

电力交易中的分布式光伏收益分析

王 婧

宁德市环三售电有限公司, 福建 宁德 352100

[摘要] 随着全球能源需求的不断增长和环境问题的日益严重, 寻求清洁、可再生的能源替代传统化石能源已成为各国共同面临的挑战。在众多可再生能源中, 光伏发电因其资源丰富、技术成熟和环境友好等优势, 成为推动能源转型的重要力量。分布式光伏发电作为一种新兴的能源利用方式, 具有建设周期短、灵活性高和自发自用等特点, 逐渐在居民、商业和工业领域得到广泛应用。本篇文章详细分析分布式光伏系统的成本构成、发电效率、投资回报周期及收益测算, 提出适用于批发用户的用电成本模型和电能量收入分析, 并探讨提高系统效率、降低成本和增加收益的优化策略与建议, 以期为分布式光伏发电在电力交易中的应用提供理论支持和实践指导。

[关键词] 分布式光伏发电; 电力交易; 收益分析; 经济性; 优化策略

DOI: 10.33142/hst.v7i9.13475

中图分类号: F426.61

文献标识码: A

Analysis of Distributed Photovoltaic Revenue in Electricity Trading

WANG Jing

Ningde Huansan Electric Sales Co., Ltd., Ningde, Fujian, 352100, China

Abstract: With the continuous growth of global energy demand and the increasingly serious environmental problems, seeking clean and renewable energy to replace traditional fossil fuels has become a common challenge faced by all countries. Among numerous renewable energy sources, photovoltaic power generation has become an important force in promoting energy transformation due to its abundant resources, mature technology, and environmentally friendly advantages. Distributed photovoltaic power generation, as an emerging energy utilization method, has the characteristics of short construction period, high flexibility, and spontaneous self use, and has gradually been widely applied in residential, commercial, and industrial fields. This article provides a detailed analysis of the cost composition, power generation efficiency, investment return cycle, and revenue calculation of distributed photovoltaic systems. It proposes an electricity cost model and energy income analysis suitable for wholesale users, and explores optimization strategies and suggestions to improve system efficiency, reduce costs, and increase revenue. The aim is to provide theoretical support and practical guidance for the application of distributed photovoltaic power generation in electricity trading.

Keywords: distributed photovoltaic power generation; electricity trading; profit analysis; economy; optimization strategy

1 概述

1.1 分布式光伏发电的定义及现状

分布式光伏发电系统 (Distributed Photovoltaic Power Generation System) 是指安装在用户附近, 利用太阳能光伏组件将太阳能直接转化为电能, 通过逆变器等设备输出可用电力的系统, 主要应用于住宅、商业、工业建筑的屋顶、幕墙以及地面等, 具有供电灵活、减少输配电损耗等优点。目前, 分布式光伏发电在全球范围内快速发展。我国截至 2023 年底, 全国累计装机容量已超过 200 吉瓦, 其中分布式光伏占据重要份额。政府出台了多项支持政策, 如补贴、上网电价保障等, 推动了分布式光伏的普及应用。

1.2 电力交易机制概述

电力交易机制是指电力市场中电力生产者与消费者之间通过市场化手段进行电能交易的规则和制度。电力交易主要分为现货市场和长协市场两种模式。现货市场是指电力在即时市场中的买卖, 而长协市场则是通过长期合同

锁定电价和电量。在分布式光伏发电系统中, 电力交易机制可以通过电网企业、第三方售电公司或直接用户参与实现^[1]。通过合理的电力交易机制, 可以提高分布式光伏电站的经济效益, 实现能源的高效利用。

2 技术经济性分析

2.1 分布式光伏系统的成本构成

分布式光伏系统的成本构成主要包括设备成本、安装成本、运营维护成本和财务成本。设备成本是最大的组成部分, 包括光伏组件、逆变器、支架、电缆及其他辅助设备。光伏组件的价格随着技术进步和市场需求的变化逐渐下降, 但其占总成本的比例仍然较高。逆变器作为将直流电转化为交流电的关键设备, 其性能和寿命对系统整体效率有重要影响。支架和电缆等辅助设备则根据安装环境和系统设计的不同而有所变化。安装成本包括系统设计、设备安装和调试等费用。系统设计需要根据现场条件进行光伏阵列的排布和布线方案的设计, 以最大化发电效率。设备安装涉及组件和支架的固定、逆变器和电缆的连接, 以

