

# 中国生物质能源产业链可持续发展提升路径研究——基于数字赋能视角

姜洋，曾玉敏

(东北林业大学经济管理学院，黑龙江哈尔滨150040)

**摘要：**以生物质能源产业作为生物产业的典型代表，通过分析生物质能源产业链的现有模式和瓶颈问题，进一步梳理出生物质能源产业链可持续发展切实可行的提升路径：一是要素扩链——基于物联网技术的原料成本优化路径，二是技术补链——基于数字化创新的核心技术突破路径，三是市场强链——基于区块链技术的市场协同集聚路径，四是组织延链——基于数字化平台的产业生态位提升路径。逐步推动数字经济与生物质能源产业链双联动发展，坚持生态目标和经济目标相统一，形成绿色发展的良性循环。

## 一、引言

党的二十大报告明确指出，要着力提升产业链供应链韧性和安全水平，推动经济实现质的有效提升和量的合理增长[1]。目前，国际上政治经济格局动荡不安，全球产业链发展格局也发生了很大变动，我国产业链整体发展与安全水平也面临着巨大风险，稳链、延链和强链工作迫在眉睫[2]。在积极寻求解决环境污染、能源短缺的方法过程中，生物产业作为提高生态治理效能、实现经济高质量发展目标的中坚力量，逐渐成为世界各国的重点发展对象[3]。国家发改委发布的《“十四五”生物经济发展规划》提出“要推动生物能源和生物环保产业发展，积极开发生物质能源”[4]，强调生物产业发展要重点围绕生物基材料和生物质能等方向，逐步完善生物质能源产业链体系。

目前，数字经济是推动我国经济高质量发展的关键力量[5]。随着数字经济与其他经济模式不断融合发展，数字化产业链供应链应运而生。对于生物质能源的开发与利用，我国的生物质原料来源广泛、数量巨大，具有得天独厚的资源优势，但是大量的资源并没有得到有效利用、专业技术不强等都会严重制约我国生物质能源产业链的可持续发展。我国生物质能源产业链现有模式以及在发展过程中会遇到哪些瓶颈问题？如何避免或正面克服这些问题进而实现可持续发展？对这些问题的回答有助于挖掘我国生物质能源产业发展缓慢的原因，促进生物质能源产业的可持续发展。

## 二、文献综述

### (一) 生物质能源与发展路径研究

目前，生物质能源在我国可再生能源消费总量中所占比重较少，规模相对其他产业来说偏小。2019年全球能源消费量中，可再生能源占比20.1%，可再生能源中，生物质能源占比5.1%（生物质发电、生物质取暖供热和车用生物能源的占比分别为0.5%、3.7%和0.9%）[6]。目前国内外学者对于生物质能源与发展路径进行了较多的研究。对于我国生物质能源产业的转型升级，陈义龙[7]认为可以通过建立分布式能源体系和完善农村能源市场建设等路径合理利用生物质能源。特别是对于成型的产品，一般情况下可以做到就地生产、就地销售，形成生产、供给和销售的完整体系，实现部分地区的能源供需平衡。在林业生物质能源发展路径方面，孟贵、张超等[8]通过梳理美国林业生物质能源政策的演进过程，提出了促进我国林业生物质能源发展的建议，例如政府应该给予生物质能源企业一定的财政资金支持，加大税收优惠力度等。王萌、翁智雄等[9]对我国与其他国家的生物质能源发展状况和政策措施进行对比研究，有针对性地提出要以生物质热电联产为主要转变发展方向，不断健全与生物质能源产业发展相匹配的管理制度等建议。

### (二) 生物质能源产业链与发展路径研究

在全球能源转型升级的道路上，生物质能源作为具有代表性的可再生能源受到广泛关注。生物质能借助产业链发展模式，使资源、技术优势得到有效整合，优化了整体能源结构[10]。随着数字技术不断融入实体经济，生物质能源产业也逐步进入数字化转型阶段。目前关于生物质能源产业链发展路径的相关研究多数是对于产业链的外部环境与协同整合。关于生物质能源产业链的外界驱动因素方面，米锋、潘文婧等[11]通过结构方程模型研究林木生物质能源产业链在发展过程中的外部驱动因素，研究发现，林木生物质能源产业链不断发展的外部驱动力中政府补贴对产业发展的影响系数最大，说明林木生物质能源的发展主要依赖于政府的补助。关于生物质能源产业链协同发展方面，张彩庆、龚运[12]主要对生物质能源原料开发、运输等环节进行分析，并针对当前生物质能源在开发利用方面存在的相关问题进行分析，最后就生物质能源产业链发展构建了产业链协同规划的模型。对于产业链的优化，为了实现区域能源行业低排放管理的目标，有学者提出以整数规划方式探索能源产业集群的发展模式[13]。

