

智慧能源系统是实现双碳目标中的应用与挑战

牟 昊¹ 陈小姿²

1. 猎日集团有限公司 浙江 台州 318000

2. 中晟智慧能源科技(浙江)有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在全球积极推进双碳目标的大背景下,智慧能源系统凭借其创新性与高效性,成为实现该目标的关键力量。本研究深入剖析双碳目标与智慧能源系统的紧密关联,阐释智慧能源系统基础理论,涵盖系统架构、运行原理以及可再生能源接入、存储与转换等关键技术。探索其助力双碳目标的多元应用路径,包括电力系统低碳转型、工业节能减排和建筑能源管理绿色化。同时,全面分析智慧能源系统在技术层面面临的稳定性、协同控制及数据处理等挑战,以及政策与市场方面的政策适应性、市场机制不完善和商业模式构建难点。研究成果为推动智慧能源系统发展、加快双碳目标实现提供理论与实践参考。

关键词: 双碳目标;智慧能源系统;应用路径;技术挑战;政策与市场挑战

1 引言

随着全球气候变化问题日益严峻,“双碳”目标成为世界各国应对环境挑战、推动可持续发展的关键举措。这一目标不仅关乎能源结构转型,更对全球经济、社会发展模式产生深远影响。智慧能源系统作为融合先进信息技术与能源技术的创新体系,在“双碳”目标实现进程中占据重要地位。智慧能源系统通过智能管控,优化能源生产、传输、分配和消费全流程,提高能源利用效率,促进可再生能源消纳,从根本上减少碳排放。研究智慧能源系统是实现“双碳”目标中的应用与挑战,有助于挖掘其最大潜力,解决实际推广中的难题,为能源行业绿色转型提供理论支撑与实践指导,对达成“双碳”目标、构建绿色低碳的未来能源格局具有重要的现实意义和迫切性。

2 智慧能源系统基础理论及关键技术

2.1 智慧能源系统架构与运行原理

智慧能源系统架构是一个有机融合的整体,底层为能源采集层,囊括太阳能、风能、水能等可再生能源发电装置,以及传统化石能源转化设备,负责将各类能源转化为电能、热能等形式,为系统提供基础能源输入。中间是能源传输与分配层,由智能电网、热网、天然气管网等构成,借助先进的电力电子技术、智能传感与通信技术,实现能源高效输送与精准分配。顶层为能源管理与应用层,通过大数据、云计算、人工智能等技术,实时监测能源供需状况,优化能源调度策略,为用户提供多样化能源服务。

其运行原理基于实时数据采集与分析,系统感知能源生产、传输、消费各环节状态,依据预设规则与算

法,动态调整能源流向与分配比例,保障能源供需平衡,实现能源利用效率最大化与碳排放最小化^[1]。

2.2 可再生能源接入关键技术

可再生能源接入是智慧能源系统的关键环节,其关键技术主要有电力电子变换技术、最大功率点跟踪技术和电网同步技术。电力电子变换技术通过各类变流器,将太阳能光伏板输出的直流电、风力发电机产生的不稳定交流电,转化为符合电网要求的高质量交流电,实现可再生能源与电网的电气连接。最大功率点跟踪技术实时监测可再生能源发电设备的输出特性,自动调整工作参数,确保设备始终在最大功率点附近运行,提高能源转换效率。电网同步技术则使可再生能源发电系统与电网在频率、相位和电压等方面保持同步,保证电能稳定并入电网,避免对电网造成冲击,增强电网对可再生能源的接纳能力。

2.3 能源存储与转换核心技术

能源存储技术是平衡能源供需时间差异的关键,核心技术包括电池储能、抽水蓄能和压缩空气储能等。电池储能如锂离子电池、铅酸电池,具有能量密度较高、响应速度快的特点,适用于分布式储能场景,可在能源过剩时储存电能,短缺时释放。抽水蓄能利用水的势能进行能量存储,通过上下水库的水位差实现电能与水能的相互转换,适合大规模储能。压缩空气储能能在电力低谷时将空气压缩存储,高峰时释放驱动发电机发电。

能源转换技术涵盖热电联产、冷热电三联供等,通过一次能源输入实现多种能源输出,提升能源综合利用效率,减少能源浪费,在智慧能源系统中发挥着提升能源利用灵活性与综合性的重要作用。

