

第 2 篇 生物质能供暖（制冷）案例

2.1 安平集中供热项目

一、项目基本情况

(1) 项目概况。安平集中供热项目为利用生物质（秸秆）的热电联产项目。项目由河北中电京安节能环保科技有限公司建设，项目投资 5 亿元，占地 300 亩，建设一台高温高压 130t/h 生物质直燃锅炉，配一台 30MW 汽轮发电机组。设计年发电能力 2.4 亿 kWh，年供热能力 55 万 GJ。本工程是以生物质为燃料的热电联产项目，具有双向节能和环保作用，可以大量减少 SO₂ 的排放，秸秆中硫的含量为 0.08~0.25% 左右，相当于燃煤含量的 1/10。年耗秸秆约 30 万 t，年替代标准煤 20 万 t/年，全年可减少 CO₂ 排放约 52 万 t/年，给周边农民增收约 8000 万元。

(2) 资源情况。河北是农业大省，农作物秸秆产量有 5200 万 t，且分布广、种类多，长期以来一直没有得到很好的利用，相当一部分被作为废弃物随意遗弃或放火焚烧，不仅造成资源的极大浪费，而且严重污染环境。衡水市玉米年种植面积 380 万亩，玉米秸秆作为玉米生产的副产品，其产量约为 760 万 t，由于玉米秸秆不易腐烂且产量大，给农民收集、运输和存放带来了很大困难。因此，搞好秸秆综合利用，在环境保护和资源综合利用方面显得尤为迫切和重要。安平县城城区建筑面积 750 万 m²，年可得小麦秸秆 100 万 t，玉米秸秆 200 万 t，玉米芯 45.6 万 t，果树枝 36 万 t。

本项目可带来良好的社会效益和环境效益，首先有利于调整安平县能源利用的结构，缓解能源紧缺的危机，兼顾经济发展与环境保护，实现经济社会的可持续发展。其次有利于解决“三农”问题，对增加农民收入、提升农业效益、转移农村富余劳动力、繁荣农村经济具有极大的促进作用。再次，发展利用生物质（秸秆）的热电联产有利于增强安平县的工业实力，进而带动区域经济，乃至全市经济的快速发展。同时，本项目的实施对于缓解河北省及国家能源紧张，实现能源结构多元化、改善生态环境、促进社会主义新农村建设、增加农民收入均具有十分重要的意义。

二、技术路线及工艺流程

(1) 负荷情况。2016 年前全部由分散锅炉供热、地热供暖供热、电力、小火炉、土暖气等取暖，其中燃煤热水锅炉、燃气供暖设备大都存在设备老旧、效率低下、成本较高的特点，地热供暖是河北省实行保护性限额开采的项目，过度开采已经威胁到地热资源的可持续利用，存在巨大的供热市场。

2016 年开始建设生物质热电联产项目，2017 年投入使用。本项目采用“秸秆焚烧锅炉+汽轮发电机组”模式供热。锅炉采用水冷振动炉排秸秆直燃锅炉。水冷振动炉排炉是目前市场应用广泛的一种炉型，其具有运行稳定，技术成熟等特点。供热热量来源为机组循环水、烟气余热、主蒸汽抽汽加热三种模式，根据热负荷情况可采取三种模式组合使用。目前安平集中供热项目供热面积 284 万 m²，铺设一次管网 60km，为安平县城区 2 万余户居民提供优质的集中供热服务。

(2) 技术路线。该项目运用云计算、大数据、物联网、人工智能、5G 等先进技术，进行智慧供热，进一步实现了资源优化配置，同时城区居民实现了清洁能源取暖，绿色能源走进了千家万户。采取“政府引导+企业主导+收储运组织参与+种植户配合”的四方受益运行模式，将可收集利用的秸秆，打捆后运输到热力公司，将秸秆粉碎后投入生物质直燃锅炉进行发电，燃烧产生的热量为城区居民进行供暖季的集中供暖和产业区的热源和蒸汽供应。秸秆资源化利用，不仅带动了产业发展，还增加了就业机会，提高了农户的收入，使“生态包袱”变成“绿色财富”。

热电厂以树枝、玉米芯及玉米秸秆为主要燃料，排出的灰渣属于草木灰系列，其主要成分中钾含量较高，同时含有磷、钙、镁等多种元素，理论年排灰量 15891t，排渣量为 3973t，将其送到有机化肥厂与其他原料配合后，每年可生产约 20~30 万 t 生物有机肥，可减轻因施用化肥造成的农业生态环境破坏，促进农业生产的良性循环。

本项目燃料来源于周边农户，主要为果树剪枝、玉米秸秆、玉米芯的混合秸秆。项目 50km 半径范围内每年可得小麦秸秆 100 万 t，玉米秸秆 200 万 t，玉米芯 45.6 万 t，果树枝 36 万 t；由于小麦秸秆大部分还田，所以不考虑回收，果树枝条考虑运输损失及少量用于炊事燃料，按照 80%的回收率回收，玉米秸秆考虑运输损失及部分用于饲料（ $4 \times 0.005 \times 300 = 6$ 万 t）考虑 70%的回收率回收，50km 半径范围内可以收得玉米秸秆 140 万 t，玉米芯 31.9 万 t，果树枝 29 万 t。安平县位于河北省衡水市中部平原

地带，交通便利。全部乡村实现了公路的村村通，农耕道路发达，农田机械化程度达到 70%以上。由此，全市范围内形成了以国道、省道为骨架，县乡公路为依托，村村相连，路路相通，四通八达的交通网络。由汽车运输秸秆满足项目使用。

1. 主要设备参数：

130t/h 高温、高压水冷振动炉排锅炉技术参数如下：

台 数：	1 台
型 式：	高温高压水冷振动炉排秸秆锅炉
额定出力：	130t/h
额定蒸汽压力：	9.8MPa
额定蒸汽温度：	540℃
给水温度：	215℃
空气温度：	20℃
排烟温度：	130℃
锅炉效率：	≧90%

汽轮机

型 式：	单缸、冲动高温高压供热式汽轮机
型 号：	C30—8.83/0.98
新蒸汽压力：	8.83MPa
新蒸汽温度：	535℃
额定功率：	30MW
额定进汽量：	128t/h
额定抽汽压力：	0.98MPa（0.785~1.27MPa 可调）
抽汽温度：	280℃
数 量：	2 台

发电机

型 式：	三相交流可控硅励磁方式
型 号：	QF-35 型

额定功率:	35MW
额定电压:	10.5kV
功率因数:	0.8
冷却方式:	空冷
转 速:	3000r/min
数 量:	2 台

2. 工艺流程图

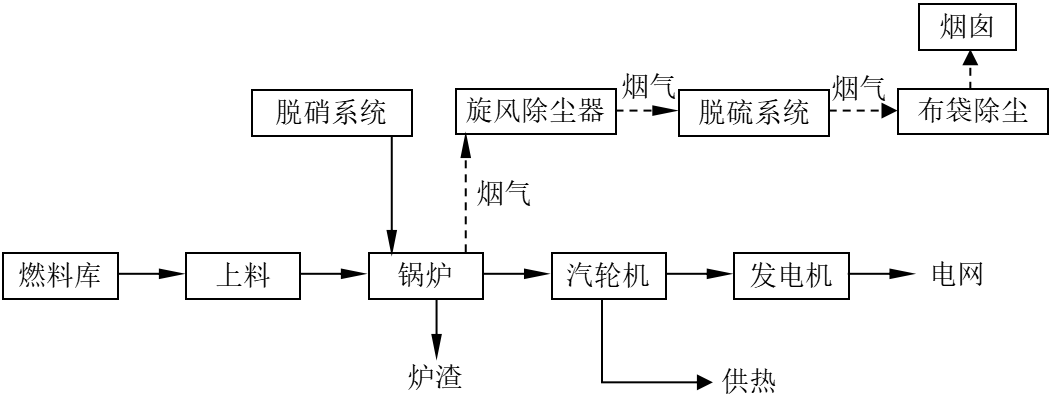


图 1 工艺流程图

3. 工艺流程说明

生物质燃料由燃料库送至运料系统，然后进入锅炉炉膛中燃烧，将经过除盐除氧预热的水加热成蒸汽，送入汽轮机作功，带动发电机发电，经变压器、配电装置用输电线路将电送往用户。从汽轮机中压缸出口抽汽，在汽轮机中压缸至低压缸的连通管上设供热调节阀，凝汽工况时，阀门全开，供热工况时，通过阀门开度变化来调节供热量，满足热负荷的要求。

项目自 2017 年运行至今消耗生物质燃料约 200 万 t，发电约 15 亿 kWh，输出热量约 200 万 GJ，为周边农户创造收入约 5 亿元。

三、运营模式

项目采取 PPP 模式建设，河北中电京安节能环保科技有限公司 2016 年 3 月 11 日与安平县签订《安平县城市集中供热 PPP 项目合作协议》，中电京安公司以特许经营模式进行项目建设和集中供热服务，经营期限为 30 年，30 年后交由当地政府经营。

供暖收费由地方主管部门审批，依据安发改〔2022〕199号文件：（1）居民集中供热价格为19元/m²；（2）低保户和特困职工集中供热价格15元/m²；（3）学校（公办）、养老福利机构等用户执行居民供热价格为19元/m²；（4）非居民集中供热价格执行25元/m²。

四、效益分析

（1）经济效益分析。

本项目年均营业收入18000万元，年均利润总额为3590万元，项目投资税前财务内部收益率为24.60%，税后财务内部收益率为20.10%，均大于设定的基准收益率，所得税前投资回收期为5.65年，所得税后投资回收期为6.31年，优于行业平均水平。

本项目是利用厂区周边农作物秸秆作为燃料进行综合利用，通过生物质锅炉进行发电项目。由于随着社会的发展，农村日常生活利用农作物秸秆利用率低，多数以在田间焚烧为主，既浪费了能源又对大气造成污染。为综合利用这部分生物质能源，新建本套生物质发电项目，可以有效地收集周边地区的农作物秸秆约30万t，既减少了污染又实现了农作物秸秆的废物利用，年为当地农民增加收入约9000万元，同时燃烧后的灰渣又可作为富钾肥回收。本项目也可带动当地的秸秆回收、运输等行业的就业，可从多方面提升当地的生产活力。

（2）社会效益分析。

促进环境保护事业的发展。项目全年可节约标准煤20万t，全年可减少CO₂排放约52万t/年；可以为当地树立起示范工程，对周边类似环境具有带动作用，促进周边区域的可持续发展；通过污染治理，可以改善当地环境卫生条件，可减少疾病发生率，创建优美环境，促进招商引资。

可带动相关行业的发展。项目对于我国的生物质能源生产工艺的提高，生物质能源生产设备的改进等都起到积极的推动作用，带动了生物质能源上下游产业的发展。

可解决部分劳动力的就业，促进社会稳定。本项目的建设可解决当地人员的就业和再就业问题，从而对解决人民的后顾之忧，促进社会的长治久安起到非常重要的作用。

五、突出亮点

该项具有良好的经济效益和广泛的社会效益。

1. 优化城市产业结构，促进经济发展，提升工业园区综合竞争力；
2. 充分利用企业经济资源、自然资源与社会资源，合理利用人力、物力和财力，取得最佳经济效益；
3. 提供更多就业机会，促进企业发展与社会稳定可以解决当地就业，除部分管理和技术人员外，其余人员均从当地招聘，可缓解当地的就业压力；
4. 该项目的建设能够提高劳动生产率，增强企业的市场竞争力。

2.2 庆安县 1×80MW 农林生物质热电联产示范项目

一、项目基本情况

项目名称：庆安县 1×80MW 农林生物质热电联产示范项目

类型：可再生能源供暖项目

规模：热源为 1×260t/h 高温、超高压生物质循环流化床锅炉，配 1×80MW 高温超高压一次再热生物质发电机组，供 288 万 m²城市集中供热

建设单位：黑龙江庆翔热电有限公司

总投资：66705 万元

建成运行时间：2021 年 6 月 10 日

所在地能源供应消纳条件：能消纳全部电能和余热热能

群众收入水平：职工收入水平稳步提升。

可再生能源资源条件：当地有足够用于机组使用的玉米秸秆和稻草

项目区生态环境敏感因素：无

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

我厂为 260t 锅炉与 80MW 汽轮发电机组，锅炉的额定蒸发量 260t/h，机组额定功率 80MW。在供暖期 6 个月中，机组能满负荷发电及供热。

2. 技术路线

以当地丰富的玉米秸秆和水稻秸秆为主要燃料（95%以上），采用大容量高参数生物质热电联产发电机组，以低真空供热方式承担城市集中供热的基本热负荷，其它背压机组作为调峰和补充，最大限度提高热效率，最大限度实现低碳供热。

3. 系统配置

装机参数：260t 高温超高压一次再热生物质锅炉+80MW 汽轮发电机

设备寿命：30 年

转换效率：全厂热效率 85%

系统性能：高

系统可靠性：安全可靠

智能控制：DCS 自动化控制

4. 运行情况

运行时间：2021 年 6 月 10 日首次并网成功，已安全运行 15 个月，度过了两个供暖期，承担了庆安县城 50%的供热负荷，成为庆安供热达标的可靠保障。

生物质燃料种类及数量：秸秆、稻草、稻壳、木片及其他生物质燃料，截止到 2023 年 12 月 31 日，共消耗生物质量为 636808t。

三、经营模式

投资方式：自有资金

价格政策：居民热费为 35.4 元/m²

非居民热费为 48.6 元/m²（庆价发〔2010〕25 号文件）

收费模式：按建筑面积收取供热费（庆价发〔2012〕9 号文件）

交易模式：微信缴费、银行缴费、企业窗口缴费

经营方式：热电联产集中供热特许经营

四、效益分析

我公司生物质项目（以 2023 年为例）年发电量为 21343.65 万 kWh，年上网电量为 19217.83kWh。产生经济效益约 1.44 亿元。利用发电产生的余热为城区供暖 288 万 m²，产生经济效益约 1 亿元。本项目除了可观经济效益外，可节约不可再生能源煤炭约 20 万 t，减少 SO₂ 排放量约 1700t。因其生物质燃料平均含硫量远小于煤的含硫量，氮氧化物排放量很低，与生物质自然分解条件下的排放量相当，还有利于环境保护的可持续发展。同时本项目能实现生物质残渣的无害化处理，与传统的处理方式相比，减少有害气体甲烷等温室气体排放浓度，是落实国家节约能源和环境保护政策，实现发展低碳循环经济的实际举措。

