



裴占江,刘杰,史风梅,等.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.

# 东北地区秸秆打捆直燃供暖案例及效益分析

裴占江<sup>1,2</sup>,刘杰<sup>2</sup>,史风梅<sup>2</sup>,王粟<sup>2</sup>,高亚冰<sup>2</sup>,吴晓春<sup>3</sup>,李冰峰<sup>3</sup>,刘长军<sup>4</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 博士后科研工作站,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院 农村能源与环保研究所/农业部种养循环重点实验室/黑龙江省秸秆能源化重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086;3. 农业部农业生态与资源保护总站,北京 100125;4. 黑龙江省农村能源总站,黑龙江 哈尔滨 150008)

**摘要:**东北地区每年产生大量秸秆,据测算,辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古四省区的可收集秸秆量 2 亿  $t \cdot a^{-1}$ 、占全国的 24.4%,其中黑龙江省的可收集秸秆量 1.1 亿  $t \cdot a^{-1}$ 、占四省区的 52.1%。虽然国家和地方出台了一系列禁止露天焚烧秸秆的规定,采取了严格的禁烧措施,同时也投入了大量资金支持秸秆综合利用工作,当面临着大量的秸秆离田处理压力和春季紧张的农事安排,面对农民的诉求,个别省份仍然会留有露天焚烧秸秆的窗口期。针对上述情况,本文对黑龙江、辽宁等地的秸秆直燃锅炉实际运行效果进行了现场调研。首先对东北地区秸秆直燃锅炉供暖案例进行了实地调研,其次对东北地区秸秆直燃锅炉的经济效益、社会效益和环境效益进行了分析,最后针对秸秆直燃锅炉的发展提出了具体对策和措施。

**关键词:**秸秆;打捆直燃;效益;供暖

东北地区是我国重要的商品粮生产基地,每年在提供大量的商品粮的同时,也产生着大量的玉米、水稻等作物秸秆<sup>[1]</sup>。该地区一年一作、气候冷凉,大量秸秆连年还田腐解不彻底易影响后续耕作,同时秸秆离田成本高、利用价值低,导致秸秆成为农业生产废弃物。由于得不到及时有效处理,秸秆露天焚烧影响环境的问题在该区域时有发生,秸秆禁烧和综合利用任务十分艰巨<sup>[2]</sup>。据测算,辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古四省区的可收集秸秆量 2 亿  $t \cdot a^{-1}$ 、占全国的 24.4%,其中黑龙江省的可收集秸秆量 1.1 亿  $t \cdot a^{-1}$ 、占四省区的 52.1%<sup>[3]</sup>。目前,辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古的秸秆利用率分别为 84.7%、75.7%和 64.1%和 82.5%,其中黑龙江和吉林两省的秸秆利用率明显低于全国平均水平。为保护大气环境,国家和地方出台了一系列禁止露天焚烧秸秆的规定,采取了严格的禁烧措施,同时也投入了大量资金支持秸秆综合利用工作<sup>[4]</sup>。以黑龙江为例,2018 年共投入秸秆综合利用资金近 100 亿元(省级、市县级和社会资金分别为 27.8 亿、28.3 亿和 38.7 亿

元),但也仅提高秸秆综合利用率 6 百分点(689 万 t)。当面临着大量的秸秆离田处理压力和春季紧张的农事安排,面对农民的述求,个别省份仍然会留有露天焚烧秸秆的窗口期。此举虽然确保了农时,维护了农民的利益,但同时也影响了政府的公信力和初步建立起来的市场秩序。

