

夏热冬暖地区美丽乡村公共和商业机构 节能降碳路径与实践

谢方静^{1*}, 陈庆文¹, 张渊晟¹, 唐玉婷², 马晓茜²

(1. 广州汇锦能效科技有限公司, 广东 广州, 510665;

2. 华南理工大学电力学院, 广东 广州, 510640)

摘要: 文章深入分析了乡村公共和商业机构的用能现状, 介绍了相关政策和更新情况, 如“两新项目”政策、新能源利用技术和数字赋能等。强调了节能降碳工作对美丽乡村建设的重要性, 提出通过政策支持、技术推广和意识提升等系统性策略, 实现乡村经济、社会与环境的和谐共生。

关键词: 夏热冬暖地区; 节能降碳; 绿色能源

中图分类号: TM727

DOI: 10.13882/j.cnki.ncdqh.2504A005

CSTR: 32400.14.ncdqh.2504A005

Energy-saving and Carbon Reduction Pathways and Practices for Public and Commercial Institutions in Beautiful Countryside Located in Hot-Summer and Warm-Winter Zone

XIE Fangjing^{1*}, CHEN Qingwen¹, ZHANG Yuansheng¹, TANG Yuting², MA Xiaoqian²

(1. Guangzhou Huijin Energy Efficiency Technology, Guangdong Guangzhou 510665, China; 2. School of Electric Power Engineering, South China University of Technology Co., Ltd., Guangdong Guangzhou 510663, China)

Abstract: This paper provides a thorough analysis of the current energy consumption status of rural public and commercial institutions and introduces relevant policies and technological updates, such as the "Two New Projects" policy, renewable energy utilization technologies, and digital enablement. It emphasizes the importance of energy-saving and carbon reduction efforts for the construction of beautiful countryside and proposes systematic strategies including policy support, technology promotion, and awareness enhancement to achieve harmonious coexistence of rural economy, society, and environment.

Keywords: hot-summer and warm-winter zone; energy saving and carbon reduction; green energy

0 引言

近年来, 广东省将“美丽乡村”作为“美丽广东”建设的重要方面, 通过积极推进“百县千镇万村高质量发展工程”, 统筹推进城乡区域协调发展和农业农村现代化。据报道, 截至 2025 年 1 月, 全省 79% 的村庄达到省级美丽宜居村标准, 100 人以上自然村全部通硬化路, 在行政村供水规模化率、5G 覆盖率、养老设施覆盖率、农村卫生厕所普及率等指标方面取得一定提高, 总体实现乡村基础设施完备度、公共服务便利度、人居环境舒适度显著提升^[1]。

在绿色能源产业方面, 广东省大力推动农村生

收稿日期: 2025-04-02; 修回日期: 2025-09-08

物质资源利用项目与乡村能源站建立, 拓展农业与新能源产业综合发展路径, 鼓励发展综合能源系统等绿色低碳新模式、新业态, 逐步实现千村万户电力“自发自用”^[2]。在节能降碳领域, 广东省的各类机构积极行动, 取得了显著成效。公共机构率先垂范, 政务服务中心更换节能门窗、安装智能照明系统以及推广无纸化办公, 大幅降低了能耗, 提升了运营效率^[3]。乡村学校引入太阳能照明设备、优化用电管理。乡村医疗机构采用节能型医疗设备、改造空调系统、加强设备维护管理。

商业机构也在节能实践中积极探索。超市和小卖部采用节能型冷柜和照明灯具, 合理规划店铺布局。乡村企业引进先进节能技术和设备, 利用余热回收系统, 大力融入电能替代和多能互补技术的发

展。在梅州市当地的调研显示：屋顶光伏项目的产品可靠性和收益稳健性是影响当地农民建设意愿的主要因素。相比于全额和贷款购买模式，以用户端低风险为特点的屋顶租赁模式具备更优良的推广前景。当地农民可接受的最大预期投资期限和初始启动费用为6年和5万元。未来，提高产品质量、提高环保意识、改善市场环境是推广农村屋顶光伏项目的关键工作^[4]。

