

秸秆打捆直燃集中供暖模式概况及效益评价

王环, 王亚静, 毕于运, 高春雨, 赵丽

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京100081)

摘要: [目的]基于秸秆打捆直燃集中供暖模式发展概况与特点,开展模式案例综合效益评价,为北方地区秸秆处理难题和冬季农户清洁取暖提供新思路。[方法]文章采用文献归纳法、政策梳理法、案例分析法等研究方法对秸秆打捆直燃集中供暖模式发展现状进行综述、总结模式特点,进行供暖模式综合效益评价。[结果](1)秸秆打捆直燃集中供暖技术在丹麦、比利时等国发展成熟,运用广泛,在我国则处于起步阶段,有待进一步运用和推广;(2)该模式具有可当季消纳大量秸秆,工艺简单、易推广,零碳排放、清洁环保等优点;(3)通过对河北省衡水市景县柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖项目进行综合评价可知,经济效益上供暖站有利可图、用户采暖费用更低;生态效益上节能减排效果好、村庄环境质量得到改善、促进当地农业绿色发展;社会效益上该模式具有良好的示范作用,一定程度上解决了当地部分就业问题,也促进了农场自身发展。[结论]秸秆打捆直燃集中供暖模式作为我国新提出的一项生物质能清洁供暖技术模式,其经济效益、环保效益以及社会效益显著,国家可将其纳入北方地区分布式供暖的主推项目技术,优化和创新供暖模式,加大宣传推广力度。

0引言

中国农作物秸秆资源丰富,利用潜力巨大[1,2]。2019年国农作物秸秆可收集量约7.3亿t,利用量6.4亿t,其中秸秆沼气和秸秆发电、秸秆生物天然气等资源化利用量约6500万t,占利用总量的10.2%[3]。秸秆资源化利用成为继肥料化、饲料化利用之后的第三大秸秆离田利用途径。

近几年,秸秆打捆直燃技术作为一项重要的秸秆资源化技术逐渐兴起,在缓解秸秆焚烧压力、有效替代煤炭、缓解能源短缺和大气污染压力等方面展现出积极的作用[4,5]。2013年国内首家秸秆打捆直燃锅炉系统在河北省承德市平泉县示范成功,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、山西等地区已得到一定程度地推广,且主要用于集中供暖[6]。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热达到46处,供暖户数将近4万户,供暖面积约260万m²。

随着秸秆打捆直燃技术的推广和应用,国家和部分省级政府部门陆续出台相关政策以促进其发展。2018年农业农村部《农业科教环保工作要点》明确提出,要建设一批秸秆打捆直燃清洁供暖示范点。2019年农业农村部办公厅在《关于全面做好秸秆综合利用工作的通知(农科办〔2019〕20号)》中再次提到,要研发推广秸秆打捆直燃等领域新技术,扩大推广范围,放大示范效应。2020年农业农村部办公厅印发的《社会资本投资农业农村指引》明确提出,“鼓励社会资本投资农村可再生能源开发利用,加大对农村能源综合建设投入力度,推广农村可再生能源利用技术,探索秸秆打捆直燃和成型燃料供暖供热”。同年,山西省农业农村厅在《关于印发山西省2020年农作物秸秆综合利用实施方案的通知》中明确提出,要“在适宜地区推广秸秆‘打捆直燃集中供暖’模式,引导农村乡镇机关企事业单位、中小学校及洗浴、粮食烘干等经营场所燃煤锅炉改造,打造一批秸秆打捆直燃集中供暖试点”。河北省人民政府2020年发布的《河北省秸秆综合利用实施方案(2021—2023年)》也提出,未来3年要积极推进秸秆生物质发电、秸秆打捆直燃资源化等利用方式,优化农村能源结构。秸秆打捆直燃集中供暖产业显示出良好的发展局面。

目前,国内外有关秸秆打捆直燃集中供暖的研究多集中在秸秆捆烧锅炉研制与设计、燃烧原理、排放特性等技术性研究方面[5,7-11],少数研究者就秸秆打捆直燃集中供暖的技术经济性进行了简要分析[4,6,12,13],针对秸秆打捆直燃集中供暖应用模式进行综合评价的研究还相对较少。文章拟在分析总结我国秸秆打捆直燃集中供暖发展现状与模式特点的基础上,以河北省柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖项目为例,分析秸秆打捆直燃集中供暖模式的经济效益、环境效益和社会效益,最后提出促进该模式发展的对策建议。

1秸秆打捆直燃集中供暖模式国内外发展概状与特点

秸秆打捆直燃技术又称秸秆捆烧技术,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资源化利用技术[7]。该技术工艺简单,成本相对较低,可用于单户供暖,也可用于集中供暖,如农村社区、乡镇政府、村镇学校、村镇医院、家庭农场、农民专业合作社等,具有较好的技术经济性和应用前景[4]。其中,秸秆打捆直燃集中供暖模式流程如图1所示。