鉴于上述情况,为加快解决东北地区秸秆利用问题,本文对黑龙江、辽宁等地的秸秆直燃锅炉实际运行效果进行了现场调研。

## 2 东北地区秸秆直燃供暖案例

### 2.1 黑龙江省海伦市海北镇集中供热项目

该项目供暖面积 23.5 万  $m^2$ ,采用 20 t 打捆直燃锅炉供热。改造前采用同吨位燃煤锅炉,每年燃煤 8 225 t,煤单价 650 元  $\cdot t^{-1}$ ,燃料成本在 534.6 万元,供热燃料成本 22.8 元  $\cdot m^{-2}$ ,加上人工等费用,供热成本在 27.8 元  $\cdot m^{-2}$ ;改造后,每年消耗秸秆 2 万 t,秸秆 150 元  $\cdot t^{-1}$ ,每年燃料费用 300 万元,燃料成本相当于 12.8 元  $\cdot m^{-2}$ ,加上机械、人工等费用,供热成本 17.8 元  $\cdot m^{-2}$ 。该供热模式与传统燃煤供热模式相比,节约 10 元  $\cdot m^{-2}$ ,该项目每年节约可达 235 万元。该项目改造费用 325 万元,据此计算,1.5 个供暖季可回收改造成本。

### 2.2 黑龙江省绥棱县绥棱镇集中供热项目

该项目供暖面积 6 万  $m^2$ ,采用 12 t 打捆直燃锅炉供热。改造前采用同吨位燃煤锅炉,每年燃

收稿日期:2019-08-05

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0501403);黑龙江省农业科学院院科学基金(2019CGJL009,2019KYJL013);黑龙江省博士后基金(LBH-Z15199)。

第一作者简介:裴占江(1980-),男,博士,副研究员,从事沼气的生产及利用研究。E-mail:neaupzj@163.com。

通讯作者:刘杰(1974-),男,博士,研究员,从事生物质能源的生产与利用研究。E-mail:Liujie@163.com。

煤 2 600 t, 煤单价 750 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 燃料成本在 195 万元, 供热燃料成本 32.5 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 加上人工等费用, 供热成本在 38.8 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>; 改造后, 每年消耗秸秆 8 000 t, 秸秆 150 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 每年燃料费用 120 万元, 燃料成本相当于 20 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 加上机械、人工等费用, 供热成本 20.7 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>。该供热模式与传统燃煤供热模式相比, 节约 18.1 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 该项目每年节约可达 108.6 万元。该项目改造费用 165 万元, 据此计算, 1.5 个供暖季可回收改造成本。

### 2.3 吉林省农安县伏龙泉镇佳伟家园供热项目

该项目供暖面积 4.2 万 m<sup>2</sup>, 采用 6 t 打捆直燃锅炉供暖。改造前采用同吨位燃煤锅炉, 每年燃煤 1 350 t, 煤 700 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 燃料成本在 94.5 万元, 供燃料成本 22.5 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>; 加上人工等费用, 供热成本在 28.2 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>; 改造后, 每年消耗秸秆 3 000 t, 秸秆 180 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 每年燃料费用 54 万元, 相当于燃料成本 12.9 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 加上人工、机械等费用, 供热成本 18 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>。该供热模式与传统燃煤供热模式相比, 节约 10.2 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 该项目每年节约可达 42.84 万元。该项目改造费用 85 万元, 据此计算, 2 个供暖季可回收改造成本。

### 2.4 辽宁省铁岭市铁岭县新台子镇集中供热项目

该项目供暖面积 7.3 万 m<sup>2</sup>, 采用 10 t 打捆直燃锅炉供热。改造前采用同吨位燃煤锅炉, 每年燃煤 1 700 t, 煤 650 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 燃料成本在 110.5 万元, 供热燃料成本 15.1 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 加上人工等费用, 供热成本在 21.5 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>; 改造后, 每年消耗秸秆 4 000 t, 秸秆 180 元 $\cdot$ t<sup>-1</sup>, 每年燃料费用 72 万元, 燃料成本相当于 9.87 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 加上机械、人工等费用, 供热成本 15 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>。该供热模式与传统燃煤供热模式相比, 节约 6.5 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>, 该项目每年节约可达 47.5 万元。该项目改造费用 137 万元, 据此计算, 3 个供暖季可回收改造成本。

## 3 东北地区秸秆直燃锅炉的效益分析

### 3.1 运行成本低廉且经济效益显著

一是与燃煤取暖相比, 秸秆打捆直燃供暖运行成本相对较低<sup>[5]</sup>。根据黑龙江省秸秆直燃锅炉运行情况, 平均每吨秸秆直燃锅炉造价 15 万元左右, 可带供热面积 7 500 m<sup>2</sup>, 每 1 m<sup>2</sup> 供暖消耗秸秆 65.0~100.0 kg(取决于秸秆含水量、锅炉热效率和供热方式)。采用秸秆打捆直燃供暖