1 公共和商业机构用能和碳排放现状

1.1 用能设备能效问题

在公共机构领域，部分乡村政务服务中心存在大量老旧照明和办公设备，相比LED灯具能耗高出30%~50%，老旧办公电脑和打印机性能落后，不仅耗电高还因处理速度慢导致长时间运行，进一步增加能耗，夏季老旧空凋制冷效率低，维持室温需消耗更多电力且维修成本高^[5]。乡村学校教学设备能源匹配不合理，多媒体教学设备功率过大，教室大功率投影仪不能智能调节功率，学生宿舍的风扇、热水器等能效等级低，实验设备能源利用效率也有待提升^[6]。乡村医疗机构对医疗设备维护管理不足，X光机、B超机等不定期维护会使零部件磨损老化，导致运行不稳定，冷藏设备缺专业维护致制冷系统性能下降，日常使用中因无科学操作规范和管理制度，工作人员随意操作也降低了设备能效^[7]。

商业机构领域，乡村超市和小卖部照明用传统白炽灯泡或低能效荧光灯管，发光效率低、发热量导致室内温度升高，间接增加空凋制冷能耗，老旧冷柜隔热和制冷系统差，压缩机频繁启动能耗大增，部分因成本考量不愿更换高效设备，能源浪费严重^[8]。乡村企业设备技术普遍落后，农产品加工企业的粮食烘干设备采用传统烘干技术，如小型燃煤烘干设备煤炭燃烧不充分，既浪费能源又增加碳排放，水果罐头制作企业制冷设备能效低，小型手工艺品制造企业的小型电动工具等生产设备能效等级也较低^[9-10]。

综合上述，在冬暖夏热地区，美丽乡村的公共和商业机构在用能设备能效方面存在诸多问题，主要体现在设备老旧、维护不足、能效低等方面。要解决这些问题，需要结合地区特点，从设备更新、维护管理、能源管理人才培养等多方面入手，推动

高效节能设备的普及和应用，提升整体能源利用效率，减少碳排放，助力美丽乡村的可持续发展。

1.2 管理人员和群众意识问题

公共和商业机构的用能管理人员普遍存在节能降碳专业知识匮乏的问题。例如，乡村政务服务中心管理人员对新型节能设备原理、性能及使用方法了解有限，引入智能照明系统时无法合理设置参数，导致节能效果不佳。乡村企业能源管理人员对能源审计、能效对标等专业工具方法知之甚少，难以科学评估和改进企业能源利用状况^[11]。同时，部分用能管理人员对国家和地方出台的节能降碳政策法规理解不够深入，执行力度不足。例如，乡村学校管理人员在设备更新、校园能源管理等方面未积极落实节能减排政策，乡村医疗机构面对医疗设备能耗与碳排放监管要求时敷衍了事^[12]。此外，用能管理人员普遍缺乏长期能源管理规划意识，乡村超市和小卖部只关注当下设备运行，未考虑业务发展和设备老化对能耗的影响^[13]。

乡村群众的节能意识薄弱。一方面，节能习惯尚未养成，公共区域长明灯、长流水现象常见。另一方面，群众对节能产品认知不足，购买家电时更看重价格和外观，忽视能效标识和节能性能，增加家庭用电成本和碳排放。再者，大部分群众对碳排放危害认识淡薄，乡村企业工人为追求产量忽视生产工艺对能耗和碳排放的影响，乡村生活中群众随意焚烧秸秆、垃圾，却未意识到这些行为对环境和气候变化的负面影响^[14]。

因此，意识层面的不足已成为冬暖夏热地区美丽乡村节能降碳工作的重要阻碍。通过加强宣传教育、完善政策支持、推广数字化技术，并结合区域特征，可以有效提升节能降碳意识，推动乡村绿色发展和可持续发展目标的实现。

1.3 乡村支付能力不足

目前，部分乡村公共机构面临较大能源费用支付压力，政务服务中心因维持照明、办公设备及空凋等能耗设备运转，每月电费支出不菲；规模较小的乡村学校财政拨款有限，难以负担冬季取暖与夏季制冷费用；乡村医疗机构除日常能耗外，医疗设备特殊用电需求进一步加重负担，小型诊所甚至因无力承担电费而限制设备使用时长^[15]。

