

Application of Fuel Cells in Distributed Energy

Subing Shu

Anhui Xiangyuan Engineering Technology Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

Abstract

The fuel cell distributed energy system has technical characteristics such as high energy conversion efficiency, environmental friendliness, and modular design. It can achieve combined heat and power generation, and the comprehensive energy utilization efficiency can reach over 80%. Various types of demonstration projects have been established in Japan, South Korea, Germany and other countries, which are applied in residential, public buildings and industrial sites. Although the initial investment cost is high, the system cost is continuously decreasing. The investment payback period in commercial buildings is approximately 6-9 years. Various countries promote the development of the industry through direct subsidies and fixed electricity price purchase policies. As an important component of distributed energy, fuel cells will play a key role in building a clean and efficient modern energy system.

Keywords

Fuel cell; Distributed energy; Combined heat and power generation; Economic evaluation

燃料电池在分布式能源中的应用

殳苏兵

安徽祥源工程技术有限公司, 中国·安徽 蚌埠 233000

摘要

燃料电池分布式能源系统具有能量转换效率高、环境友好、模块化设计等技术特点, 可实现热电联产, 综合能源利用效率达80%以上。日本、韩国、德国等国已建立多种类型示范项目, 应用于住宅、公共建筑及工业场所。虽然初始投资成本较高, 但系统成本持续下降, 在商业建筑中投资回收期约为6-9年。各国通过直接补贴、固定电价收购等政策促进产业发展。燃料电池作为分布式能源重要组成部分, 将在构建清洁高效的现代能源体系中发挥关键作用。

关键词

燃料电池; 分布式能源; 热电联产; 经济性评估

1 引言

优先聚焦备用电源、数据中心、应急保电、离网微网等高价值场景, 依托政策补贴与示范项目, 快速验证技术可靠性与经济性。重点在一线城市核心商圈、大型数据中心集群、偏远海岛及野外作业基地推进部署, 优先采用技术成熟的质子交换膜燃料电池(PEMFC)系统, 解决传统供能模式下的高排放、低可靠性痛点, 积累实际运行数据与运维经验, 打造可复制的示范样板。重点突破工业园区、商业楼宇、区域微电网等规模化场景, 推动燃料电池与光伏、储能、燃气轮机等技术的深度耦合, 构建“多能互补”的综合能源系统。在国家级经开区、高新园区推广固体氧化物燃料电池(SOFC)热电联产项目, 利用其高余热品质优势满足园区工业用热、供暖需求, 降低综合用能成本; 同时完善氢气储运、加注等配套设施, 支持分布式燃料电池系统从“单点

示范”向“区域连片”发展, 逐步降低对政策补贴的依赖。^[1]实现全场景规模化普及, 将燃料电池分布式能源系统融入新型电力系统建设, 覆盖户用、社区、城市级供能网络。结合氢能产业链成熟化带来的成本下降, 推动户用燃料电池热电联产系统进入寻常百姓家; 在城市群、都市圈构建“氢能+燃料电池”分布式供能网络, 与电网形成灵活互动, 提升能源系统韧性与低碳化水平, 成为终端能源供应的重要组成部分。

2 燃料电池分布式能源系统的技术特点与优势分析

燃料电池是一种通过电化学反应将燃料中的化学能直接转化为电能的装置, 其核心技术特点在于无需经过燃烧过程, 能量转换效率可达40%-60%, 远高于传统内燃机。在分布式能源系统中, 燃料电池可根据负荷需求灵活调整输出功率, 具备极佳的负荷跟随能力, 同时运行稳定性高, 可实现24小时连续供电。

燃料电池系统产生的余热可被回收利用, 形成热电联

【作者简介】殳苏兵(1990—), 男, 中国安徽蚌埠人, 本科, 中级, 从事热能与动力工程研究。

产系统,综合能源利用效率可提升至80%以上。此类系统可就近为用户提供电能和热能,大幅减少输配电损耗,提高能源利用效率。燃料电池的模块化设计特性使其易于扩展,可根据用户需求进行灵活配置,适应不同规模的能源需求。

从环境角度看,燃料电池分布式能源系统运行过程中几乎不产生NO_x、SO_x等有害气体排放,噪音低于55分贝,无振动,对周围环境友好。以氢燃料电池为例,其唯一排放物为水,实现了真正的零排放能源转换。在使用天然气等碳氢燃料时,由于高效率特性,其碳排放强度也明显低于传统发电方式。燃料电池分布式能源系统具有安装周期短、占地面积小的特点,无需复杂的输电网络建设,可快速部署于医院、数据中心、居民小区等场所^[1]。多种燃料适应性使系统具备良好的能源安全性,可根据当地资源条件选择适宜燃料,减少对单一能源的依赖,提高能源供应可靠性和系统韧性。

3 燃料电池在分布式能源中的典型应用案例研究

日本是燃料电池分布式能源系统应用的先行者,截至2023年,"ENE-FARM"住宅用燃料电池项目已在全国安装超过40万套系统。这些系统基于质子交换膜燃料电池或固体氧化物燃料电池技术,为家庭提供1kW左右的电力和热水,年均节能率达26%,减碳率约38%,显著降低了家庭能源消耗。

