

从“废物困扰”到“能源红利”： 乡村治理中生物质能资源化利用的 转化逻辑、赋能机制与优化路径

于法稳¹ 林 珊²

(1. 中国社会科学院农村发展研究所, 北京 100732;

2. 青岛市社会科学院农业农村研究所, 山东青岛 266071)

[摘要] 生物质能资源化利用是推动能源革命与生态文明建设的重要战略举措, 具有可再生、环境友好等多重属性, 对乡村生态、经济、社会发展具有显著赋能价值。为推动乡村生物质能资源化利用, 突破乡村废弃物治理困境, 实现乡村生态、能源与产业协同发展, 本文剖析乡村废弃物传统处理方式面临的技术、经济、主体、制度多重困境, 构建“动力—传导—协同—反馈”四位一体的乡村赋能机制, 以困扰倒逼、红利牵引等为动力, 通过技术、产业、主体三级传导, 依托多元主体、多维度、区域协同保障, 借助正向激励与负向调节形成完整链条。实践中, 需通过技术创新、产业融合、主体赋能、区域差异化发展四大路径, 推动乡村生物质废弃物从污染源头转化为能源资源, 释放经济、生态、社会多重能源红利。为此, 平原农区实行“秸秆—能源—循环型生态农业”模式; 畜禽养殖集中区实行“粪污—生物天然气—有机肥”模式; 山区林区实行“林业废弃物—生物质成型燃料”模式, 实现从“废弃物困扰”到“能源红利”的高效转化。

[关键词] 生物质能; 资源化利用; 乡村赋能; 废弃物转化; 能源红利

[中图分类号] TK6; F320.3

党的二十届四中全会明确提出“加快新型能源体系建设”, 2025 年中央经济工作会议、中央农村工作会议进一步对能源建设作出战略部署, 为“十五五”乃至更长时期新型能源资源化利用指明了方向。生物质能资源化利用以实现减污、降碳、协同、增效为核心目标, 成为助力乡村生态振兴、衔接能源战略与乡村发展的关键抓手。当前, 乡村振兴战略深入推进, 生态宜居与产业兴旺已成为破解“三农”问题的核心导向, 其中乡村废弃物治理成效与能源结构优化水平, 直接关系到这一核心导向的落地见效。我国乡村生物质资源储量极为丰富, 每年农作物秸秆、畜禽粪污、农林加工副产物等废弃物产生量超 30 亿吨, 这类废弃物兼具“污染物”与“资源”双重属性——既是制约乡村生态环境持续改善的突出瓶颈, 也是亟待开发、蕴含巨大潜力的可再生能源宝库。长期以来, 乡村废弃物处理多采取填埋、焚烧等模式, 不仅造成了宝贵生物质资源的严重浪费, 也导致土壤、地下水、大气污染等一系列问题, 最终形成“产出越多、困扰越重”的治

[基金项目] 本文为中国社会科学院创新工程项目(2026NFSB006); 山东省博士后科学基金资助项目(SDCX-RS-202500027)。

[作者简介] 于法稳, 男, 山东鄄城人, 管理学博士, 中国社会科学院农村发展研究所研究员、生态经济研究室主任、博士生导师; 林珊, 女, 山东栖霞人, 管理学博士, 青岛市社会科学院农业农村研究所助理研究员、中国海洋大学管理学院博士后。

理困境,与乡村生态宜居建设要求形成强烈反差。

“双碳”战略目标的提出与能源安全新战略深化,为生物质能资源化利用提供了战略机遇。作为唯一可转化为气体、液体、固体燃料的可再生能源,生物质能资源化利用成为衔接乡村生态治理、能源供给优化与产业转型升级的重要路径。不同于传统废弃物处理“只减污、不增值”的单一导向,生物质能资源化利用能够实现废弃物减量化、能源清洁化、产业多元化的多重价值,推动乡村从被动处理废弃物向主动挖掘能源红利转型,为乡村振兴注入新的内生动力。从实践层面看,当前我国乡村生物质能资源化利用仍处于初级阶段,技术适配性不足,产业体系不完善,主体参与意愿不强,制度支撑不到位等问题相互交织,“废弃物困扰”向“能源红利”的转化通道尚未完全打通,导致大量生物质资源难以有效转化,制约了其乡村赋能效能的充分发挥。

基于此,本文立足乡村振兴与“双碳”目标双重背景,聚焦生物质能资源化利用的乡村赋能核心,提出从“废弃物困扰”到“能源红利”可落地的转化路径,为破解乡村废弃物治理难题、推动生物质能资源化利用、实现乡村生态、能源与产业协同发展提供理论支撑与实践参考。

一、问题提出

在乡村生态振兴与美丽乡村建设的时代背景下,生物质能资源化利用是助力乡村绿色发展的重要抓手,既是各级政府重点关注的民生与发展议题,也是学术界乡村振兴、能源经济领域的核心研究方向。为夯实本文研究基础,明确研究切入点,本文梳理国内外相关研究成果,从生物质能资源化利用、乡村赋能机制、资源循环与乡村发展耦合三个维度展开文献综述,并结合现有研究不足提出本文研究思路。

一是关于生物质能资源化利用相关研究。生物质能资源化利用已成为全球可再生能源发展的重要趋势,各国基于发展需求与资源禀赋形成了差异化的发展模式。其中,欧洲生物质能源供热产业起步早、技术体系成熟、政策配套完善,生物质热能占欧盟可再生热能消费总量的86%,产业化与资源化利用水平处于全球领先地位^[1-3]。东盟国家依托丰富的生物质资源,在沼气、生物液体燃料等领域具备天然发展优势^[4]。从全球发展逻辑来看,生物质能发展并非单纯的废弃物资源化问题,而兼具经济与战略价值。欧美发达国家旨在抢占全球可再生能源市场话语权,发展中国家则主要依托生物质能源发展规避农产品贸易壁垒,同时美国生物质能源产业发展还会对全球农产品市场格局产生显著影响^[5-6]。

从当前我国乡村发展的实际来看,农村生活能源仍以秸秆、薪柴等传统生物质能为主,消费占比超过60%,不过这类传统能源的整体占比正逐年递减。与此同时,电力、煤炭等化石能源的农村消费量快速增长,而太阳能、沼气等新型清洁能源的乡村普及率还较低,农村能源结构转型升级进展缓慢^[7]。从产业发展层面看,我国农村生物质能的规模化开发与利用,目前仍面临多重现实阻碍,主要集中在资源供给稳定性不足、技术转化效率偏低、相关政策落地成效有限^[8]。从原料供给来看,农作物秸秆等农业废弃物是生物质能开发的核心原料,其供给规模与持续供给能力,会受到区域气候条件、农作物种植结构、交通运输条件等多种因素的制约。这也意味着,各地推进生物质能资源化利用,应立足区域实际,因地制宜推行差异化发展策略^[9-10]。农户作为农业废弃物资源化利用的核心参与主体,其参与意愿和实际行为,直接影响整个生物质能产业的发展质量与推进成效。调研数据显示,在配套补偿政策的激励之下,79.9%的农户愿意参与农业废弃物资源化利用,且农户普遍认可以户或耕地面积为核算依据的补偿模式^[11-12]。但从自主投入层面来看,农户的主动投资意愿相对有限,仅68.3%的农户愿意为废弃物资源化项目投入资金,且不同年龄阶段农户的支付意愿存在显著差异^[13-14]。除此之外,技术创新与完整的产业链体系,是农业废弃物资源化利用的核心支撑。因此,畅通农业废弃物资源化利用全链条,推进相关技术集成创新,是提升农村生物质能资源化利用率、破解产业发展瓶颈的关键所在^[15]。

