

分布式光伏与储能系统在建筑电气中的协同施工及需求响应策略研究

袁 亮

苏州正和建设工程有限公司 江苏 苏州 215000

【摘要】本研究旨在深入探讨分布式光伏与储能系统在建筑电气中的协同施工方法及需求响应策略，通过优化系统设计、施工流程和运行管理，实现分布式光伏与储能系统的高效协同运行，提高建筑电气的能源利用效率、供电可靠性和经济性。同时，研究需求响应策略，引导用户根据电网需求和电价信号合理调整用电行为，促进分布式光伏与储能系统与电网的友好互动，为建筑能源的智能化管理提供理论支持和实践指导。

【关键词】分布式光伏；储能系统；建筑电气；协同施工；需求响应策略

DOI:10.12417/2811-0528.26.04.067

随着全球能源需求的持续增长和能源结构的转型，可再生能源的开发与利用成为解决能源问题和应对气候变化的关键举措。分布式光伏因安装灵活、靠近用户而广泛应用于建筑领域，但其发电具有间歇性和波动性，影响供电稳定。储能系统可存储和释放电能，解决光伏不稳定性，提升能源利用效率和供电可靠性。二者协同应用是建筑电气领域的研究重点，对推动建筑能源可持续发展具有重要意义。

1 分布式光伏与储能系统协同在建筑电气中的重要性

1.1 提高能源利用效率

分布式光伏系统因光照和负荷变化存在电能无法及时消纳的问题。储能系统可存储多余电能并在需要时释放，避免浪费并提高能源利用效率。例如白天光伏发电富余时储能，夜晚或阴天发电不足时释放，实现能源合理调配。

1.2 增强供电可靠性

建筑电气对供电可靠性要求高，传统依赖电网的方式在电网故障时会影响建筑用电。分布式光伏与储能系统协同可提供备用电源，在停电时自动切换，保障照明、电梯、消防等重要负荷，提高供电可靠性和抗灾能力。尤其在灾害频发地区，该系统可减少停电损失。

1.3 促进可再生能源消纳

随着分布式光伏在建筑领域的广泛应用，其发电量不断增加，给电网的消纳带来了一定压力。储能系统可以通过调节充放电功率，平滑分布式光伏的输出功率曲线，使其更符合电网的负荷需求，提高电网对分布式光伏的接纳能力，促进可再生能源的大规模消纳。

1.4 实现节能减排目标

分布式光伏是一种清洁能源，其发电过程不产生温室气体排放。储能系统的应用可以进一步提高分布式光伏的利用效率，减少对传统化石能源的依赖，降低建筑的碳排放，有助于实现建筑领域的节能减排目标，推动建筑行业的绿色可持续发展。

2 分布式光伏与储能系统协同施工的关键技术要点

2.1 系统设计

2.1.1 容量配置设计

分布式光伏与储能系统容量配置需综合考虑用电负荷、光照资源和储能效率。通过分析建筑历史用电数据确定负荷特性，结合光照数据计算光伏装机容量和储能容量。工业建筑用电负荷大、光照充足时可增加光伏容量和储能系统，提高能源自给率；民用建筑负荷小、光照一般时按需配置，实现经济高效供能。

2.1.2 系统拓扑结构设计

分布式光伏与储能的拓扑结构影响系统性能。主要有直流耦合与交流耦合两种。直流耦合将光伏、储能和直流负荷直连直流母线，结构简单、效率高，适用于直流设备多的建筑。交流耦合将光伏和储能经逆变器接交流母线，再连负荷和电网，灵活性高、易于扩展，适用于交流设备多的建筑。实际设计需根据建筑需求选择合适结构。

2.1.3 电气保护设计

为确保分布式光伏与储能系统的安全可靠运行，需要进行完善的电气保护设计。包括过流保护、过压保护、欠压保护、短路保护、过温保护等。在光伏发电系统中，应设置直流侧和

交流侧的过流保护装置，防止电流过大损坏设备；在储能系统中，应配置电池管理系统（BMS），实时监测电池的状态参数，如电压、电流、温度等，当电池出现过充、过放、过温等异常情况时，及时采取保护措施，延长电池使用寿命，保障系统安全。