五、突出亮点

1. 机组采用大容量机组：全国最大生物质锅炉，最大生物质发电机组，单机容量全国第一。

2. 高参数机组：高温超高压一次再热，主蒸汽参数在生物质发电项目中最高。

3. 机组热效率高：机组纯凝发电热耗 8397kJ/kWh，远低于其它生物质发电机组。
4. 余热充分利用：汽轮机排汽余热 100%全部用于城市集中供暖，降低了汽轮机凝气热损失。
5. 纯燃 100%玉米和水稻秸秆实现热电联产。

六、存在的问题及建议

1. 个别农户担心打包机压实土地影响第二年播种，不支持打包机进场打包秸秆，导致冬季燃料收储困难。
2. 燃料存储场地有限，冬季收储燃料只够一个取暖季用量，5-10 月是无秸秆收储季节，存在无燃料可烧被迫停炉停机的风险。
3. 上网电价补贴部分始终拖欠，给企业造成很大经济负担，希望政府考虑企业困难，尽快补发拖欠的电价补贴。

2.3 泰来九洲兴泰生物质热电有限责任公司可再生能源供热综合利用项目

一、项目基本情况

项目名称：泰来九洲兴泰生物质热电有限责任公司 2×40MW 农林生物质热电联产示范项目

类型：可再生能源供热综合利用项目

规模：新建 2 台 150t/h 高温超高压循环流化床生物质锅炉+2 台 40MW 高温超高压中间再热高背压凝式汽轮发电机组。建设地点位于泰来县南工业园区内。规划总装机容量 2×40MW，采用哈尔滨电气股份有限公司生产的高温超高压、一次中间再热、单排汽、抽汽凝汽式汽轮发电机组，年设计发电小时数为 6500～7000h。电站接入 220kV 电站升压站 10kV 侧，升压 220kV 后，经送出线路（两回 220kV 线路接入 220kV 泰中变 220kV 母线）。投产后每年可增发电量 5～5.6 亿 kWh，预计上网电量 4.5～5 亿 kWh。本工程建成投产后，将解决 373 万 m² 的供热面积。目前供热面积 280 万 m²，本工程冬季采用汽轮发电机组低真空供热（高背压 36kPa）方式运行，供/回水温度为 70～75℃/45～50℃，供/回水压力 0.8MPa/0.2MPa。极寒天气采用汽轮机抽汽加热热网循环水系统辅助完成，供暖综合热指标按照 52W/m² 计算。两台锅炉年消耗秸秆量 65～70 万 t。

建设单位：泰来九洲兴泰生物质热电有限责任公司是哈尔滨九洲电气股份有限公司全资子公司，哈尔滨九洲电气股份有限公司创立于 1993 年，长期致力于可再生能源开发利用、综合能源系统集成、及其关键电气产品制造三个业务。可再生能源业务：开发、建设和运营可再生能源系统，包括风能、太阳能、水力、地热能、海洋能、生物质能、废物焚化发电和冷热电三联供。还提供清洁低碳、安全高效的可再生能源解决方案，包括提供专业化系统分析，个性化技术设计，优化设计方案，完整的产业供应链管理，工程施工、投资预算、效益分析、创新的金融服务、持续稳定运营维护。

总投资：7.6 亿元人民币（含电力送出及供热管网）

建成运行时间：2#机组 2022 年 1 月 21 日、1#机组 2022 年 6 月 29 日

所在地能源供应消纳条件：泰来县及周边主要生物质燃料为玉米秸秆、稻草及芦苇，燃料供应充足，每年消纳燃料约 65~70 万 t。

群众收入水平：燃料平均按照 220 元/t 核算，增加当地农民收入 1.43~1.54 亿元。

可再生能源资源条件：泰来的农业生物质剩余物主要以玉米秸秆和水稻秸秆为主，还有部分林业剩余物。根据泰来农业局、统计局统计，2017 年该区玉米秸秆资源总量约 115.52 万 t/年，其中，3 万 t/年用于肥料化、原料化及燃料化等消耗，剩余的可收集用于生物质发电的玉米秸秆资源量约 112.52 万 t/年，水稻秸秆的资源量也非常可观，水稻秸秆约 95.68 万 t/年。根据项目初期燃料供应调研报告泰来县及周边 100km 内满足本项目燃料用量。

项目区生态环境敏感因素：按环评要求达标排放。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

负荷情况：目前，在整个泰来县的建筑供热面积为 373 万 m²，其中：住宅面积 301.03 万 m²，其他（办公、学校、旅店和商场等）公用类建筑面积为 49 万 m²；在这些建筑中，20%的建筑为未采取节能措施的原有建筑，80%的建筑为近年来新建并采取节能措施的建筑。

用能场景：新建两台 150t/h 高温超高压循环流化床生物质锅炉+两台 40MW 高温超高压中间再热凝式汽轮发电机组。建设地点位于泰来县南工业园区内。非供暖季纯凝发电，供暖季热电联产满足泰来县城区冬季供暖，同时可以向工业园区内用蒸汽用户提供蒸汽。

用能需求：泰来县县城北区现有 3×75t/h 循环流化床生物质锅炉+3×12MW 抽凝式汽轮机组，其供热面积 170 万 k m²，由于设备老旧、出力不足，无法满足供热需求。县城南部经济开发区内现有 2×58MW 热水锅炉，20 蒸吨以下脱硫脱硝改造燃煤锅炉一台，由于燃料资源不足、煤炭成本较高，现考虑采用生物质热电联产余热供暖替代其原有热源，同时弥补北区供热不足的现状。作为市政重要的基础设施，利用现有管网和泵站，更好地实现南、北区管网联通，北区热源和南区热源联合供热，保证供热

安全性。生物质可再生能源供热综合利用，利用生物质发电同时供热，实现热电联产。

2. 项目的技术路线

技术思路：采用高参数汽轮发电机组和高参数循环流化床生物质锅炉，高温超高压一次再热机组相比较高温高压机组能提高 5%热效率，一般高温高压机组纯凝工况下热效率在 30%左右，高温超高压一次再热机组纯凝工况下在 35%左右。

由于采用热电联产机组低真空高背压运行模式，在选机组时要求机组在背压 36kPa，凝汽器进水温度 55℃工况下能够长期稳定运行，这样使机组和锅炉整体效率提高，整体热效率最高可达 70%以上。

技术特点：泰来县的供暖期为每年的 10 月 15 日至次的 4 月 15 日，共计 183 天，生物质热电联产项目的对外供热通过热网循环水来实现，拟用低温大流量的方式供热，热网循环水的设计参数（暂定）为：供/回水温度 75℃/50℃，供/回水压力 0.8MPa/0.2MPa。

技术适应性：本方案适合有供暖需求和生物质燃料充足地区。

3. 系统配置

（1）汽轮机选型

制造厂：哈尔滨电气股份有限公司

型号：C40-13.24/535/535

型式：高温超高压、一次中间再热、单排汽、抽汽凝汽式汽轮机

额定功率：（THA 工况及纯凝供暖季工况）：40MW

主蒸汽阀前主蒸汽额定压力：13.24MPa（a）

主蒸汽阀前主蒸汽额定温度：535℃

主蒸汽额定流量：127.37/138.77t/h（纯凝供暖季）

再热蒸汽额定进汽压力：2.669/2.883MPa（a）（纯凝供暖季）

再热蒸汽额定进汽温度：535℃

再热蒸汽额定进汽流量：105.98/114.56t/h（纯凝供暖季）

冷却水温：20/55℃（供暖季）

额定背压：4.9/36kPa（a）（供暖季）

额定转速：5872r/min

旋转方向：从机头向发电机端看为顺时针

（2）生物质锅炉选型

锅炉（B-MCR 工况）主要参数如下：

制造厂：哈尔滨锅炉集团有限公司

型号：生物质循环流化床锅炉

型式：单炉膛、平衡通风、汽包型、高温超高压一次中间再热生物质循环流化床锅炉。

主要设计参数：B-MCR

过热蒸汽流量：150t/h

过热蒸汽出口压力：13.73MPa（g）

过热蒸汽出口温度：540℃

再热蒸汽流量：118.38t/h

再热蒸汽进口压力：3.109MPa（g）

再热蒸汽进口温度：338.4℃

再热蒸汽出口压力：2.944MPa（g）

再热蒸汽出口温度：540℃

给水温度：237.6℃

排烟温度：135℃

锅炉设计热效率（低位）：90.98

燃料设计低位热值：2404kcal/kg

排污率：2%

（3）汽轮发电机选型

制造厂：哈尔滨电气股份有限公司

型号：QFkN-50-2

额定功率：40MW

最大长期连续稳定运行功率：44.5MW

额定容量：50MVA

额定电压：10.5kV

额定功率因数：0.8

额定转速：3000r/min

额定频率：50Hz

冷却方式：空冷

绝缘等级：F 级（按 B 级考核）

励磁方式：静止式励磁

（4）设备设计使用寿命：30 年。

（5）系统工艺：本项目主要生产工艺流程是生物质燃料由汽车运至电厂堆料场，再由皮带输送至主厂房，送入锅炉燃烧，产生的热能把水加热成高温高压蒸汽，蒸汽送入汽轮机膨胀做功，推动汽轮机转动，把热能转变成机械能。汽轮机带动发电机转动，将机械能转变成电能。烟气经炉内喷钙、低氮燃烧+（SNCR-SCR）脱硝（氨水）、旋风除尘器+布袋除尘器除尘后、由 100m 高烟囱排入大气。烟气经旋风除尘器+布袋除尘器处理，布袋除尘器捕集下的灰通过气力除灰系统送至灰库，再装车运出厂外进行填埋复垦处理。

（6）控制系统：热工控制系统采用 DCS 分散式控制系统，电气部分采用电站综合自动化、变压器及电机采用节能产品。

4. 运行情况

本项目生产所用的燃料为泰来县周边的农业生物质燃料（玉米秸秆、稻杆、稻壳等）和林业生物质燃料，2018 年全县可利用的玉米秸秆量约 117.7 万 t，本项目投产后年消耗秸秆约 70 万 t，并以玉米秸秆作为设计主燃料，稻杆为辅燃料，稻壳作为校核燃料；农业生物秸秆以打包成捆的形式运入厂区，稻壳和林业生物质以散料的形式运入厂区，有关厂外燃料收集、采购和运输由业主单位与其他协作方合作完成。

运行时间主要供暖季连续运行，保障供热，非供暖季根据燃料收储和设备情况确定运行时间。

综合能耗非供暖季全厂热效率大约在 33~35%左右，供暖季全厂热效率大约在

50~75%左右。

三、经营模式

投资方式：直接投资。

价格政策：供热价格按照《黑龙江省物价监督管理局关于规范我省供热价格分类的通知》黑价经〔2017〕85号文件。

收费模式：按热计量和供热面积收费。

交易模式：按热计量售热，根据历史同期售热量签订框架合同，待供热期结束后根据实际发生热量结算，多退少补；根据居民和非居民用户面积，按政府定价进行收费。

经营方式：采用热电联产方式供热，即向电厂购进热量，再通过公司所属的管网输送，实现对热用户供热。

四、效益分析

经济效益：每年供热 110~120 万 GJ，计划上网发电量 4.3 万 kWh，消耗秸秆量 65~70 万 t。

环保效益：替代泰来县燃煤锅炉，环保达标排放、符合国家排放标准。

社会效益：满足民生供热需求。

享受政策：国家电价补贴和秸秆补贴。

五、突出亮点

1. 改善生态环境、减少环境污染

近年来，矿物能源的应用推动了社会的发展，同时也造成了日益严重的环境污染问题，充分开发利用可再生能源，可有效地降低环境污染，焚烧后灰渣可作为农家肥还田。秸秆是一种很好的清洁可再生能源，其低位发热量约在 15MJ/kg 左右，平均含硫量只有 1.3~3.8%。泰来县为农业大县，耕地面积 300 万亩，2018 年可利用秸秆量约 117.7 万 t，此项目的实施可为农村大量农作物秸秆有效处理找到出路，全面推动秸秆禁烧，还可使农作物秸秆得到充分利用，实现资源化、效益化、无害化。

