

光伏储能充电桩项目工程设计优化与 EPC 全过程管理实践

罗宇望

广东 广州 510000

DOI:10.61369/WCEST.2026030019

摘 要： 光伏储能充电桩项目把光伏与储能技术集成当作核心，通过阵列排布、储能配置以及充电桩效率的优化来提高系统性能；EPC 模式整合设计、采购和施工，依靠全过程管理（包含风险控制、质量保障）以及 BIM 等工具实现高效落地，案例证实设计优化与管理协同的效果。

关 键 词： 光伏储能充电桩；工程设计优化；EPC 全过程管理

Optimization of Engineering Design and EPC Whole Process Management Practice for Photovoltaic Energy Storage Charging Pile Projects

Luo Yuwang

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The photovoltaic energy storage charging station project integrates photovoltaic and energy storage technologies as its core. It enhances system performance through array arrangement, energy storage configuration, and optimization of charging station efficiency. The EPC model integrates design, procurement, and construction, and achieves efficient implementation through full-process management (including risk control, quality assurance) and tools such as BIM. The case demonstrates the effectiveness of the synergy between design optimization and management.

Keywords： photovoltaic energy storage charging pile; engineering design optimization; EPC whole process management

引言

光伏储能充电桩作为新能源消纳和电动汽车充电设施融合的核心载体，其工程设计的优化以及全流程管理，对推动交通电动化和能源结构转型有着主要意义。2022 年国家能源局发布的《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》清晰指出，加速新型储能和新能源融合进步，推进充电基础设施和光伏、储能系统一体化建立。在这样的背景之下，项目要专注于光伏阵列的布局、储能容量的动态匹配、充电桩功率的调度等技术协同工作。同时凭借 EPC 模式对设计、采购、施工等环节加以整合，通过全周期的风险管控以及质量保障机制，实现系统能效的提高和运营成本的降低。相关的研究和实践不但为同类型项目提供可复制的技术策略，还为新能源基础设施的规模化普及提供支持。

一、光伏储能充电桩项目工程设计基础

（一）光伏与储能技术原理

太阳能光伏发电体系依靠光伏效应，通过半导体材料把太阳能转化成电能，主要参数包含光电转换效率、最大功率点追踪能力等，直接对体系发电效率和稳定性产生影响^[1]。储能技术通过电化学、物理等途径实现电能的存储与释放，锂离子电池由于能量密度高、循环寿命长，成为充电桩项目的主流之选，其充放电控制策略要符合光伏发电的间歇性以及充电桩动态负荷的需求。光伏发电的直流输出能够为储能装置充电，或者通过逆变器供充

电桩来使用。储能单元会在光伏发电量不足或者处于负荷高峰时释放出电能，以此实现能量在时间和空间上的转移。光伏和储能集成通过电力电子变换技术，通过能量管理系统对能量流进行协调，优化利用效能与运行费用，为工程设计提供技术支持。

（二）充电桩设计要素与标准

在光伏储能充电桩项目的工程设计基础方面，充电桩的设计要点与标准要综合考虑电力系统特点、用户需求以及安全规定来确定。核心设计要点包括充电功率级别、接口适配性、通信规约以及环境适应能力。充电功率要适配储能系统容量和光伏出力特点，直流快充桩一般采用 60kW-120kW 的功率级别，交流桩则

以7kW-22kW居多，需根据场地用电负荷和可再生能源消纳要求动态调节^[2]。接口设计应遵循GB/T 18487.1-2015等国家相关标准，保障与不同类型车辆的兼容性，并且集成CAN、Modbus等通信协议以实现数据交互和远程监控。在行业标准领域内，除基础安全标准GB 4943.1-2022之外，还应遵循NB/T 33008.2-2020有关储能系统和充电桩协同控制的准则，以及GB/T 37293-2019对光伏并网接口的规定。系统集成需包含电气拓扑的优化、能量管理策略以及防护设计，要通过直流母线将光伏、储能和充电桩进行耦合，实现功率的平滑输出与负荷的削峰填谷，并且配备过流、过压以及防雷保护装置，以确保在极端环境下能够稳定运行。

