

数字技术驱动社区绿色低碳循环服务模式创新

梅霄潇

重庆工贸职业技术学校 重庆市涪陵区 408000

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19746

[摘要] 在“双碳”战略纵深推进与数字中国全面建设的双重背景下，社区作为城市低碳治理的最小单元，是打通绿色低碳政策落地“最后一公里”的核心载体。本文以循环经济理论、数字治理理论为核心支撑，剖析数字技术赋能社区绿色低碳循环服务的内在机理与价值逻辑，构建“全域感知-精准核算-激励闭环-循环利用-智能管控”全链条数字化服务新模式，结合多地标杆社区实践案例，细化模式落地的实操路径与运行机制。研究表明，物联网、大数据、人工智能、区块链等数字技术的深度融合与场景化应用，可实现社区资源循环精准化、能耗管控智能化、居民参与常态化、治理协同高效化，为城市基层绿色低碳治理提供可复制、可推广、可持续的实践范式。

[关键词] 数字技术；绿色低碳；社区循环服务；模式创新；碳普惠；基层治理

引言：

在我国“双碳”战略落地与数字中国建设纵深推进的背景下，社区作为城市绿色低碳治理的基层单元，是践行循环经济、推动资源集约利用的关键载体。传统社区低碳循环服务存在管理粗放、数据割裂、参与动力不足、资源流转不畅等短板，难以形成长效运行体系。数字技术凭借感知、核算、互联、管控等优势，为破解上述难题提供了全新路径。本文依托循环经济与数字治理双重理论，探析数字技术赋能社区低碳循环服务的内在逻辑，构建一体化创新服务模式，并结合具体实践案例细化实施路径与保障机制，以期推动社区低碳服务提质增效，为基层落实双碳目标提供可推广的数字化解决方案。

一、数字技术驱动社区绿色低碳循环服务创新的核心逻辑

（一）理论根基：循环经济与数字治理的深度耦合

社区绿色低碳循环服务的核心要义，是严格遵循循环经济“减量化、再利用、资源化”的3R核心原则，打通社区能源消耗、废弃物处置、闲置资源流转、居民低碳行为的全流程闭环，实现社区生态效益与生活服务的协同提升。传统社区绿色服务依托人工推进、粗放式管理，存在数据孤岛割裂、碳核算模糊失真、激励机制失效、循环链条断裂等痛点，难以形成长效运营机制，与基层低碳治理的精细化要求相悖。数字治理理论则以数据为核心生产要素，强调通过技术整合打破主体间信息壁垒，推动治理主体协同联动、服务流程优化重构、决策制定精准高效，恰好弥补了传统绿色服务的治理短板。

二者深度耦合形成全新服务逻辑：数字技术充当绿色循环体系的“连接器”与“加速器”，将社区居民、物业服务、

属地商家、基层政府、回收企业等多方主体串联成协同共同体，对社区能耗、废弃物、低碳行为等核心数据进行全域采集、智能分析、动态调控，把抽象的碳减排目标转化为居民可感知、可参与、可获益的具象化服务，推动社区绿色循环从“被动管控”向“主动服务”转型、从“零散推进”向“系统闭环”升级，筑牢基层低碳治理的理论基础。

（二）技术支撑：多元数字技术的场景化赋能

物联网、大数据、人工智能、区块链、数字孪生等新一代数字技术，为社区绿色低碳循环服务搭建全维度技术底座，形成“感知采集-分析计算-执行落地-溯源监管”的完整技术闭环。其中，物联网感知设备实现社区能耗、环境、废弃物的全天候实时采集，解决数据获取滞后问题；大数据平台依托算法模型完成社区碳足迹精准核算、资源流转趋势分析，为服务优化提供数据支撑；人工智能算法赋能能源智能调度、垃圾分类智能引导，提升服务效率；区块链技术保障碳积分、回收数据的可信可追溯、不可篡改，筑牢信任根基；数字孪生技术构建社区虚拟映射，实现低碳场景可视化管控与模拟推演。各类技术协同发力、场景适配，彻底消除社区绿色服务的技术盲区与管理漏洞，让低碳循环服务更贴合居民需求、更具落地性。

二、数字技术驱动下社区绿色低碳循环服务创新模式构建

（一）全域感知：社区低碳资源数字化采集体系

该体系以物联网感知技术为核心，依托循环经济“源头管控”理念，搭建社区“能源-资源-环境”三维一体化数据采集网络，实现低碳相关数据的全自动、无感知、高精度采集，彻底打破传统人工统计的滞后性与误差性。在能源感知层面，部署智能水电表、燃气表、分布式光伏监测终端及公

共区域能耗传感器,实时采集居民家庭、楼道、公厕、活动中心等全场景水电气能耗数据,精准定位高耗节点与浪费隐患;在资源感知层面,配置AI智能垃圾分类箱、再生资源回收传感器、旧物流转监测设备,自动识别垃圾类别、投放准确率、回收重量,同步记录闲置物品共享、废旧物资回收数据;在环境感知层面,安装温湿度、PM2.5、噪声、碳排放浓度传感器,动态监测社区生态环境质量,为低碳服务迭代优化提供实时、详实的数据支撑。