方式, 供热成本 20 元 $\cdot$ m<sup>-2</sup>左右, 与燃煤相比, 单位面积供暖成本降低约 14 元左右, 通常可在 1.5 个供暖季收回锅炉改造成本<sup>[6]</sup>。如果按照锅炉使用寿命 10 a 计算, 长期运行的经济效益十分明显。二是秸秆直燃锅炉结构相对简单, 设备运行相对稳定, 对运维人员能力素质要求不高, 容易在农村地区推广普及<sup>[7]</sup>。

### 3.2 自然生态耦合性好且社会效益明显

一是秸秆消耗量大、利用率高。以 1 t 秸秆直燃锅炉为例, 在锅炉热效率均为 80% 的情况下。与秸秆固化燃料相比, 秸秆直燃锅炉可处理秸秆 251 kg $\cdot$ h<sup>-1</sup>, 而固化燃料锅炉仅可处理秸秆 198 kg $\cdot$ h<sup>-1</sup>, 可多处理秸秆 53 kg $\cdot$ h<sup>-1</sup><sup>[8]</sup>; 秸秆直燃由于不需要二次耗能, 将秸秆加工为成型颗粒燃料, 每吨燃料可节省加工和二次运输成本接近 300 元, 秸秆直燃锅炉供暖综合成本远低于秸秆压块锅炉。二是自然生态耦合性好。以黑龙江省为例, 每年的供暖期从 10 月中旬开始, 到第二年的 4 月中旬结束, 冬季供暖时间较长, 需要大量能源供暖; 秋收季从每年的 9 月中旬开始, 到 10 月中旬结束, 与供暖期恰好契合, 秸秆直燃锅炉的推广和应用能够有效解决秸秆露天焚烧问题, 不但不会影响第二年春耕, 而且秸秆燃烧后的灰烬又可作为肥料还田, 减少化肥投入。三是直燃锅炉仅适用于秸秆作为燃料, 对于禁烧而言, 具备一次性补贴, 长期管用的政策效果。

### 3.3 节能减排效果好且环保效益突出

一是燃烧热值高, 节能减排效果好。根据国际能源机构研究结果和热值换算, 每燃烧 2 t 农作物秸秆的热值相当于 1 t 标煤。按照直燃锅炉 1 000 万 t 秸秆处理能力, 每年可节约 500 万 t 标煤。根据污染物减排总量核算细则计算, 相当于减排二氧化碳 1 330 万 t, 二氧化硫 12 万 t, 氮氧化物 3.5 万 t。根据燃煤和秸秆排放标准《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2001) 和(GB13271-2014) 计算, 相当于减少颗粒物排放 5 250 t、二氧化硫排放 4.29 万 t、氮氧化物排放 3.15 万 t、燃烧废弃物 50 万 t。二是烟尘污染物超低排放, 环保效益突出。秸秆直燃二氧化硫排放浓度约为 7 mg $\cdot$ m<sup>-3</sup>, 氮氧化物的排放浓度约为 197 mg $\cdot$ m<sup>-3</sup>, 二者排放浓度均为燃煤的 1/3, 烟尘经冲击水浴除尘后排放浓度约为 48 mg $\cdot$ m<sup>-3</sup>, 远低于燃煤锅炉的 180 mg $\cdot$ m<sup>-3</sup> 和国家锅炉大气污染排放标准规定, 而且秸秆燃烧后灰渣极少, 极大

地减少堆放煤渣的场地面积和所产生的二次污染问题,环保效益显著<sup>[9]</sup>。三是秸秆直燃锅炉热效率高,利于促进农村清洁取暖。秸秆打捆直燃锅炉,可即开即停,操作简单方便,只需要将农作物秸秆打捆后直接燃烧,传热速度快,热效率可达80%以上,高于燃煤锅炉的68%。秸秆直燃锅炉不但无燃煤锅炉冒黑烟现象,清洁卫生,而且秸秆燃烧不腐蚀锅炉,可延长锅炉的使用寿命<sup>[10]</sup>。同时,秸秆直燃锅炉在结构上只能烧秸秆,不能烧煤,可有效避免生物质锅炉偷烧燃煤现象,利于促进农村清洁取暖<sup>[11]</sup>。