韩国蔚山市氢能城市示范工程中,百余栋公共建筑采用燃料电池分布式发电系统,单机容量从5kW至数百kW不等。其中蔚山市政厅安装的200kW燃料电池系统不仅满足大楼45%的用电需求,还为周边社区提供热能,系统整体效率达85%,成为城市能源结构转型的典范。德国汉堡港FRESH生态中心部署了1.5MW质子交换膜燃料电池系统,构建了可再生能源与氢能耦合的微电网^[2]。该系统利用港口风电场的剩余电力通过电解制氢,再由燃料电池转化为电能和热能,为整个港区提供稳定能源供应,实现了能源的季节性储存和高效利用^[8]。

美国康涅狄格州Woodbridge市政中心安装的400kW磷酸燃料电池系统在2012年飓风桑迪期间成功实现孤岛运行,为周边社区提供了连续72小时的应急电力,保障了关键设施正常运转。该系统平时并网运行,年发电量约350万千瓦时,减少二氧化碳排放约1000吨。中国青岛海水淡化示范项目采用70kW固体氧化物燃料电池系统提供电力和热能,系统以液化天然气为燃料,电效率达50%以上,余热被用于海水预热处理,实现了能源梯级利用,淡化成本降低约15%,体现了燃料电池在工业过程中的应用潜力^[9]。

4 燃料电池分布式能源系统的经济性评估与政策机制

燃料电池分布式能源系统的经济性评估需考虑初始投

资成本、运行维护费用、燃料成本以及系统寿命周期内的收益^[7]。目前,燃料电池系统初装成本仍然较高,小型固定式质子交换膜燃料电池系统投资约为4000-6000美元/千瓦,固体氧化物燃料电池系统约为6000-8000美元/千瓦。然而,随着技术成熟度提升和规模化生产,过去十年系统成本已下降60%以上,预计未来五年内将进一步降低30%-40%。

运行成本方面,燃料电池系统的燃料费用占总运行成本的70%左右。以天然气为燃料的系统,受天然气价格波动影响较大^[6]。日本住宅用ENE-FARM系统年运行成本约1200-1500美元,包括燃料费用、定期维护和堆栈更换准备金。在热电联产模式下,综合能源利用效率可达85%以上,使得等效发电成本降至0.12-0.15美元/千瓦时,接近商业用电价格水平。全生命周期经济性分析表明,在商业建筑应用中,200千瓦级燃料电池系统投资回收期为6-9年,考虑碳减排收益后可缩短至4-7年。工业园区兆瓦级系统在能源密集型企业应用中,回收期可进一步缩短至3-5年。医院、数据中心等对能源供应可靠性要求高的场所,考虑到备用电源功能的附加价值,经济性更为显著^[10]。

各国政府普遍采取多层次政策支持机制促进燃料电池分布式能源发展。日本实施直接补贴政策,ENE-FARM家用系统可获得初始投资30%的补贴,同时电力公司以高于市场价格收购剩余电力。韩国氢能城市建设计划对燃料电池装机给予每千瓦8000美元的装机补贴,并实施固定电价收购制度。欧盟"氢能战略"框架下,德国、法国等国设立专项资金支持燃料电池示范项目,并通过绿色能源证书制度提供额外收益^[3]。

中国近年来将燃料电池列入战略性新兴产业,在"十四五"规划中明确支持分布式燃料电池系统应用。上海、广东等地区试点实施装机容量补贴与运行小时补贴相结合的政策,补贴标准从每千瓦2万元逐步退坡^[4]。北京市对燃料电池分布式能源项目给予最高500万元建设补贴,并对发电量给予0.5-0.7元/千瓦时的运行补贴,有效降低了项目投资风险,促进了产业链发展。

5 结语

燃料电池分布式能源系统凭借高效率、低排放、模块化设计等技术优势,在全球范围内展现出广阔的应用前景^[5]。从日本ENE-FARM家用系统到美国商业建筑应用,燃料电池已在多种场景下证明了其技术可行性与环境效益。尽管当前初始投资成本仍然较高,但随着技术进步和规模化生产,系统成本持续下降,经济性逐步改善。各国政府通过补贴、税收优惠等政策机制,有效促进了燃料电池产业发展。燃料电池作为分布式能源的重要组成部分,将在构建清洁、高效、可靠的现代能源体系中发挥关键作用。

参考文献

- [1] 张鸿,吴航,张聪.燃料电池在分布式能源中的应用技术[J].兵工自动化,2020,39(7):4.

- [2] 成博.氢燃料电池在分布式能源系统中的应用分析[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2022.
- [3] Wang Songling,Lun Liyong,Xie Yingbai,等.天然气在分布式能源系统中的应用[J].Natural Gas Industry, 2006, 26(1):146-148.
- [4] 循绿前行绘蓝图：“十五五”绿色能源发展新征程. 明贵栋.商业文化,2025(24)
- [5] 光伏发电与绿色能源的可持续发展路径. 张杰;李飞.商业文化,2025(23)
- [6] 中国城市公共交通协会新能源分会受邀参加2025绿色能源发展大会. .人民公交,2025(21)
- [7] 关于电力法治保障绿色能源项目的研究. .法人,2025(10)
- [8] 百万光伏板绘就绿色能源新画卷——鄂尔多斯打造“光伏治沙”新模式. 李欢倪.可持续发展经济导刊,2025(08)
- [9] “双碳”目标下绿色能源碳减排效应机制研究. 陈浩昕;王聪;王珍珠.技术与创新管理,2025(05)
- [10] 利用氢基绿色能源建设绿色航运走廊路径研究. 赵维;林扬.水上安全,2025(11)