

农村可再生能源多元化开发利用技术与产业模式研究

胡燕¹ 李富强²

1. 河北省农业科技发展中心（河北省新能源技术推广站），中国·河北 石家庄 050000

2. 河北粤海水务集团有限公司，中国·河北 石家庄 050000

摘要：在乡村振兴战略及能源绿色低碳转型不断推进的大背景下，农村可再生能源开发利用已经成为推进农业农村现代化建设的重要内容。农村地区有丰富的生物质能、太阳能、风能、小型水能等可再生能源，有发展多元化能源体系的良好条件。根据农村可再生能源资源禀赋特征，分析生物质能高效转化、太阳能综合利用、风能和小型水能开发等关键技术，更进一步研究产业化发展机制以及产业形式改良途径。靠着强化技术创新以及产业协同，使资源优势向产业优势转化，增加农村能源利用效率和经济效益，为农村能源绿色发展及乡村全面振兴给出有力支撑。

关键词：可再生能源；农村能源；多元化开发；产业模式

Research on the Diversified Development and Utilization Technology and Industrial Model of Renewable Energy in Rural Areas

Hu Yan¹, Li Fuqiang²

1. Hebei Agricultural Science and Technology Development Center (Hebei New Energy Technology Promotion Station), China Hebei Shijiazhuang 050000

2. Hebei Yuehai Water Affairs Group Co., Ltd., China Hebei Shijiazhuang 050000

Abstract: Against the backdrop of the ongoing rural revitalization strategy and the green, low-carbon transformation of energy, the development and utilization of renewable energy in rural areas has become an important part of promoting the modernization of agriculture and rural areas. Rural regions are rich in renewable energy sources like biomass, solar, wind, and small-scale hydro, making them well-suited to developing a diversified energy system. Based on the characteristics of rural renewable energy resources, we analyze key technologies such as efficient biomass conversion, comprehensive solar utilization, and the development of wind and small hydropower, while further studying industrial development mechanisms and ways to improve industrial forms. By strengthening technological innovation and industrial collaboration, resource advantages can be turned into industrial advantages, improving rural energy efficiency and economic benefits, and providing strong support for green rural energy development and overall rural revitalization.

Keywords: Renewable energy; Rural energy; Diversified development; Industrial model

0 引言

在能源结构转型、生态文明建设不断深入的大背景下，农村能源发展也迎来了新的机遇以及考验。长期以来，农村地区能源利用方式比较分散，部分地区还存在着能源利用效率不高、资源开发层次低、产业带动能力弱等问题。与此同时，伴随农业现代化进程的加快和农村居民生活水平的一直增加，农村能源需求也由原来的单一化、低效化向多样化、清洁化、高效化转变。我国农村地区拥有丰富的太阳能、生物质能、风能、小型水能等可再生能源资源，为可再生能源开发利用打下了良好的基础。助推多种可再生能源协同开发及综合利用，一方面可以改良农村能源供给结构，减少传统能源消耗和环境压力，另一方面可以培

育新产业、新业态，拓宽农民增收渠道，增强农村经济发展活力。所以，探析适应农村发展需要的可再生能源开发利用技术与产业形式，对推进能源转型、助推绿色发展、实现乡村振兴目标有着十分重要的意义。

1 农村可再生能源多元化开发利用的资源基础分析

我国农村地区地域辽阔，自然资源种类繁多，发展可再生能源产业有较好的条件。农业生产过程中产生的大量秸秆、畜禽粪污、农产品加工废弃物等为生物质能开发给出了稳定的原料来源。广大农村地区光照资源覆盖范围广，建筑屋顶、农业设施、闲置土地等都可以为太阳能开发给予充足的场地。部分丘陵、沿海、高原地区有较好的风能

资源条件,可以满足分散式风力发电建设的要求。山区、河流密集区具备建设小型水电站、微水电系统的基础条件。伴随农业机械化、数字化、规模化经营水平一直增加,农村能源需求越来越向清洁化、高效化方向发展,能源消费结构改良需求越来越突出。资源禀赋以及市场需求互相促进,给农村可再生能源多元化开发利用创造了有利的环境,也为能源产业链延伸和农村经济发展给出了重要的支撑^[1]。

2 农村可再生能源多元化开发利用关键技术体系构建

2.1 农村生物质能高效转化利用技术

生物质能开发利用以资源化处理农业废弃物以及畜禽养殖废弃物为主,用现代转化技术增加能源利用效率。厌氧发酵技术利用微生物分解有机物产生沼气,形成“原料收集-发酵产气-能源利用-沼渣沼液还田”的循环利用链条,适合养殖场及农村集中供能系统建设。生物质气化技术是利用高温缺氧环境把秸秆、木屑等固体原料转化为可燃气体,实现供热以及发电功能的技术。生物质成型燃料技术用粉碎、干燥、高压压缩的方法将松散的农林废弃物加工成颗粒燃料,增加储运能力和燃烧能力。热解炭化技术可以在高温下把生物质转化为生物炭及可燃气体,增加资源综合利用水平。使用多种转化技术联合使用,可以减少农村废弃物露天堆放以及焚烧的现象,增加农村能源供给能力。

