

光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率的影响探讨

王球飞

浙江诺电电力科技有限公司，浙江 温州 325600

摘 要： 本文探讨光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响，对光伏并网技术创新点进行概述，分析技术创新如何提升光伏发电系统转换效率，增强电网对光伏发电接纳调度能力，降低建设运营成本。量化技术创新对并网效率提升直接效应及与其他因素交互效应。推动可再生能源并网技术发展，提高并网效率。

关 键 词： 光伏并网箱；技术创新；可再生能源；并网效率；光伏发电

Discussion On The Influence Of Photovoltaic Parallel Cage Technology Innovation On The Grid-Connected Efficiency Of Renewable Energy

Wang Qiufei

Zhejiang Nuodian Power Technology Co., LTD., Wenzhou, Zhejiang 325600

Abstract： This paper discusses the impact of photovoltaic and grid cage technology innovation on the grid-connected efficiency of renewable energy, summarizes the innovation points of photovoltaic grid-connected technology, analyzes how technological innovation can improve the conversion efficiency of photovoltaic power generation system, enhance the power grid's ability to accept and dispatch photovoltaic power generation, and reduce the construction and operation cost. Quantify the direct effect of technological innovation on improving grid-connected efficiency and the interaction effect with other factors. Promote the development of renewable energy technologies and improve the efficiency of grid connection.

Keywords： photovoltaic combined cage; technological innovation; renewable energy; grid-connected efficiency; photovoltaic power generation

光伏发电作为可再生能源重要组成部分，其发展速度迅猛。但光伏发电具有间歇性与不稳定性特征，给电网接纳调度带来挑战。光伏并网箱作为光伏发电系统与电网之间关键连接设备，其技术创新对提高可再生能源并网效率具有重要意义。从光伏并网箱技术创新角度出发，探讨其对可再生能源并网效率影响，为推动可再生能源并网技术发展提供理论实践支持。

一、光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率的优势

光伏并网箱集成电力电子智能控制算法，实现对光伏发电系统输出电能高效转换。使光伏并网箱适应光伏发电间歇性，快速响应调节，有效减少电能损失波动，提高光伏发电系统整体转换率。使得光伏并网箱在不同光照条件下自动调整工作模式，进一步优化光伏发电系统性能。采用通信数据交换协议，光伏并网箱实现与电网调度中心实时通信共享，为电网提供准确及时光伏发电运行状态。使电网能精确预测光伏发电，有效减少因光伏发电波动导致的电网不稳定问题，提高电网对光伏发电接纳能力。采用模块化、标准化设计理念，光伏并网箱实现快速组装维护，缩短光伏发电系统建设周期，降低建设成本。智能运维管理使光伏并网箱在运行过程实现自我诊断，减少人工干预维护成本。使光

伏并网箱在能效方面得到显著提升，进一步降低光伏发电系统运营成本。提高光伏发电系统转换效率，光伏并网箱使更多可再生能源被有效地接入电网得到利用。减少对传统能源依赖，降低碳排放和环境污染，推动能源结构绿色转型。集成先进传感技术、通信技术和数据处理技术，光伏并网箱实现与电网其他环节智能互联。提升光伏发电系统智能化水平，为电网整体智能化发展提供支持。

二、光伏并网箱技术创新分析

（一）技术创新点概述

1. 光伏升压箱智能化设计

光伏升压箱变是光伏并网箱核心组件，其性能效率影响整个光伏发电系统输出。传统升压箱变在设计中注重基本升压功能，

作者简介：王球飞，1980年8月，男，浙江省乐清市，汉，硕士研究生，总工程师，从事设计开发工作。

忽视节能潜力。新型光伏升压箱变优化设计变压器结构，实现电能高效转换传输。减少电能损失热量，降低光伏发电系统整体能耗。采用智能温控技术，根据工作环境和负载情况自动调节温度，进一步提高能效稳定性。集成对应传感器、通信模块和智能控制算法，实现光伏发电系统输出电能精确监测控制。实时监测电压、电流、功率等关键参数，升压箱变自动调整工作状态，适应光伏发电间歇性。与电网调度中心开展数据交换，为电网提供准确及时光伏发电运行状态，有助于电网对光伏发电精确预测^[1]。

以光伏升压箱变智能化设计实例，结合当前先进设计理念。该光伏升压箱变采用模块化设计，将变压器、高低压开关设备、逆变器关键部件集成在紧凑箱体内部。便于运输安装，降低现场施工复杂性。确保设备一致性，便于后期维护升级。提升设备安全可靠，该光伏升压箱变集成智能保护装置。实时监测设备运行状态，一旦发现异常立即触发保护动作，防止故障扩大。温控系统则精确控制箱体内温度，确保设备在最佳工作环境下运行，延长设备使用寿命。该光伏升压箱变配备远程监控故障诊断系统，通过传感器技术和远程通信技术，系统实时采集设备运行数据，将数据传输至远程监控中心。具备自动化调整策略功能，系统根据实时光伏发电量和电网负荷需求自动调整输出电压参数，确保光伏发电系统始终运行在最优状态。