2. 充分利用当地资源、拉动地方经济

生物质热电联产项目建成后，将购买农民剩余秸秆，增加农民收入；农作物及可

燃废料也可变废为宝充分利用；对燃料收购、粉碎加工及仓储运输，可增加物流收入；解决农村剩余劳动力，增加就业机会；创造利税，增加财政收入，社会效益显著。

3. 实现可再生能源零碳供热，为实现“双碳”目标做贡献。

六、问题和建议

政府及电厂共同努力保证原材料收储量。

2.4 浦东新区黎明生态园清洁能源制冷（供热）项目

一、项目基本情况

黎明生态园地处浦东新区曹路镇，东邻长江入海口。作为浦东北部最大固废资源再生中心，主要承担浦东新区 49.6%的生活垃圾处置任务，通过深入探索固废资源循环利用发展模式，坚持走可持续发展之路，已从单一垃圾处置功能区演变成智能、环保、生态、开放的绿色低碳循环经济产业园，逐步形成集生活垃圾、餐厨垃圾、建筑装潢垃圾、污泥、渗滤液五大废物处理产业链。其中，生活垃圾焚烧厂日处理规模 2000 吨，主体工艺为“垃圾焚烧炉+余热锅炉+汽轮发电”烟气处理达到欧盟“2010”排放标准。项目位于整个园区中心地带，沼气发电厂有机质处理厂及其扩建项目都紧邻建设。

二、供暖面积

由于园区内项目分批建设，各工艺有不同冷能、热能需求，初期设计时未统筹规划冷、热相关设备设施，各分厂独立设置电制冷、电加热系统。本项目通过构建园区能源小循环，以黎明焚烧厂为中心，发挥可再生能源优势，向园区用户集中供应冷热双能源，替代原分散式电制取工艺。冷热能分期建设，其中供热项目于 2017 年建成投运，供冷项目于 2020 年 8 月投运。两项目总投资 481.89 万元，制冷规模 2617kW、供热规模 12341kW，敷设园区 2.2km²，预留区域能源供应空间。

三、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

系统梳理园区能源消费情况，重点聚焦冷能与热能领域，其中用冷需求方面主要包括焚烧厂主厂房、有机质厂和沼气发电厂，用能场景覆盖室内环境温度调节，如升压站、10kV 开关站、配电站、综合楼等，确保相关设备处于适宜的温度区间，人员办公的舒适度，以及工艺设备的冷却，如焚烧厂空压机油系统、沼气发电厂脱硫工艺冷却等，各系统整体用冷参数相近，进水温度于 7~10℃，回水温度 12~15℃，冷水量 200~450m³/h。

用热场景以焚烧厂一次风空气预热器、烟气加热器，有机质预处理工艺用热为主，旨在提升固废处置过程中的反应效率或中间工质用热。所用蒸汽同为汽轮机组做功后抽汽，蒸汽压力 0.8~1.0MPa，温度 250~260℃区间，用热量 12341kW。

2. 技术路线

本项目利用焚烧厂热电联产联供工艺，融合溴化锂制冷技术、传统加热替代技术，通过建立区域能源中心，形成一套完整的、系统的能源供应网络。

(1) 集中供冷

垃圾焚烧工艺产生的高温蒸汽通入汽轮发电机组做功后部分抽出，作为溴化锂制冷机组的驱动源，蒸汽参数 0.8MPa、180℃，同时厂内循环水为制冷剂，制取绿色冷能。经冷水循环泵及管网输送至园区各用冷系统，替代系统原有电制冷工艺。项目同步配置智能化控制单元，根据各项目需冷量实时调整溴化锂制冷负荷和冷水供应量，实现供需平衡，避免超调或不足导致的用户制冷效果不佳、能源浪费问题。同时，汽源制冷后的凝水有效回收至焚烧厂除氧加热系统，实现热水资源的闭环，

(2) 集中供热

针对用热场景，以机组抽汽为基础，经管道传输至各用户点，构建园区小热网，主要替代原始电加热设计工艺及后续提质增效优化项目的直接应用，同时抽汽资源的前端利用，可降低汽机固有的冷源损失，即凝汽器循环水所带走的热量,提升机组的循环热效率。

四、主要设备选型

能源中心以焚烧厂两台汽轮机抽汽为一级利用场景，形成园区小热网，同步以热能为输入，转化出二级利用场景，构建园区小冷网。其中两台机组最大抽汽量可到 53t/h，通过中压调门或电动调阀控制。

供冷项目配置一套减温减压装置、一台溴化锂冷水机组、三台冷水循环泵、2 台冷却水泵、定压补水系统、凝结水回收系统、智能化控制系统以及终端风机盘管和换热设备等，设备清单如表所示。

表 1 系统配置清单

序号	名称	规格	单位	数量	备注
----	----	----	----	----	----

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	溴化锂吸收式冷水机组	制冷量 2617kW	台	1	
2	冷水泵组	Q=225m ³ /h H=50m 功率: 50W	台	3	两用一备, 变频控制
3	定压补水装置	流量 1m ³ /h 扬程 95m 功率: 1.1kW	台	2	一用一备
4	集水器		台	1	
5	分水器		台	1	
6	凝水回收装置	容积: 10m ³ 功率: 5.5kW	套	1	
7	冷却水泵	流量 668m ³ /h 扬程 18m 功率: 45kW	台	2	
8	智能化控制系统		套	1	
9	减温减压装置		套	1	
10	风机盘管		台	若干	
11	冷却器		台	若干	

五、生产运行情况

本项目采用分阶段建设方式,其中供热至有机质项目于 2017 年建成,全年供热,压力稳定在 0.8~1.0MPa,温度 250~260℃区间,满足工艺设备用热要求。供冷单元自 2020 年 8 月建成投运,制冷周期为 6 个月(每年 5 至 10 月),主要用于高温季节及前后时间段,温度稳定于 7~12℃,回水温度 12~17℃。系统整体运行平稳,冷热效果良好。

六、建设运营模式

项目投资边界划分,能源中心区域内相关设备由上海黎明资源再利用有限公司(焚烧厂)出资建设和运营维护,至用户区域范围内的输送管网及转换设备由用户侧投资建设。本项目旨在打造园区绿色低碳循环经济,联合推进工业节能与产业转型,实现区域资源共享,助力双碳愿景。

七、项目经济性

本项目溴化锂冷水系统设计年运行时间约 4500h,电制冷设备合计运行功率

493kW，以上网电价 0.65 元/kWh 计，运行成本 144.2 万元。蒸汽型溴化锂利用焚烧厂汽轮机组做功后的一抽蒸汽，整套系统运行功率 162.9kW，综合运行成本 47.6 万元，较电制冷节约 96.6 万元。

供热部分年供汽量约为 25000t，以 180 元/t 计，全年可实现营业收入 450 万元。

八、环境及社会效益

本项目采用垃圾焚烧产生的清洁蒸汽，积极响应上海“无废城市”建设目标，结合《上海市促进绿色低碳产业发展行动方案 2022-2025》《浦东新区资源节约和循环经济发展“十四五”规划》等绿色低碳产业发展规划，立足园区绿色低碳、节能减排发展路径，集中供冷项目每年贡献节能量约 429t 标准煤，合并集中供热项目每年可减少 3100t CO₂ 排放，助力园区成为“循环畅通、高效利用、生态友好、智慧创新”的绿色低碳发展示范区。

九、典型经验和做法

1. 区域一体化布局

利用焚烧厂的区位优势、能源优势，建立集中式能源中心，替代园区内分散的电制冷设备、小型锅炉、电加热设备应用，减少独立、重复功能属性的设备长期处于低效运行区间，额外增加运维成本，通过集约共享模式，有效实现冷热能在本区域内的流通和充分利用，完善园区供能体系。同时，园区小循环的建立对后续区域大循环的形成有正向推动作用，通过以点带面片区联动，辐射产业链上下游，跨领域、跨行业联合推进工业节能与绿色低碳产业转型，最终实现区域资源共享、联合低碳发展、能源综合利用“双循环”。

2. 清洁供能

本项目以绿色低碳发展为导向，大力发展循环经济，挖潜资源再利用潜能，助力“双碳”目标实现，激发低碳产业活力，驱动汽源为垃圾焚烧资源化产物且经过汽轮发电机组梯级利用后的清洁蒸汽，绿色属性突出，能源价值充分释放，项目周边企业丰富、近邻优势明显，可以充分挖掘，逐步替代。同时，本项目技术路线清晰，可在同类生物质发电企业推广应用，具有较好的示范引领作用。

3. 智能化控制

充分利用数字化工具，配套智能化控制单元及运行策略，完成系统调整工作。通过智能化的控制系统，实现数据的实时监控和故障预警，及时根据用户侧的需求调整机组制冷量，极大地提升了设备运行的稳定性和效率。通过平台、展板方式，对园区能流可视化转化，以大数据积累、策略分析，发现系统低效、输送“短板”区域，指导生产、运行方式调整。

十、问题和建议

1. 问题

- （1）本项目运行模式单一，且主要基于焚烧厂热能资源禀赋优势；
- （2）溴化锂冷水机组的冷却水采用焚烧厂直流冷却水，供给便捷，系统富余，但为规避咸潮风险，换热管材选择应注意抗腐蚀问题。

2. 建议

- （1）进一步强化科技创新策源功能，深度挖掘焚烧厂热能梯级利用潜能，开发超低品位热能制冷工艺；
- （2）能源中心建设可根据规划分期实施，同时设计中应充分考虑用户用能时间的互补性；
- （3）可再生能源是实现绿色、低碳、环保、创新的重要手段，肩负着促进节能减排的重大战略使命。在生态环境与新质生产力协同发展的背景下，建议加大对可再生能源的支持力度，耦合固废资源化和新能源产业，推动循环经济长效发展。比如对生物质热电联产企业电价补贴给予优先支付，对区域供热管网给予资金支持等。

2.5 龙南富康工业园集中供热项目

一、项目基本情况

龙南富康工业园集中供热项目属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）鼓励类第五条“新能源”第 5 项“生物质纤维素乙醇、生物柴油等非粮生物质燃料生产技术开发与应用”的产业政策。

项目建设与运营单位为龙南诚的新能源科技有限公司，该公司是一家专业为园区企业提供供热服务的企业，企业法人杜群，于 2015 年 5 月由龙南经开区和市交通运输局共同引进总投资 2 亿元，项目在富康工业园区，占地面积 30 亩。项目于 2017 年 12 年建成投产，于 2023 年 1 月完成了改扩建并投产全面达产后具备年供蒸汽 150 万 t 的能力，预计实现年主营业务收入 3 亿元以上，可提供 100 人左右的直接和间接就业岗位。

项目性质为集中供热模式替代原有分散无序的小锅炉自供热模式，不仅能给园区企业提供稳定热源，改善企业生产、提高园区形象品位，而且具有减少环境污染、提高能源利用率、降低能耗、节约用地等诸多优点。

二、供暖面积

由于园区大部分新进企业未完全投产，项目负荷为 30%左右，园区已有企业总用热需求为 150 万 t 蒸汽/年，待园区全面落户满产后预计需求量为 180 万 t 蒸汽/年。

三、技术路线及工艺流程

项目贯彻建设资源节约型、环境友好型、社会和谐型社会的国策，积极采用可靠的先进技术，采用高效、节能、节地、节水、节材、降耗和环保的方案。项目的工艺选择认真贯彻执行国家有关方针、政策、标准、规范和规定，本着“科学、客观、公正、准确”的原则，在对项目的有关条件进行全面调查的基础上选取技术方案，力求做到技术先进、可靠、经济合理、切实可行，达到节能降耗、提高产品质量、降低生产成本的效果。

四、主要设备选型

项目配置有三套 15t/h 生物质锅炉+两套 40t/h 生物质锅炉+一套 75 生物质锅炉(备用)及其辅机、生物质输料系统、输灰渣及除尘系统、化水系统等主要生产及辅助生

产设备。主要设备寿命在 20 年以上、转换效率 80~90%、系统性能优良、系统可靠性高、智能控制采用 DCS 自动控制。

五、生产运行情况

项目生产工艺主要用能工序包括供热锅炉及其辅机和生物质输料系统。项目生产工序能源及耗能工质的消耗主要为电力、生物质燃料和新水，产出能源为蒸汽。项目全年不间断生产，综合总能耗当量值 2560.10t 标准煤，等价值 5874.93t 标准煤。

六、建设运营模式

以招商引资或招投标形式入驻园区，负责供热设施、热力管网及相关附属配套管网敷设的投资、建设、维护、运行、维修抢险等业务。建设后向范围内企业用户供应热能，热能费用按月计量结算，自负盈亏。在项目运营期内，调价制度实施燃料和蒸汽价格联动机制：原则上以 1 年为限，当每年度生物质成型燃料平均价格变化超过 10%，按规定相应调整蒸汽销售价格。生物质成型燃料价格短时内变化过大时，应及时启动联动机制。

七、项目经济性

本项目总投资约为 20008.30 万元。根据财务分析初步测算，税后财务内部收益率为 13.10%，投资回收期为 7.01 年（含建设期），项目财务效益属于行业中等水平，财务风险较低，项目的盈利能力较强，将为公司创造较好的经济效益，有较强抗风险能力。

八、环境及社会效益

环境效益：本项目通过用生物质燃料来替代煤，是节能减排项目。生物质能是可再生能源，利用可再生能源，从而减少非再生能源的消耗，可缓解有限能源的需要。

社会效益：项目预计年消耗大量的生物质原料。因此产生的收购、运输等程序需要大量的人力物力，所以项目建成对增加当地就业有很大的意义，将获得非常好的社会经济效益。

九、典型经验和做法

项目的建设是完善龙南市富康工业园工业集中供热设施的需要，采用大容量供热机组，作为园区集中供热热源；用区域锅炉房逐步替代分散的小锅炉房；合理确定区域

锅炉房的布局和联合供热方案，这些是发展工业园区集中供热的重要技术措施。

1. 供热效率提高。工业集中供热往往是对一片工业区供热,供热量大。集中供热采用大型锅炉，相比各厂分别采用较小的锅炉效率高许多。

2. 环保。在工业园区建设集中供热工程实施集中供热，可减少自备小锅炉数量。可以大大减少排放到大气中的烟尘、NO_x和SO₂，对净化大气环境有积极的作用，有利于改善区域环境现状、实现区域环保目标。