乡村商业机构能源成本负担也较重，电费占运

营成本比例高，而小型乡村企业如农产品加工企业，生产中的高能耗设备使能源费用居高不下^[16]。支付能力不足导致能源设备更新与维护受限，公共和商业机构无法及时更换老旧、高能耗设备，间接增加碳排放，且设备维护因资金短缺难以保障，加速设备老化，降低能源利用效率；节能技术与新能源应用受阻，由于节能技术和新能源设备前期投入大，乡村公共和商业机构因支付能力不足难以引入，导致仍依赖传统化石能源，阻碍绿色能源转型进程^[17]。

值得注意的是，在农村地区推广光伏发电具有独特优势：其一，分布式光伏系统可有效缓解能源贫困与经济贫困现状，通过售电收入为小型商业机构创造稳定收益来源。其二，光伏技术应用能直接降低企业能源支出，缓解设备更新资金压力，例如农产品加工企业安装光伏后，可抵消 15%~30% 的生产用电成本^[18]。家庭消费能力、收入水平、年龄和教育程度等因素显著影响能源转型，尤其是清洁能源的使用，其中高收入、年轻和高教育水平是推动清洁能源采用的关键因素，而家庭规模和生活变化也对能源消费模式产生影响^[19-20]。

2 抓住政策契机，更新用能设备

2.1 “两新项目”相关政策

2025 年，广东省印发了《广东省 2025 年大规模设备更新和消费品以旧换新工作方案》，明确加大设备更新项目支持力度，重点推动高端化、智能化、绿色化设备应用^[21]。该方案不仅扩大了支持范围，还通过财政补贴、贷款贴息等措施，降低了运营成本，能有力支持乡村公共和商业机构更新用能设备。

新能源项目政策方面，政府对在乡村公共和商业机构屋顶、闲置空地建设太阳能光伏发电设施的项目给予资金补贴，补贴标准依据装机容量和发电量核算，同时以高于常规电价收购电量以保障经济收益，并简化审批流程，设立绿色审批通道以提高建设效率。对于具备风力资源条件的乡村，鼓励建设小型风力发电站，提供技术支持，组织团队评估风力资源，协助确定建设地点，在土地使用上给予优惠，降低租赁成本，对设备采购给予税收减免以

减少前期投入。

新节能设备项目政策上，针对乡村公共和商业机构购置节能型空调、照明灯具、冷藏设备等新节能设备，按设备能效等级和节能效果给予一定比例购置补贴，同时对进行用能设备更新改造的机构设立奖励基金，依据改造后能源消耗降低比例和碳排放减少量给予奖励。

此外，广东省还通过“数字政府 2.0”建设，推动数据要素、数字技术和实体经济深度融合，赋能乡村节能降碳^[22]。例如，广州市通过数字技术实现了对公共机构能耗的精细化管理，显著降低了能源消耗。这些政策措施为乡村公共和商业机构的节能降碳工作提供了有力的支持。

2.2 用能设备更新情况

在政策支持下，乡村公共和商业机构逐步更新用能设备。例如，照明设备方面，传统白炽灯和部分荧光灯因能耗高、发光效率低，在政策引导下使用 LED 灯具取代，LED 灯具节能、寿命长、光效高，且智能照明系统也开始在乡村应用，能根据环境光线和人员活动自动调节亮度进一步节能^[23]。制冷制热设备方面，老旧空调和取暖设备被高能效的变频空调和空气源热泵等取代，在乡村医疗机构和政务服务中心等场所应用后能有效降低能耗^[24]。动力设备方面，乡村企业和公共设施的老旧低效电机、水泵等更新为高效节能电机和智能水泵，高效节能电机可降低电能消耗，智能水泵能根据用水需求自动调节避免能源浪费，在农产品加工企业应用后提高生产效率且降低能源成本^[25]。

3 适合于乡村的节能降碳新技术

3.1 空调节能

空调节能在冬暖夏热地区显得尤为关键。探寻适合乡村的空调节能新技术，不仅能降低能源消耗、减少碳排放，还能有效降低运营成本，提升乡村公共和商业机构的综合效益^[26]。表 1 为部分空调节能技术。

智能变频空调技术。智能变频空调能依据室内温度变化自动调节转速，在温度接近设定值时以低转速运行维持室温稳定，避免频繁启停造成的能源损耗^[27]。以乡村学校教室为例，夏季炎热午后学生集中上课，室内人员多、热量大，智能变频空调可