### (三) 数字赋能与生物质能源产业链研究进展

随着数字技术的广泛应用，数字赋能也成了资源赋能领域的研究热点和发展重点。数字赋能指的是利用大数据、人工智能等先进技术手段，对某些群体或集体进行赋能，使他们各方面能力得到提升[14]。目前关于数字赋能与生物质能源产业链的研究主要集中在发展流程及模式方面。在区块链技术优化生物质能源产业链原料收集、运输和储存流程上，张晓聪、杨洋等[15]鉴于生物质能源供应链中不可控的运输过程，引入了区块链技术（BT）来优化生物质能源的收集、运输和储存过程。研究表明，区块链技术的应用有利于在一定范围内提高生物质能源产业链的整体及各成员的效益。阳镇和陈劲等[16]认为数字技术赋能驱动的全球产业链主要通过成本节约效应、赋能效应以及出口增值效应三种效应重塑全球价值链分工形态，推动产业间功能互补与跨界协同。Lazonick[17]认为数字技术的广泛应用不仅优化了上下游企业之间的资源配置，而且构建了产业链内部的信用共享机制。

综上所述，理论上学者们对生物质能源发展、产业链发展路径以及数字赋能对产业链的影响方面进行了较多的研究。从研究对象上看，生物质能源产业链是生物质能发展的一种重要发展模式，其发展速度快慢与质量高低对于生物产业的发展至关重要，因此，本文选取生物质能源产业作为生物产业的代表，深入挖掘生物质能源产业链可持续发展的提升路径。从研究视角上看，在生物产业可持续发展的重要性日渐凸显的今天，从数字赋能视角，依据利益相关者理论和赋能理论，研究数字赋能在生物质能源产业链可持续发展路径提升中起到的作用，可以为提高生物质能源产业链供应链现代化水平提供更为科学的依据。

### 三、生物质能源产业链的瓶颈问题

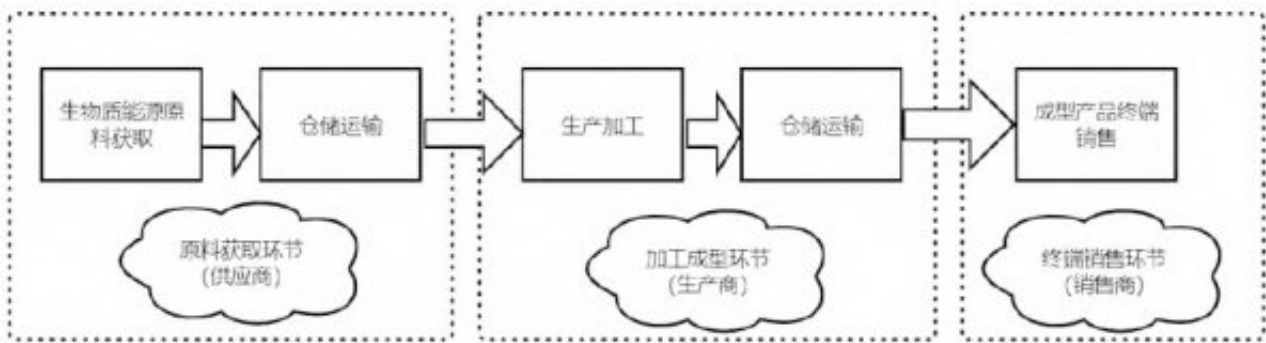


图1 生物质能源产业链现有模式

在市场经济自由竞争的环境下，产业链的每一个环节都是众多产业部门的集合。生物质能源产业链是一个包含众多子产业链的系统网络。如图1所示，现有的生物质能源产业链包含原料获取环节、加工成型环节和销售输出环节。我国是农业大国，生物质原料主要包含农作物秸秆、林业废弃物、畜禽粪便和能源作物等[18]。在销售环节，生物质能通过产业链模式生产出的终端产品应用领域较为广泛，涉及农业、制造业、交通等领域[19]。但由于产业链包含的环节较多，流程较为复杂，在现实情况中，往往也面临着许多瓶颈问题。