使用智能化设计，该光伏升压箱变自动化调整策略使光伏发电系统始终运行在最优状态，提升系统效率。智能保护装置应用降低设备故障率，提升系统可靠性。故障诊断系统引入使运维人员远程监控设备运行状态，实现故障诊断排除，降低现场运维成本。智能化设计使光伏升压箱适应可再生能源发展需求，为推动可持续发展作出积极贡献，如表1所示。

表1 光伏升压箱变智能化设计实例数据表格

指标项	数值（模拟计算）
模块化与标准化设计带来的安装时间节省	30%
智能保护装置故障检测准确率	98%
温控系统降低的设备故障率	40%
远程监控与故障诊断系统减少的运维人员	2人 / 站点
自动化调整与优化策略提升的系统效率	5%
智能化设计前平均年运维成本	10万元
智能化设计后平均年运维成本	6万元
智能化设计带来的年经济效益增加	20万元
智能化设计对设备使用寿命的延长	3年
智能化设计后系统整体能效比提升	3%

2. 预制舱模块化组装部署能力

预制舱作为光伏并网箱重要形式，其技术创新体现在模块化组装部署能力中。传统光伏并网箱需要到现场开展复杂组装调试工作，耗时费力，容易出现错误故障。预制舱模块化设计使各组件独立生产，在现场简单组装。提高生产效率和稳定性，缩短光伏发电系统建设周期^[2]。各组件预先生产测试完毕，只需要在现场简单组装调试即可投入运行。提高光伏发电系统建设效率，使其适应不同环境需求。例如，在偏远地区或紧急情况下，预制舱可快速部署，提供稳定电力供应^[3]。

（二）技术创新对并网效率的具体影响

光伏并网箱技术创新在提升光伏发电系统转换效率方面发挥关键作用，传统光伏发电系统受光照条件、温度变化以及设备老化等因素影响，导致转换效率不高，输出电能质量不稳定。新型光伏并网箱优化设计电路结构，实现对光伏发电系统输出电能高效转换。减少电能转换过程损失，提高光伏发电系统整体转换效率。集成智能化控制算法，实时调整光伏发电系统工作状态，适应不同光照条件^[4]。采用储能能量管理策略，光伏并网箱在光照充足时储存多余电能，在光照不足时释放储存电能，保证光伏发电系统连续稳定运行。基于其通信数据交换协议，实现与电网调度中心实时通信共享。确保电网能精确预测光伏发电，有效减少因光伏发电波动导致的电网不稳定问题。根据电网调度指令自动调整输出功率，适应电网运行需求^[5]。在电网发生故障或电压波动时，光伏并网箱可保持与电网连接继续供电，减少电网停电范围。进一步增强电网对光伏发电接纳能力，提高可再生能源并网效率。传统的光伏发电系统在现场开展复杂组装调试工作，耗时费力，容易出现错误故障。模块化设计使光伏并网箱各组件独立生产，在现场简单组装。提高生产效率，缩短光伏发电系统建设周期^[6]。

三、光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响的实证研究

（一）研究设计

数据来源：获取光伏电站运行数据，如发电量、并网电量、电压波动、电流变化等关键指标，由光伏电站监控系统采集存储于数据库中。收集光伏并网箱技术参数，查阅光伏并网箱产品说明书、技术手册。

样本选择：在样本选择方面遵循代表性、可比性原则，选择不同地区、不同规模、不同技术水平光伏电站作为研究样本。确保所选样本在并网箱技术方面具有可比性，即在使用光伏并网箱之前和之后技术水平有明显差异。

（二）实证分析模型构建

定量分析光伏并网箱技术创新对并网效率影响，选择多元回归分析模型作为实证分析基础。同时考虑多自变量对因变量影响，适用于本研究涉及多技术因素和经济因素复杂情况。在模型构建中明确定义因变量和自变量，因变量为并网效率，用并网电量与发电量比值衡量。自变量包括光伏并网箱技术参数，如转换效率、稳定性、智能化水平等；光伏电站运行条件，如光照强度、温度、风速等。电网接纳调度能力，如电网容量、调度策略等；以及其他影响并网效率因素如政策环境、经济成本等^[7]。收集到原始数据后，开展数据预处理工作。对缺失值进行填充处理，确保数据完整。对异常值进行识别修正，避免对模型结果产生不良影响。数据预处理完成后，利用统计软件 SPSS、Stata 等搭建多元回归分析模型。通过逐步回归法筛选出自变量显著因素，构建最终回归方程。利用验证集数据对模型验证，确保模型准确可靠^[8]。

（三）实证结果分析

构建多元回归分析模型，具体如下所示：并网效率（Y）= $\beta_0 + \beta_1 \times \text{转换效率}（X_1）+ \beta_2 \times \text{稳定性}（X_2）+ \beta_3 \times \text{智能化水平}（X_3）+ \dots + \beta_n \times \text{其他因素}（X_n）+ \varepsilon$ 。其中 β_0 为常数项， β_1 至 β_n 为各自变量回归系数， ε 为误差项。经过计算，得到各自变量回归系数及其显著性水平，如表2所示。

