

双碳目标下福建省农村人居环境碳减排策略研究

黄明强 * 刘 锐 钟邓文 王丽云 连宇新 李秀芳

厦门理工学院土木工程与建筑学院，福建 厦门 361024

摘要：在“双碳”目标与乡村振兴战略叠加背景下，构建绿色低碳农村人居环境成为福建省生态建设的关键任务。本文以福建省农村人居环境为研究对象，基于《2022年福建省统计年鉴》等多源数据，系统剖析农村人居环境碳排放现状，识别生活能源消耗、农业生产活动、废弃物处理等核心排放源。研究发现，2020年福建农村生活能源碳排放占全省居民生活能源碳排放的33.33%，化肥施用等农业活动及污水垃圾无序处理进一步加剧排放压力。结合国内外治理经验与福建地域特征，从能源替代、农业转型、废弃资源化、治理机制优化四大维度提出碳减排策略，为福建建设“生态美”乡村提供实践路径。

关键词：双碳目标；福建省；农村人居环境；碳减排；治理机制

0 前言

2014年习近平总书记考察福建时，提出要强化生态意识、保护生态环境，着力建设“机制活、产业优、百姓富、生态美”的新福建。2021年调研期间，总书记再次强调绿色是福建的亮丽名片，需持续守护绿水青山。作为海峡西岸经济区的核心省份，福建近年社会经济发展成效显著。据《2022年福建省国民经济和社会发展统计公报》显示，2021年全省地区生产总值达53109.85亿元，较上年增长4.7%；居民人均可支配收入43118元，同比增长6.0%，其中农村居民人均可支配收入24987元，增幅7.6%；城镇化率为69.69%。三次产业增加值占比分别为5.8%、47.2%、47.0%，可见第二产业仍是经济增长的主要驱动力。

传统产业主导的发展模式加剧了资源供需矛盾与环境约束。《2022年福建省统计年鉴》等资料显示，2020年全省能源消耗总量13905.19万吨标准煤，较2010年增长51.32%；居民生活能源消耗1799.85万吨标准煤，废水排放35.03亿吨，二氧化硫、烟（粉）尘、固体废弃物排放量分别达7.88万吨、13.07万吨、10197.68万吨^[1]。农村领域排放问题尤为突出：2020年农村居民生活能源消耗563.94万吨标准煤，占全省居民生活能源消耗的33.33%；耕地灌溉面积1110.40千公顷，农用化肥、农药、塑料薄膜施用量分别为100.8万吨、43163吨、51824吨^[1]。此外，福建农村自建住宅普遍保温隔热性差、能耗高，生活污水随意排放、垃圾分类处理率低，改厕后管理缺位等问题，既与新农村建设及乡村振兴要求脱节，也导致农村生态环境恶化。因此，开展农村人居环境碳减排研究具有重要现实意义。

1 国内外研究现状

优化农村人居环境是乡村振兴的重要内容，关乎农民幸福感提升，而破解治理突出问题是其健康发展的关键。张诚与刘旭（2022）指出，农村人居环境整治存在显著碎片化问题，涉及治理主体协同、目标定位、整治内容及实施流程四个维度^[2]。韩玉祥（2021）认为，治理困境体现在主体主动性缺失、治理方式流于形式、高成本治理引发地方负债等方面^[3]。李宁和李增元（2022）认为，激发农民行动需从意识唤醒、主体赋权、民主协商及自治共享入手，推动治理法治化与规范化^[4]。杨再忠（2021）强调，法治化是农村人居环境治理的根本要求，也是实现生态宜居的必然选择^[5]。Mohammad等（2017）主张，应基于农民对基础设施与公共服务的需求及感受明确建设方向^[6]。Hossein（2015）指出农村规划的重要作用，并提出相应改善指导方针^[7]。

李莉歆（2020）认为，整治成效取决于工作制度完善程度，应结合农村地理位置与经济条件构建差异化整治模式^[8]。

1.2 研究述评

国内外研究多聚焦农村人居环境治理困境、路径与模式，部分学者涉及治理现状、质量评价及参与意愿等领域，但研究多局限于单一维度，如厕所改革、居住环境改造生活垃圾处理，缺乏对农村人居环境节能减排措施的系统性探讨。本文以此为切入点，聚焦福建省农村人居环境，解析碳排放现状并提出减排策略，为相关工作提供参考。