#### （一）生物质能源原料供给保障困难

人们对于生物质能产品需求日益增加，使生物质原料供应过程成为实现生物质能源产业链顺利发展的关键环节。虽然我国生物质原料来源广泛、数量巨大，理论上生物质能资源约50亿吨，但是大量资源并没有得到有效利用[20]。据统计显示，我国生物质能开发总量约45.3亿吨，其中农作物秸秆总量约7.9亿吨，畜禽养殖粪污约30.5亿吨。2021年，我国生物质能商业化开发利用规模约5740万吨标准煤，约占生物质能的9.3%[21]。生物质能利用率不高，2020年我国秸秆利用率为86%，畜禽粪便利用率约75%，林业剩余物资源化利用率不到3%[22]。首先，在原料获取环节（见图2），原料收集难度较大。由于生物质能源原料分布密度较低，同时受收储期短和缺乏专业化运输设备等多种因素影响，原料的收集存储体系尚不完善。其次，原料运输成本较高。通过对我国粮食主产地进行调研，发现每户农作物秸秆收集量大约为4吨，如果以2.5万千瓦的秸秆发电厂为例，每年可以消耗农作物秸秆大约为20万吨，这就需要从5万农户手中取得，与农户的交易运输数量较大，而且尤以农村地区的生物质原料为主，农村地区受地理位置与交通因素的影响，会导致运输成本的增加[23]。最后，往往会存在额外的管理成本。生物质原料存放往往需要较大的空间，储存时间一般很长，为了防止原料受潮或其他问题，就需要对仓库做特殊的处理，这也增加了企业管理成本，成本的增加将对企业的经济效益产生较大负面影响。