2.2 农村太阳能综合开发与应用技术

太阳能开发利用技术已经变成农村清洁能源建设的重要组成部分。光伏发电技术是利用晶体硅光伏组件把太阳辐射直接转换成电能,凭借并网逆变器接入农村配电网络,实现分布式发电及余电上网。屋顶分布式光伏系统可以充分利用农户住宅、养殖场、农业大棚等建筑空间,增加土地利用率。光伏农业技术把光伏发电设施同种植养殖活动融合起来,创建起“板上发电、板下种植或者养殖”的融合开发形式。太阳能热利用技术用真空管集热器或者平板集热器收集热能,用在农村生活热水供应、农产品烘干和冬季供暖上。光储一体化技术靠着锂电池储能系统来解决太阳能发电的间歇性问题,改良供电的稳定性以及能源利用率,满足偏远农村地区独立供电的需求。

3 农村可再生能源多元协同利用技术模式创新

3.1 多能互补供能系统集成技术模式

多能互补供能系统就是将太阳能光伏发电、生物质能发电、风力发电、储能设备、配电网络等融合起来,使能源生产、储存、消费三者协同运行。系统用能源管理平台

对光照强度、风速、负荷需求、储能容量等实行实时监测,用智能控制算法动态调节各个能源单元的输出功率。光伏发电量大时先满足用电需求,再向储能电池充电;夜间或者阴雨天气时,由储能系统和生物质发电机组来补充供电。锂电池储能系统充放电能力可以到了 90% 以上,可以有效地减少由于负荷波动而造成的不良影响。生物质发电设备靠着秸秆气化炉以及燃气发电机组连续供能,形成稳定的基荷支撑。系统运行数据经由物联网终端传送到控制中心,然后达成电压,电流,发电量以及设备状态的动态剖析,进而改良农村供能的可靠性以及能源利用效率,塑造起清洁,安全,高效的融合能源供应体系^[2]。

3.2 种养循环与能源循环耦合利用模式

种养循环以及能源循环耦合形式是以农业生产废弃物资源化利用为依赖,建立起“种植-养殖-能源-肥料”闭环体系来到了资源高效循环的目的。畜禽养殖过程中产生的粪污进入厌氧发酵装置,在 35℃至 38℃中温发酵条件下产生沼气,沼气经过脱硫净化后用于炊事、供暖或者燃气发电。发电机组产生的电能满足养殖场设备运行的需要,多余的电量可以接入农村电网。沼渣、沼液中含有大量的氮、磷、钾等营养元素,经过处理后作为有机肥用于农田施肥,增加土壤有机质含量。农作物收获后秸秆可以粉碎还田、生物质颗粒燃料加工或者气化发电等方式再利用。能源流、物质流、养分流在系统内部循环流动,减少废弃物排放量、化肥使用量,减少农业生产成本,增加农业资源综合利用水平,实现生态效益和经济效益同步增加。

3.3 农村能源数字化管理与智能调控技术模式

农村能源数字化管理与智能调控技术形式,靠着物联网、大数据、云计算、人工智能技术创建智慧能源管理平台。光伏组件、风力发电机组、生物质发电设备、储能电池、用能终端安装智能传感器,对发电量、负荷需求、设备温度、电池荷电状态等参数实行实时采集。数据经由无线通信网络传送到云平台,继而形成起能源生产、输送及消费全过程的数据链。平台依据历史用电数据及气象数据,对将来的用电需求做出预测,自动生成设备运行方针。智能调度系统依靠实时数据动态调节光伏逆变器输出功率、储能系统充放电状态、备用电源运行计划,然后减少弃光弃风现象出现的概率。数字孪生技术可以模拟能源系统的运行状态,对设备故障实行预警分析,增加运维能力和供能稳定性,使农村能源管理向智能化、精细化方向发展。

4 农村可再生能源产业化发展模式与运行机制

农村可再生能源产业化发展要创建起包含资源开发、

设备制造、工程建设、运营维护以及终端应用的完整产业链体系。产业发展过程中,根据区域资源禀赋形成差异化产业布局,在秸秆资源丰富地区建设生物质燃料加工以及发电基地,在光照条件较好的地区推广分布式光伏发电项目,在风资源优势地区发展小型风电系统。产业运行采取政府带领、企业投资、农户加入、市场运作的协同机制,用政策扶持、金融支持、技术服务助推项目落地实行。企业负责技术研发、设备供应、项目运营,农户借助土地租赁、原料供应、能源消费加入产业链建设,实现利益共享^[3]。产业运营平台靠着数字化管理系统来采集发电量、设备利用率、能源销售量、碳减排数据,对项目的运行状况实行全过程监测。能源交易系统可以将分布式发电项目接入区域电力市场,实现余电上网和收益结算。碳资产管理平台根据发电量、替代化石能源数据来测算减排效益,拓宽绿色电力交易、碳交易增值渠道。精进利益联结机制、市场化运营机制、数字化管理机制,把资源优势转化为产业优势,增加农村可再生能源产业规模化、专业化、可持续发展水平。

