

中国北方典型地区冬季

居民生物质成型燃料清洁供暖

模式及试点研究

北京化工大学

关于本报告

关于北京化工大学

北京化工大学是教育部直属的全国重点大学，国家“211工程”和“‘985’优势学科创新平台”重点建设院校，国家“一流学科”建设高校。北京化工大学在农村清洁供暖领域先后主持完成了多个项目课题并积累了丰富的研究成果，是中国清洁炉灶联盟秘书处单位，建设有国际区域清洁炉具测试与知识中心，是中国民用炉具行业标准主要起草单位之一，获得中国清洁炉具行业突出贡献奖；曾受科技部委托，牵头举办了第四轮中美战略经济对话配套活动“清洁炉具成果展”、第七轮中美人文交流高层磋商配套活动“中美+清洁炉灶国际发展战略论坛”等重要外事活动；作为项目负责人单位承担了国家大气重点专项居民高效清洁燃煤采暖炉具研发及其应用项目、科技部国际合作“中美清洁炉具技术研发”、世界银行“中国清洁炉具发展策略”等重要项目与课题。

报告团队

刘广青 教授 北京化工大学
薛春瑜 副教授 北京化工大学
高 瞳 硕士研究生 北京化工大学
刘 敏 硕士研究生 北京化工大学
闫 铭 硕士研究生 北京化工大学
李友杰 硕士研究生 北京化工大学

致谢

感谢亚洲清洁空气中心为项目提供的支持。同时，项目得到了农业农村部农业生态与资源保护总站、中国农村能源行业协会民用清洁炉具专业委员会，山东省阳信县、山东省惠民县、黑龙江省海伦市、河南省鹤壁市、河北省秦皇岛市等实施生物质清洁供暖的地方政府，以及生物质成型燃料设备企业、生物质燃料供应企业、生物质供暖综合运营服务商、生物质炉具企业等 50 余家利益相关方的大力配合和支持。项目调研与测试工作由北京化工大学团队主要负责和实施。项目组感谢中国科学院院士，北京大学城市与环境学院教授陶澍、“一带一路”绿色发展国际研究院院长郭敬、农业农村部农业生态与资源保护总站总农艺师李惠斌、国家发改委能源研究所研究员姜克隽、中国农村能源行业协会清洁供暖专家委员会主任郝芳洲以及民用清洁炉具专业委员会秘书长任彦波为项目研究工作提供的专业建议与指导意见。

CONTENTS

目录

目录

3	执行摘要
8	1 项目背景及意义
8	1.1 农村传统供暖的环境与健康问题
8	1.2 清洁供暖取得的进展和效益
9	1.3 农村清洁供暖面临的严峻挑战
10	1.4 生物质供暖的优势所在
10	1.5 生物质供暖面临的主要问题与障碍
12	2 项目概况
12	2.1 研究目的与研究内容
12	2.2 研究对象与研究方法
14	3 生物质清洁供暖可持续推广策略
14	3.1 燃料供应体系
14	3.1.1 生物质原料收储运模式
16	3.1.2 生物质燃料生产加工装备与工艺
18	3.1.3 生物质成型燃料供应模式
19	3.1.4 生物质燃料质量监控体系
21	3.2 技术路径与模式
21	3.2.1 “生物质成型燃料 + 户用炉具” 分散式户用供暖
26	3.2.2 “生物质成型燃料 + 专用锅炉” 分布式集中供暖
30	3.2.3 秸秆打捆直燃集中供暖
34	3.3 保障体系与措施
34	3.3.1 政策体系

CONTENTS

目录

38	3.3.2 综合效益评估体系
41	3.3.3 售后服务体系
● 43	4 生物质清洁供暖综合效益评估
43	4.1 碳减排效益
44	4.2 环境效益
● 46	5 结论与建议
● 51	参考文献
52	附件 1 阳信地区调研测试方法
53	附件 2 国内外生物质成型燃料标准清单
56	附件 3 中国生物质能供暖政策
56	附件 3.1 中国生物质能供暖产业政策
58	附件 3.2 中国生物质供暖相关环保政策
59	附件 3.3 中国生物质能相关补贴政策
60	附件 4 中国生物质取暖设备标准清单
60	附件 4.1 生物质炉具相关标准
61	附件 4.2 生物质锅炉排放相关标准

执行摘要

2017年12月，国家发改委等十部委印发了《北方地区冬季清洁取暖规划（2017 - 2021年）》（以下简称《规划》），重点强调利用电力、天然气等清洁能源（以下简称“双替代”）替代燃烧散煤供暖，使得“十三五”期间农村清洁取暖改造取得了显著的成效，农村空气质量得到了明显的改善。当前清洁取暖改造以“双替代”为主，但由于受到基础设施薄弱、供暖成本偏高、技术路径不完善等问题的影响，导致“双替代”在农村的持续扩大推广进入瓶颈区，需要因地制宜寻求多种清洁取暖的技术路径。

在短期内无法进行“双替代”且生物质资源丰富的农村地区，可以发展生物质清洁供暖模式，在用户侧直接用生物质固体成型燃料替代燃煤取暖，或进行集中供暖替代散煤分散取暖。这不仅有助于当地实现生物质废弃物的能源化利用，而且生物质能是国际公认的零碳可再生能源，还可以助力实现双碳目标。所以生物质清洁取暖是“一举多得”的取暖方式，但其发展和推广并不顺利。

目前，我国生物质清洁供暖面积超过3亿 m^2 ，生物质成型燃料的年产量超过1100万吨，尚未达到

《生物质能发展“十三五”规划》提出的“生物质成型燃料年利用量3000万吨。”目标。在实现我国双碳目标和空气质量全面改善的道路上，生物质能利用如何在清洁供暖中发挥更积极的作用，已成为各方关注的重要议题。

因此，本报告基于全产业链的视角，通过书面调研、利益相关方访谈和现场测试相结合的方法，系统识别了生物质清洁供暖中燃料供应、加工与利用技术、推广模式和保障体系等关键环节的现状、问题和潜在改进方向，为政府决策者及利益相关方提供参考，助力生物质清洁供暖的良性发展。本报告发现的主要现状与问题总结如下。

生物质成型燃料的供应体系

在生物质原料的收储运模式中，集中型收储运成为主流，但依然没有形成市场竞争力与有效激励。生物质供暖企业为了保障原料来源，并减少中间商的费用，采用的收储运模式由过去的以经纪人为主体的分散型模式逐步转向了以外包的或企业自营的专业收储运公司为依托的集中型模式，分散型模式中经纪人对原料进行晾晒、储存、保管

等简单预处理也转为了集中模式中专业公司负责收集、晾晒、储存和运输等环节的整体服务，从而确保了原料长期稳定、保质保量的供应。

虽然我国的收储运体系建设已经取得了一定的进展，国家也出台了一系列政策鼓励开展收储运体系建设，但农村专业化的收储运体系建设还严重滞后。其主要原因在于我国生物质原材料收集困难、成本高，且现行推广的生物质清洁供暖技术附加值低，参与收储运的利益相关方利润少，缺乏市场竞争力与有效激励。

生物质成型燃料在取暖季供不应求，且质量参差不齐。在地方政府推广的生物质成型燃料供暖项目中，保障燃料的供应是核心问题。各地由于前期缺乏对当地燃料资源现状以及供需平衡的评估，导致项目开展过程中，经常出现燃料产量不足的问题。而且生物质成型燃料生产存在淡季和旺季，由于补贴资金、燃料储存等问题，使得燃料企业通常无法在淡季提前充分的生产备货。进入供暖季后，燃料的需求陡然增大，从而导致供不应求的现象。同时还存在燃料的质量参差不齐的问题。基于项目组从农户家收集的 26 个燃料样本测试结果来看，超过一半的燃料未能满足国家行业标准 NY/T 2909-2016《生物质固体成型燃料质量分级》中规定的生物质颗粒燃料的质量要求。

生物质成型燃料加工技术日趋成熟，但企业多未实现清洁生产。中国的生物质固体成型燃料加工技术试验开始于 20 世纪 70 年代末，经过几十年的改进和完善，技术已经日趋成熟。目前国内的生产加工技术主要为环模挤压成型技术，市场上 80% 以上都是立式环模颗粒机，具有原料适应性强、产能与产量大、生产成本低的优点。

但生物质原料在堆垛、切片和粉碎等生产过程中会产生粉尘与噪音污染，国内仅极少的成型燃料企业实现了清洁生产。多数企业尚未实施如在包

装各环节采用负压除尘，在密闭空间转运原料等措施，从而对周边环境及居民带来粉尘及噪音污染，影响居民的身体健康和日常生活。

生物质燃料标准体系基本健全，质量分级认证和监管体系有待完善。自 2008 年起，我国充分吸取和借鉴 ISO 和欧盟标准，结合自身国情逐步建立了相对健全的生物质固体燃料标准体系，主要包括术语、规格和等级、采样制样、试验方法、安全储运等内容。同时，结合国内生物质废弃物的实际情况，我国分别制定了木质颗粒燃料、非木质颗粒燃料、木质块棒状燃料和非木质块棒状燃料的分级要求，每种燃料分三级，指标等级要求参考了德国工业标准认证体系（DIN EN 14961）。

但是现有的质量分级体系缺乏针对终端应用环节的规定，没有区分住宅、商业和工业应用等不同应用场合的质量要求。其次，燃料质量认证体系仍然缺失，标准的执行和监督环节较为薄弱，导致市场上的生物质成型燃料质量参差不齐，影响了生物质成型燃料的产业化进程。

生物质供暖的成本与排放

生物质清洁供暖仍普遍依赖补贴，仅有秸秆打捆直燃集中供暖模式具备经济性。当前农村地区生物质供暖主要依赖于政府的补贴。对于户用生物质炉具分散式供暖，除了一次性补贴炉具，政府每年还需要对燃料进行补贴。以阳信县为例，政府对炉具一次性最高补贴 2000 元，超额部分由农户自行支付。当地生物质成型燃料的市场价格为 1200 元 / 吨，政府补贴 600 元 / 吨，超出 2 吨以后由农户自行支付，补贴后的取暖费用与燃煤取暖成本接近。生物质锅炉分布式集中供暖的补贴成本更高，因为对比使用户用生物质炉具的家庭燃料消耗量，集中供热燃料消耗量平均高出 2 倍以上。目前，只有秸秆打捆直燃集中供暖模式运

行费用低，长期运行的经济效益明显。部分示范区秸秆打捆直燃锅炉的供暖成本为 20 元/m²左右，是燃煤锅炉集中供暖费用的 47.6%~62%。

生物质供暖的大气污染物排放管控挑战犹存。我国生物质燃烧设备在污染物控制、自动化程度等方面已经取得了较大的进步和突破，生物质炉具产品的热效率、燃烧稳定性和自动化程度持续提高，生物质成型燃料锅炉成功的商业应用案例不断涌现，秸秆打捆直燃技术也在近几年成为了一项重要的秸秆能源化技术。

但是，生物质供暖在实际使用中存在氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM）排放浓度高的风险。项目组曾于供暖季在阳信县 52 户家庭中开展现场测试，结果显示农户实际使用生物质炉具时排放的各项污染物的浓度明显高于实验室测试时的浓度。其中，PM_{2.5} 排放因子均值高出 6-12 倍，NO_x 高出 1.5-2 倍，一氧化碳（CO）高出 2-3 倍。

影响排放的首要因素是生物质成型燃料的质量，灰分和氮含量如果超标率较高，通常会导致 PM、NO_x 和 CO 排放浓度较高。而不同批次燃料的尺寸、密度、湿度也都会影响实地测试时生物质炉具的排放。用户的操作是另外一个重要的影响因素，一些用户不能很好的控制进料量和进风量的比例，使得炉膛内燃料燃烧不完全。相比于户用生物质炉具，集中供暖锅炉自动化控制程度相对较高，易于控制燃烧工况。但生物质清洁供暖选用的锅炉通常是在 20 吨/时以下的小型锅炉，在终端不要求安装在线实时监测系统，致使实时监管手段缺位，所以在烟气污染物排放监管等方面应予以重点关注。

生物质清洁供暖的政策及保障

生物质清洁供暖产业逐步受到重视，但政策体系未形成合力。近年来，国家对对生物质综合

利用愈加重视，各部委从产业、环保、补贴等角度出台一系列关于生物质利用的激励政策，其中包括积极鼓励发展生物质清洁供暖，但尚缺乏针对生物质供暖的强制性的条例。而且生物质供暖涉及能源、环保、农业等跨部门管理，包括固废利用、污染治理和节能减碳等多个核心目标，较难形成政策合力，在一定程度上影响了产业的发展。

同时，生物质成型燃料是否属于清洁燃料的争论也一直存在，尽管生态环境部在《高污染燃料目录》里面规范了生物质成型燃料的燃用方式，在符合规范的情况下鼓励生物质成型燃料的使用。但是在实际推广中，地方政府以“双替代”为主要技术路径，依然对生物质供暖存在环保方面的顾虑，这和生物质燃料在实际使用中的排放水平不稳定、管控难不无关系。因此，当政府出台相关财政补助政策，以财政拨款、税收返还等形式持续对产业链上下游提供补贴时，大部分政策支持少数重点地区的试点示范，且税收返回政策的门槛较高，生物质成型燃料或炉具企业因生物质成型燃料的争议性和大部分为小微企业，所以通常难以享受到政策红利。

生物质成型燃料在终端应用环节仍然缺乏完善的标准、监管和评估体系。中国生物质清洁供暖终端应用的标准体系不断完善，为生物质清洁供暖产业发展提供了技术支撑，但是生物质燃烧设备缺乏相应的强制性国家标准。其中，生物质集中供暖锅炉污染物排放限值主要参照燃煤锅炉国家标准或相应的地方标准，生物质炉具主要参考国家能源局行业标准。同时，生物质成型燃料在终端应用环节还缺乏完善的监管体系，这是造成环保部门以及其他相关部门在监管过程中限制产业发展的主要原因。此外，生物质清洁供暖综合效益评估体系仍未建立，使得决策者缺乏科学的决策依据，限制了生物质清洁供暖的应用与发展。

售后服务水平掣肘生物质清洁供暖发展，分散供暖设备是“重灾区”。自2016年来，北方农村地区开始了持续性的清洁供暖改造工程，巨大的清洁供暖设备保有量和后续服务需求催生了清洁供暖设备售后服务市场。相比集中式供暖多有专人负责锅炉运行，分散式供暖设备是售后服务的“重灾区”。部分区域在清洁供暖改造初期时，项目规划尚不完善，追求低成本推进改造任务，对产品质量把控不严。并且由于农村地区交通不便且居民居住较为分散，后期炉具坏了无人维修或维修不及时，破坏了用户体验，影响了后续居民参与清洁供暖改造的积极性，给清洁供暖改造工程的持续运行带来了极大压力。

为了推动生物质清洁供暖行业发展，本报告基于识别的问题，提出如下建议。

建立完善的生物质成型燃料供应体系。为了保障生物质燃料供应到位，各地应加强生物质资源调查与评估体系建设，建立生物质原料保障体系。地方政府应掌握推广区域的生物质资源时空分布以及供暖季生物质成型燃料的需求量，做到以“料”定改，冬病夏治，提前做好燃料的储备。

地方政府应在终端激励能源化利用企业。通过搭建平台，采取市场化运作的方式，从需求侧带动供给侧，加强当地生物质能源化利用，从而推动原料收储运体系的建设。同时，在“十四五”期间应加强关注生物质成型燃料加工生产过程中的粉尘和噪音污染问题，实现清洁生产。

因地制宜的选择技术路径和模式。基于对我国目前主要的三种生物质清洁供暖模式的经济性和环保性分析，分别对其适用性提出建议。“生物质成型燃料+户用炉具”分散式户用供暖模式适用于生物质资源丰富的非大气污染重点防治地区，可作为主要技术路径在这些地区的农村推广，同时还可以积极探索“生物质+太阳能”耦合供暖。

“生物质成型燃料+专用锅炉”分布式集中供暖模式不适宜大规模用于乡村农户的集中供暖，适合应用在不具备“双替代”条件的区域。其中小型锅炉适用于乡镇的学校、卫生所、派出所、养殖场和蔬菜大棚等；中大型锅炉则适用于工业和商业供暖，为工业园区、企业、商业设施、公共服务设施等进行供暖、蒸汽和烘干等应用。

秸秆打捆直燃技术工艺简单，可用于集中供暖，具有较好的技术经济性和应用前景，适合在秸秆丰富、具备规模化收储运条件的区域推广，适用的场合包括农村社区、乡镇政府、村镇学校、村镇医院等。

需要注意的是，分散式户用供暖项目中，地方政府应严格控制生物质燃料品质，并引导用户使用自动化程度高的炉具从而降低污染物排放。对于集中供暖锅炉，应加快NO_x和PM排放控制技术的创新，并加强行业监管来规范生物质锅炉的运行，从而减少或消除环保监管部门对生物质供暖“清洁性”的疑虑，让生物质成型燃料供暖的环保性得到认可。

完善政策框架体系，协同推进减污降碳和乡村振兴。为了让现有的政策体系形成合力，更好的发挥生物质供暖的作用，我国可进一步出台生物质能清洁利用条例，在生物质产业发展中明确各级政府部门的职能定位，确定职责分工与牵头部门；同时将生物质能利用融入乡村振兴战略，加强地方政府对生物质能对碳减排、生态环境改善和乡村振兴的重要性的认识。

地方政府应承担起本地减污降碳的责任，建立废物处理补偿机制，并可利用碳市场机制支持零碳能源产业发展，逐步摆脱对财政专项补贴的依赖，保证生物质供暖行业的良性和可持续发展。

构建完善的生物质清洁供暖全产业链标准、监管和评估体系。生物质清洁供暖产业链缺乏完善的

标准、监管和评估体系，是导致燃料质量不一，污染排放水平不确定性高的关键因素，也是造成环保部门以及其他相关部门在监管过程中限制产业发展的主要原因。为此，国家标准化管理委员会可组织相关单位，出台生物质燃料的质量分级标准与生物质燃烧设备的国家标准：在满足环保和使用要求的基础上，明确区分适用于不同供暖设备的燃料质量指标。兼顾生物质供暖行业现状及综合效益，针对燃烧设备制定合理的污染物排放限值，尤其是 NO_x 的排放。建立从原材料到终端应用的生物质燃料及燃烧设备的质量认证监管体系，保障生物质燃料质量，促进生物质燃烧设备的技术创新。建设统一的生物质供暖项目综合效益评价规范，科学评估生物质清洁供暖对碳减排、生态环境改善和乡村振兴的效益，为政府决策、标准制定等方面提供科学依据。

从源头把控设备产品质量，降低运维成本。生物质清洁供暖需要长期的投入和关注，保证用户对新的供暖设备使用满意，长期从内心认可生物质清洁供暖的便利，清洁供暖才能长效运行和可持续发展。对于分散式户用炉具是售后服务欠缺的问题，地方政府应从源头抓起，严控政府招标的产品质量，对中标生产企业建立产品质量档案，并确保企业可以提供长期运维服务，建立智能化综合服务平台等方式保障售后服务体系，解决用户的后顾之忧。

1 项目背景及意义

1.1 农村传统供暖的环境与健康问题

民用固体燃料燃烧是我国农村地区室内空气污染的（HAP）主要来源之一，对居民生活环境和人体健康造成了严重的危害。据估计，到2020年全球人口中依然约有三分之一的人口（26亿）主要使用传统固体燃料和技术进行烹饪和供暖，其中发展中国家消耗了90%以上的固体燃料^[1]。

中国作为最大的发展中国家，约有5亿人口居住在农村地区^[2]，以固体燃料作为主要的家庭能源，每年消耗大量固体燃料进行家庭炊事和供暖。据统计，在中国44.3%和33.4%的农村居民分别依靠煤及木柴作为供暖的主要能源^[3]。基于中国北方城市公开发布的PM_{2.5}源解析结果，燃煤污染是PM_{2.5}的一个重要来源，贡献结果在17%到36%之间，其中高度依赖燃煤供暖的北方城市，在冬季该比例可高达50%^[4]，因而削减散煤使用对空气质量改善意义重大。

由固体燃料燃烧导致的室内空气污染暴露已然是一个重要的环境风险因素，可以引起眼部疾病、呼吸道疾病和癌症。特别是PM_{2.5}，能够深入肺

部，进入血液，可引起心脑血管（中风）和呼吸系统并发症。黑碳（BC）作为细颗粒物的重要组份，被国际癌症研究机构（IARC）归类为2B类致癌物；且通风不良会加剧所有室内污染物带来的健康风险，特别是暴露于高浓度的CO可能具有致命的危险。根据最新的研究表明，2019年全球约有231万人因使用固体燃料造成的室内空气污染而过早死亡^[5]。虽然我国室内空气质量在“十三五”期间得到显著改善，但仍然存在问题。据统计2017年我国大约有27万人因使用固体燃料造成的室内空气污染而死亡^[6]。

1.2 清洁供暖取得的进展和效益

作为对空气污染宣战的一部分，2016年12月习近平总书记强调了“加快推进清洁供暖的重要性”。2017年12月十部委印发《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021年）》（以下简称《规划》），以及2018年7月国务院进一步发布实施了《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22号），重点强调利用电力、天然气等清洁能源替代燃烧散煤供暖。

“十三五”期间，通过清洁供暖改造使得农村散煤治理成效显著，秋冬季室内外空气质量取得了明显改善。根据《中国清洁供暖产业发展报告2022》的数据^[7]显示，前三批包括“2+26”城市和汾渭平原等区域63个冬季清洁供暖试点城市，于2017年至2021年中，共完成改造39.1亿平方米，改造3526万户。2021年北方清洁供暖面积达到158亿平方米，实现了《规划》提出的清洁供暖率70%的目标。京津冀及周边地区“2+26”城市空气质量状况逐年变好，平均优良天数比例从2018年的50.5%提升到2021年的81.1%。

农村住宅能源从固体燃料转向清洁能源，在中国带来了巨大的健康效益。有研究表明^[8]，“2+26”城市清洁供暖达到60%以后，改造的农村地区冬季客厅室内PM_{2.5}平均浓度将从209微克/立方米降至125微克/立方米。《中国散煤综合治理调研报告2021》显示，2020年中国北方地区北京、天津、河北、山东和山西等五省市散煤治理和清洁供暖政策避免了约3.3万人致病，折合社会经济效益约合0.5亿元^[9]。

1.3 农村清洁供暖面临的严峻挑战

当前清洁供暖除了集中供暖改造，还是以“双替代”为主，累计占比达90%以上。前期的研究表明，由于受到基础设施薄弱、供暖成本偏高、技术路径不完善等问题的影响^[10]，导致“双替代”在农村的持续扩大推广进入瓶颈区，农村地区实现“双替代”依然面临着不少问题。

