

零碳智慧家庭助力提升家庭能源利用和经济效益

李婧舒 李文骥

(广西职业师范学院, 广西 南宁 530000)

[摘要] 零碳智慧家庭的概念为未来的可持续发展提供了一种创新的解决方案。本文以零碳智慧家庭为研究对象, 系统分析其主要组成部分、技术实现路径。通过对能源效率、成本节约、电网支撑等关键要素的研究, 深入探讨如何通过太阳能光伏系统、智能家居设备以及需求侧管理策略来构建一个低碳甚至零碳的家庭能源系统。本文最后还对零碳智慧家庭的未来发展前景进行展望, 并提出了可能的政策建议和技术优化方向。

[关键词] 零碳智慧家庭; 能源利用; 经济效益

[基金项目] 2025 广西区级大学生创新创业训练计划项目“AI 双轨引擎——高考志愿与职业规划全周期赋能方案”(项目编号: S202514684045)。2025 年度广西统计局重点科研课题“基于博弈论的数字化赋能下广西工业绿色低碳转型路径研究”(项目编号: 2025GX48)。

Zero-Carbon Smart Homes Enhance Household Energy Utilization and Economic Benefits

Jingshu Li , Wenji Li

Guangxi Vocational Normal University, Nanning 530000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Abstract: The concept of a zero-carbon smart home offers an innovative solution for sustainable development in the future. This paper takes the zero-carbon smart home as the research object, systematically analyzing its main components and technological implementation pathways. By examining key elements such as energy efficiency, cost savings, and grid support, it delves into how to construct a low-carbon or even zero-carbon household energy system through solar photovoltaic systems, smart home devices, and demand-side management strategies. Finally, this paper provides an outlook on the future development prospects of the zero-carbon smart home and proposes potential policy recommendations and directions for technological optimization.

Keywords: Zero-carbon smart home; Energy utilization; economic benefits

Funding Project: 2025 Guangxi Regional College Students' Innovation and Entrepreneurship Training Program Project “AI Dual-track Engine - Full-cycle Empowerment Scheme for College Application and Career Planning”(Project No.: S202514684045). 2025 Guangxi Bureau of Statistics Key Scientific Research Project “Research on the Path of Green and Low-carbon Transformation of Guangxi Industry under Digital Empowerment Based on Game Theory” (Project No.: 2025GX48).

通讯作者: 李文骥 (1988—), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向为数字经济、农业经济。

一、引言

随着全球气候变化问题日益严重，减少碳排放成为各国政府和企业的重要任务。住宅作为能源消耗的主要来源之一，尤其在日常用电负荷管理方面，存在巨大的节能潜力。国家高度重视电力需求侧管理工作，国务院、工业和信息化部等部门均出台了相关的计划和管理方法，如《关于进一步深电力体制改革的若干意见》、《工业领域电力需求侧管理专项行动计划（2016-2020年）》、《电力需求侧管理办法（2023年版）》等，鼓励和推动需求侧管理工作的开展。现有的政策大多是关于工业领域用电的，但由于居民用电的容量之大，其重要性与潜力也不可小觑。零碳智慧家庭系统通过整合太阳能光伏技术、能源管理系统以及智能家居设备，为个人家庭提供了有效的能源管理解决方案，以减少对传统能源的依赖，并支持全球零碳目标的实现。

二、零碳智慧家庭系统概要

随着新一代信息技术的深度融合，智慧家庭与智能建筑正朝着更加集成化、绿色化和智能化的方向发展。在能源管理层面，智能化的能源管理与节能策略已成为核心关注点，通过实时监测与优化用能行为，可显著提升建筑能效并降低碳排放^[1]。与此同时，新能源技术，如太阳能光伏与储能系统，被越来越多地整合至绿色建筑中，为建筑提供了清洁、自给的可再生能源，进一步推动了建筑的可持续运营^[2]。在复杂的多能源场景下，基于多链式区块链等技术构建的电力交易决策模型，能够为分布式产消者提供安全、高效、透明的交易机制，促进了本地化能源市场的形成与优化^[3]。

从产业发展与实践来看，智慧家庭正经历以万物网络、人工智能大模型和终端创新为驱动的生态重构。AI大模型的应用不仅提升了家居设备的自主决策与交互能力，更为运营商和服务提供商突破传统的“管道化”困局、开拓增值服务提供了关键契机^[5,6]。产业界正积极探索智慧家庭智能体的发展趋势与落地实践，致力于构建更加主动、个性化与无缝联动的居住体验^[4]。国内主要运营商与研究机构，如中国移动杭州研发中心等，正通过深耕技术研发与生态合作，积极推动智慧家庭创新应用的落地，以点亮用户的数字生活^[7]。此外，基于AI技术赋能的大屏交互等场景，正在打开智慧家庭娱乐、教育、健康等领域的新能源空间^[8]。