二是关于乡村赋能机制相关研究。现有研究证实,社会资本、政策扶持、制度规制等多重因素可有效赋能农业废弃物资源化利用,为乡村绿色发展提供动力支撑。在社会资本层面,通过强化政策宣传与舆论引导,激活农村本土社会资本,能够有效培育农户信任互助、协同合作的集体意识,推动农业废弃物资源化利用从个体行为转化为乡村集体行动,破解分散化经营带来的治理难题^[13]。在政策与市场赋能层面,政府财政补贴、涉农企业引入、基层服务实体培育等多元化举措,能够有效降低农户参与成本,消解农户参与顾虑,充分调动各类主体的参与积极性^[16]。在制度规制层面,完善乡村环境规制,健全相关法律法规与监管体系,能够有效规范各利益主体的生产与参与行为,倒逼各类市场主体、农户转变发展理念,为农业废弃物资源化利用营造规范有序的发展环境^[13]。

三是关于资源循环与乡村发展耦合相关研究。生态农业与生物质能源产业存在深度共生、双向互动的内在机理,通过构建农业废弃物循环利用产业链,可实现“立足农业、超越农业、反哺农业”的良性发展格局,助力乡村多元价值释放。现有研究提出的“政府主导、科技引领、市场助力”三元协同机制,能够有效统筹经济效益、生态效益与社会效益,为农业废弃物资源化的可持续发展提供核心支撑^[16-17]。同时,生物质能源发展需坚守粮食安全底线,规避能源开发对粮食生产、农地资源的负面冲击,探索兼顾粮食安全与生态发展的可持续路径^[18]。从城乡发展维度来看,城乡融合发展能够推动各类要素资源优化配置^[19],依托要素流动优化农村能源消费结构,推广可再生能源普及应用,对缓解农村能源短缺,降低农业面源污染,推动乡村可持续发展具有重要现实意义^[7]。

综上,现有国内外研究从生物质能利用技术、农户参与意愿、区域发展模式政策规制体系等多个维度展开探索,为本文研究奠定了扎实的理论基础与实践参考。但现有研究仍存在一定不足,多数研究聚焦单一维度展开分析,侧重技术研发,聚焦农户微观意愿,探讨区域发展模式等,缺乏对生物质能资源化利用全链条、系统化的整合研究,尤其忽视了对乡村赋能内在机理、运行机制的系统性剖析,难以全面解释生物质能赋能乡村发展的深层逻辑。基于此,本文立足乡村生态振兴视角,从技术、经济、主体、制度四个维度系统剖析乡村废弃物传统处理模式的现实困境与深层成因,重点构建并剖析生物质能资源化利用的乡村赋能体系,具体涵盖“困扰倒逼+红利牵引”的动力机制、“技术—产业—主体”的传导机制、多元主体协同的保障机制以及动态优化的反馈机制。同时,结合乡村发展实际,从技术优化、产业融合、主体赋能、区域差异化四个层面提出针对性实践路径,助力乡村从“废弃物困扰”向“能源红利”高效转化,以期为乡村生物质能资源化的可持续推进提供系统化的理论支撑与可落地的实践指引。

二、乡村治理中生物质能资源化利用的掣肘因素

乡村废弃物的传统处理方式以填埋、焚烧、堆肥及直接利用为主。这类处理方式操作简单,不需要完善的配套基础设施,与乡村以往的发展条件相适应,长期以来都是乡村环境治理的主要方式。改革开放以来,随着乡村经济社会的不断发展,生态环境规制趋于严格,传统处理模式在技术、经济、主体及制度规范等多个方面都存在诸多问题,其弊端逐渐凸显。

(一) 核心技术不成熟、转化效率偏低的技术困境

从实践来看,乡村废弃物传统处理技术存在工艺体系不完善、设备运行稳定性不足、终端产品附加值不高等诸多问题,整体资源转化水平偏低,难以满足当前乡村生态治理与资源循环利用的需求。具体来讲,简易填埋方式不仅占用大量土地资源,还可能存在防渗措施不到位的问题,极易造成土壤与地下水的污染,影响乡村生态环境健康水平。露天焚烧和小型简易焚烧的温控水平相对较低,燃烧过程中会产生二噁英、粉尘等污染物,造成严重的大气污染。传统堆肥方式也存在突出短板,不仅发酵周期长,而且对废弃物原来的配比、湿度等条件要求严格,产出的有机肥品质参差不齐,直接推广应用可能存在较大隐患。而

没有经规范处理的乡村废弃物直接利用,还可能携带病菌,引入重金属等有害物质,既无法实现高效资源化利用,还会带来生态和安全风险,形成低效、劣质的利用困局。

技术困境的形成源于多重因素叠加。一是技术研发与适配投入不足。现有技术多聚焦城市工业,缺乏适配乡村废弃物分散、复杂、季节性强等特性且成本较低的技术。同时,实验室技术在乡村场景中经济性与可靠性大幅下降。二是技术集成优化不足,呈现环节技术孤立应用的特点,缺乏全链条系统集成设计,整体能效与物效低下。三是技术推广与服务体系薄弱,实用技术信息不畅,专业指导、运维培训及售后服务缺失,设备易陷入“买得起、用不好、管不住”的困境,制约了技术的推广与应用。

(二) 投入产出失衡、市场竞争力较弱的经济困境

从经济维度看,传统乡村废弃物处理模式存在显著投入产出失衡、市场竞争力弱的问题,难以形成可持续商业模式。在初始投资方面,即便是较为简易的规范化堆肥场、小型焚烧设备,其建设成本也给多数乡村集体和企业带来较重负担。运营阶段成本高,涵盖废弃物收运、分拣等支出,而产出端价值回报有限,填埋无直接收益,焚烧则热能利用率低,堆肥则产品品质不均,售价低且认可度差,直接利用类产品附加值更低。形成“高成本、低收益”格局,项目高度依赖外部补贴,补贴取消后难以为继,无法与常规能源、化工产品竞争。

经济困境源于价值转化链条残缺与外部成本内部化缺失的多重叠加。一是规模不经济且物流成本高,废弃物分散,季节性强,收集半径大,难以形成规模效应,增加了单位成本。二是产品市场梗阻且价值低估,面临并网、标准认定等壁垒,生态价值未充分体现,售价难以覆盖成本。三是全生命周期成本核算缺位,环境外部成本未内部化,清洁技术环保投入高,在竞争中处于劣势。四是融资渠道狭窄,项目回报周期长,风险高,金融支持不足,社会资本介入谨慎。

(三) 农户意愿低、新型主体培育不足的主体困境

从行动主体视角看,乡村废弃物资源化利用面临内生动力不足与主体稀缺的双重困境。一方面,农户参与意愿偏低,长期采取随意丢弃、露天焚烧等方式,对资源化新技术新模式认知不足,缺乏信任,且参与环节烦琐,直接收益不显著,缺乏改变行为习惯的激励。另一方面,新型经营主体严重匮乏,农村专业化收运企业、生物质能公司及合作社数量少,实力弱,技术、管理与市场开拓能力不足,难以承担链接农户、整合资源、推动产业化运营的核心角色。

主体困境的形成源于认知、利益、能力及社会结构等多维度因素叠加。一是农户认知存在局限与激励缺失,传统习惯难以改变,环保与资源价值认知薄弱,且利益联结机制不完善,农户难以从中实现稳定收益,因而缺乏参与的经济动因。二是新型主体培育环境滞后,乡村基础设施、融资、人才等方面存在短板,适配组织形式与治理机制不完善。三是多元主体协同机制缺位,各方权责利模糊,缺乏合作平台与信任机制,难以深化合作。四是人力资本短缺,乡村空心化、老龄化严重,专业运营管理人才匮乏,制约主体成长与项目落地。

(四) 政策支撑不足、标准体系不完善的制度困境

从制度环境维度看,乡村废弃物资源化利用面临政策体系不健全、标准规范缺失或衔接不畅的深层次障碍。政策层面,国家宏观导向清晰,但地方落实存在细则模糊、配套政策脱节、执行力度不均等问题。财政补贴偏重前端设备投资,对后期运营、产品消纳等环节支持不足,且补贴申请流程烦琐,门槛高;税收、电价、用地等优惠政策落地难,难以实现稳定政策预期。标准体系层面,废弃物分类、预处理、产品质量及工程技术等环节规范存在空白、老化或不协调问题,导致产品质量不一,尤其是优质产品难以占领市场,同时增加监管与交易成本。