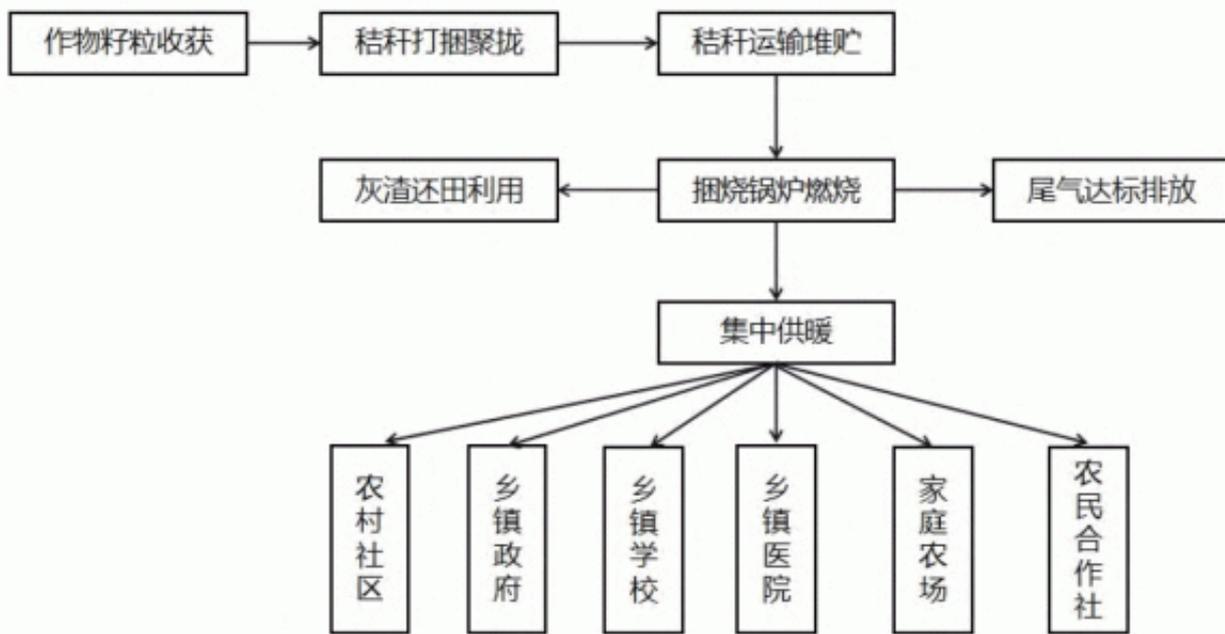


图1 秸秆打捆直燃集中供暖模式流程

1.1 国内外发展概况

1.1.1 国外发展概况

秸秆打捆直燃技术在丹麦、德国、法国、比利时等国的应用已经非常广泛，美国、日本等国家也有一定发展[14-16]。丹麦、波兰、塞尔维亚、英国以及加拿大等在秸秆捆烧特性、配风燃烧技术、锅炉结构设计以及成套化设备研究等方面已取得一定的研究进展。其中，丹麦政府在1995—2002年通过提高生物燃料补贴并制定相关标准，使秸秆捆烧技术取得较大发展。至2017年，丹麦秸秆打捆直燃锅炉的一氧化碳排放量已降至 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，氮氧化物的排放量可低至 $500\text{mg}/\text{m}^3$ ，锅炉热效率提高到87%。例如，丹麦Alcon公司研发的秸秆捆烧锅炉热效率可达87.5%，主要销往丹麦本地、挪威、瑞典、爱尔兰等国家；奥胡斯大学研制的序批式秸秆捆烧锅炉热效率也已达到87%[8]。目前，丹麦秸秆直接燃烧供暖模式主要是农场主作为供暖主体为周边农户进行供暖的运营模式，与目前我国部分区域实际情况相似，值得国内借鉴。此外，丹麦在生物质直接燃烧发电方面成绩显著，长期以来在生物发电锅炉领域处于全球领先地位[17]。

张品、刘圣勇等[9]在研究国内外生物质捆烧技术及设备时，把国外捆烧技术分为燃烧整个草捆的锅炉系统和连续燃烧（cigar）整个草捆系统。燃烧整个草捆的锅炉系统早期以小草捆锅炉为主，现今以大草捆间歇式锅炉为主，多适用于农场供热。连续燃烧（cigar）整个草捆系统能很好地控制燃烧过程，且高效率，低排放，欧盟认为其是利用打捆秸秆燃料的最佳方式[18,19]，并按进料方式的不同分为倾斜进料系统和水平进料系统。别如山在介绍国内外生物质燃烧供热现状时也提到，目前丹麦、德国、法国等国家开发的“雪茄型（cigar）”捆烧炉最为有名，燃烧和环保效果好，值得在国内推广，但由于我国草捆含水率高于欧洲草捆，草捆水分需要干燥至25%以下方可燃烧，国内引进该技术时需要进行技术改良。