#### 4 发展秸秆直燃锅炉的对策措施

##### 4.1 加强政府监管,以禁促用,落实秸秆禁烧和燃煤管控工作

一是各级政府应进一步加强秸秆禁烧工作,明确秸秆综合利用和禁烧综合执法工作牵头单位,严格落实禁烧管理责任,成立工作组,建立村镇网格管理体系,压实责任,加强监督,实行常态化管理<sup>[12]</sup>。对秸秆露天焚烧违法行为加大惩罚力度,创造一道政策壁垒,通过严厉的惩戒手段和严格的监管制度,引导农民重视秸秆综合利用技术及模式的推广与发展,助力农村生态环境整治任务,逐步实现从“以禁促用”到“以用促禁”的转变<sup>[13]</sup>。二是从控制大气污染角度出发,将禁煤区域向村镇延伸,从源头上减少煤炭等化石燃料的消费,从而促进秸秆能源化技术推广。

##### 4.2 加强政策引导,循序渐进,逐步形成秸秆直燃供热氛围

以替代燃煤为主要方式:先试点性引导(政府投入占比3~5成),再示范性引导(政府投入占比2/5),最后政策性引导,市场化运行,企业自主运营。根据此前调研结果,按照锅炉改造成本1/3进行补贴(即补贴5万元·t<sup>-1</sup>),政府投入10亿元资金,带动社会资本20亿元,可建成2万t秸秆直燃锅炉,可供热1.5亿m<sup>2</sup>,供热需要消耗秸秆75kg·m<sup>-2</sup>,则可提升东北秸秆处理能力1000万t,秸秆综合利用率提高5个百分点,能够有效缓解东北四省区的秸秆综合处理压力,彻底解决东北四省区秸秆露天焚烧问题指日可待。

##### 4.3 强化创新支撑,巩固提升,形成推动产业发展的内生动力

尽管目前在东北地区有60多台套秸秆直燃锅炉在运行,并且也探索总结出了相应的成功经验,形成了典型案例和模式,但是就该项技术规模

化市场化发展而言,还存在技术装备、运行规范、排放标准等诸多方面的欠缺,尤其是在关键技术研发上,单靠企业自身的研发实力还不足以支撑产业发展。因此,在支撑保障上,建议政府通过设立重大研发资金立项引导,加快产学研结合,对秸秆直燃供热技术关键技术装备问题进行联合攻关,以满足未来市场发展需要。其次,注重引导企业加强项目运行管理,创新健全技术产品的服务模式,构筑项目运行管理评价体系,促进秸秆直燃锅炉行业快速健康发展。

#### 5 结论

秸秆直燃锅炉在东北四省区已与燃煤锅炉相比具有显著的经济效益、社会效益和环境效益,如果政府在政策上引导扶持、资金上支持,有组织、有监督的推广实施,能够促进秸秆直燃锅炉产业长期稳定发展。

#### 参考文献:

- [1] 梁武. 吉林省农作物秸秆综合利用研究[D]. 长春:吉林农业大学,2018.
- [2] 司开玲. 秸秆焚烧问题的话语建构及治理困境:一项文献研究[J]. 南京工业大学学报(社会科学版),2019,18(2):38-48,111.
- [3] 徐继国. 黑龙江省农业废弃物资源化利用问题研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [4] 覃诚. 中国秸秆禁烧管理与美国秸秆计划焚烧管理比较研究[D]. 北京:中国农业科学院,2019.
- [5] 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[J]. 辽宁农业科学,2018(2):41-44.
- [6] 王旭维,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[J]. 农业开发与装备,2018(12):102-103,135.
- [7] 田舜尧,阎维平,李永生. 利用电站锅炉耦合秸秆直燃炉提高再热汽温和SCR烟温经济性分析[J]. 热力发电,2019,48(2):9-15.
- [8] 杜鹏东. 生物质固化燃料锅炉控制系统综述[J]. 林业机械与木工设备,2013,41(8):23-26.
- [9] 任霄汉. 氯、氮、硫在生物质烘焙及燃烧过程中的释放规律[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2017.
- [10] 付成果. 秸秆燃料特性及清洁燃烧设备研究[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [11] 张晓先. 黑龙江省农作物秸秆资源化工程发展方略研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [12] 韩卓,宋颖,王彦文. 哈尔滨市做好秸秆禁烧和综合利用的对策研究[J]. 哈尔滨市委党校学报,2019(4):59-63.
- [13] 陈蒙蒙. 秸秆焚烧的法律规制[D]. 苏州:苏州大学,2014.