(1) “煤改气”是试点初期应用最广泛的技术路径，一定程度上是因为“煤改气”技术成熟，且短平快适合大规模推广。但是适合改气的区域越来越少，并且在“气荒”迅速扼住这条路径的关卡后，各地开始实施以气定改。此外，在农村地区，天然气管道无法严格按照城市标准进行铺

设，存在较大安全隐患。且农户安全意识薄弱，存在不遵守用气规范而导致爆炸事故的可能性。

“煤改电”也同样存在电网配套改造的问题。以山西与陕西为例，作为发电者其实并不缺电，但农村电网不足2.3千伏安，需要进一步升级改造户均用电容量达到6.25–8.75千伏安才能满足大规模煤改电的需要。且电网改造投资费用较高，均户2–3万，施工长达15个月左右。同样是改电，地方政府同时面临着眼前和长远的抉择。空气源热泵一次性投入高，但能效高、长期运行成本低；直热式电供暖，一次性投入低，可以快速完成改造任务指标，但长期运行成本高，不可持续的风险极高。

(2) 缺乏因地制宜的差异化政策和技术路径，导致当地能源与资源不能充分利用，因地制宜的清洁供暖方案顺利落地难度大。农村地区尚未建立散煤替代的长效机制和阶段性路径。特别是在“双碳”目标下，缺乏可再生能源（生物质、太阳能等）在农村清洁供暖中优先准入机制，可再生能源在北方农村地区清洁供暖中没有发挥出应有的作用。

(3) 农村地区普遍收入较低，且贫富差距较大，供暖方式和燃料类型选择主要取决于农户的经济条件。与清洁供暖带来的优点相比，经济实用才是首要考虑因素。尽管60%以上的受访者都了解燃烧散煤会造成大气污染，但是在无补贴情况下仅有4.81%的受访者愿意改用清洁能源，大部分是在有补贴情况下考虑改用清洁能源供暖^[10]。

目前的清洁供暖试点中，即使存在补贴，运行费用仍然是传统散煤供暖运行费用的2倍甚至更高。居民考虑到高昂的供暖成本，存在“不敢用”的现象。而且政府并未承诺提供长期补贴，一旦补贴退坡，会造成大量居民因承担不起高额的供

暖费用而出现重新返烧散煤的可能，这是农村清洁供暖最大的难题和隐忧。

1.4 生物质供暖的优势所在

目前，生物质能占世界能源消耗量总量 14–15% 左右^[11]，仅次于煤、石油、天然气，位列第四位，被国际能源署 (IEA) 定义为被忽略的可再生能源巨头，是未来能源体系中不可或缺的组成部分。生物质清洁供暖领域已经在欧美发达国家广泛使用，在中国发展生物质能供暖具有三个方面重要的意义。

一是在有生物质资源禀赋的农村地区，可以在用户侧直接替代燃煤。这可以解决农村人口分散、基础设施不健全、经济欠发达、短期内无法进行“双替代”地区的清洁供暖改造问题。

二是能够有效解决农业生物质废弃物的出路问题。既减少了农村秸秆露天焚烧，又可以改善村容村貌、农户生活条件和卫生质量，有助于形成生态宜居的乡村人居环境。

三是在“双碳”背景下，生物质燃料是国际公认的零碳可再生燃料。此外，相比于煤炭，生物质燃料硫 (S) 含量低，燃烧产生更少的 SO₂。所以使用生物质燃料可以产生缓解气候变化和改善空气质量的协同效益。

我国农作物秸秆及农产品加工剩余物、林业剩余物等生物质资源丰富，发展生物质能供暖具有较好的资源条件。2020 年，我国秸秆理论资源量约为 8.29 亿吨，可收集资源量约为 6.94 亿吨，燃料化利用量 8821.5 万吨；可利用的林业剩余物总量 3.5 亿吨，能源化利用量为 960.4 万吨。并且随着我国经济的发展和消费水平不断提升，生物质资源产生量呈不断上升趋势，总资源量年增长率预计维持在 1.1% 以上。2030 年，我国秸秆产生量和林业剩余物总量预计分别达到 9.16 亿吨和 4.27 亿吨^[12]。

在“双碳”目标下，生物质能产业发展也迎来了重大的发展机遇和政策支持。2022 年 3 月 22 日，国家发改委、国家能源局联合印发《“十四五”现代能源体系规划》，规划指出：推进生物质能多元化利用，有序发展农林生物质发电，坚持因地制宜推进北方地区农村冬季清洁供暖，加大生物质锅炉等清洁供暖方式推广应用力度，在分散供暖的农村地区，就地取材推广户用生物质成型燃料炉具供暖，全面实施秸秆综合利用，改善农村人居环境和生态空间。2022 年 6 月，国家发改委等九部门印发《“十四五”可再生能源发展规划》，强调积极发展生物质能清洁供暖这一举措，合理发展以农林生物质、生物质成型燃料等为主的生物质锅炉供暖，建设以生物质成型燃料加工站为主的乡村能源站。

因此，立足于中国丰富的生物质资源国情以及国家对生物质供暖的政策扶持，多措并举合力推进生物质在供暖领域的高效利用，可以助力实现双碳目标，缓解环境、能源与人类生存危机。

1.5 生物质供暖面临的主要问题与障碍

生物质清洁供暖行业发展并不顺利，到目前为止还没有形成规模化应用。远未达到国家能源局《生物质能发展“十三五”规划》提出的 2020 年生物质成型燃料利用规模达到 3000 万吨，替代散煤 1500 万吨的目标。生物质清洁供暖行业发展面临的主要问题和障碍包括：

一是尚未形成共识。目前社会各界对生物质能认识不够充分，一些地方甚至限制成型燃料等生物质能应用，导致生物质能发展受到制约。

二是缺乏可靠的燃料保障供应体系。受制于我国农业生产方式，农林生物质原料较难实现大规模收集，对可用燃料评估尚不到位。生物质成型燃料普遍以木质原料为主，未能实现对秸秆

资源的充分利用，生物质颗粒燃料产品质量参差不齐。

三是专业化市场化程度低，技术水平有待提高，尚未形成成熟的技术路径与商业模式。亟需开发低排放的生物质现代化燃烧设备，提高生物成型燃料工程化水平。农村生物质清洁供暖产业还处于初期，对不同技术路径的适宜性还缺乏系统的评估。

四是标准体系、评估和售后服务等保障体系不健全。我国尚未建立生物成型燃料工业化标准体系，以及尚未出台生物质锅炉专用的污染物排放标准。同时，生物质能检测认证体系建设滞后，缺乏对产品和质量的技术监督，制约了产业专业化和规范化发展。而且，相关产品的售后服务体系也急需完善。

五是缺乏完善的政策体系。生物质能开发利用涉及原料收集、加工转化、能源产品消费、伴生品处理等诸多环节，政策分散，难以形成合力。尚未建立生物质清洁供暖的优先利用机制，在实际执行中很难享受到与“双替代”一样的补贴政策。

2 项目概况

2.1 研究目的与研究内容

北方农村地区清洁供暖是难点也是重点，天然气与电供暖成本高，容易受到天然气资源紧缺及电力基础设施不健全等因素制约。生物质燃料作为唯一的零碳燃料，利用其进行供暖可以将当地废弃生物质资源变废为宝，助力实现节能减排与碳达峰、碳中和的目标。当前全国很多地区积极推广生物质清洁供暖，包括生物质户用炉具、生物质锅炉以及秸秆打捆直燃等多种生物质清洁供暖技术。但是，当前生物质清洁供暖在我国还没有形成规模化应用，发展相对迟缓。

本项目研究团队旨在从全产业链的视角，通过书面调研、利益相关方访谈和现场测试相结合的方法，探究生物质清洁供暖规模化推广存在的问题，系统评估燃料供应模式、因地制宜的技术路径、模式和保障体系等关键环节的现状、问题和措施，为政府决策者制定生物质清洁供暖方案提供依据。

本报告主要包括以下研究内容：①生物质清洁供暖可持续推广策略研究，包括生物质燃料保障体系建

设、生物质清洁供暖技术路径与模式、生物质清洁供暖可持续推广机制等；②生物质清洁供暖综合效益评估，包括碳减排效益和环境效益等。

2.2 研究对象与研究方法

本项目选取中国生物质清洁供暖示范县—山东省阳信县作为研究区域，主要基于以下四个原因：

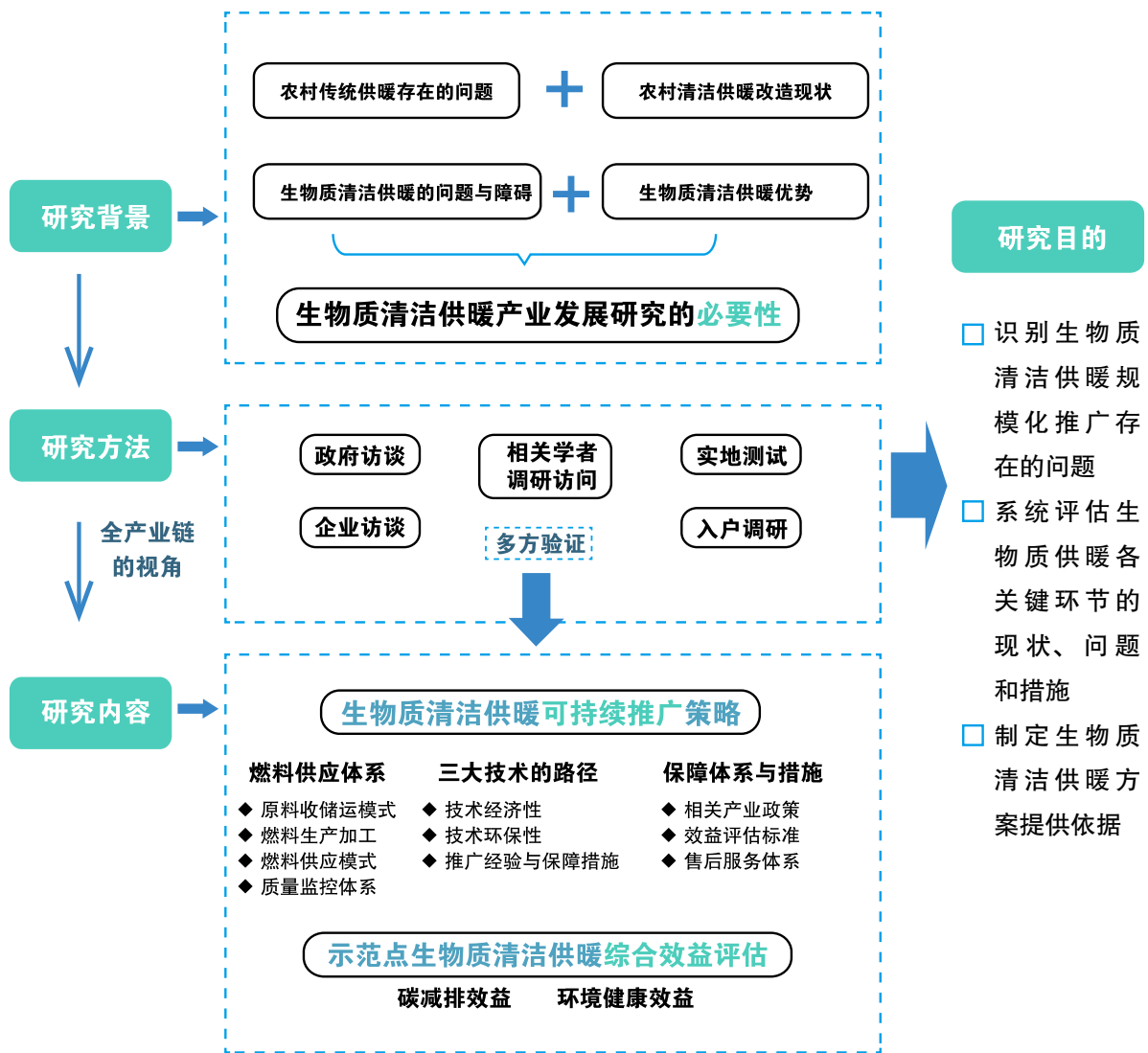
①生物质资源丰富。当地每年产生大量树枝、秸秆、牛粪等生物质，具备发展生物质清洁供暖的资源禀赋。②经济发展水平具有代表性。阳信县属于落后的农业县，经济条件在北方农村县域具有代表性。③阳信县是全国首个生物质清洁供暖示范县。阳信县从2017年开始试点实施生物质清洁供暖，从试点开始到大规模推广使用的全过程中，至今项目组已进行了为期五年的跟踪研究，具有良好的工作基础。④技术路径多样。全县范围内已经实施了三种供暖模式：生物质炉具分散式供暖、生物质锅炉分布式供暖和生物质热电联产集中供暖。

项目组通过现场测试和调研的方法，2017–2020年间对阳信生物质清洁供暖情况进行了跟踪调研

和测试（2017年示范村、2018年—2020年规模化推广），具体方法见附件1。在2021—2022年，通过文献检索、电话咨询和线上会议等方式，项目组还分别对实施生物质清洁供暖的地方政府（山东阳信、山东惠民、黑龙江海伦、河南鹤壁、

河北秦皇岛等）、生物质成型燃料设备企业、生物质燃料供应企业、生物质供暖综合运营服务商、生物质炉具企业等50余家利益相关方，以及国内生物质供暖领域的相关学者进行了调研访问。研究思路框架如图2-1所示。

图 2-1 研究思路框架



3 生物质清洁供暖可持续推广策略

我国生物质清洁供暖处于行业发展初期，面临诸多挑战，如产业链不够完善，专业队伍缺乏，市场化程度低，政策支持力度不足，项目实施落地难等。所以，我国亟需探寻适合农村地区的生物质清洁供暖可持续发展模式，包括建立标准化燃料供应体系、选择因地制宜的技术路径与模式、以及制定完善的保障体系(政策、评估、售后服务)，从而促进生物质清洁供暖规模化发展，更好地发挥生物质能经济和绿色低碳的特性，实现北方农村地区的低碳清洁供暖。

3.1 燃料供应体系

3.1.1 生物质原料收储运模式

收储运现状：分散式模式逐步走向集中式模式

生物质成型燃料的原料收储运就是将农林废弃物在保持其利用价值的前提下，采用经济、有效的收集方法和设备，及时进行收集、运输和存储，是生物质资源化利用的基础。欧美等发达国家现代农业体系发展相对健全，主要使用大机械且以集中型收储运模式为主。

目前国内主要形成了两种不同的收储运技术模式，包括以经纪人为主体的分散型收储运模式，和以外包的或企业自营的专业收储运公司为依托的集中型收储运模式。相比于分散型收储运模式，集中型收储运模式最主要的区别在于中间商发生了变化，由经纪人为主体转为法人性质的专业公司或合作社组织等，从经纪人简单预处理（晾晒、储存、保管）转为公司提供收集、晾晒、储存和运输等环节的整体服务。

收储运模式的选择主要取决于其成本和燃料供应的稳定性。以山东省德州市为例，假设从10月到1月，秸秆收集期约为120天，每天工作8个小时，生物质颗粒厂的秸秆需求为10万吨，不同秸秆收储运方式的总成本在167.8~326.4元/吨之间^[13]。其总成本从高到低为：“公司+农户”分散型人工收储运模式、“公司+农户”集中型人工收储运模式、“公司+经纪人+农户”分散型人工收储运模式、“公司+农户”分散型机械收储运模式、“公司+专业收储运公司+农户”集中型机械收储运模式和“公司+经纪人+农户”分散型机械收储运模式。

但是，集中型收储运模式可以有效保障原料长期稳定、保质保量的供应。一些生物质直燃电厂以及大型生物质供暖企业为了保障原料来源，减少中间商的费用，在有条件的地方还建立了企业自营的集中型收储运网络，逐步从分散型收储运模式转向集中型收储运模式。

存在问题：良性利益链体系依然没有形成

虽然我国的收储运体系建设已经取得了一定的经验，国家也出台了一系列政策鼓励开展收储运体系建设。但是农村专业化的收储运体系建设还严重滞后，其主要原因在于良性的利益链体系还没有形成，其原因主要包括以下三个方面。

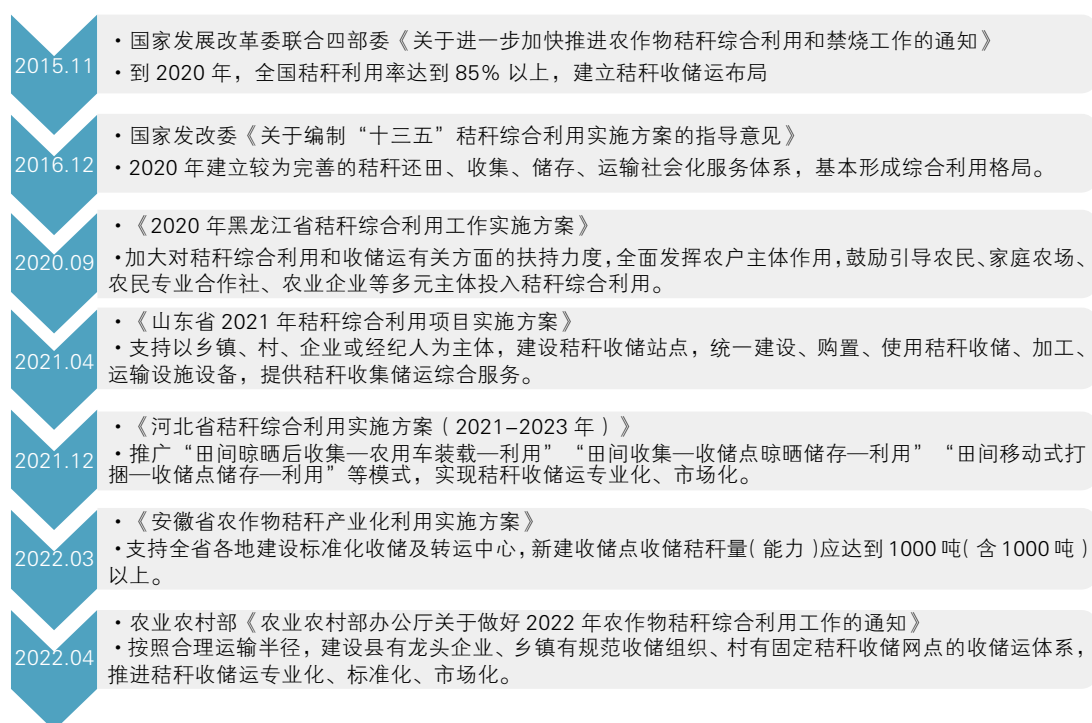
首先，我国原材料收集困难、成本高。我国农业以家庭精耕细作为主，人均种植面积少，使得秸秆资源具有能量密度低、收获季节性强、储运不方便等特点；林地绝大多数分布在山上，对林业

废弃物进行收、运和初加工需要强大的机械化手段，难度极大。

其次，现有推广的生物质清洁供暖技术附加值低，导致原料收购价低，收储运环节的相关方利润低。以东北的玉米秸秆为例^[14]，以经纪人为主体的分散型收储运团队采用“村屯打包”的方式，组织机械和人力下地免费帮村民收秸秆，每公顷成本400元左右，运送给生物质电厂每吨售价200元，经纪人每公顷地能赚50元。农户每亩地平均大约可收取20-40元，农民缺乏热情，不愿意多付出人力和财力开展秸秆收集。木质类生物质以工业板材下脚料、果木树枝为主，收集相对简单，重点是需要与生产企业签订长期的合作协议。

最后，收储运技术和规范不统一。国家标准《农林生物质原料收储运通用技术规范》（GB/T40511-2021）于2022年3月1日生效，实施时间较短，部分地区尚存在机械设备使用不规范、

图 3-1 生物质收储运政策清单



收集技术不达标、轻服务等问题，出现作物留茬高度不标准、田地设施破坏以及收储运服务主体未与农户签订合同或者存在合同纠纷等现象。

建议措施：立足于终端补贴的当地市场化机制

近年来我国发布的生物质收储运体系政策扶持主要是采取前端补贴的方式，包括政策拨款（秸秆离田利用补贴、离田机具购置补贴以及执行秸秆固化成型燃料站建设等补贴）、税收返还等政策，并结合实际予以适当调整。例如，哈尔滨在《哈尔滨市 2020—2021 年度秸秆综合利用工作实施方案的通知》中规定：为确保 2020—2021 年度玉米、水稻秸秆全部出地，秸秆离田利用补贴根据其当年实际利用玉米、水稻秸秆量，省级给予每吨 50 元，剩余暂得不到利用的秸秆进行离田作业环节补贴（已享受玉米和水稻秸秆离田利用补贴的除外），省级每亩补贴 10 元；保障秸秆离田机具购置补贴，总补贴额不超过机械销售价格的 50%。秸秆固化成型燃料站建站补贴，在最高补贴额度内按照实际完成投资额度给予补贴^[15]。

要想解决收储运体系建设中存在的问题，需通过终端补贴鼓励秸秆能源化利用企业，由各级地方政府负责搭建平台，采取市场化运作的方式，才能推动秸秆能源化利用，从而推动原料收储运体系的建设。但需要注意的是，终端补贴同样面临问题需要解决，比如曾经在 2010 年前后出现过的小型生物质企业利用假发票、做假账以及虚假销售等手段骗取国家财政对秸秆能源化利用补助资金的现象。

3.1.2 生物质燃料生产加工装备与工艺

技术现状：加工成型技术多样并日趋成熟

生物质成型燃料制造工艺，以秸秆、锯末、木材、玉米芯等生物质为原料，经切片—除杂—配比—粉碎—调质—挤压—烘干—冷却—质检—包装

等一系列工艺压缩成型。在我国，生物质固体成型燃料技术试验开始于 20 世纪 70 年代末，在中国经过几十年的改进和完善，技术日趋成熟。

国内的生物质成型燃料生产技术主要为环模挤压成型技术、平模挤压成型技术、辊模挤压技术、活塞冲压成型技术、液压活塞成型技术、螺旋挤压技术（见表 3-1）。其中，环模挤压成型技术原料适应性广，且产量大，是国内现有成型燃料加工中产量最大的技术。目前市场上 80% 以上为立式环模颗粒机，具备生产能力强，生产成本低等优点（见表 3-2），不仅覆盖全国市场，而且远销欧洲、北美、南美、东南亚及非洲市场。

存在问题：生产过程的污染排放缺乏关注

我国生物质成型燃料在生产过程中面临着原料与生产设备适应性要求高这一挑战。由于生物质原料来源广泛，涵盖多种农林废弃物，不同成型燃料生产设备对生物质粉碎物粒度和含水率等要求不一致，原料与设备处理范围不匹配会导致成型率低、原料损耗大，能耗增加等问题。