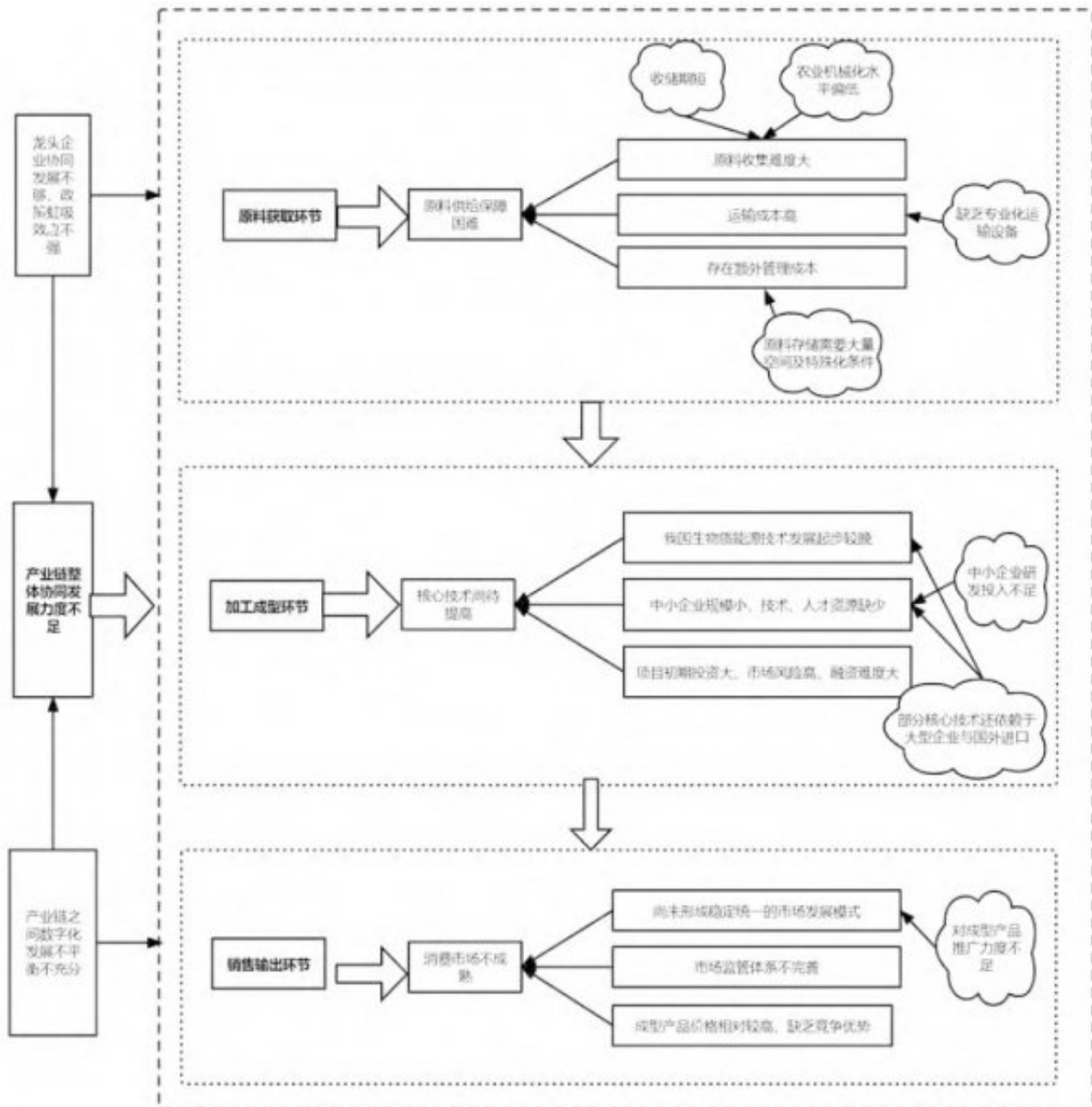


图2 生物质能源产业链瓶颈问题

(二) 生物质能源企业核心技术水平尚待提高

一些发达国家在生物质能资源利用和产品开发阶段已经处于领先的地位，为了维护自身的战略地位和经济利益，发达国家往往在核心技术方面进行垄断，致使我国生物质能源产业链在发展初期存在着核心技术不强大、不平衡等问题。在加工成型环节，如图2所示，我国在生物质能源行业技术的研究中相对较晚，部分生物质技术仍处于发展初期，专业化程度不高。我国生物质资源年产量巨大，超过35亿吨，主要包括农作物秸秆、林业废弃物和生活垃圾等多种资源。据统计显示，当前我国生物质能的开发潜力约4.6亿吨标煤，目前实际转化为能源的不足0.6亿吨标煤，转化率仅约为13%[24]。其次生物质能源产业链上存在诸多中小企业，由于中小企业的规模一般较小，对技术研发投入不足，导致企业的生物质项目盈利能力弱，部分核心技术和装备还需依赖于大型生物质能源企业。最后，生物质能源产业链发展初期项目投资较大、市场风险高，融资难度较大，一般只能依靠政府出台的政策补助扶持，这对于经济发展相对滞后的农村地区来说，发展阻力较大，只能在低水平徘徊。

(三) 生物质能源产业链产品消费市场不成熟



在生物质能源项目开发初期，常出现原料供给不足的问题；对周边地区的原料资源状况缺乏充分了解，对于消费市场的需求以及供应状况掌握不够准确，也会对后续的生物质能源产品的生产消费环节造成一定程度的影响，以致无法成功开拓高价值商业化市场。首先在销售输出环节（见图2），对成型产品的推广力度不足，尚未形成稳定统一的发展模式。我国生物燃料乙醇的生产制造起步较晚，每年乙醇燃料产量大约296万吨，但是乙醇燃料的市场推广力度不足，还未呈现出体系化发展模式[25]。企业在进行原料收集和运输过程中有时会缺乏灵活性，往往会固定在某一片区域内收集固定的几种原料，加工生产的产品不能满足当地的能源需求。其次，市场监管体系不完善。对于生物质能源产业链终端消费市场的维护管理，仍停留在政策和法律层面，缺乏直接监管的部门，政策落实性较差，无法进行有效的监督和反馈。最后，生物质能源产业链终端成型产品的竞争力不强。对于生物质能产品而言，原料采集运输成本较高，导致成型产品价格偏高，市场竞争能力较弱[26]。例如，生物柴油和燃料等由于原料成本和产品价格偏高，其中沼气发电的价格是煤炭发电价格的1.3倍左右，气化发电的价格是1倍左右，固体燃料的价格是1.2倍左右[27]。