1.1.2 国内发展概况

（1）国内秸秆打捆直燃技术。我国秸秆打捆直燃集中供暖技术起步较晚，在秸秆打捆直燃集中供暖锅炉设备研发制造方面多依赖与国外公司合作研发或技术引进。目前，国内秸秆打捆直燃锅炉技术根据技术应用、燃烧方式和效率的不同可分为贫氧倒置层燃技术、逆流燃烧理论二次燃烧技术和半气化逆向燃烧技术[20,21]。其中，贫氧倒置层燃技术更适宜于农户单户使用，在实际应用中也广泛用于农村农户采暖、大棚生产和企事业单位集中供暖，该技术以辽宁省抚顺市“三省”生物质锅炉为主要代表；逆流燃烧理论二次燃烧技术和半气化逆向燃烧技术更适宜于集中供暖，分别以河北省承德市本特打捆直燃锅炉和辽宁省铁岭市众缘打捆秸秆直燃锅炉为主要代表[20]。

与发达国家相比，我国秸秆打捆直燃技术相关理论和应用研究仍处于起步阶段，在供暖锅炉设备等方面仍然存在较

多的技术性问题，如燃烧不充分、烟气污染物生成机理不清晰、NOX和颗粒物排放较高等[8]。秸秆打捆直燃集中供暖产业发展路径及相关技术有待进一步深入研究。

随着国内秸秆打捆直燃技术的示范、应用和推广，有关技术规范也应运而生。2020年黑龙江省发布《寒冷地区村镇秸秆直燃供暖技术规程（DB23/T2698-2020）》，这是笔者查阅到的关于秸秆打捆直燃供暖的首个地方标准，也是目前国内唯一一项针对秸秆打捆直燃供暖制订的技术规范。

（2）国内秸秆打捆直燃集中供暖模式。国内秸秆打捆直燃集中供暖的采暖用户主要集中在乡镇区域以及城郊地区，如，城郊居民社区、村镇小区、乡镇政府、乡镇学校、乡镇医院、地方商铺、地方企业、农场等，供暖主体主要为锅炉制造公司企业、第三方供暖企业、农场、农民合作社以及村镇集体等。笔者根据采暖用户和供暖主体不同，将目前国内比较常见的秸秆打捆直燃集中供暖模式总结为以下几种模式，即“企业+用户”合同能源管理模式、“合作社+用户”运营模式，以及“村集体+用户”“农场（农民合作社）+用户”等集中供暖模式（图2）。