此外，由于地形、风速、风向、气温、湿度等因素的影响，生物质原料在堆垛以及切片和粉碎等生产过程中会产生微粒粉尘等污染排放（图 3-2）。某

图 3-2 生物质颗粒生产过程中的污染



些生物质颗粒燃料储存及加工场所由于选址不当，在工厂边界与敏感地区之间的卫生保护距离过短，没有建立绿化带，加上空间密闭性差，缺乏喷头除尘网等设施，容易对周边环境及居民造成粉尘及噪音污染，严重影响居民的健康和生活。

建议措施：降低生产成本，提高企业清洁生产水平
提升生产设备对原料的适应性是今后生物质成型设备发展需要考虑的关键因素。选择耐磨性好的模辊材料，使用可调成型磨具，简化成型工艺，

表 3.1 不同生物质燃料成型设备的比较

技术设备	环模成型技术	平模挤压成型技术	辊模挤压技术	活塞冲压成型技术	液压活塞成型技术	螺旋挤压技术
成型原理	通过环形模具和挤压圆柱辊成型	通过水平圆盘模具和压力辊成型	通过挤压成型	通过摩擦作用或外部加热的方式黏结成型	热冲压成型	连续挤压成型
水分含量	15 - 20%	15 - 20%	15 - 35%	≤ 20%	≤ 12%	8 - 12%
粒度	< 10 mm	< 10 mm	< 10 mm	< 40 mm	< 40 mm	< 40 mm
优点	生产能力高，产品质量好	设备简单，制造成本低	原材料适应性强，能耗低	能耗低，产品易于储存，密度大	设备寿命延长，能耗降低，运行平稳	成品密度高，质量好、热值高
缺点	模具易损坏、堵塞、维护成本较高	生产能力较低	机器易磨损，生产能力低	设备稳定性差，机器面临振动和润滑污染问题	生产能力较低，产品容易开裂	套筒易磨损，维护成本高，对原材料要求较高
燃料类型	颗粒；块状	颗粒；块状	颗粒；块状	棒状	棒状	棒状

表 3.2 立式环模颗粒机生产成本案例

型号		560 立式环模颗粒机			
厂商		山东宇冠机械有限公司			
颗粒生产线总功率 (KW)		346.52			
颗粒规格 (mm)		8-10			
消耗明细 (元 / 吨)	生产线人工费	-			
	电费	颗粒机	木片机	粉碎机	烘干机
		69.46	12.2	29.61	19.95
颗粒机配件损耗费	模具	压辊皮	润滑油脂	齿轮油	
	3.4	1.4	1.28	0.74	
共计费用 (元 / 吨)		138.04			

对生产设备的运行参数进行试验优化，保证合适的原料粉碎粒度与含水率等，以提高成型燃料生产系统中的可靠性，实现干燥、粉碎、成型过程中生物质原料与设备的配套和协同发展。

同时要关注生物质燃料加工生产过程中的污染问题，生物质成型燃料企业的清洁生产在“十四五”期间应该重点解决。目前，国内仅极少的成型燃料企业实现了清洁生产，如山东惠民县建设的生物质成型燃料生产线。自原材料进料口、粉碎、缓存仓、烘干、制粒、冷却、包装各环节均采用负压除尘，原料在各生产环节的转运均于密闭空间进行，有效避免生产过程中的粉尘外溢及降低噪音，如图 3-3。

图 3-3 惠民县全封闭生物质成型燃料生产线



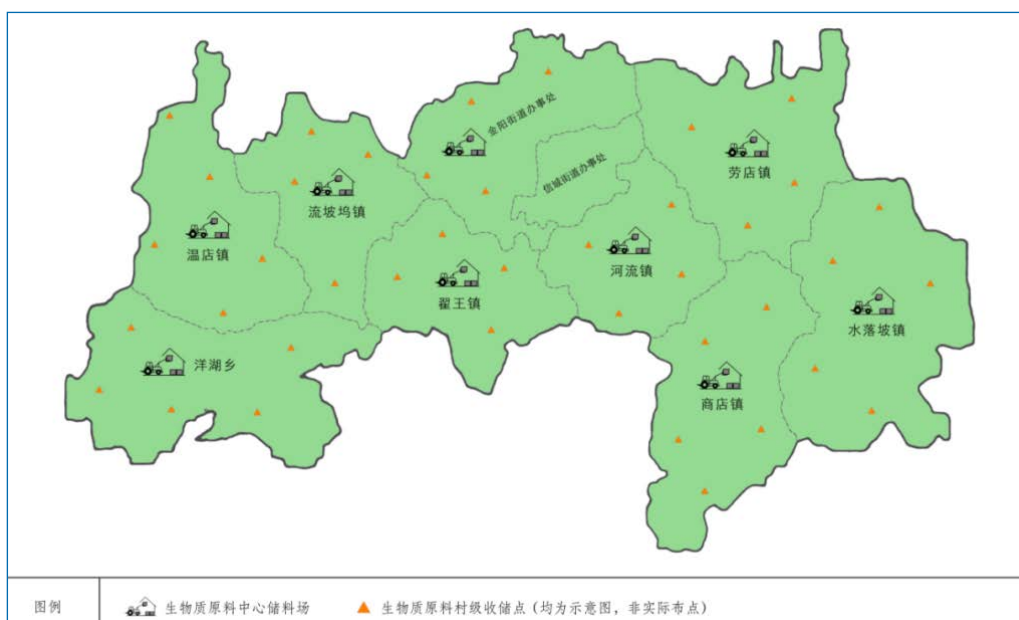
3.1.3 生物质成型燃料供应模式

供应现状：供应模式单一，以集中供应模式为主

农村地区生物质燃料供应模式较为单一，主要是以乡镇为基地，建立成型燃料生产、配送基地，由专业公司运营调配的集中供应模式。山东省阳

信县重点打造了“一核、二区、七基地”模式，在阳信经济开发区建设 6 万吨生物质成型燃料中心加工厂，在商店镇、翟王镇、流坡坞镇、水落坡镇、劳店镇、洋湖乡等 7 个乡镇，分别建设年产 1.5-3 万吨生物质成型燃料生产基地，由生产企业进行统一定期配送。

图 3-4 阳信县生物质成型燃料供应厂分布



存在问题：供暖季生物质成型燃料供不应求

推广生物质清洁供暖的地区在冬季面临的最大问题是保障燃料的供应。有相当比例推广生物质清洁供暖的区域，冬季生物质燃料往往供不应求，当地无法生产足够的生物质成型燃料，需要从外地远距离购买。根据项目组对生产企业和经销商的调研，结合阳信县的推广经验，冬季生物质燃料供应不足的问题主要有以下原因。

(1) 当地政府在推广生物质炉具时没有提前考虑燃料的供应和需求量，前期缺乏对当地燃料资源现状以及供需平衡的评估，导致项目开展初期无法保障当地能够生产足够的燃料。

(2) 秸秆成型燃料在燃烧过程中容易出现结渣等问题，影响燃烧设备的热性能以及安全性，使得老百姓对其接受能力下降，影响了秸秆资源的燃料化利用。这导致当前的生物质成型燃料普遍以木质原料为主，加剧了木质成型燃料的供应压力。

(3) 成型燃料生产存在淡季和旺季，由于资金或者储存问题，从春季到秋季，地方政府少有提前准备原材料的，基本在进入供暖季时才备料，从而导致原料进货时间和进货量太集中，短时间内供不应求抬高了原料价格。当地成型燃料企业无法及时获得足够的原材料进行生产，生产受限导致了燃料无法及时供应。

(4) 补贴资金无法及时到位影响生产。地方政府存在拖欠补贴资金的现象，使得企业在资金短缺期间无法全力生产和储存燃料，到了供暖季生物质成型燃料需求增大，从而导致供不应求的现象。

建议措施：以“料”定改，冬病夏治

为了保障燃料供应到位，建议做到以下几点：

(1) 成型燃料生产企业应该提前做好市场调研，掌握当地生物质资源量的时空分布以及供暖季生物质成型燃料的需求量，在淡季提前存储以避免大型供暖企业及取暖用户在旺季缺乏燃料的情况。

(2) 为避免木质燃料的供不应求，应进一步提升秸秆燃料的规范化利用，通过提升燃料品质或者优化燃烧设备结构来提高热效率，并确保燃烧设备的安全性。

(3) 鼓励农户提前预订燃料，并支付订金。生产企业可在订金的支持下，参考订单量，足量生产居民所需的燃料，促进生物质成型燃料产业的良性发展。

(4) 避免补贴资金拖欠，需研究制定生物质供暖的地方激励政策，针对居民供暖出台地方补贴政策和财税优惠政策，缓解生物质能补贴不足的问题。

3.1.4 生物质燃料质量监控体系**质量评估现状：建立了相对完善的燃料测试标准**

生物质成型燃料质量体系是制约产业发展的关键因素之一。生物质原料的质量参差不齐，用途也不同，需要通过构建完善的标准体系并推动标准实施，将这些燃料标准化，才能保障市场流通中生物质燃料的商品质量，促进生物质燃料的利用和产业的健康发展，因此建立一套有效的生物质燃料质量监控体系十分必要。

生物质燃料的生产和应用涵盖原料收储运、成型设备、产品质量、产品储运、燃烧应用等环节，

需要制定生物质燃料标准及质量认证体系，才能保障生物质燃料从原材料到应用领域的质量保障。欧盟生物质成型燃料技术走在前列，标准体系较为完善，产品质量认证体系成熟，已形成商业市场化运作模式，目前已发布了 42 项标准，另外 7 项正在制定中。国际标准化组织 ISO/TC238 委员会基于欧盟标准进一步完善，目前已制定并发布了 40 项生物质成型燃料的 ISO 标准，正在制定 11 项。

我国自 2008 年开始，结合中国国情，充分吸取和借鉴 ISO 和欧盟标准建立了生物质固体燃料标准体系，截至目前已制定国家标准 10 项，行业标准 16 项，涵盖生产和应用的众多环节，具体包括术语、规格和等级、采样制样、试验方法、安全储运等内容。目前国内外制订的相关标准见附件 2。

与国外相比，虽然现有国家和行业标准还缺少一些指标的测定方法，例如对重金属元素（As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Zn）和灰熔融点等指标要求，但是已经形成了较为系统的生物质燃料采样和试验方法标准。

存在问题：质量分级标准和认证体系缺失

与国外相比，国内生物质成型燃料质量监控体系仍然存在差距和问题。首先是质量分级体系不够成熟。我国由于生物质原料资源具有很强的地域性，原料来源不一样，能源和农业部门在 2014 年先后制定质量分级行业标准，分别规定了木质颗粒燃料、非木质颗粒燃料、木质块棒状燃料和非木质块棒状燃料分级要求。每种燃料分三级，指标等级要求参考了德国工业标准认证体系（DIN EN 14961），并结合国内实际情况，考虑了国内木质资源有限、秸秆类原料丰富的特点。但是国内对在住宅、商业和工业应用等不同用户的分级质量要求缺少规定，没有明确商用和民用的生物质成型燃料的质量及检验规则要求。

其次是燃料质量认证体系的缺失。国外生物质固体燃料质量认证体系的建立有效促进了颗粒燃料在欧洲及世界范围内的流通，见表 3.3 所示。由于中国的成型燃料质量保障体系还不完善，标准的执行和监督环节较为薄弱，缺少国家级的生物质固体成型燃料检测认证中心，未对生物质燃料从原材料到终端应用进行质量认证，成型燃料往往在没有经过检测认证的情况就进入市场，这导

表 3.3 国外生物质固体燃料质量认证体系

认证体系名称	认证依据	认证机构
欧盟颗粒质量认证体系（EN plus）	ISO 9001；EN 15234-2；CEN/TC 15370-1；EN 14778；EN 14961-2；ISO 3166；ISO 16948；ISO 16968；ISO 16994；ISO 17225-1；ISO 17225-2；ISO 17828；ISO 17829；ISO 17831-1；ISO 18122；ISO 18125；ISO 18134；ISO 18846	欧洲颗粒委员会（EPC）
德国工业标准认证体系（DIN plus）	ISO 9001；ISO 14001；ISO/IEC 27001；OHSAS 18001；ISO 17225-2	德国标准化协会
美国颗粒燃料研究所（PFI）标准计划	住宅 / 工业成型燃料的 PFI 标准规范 ALSC 住宅 / 工业成型燃料执法条例 PFI 住宅 / 工业成型燃料标准计划	美国木材标准委员会（ALSC）

致了成型燃料质量参差不齐，影响了生物质固体成型燃料的产业化进程。

建议措施：应建立强制的燃料质量认证体系

中国应该立足于国内农业生物质资源丰富的国情，尽快完善质量分级体系，在满足环保、使用要求的基础上，进一步修订完善生物质成型燃料的指标要求，区分住宅、商业和工业应用等不同用户的分级质量，明确商用和民用生物质成型燃料质量及检验规则要求。制定生物质成型燃料及配套专用燃烧设备的国家标准和技术规范，规范其生产和使用，确保生物质燃料市场有序运行。

尽快建立并严格执行燃料质量认证体系。借鉴欧盟国家的成型燃料方面的检测经验，建立国家级的生物质固体成型燃料检测认证中心，加强对生物质成型燃料生产和使用的监督管理，以确保产品须符合相关技术规定和标准。

3.2 技术路径与模式

当前，我国推广的生物质清洁供暖路径主要包括“生物质成型燃料+户用炉具”分散式户用供暖，“生物质成型燃料+专用锅炉”分布式集中供暖和秸秆打捆直燃集中供暖，其关键在于经济性、环保性和推广保障措施等三个方面。因此，本部分将针对生物质清洁供暖的三种技术路径，分别从上述三个角度逐一展开分析。

3.2.1 “生物质成型燃料+户用炉具”分散式户用供暖

技术原理与现状

生物质分散式供暖是将秸秆、林业废弃物等生物质加工成颗粒状或棒状，用于生物质户用炉具使用。生物质分散式供暖是当前农村生物质清洁供暖的主

图 3-5 生物质成型燃料和专用炉具



流模式。生物质炉具在近几年发展迅速，企业解决了生物质炉具的自动除渣、回火现象等关键问题，实现了自动化控制，具有自动点火、自动进料等功能，可根据需求设定时间、出水温度，实现炉具自动运行。通过改进炉体保温、多回程换热和燃烧技术，生物质炉具实现了热效率和环保性能的大幅提升。根据中国农村能源行业协会从 2018 年以来先后开展 3 届炉具“领跑者”统一评测来看，领跑者产品性能优异，热效率可以达到 80%；大气污染物排放平均值为：颗粒物 30 mg/m³，NO_x150 mg/m³，CO 0.05%，能够满足 NB/T 34006-2020《清洁采暖炉具技术条件》中 1 级指标要求。

推广主要以政府为主导，采用整县推进的方式，推广技术主要为生物质成型燃料+水暖炉或烤火炉。我国已经在东北、山东、山西和部分西部省份等生物质资源丰富的区域，进行了生物质成型燃料以及配套炉具的大规模推广。截止 2021 年底，山东省推广生物质清洁供暖约 50 万户，山西省推广约 22 万户^[16]。部分地方也开展了生物质供暖的试点。例如，河南鹤壁市采取在城区重点推广使用低温空气源热泵，在距离城区较远的山区推

广生物质供暖炉。秦皇岛市推广“太阳能+生物质”多能互补户用供暖项目。

阳信县在 2017–2021 年间累计推广了户用生物质炉具 8.94 万户，在推广过程中取得了非常丰富的经验，初步形成了生物质清洁供暖的“阳信模式”。阳信模式被总结为“112345”，即一个规划、一套专班、两个体系、三种模式、四个保障、五大效益。

坚持一个规划：2018 年，委托中国农村能源行业协会高质量编制了《阳信县生物质清洁取暖总体规划》（2018–2022），坚持在规划的指导下，逐步构建了“农户就地收集、企业就近加工、全域就地使用”的模式。

用好一套专班：成立了以县政府主要负责同志任组长、分管负责同志任副组长的阳信县生物质清洁取暖工作领导小组，并下设全县生物质清洁取暖工作专班。形成了人随专班走，换岗不换人，上下联动，持续发力，做到专业性、连续性、长效性。

围绕两个体系：一是抓好生物质适配炉具采购体系。通过聘请第三方机构和专家团队，对生物质专用炉具进行检测、筛选审查确定供应商（

设备）推荐名录。二是抓好生物质燃料供应体系，制定并完善了生物质燃料供应保障应急预案。成立应急工作指挥部，下设 8 个燃料供应保障工作小组，确保燃料及时送到千家万户。定期或不定期地对生物质颗粒燃料和压块（棒）进行抽样检查，解决生物质燃料标准不一、品质参差不齐的问题。

探索实施三种模式：在全县范围内已经实施了三种供暖模式：生物质炉具分散式供暖、生物质锅炉分布式供暖和生物质热电联产集中供暖。

四个运行保障：一是专家技术保障，二是建立了“县、乡、办事处和村”四级服务保障体系，三是燃料质量保障。确定县城投集团利民公司作为全县生物质燃料供应商，制定了生物质燃料追溯体系，做到燃料标准、规格、材料、价格、服务（包装）等五统一，最大程度的保证了产品质量和安全。四是安全应急保障。建了全县清洁取暖安全保障队伍，10 个乡镇（街道）共培训合格安全员 5815 名。

初步实现五大效益：包括政治效益、经济效益、生态效益、社会效益和产业效益等。

表 3.4 研究选用炉具类型

进料方式	炉具类型	炉具编号	二次进风口	进风控制
重力 进料	烤火炉	G-RHS-1	有	手动
	水暖炉	G-WHS-1	有	手动
		G-WHS-2	有	手动
动力 进料	烤火炉	P-RHS-1	有	手动
		P-RHS-2	有	手动
	水暖炉	P-WHS-1	有	自动
		P-WHS-2	有	自动
		P-WHS-3	有	自动
		P-WHS-4	有	自动

（其中 P 代表动力进料、G 代表重力进料，RHS 代表烤火炉、WHS 代表水暖炉）

污染排放性能分析

项目组于 2019 年供暖季分别对阳信推广的 9 种典型炉具的污染物排放进行了实验室测试和现场测试，测试炉具类型如表 3.4 所示，总计测试 52 户家庭，共计 97 个样本。实验室测试期间，炉具在两种功率模式下进行测试。现场测试则是在阳信县的 6 个不同村庄进行。

测试结果如图 3-6 所示。农户现场使用产生的排放中，各项污染物的浓度明显高于实验室测试时的排放。其中，PM_{2.5} 排放因子均值高出 6-12 倍，NO_x 排放因子均值高出 1.5-2 倍，CO 均值高出 2-3 倍。

根据项目组的分析，造成排放因子存在的较大差异的主要因素是生物质燃料的品质。项目组对在 2019 年阳信县收集的 26 个燃料样品进行了测试分析（见表 3.5），在从农户家收集的燃料样本中，超过一半的燃料（约 58%）未能满足国家标准 NY/T 2909-2016 中规定的木质生物质颗粒燃料的质量要求，如图 3-7 所示。灰分和氮含量两个指标存在较高的未达标率，导致颗粒物、CO 和 NO_x 排放较高。图中 A1、A2、A3 分别代表 NY/T

图 3-6 现场和实验室测试的污染物排放对比

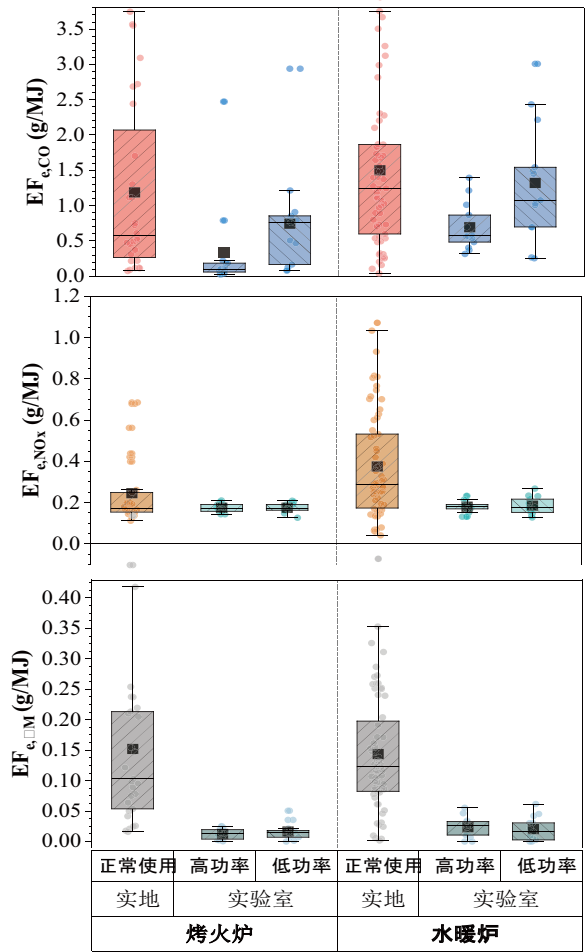
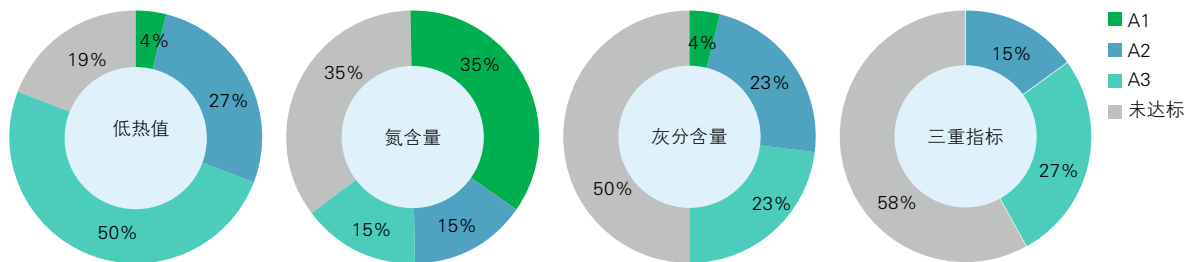


表 3.5 生物质成型燃料样品低位热值、工业分析和元素分析

低位热值 MJ/kg	工业分析				元素分析			
	Mar	Ad	Vd	FCd	C	H	N	S
15.45 ± 0.81	6.04 ± 0.73	5.67 ± 3.20	76.36 ± 4.11	11.94 ± 1.79	44.77 ± 1.72	5.78 ± 0.25	1.31 ± 1.53	0.04 ± 0.03