制度困境源于治理体系适应性不足与系统性建设滞后。一是政策设计缺乏系统性与精准性,仅聚焦

单一环节,无全生命周期框架,且忽视乡村地域差异,易与基层实践脱节。二是部门协同缺失,权责交叉,政策碎片化,缺乏高层次统筹,难以形成政策合力。三是标准制定滞后于产业发展,技术迭代与标准更新不同步,跨行业标准不统一,阻碍跨领域利用。四是监督考核与长效机制不健全,政策评估、动态调整机制不完善,责任模糊,约束乏力,难以构建激励约束相容的制度环境。

三、乡村治理中生物质能资源化利用的赋能机制

生物质能资源化利用对乡村的赋能并非单一要素作用的结果,而是多主体、多环节、多维度要素耦合联动形成的系统性转化过程。其核心本质在于,乡村生物质废弃物从生态负担、资源闲置、治理难题向生态资产、产业资源、振兴动能的属性重塑与价值跃迁。

(一)“困扰倒逼+红利牵引”的双轮动力生成机制

动力机制是生物质能资源化赋能乡村转化的核心动因机制,其解答转化“为何启动、为何持续”的核心问题。乡村废弃物从传统处理模式向资源化利用模式的转化,本质是外部刚性约束形成的倒逼压力与内部价值释放形成的牵引拉力双向耦合、动态适配的结果。整个转化过程是通过“困扰倒逼”打破传统治理模式的路径依赖,通过“红利牵引”构建新型发展平衡,两类力量分阶段、分维度作用于主体认知、制度约束、市场行为,最终实现乡村废弃物治理模式的根本性转型。

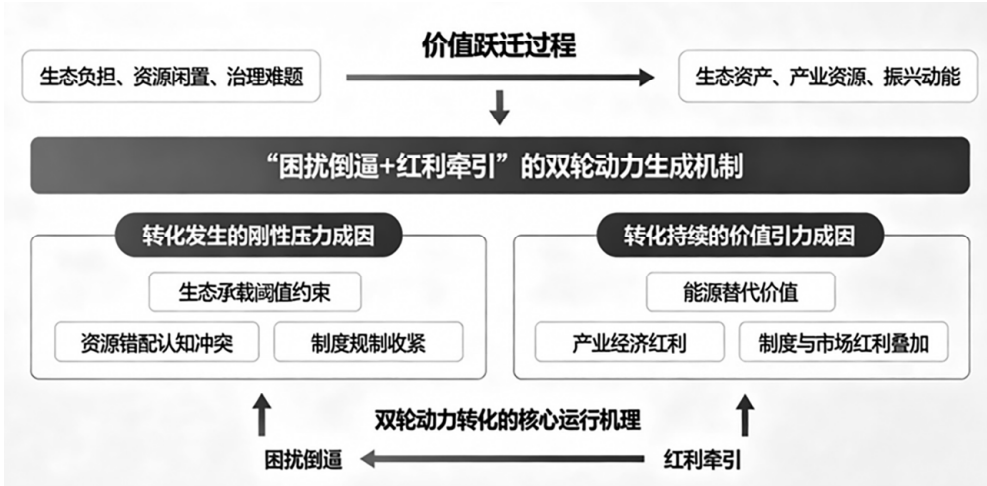


图1 双轮动力转化的运行逻辑

1. 转化发生的刚性压力成因

乡村生物质处置传统模式的不可持续性,催生了资源化转化的必要性,这是推动赋能变革的被动性底层动力,其核心逻辑是原有模式矛盾累积,系统运行失衡倒逼模式重构。一是生态承载阈值约束引发的治理矛盾转化。乡村生产生活方式的变迁,使农作物秸秆、畜禽养殖粪污等生物质废弃物产生总量增加,结构复杂化,传统填埋、露天焚烧、随意堆放的处理方式,持续占用土地资源,诱发水土气立体污染,不断透支乡村生态承载力,形成明显的“废弃物困扰”,即废弃物堆积导致生态恶化,引发村民不满。这种生态系统的失衡表明,传统的生物质处置方式不再适用,产生了模式转型的刚性需求,行业必须转变原有的治理模式,这也是生物质资源化转化的核心生态动因。二是资源错配认知冲突引发的价值回归转化。生物质本身富含有机质和能量,是可以实现循环利用的优质资源,但在传统治理体系中,生物质被简单地划归为污染物、废弃物,这种认知偏差造成了优质资源被低效消耗,同时不断产生生态损耗,形成严重的资源错配问题。随着可持续发展、循环经济、绿色发展等理念不断普及,政府、市场和社会对生物质的价值认知逐渐更新,纠正了传统认知的偏差。各类参与主体开始重新审视生物质的资源属性,并主动认可其利用价值,从

理念层面为生物质资源化利用提供了内生动力与需求。三是生态环保制度不断收紧,以合规压力倒逼治理模式转型升级。近年来,《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等相关法律法规持续完善,生态环保督察趋于常态化,乡村生态治理的考核标准不断细化,构建了标准化、规范化的乡村环境治理制度体系。在此背景下,传统粗放的处置模式的合规风险持续上升,基层政府、村集体以及相关经营主体的合规成本、制度约束压力显著增加。制度层面的刚性约束,倒逼各类主体从随意处置转向合规的资源化治理模式,为生物质资源化利用的落地提供了制度性倒逼支撑。

2. 转化持续的价值引力成因

生物质资源化利用能够持续深化推进,实现从被动整改向主动升级迭代的转变,核心驱动力来自其多元的价值红利。其底层逻辑在于,生物质资源化利用能够落地转变为现实价值,持续提升经济效益,保障各类参与主体切实获得收益,由此形成正向激励的良性闭环,持续牵引资源化转化稳步推进、长效发展。

一是能源替代价值实现能源结构转化。乡村传统能源多为化石能源,存在成本高、供给不稳定、基础设施适配性差等短板。生物质可以就地转化为沼气、生物天然气、成型燃料等清洁能源,可实现本地资源就地供能,有效降低乡村对外能源依赖,缓解乡村能源供需矛盾。这种以本地资源替代外部能源的价值兑现,推动乡村能源结构从外源消耗型向内源循环型转化,构成赋能的能源价值基础。二是产业经济红利释放驱动发展模式转化。生物质资源化利用并非单一的污染治理行为,其具备产业链衍生、价值增值的产业属性。通过对不同废弃物进行资源化再利用,能够催生有机肥生产、生物质燃料加工、设备运维服务以及循环型生态农业配套等一系列新兴产业。这种模式改变了传统乡村生态治理只投入、无收益的弊端,把单纯的治理成本转变成可以实现实际效益的价值增长点。通过重塑乡村生态治理的经济价值,破解了乡村生态治理长期无收益的困境、产业发展缺少落地载体的短板。由此,乡村发展不再局限于单一的农业生产模式,逐步走向循环产业融合发展的新路径,也为各类市场主体、村集体参与乡村生态治理和资源转化,提供了核心利益支撑。三是政策制度与市场机制的双重红利叠加提升了转化的可行性。当前,国家和地方针对循环经济、可再生能源产业,出台了财税补贴、电价兜底、项目专项扶持等一系列政策,有效降低了生物质资源化项目的投资压力与运营门槛,大幅度减少了项目落地风险;在市场层面,碳交易、生态保护补偿等市场化机制的逐步落地,保障了生态正外部性的货币化变现。政策减负、市场增值的双重红利,打破了资源化转化的成本壁垒,让原本只依靠财政投入、不具备市场化运营条件的治理模式,转变为可自主运转、可持续盈利的特色产业模式,持续为乡村生态与产业发展赋能。