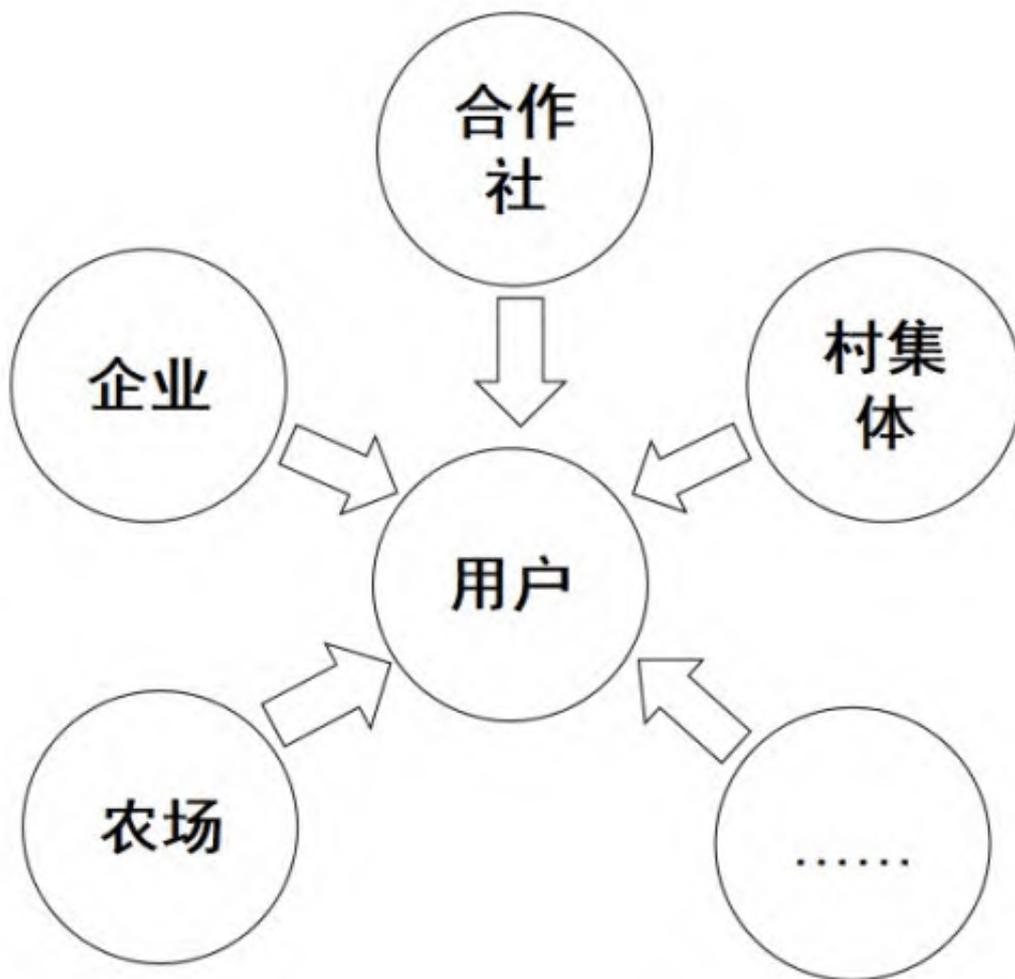


图2 秸秆打捆直燃集中供暖模式

“企业+用户”合同能源管理模式是通过秸秆直燃锅炉生产企业或第三方供暖公司与采暖用户直接签订供暖合同。秸秆直燃锅炉生产企业不仅为采暖用户提供秸秆直燃锅炉以及配套设施设备，而且还提供秸秆燃料和供暖锅炉运行服务[12]。第三方供暖公司则专门提供供暖服务，其中原料收储运可由当地合作社提供，也可由第三方供暖公司自行组织收储队收集。“企业+用户”合同能源管理模式的优点在于企业的专业化服务水平较高，能够为用户提供稳定、持续的供暖服务。黑龙江省海伦市海北镇、绥棱县绥棱镇，吉林省农安县伏龙泉镇以及辽宁省铁岭市铁岭县新台子镇均采用了第三方供暖公司为供暖主体的“企业+用户”合同能源管理模式（表1）。

“合作社+用户”运营模式是由农村合作社负责原料收集、建厂、设备维护，为用户统一提供一体化的供暖服务。该模式的优点是，可以利用农村合作社原有固定运输的拖拉机车辆，不需要另外购置秸秆运输车辆，降低了秸秆原料收集成本；解决部分农村剩余劳力，增加农民收入。辽宁省朝阳市朝阳县贾家店农场目前采用了该模式（表1）。

“村集体+用户”社区集中供暖模式是由村级组织负责秸秆原料收集、厂房建设、锅炉供暖日常运行、管网维修等工作，由锅炉制造企业提供锅炉设备及锅炉维护的集中供暖模式。该模式的优点在于秸秆收集方便、原料成本低；为一部分农村剩余劳动力提供就业机会。目前，黑龙江省肇东市五站镇东安村自2019年起采用了此种模式为社区80余户社区农户提供供暖服务。由于该地区的供暖用户为社区农户，居住不够集中，目前存在的突出问题是管网铺设和维护费用较高，热量在长距离输送过程中损失较大（表1）。

“农场+用户”区域集中供暖模式是指由农场自行建设锅炉房、购进锅炉设备管网、收集秸秆原料，在为农场自身提供供暖尚有余额的情况下为附近居民提供集中供暖服务，达到增加农场收益、提高设备使用率的效果，河北省衡水市景县柯良农场即为此种模式（表1）。

表1 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)	供暖成本 (元/m ²)	当地燃煤供暖成本(元/m ²)
黑龙江省海伦市海北镇 ^[4]	第三方	村镇居民	20T	23.5	17.8	27.8
黑龙江省绥化县绥河镇 ^[4]	第三方	村镇居民	12T	6.0	20.7	38.8
吉林省农安县伏龙泉镇 ^[4]	第三方	村镇居民	6T	4.2	18.0	28.2
辽宁省铁岭市铁岭县新台子镇 ^[4]	第三方	村镇居民	10T	7.3	15.0	21.5
辽宁省朝阳市朝阳县贾家店农场 ^[20]	合作社	政府办公楼	RM03-2	0.4	24.6	42.5
黑龙江省肇东市五站镇东安村 [*]	村集体	村镇居民	4T	1.6	15.3	26.8
河北省衡水市景县 [*]	农场	居民小区	4T	3.1	14.4	25.3

数据来源：^{*}作者实地调查整理得到，其余来源于文献数据

1.2 模式特点

各地秸秆打捆直燃集中供暖的实践经验表明，该供暖模式具有秸秆处理量大、工艺简单、成本低廉等突出优点。

1.2.1 原料丰富，当季消纳大量秸秆

秸秆打捆直燃集中供暖期与秸秆收储期吻合，秸秆收获后可就近就地随收随用，可降低秸秆利用成本。其供暖锅炉所用燃料唯一，只燃用打包成捆玉米秸秆、小麦秸秆等农作物秸秆，不可燃用其他物料。秸秆打捆直燃集中供暖站投资建成后，即可持续消耗废弃秸秆。不同型号的锅炉在供暖季根据供暖区域范围的不同，每小时可消耗285~2900kg秸秆原料，秸秆消耗量大。由于供暖锅炉可消耗大量闲置废弃秸秆，并且锅炉使用期与秸秆收获期相互吻合，秸秆打捆直燃集中供暖站一旦投入运行，可有效缓解区域秸秆禁烧压力，并为企业和农户提供必要的生产生活用能。