2.2 设备选型与安装

2.2.1 光伏组件选型

光伏组件是分布式光伏系统的核心设备，其性能直接影响系统发电效率和可靠性。选型需考虑转换效率、功率衰减率、抗PID性能和温度系数等因素。市场常见类型包括单晶硅、多晶硅和薄膜光伏组件。单晶硅效率高、衰减低但成本高；多晶硅成本低但效率略低；薄膜组件柔性好、弱光性能好，适用于特殊建筑表面。应根据建筑情况和预算选择合适类型。

2.2.2 储能设备选型

储能设备的选型主要考虑储能技术类型、能量密度、充放电效率、循环寿命、安全性等因素。常见的储能技术类型包括锂离子电池、铅酸蓄电池、液流电池等。锂离子电池具有能量密度高、充放电效率高、循环寿命长等优点，是目前应用最广泛的储能技术；铅酸蓄电池成本较低，但能量密度和循环寿命相对较低；液流电池具有安全性高、寿命长等特点，适用于大规模储能场景。在建筑电气领域，应根据项目的需求和预算选择合适的储能设备类型和容量。

2.2.3 设备安装

设备的安装质量直接影响系统的运行性能和安全性。在安装光伏组件时，应确保组件的安装角度和朝向符合设计要求，以获得最佳的光照接收效果；同时，要注意组件之间的间距和排列方式，避免阴影遮挡。储能设备的安装应选择通风良好、干燥、防火的场所，并按照设备厂家的安装说明书进行安装和接线，确保设备的安装牢固、接线正确。此外，还应做好设备的防雷接地和防火防爆措施，保障设备和人员的安全。

2.3 施工流程管理

2.3.1 施工准备

施工前应做好充分的准备工作，包括施工图纸的审核、施工人员的培训、施工设备和材料的采购与检验等。组织施工人员熟悉施工图纸和相关技术规范，明确施工任务和质量要求；对施工设备进行调试和检验，确保设备性能良好；对采购的材料进行质量检验，确保材料符合设计要求。

2.3.2 施工过程管理

在施工过程中，应严格按照施工图纸和施工规范进行施

工，加强施工现场的质量管理和安全管理。建立质量管理体系，对施工过程中的各个环节进行质量检查和验收，确保施工质量符合要求；加强安全管理，制定安全管理制度和应急预案，对施工人员进行安全教育和培训，配备必要的安全防护用品，确保施工安全。

2.3.3 施工验收

施工后需严格验收，包括外观检查、设备性能测试、电气安全检查和系统联调联试。需测试光伏发电功率、储能系统性能和电气参数，确保符合要求；检查安全装置和接地电阻；验证系统运行稳定可靠。

3 需求响应策略的制定与实施

3.1 基于电价信号的需求响应策略

电价是引导用户调整用电行为的重要信号。通过实行峰谷电价、实时电价等电价政策，鼓励用户在电价低谷时段增加用电，在电价高峰时段减少用电，实现电力资源的优化配置。在分布式光伏与储能系统的协同运行中，可以根据电价信号制定相应的需求响应策略。例如，在电价低谷时段，储能系统进行充电，存储廉价的电能；在电价高峰时段，储能系统放电，满足建筑的用电需求，减少从电网购买高价电，降低用电成本。同时，可以引导用户在电价低谷时段使用大功率用电设备，如电动汽车充电、热水器加热等，提高能源利用效率。

3.2 基于电网需求的需求响应策略

电网的负荷需求是动态变化的，为了保障电网的安全稳定运行，需要用户根据电网的需求调整用电行为。分布式光伏与储能系统可以通过与电网的互动，实现基于电网需求的需求响应。例如，当电网负荷高峰时，储能系统可以减少充电功率或增加放电功率，向电网提供一定的电力支持，缓解电网压力；当电网出现故障或紧急情况时，分布式光伏与储能系统可以自动切换到孤岛运行模式，为建筑内的重要负荷提供电力保障，同时根据电网的调度指令，调整自身的运行状态，配合电网的恢复和调整。