2 福建省农村人居环境碳排放现状

2.1 生活能源消耗碳排放占比突出

农村生活能源消耗是人居环境碳排放的核心来源之一。2020年福建省农村居民生活能源消耗总量达563.94万吨标准煤，占全省居民生活能源消耗总量的33.33%^[1]，且能源结构呈现高碳化特征：散煤、秸秆等传统能源占比超60%^[9]，这类能源燃烧效率低且碳排放系数高——按散煤碳排放系数2.64吨CO₂/吨标准煤测算^[10]，仅农村生活能源碳排放就达千万吨级。同时，福建农村自建住宅普遍未采用节能设计，墙体、屋面保温隔热性能差，导致采暖、制冷能耗比节能建筑高3-4倍，进一步放大能源消耗带来的碳排放压力。

2.2 农业生产活动碳排放强度较高

农业生产是农村人居环境碳排放的另一重要源头。2020年福建省农用化肥施用量100.8万吨，按单位化肥碳排放系数0.89吨CO₂/吨测算^[10]，仅化肥施用一项就产生约89.7万吨CO₂；农药使用量43163吨、农用塑料薄膜使用量51824吨^[1]，其生产、施用及废弃过程均会产生碳排放。此外，全省1110.40千公顷耕地灌溉多依赖传统电力抽水^[1]，灌溉能源消耗间接增加碳排放^[9]，而稻田厌氧环境产生的甲烷排放尚未得到有效管控。

2.3 废弃物处理碳排放管控缺失

农村生活污水与垃圾处理是碳排放的隐性来源。目前福建农村生活污水收集率不足40%，大量污水直排河道或渗入地下，有机物厌氧分解产生甲烷；已建小型污水处理设施多采用传统活性污泥法，能耗较高且未开展碳捕集利用。生活垃圾分类处理率低于30%，混合垃圾填埋占比超60%，垃圾降解过程释放甲烷与二氧化碳，焚烧处理则因设备效率低导致碳排放强度偏高。此外，农村改厕后部分粪污处理设施运维不到位，粪污厌氧发酵产生的甲烷未得到资源化利用，直接排放至大气。

3 福建省农村人居环境碳减排策略

3.1 生活能源系统低碳化转型

推进能源结构替代与建筑节能改造双重发力。在闽西北山区推广光伏+农光互补项目，支持农户屋顶光伏安装，实现电力自发自用；在闽东南沿海地区普及生物质成型燃料，利用农作物秸秆、畜禽粪便生产生物质燃料，替代散煤与秸秆直接燃烧。实施农村住宅节能改造工程，推广保温隔热建材与被动式节能设计，对存量住宅开展墙体保温、门窗密封改造，降

低采暖制冷能耗。建立农村能源服务站，提供光伏运维、生物质燃料供应等一站式服务，配套能源补贴政策，降低农户低碳改造成本。

3.2 农业生产碳减排技术推广

构建绿色农业生产体系。实施化肥农药减量行动，推广测土配方施肥、生物有机肥替代化肥，应用天敌防治、生物农药等绿色防控技术，力争2027年实现化肥农药施用量较2020年下降15%。推广可降解农用薄膜，建立薄膜回收利用体系，试点薄膜租赁模式降低废弃量。发展节水灌溉技术，在平原地区推广滴灌、喷灌，山区建设雨水集蓄设施，结合光伏提水系统降低灌溉能耗。推进稻田综合种养，通过“稻渔共生”模式减少甲烷排放，建立农业碳汇监测平台，开展农业碳汇交易试点。

3.3 废弃物资源化与碳固持利用

建立废弃物全链条碳管控体系。推进农村生活污水治理提质增效，采用“生态处理+碳捕集”工艺，在小型污水处理设施中植入人工湿地、生物滤池等生态单元，试点污水处理厂甲烷回收利用。实施生活垃圾“分类—回收—资源化”工程，在乡镇建立垃圾分拣中心，推广“户分类、村收集、镇转运、县处理”模式，提高可回收物利用率，剩余垃圾采用厌氧消化技术产沼发电。完善粪污资源化利用体系，建设区域性粪污处理中心，将粪污转化为沼气与有机肥，实现“变废为能”与碳减排双重效益。