及系统的整体调试。安装成本还受到劳动力成本和施工环境复杂程度的影响。分布式光伏系统需要定期检查和清洁,以保证组件表面无灰尘和污垢,确保发电效率。监测系统可以实时检测光伏组件和逆变器的工作状态,及时发现和解决问题,从而减少发电损失。由于光伏系统初期投资较大,许多项目需要通过贷款或其他融资手段筹集资金。财务成本的高低取决于融资方式、贷款利率和还款期限等因素。合理的财务规划和管理可以有效降低财务成本,提高项目的整体经济性。

2.2 发电效率与经济性分析

发电效率受光伏组件转换效率、逆变器效率、光照条件、温度和阴影遮挡等因素的影响。光伏组件的转换效率是指将太阳能转化为电能的比例,当前市场上高效光伏组件的转换效率可达到20%以上。选择高效组件可以显著提高系统的发电量。逆变器效率是指将直流电转换为交流电的效率,一般在95%以上。高效逆变器不仅能减少电能转换损失,还能提高系统的稳定性和可靠性。光照条件包括太阳辐射强度和日照时间,受地理位置和季节变化影响较大。温度对光伏组件的性能也有重要影响,高温会降低组件的发电效率,因此在高温地区需采取降温措施,如安装通风设备或选用耐高温材料。阴影遮挡是影响发电效率的重要因素,建筑物、树木和其他障碍物都会对光伏组件造成阴影遮挡,减少发电量。在系统设计时,应尽量避免阴影遮挡,优化组件排布,保证光伏阵列的最大化曝光。

经济性分析常用的指标包括发电成本(LCOE)、投资回收期(PBP)和内部收益率(IRR)等。发电成本是指单位电量的生产成本,计算公式为:

$$LCOE = \frac{\text{总成本}}{\text{总发电量}} \quad (1)$$

投资回收期是指回收初始投资所需的时间,计算公式为:

$$PBP = \frac{\text{初始投资}}{\text{年净收益}} \quad (2)$$

内部收益率是使项目净现值为零的折现率,反映项目的盈利能力。高效的系统设计和优化的运营管理可以显著提高经济性,缩短投资回收期,增加内部收益率。

2.3 投资回报周期与收益测算

分布式光伏系统的投资回报周期是投资者关心的重要指标。回报周期受初始投资、运营维护成本、电价和发电量等因素的影响。通过收益测算,可以评估系统的经济可行性和投资价值。分布式光伏系统的收益主要来源于自发自用电量节约的电费、上网电量的售电收入和政府补贴。自发自用电量是指用户自行消耗的光伏发电量,其收益计算公式为:

自发自用电量收益=自发自用电量×电价

上网电量是指未被用户消耗而输送至电网的电量,其收益计算公式为:

上网电量收益=上网电量×上网电价

在实际应用中,分布式光伏系统的收益还受到电价波动、政策变化和市场环境等因素的影响。为了准确测算收益,需考虑多种情景进行敏感性分析和风险评估。

投资回报周期的计算公式为:

$$PBP = \frac{\text{初始投资}}{\text{年净收益}} \quad (3)$$

其中,年净收益为总收益减去运营维护成本和财务成本。通过合理规划和优化管理,可以缩短投资回收期,提高系统的经济效益。

内部收益率(IRR)的计算公式为:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4)$$

其中, C_t 为第t年的净现金流,n为项目的寿命。IRR反映了项目的盈利能力,当IRR高于项目的资本成本时,项目具有投资价值。

3 分布式光伏收益影响因素分析

3.1 电价水平

电价水平是影响分布式光伏收益的关键因素之一。分布式光伏的经济效益主要来源于发电量在电力市场中的出售价格,因此电价的高低直接决定了项目的收益水平。在电力市场中,电价受供需关系、燃料价格、政策导向和季节性因素等多种因素影响。电价在用电高峰期较高,而在用电低谷期较低。分布式光伏可以通过优化发电调度,在电价高峰期发电并出售,从而提高收益。对于签订了长期购电协议(PPA)的光伏项目,购电协议价格(即协议电价)是项目收益的重要组成部分。协议电价通常比市场电价稳定,有助于项目收益的预测和财务规划。在选择购电协议时,项目方需要考虑协议期限、价格调整机制和市场电价走势等因素。在一些地区,政府为了促进可再生能源的发展,可能会对光伏发电实施补贴或给予优惠电价。