3.3 基于用户舒适度的需求响应策略

在制定需求响应策略时，还应充分考虑用户的舒适度需求。不能因为追求能源的节约和电网的稳定而过度影响用户的生活和工作质量。例如，在调整空调、照明等设备的用电功率时，应在保证用户舒适度的前提下进行。可以采用智能控制系统，根据室内外环境参数和用户的使用习惯，自动调节设备的运行状态，实现能源的节约和用户舒适度的平衡。例如，在夏季高温时段，适当降低空调的温度设定值，但同时通过优化空调的运行模式，提高能源利用效率，减少能源消耗。

3.4 需求响应策略的实施与评估

为了确保需求响应策略的有效实施，需要建立完善的需求响应管理系统。该系统应具备数据采集、分析处理、决策指挥等功能，能够实时监测分布式光伏与储能系统的运行状态、建筑的用电负荷情况和电网的需求信息，根据预设的需求响应策略自动生成控制指令，实现对系统的优化调度和控制。同时，应定期对需求响应策略的实施效果进行评估，根据评估结果及时调整和优化策略，提高需求响应的准确性和有效性。评估指标可以包括用电成本降低率、电网负荷削减率、用户舒适度满意度等。

4 实际案例分析

4.1 案例介绍

以某易捷工具“光储充一体化”园区为例，该园区集成屋顶光伏、储能系统与充电桩，构建能源闭环。屋顶安装天合至尊N型组件，年发电量超130万度；配套215kWh工商业储能柜，通过光储协同管理系统动态分配电力。

4.2 协同施工情况

在系统设计方面，根据园区的用电负荷特性和光照资源条件，合理配置了分布式光伏系统和储能系统的容量。采用交流耦合拓扑结构，满足园区内交流用电设备的需求。在设备选型

上，选择了转换效率高、性能稳定的光伏组件和能量密度高、充放电效率高的锂离子电池储能设备。施工过程中，严格按照施工规范进行安装和调试，确保了系统的施工质量和安全性。

4.3 需求响应策略实施效果

该园区制定了基于电价信号和电网需求的需求响应策略。在电价低谷时段，储能系统进行充电；在电价高峰时段，储能系统放电，同时根据电网的负荷需求，调整光伏和储能系统的输出功率。通过实施需求响应策略，园区实现了年收益近百万元，减排1300吨CO₂，同步规避了出口“碳关税”风险。同时，储能系统的应用提高了园区供电的可靠性，在电网停电时能够为重要负荷提供电力保障，保障了园区的正常生产运营。

5 结论

本研究探讨分布式光伏与储能的协同施工及需求响应策略。通过分析系统设计、设备选型与安装等关键技术，提供协同建设指导，并制定基于电价、电网需求和用户舒适度的响应策略。实际案例验证了策略的有效性。研究表明，协同应用可提高能源效率、供电可靠性和经济性，促进可再生能源消纳，实现建筑能源可持续发展。未来需加强技术创新，提高设备性能、降低成本，完善政策法规与标准，推动智能控制和信息化技术应用，实现智能化管理与优化运行，助力建筑行业绿色转型。

参考文献：

- [1] 周强,姚朴.考虑需求响应的分布式光伏储能系统双层优化配置[J].能源与环保,2025,47(01):155-160.
- [2] 杨会强.分布式光伏发电系统中储能技术的实践应用[C]//广西网络安全和信息化联合会.2025年第一届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集.德和科技集团股份有限公司,2025:80-82.
- [3] 陈元琦.基于分布式光伏发电混合储能方法应用分析[J].电力设备管理,2024,(20):140-142.
- [4] 何文.分布式光伏发电系统中储能技术的实践应用[J].电力设备管理,2024,(19):94-96.
- [5] 王兵.分布式光储能量管理系统及其控制策略[J].中国科技信息,2024,(15):108-111.