表1 部分空调节能技术

技术名称	技术描述	典型COP范围	优点	缺点	技术名称
变频技术	通过调节压缩机转速匹配负荷需求, 避免频繁启停	3.0~5.0	节能显著(约30%)、温控精准、噪音低	初期成本较高, 对控制系统要求高	变频技术
热回收技术	回收空调排风或冷凝器废热, 用于制热水或预热新风	系统整体COP提升20%~40%	废热再利用, 综合能效高	需配套热回收装置, 系统复杂度增加	热回收技术
智能控制技术	基于AI算法、物联网实时优化运行参数(如温度、风速)	COP提升10%~20%	动态优化能耗, 延长设备寿命	依赖数据积累和算法成熟度	智能控制技术
太阳能辅助空调	太阳能光伏或光热驱动压缩机或提供部分能源	系统COP可达4.0~6.0	可再生能源利用, 降低电网依赖	受日照条件限制, 需配套储能系统	太阳能辅助空调
自然冷源利用	冬季或过渡季节利用室外低温空气直接冷却室内	COP可达10~15	能效极高, 几乎零能耗	依赖气候条件, 需切换系统模式	自然冷源利用

快速制冷, 压缩机高转速运行迅速降温, 随着室温降低, 压缩机转速自动下降, 在保持室温恒定的同时减少能源消耗。相较于定频空调, 智能变频空调在乡村学校使用能精确感知温度变化, 将温度波动控制在极小范围, 降低能耗的同时提供更舒适的学习环境。

空气源热泵空调技术。空气源热泵空调技术利用空气中的热量实现制冷和制热, 是适合广东省美丽乡村气候特点的高效节能新型空调技术^[28]。如在乡村医疗机构中, 空气源热泵空调优势明显, 冬季相较于传统电暖器或燃煤锅炉取暖方式, 能效比更高, 可节省大量能源消耗, 且制热过程无明火和污染物, 更环保安全, 符合医疗机构对室内空气质量 and 安全的严格要求, 为患者和医护人员营造舒适的就医和工作环境。经测算, 相较于传统空调, 可降低约25%~35%的能源消耗, 对改善乡村生态环境意义重大。

自然冷却与空调联动技术。自然冷却与空调联动技术是将自然冷源与传统空调系统相结合的节能技术, 在冬暖夏热地区的乡村应用潜力巨大^[29]。春秋季节及夏季夜间, 室外温度相对较低, 可利用室外冷空气、地下水等自然冷源, 通过通风系统或热交换器引入室内降低温度, 减少空调使用时间和能耗。如乡村政务服务中心安装该联动系统后, 春秋季节室外温度适宜时自动开启通风系统引入新鲜空气, 关闭空调实现自然通风降温, 夏季夜间利用地下水低温特性, 通过热交换器传递室内热量给地下水降温。当自然冷源无法满足需求时空调自动启动补充制冷。同时引入的新鲜空气和自然冷源改善了室内空气质量和热舒适性, 提升了工作人员和办事

群众的体验。

空调节能的应用案例。阳春市某小学的综合节能改造项目取得了显著成效。改造前, 该校使用的老旧分体空调大多能效等级为3级, 甚至4级、5级, 部分无能效标识, 设计能效比在2.4~2.6之间(取中间值2.5), 由于使用多年, 换热效果下降, 则能效比进一步下降, 能效比取为2.2。采用二级能效的分体空调, 其设计能效比可达3.2~3.6。由此可知, 项目实施后预计节能率可达30%以上。按空调开启时间1000 h/a(按运行100天, 每天平均运行8 h)估算, 项目改造前基准能耗为9.6万kW·h/a, 按节能率30%估算, 预计节能量为2.88万kW·h/a, 折合3.54 t标准煤/年, 相当于可减排二氧化碳8.70 t/a, 按电价0.75元/(kW·h)估算, 预计可节省电费2.16万元/a。

3.2 新能源利用

冬暖夏热地区独特的气候与资源条件, 为新能源在乡村公共和商业机构的应用创造了有利契机^[30-31]。

太阳能利用技术。太阳能在乡村地区, 其推广和应用正成为推动低碳建设的关键举措。在乡村学校教学楼、乡村政务服务中心屋顶等安装光伏板, 将太阳能转化为电能供照明、办公设备使用^[32]。同时, 居民生活能源生产和消费是农村社区的主要碳源, 开发和利用清洁和可再生能源资源是中国和广东省农村低碳建设的重点活动^[33]。可再生能源资源比率与节电电气普及率是评估能耗水平的重要指标, 而开展低碳发展规划和扩大低碳服务和教育范围, 对建设低碳乡村具有重大作用。