从实践案例来看,广州某老旧小区依托数字孪生技术搭建全域感知网络,结合老旧小区户型分散、管线复杂的特点,定制轻量化感知设备,累计部署1200余个物联网传感器,全覆盖8栋居民楼、3个垃圾定时投放点、2处公共活动区,实现能耗、垃圾、环境数据每分钟更新上传,系统自动生成动态“社区碳画像”,清晰呈现各楼栋、各家庭的能耗排行与垃圾产生量,为后续精准碳核算、智能节能调控提供了硬核数据基础,真正践行了循环经济源头减量的核心理念。

(二) 精准核算: 社区碳足迹数字化计量平台

基于数字治理精准化理念与国家碳核算标准,依托大数据算法搭建社区级碳足迹核算平台,对社区整体碳排放、居民个人低碳行为减排量进行精细化、标准化计量,破解传统碳核算模糊化、口径不统一、公信力不足的难题。平台无缝对接全域感知采集数据,建立“家庭-个人-社区”三级碳核算模型,将垃圾分类、节约用电、绿色出行、旧物回收、光伏用电等各类低碳行为,统一折算为量化碳减排量,实现个人与社区碳足迹可计算、可对比、可展示、可追溯。同时,平台针对老旧小区、新建商品房、安置小区等不同社区类型,定制差异化核算参数与权重,兼顾核算科学性与场景适用性。

武汉某试点社区深度对接市级碳普惠平台,基于数字治理精准核算逻辑,研发专属低碳行为核算模型,明确量化标准:居民正确分类1公斤易腐垃圾折算0.2kg碳减排量,共享单车/电动车骑行1公里折算0.15kg碳减排量,家庭月度节电10度折算0.78kg碳减排量,旧物回收每公斤折算0.3kg碳减排量;系统自动归集行为数据,实时核算减排量并转化为个人碳积分,核算误差严格控制在5%以内,让居民清晰感知自身低碳贡献,彻底改变“低碳无量化、贡献无感知”的现状。

(三) 激励闭环: 碳普惠数字化运营服务体系

以区块链技术为信任支撑,结合数字治理协同激励理念,构建“低碳行为-碳积分-权益兑换”的全闭环激励机制,激活居民参与绿色低碳服务的内生动力,打破传统低碳宣传形

式化、参与积极性弱的困境。平台将居民碳积分、低碳行为数据上链存证,确保积分不可篡改、可跨场景流转、可永久累积;同时联动社区商超、餐饮门店、物业服务、政务服务中心等多方主体,拓宽碳积分兑换场景,实现碳积分市场化、便民化价值转化,让低碳行为真正产生实惠。

杭州余杭区113个社区规模化推行“一户一码”碳普惠模式,将区块链激励逻辑与社区生活深度融合:居民通过AI智能分类箱正确投放垃圾、线上预约旧物回收、报名低碳志愿活动、使用社区共享充电桩,均可扫码获得对应碳积分;积分可直接抵扣物业费、兑换社区超市生鲜好物、享受商家消费折扣、兑换青少年公益课程,甚至可参与区级低碳家庭评比。该模式实施后,居民垃圾分类参与率从52%提升至92%,易腐垃圾户均分出量达0.5公斤/天,社区生活垃圾整体减量42%,形成“低碳行为获积分、积分兑换得实惠、实惠驱动再低碳”的良性循环,充分印证了数字激励机制对循环经济落地的助推作用。

(四) 循环利用: 社区资源数字化流转平台

紧扣循环经济“再利用、资源化”核心,依托数字治理资源整合理念,搭建线上线下融合的社区资源流转平台,打通“居民预约-上门回收-专业分拣-资源化再利用”全链条,实现社区闲置物品、废旧物资的价值最大化,杜绝资源浪费。线上端依托社区专属数字服务APP,开设旧物回收预约、闲置物品交换、再生资源售卖、共享工具预约四大功能模块,居民一键下单即可享受免费上门回收服务,无需线下跑腿;线下端对接资质齐全的再生资源企业,设置数字化回收驿站,通过AI智能称重设备自动计价、实时结算现金或碳积分,全程透明无差价。同时,平台整合社区公共工具、闲置空间等共享资源,开通线上预约通道,进一步提升资源利用率。

北京某大型社区搭建专业化资源循环数字化平台,联动12家正规再生资源企业,全覆盖塑料、金属、纸张、废旧家电、废旧衣物、家具家电等8大类回收品类,针对不同品类制定标准化回收价格与碳积分折算标准;居民通过APP预约回收后,平台1小时内派单、24小时内上门,回收数据实时上链、收益即时到账;平台同步上线闲置交换板块,设置书籍、儿童用品、家居好物等专区,累计促成闲置物品流转3200余件,社区资源回收利用率从38%提升至75%,真正实现“变废为宝、循环利用”的循环经济目标。