1.2.2 操作简便，燃料成本低

与秸秆成型燃料集中供暖模式相比，秸秆打捆直燃集中供暖模式无需压块成型，秸秆捆不经任何处理即可直接放入供暖锅炉燃烧供暖[22]，原料处理方式简单，生产成本低；直燃锅炉操作简便，换热效果好，运行成本低，企业获利空间大。与煤炭锅炉相比，秸秆打捆直燃集中供暖模式运行费用低，供热成本20元/m²左右，单位面积供暖成本比燃煤约低14元左右[6]。

1.2.3 丰富清洁供暖方式，促进生物质能分布式供暖发展

《北方地区冬季清洁取暖规划》（2017—2021）提出，为满足用户清洁取暖需求，可采取天然气、电、清洁燃煤集中供暖，也可采用可再生能源等其他清洁供暖方式。可再生能源供暖中的生物质能供暖主要包括生物质热电联产和生物质锅炉供暖，目前发展较为成熟的是生物质成型燃料供暖[23]，秸秆打捆直燃集中供暖则属于生物质能清洁供暖中近几年兴起的清洁供暖方式，发展潜力大。发展秸秆打捆直燃集中供暖能够丰富北方地区清洁供暖方式，有利于促进生物质能分布式供暖产业发展。

1.2.4 零碳排放，灰渣可实现还田利用

秸秆属于可再生的生物质能源，从全生命周期角度来看，燃烧后可实现零碳排放。秸秆中的硫、灰分含量低，与燃煤供暖锅炉相比，秸秆直燃锅炉在秸秆充分燃烧的状态下可大大减少二氧化硫、氮氧化物主要空气污染物排放以及二氧化碳、氧化亚氮等主要温室气体排放，具有显著的环保优势[24][25]。秸秆直燃锅炉配备除尘器装置后，可使其污染物排放量低于燃煤锅炉，符合国家排放标准。如，铁岭众缘秸秆直燃锅炉在全国已累计推广应用71台，年消耗秸秆达12.5万t，秸秆直燃锅炉排放的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、烟气黑度等各项指标均符合GB13271-2014《锅炉大气污染物排放标准》要求。此外，秸秆燃烧后的灰渣可作为钾肥还田，实现“秸秆 燃料 肥料”循环利用。

2 秸秆打捆直燃集中供暖模式综合效益评价——以“农场+用户”区域集中供暖模式为例

为进一步明晰秸秆打捆直燃集中供暖模式的综合效益，该文以“农场+用户”区域集中供暖模式——河北省衡水市景县柯良农场为例进行综合评价。

柯良农场位于河北省衡水市景县，2019年该县农作物秸秆理论资源可收集量84.7万t，综合利用总量达82.2万t，综合利用率97%。近年来，该县积极开展秸秆综合利用，推广秸秆利用新技术，创新秸秆利用模式，提高秸秆综合利用水平。建立了多个秸秆综合利用试点，推动秸秆工业化、产业化发展，逐步形成布局合理、多元利用的秸秆综合利用新格局。柯良农场就是在县政府的帮助下，成功申报了生物质秸秆集中供热试点项目，通过搭建秸秆打捆直燃锅炉、供暖管网及配套设施，并利用合作社收储的周边村落作物秸秆，实现周边农村新民居清洁取暖。

柯良农场位于景县温城乡苏院村，主要经营温室大棚火龙果、蔬菜，兼营秸秆收储与秸秆饲料销售等。该乡耕地面积4433hm²(66495亩)，以种植小麦、玉米等粮食作物为主，粮食收获后产生大量农作物秸秆大多堆放在田间地头或作为其他用途。2019年柯良农场作为秸秆打捆直燃供暖试点，在政府支持资助下，免费引进一台1t/h的秸秆直燃锅炉，为农场温室大棚以及办公区、住房区供暖。由于试点供暖效果良好且处置了该乡大量闲置的秸秆，柯良农场于2020年又在政府支持下免费引进一台辽宁众缘牌4t/h秸秆直燃锅炉，为附近的回迁小区集中供暖，一个采暖季约消耗2200t小麦秸秆。回迁小区初始设计供暖户数400户，户均供暖面积120m²，供暖温度可达16~20℃。2020年冬季实际供暖户数260户，实际供暖面积约3万m²，预计3年后可实现满负荷运行。

2.1 经济效益评价

2.1.1 实际供暖经济效益概算

(1) 供暖成本概算。该项目初始投资的设备和设施包括锅炉、锅炉房、供暖管网、暖气片等。以上设备和设施由当地政府投资引进资助，投资额300万元，柯良农场实际承担成本为0元。

原料成本主要为秸秆收储成本。综合考虑秸秆打包机等设备折旧、燃油、工人工资等支出项目，玉米秸秆收储运费约为120元/t，小麦秸秆收储运费约150元/t。4t/h的秸秆直燃锅炉在一个采暖季（当地为4个月）需2200t小麦秸秆，原料成本共计33万元。

