

“双碳”背景下大庆市生物质资源化利用与环境保护协同发展路径研究

吴茂泉 娄芳庭 徐晨曦 吕嫚

黑龙江八一农垦大学, 中国·黑龙江 大庆 163319

摘要: 双碳战略下, 生物质资源化利用是资源型城市实现降碳减污协同增效的重要途径。本文分析了大庆市生物质资源应用潜力, 评估了现有利用模式的环境协同效益, 识别出寒区低温制约、收储运配套缺失、油农产业融合浅、政策联动弱等问题。从技术适配、产业融合、空间布局、政策协同四个维度构建了协同发展路径体系, 提出“高值优先、梯级利用、油农耦合、闭环循环”的发展思路, 为大庆资源型城市绿色转型提供决策参考。

关键词: 双碳目标; 生物质资源化; 环境保护; 大庆市

Research on the Coordinated Development Path of Biomass Resource Utilization and Environmental Protection in Daqing Under the "Dual Carbon" Goal

Wu Maoquan, Lou Fangting, Xu Chenxi, Lv Man

Heilongjiang Bayi Agricultural University, China Heilongjiang Daqing 163319

Abstract: Under the dual-carbon strategy, utilizing biomass resources is an important way for resource-based cities to achieve synergistic effects in reducing carbon emissions and pollution. This article analyzes the potential for biomass resource use in Daqing, evaluates the environmental synergy benefits of existing utilization models, and identifies issues such as low-temperature constraints in cold regions, lack of collection, storage, and transportation support, shallow integration with the oil-agriculture industry, and weak policy coordination. From the perspectives of technology adaptation, industrial integration, spatial planning, and policy coordination, a system of synergistic development paths is constructed, proposing a development approach of "value-first, stepwise utilization, oil-agriculture coupling, closed-loop recycling," providing a reference for decision-making in the green transformation of Daqing as a resource-based city.

Keywords: Dual carbon goal; Biomass resource utilization; Environmental protection; Daqing

1 前言

1.1 研究背景

应对气候变化、推动绿色低碳发展已成为全球共识。中国提出“双碳”目标将生物质能纳入国家能源发展战略布局^[1], 其高效利用既能减少化石能源依赖、降低碳排放, 又能解决农业面源污染。大庆市正处于产业转型的关键期, 传统石化产业碳排放强度大、生态修复任务重, 亟须培育绿色增长动能^[2]。同时, 大庆市农业资源丰富, 如何将资源优势转化为产业优势与生态优势, 成为大庆市落实“双碳”目标、推动城市转型的重要课题。

1.2 研究意义

理论层面, 丰富资源型城市生物质资源化利用与环境保护协同发展研究, 构建适用于寒地平原的资源潜力评估方法和协同效益评价体系。实践层面, 摸清大庆市生物质

资源底数, 识别当前利用模式短板, 提出具有可操作性的协同发展路径, 为政府决策提供依据。

2 大庆市生物质资源潜力与环境现状

2.1 生物质资源潜力

大庆市地处松嫩平原腹地, 也是我国重要的农业生产基地^[3]。粮食作物以玉米、水稻、大豆为主, 畜牧业发达, 牛、生猪养殖规模位居全省前列。近年来, 大力实施“油头化尾”“农头工尾”战略, 培育生物经济、新能源等战略性新兴产业。

全市每年秸秆可收集量约 465 万吨, 以玉米秸秆、水稻秸秆为主, 主要分布在肇源县、杜蒙县、林甸县、肇州县^[4]。畜禽粪便可利用总量高达 1300 万吨, 构成以牛粪为主, 生猪粪便次之; 其余为家禽、羊等养殖废弃物^[5]。此外, 大庆市森林总面积 27.53 万公顷, 森林覆盖率 12.99%,

目前主要用于农民薪柴和简易板材加工,利用效率低^[6]。

综合测算,大庆市每年可利用各类生物质资源总量约 1800 万吨,若全部实现高效资源化利用,每年可替代化石能源约 600 万吨标准煤,减排二氧化碳约 1600 万吨,对大庆市碳达峰碳中和目标实现具有重要支撑作用^[7]。