3.2 发电量

光伏发电量受光伏组件性能、太阳能资源、系统设计和运维管理等多方面的影响。高效的光伏组件能够在相同的光照条件下产生更多的电力,从而提高项目收益。此外,组件的耐久性和衰减率也是影响长期发电量的关键因素。在选择光伏组件时,项目方应综合考虑组件的性能、成本和品牌信誉。光照强度和日照时长直接决定了光伏系统的发电能力。通常,光照资源丰富的地区更适合发展光伏发电。然而,气象条件的不确定性也可能带来发电量的波动。在进行项目选址时,应进行详细的光资源评估,选择最优地点。合理的系统设计有助于最大化光伏发电量,包括光伏组件的倾角、方位角、排布方式和逆变器选型等设计参数都需要综合考虑,以优化系统性能。此外,采用跟踪系统可以动态调整光伏组件的角度,跟踪太阳轨迹,提高发电量。光伏系统的运行维护对长期发电量具有重要影响。定期的检查和维护可以及时发现和解决故障,确保系统正常运行。此外,组件表面的清洁度也会影响发电效率,定

期清洗可以提高光伏组件的光吸收能力。

3.3 政策支持

尽管分布式光伏项目当前可能没有直接的政府补贴，但政策支持仍然是影响其收益的重要因素。政策支持可以体现在多方面，包括市场准入、税收优惠、金融支持和技术标准等。政府可以简化项目审批流程、降低市场准入门槛等。这些政策有助于减少项目的前期准备时间和成本，提高项目的投资回报率。一些地方政府可能会对分布式光伏项目实施税收优惠政策。例如，免除或减免项目建设和运营过程中的增值税、所得税等。国家开发银行、政策性银行等金融机构可能会提供优惠贷款利率，降低项目融资成本。此外，政府还可能通过担保机制，降低项目融资风险，吸引更多社会资本参与光伏项目投资。制定光伏组件和逆变器的性能标准，推广先进的光伏系统设计和运维管理方法。

4 市场环境下的收益比较与优化

4.1 中长期市场收益分析

在中长期市场中，分布式光伏项目通常通过签订长期购电协议（PPA）来锁定电价和保证收益的稳定性。由于PPA通常涵盖数年甚至十年以上，项目方可以通过这种方式减少市场价格波动带来的不确定性和风险，项目方可以在合同期内获得稳定的电价，这样可以避免市场价格波动对收益的影响。稳定的现金流可以帮助项目方获得更为优惠的融资条件，因为投资者和金融机构更愿意为收益有保障的项目提供资金支持。稳定的收益使得项目方能够进行更为长期的运营和维护规划，从而提高光伏系统的整体效能和寿命。

4.2 现货市场收益分析

现货市场电价波动较大，受供需关系、天气条件和电网运行状况等多种因素影响。在电力需求高峰期，现货市场电价通常较高，项目方可以在这些时段出售电力，获取较高的收益。现货市场允许项目方根据市场价格动态调整发电和交易策略。例如，通过储能系统，可以在电价较低时储存电力，在电价较高时出售，从而优化收益。现货市场还为分布式光伏项目提供了参与辅助服务市场的机会，例如频率调节和备用电源服务，获得额外收入。

4.3 绿电交易收益分析

随着国家政策的驱动，绿电交易市场逐渐完善。政府出台了《电力现货市场基本规则（试行）》和《关于进一步加快电力现货市场建设工作的通知》等政策，明确推动分布式新能源上网电量参与市场，促进绿电交易的发展。企业和消费者对绿色电力的需求不断增加，尤其是在一些环保意识强的地区和行业。在绿电交易中，分布式光伏可以通过单个交易或聚合交易的方式参与。例如，广东和江苏允许分布式光伏单个交易，而浙江则需要聚合参与交易。不同的交易模式为分布式光伏项目提供了多样化的选择和收益途径。绿电交易通常享有较高的电价，特别是在一

些鼓励绿色能源发展的地区，政府会给予一定的电价补贴。绿电交易不仅带来经济收益，还能够提升企业的社会责任和环保形象，增强市场竞争力。

5 合理化建议与优化策略

5.1 灵活参与市场

项目方应综合考虑中长期市场和现货市场的特点，通过将部分发电量签订长期购电协议（PPA），确保基本收益的稳定；同时，将另一部分电力参与现货市场交易，获取潜在的高收益。这种组合策略既可以锁定长期收益，又能够灵活应对市场价格波动。储能系统在电力市场中的应用，可以显著提高分布式光伏项目的收益。项目方可以在电价较低时储存电力，在电价较高时释放电力，从而优化收益。此外，储能系统还可以提供备用电源、频率调节等辅助服务，获得额外收入。根据市场价格和电网需求，动态调整光伏发电策略。例如，在用电高峰期增加发电量，在用电低谷期减少发电量。