二、工程设计优化方法与实践

（一）系统集成优化策略

系统集成的优化策略应重点关注光伏、储能和充电桩的协同运作，通过能源流的动态适配来提高整体效能。光伏体系的出力显示间歇性，要结合储能单元的充放电特征，建立实时功率预测模型，把光伏多余电能优先存于电池组，防止弃光损耗；充电桩的用电需求根据时段电价和光伏出力曲线来调度，高峰阶段优先运用储能放电，平段与谷段则结合电网补充和光伏直供，实现能源利用的时序优化。运用直流微网方案来取代传统的交流配电模式，降低光伏逆变、储能充放电以及充电桩整流环节中的多级转换损耗，提高系统的整体能效^[3]。另外通过能量管理系统（EMS）实现三者的智能协同，实时监控各单元的运行数据，动态调节储能充放电方案与充电桩的功率调配，保证系统在满足充电要求的基础上，最大程度消纳光伏电量，减少对电网的依靠。

（二）工程实施案例评估

工程设计优化方法与实践 工程实施案例评估

挑选某分布式光伏储能充电桩示范项目当作评估对象，此项目原本设计运用传统集中式储能方案，经优化之后调整成分散式储能单元和充电桩模块化集成设计。经过对比实施前后的主要指标，来验证设计优化的实际成效：优化之后系统的占地面积降低18%，储能单元的响应时间缩短到0.3秒，相较于原设计提高40%，充电桩的日均服务能力增长22%。在施工环节，模块化设计让现场安装的周期缩减25天，现场的焊接作业量降低60%，能够有效降低施工时的安全风险^[4]。运行数据表明，优化后的体系年发电利用率提高到92%，储能充放电效能提高8%，综合运维费用降低15%。实例显示设计改进通过技术方案的调整以及模块化整合，在工程实施期间实现空间利用、施工效率和运营效益的多方面提高，为类似项目提供可参考的实践经验。

三、设计优化细节分析

（一）光伏部分优化研究

1. 组件选型与性能优化

在设计优化细节分析里，光伏板块优化研究的组件挑选与性

能提高要全面权衡项目的地理状况、负载特点以及经济性指标。组件挑选应优先选取具备高转换效能、低温度系数以及良好弱光响应的产品，以适应充电桩项目的间歇性负荷要求，提高能源利用效率。性能参数的优化要结合项目所在地区的辐照强度、温度变动等气候信息，通过调整组件的串并联形式与倾角规划，让年发电量达到最大，同时减少阴影遮挡对系统输出产生的影响。适用性评估要检验组件于充电桩场景里的长期稳固性，包括抗风沙、耐高热等环境适应能力，还有与储能系统的协同运作成效，保证在不同工况时的可靠供电。研究显示恰当的组件选择与参数优化能够让光伏系统的发电量提高10%-15%^[5]，并且减少后期运维费用，为项目整个生命周期的经济性提供支持。

2. 阵列布局优化策略

阵列布局的优化要全面考量场地状况、光照特点以及充电桩的用电要求，从而让能源采集效率达到最大。通过太阳辐射模拟来明确最佳的倾角和方位角，让全年辐照接收量提高8%-12%。运用错排布置或者跟踪型支架降低阴影遮蔽，双轴跟踪体系能让发电量提高20%-30%。阵列间隔根据冬至日中午阴影长度来计算，间隔系数一般取1.5-2.5倍组件高度^[6]。根据充电桩用电负荷曲线，对阵列容量和储能匹配程度进行优化。通过CFD模拟对气流分布展开分析，优化通风设计以降低组件工作时的温度，温度每下降1℃，光伏效率大约提高0.4%。运用模块化的设计方式，利于后期的拓展与维护，加强系统的灵活性和可靠性。

（二）储能与充电桩集成优化

1. 储能系统配置优化

储能系统的配置优化主要在于通过量化模型实现储能容量和充电桩需求的动态适配。通过充电桩过往负荷数据建立需求预估模型，结合光伏的发电出力特性，运用蒙特卡洛模拟或者时序仿真来确定最佳容量范围，防止出现投资浪费或者供电中断的状况。考量充放电效率、循环寿命等指标，通过多目标优化算法平衡初始投资和全生命周期收益，在实现峰值功率要求的基础上实现度电成本最低。调度策略融入实时负荷的监测与预估，运用动态定价或者需求响应的算法，在电网低谷阶段通过光伏余电或者低价的电网来电充电，高峰阶段依靠储能放电以满足高功率需求，减轻电网压力并且提高能源利用的效率。通过迭代模拟来验证方案的可行性，建立适配程度高、经济性良好的储能配置方案^[7]。