3 智慧能源系统助力双碳目标的应用路径

3.1 电力系统低碳转型应用策略

在电力系统中,智慧能源系统助力低碳转型可从多方面着手。首先,大规模整合可再生能源发电,通过精准的功率预测和智能调度技术,优化风、光等电源并网,降低对传统火电依赖,从发电源头减少碳排放。例如利用大数据分析风电场和光伏电站历史数据,结合气象预报,提前预测发电功率,合理安排机组启停。

其次,升级电网基础设施,构建智能电网。借助先进的电力电子设备和通信技术,提升电网对可再生能源的消纳能力,实现电力灵活分配与高效传输,降低传输损耗。同时,引入需求响应机制,通过价格信号引导用户调整用电行为,在用电低谷增加可再生能源消耗,缓解电力峰谷差,进一步提升可再生能源利用率,推动电力系统向低碳、清洁方向迈进。

3.2 工业领域节能减排应用模式

在工业领域,智慧能源系统通过能源管理系统(EMS)实现节能减排。EMS实时采集工业生产各环节能耗数据,利用数据分析挖掘节能潜力,制定针对性的能源优化方案。例如,对高耗能设备运行参数实时监测,根据生产需求优化设备运行时间和负荷,避免能源浪费^[2]。

此外,推行余热回收与能源梯级利用模式。工业生产过程中产生大量余热,通过高效的热交换设备将余热回收,用于供暖、发电或其他工艺环节,实现能源的多级利用,提高能源利用效率。同时,借助智慧能源系统整合分布式能源资源,如企业内部的太阳能光伏发电、小型风力发电等,满足部分用电需求,降低外购电量,减少碳排放,助力工业企业绿色可持续发展。

3.3 建筑能源管理绿色化应用方案

针对建筑能源管理,智慧能源系统从多个维度实现绿色化。在建筑能源供应端,接入太阳能、地热能等可再生能源,如在屋顶铺设太阳能板,为建筑提供电力和热水;利用地源热泵系统,通过地下浅层地热资源实现建筑供暖与制冷,减少传统化石能源消耗。

在建筑内部,采用智能控制系统,结合传感器实时监测室内温度、湿度、光照等环境参数,自动调节空调、照明、通风等设备运行状态,实现精准节能。例如,当室内人员离开时,自动关闭照明和非必要电器;根据室外光照强度自动调节室内照明亮度。同时,利用能源管理平台对建筑能耗数据进行分析,为建筑节能改造提供依据,持续提升建筑能源利用效率,打造绿色低碳建筑环境^[3]。

4 智慧能源系统应用中的技术挑战

4.1 能源系统稳定性与可靠性难题

智慧能源系统中,可再生能源具有间歇性和波动性,这对能源系统稳定性与可靠性构成挑战。太阳能受昼夜、天气影响,风能则因风速风向不定,导致发电功率不稳定,难以保障持续稳定的能源供应。大量分布式能源接入,改变了传统能源的潮流分布,增加了电网故障分析和保护的复杂性,一旦局部出现故障,可能引发连锁反应,影响整个系统正常运行。

此外,储能设备的容量和性能有限,在能源供需不平衡时,难以完全发挥调节作用。比如在用电高峰,储能电量不足无法满足额外负荷需求,导致供电紧张。而且,不同能源子系统间耦合程度高,一个环节出现问题,容易波及到其他部分,需要构建更为完善的稳定性控制和可靠性保障体系。

4.2 多能源协同控制技术瓶颈

多能源协同控制涉及电力、热力、燃气等多种能源系统的协调运行,技术难度较大。各类能源的生产、传输和消费特性差异显著,缺乏统一有效的协同控制策略,难以实现能源综合利用效率最大化。例如,电-热-气系统间的能量转换和传输存在时间延迟与损耗,在制定协同调度计划时,精确考虑这些因素并实时调整难度极高。

同时,不同能源系统的通信协议和控制标准不统一,导致信息交互不畅,难以实现实时精准的协同控制。现有的控制算法难以兼顾多能源系统的复杂约束和动态变化,对系统运行状态的实时感知与快速响应能力不足,无法适应智慧能源系统中多能源协同高效运行的要求,亟待突破技术瓶颈。

4.3 海量数据处理与安全保障挑战

智慧能源系统运行中会产生海量数据,涵盖能源生产、传输、消费等各个环节,数据处理和分析难度巨大。传统的数据处理技术难以满足实时性和准确性要求,无法及时从海量数据中提取有价值信息,用于能源系统的优化调度和故障诊断。