图 3-7 生物质成型燃料质量抽样调查结果



2909–2016 中木质颗粒燃料的质量分级。不同批次生物质颗粒的尺寸、密度、湿度都会影响实地测试时生物质炉具的排放。因此，实地测试炉具排放的影响因素较多，燃烧状态不可控，排放的污染物要远远高于实验室测试。

另一方面，实验室测试是严格按照炉具使用说明书进行操作，使炉具一直保持在较好的燃烧状态下燃烧。而在实地测试中，很多用户是第一年使用生物质炉具，缺乏生物质炉具操作经验，很容易造成炉膛燃烧状况不佳。在测试和调研走访过程中，用户不能很好的控制进料量和进风量的比例，使得炉膛内燃料燃烧不完全。

为了解决这个问题，阳信县在专家组的建议下，确定利民公司作为全县生物质燃料供应商，制定了生物质成型燃料企业标准，做到燃料标准、规格、材料、价格、服务（包装）五统一，最大程度的保障了燃料质量的稳定性。除了要加强用户培训，炉具行业还需要进一步加强产品的开发，使产品进料量与燃烧工况自动匹配，加强在不同工况下的污染物排放控制。

经济性分析

当前生物质成型燃料分散式供暖主要依赖于政府的补贴，有的地方政府补贴炉具的同时，还补贴一定量的生物质成型燃料。以阳信县为例，根据炉型的不同，由政府一次性补贴 2000 元，超额部分由农户自行支付。当地生物质成型燃料的市场价格为 1200 元 / 吨，政府补贴 600 元 / 吨，超出 2 吨以后不再补贴，每年县政府至少补贴 1 个亿用于生物质成型燃料供暖。相当于每户补贴 1200 元 / 采暖季，自费 1200 元 / 采暖季，补贴后的取暖费用与燃煤取暖成本接近。

技术适宜性及推广建议

技术适宜性分析

优点：

（1）前期基础设施及取暖设备投资较低，用户侧直接替代散煤燃烧，可利用较少的资金，“短平快”完成改造任务。

（2）炉具与燃料适配的情况下，能够以较低的改造成本，发挥农林废弃物降污除碳的优点，并保障用户的温暖过冬。

（3）操作便捷，安装简便。兼顾炊事及采暖多种用途，安全可靠，能够同时满足农户取暖与炊事需求。无需改变用户的生活习惯。

（4）户用生物质炉具取暖成本较低，在政府补贴情况下，取暖成本接近燃煤取暖，农户普遍可接受。

缺点：

（1）生物质清洁供暖涉及多个环节，利益相关方众多，利润附加值较低。

（2）生物质炉具行业缺乏领军企业，以中小企业为主，市场化程度低。市场上的炉具虽然种类繁多，但质量参差不齐，技术不过关（尤其是生物质秸秆成型燃料炉具）、售后服务不到位等问题普遍存在。

（3）生物质成型燃料供应链体系和市场建设滞后，燃料供应模式单一，燃料质量容易缺乏品控，良莠不齐。

（4）燃料与炉具适配技术的量化指标有待完善。需要进一步细化适用于分散式供暖的生物质成型燃料的指标要求，以及相应的炉具适配技术要求。

(5) 地方环保政策不明确，导致有资源条件、有发展需求的地区，难以发挥应有作用。

适应范围：

适用于多数生物质资源丰富的非大气污染重点防治地区，可作为在其农村地区推广生物质固体燃料供暖的主要技术路径之一，同时可以积极探索“生物质 + 太阳能”耦合供暖。

推广及发展建议：

生物质清洁供暖是一项系统工程，需要兼顾燃料的质量和供应，燃料与适配的炉具技术，产品的售后服务体系（包括安装规范、用户培训、服务体系建设和完善等），才能发挥节能减排效果和保障用户的温暖过冬。

(1) 政府应该组织专家团队，充分听取专家团队的意见，让专家团队在规划编制及项目落实等方面充分发挥作用，因地制宜的制定推广方案。

(2) 保障燃料供应和质量

1) 详细评估当地可利用的生物质资源量。理论资源量往往远大于实际资源量，要避免由于资源竞争导致的供不应求、价格上涨等问题，应科学测算农林生物质可利用资源并控制在合理规模。根据项目组调研数据显示，实施生物质清洁供暖的地方政府，在冬季从外部购买燃料比例约为 30%—70%。

2) 政府应合理制定炉具推广计划，要做到“以料定改”，提前落实生物质成型燃料的供应。

3) 构建生物质成型燃料的标准体系，加强标准的实施，保障市场流通的产品为标准化的生物质成型燃料。

(3) 选择燃料适配炉具技术

应基于当地实际使用的生物质成型燃料，充分评估燃料特性、用户行为模式对污染排放和健康效益的影响，因地制宜地选择燃料适配炉具技术。

1) 产品初筛：①分散式清洁供暖产品应更多使用水暖炉，具备自动除渣、防回火、自动点火、自动进料等功能；②用户使用方便，能够满足当地的实际炊事需求；③生产企业为行业骨干企业，具备产品的供货、安装、售后服务等能力。

2) 实验室测试：依据 NB/T 34005—2020《清洁采暖炉具试验方法》、NB/T 34006—2020《清洁采暖炉具技术条件》，评估炉具的污染物排放、热效率等关键性能，满足 NB/T 34006—2020《清洁采暖炉具技术条件》中的指标限值要求。

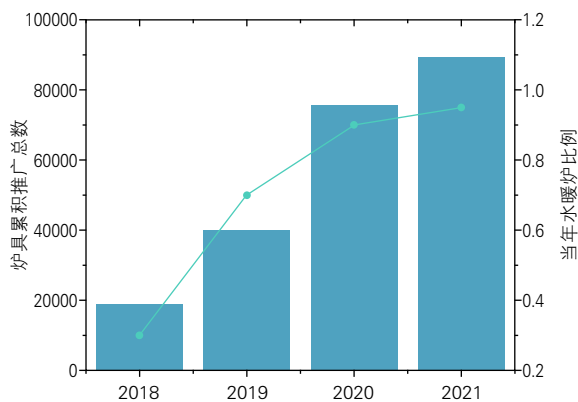
3) 示范试点及现场评估：依据 NB/T 10771—2021《清洁采暖炉具现场测试及评价方法》，对示范试点效果进行综合效益评估。

案例

分散式清洁供暖应更多使用水暖炉。烤火炉具依靠辐射供暖，存在较大的安全隐患和室内空气污染风险。水暖炉具可以通过管道和暖气片实现同时为多个房间供暖，具有较好的安全性、舒适性和环保性。

以阳信县为例，该县从 2017 年试点推广生物质烤火炉，因为当时地方政府和用户普遍担心采用水暖炉具会增加冬季供暖费用支出。经过实践表明，地方政府和绝大多数用户都倾向于安装和使用水暖系统，2020 年全年的水暖炉的推广比例已经达到 90% 以上，如图 3-8 所示。

图 3-8 阳信县历年炉具累积推广量及水暖炉比例



水暖炉推广成功的主要原因包括以下三个方面。

①用户体验良好。水暖系统更为方便、舒适，工艺美观耐用。②支出增加有限。用户可以根据家庭的经济实力，选择不同供暖面积的水暖系统，有很大比例的用户根据自己的实际需要，在客厅和常住的卧室安装了暖气片，而且可以根据需要控制供暖的房间个数，冬季供暖成本的增加在多数农户的可承受范围内。③维护成本低。烤火炉装卸简单、价格便宜，农户通常在冬季使用以后会拆卸搁置，缺乏维护，使用 2-3 年以后基本都无法使用。而水暖炉虽然前期投入高，但其通常固定在了专门的区域，而且性能良好，农户更愿意主动维护以便长期使用。

(4) 有条件的区域应协同推进炊事清洁化，引导农村厨房革命。冬季供暖期间，山西、陕西和黑龙江调研区域的大部分居民（78% 以上）^[10] 习惯采用有炊事功能的供暖设备。但是，炊事操作容易导致污染物泄露造成室内空气污染，所以同时兼顾炊事和供暖会影响供暖设备的密封性和燃烧效率等方面性能。只具有供暖功能的水暖炉可以置于库房或其余闲置房屋，具备暖和舒适、操作方便，室内空气污染较轻的诸多优点。同时可采取更为先进的燃烧技术，大幅提高燃烧效率、节省燃料，保证燃烧的稳定性。

现有的研究表明，中国农村随着经济条件的快速发展，居民炊事用能清洁化趋势明显，而且具有自发性。地方政府若能适当投入、采取有力措施干预，可有效加速转型^[17]。各地可在总结前期经验的基础上，继续完善现有燃气供应系统，鼓励企业开发适合农村低收入家庭使用的烹饪电器，推动清洁烹饪电器下乡，鼓励和推动厨房排风扇和抽油烟机使用，采取多元措施推行清洁烹饪。引导农户炊事用能清洁化，不仅可以减少因燃烧固体燃料进行炊事而排放的污染物，而且在冬季不再需要供暖系统兼顾炊事功能，生物质供暖系统将迎来技术变革的重要发展期，将进一步提升生物质供暖系统的热效率和环保性能。

3.2.2 “生物质成型燃料 + 专用锅炉” 分布式集中供暖

技术原理与现状

我国生物质锅炉行业已发展到 100 余家企业的规模，年生产锅炉 50000 台以上。全国额定蒸发量小于 65t/h 的生物质锅炉数量已经超过 1.6 万台，总额定蒸发量达到 8.3 万吨^[7]。截至 2019 年底，全国生物质成型燃料供暖年利用燃料量约 1800 万吨，其中集中供暖项目约 1300 个，供暖面积约 9000 万平方米。



“生物质成型燃料+专用锅炉”的分布式集中供暖模式是将生物质原料加工成颗粒或压块状燃料，或者将树枝制作成切片燃料，在适配的专业生物质锅炉中燃烧。分布式集中供暖系统主要由锅炉、进料系统、远程控制系统、缓冲罐、烟囱、泵、管道和阀门等组成。生物质锅炉分布式集中供暖在我国被广泛应用于中小工业园区、公共服务设施、商业设施、及城镇居民供暖。按照蒸汽量可以分为小型锅炉（小于20t/h）、中型锅炉（20-75t/h）和大型锅炉（大于75t/h）。目前我国推广应用的生物质锅炉主要以中小型锅炉为主。

污染排放性能分析

表3-6列出了阳信在23个示范点推广的生物质成型燃料锅炉的排放数据（来自第三方机构检测

报告），除了示范点3以外，其他都达到了《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）中燃煤锅炉的排放要求，另有8个示范点锅炉的NO_x和颗粒物排放未达到所在地山东省《锅炉大气污染物排放标准》（DB37/2374-2018）的要求。

2019年，阳信县程坞小学引进了国际先进的奥地利KWB生物质锅炉（如图3-10），共计安装三

图3-9 分布式生物质锅炉



表3-6 示范点生物质成型燃料锅炉供暖运行排放

锅炉序号	锅炉型号 (吨/小时)	排放浓度 (mg/m ³)		
		PM	SO ₂	NO _x
1	4	18.4	11	228*
2	2	20.1*	5	254*
3	3	34*	6	321*
4	4	26.3*	15	267*
5	3	18.6	14	244*
6	3	22.7*	6	221*
7	3	17	14	257*
8	4	21.5*	26	233*
9	4	18.9	64	191
10	3	19.5	18	185
11	3	20	10	186
12	3	17	10	184
13	4	13.8	3	153
14	4	16.1	4.3	145
15	1.5	18.2	20	184
16	2	14.3	8	98
17	2	17.7	5	175
18	2	18.1	5	189
19	2	18	8	148
20	3	17.6	8	168
21	3	17.2	8	181
22	3	18	7.7	177
23	2	12.7	3	190
平均	-	18.9	12.1	199

台 120KW 锅炉，用于全校师生冬季供暖。锅炉热效率高达 93%，烟气排放明显低于《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）规定的新建燃煤锅炉排放限值，且无需加设后端除尘设备即可实现污染物达标排放。为了安全和方便用户使用，锅炉使用了自动进料仓，配有免维护齿轮箱、自动除灰、自清洁履带燃烧器和高质量的节能组件。通过物联网集成，还可以远程访问锅炉进行操作控制和故障排除，减少了人力成本和日常维

护。相比之下，我国还需要进一步加强生物质锅炉污染排放控制方面的研究。

经济性分析

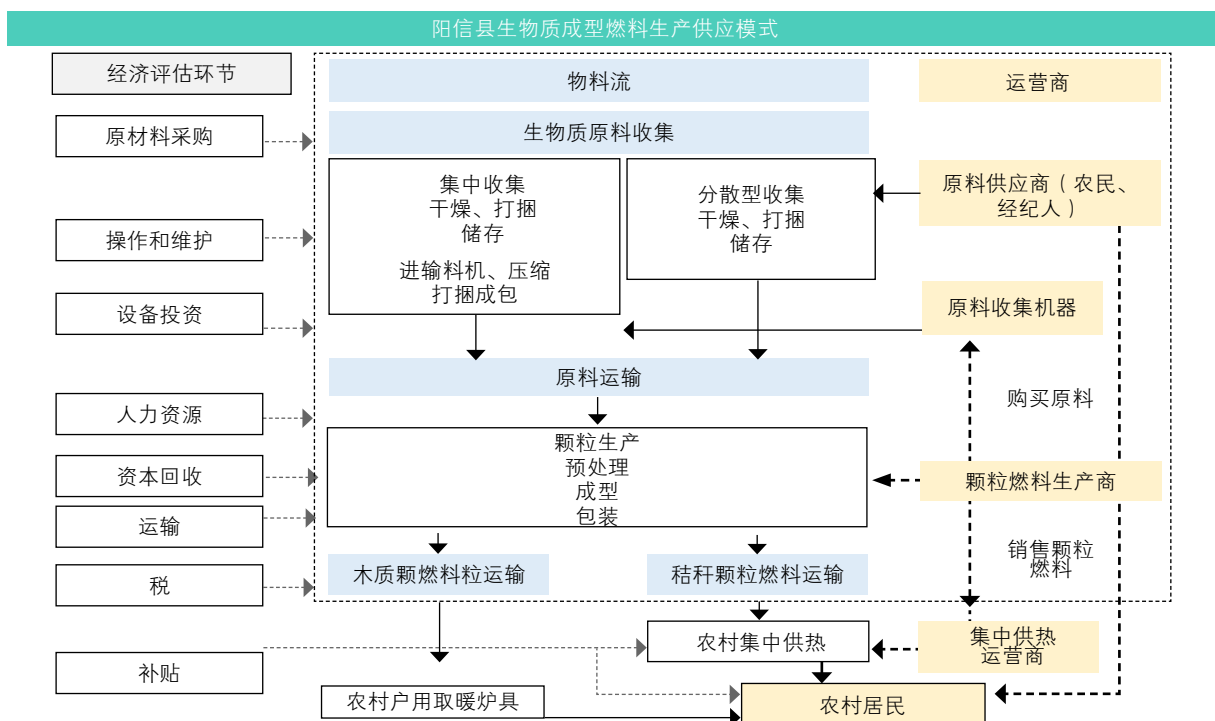
项目组对阳信县 22 个分布式锅炉集中供暖各个环节的成本数据进行了收集分析，生物质成型燃料的生产供应模式如图 3-11 所示。生物质成型燃料供暖的总成本涉及原料收集、储存、运输，以及燃料生产和供应等众多环节，户均总体成本结果如图 3-12。

图 3-10 奥地利 KWB 生物质锅炉系统



固定成本中，农村集中供暖管道铺设为主要组成部分，占固定成本总额的 69.9%–82.3%（平均约 76.2%）。管道费用主要取决于管道长度、尺寸、材料等多方面因素，单位长度（m）管道的管网安装成本为 77–200 元人民币，平均安装成本为 140 元人民币。在总成本中，管道成本占比 14.3% 至 29.2%，使其成为实施生物质锅炉分布式集中供暖项目需要考虑的关键因素之一。

图 3-11 阳信县生物质成型燃料生产供应模式



在运行成本中，燃料成本是主要影响因素，占运行成本总额的 75.6%–82.8%，平均约为 80%，同时占总成本的 48.5%–65.9%，在各类成本中高居首位。管道成本和燃料成本占总成本比例的 78.6%–85.5%。

此外，部分农村地区的住房没有按照建筑标准建造或翻新，会导致隔热效果欠佳与热量损失严重，而且分散在开阔区域的农户需要额外的管道铺设，这些因素都会增加燃料成本和管道成本。在有集中供热基础并且村庄建筑排列较为整齐、建筑保温效果较好的村庄，其运行成本较低；反之，其余村庄的运行成本则会偏高。根据调研数据，对比使用户用生物质炉具的家庭燃料消耗量，集中供热燃料消耗高出 1.21–4.79 倍，平均高出 2.34 倍。

虽然集中供热用户的燃料消耗量比使用炉具家庭的高，但在巨大的政府财政支持下，两者的使用成本相近。集中供热具有更好的环境和健康效益，但巨大的冬季供暖成本，离不开政府强有力的财

政干预。如果没有政府财政补贴，可持续发展的前景堪忧。

技术适宜性及推广建议

技术适宜性分析

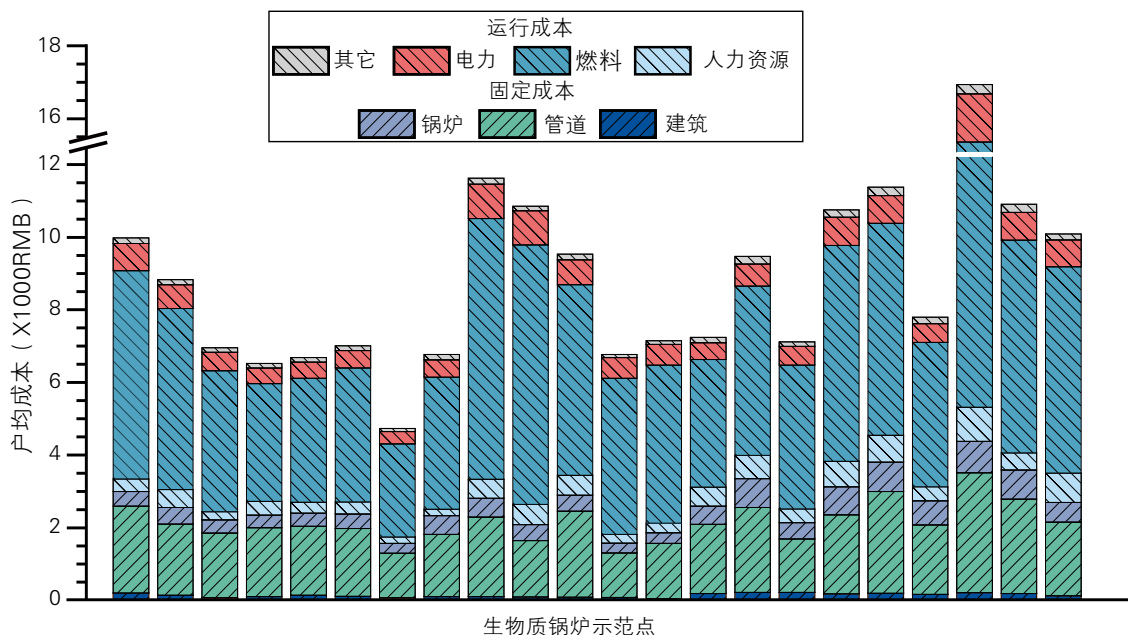
优点：

(1) 可以在用户侧直接替代现有的燃煤锅炉，基础设施投资成本较低，可以解决不具备“双替代”条件区域的供暖。

(2) 相比于工业天然气和商业用电具有一定的经济优势，可以不依赖于政府补贴，在商用领域无论是从技术本身还是从运行管理上，都具有大量的实践经验和成熟的应用案例。

(3) 相比于秸秆打捆和分散式供暖，在污染物排放控制方面更具有潜力，充分发挥农林废弃物降污除碳的作用，具有良好的环境和健康效益。

图 3-12 生物质锅炉供热的成本分析



缺点：

(1) 生物质清洁供暖涉及多个环节，利益相关方众多，利润附加值较低。

(2) 受到农村农户分散、农房建筑保温差、分时分段供暖习惯等因素影响，在我国按热计价缺失的情况下，集中供热的成本高，且会造成大量热量浪费。

(3) 生物质锅炉仍存在运行不规范，技术创新不够，监管困难，社会对生物质锅炉的清洁性存在质疑等问题。

适用范围：

“生物质成型燃料 + 专用锅炉”分布式集中供暖模式不适宜大规模用于乡村农户的集中供暖，比较适合不具备“双替代”条件的区域，例如乡镇的学校、卫生所、派出所以及养殖场和蔬菜大棚，以及新农村建设示范村等规划完善的村庄。中大型锅炉供暖可以优先用于工业、商业供暖以及城镇居民居住集中的区域，为工业园区、工业企业、商业设施、公共服务设施等进行供暖、蒸汽和烘干等应用。

推广及发展建议：

随着我国在生物质锅炉环保方面呈现政策收紧的趋势，我国多个地方政府已经开始淘汰低性能的生物质锅炉。要加快推动生物质锅炉技术创新，加强行业监管，规范生物质锅炉运行规范，使生物质供热得到全社会的认可。

(1) 生物质小型锅炉要在县域替代燃煤小锅炉发挥重要作用，必须要推动技术创新。应充分结合我国生物质燃料特性，开发适合我国北方地区生物质成型燃料适配专业锅炉、自动化控制水平高的成套技术、工艺与装备。尤其是燃用农业废弃

物的生物质锅炉，需要严格控制其燃烧后的污染物排放，尤其是 NO_x 。

(2) 行业协会应积极引领行业的良性发展，配合有关部门尽快出台生物质成型燃料及其应用的相关规范和标准。通过建立不同生物质成型燃料与专用锅炉适配的分类量化技术指标，提高市场准入机制、提高行业壁垒，建立严格的监督管理机制；要尽快淘汰技术落后的装备，包括大量由燃煤锅炉改造而来的生物质锅炉；提高行业自律和监督，监督生物质锅炉禁止掺烧煤炭、生活垃圾和工业废弃物等，尤其是对没有安装在线监测系统并联网的小型生物质锅炉。

3.2.3 秸秆打捆直燃集中供暖

技术原理及现状

秸秆打捆直燃技术是指将田间松散的秸秆经过收集打捆后运输至专用锅炉内直接燃烧的一种秸秆能源化利用技术。燃烧后产生的热量以热水或暖风的形式进行供暖。秸秆打捆后提高了能量密度，降低了收储运成本，减少了秸秆燃料二次加工及转运环节，实现了从田间到锅炉的无缝衔接，有效降低了供暖成本。

国内首家秸秆打捆直燃锅炉系统，于2013年从波兰引进并在河北省承德市平泉县示范应用，标志着秸秆打捆直燃技术开始走进大众视野。发展至今，该技术在黑龙江、辽宁、吉林、河北、山西