风能利用技术。在风力资源丰富的沿海或山区风口乡村地区, 小型风力发电装置是公共和商业机

构节能降碳的有效手段^[34]。若乡村企业、乡村超市安装小型风力发电机，多个组合能形成一定发电规模，满足部分用电需求。风光互补发电系统也得到应用，其将太阳能光伏发电与小型风力发电结合，根据天气和时间自动切换供电方式，白天阳光充足风力小时靠太阳能光伏板发电，夜晚或风力大时由风力发电机发电，有效解决了太阳能和风能的间歇性问题，提供更稳定可靠的电力供应。

生物质能利用技术。乡村地区农作物秸秆、林业废弃物等生物质资源丰富，制成生物质颗粒燃料用于生物质锅炉供热，是高效的节能降碳方式。乡村公共建筑和需供热的乡村企业采用生物质锅炉，与传统燃煤锅炉相比，燃烧污染物少，且生物质燃料可再生，能有效减少碳排放，同时成本相对较低，可降低供热成本^[35]。此外，乡村养殖场、污水处理厂等场所通过厌氧发酵产生沼气，沼气主要成分甲烷可用于发电、供热或炊事，减少对传统化石能源依赖，且沼气发酵后的沼渣和沼液可作为优质有机肥料用于农业生产，实现资源循环利用。

新能源利用的应用案例。南雄市某小学屋顶为混凝土结构，屋顶建筑面积约 560 m²，建设分布式光伏电站，预计可利用屋顶面积 400 m²（包含怡善楼、怡美楼、怡沁楼和怡馨楼），总装机容量为 80 kW。利用太阳能发电，电站采用自发自用，余电上网的形式，作为电网电源的有效补充，降低生产能源费用，削减高峰负荷，同时一定程度上降低顶层区域的环境温度。项目整体建成后按光伏 25 a 全生命周期可年发电 7.74 万 kW·h，相当于可减少 9.51 t 标煤（按 1.229 t/(万 kW·h) 计算），减排 49.37 t CO₂（按电力排放因子 6.379 t/(万 kW·h)）。这一项目不仅为学校提供了稳定的清洁能源，还为乡村低碳建设树立了典范。

3.3 数字赋能

数字赋能为乡村公共和商业机构节能降碳开辟了新路径^[36]。

能源管理系统。借助物联网技术，乡村公共和商业机构能够构建完善的能源管理系统，在乡村学校教室、办公室、食堂等场所安装智能电能表、水表、气表等传感器，实时采集能源消耗数据并传输至能源管理平台，管理者可直观了解不同区域、不同时间段的能源使用情况，进而加强管理、制定设

备关闭制度，有效减少了能耗。同时能源管理系统具备强大的数据分析功能，通过建立能源消耗模型，能准确判断能源使用是否正常，避免能源持续浪费并提前发现潜在隐患，采取针对性优化措施。

智能控制技术。智能控制在节能降碳中也发挥着重要作用。智能照明控制系统在乡村公共和商业机构中，通过光线传感器和人体红外传感器协同工作，在室内光线充足或无人活动时自动调暗或关闭照明灯具，有效降低照明能耗^[37]。在冬暖夏热的广东省乡村，空调能耗占比较大，智能空调控制系统通过温度传感器、湿度传感器以及智能算法，根据室内外环境变化自动调节运行状态^[38]。例如在乡村医疗机构病房，可依据患者舒适度需求和室内外温度差异精准控制制冷或制热功率，避免能源浪费，同时实现远程控制，提高能源管理的便捷性和灵活性。能源数据分析对节能决策助力显著，乡村公共和商业机构通过对能源管理系统收集的数据深入分析，能够制定个性化节能策略，并帮助机构评估节能措施实施效果，通过对比实施前后的能源数据，清晰了解节能成效，确保节能降碳目标实现。

数字赋能的应用案例。南雄市某小学安装的光伏智慧监测系统示范平台可实时监测光伏发电的发电电量、发电历史数据、实时发电功率以及每天的发电趋势，可很直观地向老师和学生展示光伏发电的效果，进行节能宣传。