3. 节约能源。本项目选用循环流化床锅炉总效率高，可满足中园区的蒸汽负荷需求。主要燃料为生物质，不需要燃用一次化石能源的煤及天然气。大型锅炉效率提高后节省了能源符合国家能源政策。

4. 经济。集中供热后，供热设备的采购、建设及管理由专业人员负责，用户只需要采购热能，减少了低水平重复建设降低了单位能源的投资，提高了投资效益。

十、问题和建议

无。

2.6 青岛恒源热电生物质能源热电联产供热工程项目

一、项目基本情况

青岛恒源热电有限公司位于青岛西海岸新区临港工业园内，主要承担着西海岸新区辛安、灵珠山片区内海尔工业园、海信、澳柯玛等企事业单位及山东科技大学等学校蒸汽、热水供应、居民供热及发电任务，公司年供工业蒸汽 65 万 t，供暖面积 700 万 m²，厂内设换热首站一座，分为高温水供热系统及循环水供热系统，辖二级站 66 个，厂外蒸汽管网 45km，热水主干网 47km；公司拥有企事业单位热用户 97 户，居民供暖入网户数 5.58 万余户。

随着恒源热电供热片区内常年蒸汽用热负荷及居民供暖负荷的迅速增长，热源扩建迫在眉睫。为既解决供热能力不足问题，又要符合国家有关产业政策，恒源热电超前谋划，确定实施恒源热电生物质能源热电联产供热工程项目，建设一台 150t/h 高温高压生物质成型燃料锅炉，配套一台 30MW 抽凝式汽轮发电机组，项目采用循环水供热模式，2019 年 1 月 17 日机组顺利实现并网运行。



图 1 恒源热电生物质能源热电联产供热工程机组

项目所在地西海岸新区生物质资源种类众多且分布广泛，全面推进生物质热电联产，充分发挥非电领域的清洁能源替代，向多联产高附加值深入发展。2020 年，生物质能、地热能等其他新能源产业实现规模以上工业产值 36 亿元，恒源热电生物质能

源热电联产供热工程项目发电量 11033.94 万 kWh，循环水供热量 33.06 万 GJ，供汽量 2.25 万 t。

二、供暖面积

目前生物质机组所属东线循环水管网挂网面积 302 万 m²，实供面积 205 万 m²。

三、技术路线及工艺流程

该项目建设为 1×150t/h 高温高压生物质成型燃料锅炉+1×C30MW 抽凝式汽轮发电机组。非供暖期汽轮机采用经济真空运行，根据工业热负荷情况，抽凝工况运行，机组最大抽汽 85t/h，可满足区域内工业热用户需求；供暖期汽轮机采用低真空循环水供热模式运行，额定排汽压力 25kPa，凝汽器进出水温度分别为 45℃/60℃，循环水供热能力可满足供热面积 200 万 m²。



图 2 150t/h 生物质锅炉（最右）



图 3 生物质 30MW 抽凝机

四、主要设备选型

该项目主要由以下系统构成：热力系统（主蒸汽系统、主给水系统、低压给水系统、回热系统），燃烧系统（风烟系统、点火系统），电气系统，燃料系统，灰渣系统，化水系统，热工自动化系统，首站供热系统。新建机组控制 DCS 系统及热网 IDH 自动控制系统根据室外环境温度自动调节首站外供热水温度，满足居民生产生活供暖的同时，降低能耗。设置汽轮机安全保护系统（ETS）、安全监视系统（TSI）、转速电液控制系统（DEH），新建闭路电视系统对厂区内的重要设备及地点进行安全监视，同时在电气主控室设有独立的后备操作按钮，完成停机、发电机—变压器组跳闸以及重要保护和设备的紧急操作，确保机组在紧急情况下安全快速停机、停炉。

主要设备参数如下：

序号	设备名称	规格型号	单位	数量
1	锅炉	JG-150/9.8-T	台	1
2	汽轮机	C30-8.83/0.98	台	1
3	发电机	QF-W30-2	台	1
4	凝汽器	N-2000-1	台	1
5	循环水泵	KQSN600-m ² 7/485	台	2
6	电动热网循环水泵	KQSN450-N12W538-F	台	2
7	汽动热网循环水泵	KQSN450-N12W538-F	台	1
8	主变	SF11-40000/35	台	1
9	循环水管壳式换热器	F=480 m ²	台	2
10	循环水汽动热网循环泵	KQSN450-N12W538-F, B0.71-1.0/0.3	台	1
11	循环水电动热网循环泵	KQSN450-N12W538-F, 710kW	台	2

五、生产运行情况

该项目燃用生物质成型燃料，打破了传统生物质散料燃料季节性比较强、装载量比较少、运输距离比较短的诸多弊端，更适合长距离运输，燃料来源更广泛，机组年设计消耗生物质燃料 19 万 t，替代标准煤 10 万 t。2021 年度，机组发电量 6542.82 万 kWh，循环水供热量 26.17 万 GJ，供汽量 4.36 万 t；2022 年度，机组发电量 5947.68 万 kWh，循环水供热量 28.84 万 GJ，供汽量 5.28 万 t；2023 年度，机组发电量 7570.74 万

kWh，循环水供热量 41.3 万 GJ，供汽量 7.67 万 t。

以供热季为统计标准，运行参数见下表：

项目/日期	2020-2021 供热季	2021-2022 供热季	2022-2023 供热季
消耗燃料量（t）	64699.1	71273.32	71401.876
折标准煤（t）	35337.05	35577.40	33494.15434
发电量（万 kWh）	4961.76	5087.82	6181.68
上网电量（万 kWh）	4480.672	4505.76	5504.632
供汽量（t）	22877	51337	50000
循环水供热量（GJ）	278462	315506	387874
发电耗标准煤（g/kWh）	278.9	223.6	158.8
供电耗标准煤（g/kWh）	291.4	232.6	164.3
供热耗标准煤（kg/GJ）	54.2	51.8	44.6
全厂热效率	55.6%	60.4%	74.3%

六、建设运营模式

投资方式：该项目列入 2015 年青岛西海岸新区固定资产投资项目中，获区政府核准并由区财政投资建设。

价格政策：2018 年 9 月 4 日山东省物价局批复对该项目上网电价按 0.75 元/kWh（含税）执行，2021 年 9 月 15 日正式列入可再生能源发电补贴清单目录（第十七批）。

居民收费模式：根据《青岛市供热条例》，居民供热价格按照“建筑面积 $\times$ 0.75 $\times$ 30.4 元”的标准收费，安装热计量标的用户在供热季末按照实际使用热量计费。

工业用户收费模式：恒源热电通过单位用户智慧管控平台预付费软件对工业蒸汽用户实施预付费管理。按照《青岛西海岸新区煤炭蒸汽价格联动暂行办法》（青西新发改〔2019〕152 号）规定，非供暖用蒸汽价非供暖用 1MPa（含）蒸汽终端销售价格每半年调整一次，生物质机组蒸汽价格并未单独核定，与燃煤机组蒸汽价格一致。2022 年 6 月 1 日开始执行价格为：按流量计费的每吨 293.73 元，按热量计费的每吉焦 108.79 元；2022 年 12 月 1 日开始执行价格为：按流量计费的每吨 312.56 元，按热量计费的每吉焦 115.76 元；2023 年 6 月 1 日开始执行价格为：按流量计费的每吨 291.53 元，按热量计费的每吉焦 107.97 元；2023 年 12 月 1 日开始执行价格为：按流量计费

的每吨 242.71 元，按热量计费的每吉焦 89.89 元。

七、项目经济性

本项目供热季通过循环水供热方式运行，机组供热季设计热效率 78%，全年通过抽汽方式满足工业用户用热需求，实现全年热电联产连续运行，提高了能源利用率，经济效益较好。

八、环境及社会效益

(1) 项目的建设符合行业发展的方向和产业政策要求，符合国家出台的多项支持生物质热电联产项目的政策，项目设计年供电量 18000 万 kWh，供热量 121 万 GJ，对西海岸新区的工业生产和社会经济发展发挥积极的推动作用。

(2) 由于本项目燃用的生物质燃料，排放烟气中的烟尘含量、SO₂ 含量较少，相同产能的情况下，减少项目对环境的影响。

(3) 项目在保证企业工业用汽及居民供暖的同时并实现了零碳排放，为推动企业能源结构转型升级，实现“碳中和”目标，为省、市、区各级政府主管部门对减排、减碳和降耗的要求贡献力量。

九、典型经验和做法

1. 本项目全年通过抽汽方式满足工业用户用热需求，供热季通过循环水供热方式运行，设计热效率 78%，实现全年热电联产连续运行，提高了能源利用率，为西海岸新区增加 200 万 m²清洁能源供热面积。

2. 项目同步建设外网及换热站的 IDH 智能化供热控制系统，热网监控系统，通过电脑及智能手机登录 IDH 热网监控系统，进行实时监控、采集数据和远程调整，极大地提高了工作效率和热网的监控频次，确保经济安全运行，降低供热热耗、电耗指标，为供热管网和终端用户的智能化可调控供热和降低能耗、改善供热质量提升环保和经济效益打下坚实基础。

3. 创新实施一台机组供两个管网的系统改造，新增两台高效板式换热器（2×14MW），在供热季初、末期外供负荷较低的情况下，将凝汽器出口循环水热量通过换热器转移至高温水回水，提高了机组负荷，增加了可再生能源发电及供热比例，增强了供热季初末期机组运行的稳定性。

十、问题和建议

经过市场调研，400km 半径范围内各类农林等废弃物资源丰富，但受收储体系方面不规范的影响，利用率不足，加工企业普遍规模较小，资金承载力不够，导致生物质热电联产企业冬季供热高峰期生物质成型燃料供应量及价格与非供暖季出现较大偏差。建议鼓励多种经营主体参与生物质燃料的收集、加工、储存、运输，建立发电企业为龙头，专业合作组织为骨干，符合当地实际的农林生物质资源收储运服务体系。

2.7 国能宁阳生物发电有限公司低真空循环水供暖项目

一、项目基本情况

国能宁阳生物发电有限公司主要从事以“生物质直燃发电+工业供热+生物质天然气+绿电替代”为主的清洁能源生产，是从事生物质能综合开发利用的专业化公司。公司成立于 2009 年 6 月 2 日，2011 年 1 月 19 日低真空循环水供暖项目建成投产，总投资 3.6 亿元，占地 238 亩，建设规模为 1×30MW 凝汽式汽轮发电机组，配一台 130t/h 高温高压生物质锅炉。

公司每年可向社会提供绿色清洁电力 2.3 亿 kWh，消耗小麦秸秆、玉米秸秆等农林三剩物 30 万 t，替代标准煤 15 万 t，减排二氧化碳约 28 万 t，同时可增加农民收入 1 亿元，为当地解决 300 个劳动就业岗位，为美丽乡村建设服务。2014 年 1 月我公司被国家能源局列为国家首批生物质能供热示范项目，同年 11 月 15 日完成居民供暖改造，目前供暖面积约 132 万 m²。2023 年 11 月完成工业供汽改造向埕城工业园区供汽，目前已供应生物质绿色蒸汽约 2 万 t，真正实现了热电联产，进一步提高资源利用率，既送光明，又送温暖，走在了全国清洁供暖的前列，也为县域农村能源革命树立了标杆。

为了尽早实现双碳减排的目标，当前国家政策方向正从能耗总量控制转化为双碳排放。生物质能综合利用是推进农村能源革命的创新性举措，是助力乡村振兴的重要实践，是落实“双碳”目标的最佳途径，国能宁阳公司将以生物质“发电+供热”为核心，逐步扩大优势，为繁荣县域经济、保护生态环境贡献力量。

二、供暖面积

2014 年 1 月我公司被国家能源局列为国家首批生物质能供热示范项目，同年 11 月 15 日完成居民供暖改造，目前供暖面积约 132 万 m²。

三、技术路线及工艺流程

国能宁阳生物发电工程本着技术先进、方案合理、节能环保、经济适用、符合国情，保证工程建成后安全可靠、以合理的投资获得最佳的经济效益和社会效益。引进丹麦 BWE 公司技术国内制造的秸秆发电锅炉采用工艺技术先进精良、自动化程度

高、技术密集、设备装置仪表多、布置集中紧凑的先进发电机组。主要生产工艺系统有锅炉、汽轮机、发电机及变配电、秸秆输送、除灰渣、给水、循环水、化学水处理等系统。

生物质能转换技术可以高效地利用生物质能源，生产各种清洁燃料，替代煤炭，石油和天然气等燃料，生产电力，从而减少对矿物能源的依赖，保护国家能源资源，减轻能源消费给环境造成的污染。

生物发电项目所用秸秆含硫量低，采取布袋除尘器高效除尘、废水及噪声等各项污染治理措施后，各项排放指标均能满足有关的环保要求，对环境的影响较小，是一项新型的绿色环保项目。大力发展清洁高效的生物质能发电事业，可以减轻矿物能源燃烧给环境造成的污染，保护环境，建设环境和谐的社会。本工程符合泰安电力市场的需求和规划，从电力需求分析是非常必要的；本工程是节能、环保型生物质电厂，符合国家能源政策；燃料、水、厂址条件均符合建设条件。