图 3-13 秸秆打捆直燃锅炉



等地区已得到一定程度地推广，且主要用于集中供暖。据黑龙江省农业农村部门统计，目前黑龙江省秸秆打捆直燃供暖达到 46 处，供暖户数将近 4 万户，供暖面积约 260 万 m^2 。

根据供暖规模及工艺特性，目前秸秆打捆直燃技术主要有两种，一是连续式打捆直燃技术，另一种是序批式打捆直燃技术，其技术原理如图 3-14 所示^[18]。

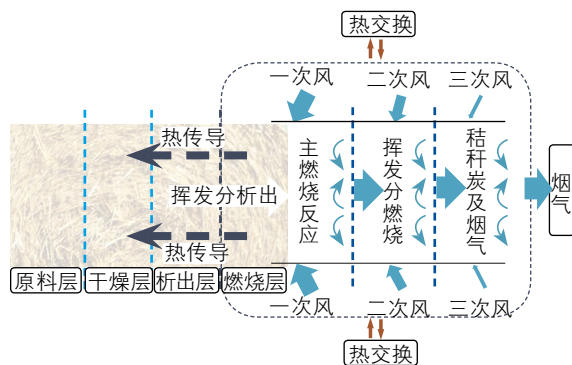
连续式打捆直燃技术通过控制原料进料量和配风量，将秸秆捆的燃烧分为燃料主燃烧、挥发分燃烧、秸秆炭及烟气燃烧等阶段，在秸秆捆的进料侧配备一次风发生主燃烧反应，产生的热量通过热传导方式由燃烧侧向未燃烧侧传递，实现秸秆捆的干燥脱水、挥发分析出以及热解燃烧等过程，燃烧完成后的灰炭与挥发分自动分离，在挥发分处配备二次风实现挥发分的燃烧，在灰炭层配备

三次风实现秸秆炭的完全燃烧，最终达到秸秆捆分级有序燃烧。

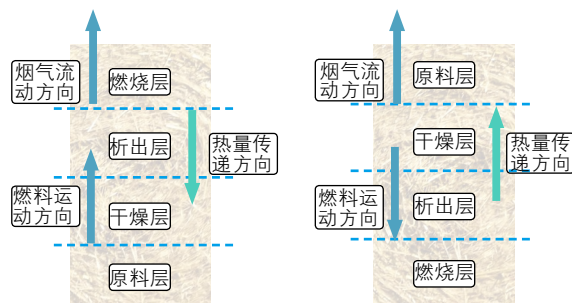
顺流式序批打捆直燃技术是指烟气流动方向与燃料供给方向相同的一种层燃技术，顺流式燃烧技术一般在秸秆捆的上方点火并配风，主要由热传导的方式将热量向下传递，使底部燃料逐步发生干燥、挥发分析出及热解等反应，形成由上而下的燃烧层、析出层、干燥层以及原料层，适合于较干燥的秸秆捆燃料。

逆流式序批打捆直燃技术是指烟气流动方向与燃料供给方向相反的一种层燃技术，也被称为倒置层燃技术。该技术一般在秸秆捆的下方或者侧下方点火并配风，热量主要由热对流和热传导的方式向上传导，使上部燃料逐步发生干燥、挥发分析出及热解等反应，形成由下而上的燃烧层、析出层、干燥层以及原料层，适合于含水率较多的燃料。

图 3-14 秸秆打捆直燃技术原理



(a) 连续式打捆直燃



(b) 顺流式、逆流式打捆直燃

污染排放性能分析

虽然有部分文献显示，秸秆打捆直燃集中供暖模式的污染物排放水平较低（见表 3.8），但是，打捆直燃锅炉受到原材料的影响较大，实际运行中仍然存在燃烧不充分、烟气污染物浓度较高等问题，阻碍了秸秆打捆直燃技术的发展和推广。由于秸秆打捆燃料灰分含量大、灰熔点较低，过高的炉膛温度会造成较为严重的颗粒物排放、锅炉结渣、结焦等问题，温度过低时炉内可燃气体燃烧不充分，造成较大的热损失。同时，秸秆捆的燃烧存在烟尘颗粒物、 NO_x 以及 CO 等排放较高问题。秸秆打捆直燃锅炉依然需要进一步的技术创新，采取有效的措施实现污染物的减排。

经济性分析

秸秆打捆直燃集中供暖模式运行费用低，打捆锅炉成本低，平均秸秆直燃锅炉造价 15 万元/吨，

表 3.8 不同地区各类秸秆打捆直燃集中供暖模式污染物排放

项目地点	供暖主体	供暖对象	锅炉型号	SO ₂ 排放浓度 (mg/m ³)	NO _x 排放浓度 (mg/m ³)	颗粒物浓度 (mg/m ³)
黑龙江省海伦市海北镇 ^[19]	第三方	村镇居民	20T	19	81	22.4
黑龙江省绥棱县绥棱镇 ^[20]	第三方	村镇居民	12T	7	125.4	27.9
辽宁省铁岭市铁岭县新台子镇 ^[21]	第三方	村镇居民	10T	7	197	48
黑龙江省肇东市五站镇东安村	村集体	村镇居民	4T	4	118	29

长期运行的经济效益十分明显。表 3.9 为列出了部分示范区域秸秆打捆直燃锅炉集中供暖情况，供暖成本 20 元 / m² 左右，秸秆打捆直燃供暖费相比燃煤供暖费用更低，是燃煤锅炉集中供暖费用的 47.6%~62%，平均为 55.3%。这不仅节省了居民生活支出，用户认可度和满意度很高。长期运行的经济效益十分明显。

以海伦市海北村为例，全村共有居民 1721 户，耕地 3.1 万亩，种植作物主要为玉米和大豆，年产各类秸秆量约 1.9 万 t，冬季供暖期 6 个月。该地清洁供暖改造采用秸秆打捆直燃技术，将锅炉房中采用 1 台 20 蒸吨直燃生物质锅炉，替代了原来的 10 吨老式燃煤锅炉。海北村秸秆供应由企业与

合作社合作共同负责秸秆原料收储，农户不需要承担秸秆收集离田所需人工及机械工作费用。供暖企业协调供暖管理运营，农户及相关供暖部门，采用供暖服务购买方式，保障企业经济效益。从而实现了“秸秆收储→秸秆进料直燃→小区供暖→灰渣排出→生物质灰基肥还田”整套生产工艺流程。其供暖模式如下图 3-15 所示。

海北村改造前户均供暖费 2700 元，年供暖成本 653.3 万元，秸秆综合利用率 17%。秸秆打捆直燃锅炉运行后，年运行成本同比降低 47.8%，节支金额共 312.5 万元。同时供暖面积由原来的 10 万平方米扩至 23.5 万平方米，清洁供暖惠及全村 83% 的人口。

表 3.9 不同地区各类秸秆打捆直燃集中供暖模式供暖成本

项目地点	供暖主体	供暖对象	锅炉型号	供暖面积 (万 m ²)	当地燃煤供暖成本 (元 / m ²)	秸秆锅炉供暖成本 (元 / m ²)
黑龙江省海伦市海北镇 ^[20]	第三方	村镇居民	20T	23.5	27.8	13.3
黑龙江省绥棱县绥棱镇	第三方	村镇居民	12T	6	38.8	20.7
吉林省农安县伏龙泉镇	第三方	村镇居民	6T	4.2	28.2	18.0
辽宁省铁岭市铁岭县新台子镇	第三方	村镇居民	10T	7.3	21.5	15.0
辽宁省朝阳市朝阳县贾家店农场 ^[22]	合作社	政府办公楼	RM03-2	0.4	42.5	24.6
黑龙江省肇东市五站镇东安村 ^[23]	村集体	村镇居民	4T	1.6	26.8	15.3
河北省衡水市景县	农场	居民小区	4T	3.1	25.3	14.4

技术适宜性及推广建议

技术适宜性分析

优点：

(1) 能够在用户侧直接消纳大量的秸秆，在缓解秸秆焚烧压力、有效替代煤炭等方面展现出积极的作用，而且秸秆燃烧后的灰炆又可作为肥料还田，减少化肥投入。

(2) 相较于燃煤锅炉，秸秆打捆直燃锅炉在 SO₂ 和温室气体方面减排明显。

(3) 相比于其他生物质供暖方式，生物质秸秆打捆供暖减少了成型燃料加工运行费用，经济效益显著。

缺点：

(1) 每年秸秆的收获时期固定且短暂，容易受到冬季不利气候条件的影响，收储运模式是秸秆打捆直燃供暖的重点建设内容。

(2) 由于受到原材料的影响较大，实际运行中仍然存在燃烧不充分、NO_x 和颗粒物等污染物排放高等问题，可能会阻碍秸秆打捆直燃技术的推广。

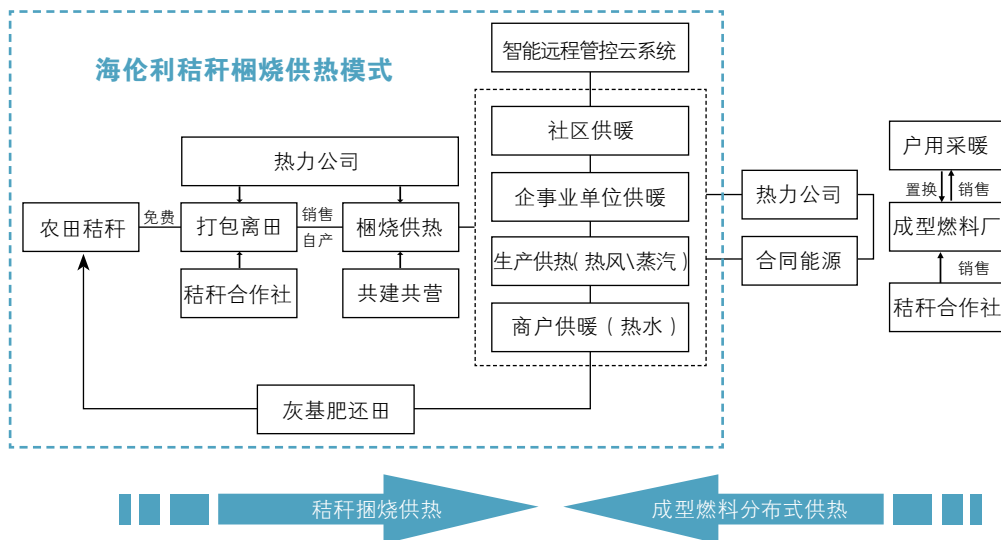
(3) 秸秆打捆直燃锅炉体积庞大，秸秆燃料的储存需要额外的场地，因此秸秆打捆直燃项目需要较大占地面积。

适用范围：秸秆打捆直燃技术工艺简单，成本相对较低，可用于集中供暖，如农村社区、乡镇政府、村镇学校、村镇医院、家庭农场、农民合作社等，适合在秸秆丰富、具备规模化收储运条件的区域推广，具有较好的技术经济性和应用前景。

推广及发展建议：

秸秆打捆直燃技术近几年已经作为一项重要的秸秆能源化技术，在黑龙江、辽宁、吉林、河北、山西等地区已得到一定程度地推广。在 2021 年入选了农业农村部农业主推技术。2022 年 6 月，国家农业部、国家发展改革委联合印发的《农业农村减排固碳实施方案》中也提出了推广秸秆打捆直燃技术。

图 3-15 海伦市秸秆打捆直燃供暖模式



秸秆打捆直燃技术作为我国新提出的一项生物质能清洁供暖技术模式，最近几年才发展起来，在某些关键技术研发上还存在不足。要在我国发展秸秆打捆直燃集中供暖项目，更多是需要会同德国、丹麦等该技术先进的国家和地区进行合作研发，学习引进他国先进技术，尽可能地提高锅炉的燃烧效率，减少灰渣和 NO_x、颗粒物等污染物排放。

3.3 保障体系与措施

3.3.1 政策体系

进入 21 世纪，生物质能日益成为国家能源发展战略的关注点，并应用在清洁供暖改造中。国家加大了对生物质综合利用重视的程度，各部委从产业、环保、补贴等角度出台一系列关于生物质利用等方面的法律、法规和激励政策等，构建生物质清洁供暖政策体系。

政策现状：产业、环保与补贴

产业政策

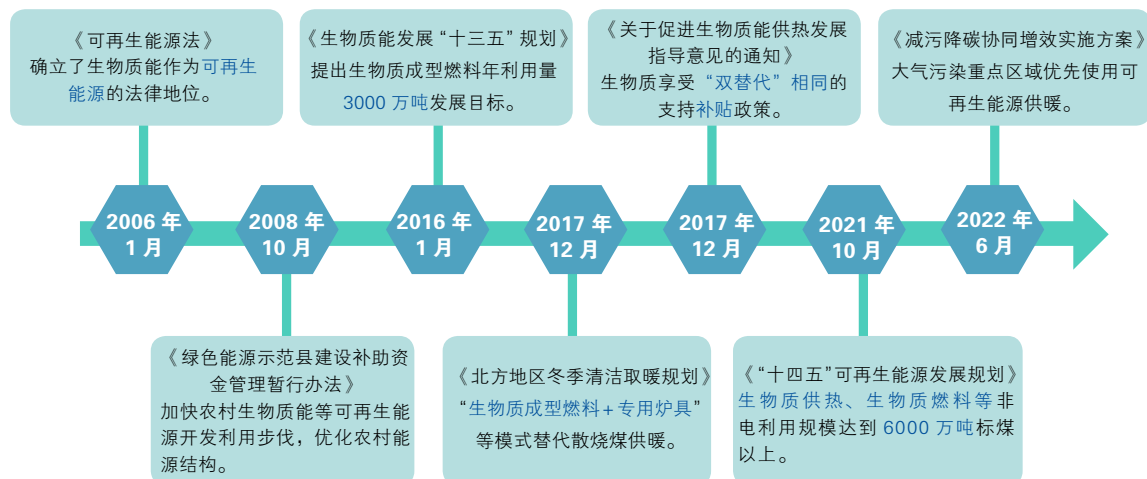
近十几年来，生物质能产业政策扶持力度不断加大，发改委、能源局等部委密集出台一系列推动

生物质能产业发展的政策，引领产业规划，指导生物质行业合理有序发展，自 2006 年以来可分为三个阶段（如图 3-16）。第一阶段为 2006 年至 2016 年，以《中华人民共和国可再生能源法》的颁布作为标志。出台《可再生能源产业发展指导目录》、《可再生能源发电有关管理规定》等系列政策鼓励发展生物质发电。到 2016 年我国生物质能发电行业已形成一定规模，但在供暖等非电力领域才刚刚起步。

第二阶段为 2016 年至 2021 年，以十部委联合发布的《北方地区冬季清洁供暖规划（2017-2021 年）》作为标志。“十三五”期间，国家能源局、农业农村部等部门还相继出台了《生物质能发展“十三五”规划》、《促进生物质能供暖发展指导意见的通知》、《关于开展“百个城镇”生物质热电联产县域清洁供暖示范项目建设的通知》、《关于因地制宜做好可再生能源供暖工作的通知》等支持政策。特别是在《促进生物质能供暖发展指导意见的通知》中明确了在同等条件下生物质能供暖在锅炉置换、终端供暖补贴、供暖管网补贴等方面享受与“煤改气”、“煤改电”相同的支持政策。

第三阶段为 2021 年至今，生物质能作为可再生能源，在“双碳”背景下被赋予新的时代意义。国

图 3-16 中国生物质清洁供暖产业政策演变



务院等九部门联合印发的《“十四五”可再生能源发展规划》中，除对可再生能源发电进行规划外，明确提出推进生物质多元化利用，积极发展生物质能清洁供暖，目标到 2025 年，生物质供暖、生物质燃料、地热能供暖等非电利用规模达到 6000 万吨标准煤以上。此外，《“十四五”生物经济发展规划》、《“十四五”现代能源体系规划》、《农业农村减排固碳实施方案》等一系列等政策文件鼓励、支持发展生物质清洁供暖替代燃煤，优化农村地区能源结构，实现农业农村领域碳达峰、碳中和，助力我国“双碳”目标的实现。

从国家主管部门发布政策来看，我国生物质能供暖产业发展趋势是非常明确：一是促进生物质热电联产的发展；二是加快发展生物质成型燃料锅炉供暖；三是在非大气污染重点防治地区的农村利用“生物质成型燃料+专用炉具”等模式在终端替代燃烧散煤供暖。

环保政策

在此期间，生物质燃料是否属于清洁燃料的争论一直存在，社会各界尚未形成共识。2001 年，为实施《大气污染防治法》，改善城市大气环境质量，环保部制定了《关于划分高污染燃料的规定》，

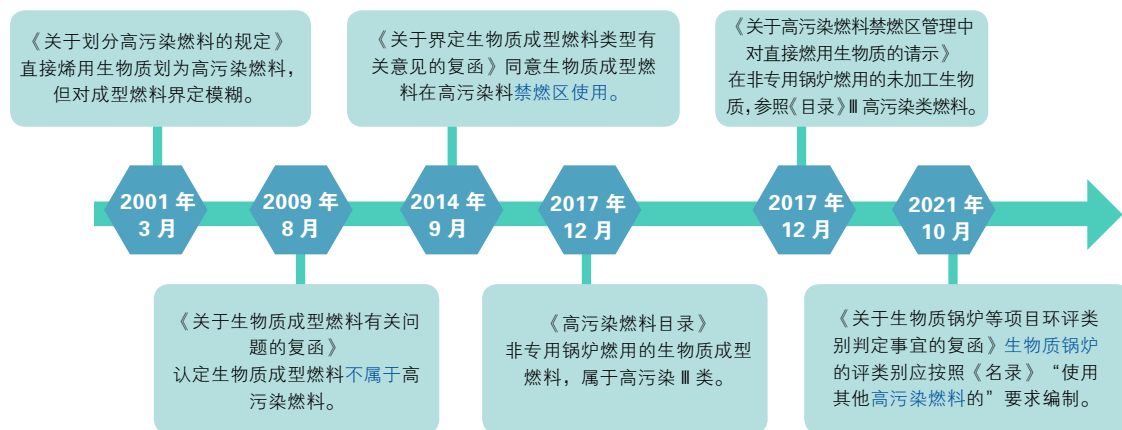
《规定》中将未加工直接用于燃烧的生物质燃料划分为高污染燃料，而生物质成型燃料界定模糊。直到 2009 年，环保部首次在对广东省环保厅《关于生物质成型燃料有关问题的复函》，认定生物质成型燃料不属于高污染燃料，而是提出在推广应用工作中，应当加强对生物质成型燃料生产和使用的监督管理，并在 2017 年发布的《高污染燃料目录》中，再次明确指出，生物质成型燃料是可再生能源，不是高污染燃料，对于符合燃用规范的生物质锅炉，可在高污染燃料禁燃区内使用，从环保角度鼓励生物质能开发利用。

尽管生态环境部在《高污染燃料目录》里面规范了对生物质成型燃料的燃用方式，即用专用锅炉配置高效除尘设施就不属于高污染燃料。但一些地方的主管领导对政策理解不同，未认识到发展生物质能的重要性，仍担忧生物质清洁取暖政策措施不稳定和不持续，秉持着“不支持、不反对、不明确”态度，甚至有部分地区把生物质燃料当作仅次于散煤的高污染燃料，采取限制发展政策。

补贴政策

政府也在各时期出台了相关财政补助政策，以财政拨款、税收返还等形式持续对产业链上下游提

图 3-17 中国生物质能环保政策演变



供补贴。财政补贴内容涉及原料收储运、燃料加工生产及终端用户等产业链各环节，包括在秸秆利用重点和难点地区，支持开展了秸秆综合利用试点，统筹利用农作物秸秆等城乡农林废弃物资源。

存在问题：强制性法规保障缺乏，政策体系未形成合力

随着越来越多的政策对生物质供暖发展给予倾斜，如何在此基础上更好地发挥生物质能绿色、低碳的特性，推动生物质供暖产业发展仍面临诸多挑战。

(1) 缺乏强制性法律法规的制度保障。尽管我国在发展生物质供暖产业方面已经实施了许多积极有效的政策措施，但从产业发展来看，目前尚缺乏推动生物质供暖的强制性条例。

(2) 生物质能管理职能、核心目标非常分散。相较于风电、光伏等可再生能源，生物质供暖涉及能源、环保、城建、国土、农业等跨部门、跨领域、多目标的问题，即便对于有条件的地区形成优先利用生物质的共识也十分困难，在一定程度上影响了产业的发展。

(3) 生物质清洁供暖未被地方政府作为优先方案。尽管“十三五”期间国家相关部委在产业政策已经强调了在有条件的地区加强生物质的利用，但是在实际推广中，地方政府仍以“双替代”为主要替代路径，依然对推广生物质清洁供暖存在顾虑。

(4) 财政激励政策有待进一步完善。除农机补贴等政策，大部分政策补贴资金额度低，仅支持重点地区和重点环节。即便在重点地区也是难以全覆盖，主要支持少数县开展试点示范。税收返回

表 3.10 中国生物质供暖产业主要财税补贴政策

类别	年份	发文部门	文件名称	补贴内容	补贴对象
财政拨款	2008	财政部	秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法（已暂停）	为从事秸秆成型燃料等秸秆能源化生产企业提供补助资金支持。	燃料生产企业
财政拨款	2013	财政部、生态环境部	大气污染防治资金管理暂行办法	对生物质锅炉取暖或生物质成型燃料+专用炉具取暖用户提供补贴。	终端用户
税收返还	2015	财政部、国家税务总局	资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录	生产生物质压块、沼气等燃料，在电力、热力领域	资源综合利用企业
财政拨款	2016	原农业部、财政部	关于开展农作物秸秆综合利用试点促进耕地质量提升工作的通知	秸秆综合利用试点	各试点省份
财政拨款	2021	发改委	污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法	秸秆综合利用及收储运体系建设项目	秸秆利用项目
财政拨款	2022	财政部、住房城乡建设部、生态环境部、国家能源局	关于组织申报 2022 年北方地区冬季清洁取暖项目的通知	冬季清洁取暖项目	清洁取暖改造城市