5.2 提高市场预测能力

项目方可以利用大数据和人工智能技术，分析历史市场价格和气象数据，建立市场价格和发电量预测模型。例如，可以利用机器学习算法，根据历史数据和实时信息，动态调整光伏系统的发电策略和交易决策。与市场运营方建立良好的合作关系，获取及时准确的市场信息和数据。这有助于项目方更好地了解市场动态，制定科学合理的交易策略。例如，通过参加市场运营方组织的培训和研讨会，学习和借鉴其他市场参与者的成功经验和先进做法。组建一支专业的市场分析团队，负责市场信息的收集、分析和预测工作。团队成员应具备丰富的市场分析经验和专业知识，能够根据市场变化，及时调整交易和运营策略。

5.3 争取政策支持

项目方应密切关注国家和地方政府的政策动向，通过参加行业协会、政策研讨会等渠道，获取政策解读和实施细则，为项目运营提供政策依据。例如，国家和地方政府可能会出台促进分布式光伏发展的政策，如简化审批流程、降低市场准入门槛等，项目方应积极响应和利用这些政策，提高项目收益。项目方可以通过与政府部门和政策制定机构的沟通和交流，争取有利于分布式光伏发展的政策支持。例如，可以提出降低税费、提供融资支持等建议，促进政策的优化和完善。一些地方政府可能会对分布式光伏项目实施税收优惠政策。例如，免除或减免项目建设和运营过程中的增值税、所得税等。项目方应充分利用这些税收优惠政策，降低项目成本，提高项目净收益。项目方应积极争取政府的金融支持，通过申请优惠贷款、争取担保机制等，降低项目融资成本。例如，国家开发银行、政策性银行等金融机构可能会提供优惠贷款利率，项目方应积极申请和利用这些优惠政策，降低融资成本。政府制定和推广分布式光伏的技术标准和规范，有助于

提高项目的建设质量和运行效率。项目方应严格遵循这些技术标准和规范,确保项目的合规性和稳定性。例如,国家能源局可能会制定光伏组件和逆变器的性能标准,项目方应按照这些标准进行选型和采购,提高光伏系统的发电效率和可靠性。

5.4 提高技术应用水平

引入先进的智能控制系统,提高光伏系统的管理和调度能力。例如,采用智能逆变器和能量管理系统,优化发电和用电的平衡,提高系统效率。建立健全的运维体系,定期对光伏设备进行检查和维护,确保系统的长期稳定运行。采用远程监控和诊断技术,及时发现和解决故障,提高系统可靠性。持续进行技术创新和研发,提高光伏系统的技术水平。例如,研发高效光伏组件、新型储能材料和智能控制算法,提升系统的发电效率和经济性。

5.5 优化运营管理

对光伏项目进行精细化管理,从设计、建设、运营等各环节入手,优化资源配置和管理流程,提高项目的整体效益。加强对光伏项目管理人员和技术人员的培训,提高其专业素质和管理能力。建立人才激励机制,吸引和留住优秀人才,为项目的长期发展提供人才保障。制定完善的风险管理体系,识别和评估项目可能面临的各类风险,采取有效的风险防范和应对措施。例如,建立风险预警机制

和应急预案,提高项目的抗风险能力。

6 结语

分布式光伏发电作为一种可再生能源技术,正日益受到各国政府和市场的重视,其在电力交易中的经济效益和环境效益也逐渐显现。分布式光伏发电不仅是解决能源危机和环境问题的重要途径,也是推动电力市场改革和能源结构优化的重要手段。深入研究和实践应用,分布式光伏系统将在未来的能源发展中发挥越来越重要的作用,为构建绿色、低碳、可持续的能源体系提供有力支持。

[参考文献]

- [1]许崇庆,张同乐,闫桂焕.基于系统动力学的能源系统发展策略研究[J].江苏商论,2024(7):107-111.
- [2]李建林,胡笳扬,辛迪熙,等.基于参数自调节的电氢耦合系统调频控制策略研究[J].高压电器,2024,60(7):1-11.
- [3]夏永洪,陈文睿,赵永嘉,等.考虑多能源同台竞价的电力中长期融合交易机制设计与实践[J].南昌大学学报(工科版),2024,46(2):212-219.

作者简介:王婧(1985.7—),女,毕业院校:福建农林大学,所学专业:计算机科学与技术,当前工作单位:宁德市环三售电有限公司,职务:市场业务部副主任,职称级别:中级。