2.2 不合理处置的环境影响

生物质不合理处置对生态环境造成多维度影响:大气层面,秸秆焚烧释放 PM_{2.5}、CO、VOCs 等污染物,粪污堆放厌氧发酵释放甲烷;水体层面,粪污渗漏导致氮磷汇入河湖,引发富营养化;土壤层面,焚烧破坏黑土团粒结构,粪污堆积造成局部盐碱化;固废层面,废弃物无序堆放占用耕地,加重农村面源污染

3 生物质资源化利用与环境保护协同发展现状

3.1 主要利用模式与案例

(1) 生物质精炼一体化模式。大庆圣泉绿色技术有限公司通过独创的溶剂法工艺,可将秸秆中的三大组分高效分离,生产树脂、生物质炭、可降解材料等绿色生物基产品。

(2) 生物天然气与绿色甲醇模式。博能绿色能源与大庆油田化工有限公司合作,以秸秆和畜禽粪便为原料厌氧发酵产沼气,提纯为生物天然气,再重整合成绿色甲醇。目前已建成年产 5000 吨绿色甲醇示范项目,产品市场前景广阔。

(3) 生物质热电联产模式。以秸秆、林业剩余物为原料直燃发电供热类项目主要布局在县域和工业园区,替代燃煤锅炉,是县域清洁能源替代的重要路径。

(4) 畜禽粪污沼气化利用模式。大庆市规模化养殖场普遍配套建设沼气工程,以畜禽粪便为原料进行厌氧发酵,沼气用于场区炊事、供暖或发电,沼渣沼液加工为有机肥料还田利用。

3.2 环境保护协同效益评估

(1) 碳减排效益。生物质资源化利用的碳减排效益主要体现在化石能源替代、生物质炭固碳、避免甲烷排放三个方面,据测算,每利用 1 吨农林生物质,可减排 CO₂ 约 4 吨。

(2) 污染治理效益。大气方面,生物质燃烧基本不产生 SO₂, NO_x 排放降低 50% 以上,颗粒物排放减少 70% 以上;水方面,规模化畜禽养殖场全部实现粪污资源化利用后,每年可减少化学需氧量排放约 3 万吨;土壤方面,秸秆还田和沼肥、生物炭施用,可增加土壤有机质,提升黑土地地力。

(3) 生态改善效益。生物质产业发展带动农业废弃物回收利用,减少农村面源污染;林业剩余物的清理利用可减少森林火灾隐患;同时,生物质产业链延伸创造大量就业岗位,推动乡村生态振兴与产业振兴协同发展。

4 协同发展面临的主要问题

(1) 收储运体系不完善。生物质资源分散、季节性、密度低,大庆市耕地面积广、县域跨度大致使运输成本显著上升。现有收储运规模化、专业化程度低,缺乏标准化的收储设施和运输装备。秸秆含水率高、储存难度大,易发生霉变和自燃,影响原料品质和供应稳定性。

(2) 寒区低温制约转化效率。大庆市冬季漫长寒冷,寒地气候条件下,常规厌氧发酵、秸秆腐熟技术效率大幅下降,发酵周期延长、产气率降低,冬季运行成本大幅抬升,部分沼气工程冬季停产,企业盈利性弱。

(3) 油农产业融合程度低。大庆油田余热、炼化装置、天然气管网等工业资源未系统对接生物质加工企业,农业原料供给与化工原料需求信息割裂,产业链多停留在初级燃料、肥料层面,高端生物基材料产能不足。

(4) 政策协同性不足。生物质资源化利用涉及生态环境、科技、财政等多个部门,政策碎片化现象明显。财政补贴对生物炼制、高值化利用等新兴领域支持不足,碳减排、污染治理的环境效益尚未充分内化为企业经济效益,项目投资回报周期长、社会资本进入意愿不强。政府治理投入成本高,缺少市场化碳收益反哺机制,多方参与内生动力不足。