三、零碳智慧家庭能源效率优化实现路径

在构建零碳智慧家庭系统的过程中，能源效率优化是其核心组成部分之一。高效的能源管理不仅可以降低家庭的能源消耗，还能够促进可再生能源的充分利用，提升整个系统的可持续性。零碳智慧家庭的能源效率优化主要通过以下几个方面实现：

（一）实时监控与能源管理系统的整合

零碳智慧家庭依赖于先进的能源管理系统（Energy Management System, EMS），该系统通过物联网（IoT）设备将家庭中的各类能源设备互联起来，实现对电力生产、储存和使用的实时监控与管理。EMS能够动态调整电力设备的运行状态，确保能源供应与需求的匹配，并通过数据分析提供节能优化建议。这种智能化的实时监控不仅能够检测家庭的用电模式，还能够根据电网负荷和电价波动调整电力设备的运行策略。例如，当电网处于负荷低谷期时，系统可以自动激活储能设备为家用电池充电；而当电网处于负荷高峰期时，家庭则可以通过储存的电力减少对电网的依赖，进而避免在电价高峰期产生额外的电力成本。

（二）设备智能调度与自动化控制

在零碳智慧家庭系统中，智能设备调度发挥了关键作用。通过自动化控制技术，系统能够根据实时能源供需状况调度家庭中的智能电器设备。例如，系统可以根据天气预报和光照条件，提前调整光伏系统的发电计划，确保能源的最大化利用；同时，也可以根据家庭成员的日常生活习惯，调节智能家居设备的运行时间，确保在不影响舒适度的前提下减少能源浪费。此外，智能调度系统还能够基于机器学习技术，分析和预测用户的用电需求。例如，空调和供暖设备可以在家庭无人时自动关闭或调低功率，而

在用户回家前启动，以确保用户返回时的舒适环境。这种个性化的能源使用模式不仅提高了能源利用效率，还显著提升了用户体验。

(三) 可再生能源的优化利用

零碳智慧家庭系统的一个重要特点是可再生能源的优化利用。通过光伏系统，家庭能够自主生产清洁电力，减少对传统化石能源的依赖。然而，太阳能作为一种间歇性能源，其发电能力受到天气和时间等多种因素的影响。因此，如何有效利用光伏系统产生的电力，成为提高能源效率的关键问题。为了解决这一问题，零碳智慧家庭系统引入了智能储能系统，能够在光伏发电高峰期储存多余电力，并在夜间或电力需求高峰时释放储能。这一策略不仅确保了光伏发电的最大化利用，还为家庭提供了更高的能源独立性，减少了对外部电网的依赖。

四、未来发展前景与建议

(一) 技术创新与智能化能源管理的推进

随着科技的不断进步，特别是人工智能（AI）和虚拟电厂（Virtual Power Plant, VPP）技术的快速发展，零碳智慧家庭的未来将更加智能和高效。AI在能源管理中扮演关键角色，通过分析历史和实时数据，可以预测能源的生产与需求，实现供需平衡与能源分配优化。这一技术不仅可以有效预测光伏系统的发电模式，还可以结合气象数据，精准预测风能和太阳能的产出，支持可再生能源的高效利用。AI在智慧家庭系统中的应用还延伸至设备健康监测和预测性维护。通过机器学习算法，系统能够自动识别设备的运行模式，检测潜在的故障或能效降低问题，提前进行维护，从而延长设备寿命并减少能量浪费。VPP技术使零碳智慧家庭能够更灵活地参与能源市场。通过整合分布式能源资源并进行集中管理，家庭不仅能够自给自足，还可以参与电力交易，将多余的能源出售至电网或其他用户。VPP系统通过智能监控、通信与协同控制技术，实时响应电力需求变化，实现能源的高效生产、分配与消费，为家庭提供稳定、可持续的能源供应。这一模式将推动家庭与电网的深度互动，并促进能源结构的转型。

(二) 政府政策支持与能源市场激励

推动零碳智慧家庭技术的普及，政府政策支持是关键因素之一。当前，各国政府已推出诸多电力体制改革，如需求侧管理和可再生能源补贴，但未来政策应更加灵活和细致，以适应智能能源管理系统的进步。政府可通过税收优惠、财政补贴及低息贷款，降低家庭安装太阳能光伏、储能设备和智能家居系统的成本，提高技术可负担性。同时，政府应推动能源市场开放，吸引私人投资，提升竞争力和技术创新能力。随着虚拟电厂和智能电网的推广，能源市场的灵活性和透明度将增强，家庭用户可自主选择和交易电力，降低能源成本，促进可再生能源应用。此外，政府需通过立法推动技术标准的统一化和互操作性，确保不同设备间的无缝整合，提升系统可靠性与安全性。政策制定者应考虑强制绿色建筑标准，新建住宅配备光伏和智能能源管理系统，以加速零碳家庭推广。

