

区域型虚拟电厂在城区规划中的多元价值挖掘和规划策略研究

肖羽姜涛

国网信息通信股份有限公司 北京 100000

【摘要】随着能源转型的加速和智能电网的发展，区域型虚拟电厂（VPP）作为一种新兴的能源管理模式，在城区和区域规划中展现出重要的应用潜力。本文深入探讨了区域型虚拟电厂的概念、构成和运行原理，详细分析了其在城区规划中的多元价值，包括能源供应保障、削峰填谷、节能减排、提升电网可靠性等方面。在此基础上，提出了基于区域型虚拟电厂的城区规划策略，包括资源评估与整合、优化布局、技术支撑体系构建、政策与市场机制设计等，旨在为城市和区域的能源可持续发展提供理论依据和实践指导。

【关键词】区域型虚拟电厂；城区规划；区域规划；多元价值；规划策略

引言

在全球应对气候变化和能源转型的大背景下，城市和区域的能源系统正面临着巨大的变革。一方面，可再生能源如太阳能、风能等的大规模接入给电网带来了间歇性、波动性等挑战；另一方面，用户对能源供应的可靠性、质量和多样化需求不断提高。区域型虚拟电厂作为一种集成分布式能源资源（DERs）、灵活负荷和储能系统的智能能源管理平台，能够有效应对上述挑战，在城区规划中具有重要的战略意义。

1 区域型虚拟电厂概述

虚拟电厂（VPP）借助先进信息通信与控制技术，整合分布式电源（DG）、储能系统（ESS）、可控负荷等分布式能源资源，形成可统一调度控制的虚拟发电实体，区域型虚拟电厂聚焦特定城区或区域，对分散能源资源予以整合优化管理。其分布式电源涵盖太阳能光伏发电、小型风力发电、生物质能发电等，具分散性与间歇性，聚合控制后能供清洁电能；储能系统有锂离子电池等多种类型，可缓冲调节能量；可控负荷包含工业、商业、居民负荷的可调节部分，经需求响应技术能控制调节，如高峰时引导用户降低负荷。

2 区域型虚拟电厂在城区规划中的多元价值

2.1 保障能源供应安全

区域型虚拟电厂在保障能源供应安全方面具有关键作用，主要体现在提高能源自给率与增强供电可靠性两方面。它整合区域内分布式能源资源，像在偏远城区或工业

园区，充分利用当地太阳能、风能和生物质能等建设虚拟电厂，能有效减少对外部大电网的依赖，从而显著提升能源自给率，大大降低因外部电网故障引发的停电风险。同时，虚拟电厂中的储能系统与可控负荷可在电网出现故障或停电时快速提供备用电力。相关研究显示，在城市电网里运用区域型虚拟电厂辅助供电，关键负荷的停电时间能够减少[X]%，停电频率降低[X]%，这极大地增强了供电可靠性，有力地保障了诸如医院、数据中心、交通枢纽等城市重要设施的正常运转，为城市稳定运行筑牢能源根基。

2.2 实现削峰填谷，优化电网运行

区域型虚拟电厂在优化电网运行方面成效显著，主要体现在电力负荷削峰与填谷工作的开展。在电力负荷削峰上，借助对可控负荷实施需求响应，于高峰时段削减用电需求。以夏季用电高峰为例，通过合理调整商业建筑空调运行策略，适当提高温度设定，能大幅减少电力消耗。据某城市商业区数据统计，实施空调负荷需求响应后，高峰时段电力负荷可降低[X]%，极大缓解了电网供电压力。而在电力负荷填谷时，充分利用电力负荷低谷时段的低价电，对储能系统充电，并引导居民在夜间低谷电价时段使用电热水器、电动汽车充电等可调节负荷增加用电。如此一来，不仅使用户降低了用电成本，还成功平滑了电网的负荷曲线，使电网运行效率得到有效提升，促进电力资源的合理分配与高效利用，保障电网稳定且经济地运行。

2.3 促进节能减排，推动低碳发展

区域型虚拟电厂在推动节能减排进程中扮演着极为关键

的角色，这主要表现在提高可再生能源消纳率与降低碳排放两个重要方面。其能够对分布式可再生能源予以高效整合与妥善管理，有效攻克其间歇性和波动性难题，进而显著提升可再生能源消纳量。已有实践清晰表明，在可再生能源富集区域，借助虚拟电厂的优化调度，可再生能源消纳率得以从[X]%跃升至[X]%以上，有力减少了弃风、弃光等能源浪费现象，为清洁能源蓬勃发展注入强劲动力。与此同时，由于虚拟电厂大力提升了可再生能源利用占比，削减了对传统化石能源发电的倚赖程度，区域碳排放量随之大幅降低。以某中等规模城市区域为例，若全面普及区域型虚拟电厂，预估每年可减少二氧化碳排放[X]吨，这无疑对达成城市低碳发展目标具有不可估量的重要意义，为城市迈向绿色、可持续发展之路奠定坚实基础。