(下转第118页)

# Research on the Path of “Internet+ Agriculture” to Promote Rural Revitalization Strategy in Taizhou City

ZHANG Yue-lan, XU Jing-ya, WANG Fang, FEI Han-hua

(Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, China)

**Abstract:** The development of “Internet+ agriculture” is an important means to promote agricultural modernization and promote rural revitalization. In recent years, Taizhou City has adopted measures such as vigorously developing intelligent agriculture, building information services platform such as farming and animal husbandry, actively developing rural e-commerce, and training Internet plus talents through multiple channels, effectively promoting the integration of information technology and agricultural modernization, and promoting the development of “Internet+ agriculture”. However, due to the initial stage and lack of experience accumulation, there are still some problems in Taizhou’s “Internet+ agriculture”, such as the lack of integration of agriculture and the Internet, the immature mode of new formats, the lack of technology application, and the low level of industrial agglomeration of characteristic agriculture. In view of the shortage of all links in the agricultural industrial chain, various provinces and autonomous regions have made beneficial practice and exploration in the choice of “Internet+ agriculture”. Based on the characteristics of Taizhou’s agricultural development, this paper took effective measures to improve the “Internet plus agriculture” technology support, innovate regulation and control measures, build agricultural regional public brand, and strengthen farmers “Internet +” application ability training. It was of great significance to deepen the development of Taizhou’s “Internet+ agriculture”, promote the upgrading of its agriculture and promote the rural revitalization strategy in Taizhou City.

**Keywords:** Taizhou City; “Internet+ agriculture”; rural revitalization

(上接第 113 页)

## Heating Case and Benefit Analysis of Direct Combustion of Bundled Biomass in Northeast China

PEI Zhan-jiang<sup>1,2</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>, SHI Feng-mei<sup>2</sup>, WANG Su<sup>2</sup>, GAO Ya-bing<sup>2</sup>, WU Xiao-chun<sup>3</sup>, LI Bing-feng<sup>3</sup>, LIU Chang-jun<sup>4</sup>

(1. Postdoctoral Programme of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Rural Energy & Environmental Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Combining Farming and Animal Husbandry, Ministry of Agriculture, P. R. China, Key Laboratory of Energy Utilization of Main Crop Straw Resources, Harbin 150086, China; 3. Rural Energy & Environment Agency, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China; 4. Heilongjiang Rural Energy Station, Harbin 150086, China )

**Abstract:** A large amount of straw is produced in Northeast China every year. It is estimated that the amount of straw collected in Liaoning, Jilin, Heilongjiang and Inner Mongolia is 200 million tons per year, accounting for 24.4% of the country. And the amount of straw collected in Heilongjiang Province is 110 million tons per year, accounting for 52.1% of the four provinces and regions. Although the state and local governments have promulgated a series of regulations and adopted strict measures to prohibit open-air burning of straw. As the same time, a large amount of funds have been invested to support the comprehensive utilization of straw. Some provinces still permit a window period for open burning of straws to cater for the farmers when facing the difficulties in removal of straw from the field and the agricultural arrangements in spring. In response to the above situations, on-site investigations on the actual operation effect of straw direct-fired boilers in Heilongjiang Province and Liaoning Provinces were carried out. Firstly, the cases of straw direct-fired boiler heating in Northeast China were investigated on the spot. Secondly, the economic, social and environmental benefits of straw direct-fired boiler in Northeast China were analyzed. Finally, specific countermeasures and measures were put forward for the development of straw direct-fired boiler.

**Keywords:** straw; direct combustion of bundled biomass; benefit; heating