四、主要设备选型

1. 设备组成主要有锅炉及汽轮发电机组，设计寿命为 30 年。

锅炉采用高温高压、自然循环、全钢炉架、振动炉排、汽包炉、紧身封闭，秸秆燃料锅炉。

锅炉最大连续蒸发量：130t/h

过热蒸汽压力：9.2MPa

过热蒸汽温度：540℃

给水温度：220℃

锅炉效率：≥92%

2. 汽轮机采用 N30-8.83 型,高温高压、单缸、单轴、凝汽式汽轮机

额定功率（不含励磁功率，下同）：30MW

主蒸汽阀前主蒸汽额定压力：8.83MPa（a）

主蒸汽阀前主蒸汽额定温度：535℃

主蒸汽额定流量：116.2t/h

冷却水温：设计：20℃最高：33℃

背压：4.90/11.8kPa（a）

额定转速：3000r/min

旋转方向：机头向发电机端看为顺时针

凝汽器：NQ20 冷却面积 2000 m²

3. 发电机选用空冷式 30MW 的汽轮发电机。

型号：QF-30-2 型 空气冷却,自并励静止励磁

额定功率：30MW

额定电压：10.5kV

额定电流：2062A

功率因数：0.8（滞后）

额定转速：3000r/min

频率：50HZ

相数：3

转子重量约：16t

定子重量约：42t

五、生产运行情况

国能宁阳公司装机容量为 1 台 130t 高温高压振动炉排锅炉配 1 台 30MW 凝汽式汽轮发电机组，主要能源消耗是以玉米、小麦秸秆为主的农林剩余物生物质黄色秸秆，年发电利用小时数 7000h，年消耗生物质秸秆燃料 30 万 t，折算标准煤 15 万 t，锅炉效率大于 92%。

六、建设运营模式

1. 投资概况

发电工程静态投资：25232 万元，单位 kW 造价为：8411 元/kW。其中：

建筑工程费：5093 万元,单位 kW 造价：1698 元/kW，占静态投资的 20.18%；

设备购置费：12574 万元，单位 kW 造价：4191 元/kW，占静态投资的 49.83%；

安装工程费：3670 万元，单位 kW 造价：1223 元/kW，占静态投资的 14.55%；

其他费用：3895 万元，单位 kW 造价：1298 元/kW，占静态投资的 15.44%；

发电工程动态总投资 27328 万元，单位 kW 造价：9109 元/kW，其中：建设期贷款利息 626 万元。

2. 价格政策：目前不再享受国家和山东省电价补贴政策。

3. 交易和收费模式：

低真空循环水供暖。2014 年 1 月公司被国家能源局列为国家首批生物质能供热示范项目，同年 11 月 15 日完成低真空循环水居民供暖改造开始居民供暖。目前供暖面积约 132 万 m²。收费为 19.7 元/GJ。

供应生物质绿色蒸汽。2023 年 11 月完成工业供汽改造开始向埭城工业园区供应工业生物质绿色蒸汽，2024 年 1 月，利用移动蒸汽车输送输送生物质绿色蒸汽。按照市场价格进行收费。

电力现货市场交易和绿证交易。2023 年 9 月作为生物质发电企业首批参与山东省电力现货市场交易，按照峰谷值，及时调整负荷，增发效益电量。根据发改能源〔2023〕1044 号可再生能源绿色电力证书全覆盖工作促进可再生能源电力消费的通知，申领 2024 年 3 至 8 月份绿证 104619 张已在中国绿色电力证书交易平台 30 元/张上架交易。

七、项目经济性

根据 2007 年中华人民共和国国家发展和改革委员会发布的《火力发电厂工程经济效益评价导则》从本项目的财务评价看，当不含税上网电价 541.06 元/MWh，即含税电价 632.18 元/MWh，各项技术经济指标符合国家有关规定及行业标准，财务评价是可行的。综上所述，本工程财务评价的各项经济技术指标均符合要求，考虑发电后产生的社会效益，故本项目的建设在经济效益上是可行的。

八、环境及社会效益

本工程建设前根据《中华人民共和国环境保护法》《建设项目环境保护管理办法》的要求进行了环境影响评价。工程环保设施的建设实现了与主体工程的同时设计、同时施工、同时投产使用。由于生物质燃料的可再生性，本工程的建设除了节约不可再生能源的一次能源外，因其平均含硫量远小于煤的含硫量，硫氧化物和氮氧化物排放量很低，与生物质自然分解条件下的排放量相当，还有利于环境保护的可持续发展。本生物质热电联产项目能实现生物质残渣的无害化处理，同时与传统的处理方式相

比，本项目还能大大减少甲烷的排放，为缓解全球气候变暖做出贡献。助力国家早日实现“双碳”目标。

生产用水采用月牙河水库地表水，符合国家用水政策；生活、生产废水经厂区污水处理站处理达标后回用于冷渣、绿化、地坪冲洗及料场洒水降尘等，剩余部分排至污水管网。针对烟尘、SO₂、噪声、污水、灰渣等各种污染源，本工程积极采取充分的防治措施，均能达到有关的环保标准，对环境的影响很小，满足环保要求。

本工程严格遵守国家的节能法规及节能设计规范，积极采取各种节能措施，各项指标均达到全国同类机组平均能耗水平。

本工程属清洁、可再生能源项目，没有煤炭消耗，燃料为宁阳县及周边地区农林废弃物，既可提高当地农民的经济收入，减轻环保压力，也可作为当地工业企业生产和居民供暖提供持续稳定可靠的热源。将从根本上达到环境保护与资源综合利用、提高能效的目的，符合国家的有关政策，具有显著的社会效益和环境效益。

九、典型经验和做法

1. 技术路线。本工程总的设计原则为：技术先进、方案合理、节能环保、经济适用、符合国情，保证工程建成后安全可靠、以合理的投资获得最佳的经济效益和社会效益。

根据生物质电厂秸秆统计量，本工程选择 1 台 30MW 高温高压背压式汽轮机配 1 台 130t/h 高温高压直燃秸秆锅炉，1 台额定功率 30MW 的空冷式发电机。满足供暖期供居民供暖和非供暖期供企业工业蒸汽要求。

2. 低真空循环水供暖。2014 年 1 月公司被国家能源局列为全国首批生物质能供热示范项目，同年 11 月 15 日完成低真空循环水居民供暖改造开始居民供暖。目前供暖面积约 132 万 m²。

3. 供应生物质绿色蒸汽。2023 年 11 月完成工业供汽改造开始向埕城工业园区供应工业生物质绿色蒸汽，进一步提高资源利用率通过蒸汽供热，有效解决了园区原先燃煤、燃木粉成本高、污染物排放控制困难等问题，大大降低用汽企业生产成本，减少煤炭消耗，减轻大气环境污染，对埕城工业园节能减排和大气环境质量改善起到良好促进作用。2024 年 1 月，利用移动蒸汽车输送输送生物质绿色蒸汽，覆盖国能宁阳

公司 30km 所有用汽散户，解决管道输送蒸汽需要用户集中，用汽量大距离短的局限性，打开分布在宁阳县域使用天然气锅炉供汽的所有用汽企业的市场，用生物质绿色蒸汽替代天然气锅炉，替代天然气等化石能源的消耗。

4. 电力现货市场交易和绿证交易。2023 年 9 月作为生物质发电企业首批参与山东省电力现货市场交易，在增强生物质发电机组的调峰能力的同时增强公司的盈利能力调，按照峰谷值，及时调整负荷，增发效益电量。根据发改能源〔2023〕1044 号可再生能源绿色电力证书全覆盖工作促进可再生能源电力消费的通知，申领 2024 年 3-8 月份绿证 104619 张已在中国绿色电力证书交易平台 30 元/张上架交易，有效解决出口高额的碳关税问题。

十、问题和建议

生物质能源是可再生循环利用的绿色能源，属清洁、可再生能源项目，没有煤炭消耗，燃料为宁阳县及周边地区农林废弃物，既可提高当地农民的经济收入，减轻环保压力，也可当地工业企业生产和居民供暖提供持续稳定可靠的热源。将从根本上达到环境保护与资源综合利用、提高能效的目的，符合国家的有关政策，具有显著的社会和环境效益。

生物质电厂生产的蒸汽属于绿色蒸汽，目前国家出口欧盟等国家可以抵扣碳税，国能宁阳生物发电有限公司已在国家可再生能源发电项目信息管理平台注册并核发绿证，挂牌绿证 104619 个，能有效解决出口高额的碳关税问题。建议政府给予更多的优政策扶持和帮助生物质发电企业的发展。

2.8 武汉市生物质锅炉清洁供热示范项目

一、项目基本情况

项目建设地点位于湖北省武汉市经开区车城南路，占地 53 亩，总投资 1.6 亿，已建成和运营一期两台 25t/h 生物质蒸汽锅炉及其配套设施，技术和核心装备是公司丹麦全球领先生物质供热技术和装备企业联合研制，并在武汉首次成功示范。

项目利用清洁零碳属性的生物质能源，主要为康师傅食品工业园及其周边企业提供热力蒸汽和清洁能源供应服务，年供应热力蒸汽设计能力为 40 万蒸吨，目前项目实际年供应清洁蒸汽 35 万蒸吨。项目于 2018 年 6 月正式投产运营，至今已稳定运行 5 年多时间，大幅降低了客户企业用能成本，客户满意度高，可广泛推广用于食品、化工、冶金、医药等工业园区，或用热企业集中或点多点供热。本项目通过可再生清洁能源工业供热，实现了区域传统化石能源替代和结构调整，项目经济、生态和社会效益突出。项目可复制、可推行性好，目前公司已将本项目逐步推广至湖北、湖南和福建等地，未来还将进一步扩大市场规模，向全国各地推广应用。

本项目建设单位为武汉蓝颖新能源有限公司，位于武汉市经济技术开发区，是国家高新技术企业、湖北省专精特新“小巨人”企业、湖北省制造业单项冠军企业、武汉经济技术开发区规模以上企业，建有省级企校联合创新中心，是国家和地方技术标准承担单位，省林业疫木定点处置单位。主营业务包括生物质清洁供热及其装备制造等。公司利用生物质废弃资源，主要为食品、化工、医药等大型用能企业和工业园区提供清洁热力蒸汽和综合用能服务。经过多年创新跨越式发展，公司已成为国内生物质废弃资源开发综合利用领域龙头企业和生物质清洁供热技术领军企业。

项目地武汉市及其周边区域生物质原料供应充足，主要包括农业和林业废弃物，公司建有覆盖湖北省农林废弃物多级收储运体系，主要包括：一是，基于原料源头建设集散的收储中心，组织专业队伍收储或联合农村合作社收集；二是，与农林加工企业合作签订收购协议，与农林政府部门形成收储和定点加工合作方式；三是，依托企业项目基地，建设辐射湖北回收利用网络，保障项目能源的充分供应。本项目地处于

食品工业园区的腹地，生产生活用热需求规模很大，后续用热需求还有进一步增长的空间，项目生产的蒸汽能很好的消纳。项目收购农民的秸秆等农业废弃物，既解决农村秸秆露天焚烧污染环境的问题，又可为农民提供就业岗位。

本项目位于武汉市需要严格控制大气污染物排放的重点地区，项目使用清洁零碳的生物质资源，替代传统化石能源，锅炉排放清洁环保，由于最新公司牵头制定并颁发的湖北省地方标准《生物质锅炉大气污染物排放标准》DB42/T 1906，能有效减小区域大气污染防治压力，节能、减污、降碳效果突出。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

（1）负荷情况

本项目运营两台 25t/h 的生物质锅炉，目前主要为康师傅食品工业园中的顶津食品、顶益食品、秉信纸业提供清洁热力蒸汽，系统负荷一般在 60~95%之间，未来还可为周边的可口可乐、维维豆奶、海特生物、加多宝等企业提供热力服务。

本项目采用信息化和自动化技术，通过分时分区控制、温控自动控制、水力平衡自动调节、燃料停留控制、负荷自动调节、监测数据、预警控制等，对系统进行集中控制，达到按需、定量供热，满负荷高效运行，提高自动化程度、管理水平、节约能源为目的。

（2）用能场景和需求

本项目技术可为食品、医药、化工、纺织等企业、园区及学校、大型设施场馆等用能场景提供热力蒸汽、热水等用能需求。目前本项目供应的蒸汽主要用于食品行业中的加热、蒸煮和杀菌消毒等生产工艺。

2. 技术路线

（1）技术思路

本项目引进、优化创新国际上最先进的生物质供热技术，并实现了供热系统装备国产化，通过改造生物质上料系统，优化炉膛结构，配备自适应运动的往复炉排，辅以精细化的配风系统，实际系统的高效低氮燃烧，同时配备高效的净化设备，将清洁零碳的生物质能源高效转换为清洁热力蒸汽。

本项目技术通过优化生物质锅炉往复炉排运动规律和锅炉配风系统，实现不同燃料与炉排运动自适应的特性，采用超大燃烧室设计，优化生物质燃料挥发份燃烧时间，确保锅炉燃料燃尽率，提高燃料燃烧效率，同时面向生物质燃料的特点及传热机理，设计相应的水冷包墙受热面以及三回程式烟管本体，增大辐射受热面，提升锅炉效率。另外通过采用独特的炉排片设计对原料高效、低氮燃烧技术，降低 NO_x 生成。根据生物质燃料配风需求实现各级配风宽幅调整，通过前述燃烧场和实验调整各级配风优化燃烧流场。通过设计大尺寸燃烧室，三回程通道的锅炉本体受热面，竖向两通道的省煤器，炉内粉尘沉降与分离技术，保证锅炉低污染物排放。在烟气侧通过多级除尘、脱硝处理等污染物控制技术，可进一步去除烟气中的污染物，实现清洁排放技术。