图 3-18 生物质能政策、管理机构与核心目标

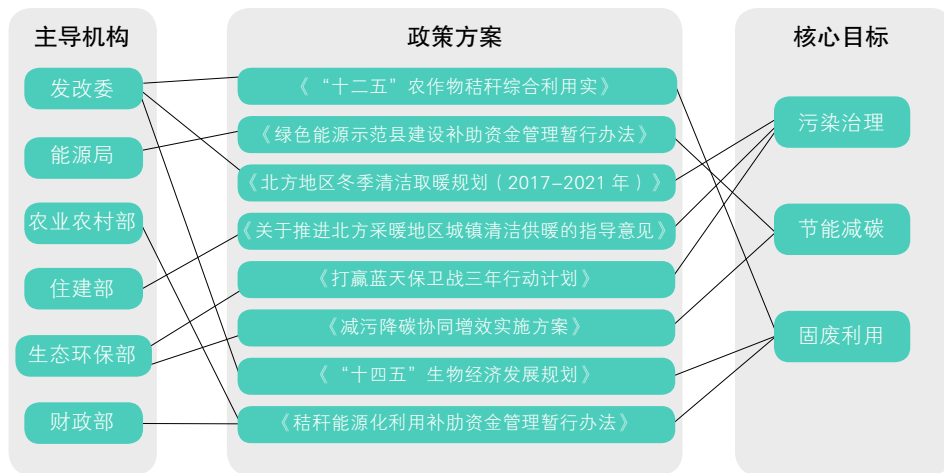
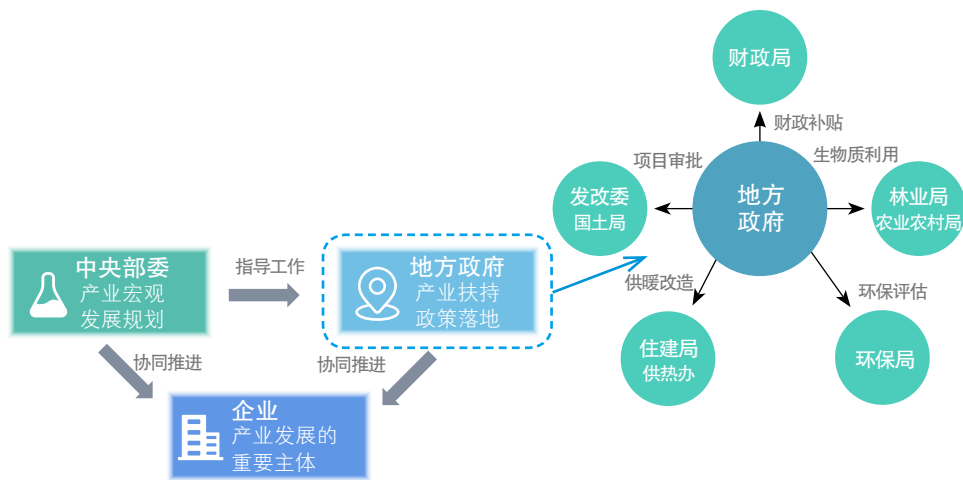


图 3-19 生物质供暖推广地方机构协调机制



政策的门槛较高，而生物质成型燃料或炉具企业大部分为小微企业，难以享受到政策红利。

部门意见不一、政策规划无法落地等情况，影响行业发展。

建议措施：协同推进减污降碳和乡村振兴的目标

针对以上问题，为推进生物质清洁供暖产业发展，项目组提出以下建议。

(2) 出台强制性生物质能清洁利用条例。建议由农业农村部牵头，对现有行业相关法规、标准进行整理，制定具有强制性的生物质能清洁利用条例，为各地方政府在具体推行生物质能清洁供暖改造时提供依据。

(1) 明确政府各级部门职能定位。在生物质产业发展中应明确政府各级部门职能定位，确定职责分工与牵头部门，避免出现政策制定部门与监督

(3) 提高地方政府对产业发展的认识。建议有关部门加强对生物质能经济效益、生态效益的宣传，

加强政策宣贯，提高地方政府对生物质能重要性的认识，破除地方政策和市场壁垒，发挥地方政府引导与管理职能，在资源丰富、有条件发展的地区鼓励地方政府创新机制，结合本地情况培育生物质产业试点，推广生物质清洁取暖。

(4) 构建良性循环的财政政策。地方政府应承担起环境治理责任，建立普惠制的废物处理补偿机制，加快构建“生态环境保护者受益、使用者付费、损害者赔偿”的导向机制，创新生物质能产业政策支持方式，扩大政策收益面，争取农户对政策的支持。另一方面，在“双碳”背景下，政府也应逐步研究增加碳税税种，对燃煤、石油等化石燃料，按其碳含量的比例征税，利用碳税支持零碳能源产业发展，形成地方财政经济良性循环，摆脱对中央财政专项补贴的依赖，保证生物质供暖行业良性、可持续发展。

(5) 将生物质产业发展融入乡村振兴战略。生物质产业链涵盖农业种植、加工、装备制造、能源服务等多个行业，在资源丰富地区，发展生物质产业，可以带动农业种植、秸秆收储运等产业发展，为农村地区创造大量岗位。发展生物质产业在解决农村地区劳动力就业问题、提高农民收入的同时，还可将农村地区资源有效利用，获得清洁低碳的生物质电力、热力，促进农村地区能源结构优化，解决农村居民清洁供暖问题，趋动乡村振兴。

3.3.2 综合效益评估体系

健全的标准体系是生物质供暖产业发展的技术支撑，为各地政府推进生物质供暖产业发展提供依据，是生物质供暖行业健康发展的重要保证。因此在生态环境部、国家能源局等部门的推动下，我国正在逐步构建生物质清洁供暖标准体系，包括生物质锅炉、秸秆打捆直燃锅炉和生物质炉具的排放、评价标准。

评估现状：标准、监管与效益评估体系

生物质炉具分散供暖

对于生物质炉具，国家能源局根据不同生物质炉具的类型与特点，制定了一系列生物质炉具测试标准（见附表4），根据炉具功能及适用范围，对各种炉具的污染物排放限值及测试流程做出规范和完善。特别是近年修订的标准（NB/T 34006-2020、NB/T 34010-2021）中，对过去标准中排放限值过于严格、氧浓度不合理等问题进行了修订，同时进一步制定了生物质炉具分级评价指标。相比于欧盟生物质炉具排放指标（表3.12），修订后的国内污染物排放限值要求与欧盟接近，但依然相对严格。

此外，为了准确评估我国北方农村利用“生物质成型燃料+专用炉具”等替代散煤的综合效益，

表 3.12 国内外生物质炉具排放限值对比

数据来源	炉具类型	分级	氧含量	热效率 %	CO	SO ₂ mg/m ³	NO _x mg/m ³	颗粒物 mg/m ³
NB/T 34006-2020 NB/T 34010-2021	生物质供暖炉	一级	13%	> 75	< 0.1%	< 20	< 150	30 <
		二级		65-75	0.1-0.2%	20-30	150-250	30-50
		三级		65 <	> 0.2%	> 30	> 250	> 50
EU. 2015/1189	木质颗粒炉	自动 进料	13%	75(> 20KW)	500 mg/m ³	--	200	40
		手工 加料		77(≤ 20 KW)	700 mg/m ³	--		60

我国还制定了行业标准《清洁供暖炉具现场测试及评价方法》，首次对清洁供暖炉具现场测试和综合评法方法进行了规范，完善了生物质燃料供暖综合效益评估体系，为生物质清洁供暖项目推广后综合效益的评估提供技术依据。

生物质锅炉集中供暖

我国尚未制定生物质锅炉排放的国家标准，主要参考《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）中对燃煤锅炉的要求，而地方政府根据各地大气污染情况也制定了地方生物质锅炉排放标准，对生物质锅炉的污染物排放指标提出要求（表 3.11）。从各地方已出台的标准可以看出，除部分在用锅炉的限值外，生物质锅炉污染物排放限值大多都已达到《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）中燃气锅炉排放水平，甚至更为严格。十部委印发的《北方地区冬季清洁供暖规划（2017-2021）》中，要求城区内生物质锅炉的污染物排放浓度达到燃气锅炉排放标准；在国家发改委、国家能源局联合发布关于《促进生物质能供热发展的指导意见》中，更是直接指出，生物质锅炉污染物排放应满足国家或地方大气污染物排放标准，达到燃气锅炉排放水平。

秸秆打捆直燃锅炉

秸秆打捆直燃锅炉，仅有辽宁省出台《村镇打捆秸秆直燃集中供暖技术规程》（DB21/T 3482-2021）要求颗粒物、SO₂、NO_x 排放浓度不得高于 30 mg/m³、200 mg/m³、300mg/m³。各地区推广使用秸秆打捆直燃锅炉过程中，多数仍执行生物质锅炉的排放标准。

存在问题：标准体系有待完善，监管与效益评估缺失

近年来，中国生物质清洁供暖标准体系不断完善，初步形成了以国家标准、行业标准、地方标准组成标准体系，为生物质清洁供暖产业发展提供技术支撑，但其中仍存在问题。

（1）生物质燃烧设备缺乏相应的强制性国家标准。在现行标准中，生物质集中供暖锅炉污染排放限值参照燃煤锅炉国家标准或地方标准。部分生物质炉具标准亟需修改，存在排放限值过低、基准氧含量不合理等问题。更关键的是，生物质燃料与生物质燃烧设备标准相互独立，缺乏一体化的标准体系。

图 3-20 生物质供暖的标准体系、监管体系与综合效益评估

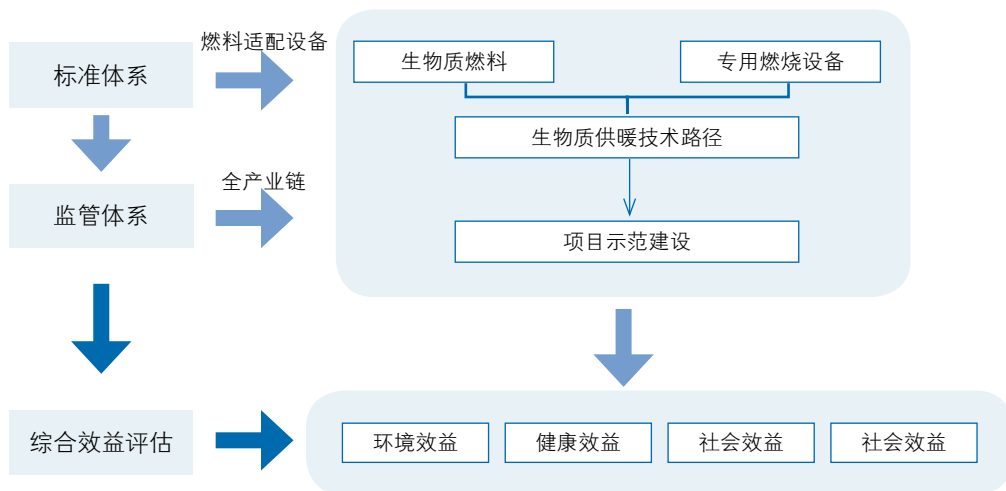


表 3.11 我国适用于生物质锅炉的相关排放标准与排放限值汇总

标准名称	性质	区域	PM	SO ₂	NO _x	CO	烟气黑度	汞及其化合物	实施日期
GB13271-2014 《锅炉大气污染物排放标准》	--	排放限值	50	300	300	--	≤ 1	0.05	--
		特排限值	30	200	200				
上海 DB31/387-2018 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	20	20	150	100	≤ 1	--	2020年10月1日
	新建	--							2018年6月7日
广东 DB44/765-2019 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	20	50	200	200	≤ 1	--	2020年6月30日止
	新建	--	20	35	150				2020年7月1日
天津 DB12/765-2018 《生物质成型燃料锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	20	30	150	200	≤ 1	0.05	2018年11月1日
	新建	--							2018年2月1日
杭州 DB33001/T0250-2018 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	20	50	150	--	--	--	2022年6月30日止
	新建	--	10	20	50	--	--	--	2018年12月10日
山东 DB37/2374-2018 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	20	200	300	--	≤ 1	0.05	2019年12月31日止
	新建	核心控制区	5	35	50	--	≤ 1	0.05	2020年1月1日
		重点控制区	10	50	100				
一般控制区	20	100	200						
河北 DB13/5161-2020 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	--	10	35	80	200	≤ 1	0.05	2020年11月1日
	新建	--							2019年11月1日
陕西 DB61/1226-2018 《锅炉大气污染物排放标准》	在用	城市建成区	10	20	50	--	--	--	2019年1月29日
	新建	其他城区	20	35	150	--	--	--	2020年4月1日
吉林生物质成型燃料锅炉大气污染物排放标准 (征求意见稿)	在用	城市建成区	20	50	200	--	≤ 1	--	2022年05月01日
	新建	其他城区	50	100	250				标准实施之日

(2) 监管体系的相关检测认证长期缺失。生物质清洁供暖产业链缺乏完善的检测认证体系，可能是造成环保部门以及其他相关部门在监管过程中限制产业发展的主要原因。

(3) 生物质综合效益评估体系缺乏。我们目前仅针对生物质分散式供暖项目制定了综合效益评价方法《清洁供暖炉具现场测试及评价方法》(NBT 10771-2021)，目前还没有得到广泛的应用。综合效益评价的缺乏，往往会导致政策制定者缺乏科学的决策依据。

建议措施：构建全产业链的监管与评估体系

为了促进生物质供暖行业的有序发展，针对目前效益评估体系中存在的问题并结合行业发展需求，项目组提出以下建议：

(1) 国家标准化委员会应尽快组织相关单位，出台生物质供暖设备国家标准。根据设备类型制定合理的污染物排放限值，将生物质燃料与燃烧设备统筹考虑，推动生物质供暖的规范化发展。

(2) 明确生物质清洁供暖全生命周期的监管认证体系，保障生物质供暖产业稳定、健康发展。

(3) 建设统一的生物质供暖项目综合效益评价规范，对投资前期项目的经济效益、环境减排与健康效益等进行规范性的评估，为项目规划与可行性评价提供科学依据。

3.3.3 售后服务体系

售后现状：分散供暖设备是售后服务的“重灾区”

自 2016 年来，北方农村地区开始了持续性的清洁供暖改造工程，巨大的清洁供暖设备保有量和后续服务需求，催生了清洁供暖设备售后服务市场。

目前农村地区生物质清洁供暖模式可分为集中式锅炉区域供暖和分散式户用炉具供暖，其中区域供暖以生物质成型燃料锅炉和秸秆打捆直燃锅炉集中供暖为主，规模较大，且多有专人负责锅炉运行，售后压力较小；而户用生物质炉具的用户分布在广大农村地区，相比集中式供暖，分散式供暖设备是售后服务的“重灾区”。

取暖设备坏了无人维修或维修不及时、取暖温度不够等问题困扰着用户，使得用户对清洁取暖设备体验感极差，影响了后续居民参与清洁供暖改造的积极性，给清洁供暖改造工程的持续运行带来了极大压力。甚至出现部分已改造居民对改造工作产生怨气，认为清洁供暖设备华而不实，复用散煤供暖，导致清洁供暖改造工作成效大打折扣。

存在问题：产品质量把控不严，运维成本居高不下

生物质清洁供暖项目的有效运行、可持续发展，不仅仅是把生物质清洁供暖设备分发给居民，而是需要长期的投入和关注，保证用户对新的供暖设备使用满意，从内心认可生物质清洁供暖项目的便利。因此，机制完善、运行良好的售后服务体系至关重要。

相比于城镇，农村地区交通不便且居民居住极为分散，即便厂商在清洁供暖改造地区安排专人设立售后服务站点，也是杯水车薪，无法及时解决设备故障问题。部分区域在清洁供暖改造初期项目建设管理不健全，地方政府又追求尽可能低成本推进改造工作，对产品质量把控不严，导致低质量产品广泛使用，给清洁供暖改造工程的持续运行带来了极大压力。

建议措施：源头把控质量，降低运维成本

清洁供暖的长效运行和可持续发展，需要政府主管部门、设备厂商的共同努力，在控制成本的前

提下打造完善的售后服务体系，解决用户后顾之忧，保障项目的平稳运行。为此，项目组对过去农村清洁供暖项目运维中遇到的一些问题，提出以下建议。

(1) 推进质量提升，打造行业品牌效应。自农村地区清洁供暖改造实施以来，农村地区对生物质供暖设备需求量激增，生物质供暖行业在迅速发展的同时，也出现了一些浑水摸鱼的设备厂家。目前我国生物质供暖设备产业还在快速发展阶段，各厂商百花齐放，尚未形成像格力、美的等产业标杆品牌，再加上目前市面上各企业炉具产品功能同质化严重，因此政府部门在对生物质清洁供暖炉具进行招标工作时，各厂家为中标，价格战竞争激烈。该情况下，厂家为控制成本，难以保证产品质量过硬，这些炉具在三年保修期内尚可正常使用，但难以保证其长期正常运行。

因此建议在政府部门采购生物质供暖炉具时，在追求降低改造成本的同时，应加强产品质量监督，对中标生产企业建立产品质量档案，促进生物质供暖行业健康发展，将故障问题消灭在萌芽状态中。

(2) 限制区域内厂商数量，降低售后体系运营成本。在长期使用过程中，生物质供暖炉具即便质量过硬，也难免出现故障。由于农村地区居民居住分散，且同一推广区域内中标的供暖设备供应商也非一家，在当地用户未达到一定数量前，生产企业设立售后网点并不现实，即便强行设立，亏损运营也无法长久。因此在进行招标选择设备供应商时，在同一推广区域内应限制设备供应商数量，提升区域内品牌产品用户密度，形成规模效应。尽管这样可能会导致招标采购价格上涨，改造成本上升，但之后无论是厂家经销商自行成立售后服务站或售后服务公司，或是委托当地社会维修力量，即利用农村本土具有一定技术基础的维修人员设立农村地区服

务网点，都可以在控制厂家售后维修体系运营成本的情况下，解决售后服务维修问题，保证生物质清洁供暖改造项目长久运行。

(3) 建立智能化综合服务平台。在部分地区，由于政府管理机构与厂商沟通不及时，常出现报修消息传递不及时的情况，厂商、政府管理部门间相互推卸责任，不仅造成本就紧张的维修资源浪费，增加售后体系运营成本，而且居民对售后维修服务的体验感极差，直接影响了用户对清洁供暖改造工程的总体评价。而使用智能化综合管理平台对售后体系进行管理后，通过信息手段，使管理方式与互联网技术结合，通过网络可以实行线上报修故障、线上快速接收和反馈处理结果，并对维修人员的工作完成情况进行确认，既缩短了统计工作量，还降低了人员成本。

而且智能化综合管理平台的建立，除可快速解决报修问题外，还可用于接受各方对售后服务的投诉、建议，实现“政府监管下的市场化”，由政府部门督促企业制定更有效的售后维修服务策略，提高售后服务管理水平，提升居民对供暖改造满意度。

(4) 注重各方反馈，持续改进。各种平台工具的使用，并不能一劳永逸的解决问题，项目的长期稳定运行，需从项目立项开始贯彻始终。政府、厂商、用户三方需良性互动，相互协商。可定期组织用户、企业和政府三方座谈会交流，与用户面对面交流，询问清洁供暖项目中还存在哪些问题，需在哪些方面做出改进。厂商有能力解决的问题，当场进行回复，并登记备案，改进服务，做到对项目各个环节不断的改进和完善，建立“沟通 - 反馈 - 执行 - 检查”流程规范和监督机制，形成制度保障，使得项目建设 - 运维水平得到持续提升。此外，座谈会进行时，应尽量打通产业链上下游，并邀请邀请行业专家顾问参加，共同探讨后续改进的方法。

4 生物质清洁供暖综合效益评估

一般来说，生物在生长过程中所需的碳均来源于大气中的 CO₂，因此随着未来生物碳捕集和碳封存技术的不断发展，生物质能源利用会趋于碳中和或负碳排放趋势。相比于传统的化石能源，生物质燃料作为全球公认的碳中和燃料，在用户侧替代煤可以同时减少大气污染物排放，具有显著的正向环境效益。因此，这部分将评估在全国范围内生物质成型燃料替代燃煤的碳减排和环境效益。

以 2017 年《关于促进生物质供热发展的指导意见》（简称《指导意见》）中提出的 2035 年生物质成型燃料消费总量（5000 万 t）作为参考依据，设定未来生物质燃料的年增长率，考虑国家能源发展规划及全球碳中和大背景下可再生能源在一次能源中的占比逐步提升，设定 2020-

2030 年、2030-2040 年、2040-2050、2050-2060 年平均年增长率，分别为 10%、5%、3%、1%。

4.1 碳减排效益

生物质燃烧 CO₂ 减排量计算公式如下所示：

$$E = 2.493 \times \sum_{i=1}^l A_i F_i$$

式中：A_i 为第 i 种燃料燃烧数量，kg；F_i 为第 i 种燃料折合标煤系数，kgce/kg；i 为燃料类型；l 为燃料类型数量。

依据中国节能产业网提供的《碳排放量的计算方法及与电的换算公式》可知，节约 1t 标准煤，

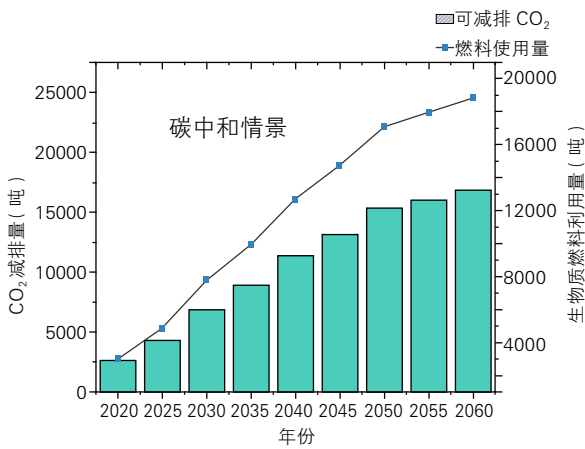
表 4.1 生物质燃料种类占比及其标煤折算系数

燃料种类	占比	标煤折算系数
农业废弃物（秸秆类）	70%	0.3kgce/kg
林业废弃物（木质类）	30%	0.5kgce/kg

可减排 CO₂ 2.493t。根据《中国清洁供热产业发展报告 2021》，本研究的农业废弃物（秸秆类）和林业废弃物（木质类）燃料种类的占比分别为 70% 和 30%，其标煤折算系数如表 4.1 所示，分别为 0.3 kg/kg 和 0.5kg/kg。

根据上述情景计算得到的生物质燃料利用量和 CO₂ 减排量如图 4-1，从图 4-1 可以看出：2060 年的 CO₂ 减排量约为 1.7 亿 t，是 2020 年的 6 倍，生物质燃料利用量约为 1.9 亿 t。结果