2. 充电桩效率提升方法

充电桩效能提高专注于功率转换部分，运用宽禁带半导体器件（像SiC MOSFET）替换传统硅基器件，让充电模块效率从92%提高到96%以上^[8]。对充电协议和通信接口进行优化，支持V2G双向交互，实现储能与电网间的能量双向流通。通过动态调节充电功率的分配方案，融合实时电价和光伏出力的预测信息，最大程度运用清洁能源，降低运营开支。兼容性改进运用模块化方案适配各异车型和功率要求，通过智能识别手段自动匹配最佳充电方式。用户体验的改善依靠智能交互体系，提供即时充电状态查询、预约充电与支付的一体化服务，通过数据分析实现充电需求预估，提前调配储能资源，保障充电流程高效平稳。

四、EPC 全过程管理实践

（一）EPC 管理框架构建

1. EPC 合同模式分析

EPC 合同模式将设计当作核心，对采购和施工环节加以整合，通过单一责任主体实现全流程协同。承建商负责设计优化、设备购置、施工安装以及试运行的全流程责任，业主专注于目标设定与主要节点把控。在协作机制方面，业主通过定期的进度汇报以及现场巡查来把控动态情况，承包商建立跨专业的沟通机制，以保证设计方案与施工需求、设备供应相互适配。例如在储能电池选型阶段，同步开展容量计算与采购周期的协调工作，防止交付延迟对进度造成影响。合同条文清晰界定风险分担范围，因地质状况改变而产生的设计调整由承包商负责，因政策变动所引发的合规费用由业主承担，凭借权责明确的合作机制提高项目推进效能^[9]。

2. 全过程管理流程设计

EPC 全流程管理包括设计、采购、施工直至移交，通过流程规划实现环节协作与风险把控。在设计环节建立多专业协作机制，确定光伏、储能和充电桩技术参数的适配标准，同时推进地质勘查与电网接入的论证工作^[10]。采购流程通过供应链平台开展供应商审核以及设备到场检验，利用动态库存管理来优化进度。在施工时期制定分步骤计划，确定主要节点的时间界限，建立现场安全管理机制，针对高空作业、电气调试等风险之处进行旁站监管。交付阶段开展设备联合调试测试以及性能验收工作，编写运维手册和设备台账，举办操作培训活动并建立缺陷责任期响应体系。全流程设定设计方案评估、出厂检测、工序查验等主要控制节点，实现质量、进度和成本的动态均衡，提高 EPC 项目交付效能与运营稳定性。

（二）风险控制与质量保障

1. 风险管理策略实施

EPC 全过程管理实践 风险控制与质量保障 风险管理策略实施

在光伏储能充电桩项目 EPC 实施进程中，技术方面的风险主要来自光伏组件和储能系统的适配性、充电桩功率的匹配情况以及智能控制算法的稳定性。要通过前期技术方案的论证，引入第三方开展技术评审工作，建立设备选型的多方面参数验证体系，以此保证核心设备的性能适配度。环境风险关联项目选址的地质状况、电网接入规模以及极端气候影响，需在勘察阶段开展地质雷达探测与电网承载能力评估，结合项目所在地区气候资料制定防风、防雷和防洪专门预案，同时运用模块化设计加强设备抗灾性能。管理风险包括进度滞后、成本超出预算以及跨部门协作不佳等情况。需要搭建动态的进度监测体系，运用 BIM 技术对施工流程进行模拟，从而优化资源的分配。同时要建立成本预警制度，并设定阶段性的成本管控节点。除此之外还需清晰界定设计、采购、施工各个环节的责任界限，通过周度协调会议来处理跨部门衔接方面的问题。通过技术、环境、管理方面的风险辨识与分级评判，有针对性地拟定防控办法，能够确实减少项目实施进程里的不确定性，确保 EPC 项目得以顺利开展。

2. 质量保证机制建立

质量保障机制贯穿 EPC 全流程，确定质量管控标准并搭配科学检测手段。在设计环节，按照相关标准针对光伏组件、储能电池、充电桩等核心参数开展仿真验证工作，通过 BIM 技术预先识别设计冲突。在采购环节建立供应商评估体系，针对主要指标开展抽样检验，综合第三方实验室报告以及现场见证取样来保证设备符合标准。施工环节针对光伏阵列倾斜角度、接地电阻数值、电缆铺设等主要施工工序设定质量控制要点，运用红外热像仪、绝缘电阻测试仪开展检测工作并建立可追溯的质量档案。在调试环节开展系统联合调试，模拟各类负荷状况，通过电能质量分析仪对谐波、电压波动等指标予以检测。建立质量责任追溯体系，定时开展内部审核与外部审核，打造包括设计验证、过程把控、成果检验的全流程质量保障方案。