在运行成本方面，人工成本4万元，主要用于锅炉工人工资支出；锅炉除尘等用电成本共计8万元；供暖用水可循环使用，一个采暖季可消耗水20t左右，水费2.5元/t，基本可忽略不计。

综上，柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖项目的总运行成本约45万元。具体项目运行费用预算详见表2。

表2 柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖项目经济效益概算

项目	建设内容	单位	金额
总投资	厂房、设备、管网设施等	万元	300
运行成本	原料	万元	33
	用电	万元	8
	人工	万元	4
	总成本	万元	45
采暖收入	供暖时长	月	4
	供暖户数	户	260
	户均供暖面积	m ²	120
	采暖费用	元/m ²	17
	户均采暖费用	元	2 040
	采暖总收入	万元	53.04
农场实际年利润	—	万元	8.04

数据来源：作者实地调查整理得到

(2) 采暖收入概算。项目目前的实际供暖户数260户，户均供暖面积120m²，按照17元/m²的标准收费，户均采暖费约2040元，整个供暖季的收入为53.04万元（表2）。由表2可知该农场的4t/h秸秆直燃锅炉运行成本为45万元，则该项目目前整个采暖季可盈利8.04万元。

在不考虑秸秆直燃锅炉的设施设备折旧的情况下，预计3年后该小区住户可达到400户，供暖收费将达81.6万元。锅炉运行成本变化不大，则该供暖站在全负荷运行时盈利可达36.6万元。

调查表明，当地采用清洁煤供暖时，一个采暖季户均采暖费支出2500元左右；采用天然气供暖时，一个采暖季户均取暖支出约4500元，均高于采用秸秆直燃锅炉集中供暖模式时的采暖支出。

2.1.2 假定条件下的经济效益概算

如上所述，柯良农场在供暖锅炉、管网等初始投资成本为0元、周边农户对秸秆不收取费用的情况下，其秸秆打捆直燃集中供暖项目可实现盈利。假定以上投资和原料成本均不为0元，尝试计算该项目的经济效益。

假定条件：假设供暖锅炉、锅炉房等设备和设施均由农场投资建设，且随着周边秸秆综合利用产业的发展 and 冲击，农民不再同意免费提供秸秆，农场收集秸秆需要付费。参考周边秸秆价格，假定秸秆收购价格为300元/hm²（20元/亩）。当地种植0.3hm²（4亩）小麦可收集1t小麦秸秆，即1t小麦秸秆价格为80元，则该项目原料收购成本将增加17.6万元。此外，4t/h秸秆直燃锅炉进行集中供暖的初始投资为300万元，按锅炉以及管网设施平均使用寿命15年计算，平均每年的折旧费是20万元（表3）。

假定条件下的经济效益计算：计算显示，在以上假定条件下，该供暖项目在实现满负荷运行时一个采暖季预计将亏

损1万元（表3）。这说明政府的支持政策对于秸秆打捆直燃集中供暖模式的推广和应用起到至关重要的作用。同时，也说明各地在布局秸秆综合利用项目时应科学统筹、合理规划，避免出现因秸秆综合利用项目乱上马而出现的争原料、哄抬秸秆价格等现象。

表3 不同假定条件下的经济性分析

项目(按一个采暖季计)	不考虑初始投资、折旧以及秸秆收购价(万元)	考虑初始投资和折旧以及秸秆收购价(万元)
厂房、设备、管网设施等总投资	0	300.0
设备设施折旧费	0	20.0
秸秆收购价	0	17.6
日常运行成本	45.0	45.0
运行总成本	45.0	82.6
满负荷运行供暖总收入	81.6	81.6
年收益	36.6	-1.0

数据来源：作者实地调查整理得到

2.2环境效益评价

分析显示，柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖项目可实现良好的环境效益。

一是节能减排效果好。根据中国工程院和生态环境部《民用煤大气污染物排放清单编制技术指南》提供的数据，节约1t标准煤，可减少二氧化碳2.493t，二氧化硫10.36kg，氮氧化物2.24kg、颗粒物15.12kg，生物质能减排按照替代化石能源折合标煤量进行测算，其秸秆打捆直燃折合标煤量为0.5kgce/kg[26]。由此可知，整个采暖季，柯良农场消耗2200t小麦秸秆，可替代1100t标煤，实现减排二氧化碳2742.3t，二氧化硫11396kg，氮氧化物2464kg、颗粒物16632kg。（表4）。

表4 柯良农场秸秆打捆直燃集中供暖模式环境效益分析

污染物排放量	减排因子	秸秆打捆直燃减排量
二氧化碳排放(t)	2.493	2 742.3
二氧化硫排放(kg)	10.36	11 396
氮氧化物排放(kg)	2.24	2 464
颗粒物排放(kg)	15.12	16 632