#### （四）生物质能源产业链整体协同发展力度不足

生物质能源从原料开发到最终消费过程往往需要多个环节的相互协调，共同发展，才能完成生物质能源成型产品的产出。首先，目前我国生物质能源开发的产业链各大环节还不够完善，整体协同发展力度不足。如图2所示，从有关生物质能源产业链发展的相关政策看，政府扶持政策产生的虹吸效应优势不足，对发展潜力较大的企业缺乏吸引力[3]。虽然各地已经有关于生物质能源产业发展的优惠政策及相应配套措施，但往往实际操作性和落地性不足。其次，在生物质能源产业发展市场环境方面，没有充分发挥产业链中核心企业在产业发展中的主体作用，少量存在的龙头企业也以内部集成为重点开展生物质能源产业链物联网建设，不同产业链之间业务协同并不理想。根据利益相关者理论，生物质能源产业链上的企业通过紧密连接可以形成一个以利益为纽带的联合体，实现资源和信息的畅通流动，但是在产业链协同效果较差的情况下，信息和能源的流动存在障碍，导致生物质能源产业链整体不畅通。最后，生物质能源产业链之间数字化发展不平衡不充分的问题突出。大型生物质能源企业通过与供应商合作，创建“5G+”生产供应模式，大幅度提高生产供应量，但是很多中小型生物质企业数字化转型水平低，受技术人才和项目资金制约较大，导致产业链整体协同发展力度严重不足。

### 四、数字赋能视角下生物质能源产业链可持续发展提升路径

#### （一）要素扩链：基于物联网技术的原料成本优化路径

如今，数字经济处于时代发展和政策利好的时代，要紧紧抓住数字化、智能化机遇，利用物联网技术推动经济高质量发展是最佳选择。在物联网技术运用下，可以将各种生物质能源原料的收集和运输纳入“网”中进行准确规划，并实时监测，形成“物联网+生物质产业链”模式，降低原料开发成本，推动生物质能源可持续发展。第一，如图3所示针对生物质能原料季节性强、收储时间短等导致原料收集困难的问题，可以利用物联网技术的智能化培育和规划等能力进行优化。企业可利用物联网技术进行智能规划，将原料收购点建于离原料较近的地域，先预加工之后再运输到核心加工地点，增强原料供给的连续性。第二，针对生物质原料收集过程中运输成本高的问题，可以利用物联网技术的智能化运输能力进行优化。首先，可以利用物联网技术对运输过程实现可视化，对运输车辆进行及时准确地调度，并利用技术手段对全局运输路线进行合理规划，提高运输的效率。其次，对运输车辆进行统一管理，将其纳入生物质原料“网”中，实时监测车辆在运输过程中的安全问题，尽力降低运输过程中的成本。最后，物联网还可以对储存的原料库存进行实时监控，以便及时运出或购入，从根本上提高运输的合理性。第三，如图3所示由于生物质能原料收集储存中会占用大量存储空间，有时还会需要额外的管理成本，可以利用物联网技术对原料进行智能化安全监测，以减少原料的损耗。针对玉米秸秆等生物质原料具有易燃属性，可以通过物联网技术对原料存储的空间进行环境监测和火灾报警，在原料储存的空间内放置温度感应器和烟雾感应器，通过传感器实时监测场地的环境状况，当出现意外情况，例如发生火灾时，传感器会立刻发出警报声，提醒场地负责人，并将火灾的具体地点、着火面积和方向等相关信息及时传递给监控中心，保证及时扑灭火灾。