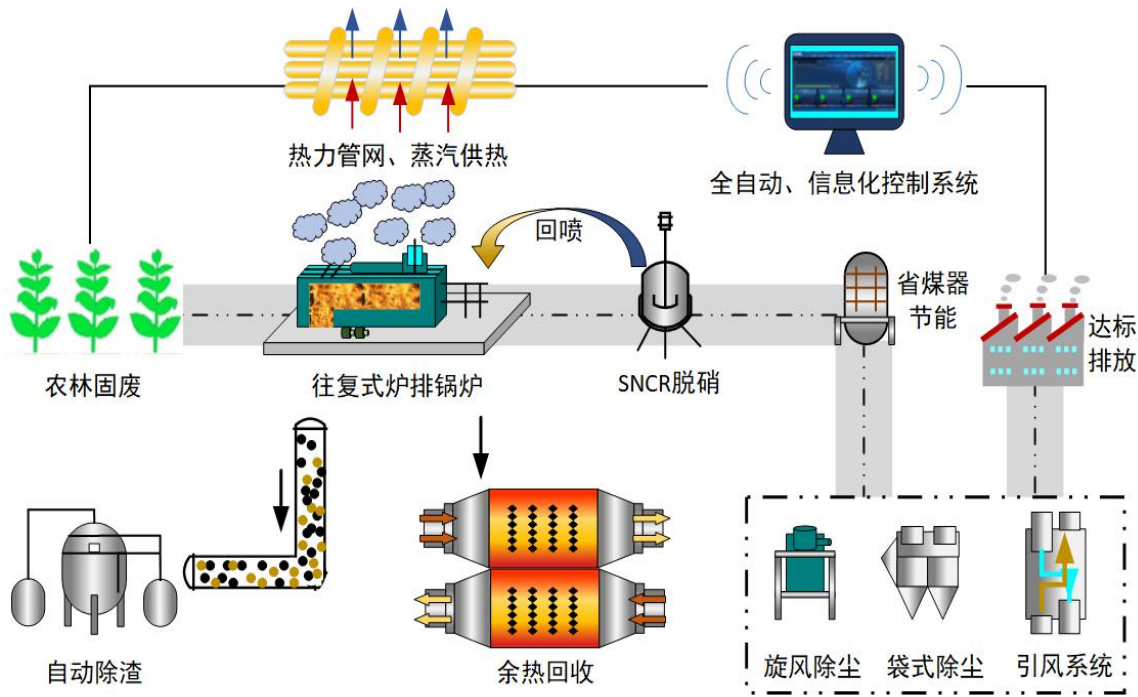


图 1 生物质清洁供热技术路线图

(2) 技术特点

本项目在生物质供热系统高效燃烧、清洁排放和智能化控制等方面有如下技术特点：

①多源燃料协同处理高效燃烧技术：本项目生物质锅炉系统采用两级液压推手入料，成型燃料、粉碎散料均可入炉燃烧满足生产，采用超大燃烧室布置，搭配适宜炉拱结构，保证燃料挥发分充分燃烧，炉排采用往复推伺结构，可以对燃料进行自动拨

火、翻转和破焦，沿炉排长度方向设计独立的风室，根据燃料在炉排上不同燃烧阶段所需风量精确配比，使得炉排运动与炉内燃烧场高度匹配，并辅以高精度二次风对冲与卷吸作用，保证燃料高效燃烧，另外锅炉整体采用“水管+锅壳+省煤器”的受热面组合形式，实现能量梯级利用，各种高水分燃料能实现协同燃烧，锅炉热效率可达 90% 以上。

②高效燃烧协同多级耦合净化技术实现清洁排放：本项目采用超大空间的燃烧室，以及自适应的水冷往复式炉排结构，组合高精化的三级配风系统，保障燃料高效稳定燃烧，从源头上减少污染物的产生；此外在锅炉炉壁内布置有多点位 SNCR 喷淋系统，根据炉膛内 NO_x 浓度分布流场情况，系统自动调节尿素溶液流量以及喷射角度，高效除氮的同时，减少尿素溶液浪费及氨逃逸。锅炉烟尘采用“省煤器弯道折流除尘+陶瓷多晶旋风离心除尘+脉冲布袋隔离除尘”的高效除尘组合形式，保障烟气排放清洁环保。

③生物质供热系统全流程智能化控制：通过集成包括燃料储送系统、燃烧系统，除尘系统、给排水系统、烟气净化系统、灰渣循环利用等生物质锅炉供热装备，形成农林固废高新清洁循环利用工艺和装备体系。农林固废经输送机和斗提机系统输送至料仓，再经液压式给料机送入锅炉燃烧室，进入炉膛，均匀散落在炉排上。经过独创的液压往返式炉排，原料充分燃烧后，锅炉水形成蒸汽供热；燃烧产生的热烟气在锅炉内用尿素进行选择非催化还原（SNCR）脱硝，再经省煤器送往除尘系统，烟气经多级除尘后，干净烟气经烟道由引风机抽送输送到烟囱排往大气。本系统拟升级采用电控推料系统、全自动燃烧加热、进出口温控传感、实时在线监测系统，APP 远超操作平台，自动化程度高。优化集成清洁供热和循环利用系统控制技术，实现整个供热锅炉设备、辅机及管网的智能联供，达到高效、节能、环保的运行效果。通过采用信息化和自动化技术，对供热运行进行集中控制，达到按需供热，燃烧系统可根据负荷变化及燃料状态自适应调节；通过人工智能实现系统启停、温度控制、负荷调节、故障预警、数据监测等。优化后的系统可通过自动化调节，系统负荷弹性大，30~100%负荷增减仅需 10min，后期运营时每班仅需 1~2 人值守，实现供热系统全流程智能控制。

（3）技术适应性

本项目技术适用于以生物质为燃料，以水为工质的低压饱和蒸汽锅炉。

第一，项目供热系统燃料适应性广，各农业秸秆、林业废弃物、农林加工剩余物等生物质燃料均可协同处理，且水分高达 40~50%依然可燃；

第二，项目用能场景广，项目生物质供热系统清洁高效，燃烧稳定，可适应负荷变化波动大，对蒸汽品质要求较高的用能场景；

第三，项目服务行业广，可为食品、医药、化工和纺织等行业多行业提供清洁热力服务；

第四，项目供热模式广，本项目可根据项目地和用能企业的热源和热网的位置和规模分布情况，可选择集中式供热和分布式供热模式；

第五，项目环境适应强，该项目系统燃烧效率高，清洁低碳，节能减排，替代传统化石能源，适用于对能耗，大气污染，碳排放强度较为严格的地区。

3.系统配置

本项目的生物质供热系统由锅炉本体设备和锅炉辅助系统设备两大部分构成。锅炉本体设备主要包括：炉膛、锅筒和省煤器等；锅炉辅助系统设备主要包括：锅炉给水和排污系统，上料系统，烟风系统，除灰除渣系统以及控制系统等设备。生物质供热系统的主机型号为：JUE-VKR/TDC-F25.0-16.0BAR(g)，单台锅炉的额定蒸发量为 25t/h，额定蒸汽压力为 1.6MPa，额定蒸汽温度为 204℃，设备的使用寿命为 25 年，锅炉热转化效率高达 90.31%，整体设备系统性能卓越，系统负荷调节响应迅速，系统燃烧稳定，故障率低，可靠性高，本系统的控制系统采用最先进工业化控制系统，通过对锅炉系统的全局控制，可实现锅炉负荷自动调节，系统故障预警，维护保养提醒等智能化运维一站式管理。

4.运行情况

本项目主要消耗的能源有生物质燃料、水和电能等，所使用的燃料主要包括各类秸秆，林业疫木、枝丫材、模板、卷皮，以及成型料等农林废弃物，项目每年消耗生物质燃料约 10 万 t，年耗水量约 20 万 t，年耗电量约 140 万 kWh，项目平均每年运行 330 天，项目年综合能耗约 900t 标准煤。

三、经营模式

本项目建设投资运营方式采用 BOO 合同能源管理模式。项目为园区和企业提供集中或点对点分布式清洁供热供气一站式综合服务，建设-运营-维护全部由公司负责。让客户“零投资、零责任、零风险、零管理”。

项目蒸汽产品蒸 t 单价采用基准价加浮动价组合方式收费，基准单价由双方签订合同同时确定，浮动单价则根据武汉市发展和改革委员会发布的非居民天然气基准同涨同跌。项目收费采用按月银行转账支付的方式交易。

四、效益分析

（1）经济效益：本项目以年产 30 万 t 生物质供热蒸汽规模经营，年收入近 1 亿元。项目使用绿色清洁可再生的生物质燃料，对比使用天然气锅炉，可为用能客户节约 30% 的用能成本；连续多年被客户评选为优质合作伙伴；同时，项目正在进行“零碳能源核证”，未来可获得碳资产收益至少 700 万元以上，项目经济效益可观。

（2）环保效益：本项目年可综合利用生物质有机固废 10 万 t，变废为宝，农林废弃物综合循环利用，另一方面生物质的使用替代了传统化石燃料燃煤，减少了燃煤开采和使用过程中对环境的污染，项目每年可替代约 5 万 t 标准煤，年减排二氧化碳 13.3 万 t，减排二氧化硫约 650kg、氮氧化物约 570kg，节能减碳效果十分显著，是贯彻落实我国碳达峰碳中和有效途径。由于生物质具有低硫低氮低灰分的特性，且项目采用先进的环保设备，排放清洁环保。改善当地大气污染问题，促进了我国生态文明建设可持续发展。

（3）社会效益：本项目的成功示范应用将推动生物质清洁供热行业快速发展，引导相关绿色低碳装备技术升级优化，推进我国绿色能源结构转型升级，促进我国绿色经济社会可持续发展。同时本项目也带动上游原料供应商发展，为农民提供就业岗位，引导农民改变落后的生产生活方式，改善农民生产生活条件和农村环境面貌，利于加快农村能源建设步伐，优化农村能源结构，发挥生物质能低碳作用，对于转变我国经济增长方式、提高新农村建设的科技含量、促进低碳经济发展，都具有非常重要的意义。

（4）地方出台政策

2021 年 11 月 26 日，湖北省发改委印发的《湖北省长江经济带绿色发展“十四五”

规划》中指出：在开发区、产业园区等热负荷需求集中的地区,建设生物质热电联产项目。推广生物质多元化利用,支持生物天然气工程建设,积极发展生物质锅炉供热。

2022 年 4 月 20 日，湖北省人民政府发布的《湖北省能源发展“十四五”规划》中表明：按照因地制宜、清洁高效、多元利用的原则，结合资源和环境条件，开发利用生物质能。

2022 年 12 月 26 日，湖北省科技厅发布的《湖北省碳达峰碳中和科技创新行动方案》提出：围绕区域特点和资源禀赋，开展氢能、光伏、风电、地热、生物质等多种互补清洁能源示范区建设。

五、突出亮点

技术装备领先：项目集成国际上最先进的生物质锅炉设备系统技术，优化传统生物质锅炉技术路线，优化系统工艺，提高系统效率以及可靠性；独创了适合中国生物质燃料的锅炉系统，精细化的配风系统与往复炉排运动联动配合，提高系统燃烧效率；锅炉炉膛采用超大燃烧室和水冷包墙受热面以及三回程式烟管本体，设备高度集成化；同时，采用了先进的工业智能化控制系统，生物质锅炉系统燃料适应性广，可燃用水分高达 40~50% 的生物质燃料；系统热效率高，可达 90% 以上，高于传统燃煤锅炉 10% 左右；系统全局自动化操控，自动调节负荷，相应快，故障率低，每班仅需 1~2 人值守。

另外，项目锅炉烟气污染物排放清洁环保，优于国家和地方的排放标准。公司作为生物质供热行业和技术标杆，发起牵头制定了湖北省地方系列标准《生物质锅炉大气污染物排放标准》《生物质供热系统工程设计规范》等，填补了全省行业空白，促进了行业规范，为生物质供热市场推广和应用提供强大技术支撑。

商业模式创新：通过合同能源管理 BOO 模式建设运营，公司负责“建设-拥有-运营”，并提供一站式清洁能源服务，园区用能单位和客户零投资、零责任、零风险、零管理，可为用能企业客户或园区提供一站式综合服务，省心、省钱、省力。

“零碳”能源供应：生物质能作为全球公认的零碳属性可再生能源，项目全国利用生物质，从而替代传统化石能源，节能、减排，有效降低当地碳排放强度，为园区和企业提供清洁能源，依托领先的生物质清洁供热技术与装备系统，实现工业园区和

企业的清洁能源供应优选模式和一站式解决问题。

经济效益明显：本项目使用的零碳资源生物质替代传统化石能源，给项目企业带来可观的经济效益，同时对于用能企业，与天然气锅炉相比，可为客户节约 30%的用能成本；同时公司储备的碳资产，未来在国家开放的碳交易市场中获得显著收益。

环境效益显著：项目使用清洁零碳能源，替代高污染，高碳排放的燃煤锅炉，项目每年可替代 5 万 t 标准煤，年减排二氧化碳 13.3 万 t，减排二氧化硫约 650kg、氮氧化物约 570kg，减污降碳效果显著，项目每年可以减排二氧化碳项目采用低氮燃烧和 SNCR 耦合高效除氮，利用省煤器自身结构弯道折流降尘，多晶陶瓷旋风除尘和脉冲布袋高效除尘，实现锅炉烟气排放清洁环保，优于国家和地方标准。

社会效益突出：本项目的应用极大的提高了生物质能在可再生能源中节能降碳的水平，促进生物质资源综合循环利用，带动生物质供热产业链全面发展，有利于生物质清洁供热产业进一步完善，提高我国可再生能源发展水平，引领区域经济绿色高质量发展。