2.4 提升电网灵活性和适应性

区域型虚拟电厂对于提升电网灵活性和适应性有着不可替代的作用，主要体现在应对分布式能源接入挑战以及适应电网负荷变化两方面。随着分布式能源的大规模接入，电网运行控制复杂性剧增，而区域型虚拟电厂可对其进行统一管控调节，实现友好并网。如在分布式光伏中午发电高峰时，它能操控储能系统充电或调节可控负荷，防止大量光伏电力冲击电网引发电压波动与频率偏差等状况。同时，城市和区域电网负荷存在显著的日变化与季节变化规律，区域型虚拟电厂能够依据这些变化灵活调整分布式能源资源输出以及负荷调节，从而契合电网动态运行需求。例如冬季取暖负荷高峰之际，它能合理调配电采暖设备的运行时间与功率，并联合其他分布式能源和储能资源，确保电网稳定运行，为电网的平稳、高效运行提供坚实保障，助力电力系统在复杂工况下保持良好状态。

3 基于区域型虚拟电厂的城区规划策略

3.1 资源评估与整合策略

在基于区域型虚拟电厂的城区规划策略中，资源评估与整合策略是极为关键的基础环节。首先要开展分布式能源资源普查，全面梳理城区内的太阳能、风能、生物质能、地热能等可再生能源资源状况，借助地理信息系统（GIS）技术，融合当地气象数据、地形地貌与建筑分布信息，绘制太阳能光伏和小型风力资源分布图，精准明确各区域的开发潜力。接着进行负荷特性分析，深入探究工业、商业、居民等各类负荷的日、周、季节变化规律以及可调节性与灵活性，通过采集分析大量用电数据，锁定可用于需

求响应的负荷类型与数量，为虚拟电厂的负荷控制筑牢根基。然后是储能资源评估，考量电池储能、抽水蓄能、蓄热蓄冷等不同类型储能的技术经济特性与应用场景，结合区域能源需求与电网运行特点，确定适配的储能配置方案，强化虚拟电厂的能量调节能力。最后在完成上述资源普查和评估工作后，依据区域能源规划目标与电网运行要求，对分布式能源资源、负荷资源和储能资源进行整合与优化配置。比如将太阳能光伏资源富足区域的分布式电源与周边可调节负荷较大的工业企业或商业建筑相匹配，借助虚拟电厂达成能源的就地消纳与优化运用，从而提升整个城区能源系统的效率、稳定性与可持续性，为区域型虚拟电厂在城区的有效构建与运行提供有力支撑。

3.2 空间布局优化策略

在基于区域型虚拟电厂的城区规划策略里，空间布局优化策略极为关键。首先是分布式能源布局，需依据区域能源资源分布与负荷中心位置进行合理规划。对于太阳能光伏发电，鉴于其对日照条件与安装面积的要求，应优先布局在日照充足且建筑屋顶面积广阔之处，像工业园区和大型商业综合体就较为适宜，如此能充分利用空间资源并实现高效发电。而小型风力发电则宜选在城市郊区或高层建筑顶部等风能资源相对优良的区域安装，从而更好地捕捉风能转化为电能。储能系统布局同样不容忽视。其布局要兼顾与分布式能源和负荷的匹配关系以及对电网的支撑效能。在分布式电源集中接入点和负荷密集区附近设置储能系统，这有助于灵活调节分布式电源的功率波动，并且能对负荷变化作出快速响应，保障电力供应的稳定性。此外，考虑到电网的薄弱环节，在关键节点配置储能系统，可有效增强电网的可靠性，降低故障风险。最后是虚拟电厂控制中心布局。该中心必须拥有良好的通信条件以及对区域能源资源的监控能力，所以一般会建于城市的能源管理部门或电网调度中心附近。这样的选址便于其与电网调度系统和能源市场交易平台展开数据交互，实现协同运行，从而高效地对区域型虚拟电厂内的各类分布式能源资源、储能系统以及负荷进行统一调度与管理，确保整个区域能源系统有条不紊地运行，为城区能源的优化配置与稳定供应奠定坚实基础。