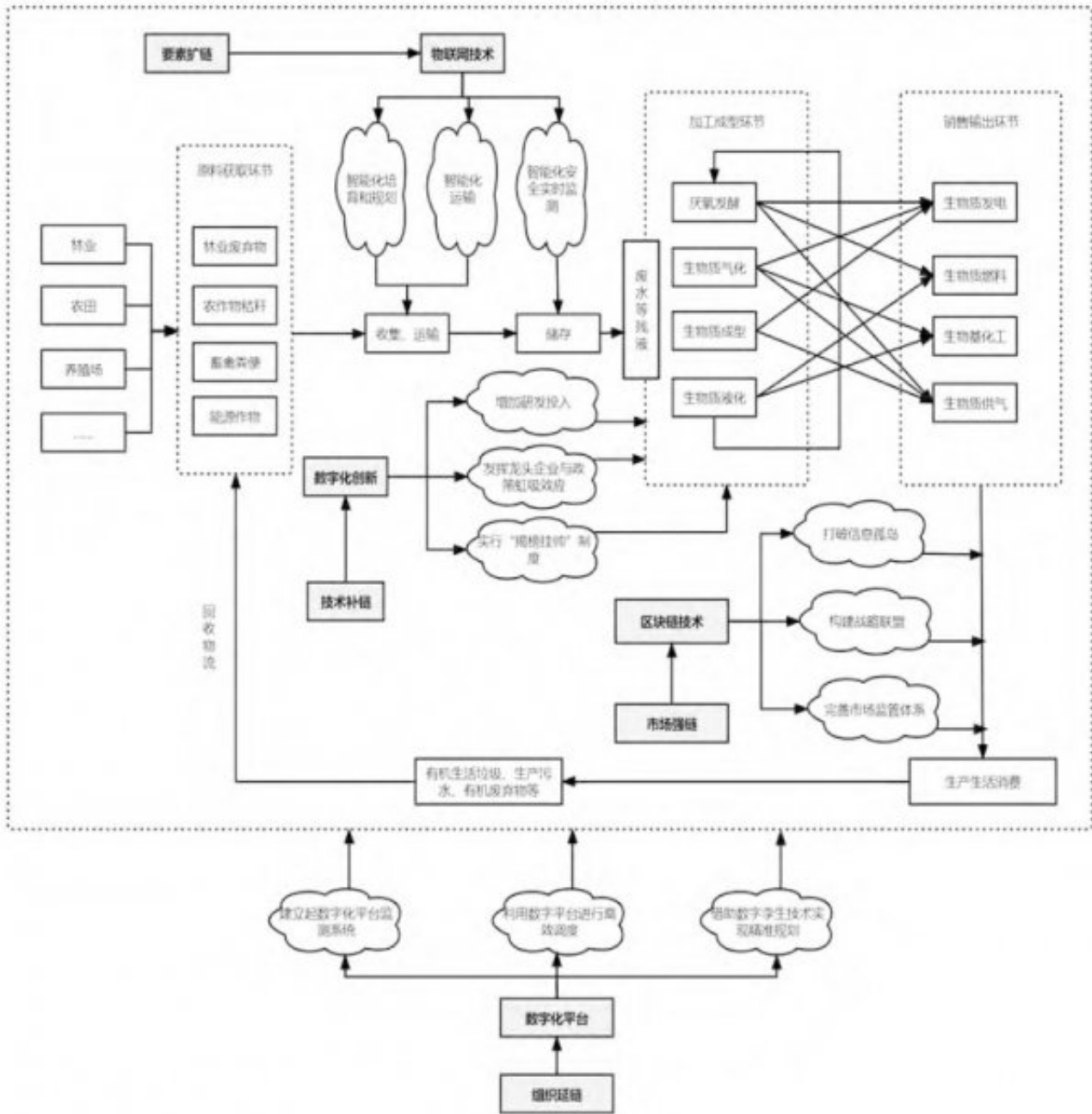


图3 生物质能源产业链系统提升路径

(二) 技术补链：基于数字化创新的核心技术突破路径

近年来，以人工智能、云计算等为代表的数字技术成为推动产业链升级的新动力，数字经济通过推动核心技术的突破，引领生物质能源行业加速发展，已成为生物质能源领域创新发展的新引擎。横向来看，数字化技术可以与其他产业相结合形成诸如“数字化+X”的跨行业创新模式，实现技术的跨界协同、融合创新。纵向来看，数字化技术可以与生物质能源产业链相结合，形成“数字化+生物质能源产业链”模式，促进上下游企业的信息传递、技术共享。通过横向、纵向的融合创新，实现基于数字化创新的核心技术突破。首先，技术创新是提高生物质能源产业链竞争优势的核心基础，而研发投入更是实现技术创新必不可少的前期投资。在国家对生物质能源产业十分重视的大背景之下，政府应该加大科研投入，企业自身也要重视核心技术研发，加大技术创新的资金比重。例如，开发生物质能源产品代替工业燃料的技术，包括研究生物质高效燃烧利用技术，防止燃料出现不合格的状况，以提高燃烧效率；研究开发适应多种原料的生物质气化技术，提高气化转化效率和技术转化稳定性。其次，如图3所示发挥龙头企业的优势引领作用和虹吸效应。通过集聚优势技术资源、人才资源，在某些龙头企业内部优先进行核心技术的突破，使其成为行业中具备领头属性的高精尖端生物质能源企业，促进生物质能源产业链上成型产品与终端消费市场需求的精准匹配。核心

企业将技术资源通过产业链不断向外拓展，使中小企业可以在利用技术的同时，不断进行协同创新。最后，针对核心技术难题，如图3所示实行“揭榜挂帅”制度。依托互联网等网络平台通过“张榜”的形式，将生物质企业遇到的技术难题张贴出来，广纳贤才，在数字化平台进行开放式创新，集思广益，使技术创新不仅局限于企业内部，而是通过平台化传播，充分发挥各方主体的能动性，使一些科技团队、科研院所以及各大高校参与生物质能源产业链上核心技术的突破。