六、问题和建议

主要问题：我国生物质资源储量丰富，然而大量生物质资源未能被有效利用，生物质清洁供热是能源结构调整、高效利用生物质的有效方式。目前我国生物质清洁供热市场空间很大，但生物质清洁供热项目规模相对较小，相关配套体系构建还不够完善，激励政策不够健全，整体谋划少，相关市场机制有待进一步优化。

建议如下：

（1）建立可再生清洁能源生物质供热供应体系，推动生物质供热产业高质量、规模化发展，实现国家“双碳目标”战略目标。

我国生物质资源丰富，约 36 亿 t，是可再生能源的重要组成部分。据测算，生物质能行业 CO₂ 减排潜力约 20 亿 t，是实现“碳中和”目标的重要发力点。在生物质各种利用方式中，生物质清洁供热技术是一种可持续、效益广、高效利用的技术，可形成“农林业—环境—能源—农林业”的循环经济模式，为了有效应对国家或区域生物质供热资源分布极为分散、能量密度小、收储运难度大、成本高的特性及能源集中在县域的问题，建议开展分布式生物质清洁能源供热，更好的满足工业园区、城乡建设

用能需求。

（2）大力发展绿色低碳的生物质供热替代应用。

生物质能是可再生能源，是国际公认重要的“零碳能源”，通过生物质清洁供热高效利用生物质，是我国和我省能源转型发展的必然要求和有效途径。因此，建议强化生物质清洁供热市场地位，控制传统化石能源消费总量，实施可再生能源替代行动，加大市场布局和推广力度，尽快构建清洁低碳、可循环、可持续的生物质新能源供热体系。

（3）建立有效推动生物质供热利用的市场机制。

建议把生物质供热纳入地方城镇规划，并依据当地生物质能资源禀赋，制定利用目标、管理措施。

建议积极推动生物质供热项目纳入绿证、碳市场交易体系；相关项目或产品纳入“零碳排放项目和产品”，通过市场化的方式，给予生产生物质能产品的企业必要的经济补偿，充分体现生物质绿色能源的生态环境价值。

建议各级政府建立良好营商环境，推进中小企业和民营企业壮大发展，培育生物质供热产业发展的市场主体。建议出台系列财政支持、税收优惠、绿色信贷、国家标准执行等政策措施，以指导和促进生物质供热产业发展。

2.9 宝安能源生态园热电联产项目

一、项目基本情况

深圳市宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂二期工程隶属深圳能源集团股份有限公司,位于深圳市宝安区西北部老虎坑水库上游,二期工程于 2012 年投产,是国内首个 750t/天等级焚烧炉的应用者,占地 6.3 万 m²,日处置生活垃圾 30090t,年发电量约 5 亿 kWh。

热电联产项目在老虎坑垃圾焚烧发电厂二期设计时同步规划设计,于 2012 年 12 月投入运行,系统主要包含 4 台 750t/天焚烧炉,配备 2×30MW 抽汽凝汽式汽轮发电机组,采用垃圾焚烧热能回收分布式供能技术,将垃圾焚烧供热和发电结合在一起,与厂区周边工业园区内工厂企业进行合作,向工厂企业供应蒸汽热能,工业园区内使用蒸汽热能后产生的中水 100%回用到电厂循环冷却水,有效提高了电厂热能利用效率及工业企业生产效率,该种良好的双向循环经济模式为国内首创。

二、供暖面积

无。

三、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂二期热电联产项目供热用户为良益循环经济产业园。该工业园区内共有企业 50 多家,主要为印染、纺织企业,年营业额超 5 亿元。项目供汽参数为压力 0.8~1.0MPa,温度 230℃ 以上,全年 365 天全天候根据用户需求调整供汽量,平均日供汽量约 600t,年供汽量约 16 万 t。

2. 技术路线

宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂二期是国内首次应用 750t/天焚烧炉项目,建设时传统垃圾焚烧发电厂,由于蒸汽参数不高,机组容量一般较小(一般以 12MW 机组居多),热能转化为电能的效率偏低。在热能转化为电能的过程中,热能的损失很大,热能损失率大小主要取决于垃圾的热值、余热锅炉热效率以及汽轮发电机组的热效率。基于本

垃圾焚烧发电项目垃圾处理规模大、垃圾处理能力稳定、产汽能力高及本项目控制系统先进可靠等特点，结合周边工业企业分布情况,设计采用热电联供方式,将供热和发电结合在一起，可有效提高电厂热能的利用效率,同时取缔用户企业原有工业锅炉,降低企业生产成本，并解决了地方环保标准提高后,企业自行运营锅炉不能达标排放的发展限制。

四、主要设备选型

本热电联产项目采用四台 750t/天焚烧炉,根据项目的特点,配用南京汽轮发电机厂生产的 C303.8/1.7/395 型 L 抽汽凝汽式机组,同时供热系统与一期三台 400t/天焚烧炉蒸汽系统联通,作为备用。项目通过焚烧城市生活垃圾产生热能,热能通过余热锅炉加热给水产生高温高压蒸汽,蒸汽进入汽轮发电机组做功发电,部分蒸汽通过管道供应至周边良益工业园区内使用。本项目配备智能化控制系统,可随时根据用户生产需求,实现精准化、实时化自动调整。

五、生产运行情况

项目投运至今已超 12 年，在全天用汽量大幅波动的情况下，供汽参数实现全天候温压自动控制，日供汽量约 600t，日常系统运行可靠稳定,远程操控便捷，满足用户实时用汽变化需求。

本项目燃料为城市生活垃圾,建设规模为日处理 3000t 城市生活垃圾，吨垃圾发电量约 540kWh；辅助燃料为城市天然气，在启停炉阶段使用；机组年运行小时数超 8300h，自 2012 年 12 月 27 日移交生产至今，已稳定运营超 12 年，累计供应热蒸汽超 180 万 t。

六、建设运营模式

宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂二期热电联产项目供汽系统由深圳能源集团股份有限公司负责投资建设并管理和维修,用汽系统由良益循环经济产业园负责投资建设并管理和维修,双方以电厂区红线处划分投资界面,计量点为安装在电厂厂区围栏边不超过 10m 处的计量装置,计量装置由宝安能源生态园投资安装并负责维护、管理。供汽费用按照供汽量×汽价方式计算,供汽价格以电厂二期现行上网电价为基础,考虑回馈社会及周边居民,经双方共同协商确定每吨汽价略高于发电收入,项目经营为微利模

式,旨在于通过热电联产引导一种循环经济模式,同时协助周边社区招商引资发展经济,提升项目所在地就业岗位数量及周边居民租赁房屋、经营餐饮等收入,实现垃圾焚烧发电厂从"邻避"向"邻利"转变。

七、项目经济性

经济效益:提高宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂二期系统运行效率,在本项目热电联产中,较高参数的蒸汽用来做功发电,将低参数蒸汽用来供热,减少热电分产时有用能量的大量损失,也避免了大量的冷源损失,有效提高系统综合效益。相对于不对外供热的情况,供热情况下,系统热能利用率达 36.57%以上,利用率是不对外供热的 1.26 倍。

本项目燃料为城市生活垃圾,采用炉排炉,正常运行时无任何助燃物的消耗,与相同规模的燃煤热电厂相比较,节约相当可观的化石燃料。项目对外供热后,工业园区原有自备燃煤锅炉全部停用,工厂企业有效降低生产成本。

八、环境及社会效益

环境效益:整合城市工业中需要热源的工厂企业,对良益工业园区集中供热后,取缔原有自备燃煤锅炉作用,降低了化石燃料的消耗,减少大量 CO_2 气体的排放并减少了城市工业由于自备燃煤锅炉燃烧产生的环境污染,有效改善周边环境。减少生活垃圾填埋量,有效减少 CH_4 气体的排放,减缓温室效应。垃圾填埋产生的 CH_4 对全球变暖的贡献是 CO_2 的 25 倍,填埋场是除湿地和稻田之外,对大气甲烷贡献较大的发生源, CH_4 对全球气候变暖的作用仅次于 CO_2 ,对温室效应的贡献已占 18%左右。因此, CH_4 的减排对减缓温室效应具有明显的作用。

社会效益:项目开创超大城市大型生活垃圾焚烧处理发电及供热项目成功运用的先河,对土地资源集约型、人口密集型城市提供了生活垃圾焚烧项目设计、建设、调试、运营参考经验,具有普适性。

项目带动周边热能需求企业发展,有效促进周边社区经济提高,增加周边就业岗位,同时加深周边居民对垃圾焚烧发电及供热项目的了解,有效提高垃圾焚烧项目的正面影响力,避免了“邻避”效应。截至目前,老虎坑垃圾焚烧发电厂二期已供应热蒸汽约 180 万吨,解决了地方环保标准提高后,企业自行运营锅炉不能达标排放的发展限制。考虑到回馈社会及周边居民,热电联产项目为微利模式经营,助力周边社区招商引

资发展经济，间接为周边社区提供超过 5000 个工作岗位，支持上下游企业创造超 20 亿元产值，并促成周边居民通过租赁房屋、经营餐饮等增创收入,是垃圾焚烧厂从“邻避”变“邻利”的典型案例。

九、典型经验和做法

1. 项目规划设计理念较为超前，充分考虑本垃圾焚烧发电项目及周边产业特点，成为国内首次采用垃圾焚烧热能回收分布式供能技术应用成功案例。

2. 项目工艺流程先进,管控水平领先，供汽用户为印染、纺织企业，用汽量随用户生产线生产情况实时波动，且具有白日汽量多波动大、夜间汽量少、节假日汽量少等用汽特点。本项目采用智能化控制系统在满足用户实时用汽变化需求外，还保证自身其余系统设备稳定运行，保质保量完成城市生活垃圾焚烧任务。

3. 项目经济及环保效益显著，有效提高电厂热能的利用效率，提高系统运行经济性，供热时系统热能利用效率为不供热时 1.26 倍；有效减少化石燃料燃烧和污染物的排放，改善周边生态环境，具有良好的经济环保效应。

4. 项目吸引热源需求工业企业在周边长效驻扎，促进周边经济发展，增加周边社区就业机会，与居民形成良性互动，有效避免了“邻避”效应。

5. 项目成果显著，本热电联产项目曾获得中国电力建设企业协会电力建设科学技术进步三等奖。

十、问题和建议

无。

2.10 西安泾渭康恒环境能源有限公司可再生能源供暖（制冷）典型案例

项目

一、项目基本情况

西安泾渭康恒环境能源有限公司坐落于西安市高陵区循环经济产业园内，由上海康恒环境股份有限公司与西安市高陵区三阳基础建设投资有限责任公司于 2018 年 3 月 20 日组建了西安泾渭康恒环境能源有限公司作为项目公司，由项目公司签署正式的 PPP 合同，项目共耗资 12.96 亿元，建设有 3×750t 机械炉排炉，2×26MW 初凝式汽轮机，2×30MW 发电机组，于 2020 年 01 月 16 日建成投产，负责西安市高陵区、未央区、浐灞区、港务区、临潼区、灞桥区、阎良区的生活垃圾无害化处置，年处理能力 90 万 t，2021 年开始利用汽轮机做功后的蒸汽开始为高陵区进行居民供暖，所产生的电、热均实现了本地消纳，2021 完成供暖量 3.43 万 GJ、2022 完成供热量 11.62 万 GJ、2023 年供热量超 19 万 GJ,预计 2024 年将达到 22 万 GJ。

二、技术路线及工艺流程

1. 负荷情况

西安泾渭康恒环境能源有限公司利用汽轮机做功后的余汽为高陵区城区实现供暖，破局了高陵区以燃气、空气能为主的供暖现状；自 2021 年开始，供暖面积逐年递增，2023 年供暖面积达 88 万 m²，供热量超 19 万 GJ。未采取利用垃圾焚烧厂余热供暖前，下游热力公司依靠空气能实现居民供暖，一个供暖季共计耗用 70 万 kWh 才能供暖 1 万 m²；按照 88 万 m²供暖面积计算，一个供暖季节省电量 6160 万 kWh，按照热量计算，一个供暖季可节省标准煤 7577t 标准煤，极大地降低了关中地区煤炭消费总量。将垃圾变“废”为“热、电”，若将垃圾产生的热能仅用来发电，热能利用效率仅为 25~28%，而热电联产可以将热能利用效率提升至 45%，不仅实现了蒸汽能源的梯级利用，也淘汰了低效燃气锅炉与高耗空气能供暖。

2. 系统配置

西安泾渭康恒环境能源有限公司在综合主厂房旁建设供暖换热首站，设有

3×18MW 高效换热器，供暖热负荷共 54MW。设计工况下热源为工艺提供 0.9MPa，265℃过热蒸汽，采用高效的立式管壳式换热器交换成 95℃/50℃供暖热水，热水由 3×620m³的变频泵驱动送入二级管网供居民使用。供暖系统工作压力为 1.6MPa，采用立式气压罐定压装置，定压点压力为 0.4MPa。经换热的抽汽凝结水进行回收利用。所有操作集成在 DCS 进行完成，实时监测供暖参数，了解系统工况；自动温控阀均匀调节流量，合理匹配工况，保证按需供热；通过曲线组及时诊断事故，确保安全运行，实现量化管理。整体设备具有使用寿命长，故障率低，维护量少，节能运行。

3. 运行情况

西安泾渭康恒环境能源有限公司为生活垃圾无害化热电联产项目，主要使用的能源来源于辖区的生活垃圾、一般固废；2023 年机组实现了长周期、安全、环保、经济运行，锅炉平均运行小时数达 8455.05h，汽轮机平均运行小时数 8698.95h，为冬季供暖保障奠定了良好的基础。若将垃圾产生的热能仅用来发电，热能利用效率仅为 25～28%，而热电联产可以将热能利用效率提升至 45%，不仅实现了蒸汽能源的梯级利用，也淘汰了高耗空气能设备，下游热力公司供暖面积也由 2019 年的 1 万 m²增加至 2023 年的 88 万 m²。