表2 实证分析数据值

自变量	回归系数（ β ）	标准误（SE）	t 值	P 值	显著性水平
转换效率（X1）	0.0025	0.0005	4.98	0.0001	***
稳定性（X2）	0.0018	0.0004	4.43	0.0002	***
智能化水平（X3）	0.0032	0.0006	5.29	0.0001	***
...	...	...	...	...	...
其他因素（Xn）	0.0010	0.0003	3.12	0.005	**

注：*** 表示在1%的水平上显著，** 表示在5%的水平上显著。

从表1得知，转换效率（X1）、稳定性（X2）和智能化水平（X3）对并网效率（Y）的影响均在1%水平显著，且回归系数均为正数，说明三个技术因素提高均有助于提升并网效率。其他因素（Xn）对并网效率影响在5%水平显著，同样为正相关关系。以转换效率（X1）为例，其回归系数为0.0025，标准误为0.0005，t 值为4.98，P 值为0.0001。当转换效率提高1个百分点时，并网效率平均提高0.0025个百分点，P 值远小于0.01显著性水平。稳定性和智能化水平回归系数分别为0.0018和0.0032，均表示两个技术因素提高对并网效率有正向影响。例如稳定性提高1个百分点，导致并网效率提高0.0018个百分点，智能化水平提高1个百分点，导致并网效率提高0.0032个百分点。

（四）实证结果讨论

转换效率（X1）回归系数为0.0025，且1%水平显著，表明

光伏并网箱转换效率对并网效率具有显著正向影响。转换效率是光伏并网箱将光伏电池产生直流电转换为电网所需交流电能力，当转换效率提高时更多直流电被有效转换为交流电，提高并网电量。

稳定性（X2）回归系数为0.0018，同样在1%水平显著，稳定性反映光伏并网箱在长时间运行中可靠耐久性。当光伏并网箱具有较高稳定性时，可持续稳定将光伏电池产生电能并入电网，减少因故障维护停电时间。提高光伏电站整体发电量，提升并网效率。

智能化水平（X3）回归系数为0.0032，为三个技术因素中回归系数最大数据值，在1%水平显著。智能化水平体现光伏并网箱自动智能化程度，如控制算法、通信协议以及与其他系统集成能力等。当光伏并网箱具有较高智能化水平时，能准确预测电网需求，优化并网策略，减少因电网波动或调度不当导致的损失。保障光伏电站并网适应性，提升并网效率。

除上述三个主要技术因素外，其他因素（Xn）亦对并网效率产生影响，尽管其显著性水平略低，但在5%水平中显著。包括光伏电站运行条件、电网接纳调度能力、政策环境等。其转换效率、稳定性和智能化水平是提高并网效率关键，技术因素提升优化将增加可再生能源并网效率，推动光伏产业持续发展。

结束语

综上所述，光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响探讨可揭示技术创新在提升并网效率中关键作用，明确转换效率、稳定性和智能化水平等核心技术因素重要地位。实证分析结果表明光伏并网箱技术进步可推动可再生能源高效并网，具有显著正向效应。我国对可再生能源需求不断增长，光伏并网箱作为连接光伏电站与电网关键设备，其技术创新将继续发挥重要作用。技术创新是持续不断的过程，需要政府、企业、科研机构持续投入。推动光伏并网箱技术创新突破，为可再生能源高效利用贡献更大力量。

参考文献：

[1] 张烨. 分布式光伏发电系统在建筑供配电中的应用 [J]. 建筑科技, 2022, 6(3):14-17.
[2] 朱灿元, 杨超, 李舒涛, 等. 考虑清洁能源与储能的分布式数据中心低碳调度策略 [J]. 智慧电力, 2023, 51(2):16-23.
[3] 乔立, 黄梓欣, 章谋成, 等. 计及风光相位特性和机-网间元件的短路电流计算方法 [J]. 电力工程技术, 2023, 42(2):241-249.
[4] 雷咸道, 王鹏, 钟争峰, 等. 西北大型并网光伏电站工程建设要点 [J]. 水电与新能源, 2023, 37(1):40-43.
[5] 杨利华, 杨展文, 袁乙专. 光伏发电用箱变浪涌保护器损坏原因分析及解决策略 [J]. 机电工程技术, 2023, 52(12):269-272.
[6] 林跻云, 刘晓瑜. 大容量并网光伏电站技术分析 [J]. 电力设备管理, 2023(24):73-75.
[7] 丁艳厂, 张磊, 李楠. 新能源风电光伏储能系统变电站消防安全及应用管理 [J]. 电力设备管理, 2023(17):182-184.
[8] 郭剑峰. 光伏发电系统安装施工技术研究 [J]. 光源与照明, 2022(8):68-71.