.20145/j.32.1894.20240507.
- [5] 杜健健, 曾彤, 张强. 新能源汽车“光储充”一体化充电站设计方案与性能评估 [J]. 汽车测试报告, 2023, (22): 85-87.