3. 双轮动力转化的核心运行机理

“困扰倒逼”与“红利牵引”并非独立作用,而是存在阶段适配、相互转化、动态协同的内在运行机制,其共同构成稳定的动力系统。在赋能转化启动阶段,外部困扰倒逼起主导作用,核心功能是打破传统粗放处理模式的路径依赖,通过生态、制度、民生的多重压力,倒逼各方重新审视问题,破除主体的惯性思维与行为惰性,使生物质资源化的必要性与紧迫性更加凸显,完成从“不变”到“求变”的初始转化。在赋能深化阶段,压力的边际效应递减,“红利牵引”逐步成为核心动力,通过持续释放经济、能源、生态红利,将外部的被动压力,转化为农户、市场资本等主体主动参与的内生动力,实现从“要我干”到“我要干”的认知与行为转变。二者的核心协同机理是压力界定转化底线、红利拓展转化空间:生态与制度压力划定了乡村废弃物治理的合规边界与转型方向,确保转化过程不偏离生态保护的核心目标;多元价值红利则激活了转化的创新空间与参与活力,让资源化利用从强制性治理任务,升级为具备自我迭代能力的乡村发展新业态,双轮动态平衡赋能转为全程稳健推进。

(二) “技术—产业—主体”三级递进传导机制

传导机制是生物质能赋能乡村的转化落地机制,是解释资源化价值、赋能效应如何从理论可能性转化

为现实乡村发展效能的核心过程。整体呈现“技术破局奠基—产业载体落地—主体固化赋能”的三级递进传导逻辑,三级路径层层嵌套、逐级转化,实现从技术要素到产业价值,再到乡村内生发展能力的完整转化闭环,是赋能效应落地的核心载体。

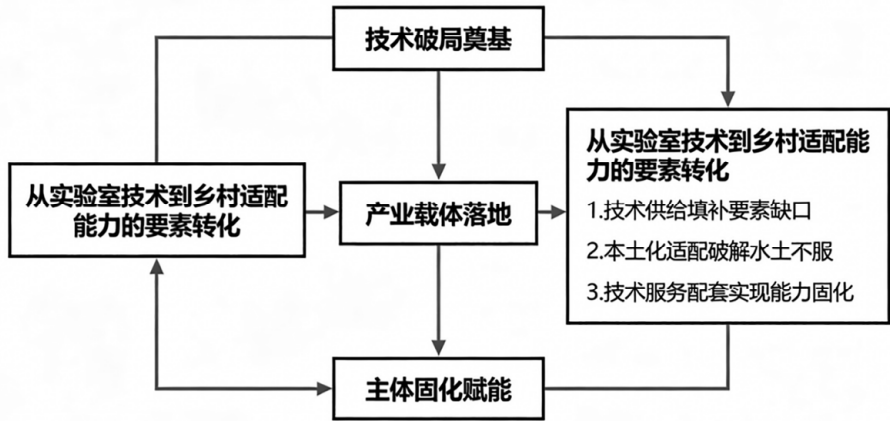


图2 “技术—产业—主体”三级递进传导逻辑

1. 从实验室技术到乡村适配能力的要素转化

技术传导是整个传导体系的起点,其核心机理是通过技术场景化、外来技术本土化,解决技术落地难、适配性差的转化壁垒,为后续产业、主体转化提供核心技术支撑,其实质在于技术要素与乡村场景的适配性转化。一是技术供给填补要素缺口实现基础转化。乡村生物质废弃物分散性、季节性、成分复杂性的特征,导致通用工业技术无法直接适配。通过产学研协同攻关、成熟技术下沉推广,针对性补齐秸秆气化、畜禽粪污厌氧发酵、分散式储运等乡村专用技术短板,实现技术要素从城市工业场景向乡村治理场景的迁移转化。二是本土化适配破解水土不服,实现效能转化。摒弃标准化技术套用模式,基于平原、山区、城郊等乡村资源禀赋差异,对核心技术、配套工艺进行针对性改造,降低技术落地的设备成本、运维成本、场景适配成本,实现技术从可用到好用的效能转化。三是技术服务配套实现能力固化转化。通过搭建技术推广、实操培训、运维保障体系,将单一的设备技术输出,转化为乡村可落地、可复制、可自持的治理技术能力,推动乡村生物质处置模式从低效无序排放向高效清洁转化升级,完成技术层面向生态赋能的初步转化,为产业传导筑牢基础。

2. 从技术效能到多元价值的业态转化

产业传导是衔接技术落地与主体赋能的核心中转机制,本质是将技术实现的生态治理效能进一步转化为可市场化、可增值、可延续的产业经济效能,破解技术落地有治理效果、无经济效益的单向转化困境。一是全链条构建实现从成本消耗到价值产出的转化。以成熟落地的资源化技术为核心,搭建“收集—预处理—转化—产品输出”完整产业链,改变传统治理模式只投入、无产出的失衡格局,通过沼气供能、有机肥产出等双向产品输出,实现生态治理行为向价值生产行为的转化。二是产业融合实现从单一产出到多元增值的转化。打破生物质能单一能源生产的格局,依托核心产业延伸融合农业、文旅、城乡能源供给产业,构建循环型生态农业、生态观光、城乡能源互补等多元业态。其转化机理是通过产业跨界融合,盘活乡村闲置资源,延伸价值增值链条,将单一的生态价值转化为经济、社会、生态复合价值,大幅提升资源化利用的市场竞争力。三是市场对接实现从产品产出到价值变现的转化。通过标准化生产、渠道搭建、品牌培育,破解生物质产品品质不均、市场认可度低、流通梗阻等问题,打通产品产出、市场交易、收益回流的闭环,让技术赋能的生态成果、产业产出的实物成果,最终转化为可持续的经济收益,为主体参与提供稳定的价值支撑,完成产业层面的赋能转化。

3. 从外在赋能到内生能力的长效转化

主体传导是赋能转化的终端落地与长效固化机制,核心机理在于将外部技术、产业培育形成的外在赋能转化为乡村多元主体的内生发展动力,实现赋能效应从外力加持到内生自持的终极转化。一是利益联结驱动主体参与意愿转化。依托产业传导形成的利益链条,建立清晰可持续的利益分配机制,让农户依靠废弃物处理、务工就业、股权分红获取稳定收益,让新型经营主体通过产业化运营获得市场利润,彻底改变主体参与无收益、无动力的现状,实现参与意愿从被动配合到主动参与的根本性转化。二是平台联动驱动主体协作模式转化。通过搭建政府、企业、村集体、农户协同平台,厘清各主体权责边界,改变传统乡村治理主体分散、各自为战、协同低效的格局,实现从单一主体碎片化治理到多元主体系统化运营的模式转化。三是能力培育驱动乡村发展质效转化。通过技术培训、人才引入、管理赋能,补齐农户环保认知与实操技能、新型主体市场化运营能力短板,同时吸引青壮年劳动力返乡创业,缓解乡村空心化、人才空心化问题,最终实现主体能力的全方位升级。其核心转化价值在于,让多元主体成为资源化利用的长期载体,反向推动技术迭代、产业升级,形成产业赋能主体、主体反哺产业的内生循环,固化赋能成果。

(三) 多维协同的格局稳固机制

协同机制是保障赋能转化全面性、稳定性、适配性的核心格局机制,解释生物质能赋能为何能实现多维度、全覆盖、可持续的转化,避免单一环节转化、局部赋能的碎片化问题。通过主体权责协同、效益维度协同、区域禀赋协同,构建全方位、多层次的转化支撑体系,稳固资源化赋能乡村的整体格局。