数据来源：《民用煤大气污染物排放清单编制技术指南》

二是村庄环境质量得到改善。该农场一年可收集周边秸秆约4000t，除进行秸秆打捆直燃集中供暖外，其余主要用于农场土壤肥料、畜禽饲料，大大降低了该地区因焚烧废弃秸秆产生的环境污染风险。根据该锅炉燃烧污染物排放检测的实测数据可知，二氧化硫排放浓度为53.67mg/m³，氮氧化物排放浓度为108.17mg/m³。王艳等在测算秸秆露天焚烧典型大气污染物排放因子测得，二氧化硫排放因子0.11~0.89g/kg、氮氧化物排放因子0.72~3.86g/kg[27]。换算对比可知，秸秆打捆直燃集中供暖环境污染度更低。此外，通过秸秆综合利用也达到了改变村庄秸秆乱堆乱放现象、整治村庄环境的目的。

三是促进当地农业绿色发展。秸秆燃烧后的灰渣是很好的钾肥，可作为农场以及周边农田的还田肥料，提升土地肥力，有利于作物养分吸引，可对促进当地农业绿色发挥积极作用。据调查，农场种植的韭菜等蔬菜品种在使用秸秆草木灰以后，病虫害明显减少，品质也得到了提升。

2.3社会效益评价

首先，柯良农场采用的“农场+用户”区域集中供暖模式为当地政府推广秸秆打捆直燃项目提供了良好的示范作用。柯良农场作为当地秸秆打捆直燃项目的示范点，为推广该项目积累了一手资料，形成了宝贵经验，为当地政府开展

秸秆综合利用提供了重要的决策依据。同时，也为政府节约因禁烧秸秆采取各种措施而形成的大量社会费用，降低秸秆禁烧成本和农户生活用能成本。

其次，该项目为周边农民提供了就业机会，解决了部分农民工返乡就业问题。调查显示，该农场在秸秆收储运环节需要农机手12人、卡车司机6人，锅炉运行维护工2人，可实现一个采暖季平均每人增收8000~12000元。

再次，对于柯良农场而言，目前秸秆本身不收取任何费用，农场只需要承担收储运费，降低了农场运行成本。对于取暖用户来说，秸秆打捆直燃供暖采暖费相比燃煤取暖和天然气取暖费用更低，这不仅节省了居民生活支出，而且用户普遍反映供暖温度稳定，与燃煤供暖相比，没有煤烟味，用户认可度和满意度很高。

3发展建议

秸秆打捆直燃集中供暖模式在我国仍处于起步阶段，在技术环节和运行环节还存在一些问题亟待解决，如，直燃锅炉除尘器装置、换热系统等技术水平有待提高；供暖模式需要进一步归纳总结和创新；技术推广宣传力度不足等。为促进秸秆打捆直燃集中供暖模式发展，该文特提出发展建议如下。

3.1将秸秆打捆直燃集中供暖技术纳入北方地区分布式供暖主推技术

2017年发布的《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021年）》中明确提出要加快发展生物质锅炉供暖。规划从发布到现在，经过3年的发展，生物质能清洁供暖有了一个跨越式的发展。在《促进生物质能供热发展指导意见的通知》（发改能源〔2017〕2123号）提到加快发展生物质锅炉供暖，随后在《关于做好2018—2019年采暖季清洁供暖工作的通知》（国能发电力〔2018〕77号）也提到要积极扩大可再生能源供暖规模，探索创新清洁供暖模式。在大力推进北方地区清洁供暖的趋势下，秸秆打捆直燃集中供暖是大势所趋，要努力推动该技术成为我国分布式供暖项目的主推技术之一。

3.2提高秸秆打捆直燃技术水平

秸秆打捆直燃集中供暖技术在我国最近几年才发展起来，在某些关键技术研发上还存在不足，锅炉除尘器装置、换热系统等技术水平都有待提高。目前，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、废气排放等废弃物排放，不断提高秸秆打捆直燃集中供暖技术水平。

3.3不断优化和创新秸秆打捆直燃集中供暖具体模式

“企业+用户”的合同能源管理模式，“合作社+用户”合作社运营模式，“村集体+用户”以及“农场+用户”的区域集中供暖模式等秸秆打捆直燃集中供暖模式都在不同地区得到了一定的应用和推广。由于地域性、政策支持力度、锅炉类型、供暖效果、供暖收费标准等多方面的差异，采取集中供暖模式也有所区别。由于目前该技术还处于大力推广阶段，为了促进当地生物质能集中供暖产业的发展，需要根据当地情况，因地制宜，不断优化和创新模式，并能够总结归纳出最适宜的模式。

3.4加大模式宣传，提高政府和农户认知度

充分利用各方优势开展秸秆打捆直燃集中供暖模式宣传活动，通过重点宣传和示范引导，提高基层政府人员以及农户的认知度。首先，大力宣传秸秆打捆直燃集中供暖模式扶持政策，让更多的专业合作社、供暖企业了解开展此模式运用所能享受的优惠政策，调动基层政府其参与推广积极性。其次，发挥好电视、互联网等媒介的作用，利用现场会、科普宣传栏、发放宣传资料等多渠道宣传秸秆打捆直燃集中供暖模式的优越性、技术路线、实施要点、技术支持等内容，让农民群众充分了解和认识该模式的经济可行性，为推广秸秆打捆直燃集中供暖模式打下坚实的群众基础。此外，可使用对比算账法向基层领导、供暖公司、农民等宣传秸秆打捆直燃集中供暖模式的优势所在，并向其传授秸秆打捆直燃集中供暖试点的成功经验，把秸秆减排利用做成当地政府的民生工程、民心工程。