3.3 技术支撑体系构建策略

在区域型虚拟电厂的构建与运行中，技术支撑体系起着核心支柱的作用，涵盖智能监测与计量技术、通信与信息

交互技术以及先进的能量管理与优化调度技术等多方面。智能监测与计量技术通过安装如智能电表、智能传感器等先进设备,对分布式能源资源的运行状态、负荷的变化情形以及储能系统的充放电状况予以实时监测与精确计量。这使得用户用电行为和分布式电源发电功率能够被高精度测量,从而为虚拟电厂的能量管理和调度输送精准的数据基石。通信与信息交互技术致力于构建高速且可靠的通信网络。借助光纤通信、无线通信等手段打造虚拟电厂的专用通信网络,以此保障虚拟电厂内各构成部分之间,以及其与外部电网、能源市场之间的信息交互顺畅无阻。如此一来,能量管理系统(EMS)的控制指令能够精准且及时地传达,各能源资源和负荷的运行数据也可迅速上传,为系统的整体协同运作创造了有利条件。先进的能量管理与优化调度技术着重于研发与应用先进的能量管理系统(EMS)。该系统配备对分布式能源资源的预测、优化调度以及实时控制等关键功能,并采用遗传算法、粒子群算法等智能算法。依据电网的运行态势、电力市场价格信号以及用户的用电需求,EMS能够制定出最为优化的调度策略,达成虚拟电厂的经济高效运行以及对电网的有力支撑,推动区域型虚拟电厂在能源管理领域发挥更大效能,实现能源的优化配置与可持续利用。

3.4 政策与市场机制设计策略

在区域型虚拟电厂的发展进程中,政策与市场机制设计策略具有极为关键的引领和规范作用,主要涵盖激励政策制定、市场准入与交易机制以及监管与评估机制等重要方面。激励政策制定方面,政府承担着关键角色。通过出台一系列有针对性的激励政策,大力推动分布式能源资源的开发利用以及虚拟电厂的建设运营。比如,为分布式电源和储能系统的投资提供补贴,有效缓解投资方的资金压力;对积极参与需求响应的用户给予电费优惠或经济奖励,提高用户参与的主动性和积极性。这些举措有助于降低虚拟电厂的建设运营成本,吸引更多市场主体投身其中,从而加速区域型虚拟电厂的推广普及。市场准入与交易机制层面,建立健全完善的虚拟电厂市场准入机制是基础。明确虚拟电厂在注册、认证以及运营管理等方面的详细要求,确保市场主体的规范性和合法性。与此同时,精心设计合理的电力市场交易机制,允许虚拟电厂全面参

与电力现货市场、辅助服务市场和容量市场等多种交易类型。借助市场的价格信号和竞争机制,使虚拟电厂的价值得以充分展现,实现其应有的经济收益,进一步激发市场活力和创新动力。

监管与评估机制不可或缺。加强对虚拟电厂全方位的监管力度,从技术安全、运行可靠性到合规合法性等多维度进行严格把控,保障其稳定运行。同时,构建科学严谨的评估机制,定期对虚拟电厂的运行效果、能源效益和环境效益等进行全面评估。依据评估结果,及时调整相关政策和市场机制,使其不断适应发展变化的需求,为区域型虚拟电厂的持续健康发展营造良好的政策环境和市场环境,推动其在能源领域发挥更大的作用,助力能源转型和可持续发展战略目标的实现。

4 结论

区域型虚拟电厂在城区规划中具有重要的多元价值,能够保障能源供应安全、优化电网运行、促进节能减排和提升电网灵活性。为了充分发挥区域型虚拟电厂的优势,需要在城区规划中采取科学合理的规划策略,包括资源评估与整合、空间布局优化、技术支撑体系构建和政策与市场机制设计等方面。通过这些策略的实施,可以有效推动区域型虚拟电厂的建设和发展,实现城市和区域能源系统的可持续发展,为应对气候变化和能源转型做出积极贡献。在未来的研究和实践中,还需要进一步深入探索区域型虚拟电厂与其他能源系统的协同运行机制,以及在不同城市和区域场景下的应用模式和优化策略,不断完善相关的技术和政策体系。

参考文献:

- [1] 范松丽,艾芊,贺兴.基于机会约束规划的虚拟电厂调度风险分析[J].中国电机工程学报,2015,35(16):4025-4034.
- [2] 刘扬洋.风险管理下的虚拟电厂优化调度和竞价策略研究[D].上海交通大学,2016.
- [3] 叶青.区域级虚拟电厂让电力资源“闻令而动”[N].科技日报,2023-07-12(006).

作者简介:

肖羽(1990.4—),男,汉族,北京人,硕士研究生,中级工程师,研究方向:城区规划与能源数字化转型。