1. 权责利匹配的主体联动转化机理

主体协同的核心转化逻辑是从主体无序博弈到有序联动,解决传统模式下主体权责模糊、利益脱节、动力不足的转化障碍。政府、企业、村集体、农户四大主体基于自身定位形成差异化功能互补,实现整体效益大于个体效能之和的转变。一是政府通过政策供给、宏观调控、监督规制,弥补市场失灵,为资源化转化提供制度环境保障,解决市场主体短期逐利、公共性不足的问题;二是企业发挥产业化、市场化、专业化优势,承接技术落地、产业链运营、市场价值转化的核心功能,解决乡村专业化运营能力缺失的问题;三是村集体依托基层治理与熟人社会优势,完成资源整合、农户组织、矛盾协调的基础工作,打通转化落地的基层梗阻;四是农户作为废弃物供给主体与受益主体,履行基础义务、享受发展权益,夯实转化的群众基础。四方主体通过利益共享、风险共担、权责对等的联动模式,实现从分散孤立到有机协同的状态转化,构建赋能转化的主体支撑格局。

2. 生态经济社会的复合效益转化机理

维度协同的核心转化逻辑在于,从单一效益输出到复合效益共生,破解传统治理模式重生态、轻发展或重经济、轻环保的单向度局限,实现经济、生态、社会三大效益有机融合、相互赋能、同步转化。其中,生态与经济效益的双向转化是核心:生物质能资源化利用的清洁处置模式,实现污染物减排、资源循环利用,改善乡村生态环境,降低生态损耗,完成废弃物治理向生态资产积累的转化;同时,生态环境优化、资源循环利用衍生出新产业、新收益,将生态优势转化为经济优势,而经济收益的持续回流,又反哺生态治理投入,形成生态赋能经济、经济支撑生态的双向转化闭环。社会效益是双效转化的延伸升华:产业发展带动乡村就业扩容、人才回流,缓解乡村空心化、老龄化困境;技术普及、治理参与提升村民环保素养与集体意识,强化乡村治理凝聚力,最终实现生态、经济、社会三大效益的协同转化,让赋能效应覆盖乡村发展全维度。

3. 禀赋差异化的适配转化机理

区域协同的核心转化逻辑在于,从标准化套用模式到差异化适配模式,解决统一模式与乡村资源、经济、区域禀赋不匹配的转化失衡问题,实现全域范围的高效赋能转化。不同类型乡村的资源禀赋、区位条

件、经济基础存在显著差异,决定了资源化转化的路径必然呈现差异化:平原乡村资源集中,农业基础雄厚,具备规模化转化条件,实现大规模、产业化、全链条的集中式赋能转化;山区乡村资源分散,物流成本高,适配小型分布式技术,实现小体量、本土化、便捷化的精准赋能转化;城郊乡村依托区位优势,实现城乡联动、产销对接、产业链延伸的融合式赋能转化;经济薄弱乡村依托政策扶持,优先完成基础能力搭建,实现从无到有、循序渐进的基础性赋能转化。同时,跨区域资源、技术、市场互补联动,破解区域资源错配、技术壁垒、市场垄断问题,实现局部最优转化向全域均衡转化的升级,提升整体赋能格局的适配性与稳定性。

(四) 双向反馈的迭代优化机制

反馈机制是赋能转化的动态迭代与长效保障机制,解释赋能效应如何持续升级,转化体系如何自我完善的核心原理。依托正向反馈的激励放大效应与负向反馈的纠偏调节效应,构建“信号归集—动态调节—效果迭代”的闭环系统,推动生物质能资源化赋能转化从初步落地走向持续优化,从阶段性赋能走向长效化赋能。

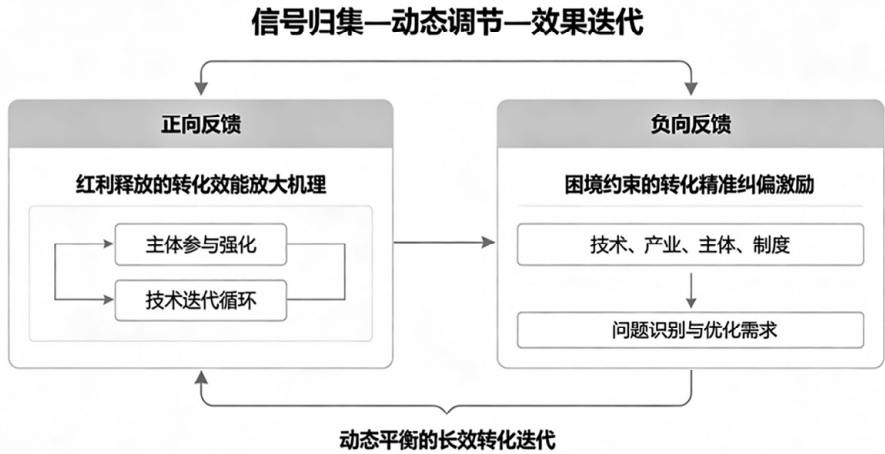


图3 双向反馈的迭代优化逻辑

1. 红利释放的转化效能放大机理

正向反馈的核心逻辑是转化成果反哺转化过程,形成自我强化的递增循环。生物质能资源化释放的能源、经济、生态、社会等多元红利,会反向激励主体行为,推动技术创新,稳固产业体系,持续放大赋能转化效能。在主体层面,农户、经营主体、村集体从资源化转化中获得切实收益,会进一步提升参与积极性,加大资源投入,主动适配产业发展,实现参与行为的持续强化,让主体赋能转化效果不断叠加。在技术层面,市场红利、产业需求为技术迭代提供明确导向与资金支撑,市场主体与科研机构围绕乡村实际需求开展技术优化与创新,推动技术适配性、高效性持续提升,进一步降低转化成本,提升转化收益,形成需求牵引创新、创新放大红利、红利激活需求的技术转化迭代循环。整体而言,正向反馈通过成果反哺,让初始的赋能转化效果持续积累、放大,巩固动力、传导、协同机制的运行成果,实现赋能效能的阶梯式升级。

2. 困境约束的转化精准纠偏激励

负向反馈的核心逻辑是精准捕捉生物质能资源化转化中的新问题、新短板,提供靶向优化的调节依据,并非否定赋能转化体系,而是通过精准识别转化全链条的制约瓶颈,规避系统性失衡,保障转化过程可持续。一是在技术转化环节,技术本土化适配不足、运维体系不完善、落地成本过高等问题,会直接制约技术传导效率,反馈出技术转化“重落地、重适配”的优化需求。二是在产业转化环节,产品市场价格波动、物流成本偏高、融资约束等问题,会导致投入产出失衡,反馈出产业转化“重稳链、重市场、重金融支撑”的

调节需求。三是在主体转化环节,利益联结机制不稳、主体能力不均衡、协同效率不足等问题,会削弱赋能效果,反馈出主体机制优化的核心方向。四是在制度转化环节,政策补贴退坡、标准与技术迭代滞后、部门协同不畅等问题,会制约体系运行,反馈出制度体系动态优化的必要性。负向反馈的核心价值,是将转化过程中的阶段性、结构性问题显性化,为机制迭代提供精准靶向,避免小矛盾累积为系统性转化障碍,保障赋能体系动态适配内外环境变化。

3. 动态平衡的长效转化迭代机理

闭环优化是反馈机制的终极目标,实现正向激励与负向纠偏的有机整合,形成赋能转化体系的自我演化、自我完善机制。其核心运行流程分为三层递进逻辑:一是信号收集与研判,全方位收集主体参与、技术运行、产业发展、制度落地的正负向信息,精准区分阶段性问题与结构性问题、局部问题与系统性问题,明确转化体系的优化优先级,规避盲目调整。二是靶向双向调节,针对正向反馈的有效经验,通过制度固化、激励强化,放大优质转化模式的效能;针对负向反馈的突出瓶颈,精准破解技术、产业、主体、制度层面的堵点,补齐转化短板。三是效果迭代验证,通过多维度指标体系评估调节效果,将优化后的赋能效能重新纳入反馈系统,形成“转化—反馈—调节—再转化”的无限闭环。该机制从根本上解决了传统治理模式固化、迭代滞后的问题,让生物质能资源化赋能乡村的转化体系始终适配乡村发展需求、生态治理要求与产业规律,最终实现从阶段性红利释放到常态化长效赋能的本质转化。