参考文献

- [1] 卫洪建, 杨晴, 李佳硕, 等. 中国农作物秸秆资源时空分布及其产率变化分析. 可再生能源, 2019, 37(9): 1265-1273.
- [2] 毕于运, 高春雨, 王红彦, 等. 我国农作物秸秆离田多元化利用现状与策略. 中国农业资源与区划, 2019, 40(9): 1-11.
- [3] 农业农村部. 2019年度农作物秸秆综合利用分析报告, 2020.
- [4] 丛宏斌, 姚宗路, 赵立欣, 等. 基于价值工程原理的乡村秸秆清洁供暖技术经济评价. 农业工程学报, 2019, 35(9): 200-205.
- [5] 刘圣勇, 白冰, 刘小二, 等. 生物质捆烧锅炉的设计与研究. 太阳能学报, 2010, 31(12): 1527-1531.
- [6] 裴占江, 刘杰, 史凤梅, 等. 东北地区秸秆打捆直燃供暖案例及效益分析. 黑龙江农业科学, 2019, 306(12): 111-113, 118.
- [7] 贾吉秀, 姚宗路, 赵立欣, 等. 秸秆捆烧锅炉设计及其排放特性研究. 农业工程学报, 2019, 35(22): 148-153.
- [8] 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. 农业工程学报, 2020, 36(16): 222-230.
- [9] 张晶, 刘圣勇, 王炯, 等. 国内外生物质捆烧技术及设备的研究现状. 工业锅炉, 2015, 154(6): 10-15.
- [10] 邓云, 姚宗路, 梁栋, 等. 秸秆捆烧技术研究现状与展望. 现代化工, 2020, 40(7): 55-59, 64.
- [11] 王炯. 秸秆捆烧特性研究及除尘系统设计[硕士论文]. 河南农业大学, 2018.
- [12] 王旭雄, 林剑锋, 杨静, 等. 基于打捆秸秆为原料的清洁供暖新模式的应用与分析. 农业开发与装备, 2018, 204(12): 102-103, 135.
- [13] 鲁建华. 秸秆综合利用秸秆打捆直燃集中供暖模式. 农家科技(下旬刊), 2018(11): 212.
- [14] 别如山. 生物质供热国内外现状、发展前景与建议. 工业锅炉, 2018, 167(1): 1-8.
- [15] Repić B S, Dakić D V, Erić A M, et al. Investigation of the cigar burner combustion system for baled biomass. Biomass and Bioenergy, 2013, 58: 10-19.
- [16] Repić B, Dakić D, Djurović D, et al. Development of a boiler for small straw bales combustion. Paths to Sustainable Energy, 2010: 647-664.
- [17] Giada Venturini, Amalia Pizarro-Alonso, Marie Münster. How to maximise the value of residual biomass resources: The case of straw in Denmark. Applied Energy, 2019(250): 369-388.
- [18] Obernberger I. Decentralized biomass combustion: State of the art and future development. Biomass Biomass Bioenergy 1998, 14(1): 33-56.
- [19] Kavalov B, Peteves S D. Bioheat applications in the European Union: An analysis and perspective for 2010. European Commission, Directorate-General Joint Research Centre. Institute for Energy, 2004.
- [20] 周腰华, 赖晓璐, 潘荣光. 玉米秸秆能源化利用: 模式、问题与政策建议——基于辽宁省的调查. 辽宁农业科学 2018, 3(2): 41-44.
- [21] 南秀杰. 突破节能减排生物质锅炉核心技术. 辽宁化工, 2016, 45(1): 45-47, 49.
- [22] 单明, 张双奇, 邓梦思, 等. 生物质成型燃料用于北方村镇清洁取暖的技术与模式. 区域供热, 2018, 192(1): 6-10, 43.
- [23] 高立伟, 刘联胜, 王冬计, 等. 基于秸秆压块的“互联网+区域性分户供暖”模式研究. 可再生能源, 2017, 35(6): 824-832.
- [24] 霍丽丽, 田宜水, 赵立欣, 等. 农作物秸秆原料物理特性及测试方法研究. 可再生能源, 2011, 29(6): 86-92.
- [25] 王亚静, 王飞, 石祖梁, 等. 基于农业供给侧结构性改革背景的秸秆资源与利用研究. 中国农业资源与区划, 2017, 38(6): 13-20.
- [26] 中国工程院, 生态环境部. 民用煤大气污染物排放清单编制技术指南. 2016.
- [27] 王艳, 郝伟伟, 程轲, 等. 秸秆露天焚烧典型大气污染物排放因子. 中国环境科学, 2018, 38(6): 2055-2061.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/192389.html>