数据安全也面临严峻挑战,智慧能源系统与互联网深度融合,易遭受网络攻击,一旦数据被窃取、篡改或破坏,将影响能源系统正常运行,甚至威胁国家能源安全。例如黑客攻击能源企业的监控系统,获取关键数据,干扰能源调度指令,造成能源供应中断。因此,需要研发先进的数据处理技术和安全防护机制,保障智慧能源系统的数据处理效率和安全^[4]。

5 智慧能源系统应用的政策与市场挑战

5.1 现有政策体系适应性问题

当前,智慧能源系统发展迅速,但现有政策体系难以适配其创新需求。一方面,政策在鼓励可再生能源发展时,补贴机制存在不足。补贴标准更新滞后,无法跟上技术进步带来的成本变化,导致部分企业积极性受挫,影响可再生能源在智慧能源系统中的规模化应用。另一方面,跨部门政策协调性差,能源、环保、科技等部门政策缺乏有效衔接。例如,能源政策支持新能源项目建设,环保政策却可能在项目选址、审批环节设置障碍,使智慧能源系统项目推进困难。此外,政策的区域针对性不强,未充分考虑不同地区资源禀赋、能源需求和经济发展水平差异,难以因地制宜推动智慧能源系统建设。不同地区对智慧能源的接受程度和发展基础不同,统一政策难以发挥最大效用,需要制定差异化政策,满足各地实际需要。

5.2 能源市场机制不完善困境

能源市场机制的不完善严重制约智慧能源系统发展。首先,价格机制不合理,能源价格未能充分反映其环境成本和稀缺性。可再生能源与传统能源价格倒挂,使得绿色能源缺乏市场竞争力,抑制了市场主体对智慧能源系统的投资热情。其次,市场交易规则不健全,电力、天然气等能源的现货、期货交易市场尚不成熟,缺乏有效的市场定价和风险对冲机制。多能源协同交易更是缺乏明确规范,导致能源资源无法通过市场实现优化配置。再者,市场准入门槛过高或不明确,限制了社会资本和新兴企业进入智慧能源领域,阻碍了市场活力和创新动力的释放。长此以往,市场将缺乏多元化的竞争与创新力量,难以推动智慧能源系统朝着高效、绿色方向发展^[5]。

5.3 投资回报与商业模式构建难点

智慧能源系统项目前期投资大,建设周期长,面临投资回报难题。一方面,由于技术成本高、市场规模有限,项目收益难以覆盖前期投入,投资回收期较长,降低了投资者积极性。例如储能设施建设成本高昂,但其在电力辅助服务市场中的收益却不稳定,导致投资回报率低。另一方面,商业模式构建缺乏成熟范例。传统能源商

业模式难以适应智慧能源系统多主体、多能源交互的特点,而新的商业模式仍在探索阶段,缺乏清晰的盈利路径和运营模式。如何整合能源生产、传输、消费各环节资源,实现多方共赢,是构建可持续商业模式需要解决的关键问题。这需要深入研究市场需求,结合先进技术,挖掘潜在价值点,探索全新的商业合作与盈利方式。

6 结语

本研究系统阐述了智慧能源系统在实现双碳目标中的应用与挑战。梳理了系统基础理论和关键技术,明确其在电力、工业、建筑领域助力双碳的多元应用路径。同时剖析技术层面稳定性、协同控制及数据处理等难题,以及政策市场方面政策适应性、市场机制和商业模式构建的难点。研究成果为智慧能源系统发展提供理论依据,也为双碳目标实现提供策略参考。展望未来,随着技术革新与政策完善,智慧能源系统将在能源领域发挥更大作用,加速全球低碳转型。不过研究存在局限,如对新兴技术融合场景分析不够深入,后续研究可聚焦于此,拓展应用领域,完善政策与市场机制,助力智慧能源系统更好服务双碳目标。

参考文献

- [1]李磊.“双碳”目标下基于物联网的智能化网络能源管理技术系统的开发与应用[J].通信电源技术,2024,41(2):89-91.
- [2]肖先勇,郑子萱.“双碳”目标下新能源为主体的新型电力系统:贡献、关键技术与挑战[J].工程科学与技术,2022,54(1):47-59.
- [3]沈学东,王军,张墨涵,杨启东,王琨.基于液冷技术的高性能计算系统助力实现“双碳”目标的研究与实践[J].现代工业经济和信息化,2024,14(5):71-72+84.
- [4]姚正,吴主辉,李达,白镇铭,海宝.“双碳”目标下虚拟电厂智慧管控平台的技术构建与应用[J].移动信息,2024,46(7):320-322.
- [5]罗佐县.“双碳”目标下新能源高质量发展路径研究[J].中外能源,2024,29(7):1-7.