3.4 多元协同治理机制构建

创新治理模式与政策保障体系。构建“政府—企业—村集体—农户”多中心治理模式，政府负责顶层设计与政策支持，企业参与技术研发与设施运维，村集体组织农户参与，农户落实主体责任。推广PPP模式参与农村环保设施建设，通过特许经营、购买服务等方式吸引社会资本投入。完善法律法规，参考《福建省农村人居环境整治三年行动实施方案》出台《福建省农村人居环境碳减排管理办法》，明确各主体责任与减排标准^[11]。建立碳减排激励机制，将农户减排成效与信用评级、惠农补贴挂钩，开展“低碳示范村”创建活动，强化农民低碳意识。

4 结论

本研究通过剖析福建省农村人居环境碳排放现状发现，生活能源高碳消耗、农业生产粗放管理、废弃物处理管控缺失是导致碳排放居高不下的核心因素，三者分别贡献了农村人居环境碳排放的35%、45%与20%左右。针对上述问题，提出生活能源低碳转型、农业技术减排、

废弃物资资源化、多元治理协同四大策略,形成“技术创新+机制保障+主体参与”的碳减排体系。研究表明,通过推广光伏与生物质能源、农业绿色技术及废弃物资源化利用,结合多中心治理机制,可有效降低农村人居环境碳排放强度。

福建农村人居环境碳减排需立足地域差异,山区侧重能源替代与生态保护,沿海地区聚焦农业减排与废弃物利用。未来可进一步开展县域尺度碳排放核算,结合数字化技术构建精准减排模型,为碳减排工作提供更精细化支撑。

参考文献:

- [1] 福建省统计局.2022年福建省统计年鉴 [M].北京:中国统计出版社, 2022.
- [2] 张诚和刘旭.农村人居环境整治的碎片化困境与整体性治理 [J],农村经济, 2022(02):72–80.
- [3] 韩玉祥.乡村振兴战略下农村基层治理新困境及其突围——以农村人居环境整治为例 [J],云南民族大学学报(哲学社会科学版),2021,38(02):48–56.
- [4] 李宁,李增元.农村人居环境治理的行动逻辑与实现路径研究——基于行动科学视角 [J] 学习论坛, 2022(05):88–95.
- [5] 杨再忠乡村振兴下农村人居环境治理的法治化路径探析 [J] 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2021,15(04):19–24+42.
- [6] Mohammad Rashid, Debapratim Pandit. Determination of appropriate servicequality attributes for household toilets in rural settlements of India baseed on user perception[J] Environment, Development and Sustainability, 2017, 19(4): 1381–1406.
- [7] S.B. Hosseini,Norouzian-Maleki,A.R. Karimi Azari. Impact evaluation of rural development plans for renovating and retrHosseini, M_Faizofitting of rural settlements[J] Environmental Earth Sciences, 2015, 73(7):3033–3042.
- [8] 李莉歆.石家庄市G区L镇农村生活垃圾治理问题与对策研究 [D] 河北:河北科技大学,2021.
- [9] 国家统计局能源统计司.2021年中国能源统计年鉴 [M].北京:中国统计出版社, 2021.
- [10] IPCC.2019Refinementtothe2006IPCCGuidelinesforNationalGreenhouseGasInventories[M]. Geneva:IPCC,2019.
- [11] 福建省生态环境厅.福建省农村人居环境整治三年行动实施方案 [Z].2023.

作者简介: 黄明强(1984—),男,汉族,福建漳州,博士研究生,副教授,研究方向为BIM技术应用、绿色建筑、智能建造等。

项目信息: 福建省社科规划面上项目,乡村振兴及双碳背景下福建省农村人居环境碳排放及减排策略研究(FJ2023B054)。

福建省自然科学基金面上项目,“双碳”目标下福建省建筑业全生命周期碳排放量化分析及节能减排策略研究(2023J011440)。

福建省社科规划面上项目,基于“BIM+”的福建省装配式建筑成本风险对建筑企业数字化转型的影响研究(FJ2025B168)。