5 农村可再生能源多元化开发利用产业模式优化路径

5.1 因地制宜推进资源开发与产业布局优化

农村可再生能源开发要根据区域资源禀赋特点及产业发展需要,形成不同的布局形式。粮食主产区秸秆资源丰富,秸秆年产量 30 万 t 以上的县域可建设生物质热电联产项目,装机容量 15MW~30MW 发电机组,年发电量 $1.2 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 以上。光照资源较好的地区年平均日照时数可以到了 2200h~2800h,可以利用农村住宅屋顶、农业大棚、闲置土地建设分布式光伏系统,每 1000m² 屋顶可以安装约 150kW 光伏设备,年发电量约 18 万 kW·h。年平均风速大于 5.5m/s 的区域可以布置 50kW~500kW 的小型风电机组,单台 100kW 风机年发电量可达 20 万 kW·h 以上^[4]。山区河流水资源丰富地区可建设装机容量 100kW~1000kW 微型水电站,实现区域能源自给。靠着资源评定、负荷预测、产业规划三者相互配合来增加单位土地能源产出水平,实现资源开发及产业发展的高效匹配。

5.2 完善技术推广体系与市场化运营机制

技术推广体系建设要以技术示范、人才培养、服务支撑为主要内容,实行系统布局。县域可建立可再生能源技术服务中心,每个中心配备专业技术人员 15 人~20 人,从事设备维护、技术培训、运行教导等工作。生物质颗粒燃料生产线投资规模为 500 万元~800 万元,年处理秸秆

能力为 1.5 万 t~2.0 万 t,颗粒燃料产量为 1.2 万 t,设备利用率保持在 85% 以上可以实现稳定运营。分布式光伏项目可以使用合同能源管理模式建设,项目投资回收期在 6a~8a 之间。数字化运维平台可以对 1000 台以上的能源设备实行集中监测,故障响应时间缩短到 2h 以内,设备运行能力增加 10% 以上。能源企业凭借电力销售、供热服务、设备租赁、运维管理获取收益,农户借助土地流转、原料供应、加入经营增加收入,形成市场主体共同加入、风险共担、收益共享的运营机制,增加产业持续发展能力。

5.3 构建可持续发展的农村能源产业生态体系

农村能源产业生态体系建设要实现能源开发、农业生产、生态保护、产业经营的深度融合。生物质能源项目每消耗 1t 秸秆可替代标准煤 0.5t,减少二氧化碳排放 1.4t;年处理秸秆 10 万 t 的能源基地可减排 14 万 t 以上。规模化沼气工程日处理畜禽粪污能力到了 200t 时,年产沼气量可超过 300 万 m³,满足约 3000 户农村家庭生活用气需求。能源产业园区可以引入设备制造、工程安装、智慧运维、能源服务等企业,形成完整的产业链条,产业关联企业数量到了 20 家以上时,区域产业集聚效应会明显增强。智慧能源平台靠着实时采集发电量、供热量、碳减排量、能源消费量等数据,达成全生命周期管理,数据采集准确率可以到了 99% 以上。绿色金融、碳交易、绿色电力交易等机制同时融入到产业体系当中,拓宽项目收益渠道,增加产业抗风险能力,助推农村可再生能源产业向规模化、绿色化、循环化方向持续发展^[5]。

6 结语

农村可再生能源多元化开发利用是推进农村能源转型、实现乡村绿色发展的重要途径。依赖丰富的生物质能、太阳能、风能、小型水能等资源,建立多元协同利用技术体系、精进产业化发展形式,可以增加能源利用效率,助推农业废弃物资源化利用,增加农村能源保障能力。多能互补、种养循环、数字化管理等形式的推广,给农村能源系统高效运行给予技术支持。将来要根据区域资源特点改良产业布局,健全技术推广以及市场运营机制,助推能源开发、生态保护和产业发展深度融合,一直增加农村可再生能源产业发展质量,为乡村振兴以及“双碳”目标实现给出持续动力。

参考文献:

- [1] 郭霁莹. 可再生能源项目大量落地农村收益为何难留下[N]. 第一财经日报, 2026-06-18(A06).
- [2] 常乐. 高比例可再生能源接入的农村电网升级改造

技术路线[J]. 光源与照明, 2026(4):182-184.

[3] 罗云耀, 郭凌杉, 蔡祥. 农村可再生能源发展利用问题与解决措施[J]. 农村实用技术, 2026(3):115-116.

[4] 李涵钰, 张时聪, 吴迪等. 农村分布式能源系统运行特性及适用性分析[J]. 太阳能学报, 2025,46(12):483-498.

[5] 白志波, 赵瑞鹏, 贺军. 农村可再生能源技术并网安全管理应用与实践[J]. 农村电气化, 2025(10):24-28.

作者简介: 胡燕 (1985-), 女, 汉族, 甘肃玉门, 本科, 高级工程师, 研究方向: 农业环境工程 农业资源环境保护。