4 结束语

在冬暖夏热地区，美丽乡村公共和商业机构节能降碳领域的探索与实践，兼具理论价值与现实意义。随着各项措施的逐步落实，乡村公共和商业机构的用能效率将不断提高，碳排放也将得到有效控制，推动冬暖夏热地区美丽乡村公共和商业机构节能降碳持续发展。当前已取得阶段性成果，也面临一系列挑战，亟待以系统性策略推进后续发展，实现乡村经济、社会与环境的和谐共生。

参考文献

- [1] 农业工作通讯,广东省实施“百千万工程”推进宜居宜业和美乡村建设[EB/OL].(2025-1-09)[2025-2-17].www.journal.cnnews.net/ngztxcs/2025/dyq/jj/969262_20250109093411.html.
- [2] 广东省能源局,广东省农业农村厅,广东省乡村振兴局.广东

- 省加快农村能源转型发展助力乡村振兴实施方案:粤能新能 [2023] 126号 [EB/OL].(2023-2-20) [2025-2-17].https://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post_4097768.html.
- [3] 广东省人民政府.广东省公共机构节能办法:广东省人民政府令(第223号) [EB/OL].(2021-12-29) [2025-2-17].https://drc.gd.gov.cn/glgk5596/content/post_3937608.html.
- [4] WU J W, QI Y Y, GUAN X Y, et al. Farmers' attitudes and adoption preferences toward household solar photovoltaics: A survey from Guangdong Province in China. *Renewable Energy*. 225 (2024). DOI: 10.1016/j.renene.2024.120239.
- [5] 字琼珍, 王昌梅, 吴凯. “双碳”目标下中国农村能源发展现状, 问题与对策[J]. *Southern Energy Construction*, 2024, 11(6). DOI: 10.16516/j.ceec.2024.6.07.
- [6] 佟元之. 农村中小学教育技术资源优化配置与优效利用的实践研究[J]. *中国教育技术装备*, 2009(2):4.
- [7] 黄开霞, 陈丹丹. 医院能源管理存在的问题及对策[J]. *中国医院建筑与装备*, 2024, 25(1):8-11.
- [8] 唐巍, 王照琪, 张璐. 绿色低碳能源转型背景下的新型乡村能源体系形态特征与关键技术[J]. *供用电*, 2024, 41(8):88-99.
- [9] 张志飞. 新质生产力赋能乡村产业振兴: 功能作用、现实困境与实践路径[J]. *昆明理工大学学报(社会科学版)*, 2024, 24(5):101-109.
- [10] 孙守仙. “双碳”背景下国家科研机构节能降碳现状与优化路径研究[J]. *中国机关后勤*, 2024(12):65-67.
- [11] 郭亚茹. 马克思主义农业生态思想视阈下农业“双碳”目标实现路径研究[D]. 山西大学, 2023.
- [12] 胡晓燕, 包晓斌, 余宗响. 农村新型能源体系建设的挑战与对策[J]. *中国国土资源经济*, 2024, 37(11):54-62.
- [13] 张心慧. 新时代乡村文化振兴的价值意蕴、现实困境及实践理路[J]. *山西农经*, 2025(3):29-31.
- [14] 王萍, 柳瑞, 朱礼想. 双碳目标下农户组合能源消费选择研究: 基于生计资本[J]. *Journal of Ecology & Rural Environment*, 2023, 39(6). DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2022.173.
- [15] 张轶之, 滕玉华, 刁佳遥. 基于扎根理论的农村居民习惯调整节能行为影响因素研究[J]. *金融教育研究*, 2020, 33(1):9. DOI: CNKI: SUN. JXJR. 0. 2020-01-005.
- [16] 孙若男, 杨曼, 苏娟. 我国农村能源发展现状及开发利用模式[J]. *中国农业大学学报*, 2020, 25(8):11.
- [17] 张保留, 吕连宏, 吴静. 农村居民生活碳达峰路径及对策[J]. *环境科学研究*, 2021, 34(9):2065-2075.
- [18] SHAN H Y, YANG J L. Sustainability of photovoltaic poverty alleviation in China: An evolutionary game between stakeholders. *Energy*. 181 (2019) 264-80. DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.152.
- [19] SHEN G F, XIONG R, TIAN Y L, et al. Substantial transition to clean household energy mix in rural China. [J]. *National science review*, 2022, 9(7):nwac050-nwac050.