(三) 普及化应用与成本降低

尽管零碳智慧家庭目前主要应用于高端住宅和别墅等高档住宅项目，但随着技术的不断成熟和规模化生产的推动，其成本将逐步下降，未来将在更广泛的应用场景中得到推广，包括公寓、学校、商业办公楼等多种类型的建筑物。技术的普及化将显著降低家庭用户的安装成本，使得零碳智慧家庭的概念从高端市场向大众市场扩展。零碳智慧家庭未来的发展不仅仅局限于能源生产与管理领域，还将包括更为全面的智能化家庭生活管理系统。更高效的建筑光伏一体化系统、更智能的家居管理系统和更加安全的智能安防系统将成为未来零碳智慧家庭的标配。这些技术的结合，不仅能够满足家庭在多场景下的能源需求，还将大幅提升居住的安全性与舒适度，为家庭成员提供一个健康、低碳的居住环境。

(四) 信息安全与隐私保护

随着智能家居系统的广泛应用，信息安全与隐私保护将成为零碳智慧家庭技术发展中不可忽视的问题。家庭能源管理系统不仅涉及能源使用数据，还包括家庭成员的生活习惯、健康数据等敏感信息。未

来，零碳智慧家庭将通过更加严格的信息安全保护措施，如加密技术和隐私保护协议，确保家庭成员的隐私不受侵犯。同时，政府和相关行业组织应制定相关法规，规范智能家居数据的采集、存储和使用，保障用户的数据安全。

（五）社会公众意识的提升与教育推广

零碳智慧家庭的广泛普及不仅依赖于技术的进步与政策的支持，还需要社会公众对低碳生活方式和智能家居系统的认知与接受。当前，许多用户对智能能源管理系统的技术原理和应用场景缺乏了解，导致在面对新技术时产生排斥心理。因此，政府、企业和学术界应加强对公众的教育与推广，帮助居民了解零碳智慧家庭的优势和潜在价值。通过宣传和培训，公众将更深入地认识到零碳智慧家庭不仅能够带来直接的经济效益，还能够在全球范围内减少碳排放，推动可持续发展。此外，专业的能源审计与系统评估服务也将帮助用户根据自身的能源需求选择合适的零碳智慧家庭解决方案，从而提高技术的接受度和市场渗透率。

五、结论

零碳智慧家庭为未来的可持续发展提供了强有力的支持，其通过智能化的能源管理系统、可再生能源的高效利用以及与电网的深度互动，显著提升了家庭能源的利用效率和经济效益。随着人工智能和虚拟电厂等新兴技术的应用，零碳智慧家庭将进一步提升智能化水平，为家庭用户提供更加个性化、可持续的能源管理方案。

零碳智慧家庭未来的发展还将依赖于政府政策的支持、市场激励机制的完善以及技术创新的持续推进。随着成本的降低和技术的普及，零碳智慧家庭将从高端市场逐渐扩展至更广泛的应用场景。通过加强信息安全保护、提升公众意识并推动专业能源审计服务的推广，零碳智慧家庭有望得到更大规模应用，为实现碳中和目标作出重要贡献。

参考文献：

- [1] 张星彤. 能源管理与节能策略在智能建筑中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (09): 117-119.
- [2] 张艺, 杨佳峰, 胡伟. 基于多链式区块链的多类型产消者电力交易决策模型[J]. 系统管理学报, 2024, 33(05): 1251-1260.
- [3] 房戈. 新能源技术在绿色建筑中的应用研究[J]. 科学技术创新, 2024, (21): 91-94.
- [4] 周燕尔, 龙皋月. 智慧家庭智能体发展趋势和建设实践[C]//中国电子学会有线电视综合信息技术分会, 中国电子学会广播技术分会. 第33届中国数字广播与网络发展年会暨第28届国际广播技术讨论会论文集 (CCNS&ISBT 2025). 华数传媒网络有限公司西湖分公司; 浙江华数广电网络股份有限公司, 2025: 329-334.
- [5] 黄钦泓. 智慧家庭生态重构运营商借AI大模型突破管道化困局[J]. 通信世界, 2025, (16): 25-28.
- [6] 杨星, 刘明杰, 张作凤. 智慧家庭产业新风向万兆演进、AI赋能与终端革新[J]. 通信世界, 2025, (16): 2-24.
- [7] 帅马恋, 黄雨祺. 中移杭研深耕智慧家庭点亮数字生活[J]. 通信世界, 2025, (16): 20-21.
- [8] 闫刘梦, 刘立. 无线传媒AI赋能大屏打开智慧家庭新空间[N]. 上海证券报, 2025-11-20(006).