四、乡村治理中生物质能资源化利用的优化路径

在实践层面上,要打通乡村生物质废弃物向能源资源转化的通道,把以往的环境负担转变为实实在在的发展红利,不能依靠单一举措零散推进。结合前文梳理的乡村发展现实困境与赋能运行机制,本文拟从技术、产业、主体、区域布局四个核心维度搭建完整落地体系。

(一) 全面提高资源转化效率与系统运行稳定性的技术优化路径

技术短板是制约乡村生物质能资源化利用的首要瓶颈,传统工艺存在转化效率低、污染隐患大、适配性差等问题,直接导致资源难以实现高效利用。因此,优化升级全链条技术体系,让技术真正贴合乡村实际场景,是实现废弃物向能源转化的第一步。从核心技术攻关、本土化集成应用、配套服务体系建设三个层面层层推进,先突破技术难点,再完成场景适配,最后搭建长效服务保障,让先进技术落地乡村。

1. 加强提升转化效率的核心技术攻关

聚焦乡村生物质能源资源化转化的核心瓶颈,以产学研协同攻关为抓手,强化关键技术突破。重点围绕秸秆、畜禽粪污、农林加工副产物等主要废弃物类型,针对性开展核心技术研发:在能源转化领域,攻关高效秸秆气化、生物质成型燃料燃烧优化等技术,提升热转化效率与能源利用率,降低二噁英、粉尘等污染物排放;在物质转化领域,优化畜禽粪污厌氧发酵工艺,研发高效菌种制剂与发酵调控技术,缩短发酵周期,提高沼气产量与有机肥品质。同时,聚焦资源循环最大化目标,攻关废弃物多组分协同转化技术,实现生物质资源的梯级利用,提升单位废弃物的综合价值。依托高校、科研院所与龙头企业共建研发平台,设立乡村生物质能专项研发资金,引导创新资源向乡村场景倾斜,推动实验室技术向产业化应用转化,从源头破解核心技术短板,为转化效率与稳定性提升提供核心支撑。

2. 推动技术本土化适配与集成应用

摒弃“技术一刀切”模式,结合乡村资源禀赋、经济水平、基础设施差异,推动核心技术本土化改造与全链条集成应用,破解技术“水土不服”问题,强化技术运行稳定性。针对平原、山区、城郊等不同区域特征,优化技术方案:平原乡村侧重规模化技术适配,推广秸秆与畜禽粪污协同发酵集成技术,配套大型收储运设备;山区乡村聚焦小型化、分布式技术改造,简化设备操作流程,降低运维成本,适配分散化废弃物处

理需求。注重技术全链条集成,构建“收储运—预处理—转化—产品利用”一体化技术体系,打破各环节技术孤立应用的局限,通过物质流与能量流协同设计,提升整体转化效能与系统稳定性。同时,兼顾乡村运营能力实际,优化技术设备的自动化、智能化水平,在关键环节实现精准调控,降低人工依赖度,避免因操作不当导致的效率波动,确保技术在乡村场景中稳定运行,高效转化。

3. 构建技术创新与推广的服务体系

完善技术服务支撑体系,打通技术创新与乡村应用的“最后一公里”,保障技术优化成果落地见效。一是搭建多元化技术推广平台,依托基层农业技术推广机构、村集体、龙头企业,建立“线上咨询+线下指导”的技术服务网络,开展针对性技术培训,提升农户、新型主体的操作技能与运维能力。二是培育专业化技术服务队伍,吸纳技术骨干、返乡人才加入,提供设备调试、故障维修、定期巡检等常态化售后服务,及时解决技术应用中的实际问题。三是建立技术创新与推广联动机制,鼓励企业、科研院所根据乡村反馈的技术需求优化创新方向,推动技术迭代升级,形成“需求牵引创新、创新支撑应用、应用反馈优化”的良性循环。四是完善技术示范基地建设,选取典型乡村打造技术应用样板,通过实地观摩、经验分享等方式辐射带动技术推广,增强多元主体对新技术的接受度与信任度,夯实技术优化的应用基础。

(二) 培育多元融合、良性运转的乡村产业优化路径

技术落地之后,需要依托完整的产业体系完成价值变现。以往乡村废弃物治理难以持续,核心原因是治理行为仅产生环保成本,无法形成经济收益。基于此,以产业链延伸为基础,以产业跨界融合为拓展方向,同步壮大经营主体,理顺利益分配关系,把生态治理工作转变为可持续的乡村产业,构建“有产出、有收益、能循环”的产业生态。

1. 延伸生物质能产业链

应围绕废弃物资源化全链条延伸产业链条,提升产品附加值与综合收益,破解价值回报有限的困境。立足生物质能转化的核心产出,构建“基础产品—深加工—终端服务”的三级产业链体系:在基础层,聚焦沼气、生物质成型燃料、有机肥等核心产品,保障规模化、标准化生产,筑牢产业链根基;在深加工层,推动基础产品增值升级,如将沼气提纯为生物天然气并入城乡燃气管网,将有机肥深加工为专用肥,生物有机肥适配特色种植需求,将生物质灰渣加工为建筑辅料实现资源梯级利用。同时,完善配套产业链环节,培育专业化废弃物收储运企业,优化分拣、预处理、仓储、物流等配套服务,降低全链条运营成本。通过产业链延伸,改变“低附加值、低收益”的产业格局,拓宽盈利渠道,提升生物质能产业的抗风险能力与市场竞争力,为产业融合奠定基础。

2. 推动与乡村相关产业融合发展

应以生物质能产业为纽带,推动与乡村农业、文旅、康养等特色产业深度融合,构建“生物质能+”多元融合模式,破解产业同质化、市场梗阻等问题,放大产业综合效能。推动与乡村农业融合,打造“养殖粪污—沼气—有机肥—种植—饲料”的循环农业闭环,将生物质能产品精准对接种植、养殖环节,降低农业生产成本,提升农产品品质,实现“能源—农业”双向赋能;推动与乡村文旅融合,依托生物质能生态循环项目,打造生态观光、科普教育、农事体验等业态,将生态优势转化为文旅价值,丰富乡村产业形态。同时,立足城乡融合趋势,推动生物质能产业与城镇能源、农产品加工产业对接,为城镇提供清洁供热、供气服务,为农产品加工企业绿色能源与有机肥,构建城乡互补的产业融合格局。通过产业融合,打破产业边界,培育新的经济增长点,提升生物质能产业的市场适配性与可持续盈利能力,形成“一业兴、多业旺”的产业生态。

3. 培育壮大新型经营主体,完善利益联结机制

应聚焦主体困境,以培育壮大新型经营主体为核心,完善利益联结机制,激活产业发展的内生动力,筑

牢产业生态的主体支撑。重点培育三类新型主体: 针对规模化生物质能运营企业, 引导其整合技术、资金、市场等资源, 承担产业链核心运营角色; 针对专业化农民合作社, 发挥其组织农户、整合资源的优势, 搭建企业与农户的沟通桥梁; 针对返乡创业主体, 依托政策扶持吸引青壮年返乡, 投身废弃物收储运、生物质产品加工等领域, 注入新鲜活力。同时, 健全多元利益联结机制, 推广“企业+合作社+农户”、“村集体+农户”等合作模式, 通过订单收购、保底分红、劳务就业、股权合作等方式, 保障农户稳定收益, 激发农户参与积极性。强化新型主体培育保障, 给予场地、融资、技术等政策扶持, 提升其运营管理、市场开拓与风险防控能力。通过主体培育与利益联结, 破解“主体稀缺、协同不足”的难题, 形成“企业引领、合作社组织、农户参与”的产业运营格局, 保障产业生态持续健康发展。