- [20] ZHANG S L, DON W, WU Z H, et al. Does the financial support to rural areas help to reduce carbon emissions? Evidence from China. *Energy Economics*. 127 (2023). DOI: 10.1016/j.eneco.2023.107057.
- [21] 广东省发展改革委, 广东省财政厅, 广东省发展改革委. 广东省财政厅关于印发广东省2025年大规模设备更新和消费品以旧换新工作方案的通知 [EB/OL].(2025-02-05)[2025-02-17].http://www.gd.gov.cn/gdywdt/zwzt/yjhx/zcwj/content/mpost_4663138.html.
- [22] 广东省人民政府. 广东省人民政府关于进一步深化数字政府改革建设的实施意见 [EB/OL].(2023-06-27)[2025-02-17].http://www.gd.gov.cn/zwgk/zcjd/mtjd/content/mpost_4207424.html.
- [23] 李齐新. 基于人体红外感应技术的智能LED照明系统设计[J]. *中国照明电器*, 2025(1):58-60+79.
- [24] 于永全. 变频调节能模式的实验研究[J]. *制冷*, 2024, 43(1):64-67.
- [25] 薛建发, 刘嘉琦. 基于智能用电及能效管理的油田注水泵节能研究[J]. *设备管理与维修*, 2024(23):4-6.
- [26] 左轻高. 乡镇医院的节能型中央空调控制系统设计[D]. 武汉轻工大学, 2014.
- [27] 白国政. 基于蚁群算法的变频空调室温智能控制方法[J]. *机械设计与制造工程*, 2023, 52(7):37-40.
- [28] 索疆舜. 结合空气源热泵能耗分析及光伏辅助的建筑供热设计方法[J]. *城市建筑*, 2025, 22(2):177-180. DOI: 10.19892/j.cnki.csjz.2025.02.44. DOI: 10.19892/j.cnki.csjz.2025.02.44.
- [29] 何伟, 李静远, 石虎. 室外通信机柜通风冷却节能性能研究[J]. *暖通空调*, 2024, 54(7):182-188.
- [30] WANG G, BAI L, CHAO Y C, et al. How do solar photovoltaic and wind power promote the joint poverty alleviation and clean energy development: An evolutionary game theoretic study. *Renewable Energy*. 218 (2023). DOI: 10.1016/j.renene.2023.119296.
- [31] LIU Y, CHEN J H, ZHAO L T, et al. Rural photovoltaic projects substantially prompt household energy transition: Evidence from China. *Energy*. 275(2023). DOI: 10.1016/j.energy.2023.127505.
- [32] 门端宜, 王登甲, 曲磊, 等. 太阳能富集区零碳建筑技术方案探讨(3): 乡村/农牧区住宅[J/OL]. *暖通空调*, 1-11 [2025-02-17]. DOI: 10.19991/j.hvac1971.2025.03.16.
- [33] XIE Z Q, GAI X N, HE J F, et al. Evaluating rural low-carbon communities: A study of Guangdong Province, China. *Energy and Buildings*. 133 (2016) 777-89. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.10.042.
- [34] 陈士军. 因地制宜开发农村风能资源为乡村振兴注入绿色动能[J]. *农电管理*, 2024(7):12-13.
- [35] 徐江红, 高岩. 生物质能发电技术在乡村电力中的应用[J]. *农村科学实验*, 2024(19):45-47.
- [36] 汪旭, 文艺颖. 数字技术赋能乡村社会动员: 价值意蕴、现实梗阻及突破路径[J]. *南方农机*, 2025, 56(3):94-100.
- [37] 刘安彬, 向劲松, 张江, 等. 基于图像识别和红外传感的教室智能照明系统. CN201921838089.3[P]. 2025-03-31.
- [38] 范文东, 张鹏琴, 彭康旭, 等. 基于红外光电开关的智能空调控制系统[J]. *计算机产品与流通*, 2020(6):1. DOI: CNKI: SUN. WXXJ. 0. 2020-06-143.

作者简介

谢方静 (1983—), 男, 硕士研究生, 正高级工程师, 主要从事能源和低碳研究、新能源和能源互联网等工作, E-mail: xiefangjing@163.com.

(责任编辑: 张峰亮)