（三）案例经验与改进建议

1. 成功案例实践分享

某产业园区光伏储能充电桩 EPC 项目通过全流程管理实现工程周期缩减 15%、投资成本减少 8% 的效果。项目小组于设计环节运用 BIM 技术对光伏阵列布局、储能系统容量配置以及充电桩分布进行整合，预先识别管线冲突和空间利用方面的问题，降低施工阶段的变更情况。在采购阶段建立供应商动态评价机制，优先挑选拥有光伏组件、储能电池和充电桩一体化供应能力的厂家，保证设备兼容性和交付时效性。建设施工阶段开展模块化装配工作，把充电桩基础和储能柜预制件于工厂加工完成后在现场进行组装，并且运用实时进度管理系统，让光伏并网调试和储能系统充放电测试同步进行，实现各子系统的无缝对接。项目实现成功的主要要素包括设计和施工的深度协作、跨专业团队的高效交流，以及针对光伏出力的波动性、储能响应的速度和充电桩负荷特性的动态适配。此案例显示，EPC 模式下开展全流程整合管理，可有效攻克光伏储能充电桩项目里多系统协同的技术难题，为相似项目提供可复制的实践经验。

2. 教训与优化策略建议

在 EPC 管理的实际操作里，常常会碰到设计和施工分离、多专业协作不够等状况。某项目由于未全面考量储能和充电桩功率的适配情况，导致电缆截面调整使得工期延误 15 天，成本增加 8%；另一个项目因缺少数据共享平台，设计变更滞后造成返工率达到 12%。优化策略包含：在设计环节引入 BIM 三维协同模型，预先模拟空间冲突情况，把设计变更率把控在 5% 以内；在施工环节建立跨专业沟通机制，保证环节衔接误差不出 2 天；加强全周期风险管控工作，搭建供应商备选库以及设备动态监测体系，使供应链中断风险降低 30%。未来需推进数字化管理平台搭建，整合设计、采购、施工方面的数据，实现进度、成本、质量的实时可视化管理控制，使 EPC 管理效率提高 15% 以上。

五、总结

光伏储能充电桩项目依靠系统集成优化手段（包括光伏阵列倾角适配、储能容量动态匹配以及功率调度算法优化）实现能源

效率的提高和经济性的改善，EPC 全过程管理通过设计、采购、施工各阶段的无缝对接和风险管控来保障项目的进度与质量。二者深度结合是项目顺利落地的核心，化解传统充电桩能源供应不稳定、成本较高的难题，为新能源基础设施大规模推广提供可复制的案例。目前研究在极端气候情形下系统稳定性的实证分析不

够，EPC 管理的数字化运用尚待强化。未来需关注智能化技术的运用，促进系统和电网的双向交互，探寻 EPC 数字化的转变，通过 BIM、物联网实现全生命周期的动态监测，提高项目的综合效益与可持续发展能力。

参考文献

[1] 吕晓燕. 计及储能的光伏制氢项目容量配置优化研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2023.

[2] 郑婷婷. 蒙能敖汉旗光伏电站工程项目集成管理优化研究 [D]. 长春工业大学, 2022.

[3] 张珂瑞. 基于退役电池梯次利用的光储充电站储能容量优化配置 [D]. 新疆大学, 2023.

[4] 李静茹. 基于光伏功率预测的微电网储能优化配置 [D]. 山西大学, 2022.

[5] 荣家栋. EPC 总承包模式下 A 光伏电站项目进度管理研究 [D]. 贵州大学, 2022.

[6] 李晓琛. 光伏发电储能充电一体化应用分析 [J]. 通信电源技术, 2023, 40(8):51-54.

[7] 桂强, 史一炜, 周云, 等. 考虑储能动态运行特性的充电站光储容量优化配置模型 [J]. 电力建设, 2021, 042(005):90-99.

[8] 张学佳. 海外 EPC 总承包电站工程项目精细化管理对策分析 [J]. 项目管理技术, 2016, 014(6):51-56.

[9] 何佳, 闫娜, 张健, 等. 电动公交车充电站光伏储能系统容量配置优化 (英文) [J]. Journal of Central South University, 2023, 30(12):4268-4284.

[10] 李慧玲, 王维军, 廖亚特, 等. 基于电动汽车充电管理的村级光伏发电系统公用储能配置优化研究 [J]. 广东电力, 2023, 36(12):30-38.