### （三）市场强链：基于区块链技术的市场协同集聚路径

我国生物质能源产业在政策利好和时代快速发展的背景下，有着十分广阔的发展前景。尤其是在终端销售市场方面，生物质能源的清洁性、低碳性受到国家的广泛重视，市场前景广阔。区块链技术作为数字技术的典型代表之一，具有信息公开透明、分布式存储技术、去中心化等特点，在各大行业广泛使用。生物质能源产业也应正确合理利用区块链技术，尤其是在生物质能源产业链的销售输出环节上对于市场协同的集聚路径提供了有力支撑。第一，区块链技术打破生物质能源产业消费市场上的“信息孤岛”，实现信息共享。在一条完整的生物质能源产业链上，上游的供应商和下游的销售商之间会产生一定的距离，当这种距离变大时，往往会产生信息流通的不通畅，尤其是处于距离较远的企业，与核心企业之间会存在一定的信息壁垒，由此形成了“信息孤岛”问题。区块链技术可以通过分布式账本技术收集到生物质能源产业链上各个主体上传的信息，并进行分布式记录和存储相关信息。这种信息的交互使得产业链各个主体能够实时共享信息，有助于各个主体之间建立相应联系，增加相互间的信任。第二，如图3所示区块链技术加强生物质能源产业链终端销售市场主体间协调，构建生物质能源消费市场战略联盟。区块链技术中的分布式账本技术，可以使原来的下游末端企业积极参与到产业链整体协同活动中，了解产业链上相关信息并采取合适的策略，达到去中心化的效果。第三，区块链技术完善生物质能源产业链消费市场监管体系。依托共识机制，区块链技术可以从原料的收集、运输、加工成型以及销售输出的各个环节进行监管。分布式账本技术增强了关于生物质能源产品销售数量等数据的可信度，帮助商业银行对企业资金流向进行透明化监管，增强相互间的信任，降低交易风险，进一步完善生物质能源产业链消费市场监管体系。

### （四）组织延链：基于数字化平台的产业生态位提升路径

生物质能源产业链进行升级的必然选择是数字化转型。智慧数字化平台可以通过整合生物质能源产业链上下游企业，帮助同一产业链上下游之间和不同产业链之间打破空间和时间限制进行高效的资源配置，确保生物质能源产业链的正常运转和产业体系的循环畅通。第一，如图3所示，借助可视化模拟、平台网络等技术建立起数字化平台监测系统，能够实现生物能源产业链上原料、技术和产品的动态监测。通过将数字技术、分布式生物质能和转化技术的高效融合，实现生物质能源从原料收集、运输、加工生产和销售等环节的可视化、可计量和可预测，使数字化平台成为生物质能源系统重要的资源管理平台，借助此平台可以实现生物质能源市场需求和原料供给的双向互动，使生物类相关企业的生态位进一步扩大。第二，利用人工智能技术对生物质能原料进行合理调度利用，通过数字化平台实现整体情况把握。AI技术的发展对生物质能源调度提出了更高需求，如：生物质原料运输过程中对物流异常情况的监测、产品生产过程中监测线路状况及灵活调配实现原料高效使用、原料及产品运输过程中的安全监测等，使产品之间能够实现联动，扩大产业生态位的宽度。第三，如图3所示，借助数字孪生平台助力生物质能源产业链实现精准规划。数字孪生平台作为一种数据存储平台，可以通过采集有关生物质能源产业链上各类数据进行融合处理，从中发现原料收集或销售市场的某种规律，将生物质能源产业链上产品的全生命周期真实具体地反映出来，促进生物质能源产业链的技术生态位进一步提升。第四，将生物质能源产业生态位基于数字化平台向其他行业产业延伸发展。生物质能开发和利用的客户一般为能源投资企业或大型养殖企业，较为重视项目的社会效益和经济效益，所以宏观经济政策的变化能够影响大型能源企业新建能源项目的投资意愿。因此，可以将生物质能源产业链延伸至其他行业，例如农业、交通业等行业领域，多个领域相互协同发展，提升生物质能源产业生态位。