图 4-1 生物质燃料利用量和 CO₂ 减排量预测



表明，大力发展生物质燃料对于 CO₂ 减排和碳中和的实现将具有重大贡献。

4.2 环境效益

生物质成型燃料污染物减排量，其计算公式如下：

$$E_j = R \times \beta_j - R^* \times \beta^*_j$$

其中， E_j 代表 j 种污染物的排放量，R 代表生物质成型燃料的使用量， β_j 代表生物质成型燃料 j 种污染物的排放因子^[23]，其中 SO₂ 为 0.40g/kg，NO_x 为 1.07g/kg，颗粒物为 1.24g/Kg； R^* 代表生物质燃料折合原煤的使用量， β^*_j 代表原煤 j 种污染物的排放因子^[24]，其中 SO₂ 为 6.8g/kg，NO_x 为 1.60g/kg，颗粒物为 1.90g/kg。

生物质成型燃料的平均低位发热量为 15.41 MJ/kg，而《煤质及煤分析有关术语》(GB/T3715 - 2007) 定义标准煤的低位发热量为 29.27 MJ/kgce。通过低位发热量相比，1kg 生物质成型燃料相当于 0.5265kgce；原煤平均低位发热量为 20.908 MJ/kg，折标准煤系数为 0.7143kgce/kg^[25]。

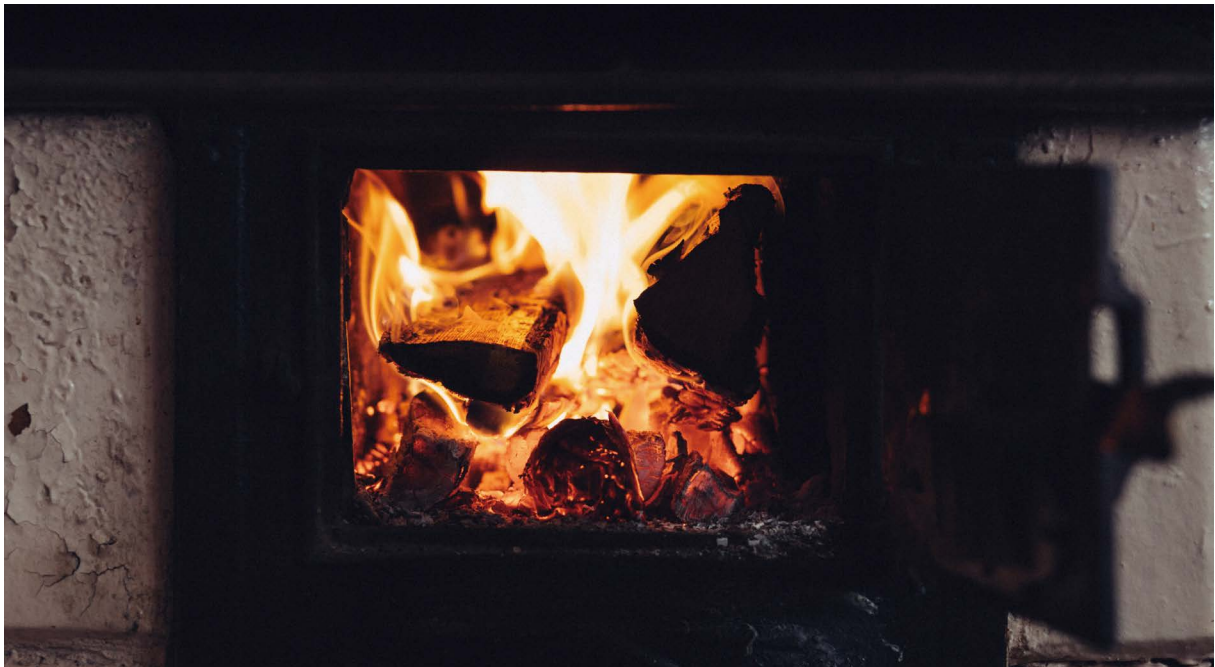
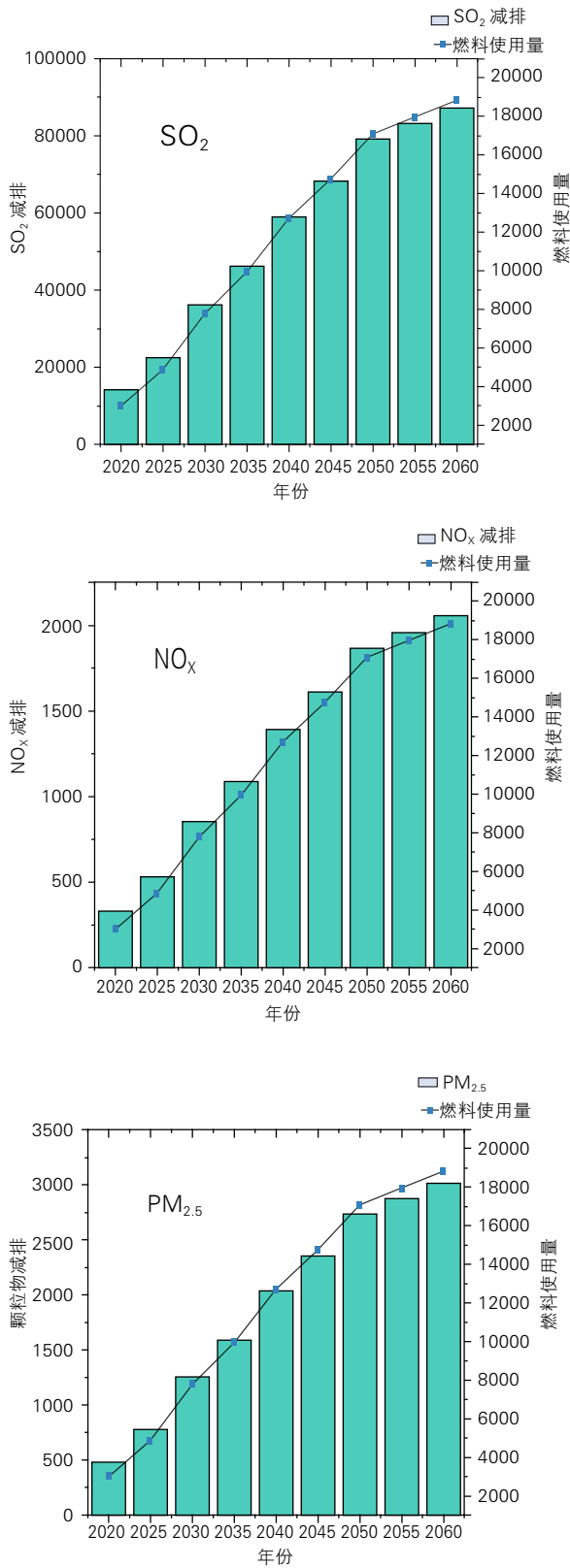


图 4-2 碳中和场景下污染物减排量



如图 4-2，到 2035 年生物质成型燃料使用量为 9900 万 t，折合标煤 5228.69 万 t，SO₂、NO_x、PM_{2.5} 分别可减排 46023.33 t、619.39 t、909.02 t；2060 年生物质成型燃料使用量将达到 1.88 亿 t，折合标煤 9906.62 万 t，是 2035 年的 1.9 倍，SO₂、NO_x、PM_{2.5} 分别可减排 87198.8 t、879.15 t、1285.93 t。这展现出生物质成型燃料在污染物减排方面的巨大潜力。

5 结论与建议

我国生物质清洁供暖的发展仍处于初级阶段，存在众多问题需要进一步解决。本报告系统识别了生物质清洁供暖的现状和关键问题，总结如下。

5.1 结论

5.1.1 生物质成型燃料的供应体系

在生物质原料的收储运模式中，集中型收储运成为主流，但依然没有形成市场竞争力与有效激励。生物质供暖企业为了保障原料来源，并减少中间商的费用，采用的收储运模式由过去的以经纪人为主体的分散型模式逐步转向了以外包的或企业自营的专业收储运公司为依托的集中型模式，分散型模式中经纪人对原料进行晾晒、储存、保管等简单预处理也转为了集中模式中专业公司负责收集、晾晒、储存和运输等环节的整体服务，从而确保了原料长期稳定、保质保量的供应。

虽然我国的收储运体系建设已经取得了一定的进展，国家也出台了一系列政策鼓励开展收储运体系建设，但农村专业化的收储运体系建设还严重

滞后。其主要原因在于我国生物质原材料收集困难、成本高，且现行推广的生物质清洁供暖技术附加值低，参与收储运的利益相关方利润少，缺乏市场竞争力与有效激励。

生物质成型燃料在取暖季供不应求，且质量参差不齐。在地方政府推广的生物质成型燃料供暖项目中，保障燃料的供应是核心问题。各地由于前期缺乏对当地燃料资源现状以及供需平衡的评估，导致项目开展过程中，经常出现燃料产量不足的问题。而且生物质成型燃料生产存在淡季和旺季，由于补贴资金、燃料储存等问题，使得燃料企业通常无法在淡季提前充分的生产备货。进入供暖季后，燃料的需求陡然增大，从而导致供不应求的现象。同时还存在燃料的质量参差不齐的问题。基于项目组从农户家收集的 26 个燃料样本测试结果来看，超过一半的燃料未能满足国家行业标准《生物质固体成型燃料质量分级》（NY/T 2909-2016）中规定的生物质颗粒燃料的质量要求。

生物质成型燃料加工技术日趋成熟，但企业多未实现清洁生产。中国的生物质固体成型燃料加工

技术试验开始于 20 世纪 70 年代末，经过几十年的改进和完善，技术已经日趋成熟。目前国内的生产加工技术主要为环模挤压成型技术，市场上 80% 以上都是立式环模颗粒机，具有原料适应性广、产能与产量大、生产成本低的优点。但生物质原料在堆垛、切片和粉碎等生产过程中会产生粉尘与噪音污染，国内仅极少的成型燃料企业实现了清洁生产。多数企业尚未实施如在包装各环节采用负压除尘，在密闭空间转运原料等措施，从而对周边环境及居民带来粉尘及噪音污染，影响居民的身体健康和日常生活。

生物质燃料标准体系基本健全，质量分级认证和监管体系有待完善。自 2008 年起，我国充分吸取和借鉴 ISO 和欧盟标准，结合自身国情逐步建立了相对健全的生物质固体燃料标准体系，主要包括术语、规格和等级、采样制样、试验方法、安全储运等内容。同时，结合国内生物质废弃物的实际情况，我国分别制定了木质颗粒燃料、非木质颗粒燃料、木质块棒状燃料和非木质块棒状燃料的分级要求，每种燃料分三级，指标等级要求参考了德国工业标准认证体系（DIN EN 14961）。

但是现有的质量分级体系缺乏针对终端应用环节的规定，没有区分住宅、商业和工业应用等不同应用场合的质量要求。其次，燃料质量认证体系仍然缺失，标准的执行和监督环节较为薄弱，导致市场上的生物质成型燃料质量参差不齐，影响了生物质成型燃料的产业化进程。

5.1.2 生物质供暖的成本与排放

生物质清洁供暖仍普遍依赖补贴，仅有秸秆打捆直燃集中供暖模式具备经济性。当前农村地区生物质供暖主要依赖于政府的补贴。对于户用生物质炉具分散式供暖，除了一次性补贴炉具，政府每年还需要对燃料进行补贴。以阳信县为例，政

府对炉具一次性最高补贴 2000 元，超额部分由农户自行支付。当地生物质成型燃料的市场价格为 1200 元/吨，政府补贴 600 元/吨，超出 2 吨以后由农户自行支付，补贴后的取暖费用与燃煤取暖成本接近。生物质锅炉分布式集中供暖的补贴成本更高，对比使用户用生物质炉具的家庭燃料消耗量，集中供热燃料消耗量平均高出 2 倍以上。目前，只有秸秆打捆直燃集中供暖模式运行费用低，长期运行的经济效益明显。部分示范区秸秆打捆直燃锅炉的供暖成本为 20 元/m²左右，是燃煤锅炉集中供暖费用的 47.6%~62%。

生物质供暖的大气污染物排放管控挑战犹存。我国生物质燃烧设备在污染物控制、自动化程度等方面已经取得了较大的进步和突破，生物质炉具产品的热效率、燃烧稳定性和自动化程度持续提高，生物质成型燃料锅炉成功的商业应用案例不断涌现，秸秆打捆直燃技术也在近几年成为了一项重要的秸秆资源化技术。

但是，生物质供暖在实际使用中存在 NO_x 和 PM 排放浓度高的风险。项目组曾于供暖季在阳信县 52 户家庭中开展现场测试，结果显示农户实际使用生物质炉具时排放各项污染物的浓度明显高于实验室测试时的浓度。其中，PM_{2.5} 排放因子均值高出 6-12 倍，NO_x 高出 1.5-2 倍，CO 高出 2-3 倍。影响排放的首要因素是生物质成型燃料的质量，灰分和氮含量如果超标率较高，通常会导致 PM、CO 和 NO_x 排放浓度较高。而不同批次燃料的尺寸、密度、湿度也都会影响实地测试时生物质炉具的排放。用户的操作是另外一个重要的影响因素，一些用户不能很好的控制进料量和进风量的比例，使得炉膛内燃料燃烧不完全。

相比于户用生物质炉具，集中供暖锅炉自动化控制程度相对较高，易于控制燃烧工况。但生物质清洁供暖选用的锅炉通常是在 20 吨/时以下的小型锅炉，在终端不要求安装在线实时监测系统，

致使实时监管手段缺位，所以在烟气污染物排放监管等方面应予以重点关注。

5.1.3 生物质清洁供暖的政策及保障

生物质清洁供暖产业逐步受到重视，但政策体系未形成合力。近年来，国家对生物质综合利用愈加重视，各部委从产业、环保、补贴等角度出台一系列关于生物质利用的激励政策，其中包括积极鼓励发展生物质清洁供暖，但目前尚缺乏推动生物质供暖的强制性的条例。而且生物质供暖涉及能源、环保、农业等跨部门管理，包括固废利用、污染治理和节能减碳等多个核心目标，较难形成政策合力，在一定程度上影响了产业的发展。

同时，生物质成型燃料是否属于清洁燃料的争论也一直存在，尽管生态环境部在《高污染燃料目录》里面规范了生物质成型燃料的燃用方式，在符合规范的情况下鼓励生物质成型燃料的使用。但是在实际推广中，地方政府以“双替代”为主要技术路径，依然对生物质供暖存在环保方面的顾虑，这和生物质燃料在实际使用中的排放水平不稳定、管控难不无关系。因此，当政府出台相关财政补助政策，以财政拨款、税收返还等形式对产业链上下游提供补贴时，大部分政策支持少数重点地区的试点示范，且税收返回政策的门槛较高，生物质成型燃料或炉具企业因生物质成型燃料的争议性，和大部分为小微企业，所以通常难以享受到政策红利。

生物质成型燃料在终端应用环节仍然缺乏完善的标准、监管和评估体系。我国生物质清洁供暖终端应用的标准体系不断完善，为生物质清洁供暖产业发展提供了技术支撑，但是生物质燃烧设备缺乏相应的强制性国家标准。其中，生物质集中供暖锅炉污染物排放限值主要参照燃煤锅炉国家标准或相应的地方标准，生物质炉具主要参考国家能源局行业标准。同时，生物质成型燃料在终端应用环节还缺乏

完善的监管体系，这是造成环保部门以及其他相关部门在监管过程中限制产业发展的主要原因。此外，生物质清洁供暖综合效益评估体系仍未建立，使得决策者缺乏科学的决策依据，限制了生物质清洁供暖的应用与发展。

售后服务水平掣肘生物质清洁供暖发展，分散供暖设备是“重灾区”。自2016年来，北方农村地区开始了持续性的清洁供暖改造工程，巨大的清洁供暖设备保有量和后续服务需求催生了清洁供暖设备售后服务市场。相比集中式供暖多有专人负责锅炉运行，分散式供暖设备是售后服务的“重灾区”。部分区域在清洁供暖改造初期时，项目规划尚不完善，追求低成本推进改造任务，对产品质量把控不严。并且由于农村地区交通不便且居民居住较为分散，后期炉具坏了无人维修或维修不及时，破坏了用户体验，影响了后续居民参与清洁供暖改造的积极性，给清洁供暖改造工程的持续运行带来了极大压力。

5.2 建议

为了推动生物质清洁供暖的良性发展，本报告基于识别的问题，提出如下建议。

建立完善的生物质成型燃料供应体系。为了保障生物质燃料供应到位，各地应加强生物质资源调查与评估体系建设，建立生物质原料保障体系。地方政府应掌握推广区域的生物质资源时空分布以及供暖季生物质成型燃料的需求量，做到以“料”定改，冬病夏治，提前做好燃料的储备。地方政府应在终端激励能源化利用企业，通过搭建平台，采取市场化运作的方式，从需求侧带动供给侧，加强当地生物质能源化利用，从而推动原料收储运体系的建设，完善燃料供应体系。同时，在“十四五”期间应加强关注生物质成型燃料加工生产过程中的粉尘和噪音污染问题，实现清洁生产。

因地制宜的选择技术路径和模式。基于对我国目前主要的三种生物质清洁供暖模式的经济性和环保性分析，分别对其适用性提出建议。“生物质成型燃料+户用炉具”分散式户用供暖模式适用于生物质资源丰富的非大气污染重点防治地区，当短期内无法进行“双替代”时，生物质清洁供暖可作为主要技术路径在这些地区的农村推广，同时还可以积极探索“生物质+太阳能”耦合供暖。

“生物质成型燃料+专用锅炉”分布式集中供暖模式不适宜大规模用于乡村农户的集中供暖，适合应用在不具备“双替代”条件的区域。其中小型锅炉适用于乡镇的学校、卫生所、派出所、养殖场和蔬菜大棚等；中大型锅炉则适用于工业和商业供暖，为工业园区、企业、商业设施、公共服务设施等进行供暖、蒸汽和烘干等应用。相比于天然气和电，生物质成型燃料锅炉在经济上具有优势，已经形成了一定的市场和商业规模。

秸秆打捆直燃技术工艺简单，可用于集中供暖，具有较好的技术经济性和应用前景，适合在秸秆丰富、具备规模化收储运条件的区域推广，能够在用户侧直接消纳大量的秸秆，在缓解秸秆焚烧压力与替代煤炭等方面展现出积极的作用。适用的场合包括农村社区、乡镇政府、村镇学校、村镇医院等。

需要注意的是，分散式户用供暖项目中，地方政府应严格控制生物质燃料品质，并引导用户使用自动化程度高的炉具从而降低污染物排放。对于集中供暖锅炉，应加快 NO_x 和PM排放控制技术的创新，并加强行业监管来规范生物质锅炉的运行，从而减少或消除环保监管部门对生物质供暖“清洁性”的疑虑，让生物质成型燃料供暖的环保性得到认可。秸秆打捆直燃技术在我国发展时间较短，在某些关键技术研发上还存在不足，可会同丹麦等该技术先进的国家进行合作研发，学习引进国外先进技术，尽可能地提高锅炉的燃烧效率，减少灰渣和污染物排放。



完善政策框架体系，协同推进减污降碳和乡村振兴。为了让现有的政策体系形成合力，更好的发挥生物质供暖的作用，我国可进一步出台生物质能清洁利用条例，在生物质产业发展中明确各级政府部门的职能定位，确定职责分工与牵头部门；同时将生物质能利用融入乡村振兴战略，加强地方政府对生物质能对碳减排、生态环境改善和乡村振兴的重要性的认识。

地方政府应负担起环境治理责任，建立废物处理补偿机制，并利用碳市场机制支持零碳能源产业发展，逐步摆脱对财政专项补贴的依赖，保证生物质供暖行业的良性和可持续发展。

构建完善的生物质清洁供暖全产业链标准、监管和评估体系。生物质清洁供暖产业链缺乏完善的标准、监管和评估体系，是导致燃料质量不一，污染排放水平不确定性高的关键因素，也是造成环保部门以及其他相关部门在监管过程中限制产业发展的主要原因。为此，国家标准化管理委员会可组织相关单位，出台生物质燃料的质量分级标准与生物质燃烧设备的国家标准。在满足环保

和使用要求的基础上，明确区分适用于不同供暖设备的燃料质量指标。兼顾生物质供暖行业现状及综合效益，针对燃烧设备制定合理的污染物排放限值，尤其是 NO_x 的排放。建立从原材料到终端应用的生物质燃料及燃烧设备的质量认证监管体系，保障生物质燃料质量，促进生物质燃烧设备的技术创新。建设统一的生物质供暖项目综合效益评价规范，科学评估生物质清洁供暖对碳减排、生态环境改善和乡村振兴的效益，为政府决策、标准制定等方面提供科学依据。

从源头把控设备产品质量，降低运维成本。生物质清洁供暖是需要长期的投入和关注，保证用户对新的供暖设备使用满意，长期从内心认可生物质清洁供暖的便利，清洁供暖才能长效运行和可持续发展。对于分散式户用炉具是售后服务欠缺的问题，地方政府应从源头抓起，严控政府招标的产品质量，对中标生产企业建立产品质量档案，并确保企业可以提供长期运维服务，建立智能化综合服务平台等方式保障售后服务体系，解决用户的后顾之忧。

参考文献

- [1]WHO. World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals.
- [2] 国家统计局. 中华人民共和国 2021 年国民经济和社会发展统计公报, [EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202202/t20220227_1827960.html /,2022-02-28].
- [3]Wang R, Jiang Z. Energy consumption in China's rural areas: A study based on the village energy survey[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 143(FEB.1):452-461.
- [4] 根据《大气中国》系列报告整理, 2018.
- [5]Fuller, R. et al. Pollution and health: a progress update. Lancet Planet Heal 6, 535-547 (2022).
- [6]Yin P, Brauer M, Cohen A J, et al. The effect of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across China and its provinces, 1990-2017: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet Planetary Health, 2020, 4(9): 386-398.
- [7] 清洁供暖产业委员会. 中国清洁供暖产业发展报告 2022[M]. 北京: 中国经济出版社
- [8]Meng W, Zhong Q, Chen Y, et al. Energy and air pollution benefits of household fuel policies in northern China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2019, 116(34):201904182.
- [9] 北京大学能源研究院. 中国散煤综合治理研究报告 2021 [R]. 2021.
- [10] 北京化工大学, 中国农村能源行业协会民用清洁炉具专业委员会, 亚洲清洁空气中心. 北方典型地区农村居民冬季供暖研究 [R]. 2019.
- [11]International Energy Agency (IEA) (2022). Total energy by supply by source: Data and statistics. Available at: www.iea.org/data-and-statistics/data-browser. Accessed on 8 July 2022.
- [12] 中国产业促进会生物质能产业分会. 3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书 [R]. 2021.
- [13]Wu J, Zhang J, Yi W, et al. Economic analysis of different straw supply modes in China[J]. Energy, 2021, 237: 121594.
- [14] 新华网. 秸秆经纪人寒冬“上线” 东北黑土地 [EB/OL].<http://news.iqilu.com/china/gedi/2020/1214/4723974.shtml>
- [15] 哈尔滨市人民政府办公厅关于印发《哈尔滨市 2020—2021 年度秸秆综合利用工作实施方案的通知》. http://www.harbin.gov.cn/art/2021/2/8/art_13791_19546.html.2021
- [16] 邢立力. 生物质产品介绍. 亚洲清洁空气研讨会, 2022.