5 协同发展路径设计

5.1 总体思路

以习近平生态文明思想为指导,立足大庆市资源禀赋和产业基础,以“双碳”目标为引领,以“减污降碳协同增效”为主线,坚持“政府引导、市场运作、科技支撑、多元参与”原则,构建“高值优先、梯级利用、吃干榨尽、闭环循环”的生物质全产业链发展体系,推动生物质资源化利用与污染治理、碳减排、生态修复深度融合,为资源型城市绿色转型和高质量发展提供有力支撑。

5.2 技术路径:构建多技术耦合的寒区适配的梯级利用体系

(1) 高值化利用。优先发展生物质精炼技术,以大庆圣泉工艺为核心,进一步优化溶剂法组分分离效率,重点发展硬碳负极材料、生物基树脂、可降解塑料、木质素基新材料等高附加值产品。依托大庆石化产业基础,发展生物甲醇、生物乙醇、生物柴油等液体生物燃料技术,推动

生物燃料与石化产业耦合发展。

(2) 能源化利用。在粮食主产区和工业园区布局适度规模的生物质直燃发电供热项目, 推广生物质成型燃料。扩大生物天然气产业规模, 以畜禽粪便和秸秆为原料, 建设大型沼气工程和生物天然气提纯装置, 产品并入天然气管网或作为车用燃料。发展村级小型沼气集中供气工程, 改善农村能源结构。

(3) 肥料化与土壤改良。推广秸秆粉碎还田、腐熟还田、炭基还田等多元化还田模式。发展商品有机肥产业, 以沼渣沼液、畜禽粪便为原料, 生产生物有机肥、复合微生物肥, 服务黑土地保护。开发生物质炭土壤改良技术, 制备炭基肥料和土壤改良剂, 用于退化黑土修复、盐碱地治理, 发挥固碳与改土双重效益。

5.3 产业路径: 油农融合的循环产业生态

(1) 延伸产业链。推动生物质产业从“单一燃料”向“多元产品”升级, 构建“原料收储-初级加工-精深加工-终端应用”的完整产业链。支持大庆圣泉、博能绿色能源等龙头企业做大做强, 发挥技术引领和产业带动作用。引进配套企业, 围绕龙头企业发展上下游配套产业, 形成大中小企业协同发展的产业格局。

(2) 推动产业融合。与石化产业融合, 发展生物-石化共炼技术, 建设绿色化工园区。与新能源产业融合, 推进生物质能与风电、光伏、储能协同, 构建多能互补的综合能源系统。与现代农业融合, 构建“种植-秸秆利用-有机肥还田-优质种植”的循环链条, 形成良性互动的农业生态系统。

(3) 打造特色产业模式。打造“油田余热+生物质热电”模式, 利用油田联合站、炼化厂余热为生物质加工厂区供暖供热, 减少生物质自身燃料消耗。打造“生物天然气-绿色甲醇”全产业链模式, 以县域粪污、秸秆制生物天然气, 输送至大庆炼化成绿色甲醇, 对接航运低碳燃料市场。

5.4 空间路径: 优化全域资源配置格局

大庆市生物质资源化利用遵循因地制宜、分类施策的空间布局原则: 县域层面根据各地资源禀赋实施差异化发展策略, 杜蒙依托圣泉项目龙头带动重点发展生物质精炼和生物基新材料, 打造生物制造核心区; 肇源县、肇州县立足丰富秸秆资源重点发展饲料化、能源化利用, 建设生物质热电联产和成型燃料基地; 林甸县、杜蒙依托奶牛养殖规模重点推进畜禽粪污沼气化利用和生物天然气产业, 配套发展有机肥产业; 大同区、红岗区发挥城郊区位优势,