## 五、结语

本文以生物质能源产业作为生物产业的典型代表，通过分析生物质能源产业链发展的现有模式，挖掘出制约生物质能源产业可持续发展的瓶颈问题，进而提出切实可行的提升路径。对于生物质能源的开发与利用，未来不应局限于生物质能源本身，而是应当通过生物质能源产业链的延长与拓宽，推动生物质能源全产业链数智化协同发展以及提升生物质能源产业生态位，实现产业链中各个组织的互利共赢。构建资源、能源、环境协同的生物质能源产业系统，未来可将生物质能源开发利用与生态产业发展、生态环境治理、能源行业变革作为一个整合型战略协同推进，形成绿色循环的可持续发展，促进生物质能源产业高质量发展。



## [参考文献]

- [1] 中国共产党第二十次全国代表大会. 习近平:高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. (2022-10-16) [2023-08-09]. [http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content\\_5721685.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm).
- [2] 王静. 跨界共融的产业链与供应链双联动协调发展研究[J]. 中国软科学, 2021(6): 31-43.
- [3] 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.
- [4] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要. [A/OL](2021-03-13). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm).
- [5] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现:来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144.
- [6] 石元春, 程序, 朱万斌. 当前中国生物质能源发展的若干战略思考[J]. 科技导报, 2019, 37(20): 6-11.
- [7] 陈义龙. 我国生物质能源产业加速发展路径研究[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(22): 76-80.
- [8] 孟贵, 张超, 吴水荣, 等. 美国林业生物质能源政策演进及启示[J]. 世界林业研究, 2022, 35(3): 80-85.
- [9] 王萌, 翁智雄, 张梅, 等. 清洁供暖背景下推进我国生物质发展的政策研究[J]. 环境保护, 2020, 48(20): 60-63.
- [10] 邓心安, 李嵘, 郭源. 生物经济对可持续发展的影响[J]. 科技促进发展, 2019, 15(9): 997-1002.
- [11] 米锋, 潘文婧, 陈凯. 基于结构方程的林木生物质能源产业链外部驱动力研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(12): 128-132.
- [12] 张彩庆, 龚运. 基于系统动力学的京津冀沼气工程产业链协同规划模型研究[J]. 生态经济, 2018, 34(1): 61-64.
- [13] BISHAN W. Optimized model of energy industry chain considering low-carbon development mechanism [J]. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 2020, 42(21): 2593-2602.
- [14] Maarit Mäkinen. Digital empowerment as a process for enhancing citizens' participation [J]. E-Learning and Digital Media, 2006, 3(3).

- [15] ZHANG X, YANG Y, WU Z. Optimization of biomass collection, transportation and storage processes empowered by blockchain technology [C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2021, 766(1): 012103.
- [16] 阳镇, 陈劲, 李纪珍. 数字经济时代下的全球价值链: 趋势、风险与应对[J]. 经济学家, 2022(2): 64-73.
- [17] LAZONICK W. Innovative enterprise and the theory of the firm[J]. The Political Quarterly, 2015, 86:77-97.
- [18] 田宜水, 单明, 孔庚, 等. 我国生物质经济发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(1): 133-140.
- [19] 侯家萍, 王闻, 张蕾欣, 等. 现代生物质能源技术体系及其产业化应用态势[J]. 现代化工, 2022, 42(5): 7-13.
- [20] 李丹, 李明洋. 双碳目标下生物质能发展现状及前景分析[J]. 缔客世界, 2021(12): 180-181.
- [21] 周子勋. 可形成多个万亿级产业生物质能发展空间大[N]. 中国经济时报, 2023-03-30(004).
- [22] 刘钟淇, 肖晋宇, 吴佳玮, 等. 农村零碳能源系统构建框架研究[J]. 可再生能源, 2023, 41(4): 538-545.
- [23] 璐羽, 车尧. 生物质资源制约产业发展的的问题及对策[J]. 中国科技论坛, 2013(5): 76-80.
- [24] 林楚. 多措并举支持生物质能行业高质量发展[N]. 机电商报, 2023-04-24(A07).
- [25] 李十中. 推动新能源革命促进实现碳中和目标[J]. 人民论坛·学术前沿, 2021(14): 42-51.
- [26] 李苑艳, 陈凯, 顾荣. 基于政策工具和技术创新过程的生物质能源产业创新政策评价[J]. 科技管理研究, 2018, 38(6): 33-39.
- [27] 闫金定. 我国生物质能源发展现状与战略思考[J]. 林产化学与工业, 2014, 34(4): 151-158.



原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/208276.html>