(五) 智能管控: 社区低碳服务数字化监管体系

基于数字治理协同监管理念,构建“物业-社区居委会-街道办”三级联动数字化监管系统,对社区绿色低碳循环服

务全流程进行动态监管、智能预警、闭环处置,保障服务模式长效落地。系统整合全域感知数据、服务运行记录、居民反馈信息,自动生成标准化服务台账,对垃圾满溢、公共区域高能耗、回收不及时、垃圾分类不规范等问题,自动派发工单至责任人,明确处理时限与考核标准,实现“发现问题-派发工单-处置反馈-考核评价”全闭环;同时,系统定期生成社区低碳服务数据分析报告,直观呈现能耗变化、回收效率、居民参与度等核心指标,为基层政府制定低碳政策、物业服务优化流程提供科学决策依据。

上海长宁区某标杆社区运用数字化监管平台,建立精细化管控机制:对公共区域照明、空调、水泵等设备进行智能调度,非高峰时段自动降低功率、关停闲置设备,社区公共区域能耗同比降低22%;针对垃圾分类不规范行为,AI摄像头自动抓拍、系统实时推送引导提示至居民手机,垃圾分类准确率从65%提升至92%;物业运维人员通过移动端实时接收工单,处置效率提升60%,彻底实现低碳服务的智能化、精细化管控。

三、数字技术驱动社区绿色低碳循环服务模式的实施保障

(一) 多方协同共建机制

建立“政府主导、市场运作、居民主体、科技支撑”的四方协同机制,明确各方权责边界,形成共建共治共享的治理格局。政府层面负责出台扶持政策、制定行业标准、拨付试点改造资金,做好顶层设计与统筹引导;市场层面由科技企业承担平台研发、运维,回收企业负责资源处置,商家参与权益兑换,实现市场化运作;物业层面负责线下设备运维、服务落地、工单处置;居民作为核心主体,主动参与低碳行为、反馈服务需求。深圳某低碳社区采用该机制,政府补贴60%数字化改造资金,科技公司免费搭建平台并运维3年,物业负责日常管理,周边20余家商家入驻积分兑换体系,多方联动实现模式可持续运营,无资金断档、服务断层问题。

(二) 差异化技术适配策略

针对不同社区基础条件,推行“一小区一策”差异化技术适配方案,避免“一刀切”改造。老旧小区侧重低成本、轻量化改造,优先部署简易感知设备、移动端小程序,简化操作流程,兼顾老年群体使用习惯;新建商品房社区打造全场景智慧低碳样板,集成数字孪生、虚拟电厂、智能光伏等高端技术,实现全流程智能化管控;安置小区聚焦便民化服务,重点搭建回收预约、积分兑换核心功能,降低改造门槛。同时,建立平台季度迭代机制,根据居民反馈与技术发展,

优化算法模型、拓展服务场景,保障技术与需求同步适配。

(三) 市场化长效运营体系

构建“政府补贴+商业变现+资源收益”的多元化盈利模式,实现平台自我造血,摆脱单纯依赖财政投入的困境。一方面,通过碳积分导流带动社区商业消费,获取商业合作收益;另一方面,再生资源回收产生的溢价收益反哺平台运维,辅以平台公益广告投放收益,覆盖设备维护、人员成本。杭州余杭碳普惠模式通过商业流量变现,每户每日创造1元社区商业产值,政府垃圾分类专项投入降至每户每年98元,且逐年递减,实现生态效益、社会效益与经济效益的统一。同时,依托数字平台开展低碳知识科普、线上低碳打卡、家庭评比等活动,持续培育居民低碳意识,夯实服务模式的群众基础。

四、结束语

数字技术与社区绿色低碳循环服务的深度融合,并非单纯的技术升级,而是基层治理模式、资源利用方式、居民生活理念的系统性革新。通过构建“全域感知-精准核算-激励闭环-循环利用-智能管控”的全链条数字化服务模式,既能破解传统社区绿色服务的落地难题,又能让低碳生活成为居民的自觉选择,让社区成为“双碳”目标落地的核心基层载体。未来,随着数字技术的持续迭代、碳普惠体系的不断完善,需进一步深化跨社区、跨区域协同联动,优化技术适配性与市场化运营机制,推动模式从试点示范走向规模化推广,助力构建集约高效、绿色低碳、宜居宜业的城市基层治理新格局,为实现碳达峰、碳中和长远目标筑牢坚实根基。

[参考文献]

- [1] 史书铄. 数字技术驱动济南绿色低碳发展机制创新研究[J]. 市场调查信息, 2025 (24): 27-29.
- [2] 魏春城, 林治宇, 赵晨, 等. 数字技术赋能绿色低碳发展的举措与建议[J]. 环境保护, 2022, 50 (20): 28-30.
- [3] 张利. 数字技术, 绿色技术创新与制造业转型升级[D]. 内蒙古财经大学, 2024.

作者简介: 梅霄潇, 男, 学历: 硕士, 毕业院校: 西南大学, 职称: 讲师, 研究方向: 景观生态学。

重庆市教委科学技术研究项目(项目编号: KJQN202503601)资助。

Supported by the Science and Technology Research Program of Chongqing Municipal Education Commission (Grant No. KJ202503601).