发展生物质成型燃料和餐厨垃圾资源化。收储运体系按照“就近收集、集中加工、合理运输”原则, 构建“村收集、乡转运、县处理”三级网络, 降低运输成本, 同时推广“企业+合作社+农户”模式, 培育专业化收储运服务主体, 提升整体运营效率。

5.5 政策路径: 完善协同治理机制

大庆市生物质资源化利用的政策协同治理机制构建从三方面系统推进: 一是健全跨部门政策协同体系, 成立由市政府牵头, 多部门参与的联席会议, 统筹政策制定、项目布局 and 资金安排, 将生物质资源化利用纳入各地各部门考核; 二是完善市场化激励机制, 整合涉农、环保、能源类专项资金设立产业发展专项基金, 支持高值化利用项目和收储运体系建设, 鼓励银行开发生物质专项信贷产品和绿色债券, 引导社会资本进入; 三是强化标准与监管协同, 建立健全生物质资源统计核算体系, 制定秸秆收储运、生物质燃料、生物炭等地方标准, 将资源化利用水平纳入排污许可和环境信用评价体系, 实现激励与约束双向发力。

6 结论与展望

本文通过系统研究得出四点主要结论: 一是大庆市生物质资源禀赋优越, 年可利用总量约 1800 万吨, 若全部实现高效资源化利用, 年可减排二氧化碳约 1600 万吨, 碳减排潜力巨大; 二是该市已形成生物质精炼、生物天然气、绿色甲醇、热电联产等多元化利用模式, 为高值化利用提供了坚实技术支撑; 三是生物质资源化利用兼具碳减排、污染防治、黑土地保护、人居环境改善等多重环境协同效益, 是“降碳、减污、扩绿、增长”协同推进的重要抓手; 四是当前产业发展仍面临收储运体系不完善、技术转化瓶颈、产业链条偏短、政策协同不足等制约, 需从技术、产业、空间、制度四个维度系统推进, 构建全链条多维度协同发展体系。

未来研究可进一步深化: 一是结合遥感和地理信息系统技术开展更精细化的生物质资源空间分布测算; 二是构建生物质利用全生命周期环境影响评价模型, 量化评估不同技术路线的碳减排、污染物减排和生态效益; 三是开展生物质产业与“双碳”目标的情景模拟分析, 预测不同发展路径下的碳达峰时间和峰值水平; 四是探索生物质碳汇纳入生态产品价值实现机制的具体路径, 研究碳交易、生态补偿等市场化工具的应用模式。

参考文献:

[1] 刘宝迪, 张建华, 吕东泽. “双碳”目标下大庆市能源转型路径[J]. 辽宁工程技术大学学报(社会科学版),

2024(26).

[2] 陶硕, 杨树果. “双碳”背景下大庆市绿色低碳农业发展的提升路径[J]. 农村经济与科技, 2025(36).

[3] 樊桂红. 大庆市土地资源承载力综合评价研究[J]. 生态与资源, 2025 (1).

[4] 王粟, 于秋月, 裴占江等. 黑龙江省农作物秸秆能源化利用模式及发展路径研究[J]. 黑龙江农业科学, 2021 (5).

[5] 王传玲, 刘春晓. 大庆市碳达峰碳中和实践机制思考[J]. 大庆社会科学, 2024(4).

[6] 孙宏博, 张琦. 新质生产力赋能大庆市农业绿色转型的模式研究[J]. 现代农业科技, 2026 (3).

[7] 钱炳宏, 邵超峰. 中国生物质资源转化利用政策演进及发展路径优化[J]. 农业资源与环境学报, 2024 (41).

基金项目: 大庆市哲学社会科学规划研究项目(DSGB2026197), 黑龙江八一农垦大学学成、引进人才科研启动计划(XYB202618), 大庆市哲学社会科学规划研究项目(DSGB2026039), 大庆市哲学社会科学规划研究项目(DSGB2025195)。

作者简介: 吴茂泉(1994-), 男, 汉族, 山东, 博士, 讲师, 黑龙江八一农垦大学, 研究方向: 农业绿色发展与资源循环利用领域。