- [17] 中国能源报. 北京大学城市与环境学院研究员沈国锋: 农村生活用能对室内环境影响不容小觑 [EB/OL].http://www.cnenergynews.cn/fangtan/2022/05/30/detail_20220530124240.html
- [18] 贾吉秀, 赵立欣, 姚宗路, 等. 秸秆捆烧技术及其排放特性研究进展 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(16):9.
- [19] 李惠斌, 张财, 刘昱英男, 别如山, 李冰峰, 孙勇, 王文, 朱伟, 黄冠宇, 陈劼, 万显君. 秸秆捆包气化解耦燃烧集中供暖技术及应用 [J]. 应用能源技术, 2022(03):39-43.
- [20] 裴占江, 刘杰, 史风梅, 王粟, 高亚冰, 吴晓春, 李冰峰, 刘长军. 东北地区秸秆打捆直燃供暖案例及效益分析 [J]. 黑龙江农业科学, 2019(12):111-113+118.
- [21] 周腰华, 赖晓璐, 潘荣光. 玉米秸秆资源化利用: 模式、问题与政策建议——基于辽宁省的调查 [J]. 辽宁农业科学 2018(2): 41-44.
- [22] 王环, 王亚静, 毕于运, 高春雨, 赵丽. 秸秆打捆直燃集中供暖模式概况及效益评价 [J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(06):153-161.
- [23] 生态环境部. 《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》[EB/OL].<https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201501/W020150107594588071383.pdf>.
- [24] 生态环境部. 《民用煤大气污染物排放清单编制技术指南》[EB/OL].<https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201610/W020161031388726962758.pdf>.
- [25] 中国标准出版社. GB / T 2589-2008, 综合能耗计算通则 [S]. 2008.

附件 1 阳信地区调研测试方法

本项目主要采取调研与测试两种研究方法。调研主要包括政府访谈调研与入户调研；测试主要包括了大气污染物排放测试、燃料消耗量测试。

(1) 调研访谈

本项目政府访谈包括与市政府相关职能部门、县政府相关职能部门、乡政府、村委会访谈，以及与当地企业访谈。各地参加座谈的单位列表见附件 1。访谈形式包括集体座谈会、个别单独座谈、填写调研表等形式。此外，调研人员进入居民家中进行面对面调研，并填写调研问卷。

(2) 炉具污染物排放测试

为准确评估散煤的实际使用效果和污染排放水平，研究人员采用自行设计的民用炉具污染排放现场测试系统，对民用炉具的污染物排放特征进行现场测试。主要气态污染物包括 CO、NO_x 和 SO₂；PM_{2.5} 基于光学法检测实时排放浓度，采用称重法进行校正。

(3) 燃料消耗量测试

依据国际通用的厨房性能测试（Kitchen Performance Test, KPT）方法学，即在正常生活条件下，以最短 3 天为周期，测量农户在周期内的燃料消耗量，从而估算日均燃料消耗量与取暖期散煤消耗总量。

附件 2 国内外生物质成型燃料标准清单

- [1]ISO 16559:2022 Solid biofuels — Vocabulary
- [2]ISO 17225–1:2021 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 1: General requirements
- [3]ISO 17225–2:2021 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 2: Graded wood pellets
- [4]ISO 17225–3:2014 Solid biofuels — Fuel specifications and classes – Part 3: Graded wood briquettes
- [5]ISO 17225–4:2014 Solid biofuels — Fuel specifications and classes – Part 4: Graded wood chips
- [6]ISO 17225–5:2021 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 5: Graded firewood
- [7]ISO 17225–6:2014 Solid biofuels — Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets
- [8]ISO 17225–7:2021 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 7: Graded non-woody briquettes
- [9]ISO 17225–8:2016 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 8: Graded thermally treated and densified biomass fuels
- [10]ISO 17225–9:2021 Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 9: Graded hog fuel and wood chips for industrial use
- [11]ISO 18135:2021 Solid biofuels — Sampling
- [12]ISO 21945:2020 Solid biofuels — Simplified sampling method for small scale applications
- [13]ISO 21945:2020 Solid biofuels — Simplified sampling method for small scale applications
- [14]ISO 18134–1:2021 Solid biofuels — Determination of moisture content — Oven dry method — Part 1: Total moisture — Reference method
- [15]ISO 18134–2:2017 Solid biofuels — Determination of moisture content. Oven dry method. Total moisture. Simplified method
- [16]ISO 18134–3:2015 Solid biofuels — Determination of moisture content – Oven dry method – Part 3: Moisture in general analysis sample
- [17]ISO 18122:2021 Solid biofuels — Determination of ash content
- [18]ISO 18123:2015 Solid biofuels — Determination of the content of volatile matter (ISO 18123:2015)
- [19]ISO 18125:2021 Solid biofuels — Determination of calorific value

- [20]ISO 17828:2021 Solid biofuels — Determination of bulk density
- [21]ISO 18847:2016 Solid biofuels. Determination of particle density of pellets and briquettes
- [22]ISO 17829:2021 Solid Biofuels — Determination of length and diameter of pellets
- [23]ISO 17827–1:2016 Solid biofuels — Determination of particle size distribution for uncompressed fuels – Part 1: Oscillating screen method using sieves with apertures of 3,15 mm and above
- [24]ISO 17827–2:2016 Solid biofuels — Determination of particle size distribution for uncompressed fuels. Vibrating screen method using sieves with aperture of 3,15 mm and below
- [25]ISO 18846:2021 Solid biofuels — Determination of fines content in samples of pellets
- [26]ISO 17831–1:2021 Solid biofuels — Determination of mechanical durability of pellets and briquettes — Part 1: Pellets
- [27]ISO 17831–2:2015 Solid biofuels — Determination of mechanical durability of pellets and briquettes. Briquettes
- [28]ISO 23343–1:2021 Solid biofuels — Determination of water sorption and its effect on durability of thermally treated biomass fuels — Part 1: Pellets
- [29]ISO 19743:2017 Solid biofuels — Determination of content of heavy extraneous materials larger than 3,15 mm
- [30]ISO 17830:2021 Solid biofuels — Particle size distribution of disintegrated pellets
- [31]ISO 21596:2021 Solid biofuels — Determination of grindability — Hardgrove type method for thermally treated biomass fuels
- [32]ISO 21404:2020 Solid biofuels — Determination of ash melting behaviour
- [33]ISO 16948:2021 Solid biofuels — Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen
- [34]ISO 16995:2015 Solid biofuels — Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content
- [35]ISO 16994:2021 Solid biofuels — Determination of total content of sulfur and chlorine
- [36]ISO 16993:2016 Solid biofuels — Conversion of analytical results from one basis to another
- [37]ISO 16968:2015 Solid biofuels — Determination of minor elements
- [38]ISO 16996:2015 Solid biofuels — Determination of elemental composition by X-ray fluorescence
- [39]ISO 20023:2021 Solid biofuels — Safety of solid biofuel pellets – Safe handling and storage of wood pellets in residential and other small–scale applications

- [40]ISO 20024:2021 Solid biofuels — Safe handling and storage of solid biofuel pellets in commercial and industrial applications
- [41]GB/T 21923-2008 固体生物质燃料检验通则
- [42]GB/T 28730-2012 固体生物质燃料样品制备方法
- [43]GB/T 28733-2012 固体生物质燃料全水分测定方法
- [44]GB/T 28731-2012 固体生物质燃料工业分析方法
- [45]GB/T 30727-2014 固体生物质燃料发热量测定方法
- [46]GB/T 30726-2014 固体生物质燃料灰熔融性的测定方法
- [47]GB/T 28734-2012 固体生物质燃料中碳氢测定方法
- [48]GB/T 28732-2012 固体生物质燃料全硫测定方法
- [49]GB/T 30729-2014 固体生物质燃料中氯的测定方法
- [50]GB/T 30725-2014 固体生物质燃料灰成分测定方法
- [51]NY/T 1915-2010 生物质固体成型燃料术语
- [52]NY/T 1879-2010 生物质固体成型燃料采样方法
- [53]NY/T 1880-2010 生物质固体成型燃料样品制备方法
- [54]NY/T 1881.1-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 1 部分：通则
- [55]NY/T 1881.2-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 2 部分：全水分
- [56]NY/T 1881.3-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 3 部分：一般分析样品水分
- [57]NY/T 1881.5-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 5 部分：灰分
- [58]NY/T 1881.4-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 4 部分：挥发分
- [59]NY/T 1881.6-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 6 部分：堆积密度
- [60]NY/T 1881.7-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 7 部分：密度
- [61]NY/T 1881.8-2010 生物质固体成型燃料试验方法第 8 部分：机械耐久性
- [62]NB/T 34024-2015 生物质成型燃料质量分级
- [63]NY/T 2909-2016 生物质固体成型燃料质量分级
- [64]NB/T 42116-2017 生物质锅炉燃料元素（铝、钙、铁、镁、磷、钾、硅、钠和钛）的测定方法
- [65]NB/T 34061-2018 生物质锅炉供热成型燃料贮运技术规范
- [66]NB/T 34063-2018 生物质锅炉供热成型燃料术语

附件 3 中国生物质能供暖政策

附件 3.1 中国生物质能供暖产业政策

国家政策		
政策名称	发布时间	内容摘要
可再生能源法	2006 年 1 月	确立生物质能源作为可再生能源的基本属性。
绿色能源示范县建设补助资金管理暂行办法	2011 年 4 月	加快农村生物质能、太阳能、地区风能、地热能、水能等可再生能源开发利用步伐，优化农村能源结构，推进农村能源清洁化和现代化，改善农民生产生活条件，国家能源局、财政部和农业部将组织实施绿色能源示范县建设。
关于印发 2014 年能源工作指导意见的通知	2014 年 1 月	大力发展生物质能，统筹各类生物质资源，按照因地制宜、综合利用、清洁高效、经济实用的原则，结合资源综合利用和生态环境建设，推动各类生物质能的市场化和规模化，加快生物质能产业体系建设。
关于开展生物质成型燃料锅炉供热示范项目建设的通知	2014 年 6 月	各省（区、市）发展改革委、能源局及各省级环保部门要将生物质成型燃料锅炉供热作为压减煤炭消费、淘汰燃煤锅炉以及秸秆禁烧的重要工作任务，纳入大气污染防治工作部署和考核体系，加强示范项目建设的组织领导；积极推动生物质成型燃料锅炉供热在化工、机械、医药、食品、饮料、造纸、印染等用热消费大的工业领域以及民用供暖的应用。
生物质能发展“十三五”规划	2016 年 10 月	大力推进生物质热电联产、生物质锅炉、生物质与其他清洁能源互补系统等在当地用户侧直接替代燃煤，到 2020 年，生物质成型燃料年利用量 3000 万吨。积极推动生物质成型燃料在商业设施与居民采暖中的应用。积极推动在城镇商业设施及公共设施中的应用。结合农村散煤治理，在政策支持下，推进生物质成型燃料在农村炊事采暖中的应用。
北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021 年）	2017 年 12 月	对于偏远山区等暂时不能通过清洁供暖替代散烧煤供暖的，要重点利用“洁净型煤+环保炉具”、“生物质成型燃料+专用炉具”等模式替代散烧煤供暖。通过集中供煤等方式提高供暖用煤质量，采用先进的专用炉具，并明确大气污染物排放标准，尽可能减少供暖污染物排放。

关于促进生物质能供热发展指导意见的通知	2017年12月	到2020年，生物质成型燃料年利用量约3000万吨，大力推进城镇生物质成型燃料锅炉民用供暖。因地制宜推广农村户用成型燃料炉具。并规定生物质能供热在锅炉置换、终端取暖补贴、供热管网补贴等方面享受与“煤改气”、“煤改电”相同的支持政策，电价按《国家发展改革委关于印发北方地区清洁供暖价格政策意见的通知》（发改价格〔2017〕1684号）中有关规定执行。国家可再生能源电价附加补贴资金优先支持生物质热电联产项目。
打赢蓝天保卫战三年行动计划	2018年7月	有效推进北方地区清洁取暖。坚持从实际出发，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热，确保北方地区群众安全取暖过冬。对暂不具备清洁能源替代条件的山区，积极推广洁净煤，并加强煤质监管，严厉打击销售使用劣质煤行为。
关于做好2018-2019年采暖季清洁供暖工作的通知	2018年12月	坚持宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热，以供定改，先立后破。对仍需使用煤炭取暖的用户，切实做好洁净煤供应保障工作。对于偏远山区等暂不能通过清洁供暖替代散烧煤供暖的，重点利用“洁净型煤+环保炉具”等方式替代散烧煤。
农业农村部办公厅关于全面做好秸秆综合利用工作的通知	2019年4月	各省农业农村部门要编制省级年度实施方案，遴选一批秸秆资源量大、综合利用潜力大的县（区、市），整县推进秸秆综合利用，推动县域秸秆综合利用率达到90%以上或比上年提高5个百分点。围绕秸秆肥料化、饲料化、燃料化、基料化和原料化等领域，加快推进秸秆综合利用产业结构优化和提质增效；组建本省秸秆综合利用技术专家组。研发推广秸秆青黄贮饲料、打捆直燃、成型燃料生产等领域新技术，发布年度主推技术，扩大推广范围，放大示范效应。
国家能源局2020年能源工作指导意见	2020年6月	稳妥推进北方地区清洁取暖。量力而行、尽力而为，因地制宜选择清洁供暖技术路线，支持发展背压式热电联产供暖，积极推动风电、地热能、生物质能技术应用。
关于深入开展公共机构绿色低碳引领行动促进碳达峰实施方案的通知	2021年1月	继续推进北方地区公共机构清洁取暖，实施“煤改电”等改造，淘汰燃煤锅炉，到2025年力争实现北方地区县城以上区域公共机构清洁取暖全覆盖。因地制宜推广利用太阳能、地热能、生物质能等能源和热泵技术，满足建筑采暖和生活热水需求，到2025年实现新增热泵供热（制冷）面积达1000万平方米。
“十四五”可再生能源发展规划	2021年10月	目标到2025年，可再生能源消费总量达到10亿吨标准煤左右，占一次能源消费的18%左右；太阳能热利用、地热能供暖、生物质供热、生物质燃料等非电利用规模达到6000万吨标准煤以上。稳步推进生物质能多元化开发。积极发展生物质能清洁供暖。

关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见	2022年1月	国家发展改革委、国家能源局发布了关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见。意见提出完善建筑可再生能源应用标准，鼓励光伏建筑一体化应用，支持利用太阳能、地热能 and 生物质能等建设可再生能源建筑供暖系统，完善规模化沼气、生物天然气、成型燃料等生物质能和地热能开发利用扶持政策和保障机制。
国家能源局2022年能源工作指导意见	2022年3月	稳步推进生物质能多元化开发利用，大力发展综合能源服务，推动节能提效、降本降碳。以保障能源安全稳定供应为首要任务，着力增强国内能源生产保障能力。
“十四五”生物经济发展规划	2022年5月	积极开发生物能源，有序发展生物质发电，推动向热电联产转型升级。建设以生物质热电联产、成型燃料及其他可再生能源为主要能源的产业园区。支持有条件的县域开展生物质能清洁供暖替代燃煤。
减污降碳协同增效实施方案	2022年6月	生态环境部、国家发展和改革委员会、国家能源局等七部门联合印发关于《减污降碳协同增效实施方案》的通知，指出，持续推进北方地区冬季清洁取暖。将清洁取暖财政政策支持范围扩大到整个北方地区。因地制宜稳步推进生物质能多元化开发利用。在农业领域大力推广生物质能、太阳能等绿色用能模式，加快农村取暖炊事、农业及农产品加工设施等可再生能源替代。

附件 3.2 中国生物质供暖相关环保政策

国家政策		
政策名称	发布时间	内容摘要
关于划分高污染燃料的规定	2001年3月	直接燃用的生物质燃料（树木、秸秆、锯末、稻壳、蔗渣等）划定位高污染燃料，生物质成型燃料界定模糊
关于生物质成型燃料有关问题的复函	2009年8月	认定生物质成型燃料不属于高污染燃料，提出在推广应用工作中，应当加强对生物质成型燃料生产和使用的监督管理，在城市使用需考虑当地空气质量控制要求和燃料供应，替代燃气时，应以燃气的排放标准来要求。
关于界定生物质成型燃料类型有关意见的复函	2014年9月	原则同意在使用专用锅炉并配套袋式除尘器的条件下，由城市政府结合本行政区实际情况决定是否允许生物质成型燃料在高污染燃料禁燃区内使用。
关于发布〈高污染燃料目录〉的通知	2017年3月	未将生物质成型燃料列为高污染燃料，而是从规范燃用方式角度对生物质成型燃料提出要求，即配置了袋式除尘器等高效除尘设施的专用生物质成型燃料锅炉可在禁燃区内使用。
关于高污染燃料禁燃区管理中对直接燃用生物质等问题的请示	2017年12月	对于直接燃用的生物质燃料（树木、秸秆、锯末、稻壳、蔗渣等）和生物质成型燃料在组分上没有区别，非专用锅炉或未配置高效除尘设施的专用锅炉燃用的生物质燃料参照《高污染燃料目录》（国环规大气〔2017〕2号）中关于生物质成型燃料有关规定执行。

关于生物质锅炉等项目环评类别判定事宜的复函	2021年6月	《高污染燃料目录》包括非专用锅炉或未配置高效除尘设施的专用锅炉燃用的生物质成型燃料，考虑到生物质非成型燃料的污染程度一般高于成型燃料，应同样加强环境准入管理。因此生物质锅炉的环境影响评价类别应按照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》的“91 热力生产和供应工程（包括建设单位自建自用的供热工程）”中“使用其他高污染燃料的”要求编制环境影响报告表。
-----------------------	---------	---

附件 3.3 中国生物质能相关补贴政策

国家政策		
政策名称	发布时间	内容摘要
秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法	2008年10月	对符合支持条件的企业，根据每年实际销售秸秆能源产品种类、数量折算消耗的秸秆种类和量，中央财政按一定标准给综合性补助。
资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录	2015年6月	在生产生物质压块、沼气等燃料，在电力、热力领域，对增值税进行 100% 税收返还
中央财政支持开展农作物秸秆综合利用试点	2016年5月	农作物秸秆综合利用采取“以奖代补”方式，中央财政根据试点省份秸秆量、秸秆综合利用率等情况予以适当补助，用于支持秸秆综合利用，以提高秸秆综合利用水平。 2016–2019年按照整县推进、多元利用、政府扶持、市场运作原则，各地共建设 477 个整县推进的秸秆综合利用试点县。
关于开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知	2017年5月	中央财政支持试点城市推进清洁方式取暖替代散煤燃烧取暖，并同步开展既有建筑节能改造，鼓励地方政府创新体制机制、完善政策措施，引导企业和社会加大资金投入，实现试点地区散烧煤供暖全部“销号”和清洁替代，形成示范带动效应。试点示范期为三年，中央财政奖补资金标准根据城市规模分档确定，直辖市每年安排 10 亿元，省会城市每年安排 7 亿元，地级城市每年安排 5 亿元。
污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法	2021年5月	为加强和规范污染治理和节能减碳专项中央预算内投资管理，提高中央资金使用效益，调动社会资本参与污染治理和节能减碳的积极性，特制定本办法。此专项将重点支持污水垃圾处理等环境基础设施建设、节能减碳、资源节约与高效利用、突出环境污染治理等四个方向。
关于组织申报 2022 年北方地区冬季清洁取暖项目的通知	2022年2月	支持有关城市开展电力、燃气、地热能、生物质能、太阳能、工业余热、热电联产等多种方式清洁取暖改造，加快推进既有建筑节能改造等工作。中央财政对纳入支持范围的城市给予清洁取暖改造定额奖补，连续支持 3 年，每年奖补标准为省会城市 7 亿元、一般地级市 3 亿元。计划单列市参照省会城市标准。

附件 4 中国生物质取暖设备标准清单

附件 4.1 生物质炉具相关标准

标准编号	标准名称	标准类型
NY/T 8-2006	民用柴炉、柴灶热性能试验方法	农业标准
DB 11/T 540-2008	户用生物质炉具通用技术条件	北京标准
DB 13/T 1407-2011	生物质成型燃料炉具	河北标准
NB/T 34008-2012	生物质炊事采暖炉具试验方法	能源标准
DB 32/T 2145-2012	户用秸秆气化炉安全操作规程	江苏标准
NY/T 2370-2013	户用生物质炊事炉具性能试验方法	农业标准
NB/T 34014-2013	生物质炊事大灶试验方法	能源标准
NY/T 2369-2013	户用生物质炊事炉具通用技术条件	农业标准
NB/T 34015-2013	生物质炊事大灶通用技术条件	能源标准
NB/T 34016-2014	生物质炕炉试验方法	能源标准
NB/T 34017-2014	生物质炕炉通用技术条件	能源标准
DB 13/T 2125-2014	民用清洁燃烧炉具	河北标准
GB/T 35564-2017	生物质清洁炊事炉具	国家标准
NB/T 34040-2017	小型生物质热风炉技术条件	能源标准
NB/T 34041-2017	小型生物质热风炉试验方法	能源标准
NB/T 34006-2020	清洁采暖炉具技术条件	能源标准
NB/T 34035-2020	小型生物质锅炉技术条件	能源标准
NB/T 34005-2020	清洁采暖炉具试验方法	能源标准
NB/T 34036-2020	小型生物质锅炉试验方法	能源标准
NB/T 34009-2021	清洁炊事烤火炉具技术条件	能源标准
NB/T 34010-2021	清洁炊事烤火炉具试验方法	能源标准

附件 4.2 生物质锅炉排放相关标准

标准编号	标准名称	标准类型
GB13271-2014	《锅炉大气污染物排放标准》	国家标准
DB61/1226-2018	《锅炉大气污染物排放标准》	陕西标准
DB31/387-2018	《锅炉大气污染物排放标准》	上海标准
DB12/765-2018	《生物质成型燃料锅炉大气污染物排放标准》	天津标准
DB3301/T0250-2018	《锅炉大气污染物排放标准》	杭州标准
DB37/2374-2018	《锅炉大气污染物排放标准》	山东标准
DB13/5161-2020	《锅炉大气污染物排放标准》	河北标准
DB22/T 2581-XXXX	《生物质成型燃料锅炉大气污染物排放标准》征求意见稿	吉林标准
DB21/T 3482-2021	《村镇打捆秸秆直燃集中供暖技术规程》	辽宁标准