(三) 全面提升多元主体参与能力与协同水平的主体优化路径

农户、合作社、村集体、企业、政府是生物质能资源化利用的五大参与主体, 主体认知不足、能力欠缺、协同不畅, 是阻碍各项工作推进的人为短板。本部分围绕不同主体的定位与痛点, 分别开展能力提升、行为引导、协作规范工作, 让每一类主体都找准自身角色, 发挥应有作用, 构建全员主动参与、多方高效协同的发展局面。

1. 强化农户技能培训与参与激励

通过“技能培训+激励引导”双轮驱动, 提升农户参与生物质能资源化利用的能力与主动性。搭建分层分类培训体系, 依托村集体、合作社、技术服务机构, 开展废弃物分类、收集、预处理及简单运维技能培训, 结合田间课堂、实地实操、线上微课等形式, 适配农户接受习惯, 破除“不会参与”的能力壁垒; 同步开展环保知识与资源价值宣讲, 扭转传统处理观念, 提升农户生态认知与资源意识。健全多元化激励机制, 兼顾经济激励与精神激励: 在经济层面设定废弃物收购保底价格, 完善积分兑换、劳务务工等收益机制, 让农户从参与中获得稳定回报; 在精神层面设立示范农户、参与标兵等荣誉, 依托村规民约强化正向引导。同时, 简化农户参与流程, 配套便捷化收集设施与上门回收服务, 最大程度降低农户的参与成本, 推动农户从被动配合转向主动参与, 筑牢主体参与的基层根基。

2. 规范合作社运营, 提升组织化程度

以合作社为纽带, 通过规范运营管理, 强化能力建设, 提升其组织农户、整合资源、对接市场的核心能力, 破解组织化程度低、治理机制不完善的短板。完善合作社治理结构, 健全成员大会、理事会、监事会“三会”制度, 明确权责分工, 规范决策流程与利益分配机制, 保障农户知情权、参与权与收益权, 增强合作社凝聚力。强化运营能力培育, 针对性开展合作社财务管理、市场对接、技术应用、风险防控等培训, 引导合作社建立标准化废弃物收储运体系, 实现农户分散废弃物的集中整合, 降低对接企业的交易成本; 推动合作社与生物质能企业、科研机构建立稳定合作, 搭建技术引进与产品输出桥梁, 提升产业化运营水平。依托政策扶持优化发展环境, 给予合作社场地、融资、税收等政策倾斜, 支持其升级基础设施, 拓展服务范围, 打造“上联企业、下接农户”的核心纽带, 提升农户组织化程度, 破解多元主体协同乏力的难题。

3. 引导企业履行社会责任, 深化政企合作

以强化企业主体责任为核心, 推动企业在追求经济效益的同时履行社会责任, 深化政企协同, 破解企业与乡村适配不足、协同机制缺位的问题。引导企业锚定乡村需求履行社会责任, 将产业链布局与乡村发展需求深度绑定, 优先吸纳本地劳动力就业, 带动农户技能提升与收入增长; 主动参与乡村基础设施建设, 完善废弃物收储运体系及处理设施, 兼顾商业效益与公共服务属性, 避免“重收益、轻公益”的异化倾向。健全政企协同机制, 明确政府与企业责权利边界, 政府层面优化政策供给, 提供技术指导、市场对接、监管服务等支撑, 简化审批流程, 落实补贴、税收优惠等政策, 为企业运营营造稳定环境; 企业层面主动对接政府规划, 反馈运营需求与行业痛点, 参与政策制定与标准完善, 形成政府引导、企业主导、优势互补的协同

格局。推动企业发挥技术、资金、市场优势,带动合作社、农户共同发展,构建“企业引领、多元联动”的产业生态,强化主体协同效能,保障生物质能资源化利用可持续推进。

(四) 基于资源禀赋推行差异化发展模式的区域性优化路径

我国乡村地域辽阔,平原、养殖集中区、山区林区的资源禀赋、产业基础、交通条件差异巨大,统一的发展模式无法适配所有区域。基于不同区域的资源特征、突出问题,因地制宜设计专属发展模式,做到一地一策、精准落地,让资源化利用模式贴合当地实际,最大化发挥区域资源价值。

1. 平原农区实行“秸秆—能源—循环型生态农业”模式

平原农区具备耕地集中、秸秆产量大、农业基础雄厚的优势,同时面临秸秆焚烧污染、资源浪费等困境,适配构建“秸秆—能源—循环型生态农业”模式,实现资源梯级利用与农业生态闭环。聚焦小麦、玉米等主导作物秸秆,推广秸秆粉碎还田与能源转化并行技术,一方面通过秸秆气化、成型燃料加工等技术转化为清洁热能、电能,满足农户生产生活用能需求,并入区域能源网络补充能源供给;另一方面,将秸秆转化过程中产生的灰渣、沼渣等副产物加工为有机肥,回哺农田提升土壤肥力,降低化肥施用成本。依托规模化农业经营基础,培育专业秸秆收储运合作社,搭建“农户+合作社+能源企业+种植基地”协同体系,实现秸秆从田间收集、集中预处理到能源转化、肥料回田的全链条运营。同步配套政策支持,优化秸秆收储运补贴、能源产品并网政策,强化技术本土化适配,破解秸秆处理分散、转化效率低的难题,形成“秸秆资源化—能源供给—农业增效”的循环格局,兼顾生态效益与农业经济收益。

2. 畜禽养殖集中区实行“粪污—生物天然气—有机肥”模式

畜禽养殖集中区面临粪污排放量大、污染风险高、资源化利用率低的突出困境,结合粪污有机质含量高、集中性强的特征,推行“粪污—生物天然气—有机肥”模式,实现污染治理与价值转化双赢。聚焦规模化养殖场与散养户集群,构建“集中收集—厌氧发酵—多元利用”的产业链条,通过建设集中式厌氧发酵站,整合区域畜禽粪污,将发酵产生的生物天然气提纯后用于居民供气、工业燃料或供应天然气管网,解决乡村能源供给缺口;发酵副产物沼液、沼渣加工为生物有机肥,对接周边种植基地,形成“养殖粪污—能源—种植”的循环链条。强化技术适配与成本控制,推广高效厌氧发酵菌种与工艺,优化粪污预处理技术,降低运营成本;健全利益联结机制,引导养殖企业、种植户、能源运营企业协同参与,明确粪污收购价格、能源与肥料收益分配比例。配套环保监管与政策激励,落实粪污资源化补贴、有机肥推广补贴,倒逼养殖主体规范处理粪污,破解粪污污染与资源浪费双重难题。

3. 山区林区实行“林业废弃物—生物质成型燃料”模式

山区林区林业资源丰富,林业采伐、加工产生的枝丫材、木屑、树皮等废弃物量大且分散,同时存在运输成本高、能源供给不足等问题,适配推行“林业废弃物—生物质成型燃料”模式,兼顾资源利用与生态保护。针对林业废弃物分散性特征,优化小型化、分布式处理技术,在废弃物集中区域建设小型生物质发电站或成型燃料加工厂,减少跨区域运输成本,提升转化效率;成型燃料优先供给本地农户、民宿、小型加工企业采暖、做饭及生产用能,替代煤炭等传统能源,降低环境污染与用能成本;生物质发电并入区域电网,弥补山区电网供电短板。培育本土化专业收运队伍与运营主体,依托村集体协调山林资源与场地,搭建“林农+村集体+运营企业”合作体系,建立林业废弃物常态化收集、储存机制。强化生态保护与产业发展协同,严格把控废弃物采收标准,避免过度采伐破坏生态;配套山地运输设施补贴、绿色能源政策,提升技术适配性与主体参与积极性,破解山区林业废弃物处理难题,实现生态保护与能源供给、经济增收的协同发展。

五、结语

在推进乡村生态振兴、“双碳”目标落地以及新型能源体系加快建设的时代背景下,本文围绕乡村生

物质能资源化利用展开系统研究。研究认为,对生物质废弃物采取填埋、露天焚烧等处理方式,在造成资源浪费的同时,还会产生一系列环境污染问题,陷入“产出越多、治理压力越大”的困境。推进生物质能资源化利用,可以实现减污、降碳、增效、富民等多重价值,是衔接乡村生态治理、能源结构转型与产业升级的重要抓手。但在实践层面则面临四大现实难题:在技术层面,缺少适配乡村废弃物分散化、季节性强等特点的专用技术,技术集成度不足,后续配套服务也不充分;在经济层面,项目前期投入大,日常运营成本高,产品附加值偏低,难以形成规模效益,生态价值也无法有效转化为经济收益;在主体层面,不少农户对资源利用的认知不足,参与的激励机制不完善,政府、企业、村集体、农户之间也没能形成高效的协同合作模式;在制度层面,相关政策较为零散,行业标准更新滞后,激励与约束机制也不完善。上述问题相互交织,直接阻碍了乡村生物质废弃物从“废弃物困扰”向“能源红利”转变。在此基础上,本文梳理出生物质能赋能乡村发展的完整内在逻辑,构建起“动力—传导—协同—反馈”环环相扣的运行机制。

一是以“困扰倒逼+红利牵引”为核心动力,生态压力、资源认知转变、环保制度收紧形成外在推进,而能源替代、产业增收、政策市场红利构成内生拉力,推动乡村废弃物治理从被动整改转向主动发展。二是以“技术—产业—主体”三级递进为传导机制,先完成技术本土化改造,再搭建完整产业链,最后培育壮大多元参与主体,从而实现赋能效应从理论层面真正落到乡村发展实处。三是通过多维度协同稳固发展格局,理顺政府、企业、村集体、农户的权责与利益关系,兼顾生态、经济、社会复合效益,同时结合不同区域资源条件,走差异化发展路径,避免发展模式碎片化。四是依托双向反馈实现动态优化,借助正向反馈放大发展红利,依靠负向反馈及时发现问题,纠正偏差,保障系统能够长期稳定运行、持续迭代升级。

基于现实困境与运行机制,本文提出四维精准施策路径。技术上,集中力量攻克关键工艺,做好技术本土化改造,同步完善全流程配套服务;产业上,延伸产业链,推动多业态融合,理顺利益分配方式,构建可持续的乡村循环产业体系;主体上,加强农户培训与激励,规范合作社运营,深化政企合作,搭建多方联动的协作体系;区域发展上,因地制宜推行平原农区“秸秆—能源—循环型生态农业”模式,畜禽养殖集中区发展“粪污—生物天然气—有机肥”模式,山区林区则重点打造“林业废弃物—生物质成型燃料”模式,最大限度盘活本底资源。总体而言,生物质能资源化利用能够有效破解乡村废弃物治理难题,优化能源结构,培育新兴产业,激活内生动力,是统筹乡村生态振兴、产业振兴与能源安全的有效路径。唯有突破四重困境,完善赋能转化机制,推行差异化策略,才能彻底打通从“废弃物困扰”向“能源红利”的转化通道,实现乡村协同高质量发展。

本文明晰了生物质能资源化赋能乡村的内在机理与实践路径,但在细分场景、动态实证、数字赋能、区域联动等方面仍存在研究拓展空间。结合数字乡村建设、能源体系升级与区域协调发展趋势,未来可从四个方面深化研究:一是聚焦粮食主产区、生态保护区、边境及民族乡村等特殊类型区域,结合其功能定位与发展约束,构建靶向适配的差异化赋能机制与落地路径;二是依托长时序面板数据与计量模型,实证检验赋能体系的动态演化规律,厘清各机制在不同发展阶段的作用强度、协同效应与外部调节因素,弥补现有定性研究的不足;三是推动大数据、人工智能、区块链等数字技术与生物质资源化全链条融合,构建智慧监测、智能转化、精准监管的数字化赋能体系,推动传统利用模式向智慧化、精准化模式转型;四是突破单一区域研究局限,立足城乡融合与区域协同视角,探索跨区域资源统筹、产业联动、利益分配、风险共担的协同机制,破解资源错配、市场壁垒等现实难题,实现全域生物质资源高效配置与赋能效能提质升级。

[参考文献]

- [1] MAIMOULIN T, ARMSTRONG S, VANDAM J, et al. Toward a harmonization of national sustainability requirement sand criteria for solid biomass [J]. Biofuels bioproducts and biorefining, 2017, 13(2): 405 - 421.

- [2] SCARLAT N ,DALLEMAND J F ,MONFORTI F ,et al. Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union: an overview from national renewable energy action plans and progress reports [J]. Renewable sustainable energy 2015(51) : 969 - 985.
- [3] 宋晨晨 ,何继江 ,张浩然. 欧盟国家生物质能源供热利用综合分区——欧洲经验对中国的借鉴 [J]. 中国人口·资源与环境 2021 31(5) : 67 - 76.
- [4] 孙丽英 ,田宜水. 东盟国家生物质能源发展比较研究及对我国启示 [J]. 中国人口·资源与环境 2010 20(S2) : 80 - 83.
- [5] 闫逢柱 ,乔娟. 国际生物质能源发展的评价——动机、支持措施及对世界粮食供求影响视角 [J]. 财贸研究 , 2009 20(3) : 53 - 60.
- [6] 周曙东 ,崔奇峰 ,吴强. 美国发展生物质能源对国际市场玉米价格、贸易与生产格局的影响——基于 CGE 的模拟分析 [J]. 中国农村经济 2009(1) : 82 - 91.
- [7] 仇焕广 ,严健标 ,李登旺 ,等. 我国农村生活能源消费现状、发展趋势及决定因素分析——基于四省两期调研的实证研究 [J]. 中国软科学 2015(11) : 28 - 38.
- [8] 马隆龙 ,唐志华 ,汪丛伟 ,等. 生物质能研究现状及未来发展策略 [J]. 中国科学院院刊 2019 34(4) : 434 - 442.
- [9] 陈智远 ,石东伟 ,王恩学 ,等. 农业废弃物资源化利用技术的应用进展 [J]. 中国人口·资源与环境 2010 20(12) : 112 - 116.
- [10] 吴海涛 ,周晶 ,陈玉萍. 秸秆能源化利用中资源供应持续性分析 [J]. 中国人口·资源与环境 2013 23(2) : 51 - 57.
- [11] 何可 ,张俊飏. 基于农户 WTA 的农业废弃物资源化补偿标准研究——以湖北省为例 [J]. 中国农村观察 , 2013(5) : 46 - 54 + 96.
- [12] 全世文 ,刘媛媛. 农业废弃物资源化利用: 补偿方式会影响补偿标准吗? [J]. 中国农村经济 2017(4) : 13 - 29.
- [13] 颜廷武 ,何可 ,张俊飏. 社会资本对农民环保投资意愿的影响分析——来自湖北农村农业废弃物资源化的实证研究 [J]. 中国人口·资源与环境 2016 26(1) : 158 - 164.
- [14] 何可 ,张俊飏. 农民对资源性农业废弃物循环利用的价值感知及其影响因素 [J]. 中国人口·资源与环境 , 2014 24(10) : 150 - 156.
- [15] 于法稳 ,林珊. 碳达峰、碳中和目标下农业绿色发展的理论阐释及实现路径 [J]. 广东社会科学 2022(2) : 24 - 32.
- [16] 何可 ,张俊飏. 农业废弃物资源化的生态价值——基于新生代农民与上一代农民支付意愿的比较分析 [J]. 中国农村经济 2014(5) : 62 - 73 + 85.
- [17] 杨承训 ,承谕. 论生态农业与生物质能源的互动机制 [J]. 江汉论坛 2014(2) : 56 - 60.
- [18] 沈亚芳. 粮食安全约束下的生物质能源发展路径探讨 [J]. 经济纵横 2008(6) : 28 - 30.
- [19] 蒋永穆 ,郭栋. 以系统观念扎实推进乡村全面振兴: 逻辑、困境及路径 [J]. 四川省社会主义学院学报 2026 (1) : 3 - 14.

(责任编辑: 傅 宁)