三、效益分析

1. 通过焚烧垃圾厂汽机抽汽供给热量相比燃气锅炉减温减压供给热量，不但能源的综合利用能力，提高了热能利用率，也极大的降低了供热成本，淘汰了高耗能的空气能供暖设备。持续与属地政府对接，计划逐步使燃气锅炉退出供暖舞台。

2. 西安泾渭康恒环境能源有限公司作为西安市首家投产的垃圾焚烧发电厂，助力了西安市无废城市的建立。以国家标准、地方要求、企业内控三重排污要求标准严格执行。下游热力公司一个供暖季供暖 1 万 m²需耗用 70 万 kWh；按照 88 万 m²现有供暖面积计算，一个供暖季节省电量 6160 万 kWh，按照热量计算，一个供暖季可节省标准煤 7577t 标准煤，极大地降低了关中地区煤炭消费总量。降低约 1.8 万 t 碳排放量。

四、突出亮点

供暖季到来前，公司不断走访辖区政府及一般固废产出单位，提高生活垃圾入厂量、固废入厂量、污泥入厂量，为实现供暖季稳定达标供暖积攒库存。走访过程中拓

展了属地及周围曲线秸秆入厂焚烧，不仅有效缓解属地秸秆禁烧难题，又避免了生物质资源的浪费；

日常运行中对属地污水厂污泥进行合理掺配，不仅实现了污泥的资源化利用，也避免了污泥堆放影响环境污染问题。

自投产以来始终秉持以人为本、卓越运营、精细化管理的理念，并在行业内开展对标分析，不断提升自身管理水平，于 2021 年通过 3A 评级，2023 年在双百跨越评审活动中，顺利通过枢纽化、智能化、低碳化、社会化、系统化、精细化运营服务标杆厂，也获得了全国首个运营服务领跑者的殊荣。

五、问题和建议

1. 秸秆在农村随意堆放，不仅易引起火灾，也阻碍了农村环境提标亮化的难度。建议设立定点存放点，设专人看护，防止发生火灾。

2. 希望政府出台相关政策，提高农民转运秸秆积极性。使秸秆运输至造纸厂或周围垃圾焚烧厂，不仅进行资源合理化利用，也解决了属地秸秆禁烧难题。

2.11 青铜峡市生物质成型燃料清洁低碳供暖项目

一、项目基本情况

项目名称：

青铜峡市生物质成型燃料清洁低碳供暖项目

项目规模：

1. 分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖

针对青铜峡市农村地区公共建筑（乡政府、村部、卫生院、乡村中小学等）无法开展集中供暖问题，瑞威尔公司以生物质成型燃料生产技术和生物质锅炉技术为核心，探索出分布式生物质清洁供暖技术应用模式。在青铜峡市政府支持下，自 2017 年起在青铜峡市农村地区公共建筑领域开展生物质成型燃料清洁低碳供暖改造，取得了良好的效果，截至目前已完成改造及运营面积约 13.3 万 m²，其中乡镇政府、派出所、村委会等单位 12 处，供暖面积 5.5 万 m²，乡镇村卫生院 10 处，供暖面积 1.4 万 m²，乡村中小学 14 处，供暖面积 6.4 万 m²。

2. 分散式生物质成型燃料清洁低碳供暖

青铜峡市政府自 2022 年起实施农村地区冬季清洁取暖改造项目，瑞威尔公司积极配合青铜峡市政府开展清洁取暖技术模式探索工作，通过入户调查、数据分析，在充分考虑农村基本条件和居民经济承受能力的基础上，提出分散式生物质成型燃料清洁低碳供暖技术模式，截至目前在青铜峡市农村地区已推广用户达到约 1 万户。

项目投资：青铜峡市分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖投资金额约 300 万元，由瑞威尔公司负责投资运营；分散式生物质成型燃料清洁低碳供暖投资金额约 6300 万元（含中央补助资金、地方配套及用户自筹）。

项目推广意义：2020 年 9 月，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。在“双碳”目标下，大气污染防治和碳强度碳排放总量控制对清洁取暖提出了减污降碳协同增效的新要求，散煤治理的政策方向也逐步从清洁化向低碳化并轨。

为调整能源结构、应对气候变化、建设清洁低碳社会、实现能源可持续发展，2021年1月27日，国家能源局发布《关于因地制宜做好可再生能源供暖工作的通知》提出，“在大气污染防治非重点地区农村，可按照就地取材原则，因地制宜推广户用生物质供暖。”文件进一步明确了生物质炉具取暖作为农村清洁取暖的技术路径之一，在大气污染防治非重点地区农村被鼓励使用。基于“十四五”空气质量改善目标、2030年碳达峰、2035年美丽中国空气质量改善要求，为持续推进清洁取暖工作，2021年清洁取暖试点城市从重点地区首次扩展到东北和西北非重点地区城市。

双碳目标下，可再生能源的持续健康快速发展，成为实现碳达峰碳中和目标任务的重要力量。2021、2022年，“十四五”能源政策密集出台，中央政府及各部委相继下发《2030年前碳达峰行动方案》《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》《“十四五”现代能源体系规划》《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》《“十四五”可再生能源发展规划》等文件，均明确提出因地制宜发展生物质能清洁供暖。

受制于农村经济发展水平、能源基础设施条件、居民消费承受能力、居民生活习惯等因素制约，非重点地区短期内大规模推广“双替代”具有一定难度，特别是西北严寒地区，其供暖刚性需求远远高于寒冷地区，意味着这些地区推进清洁取暖的难度更大，所以因地制宜探索“双替代”之外的清洁取暖方式至关重要。而从各种技术路线对比来看，在农村地区推广生物质成型燃料取暖，在经济性、低碳环保性方面具有一定优势。

青铜峡市生物质成型燃料清洁低碳供暖项目的成功推广实施，为宁夏冬季清洁取暖项目提供了一条经济、清洁、环保、可持续的清洁取暖模式，生物质成型燃料清洁供暖符合农村居民的用能习惯，具有坚实的群众基础，把农村丰富的生物质资源变废为宝，既可以实现运行成本可承受，又实现了可再生能源利用，还能起到减污降碳的良好效果，对我区发展低碳经济，改善区域大气质量和农村人居环境具有重大意义。

（五）建设单位

1. 项目实施单位：宁夏瑞威尔能源环境工程有限公司

宁夏瑞威尔能源环境工程有限公司成立于2007年，总部位于宁夏回族自治区银

川市，注册资本 2500 万元，公司长期致力于生物质清洁能源开发、农村绿色低碳能源开发利用、农林废弃物资源化利用及生态循环农业等领域，主营业务生物质清洁供热技术模式推广、清洁供热服务、合同能源管理、绿色农业服务等。公司现为自治区农林生物质清洁转化与利用技术创新中心、宁夏大学产学研合作基地、宁夏绿色清洁能源促进会副会长单位、全国工商联新能源商会理事单位、中国沼气学会理事单位，承担多项自治区重点研发、科技成果转化及技术引进等项目，形成三十余项专利成果。由农业农村部和联合国开发计划署共同实施的“中国零碳村镇促进项目”，公司被选定为宁夏项目区可再生能源生产经营服务主体，全程参与项目建设。公司拥有环保工程专业承包二级资质。

2. 生物质成型燃料生产单位：宁夏瑞创源新能源科技有限公司

宁夏瑞创源新能源科技有限公司成立于 2018 年，注册资本金 1000 万元，是宁夏瑞威尔能源环境工程有限公司全资子公司，负责全面运营管理公司下辖的生物质能低碳循环开发利用中心，主营业务包括农林废弃物收储运、生物质成型燃料生产制造、有机肥料生产制造等。瑞创源公司及其现为国家高新技术企业、自治区农业高新技术企业、自治区“专精特新”中小企业、自治区林下经济示范基地、自治区服务型制造示范企业和全国秸秆综合利用展示基地，各项业务产品已全部通过 ISO9001 国际质量管理体系认证。

3. 生物质能低碳循环开发利用中心情况

（1）农林废弃物无害化集中收储。生物质能低碳循环开发利用中心作为农林废弃物第三方处理中心，集中收储畜禽养殖粪污、农作物秸秆和林业“三剩物”，并进行分类处理。每年可收储养殖场粪污 10 万 t、农作物秸秆 2 万 t、林业“三剩物”8~10 万 t。可以极大减少农村秸秆、树枝等废弃物燃烧率，保护环境的同时，还能实现收购废弃物变现，增加周边地区农民收入。

（2）利用废弃物发酵生产沼气。生物质能低碳循环开发利用中心拥有规模化大型沼气工程，位于青铜峡市青铜峡镇生态移民安置区，占地面积 45 亩，自 2012 年开始建设至今，已形成由 3 座池容 4000m³CSTR 厌氧发酵罐、3 座池容 1000 m³CSTR 厌氧发酵罐组成的日产 1.5 万 m³ 大型沼气集群。以畜禽粪污发酵生产沼气，年生产沼气

500 万 m^3 ，可向生态移民区 2000 户居民集中供气；在沼气工程基础上，瑞威尔建设了 1MW 生物质沼气发电站，沼气通过发电站转化为电能，大大提高了沼气的利用效率和价值，1MW 发电机组是区内首家沼气发电输入国家电网项目，每年可发电 800 万 kWh。

（3）生产有机肥料实现“三沼”综合利用。生物质能低碳循环开发利用中心建设有机肥料生产基地、充分利用沼渣、沼液，加工制成高效有机肥料，年产液态有机肥 5 万 t、固态有机肥 3 万 t，为基地周边酿酒葡萄、枸杞、水稻等有机种植提供稳定、高品质的肥料保障，助推绿色农业经济发展。

（4）生物质成型燃料加工及清洁供热服务。生物质能低碳循环开发利用中心采用国内先进的自动化加工生产线，将农作物秸秆和林业“三剩物”加工成热值达 4000kcal 的生物质颗粒燃料，可以在供热领域实现对煤炭、天然气等传统化石能源的完美替代，变废为可再生清洁能源。现已建成年产 6 万 t 的生物质颗粒生产基地，是全区最大的生物质成型燃料生产企业。

4. 企业现场照片



图 1 生物质能低碳循环开发利用中心鸟瞰



图 2 生物质颗粒燃料生产基地



图 3 沼气生产基地



图4 有机肥料生产基地

（六）项目地基本情况介绍

1. 基本情况

青铜峡市，隶属宁夏回族自治区吴忠市。位于黄河上游，宁夏平原中部，地处东经 105°21′至 106°21′、北纬 37°36′至 38°15′之间。东隔黄河与灵武市、吴忠市利通区相望，南以牛首山为界与中卫市中宁县接壤，西依明长城同内蒙古自治区阿拉善左旗为邻，北与永宁县相连。青铜峡距吴忠市府驻地利通区 30km，距自治区首府银川市 54km。市境东西宽 30km，南北长 60km，总面积 2324.7k m²，占全区总面积的 3.8%，辖 8 镇 3 场 1 街道，85 个行政村、22 个社区居民委员会。

青铜峡市境内地势由西南向 东北自高而低呈现阶梯状分布，形成山地、低山丘陵、缓坡丘陵、洪积扇地带、黄河冲积平原和库区六个地貌类型。其中山地面积 1.48 万公顷，占全市土地面积的 8.5%；低山丘陵 1.38 万公顷，占 7.9%；缓坡丘陵 1.58 万公顷，占 9.1%；洪积扇地带 7.07 万公顷，占 40.6%；黄河冲积平原 5.36 万公顷，占 30.8%；库区 0.54 万公顷，占 3.1%。海拔为 1150~1170m。



图 5 项目地理位置

2. 气候特点

青铜峡市地处西北内陆，处于东部季风区与西部干旱区域交汇地带，属中温带大陆性气候。冬无严寒，夏无酷暑，四季分明，气候干燥，日照充足，光能丰富。常年平均气温 9.8℃，最低气温-25.0℃，最高气温 37.7℃。年降水量 177.8mm，5~9 月的降水量占全年的 83%，年平均相对湿度 52%，年平均无霜期 178 天，年日照时数 3044.1h，年平均风速 2.4m/s，最多风向为西北风，年蒸发量 1946.1mm，年平均大风日数 12 天，最多年份达 44 天，年最大冻土深度 83cm。主要气象灾害有大风、沙尘暴、高温、低温冷害、寒潮、霜冻、冰雹、暴雨、山洪、连阴雨（雪）、冬季冰冻等灾害。

表 1 地区主要气象参数汇总

气象条件名称	气象参数值或描述
全年平均温度	9.8℃

年极端最低气温	-25.0℃
年极端最高气温	37.7℃
年平均降雨量	177.8mm
冬季主导风向	西北风
春夏秋冬主导风向	偏东风、偏南风
年平均风速	2.4m/s
冬季供暖室外计算温度	-12℃
最大冻土深度	83cm
供暖天数	150d
年累计平均光照时长	3044.1h

3. 生物质可再生资源量

青铜峡市是一个农业大县，农业一直是优势产业。2022 年青铜峡市农作物播种面积 78.3 万亩，粮食作物播种面积 43.8 万亩，蔬菜种植面积 20.8 万亩，葡萄总面积达到 15 万亩；生猪存栏量 7.7 万头，牛存栏量为 16.3 万头，羊存栏量为 17.5 万只，家禽存栏 275.5 万只，规模化畜禽养殖粪污产生量为 60 万 t，产生水稻、小麦、玉米等农作物秸秆量约为 40 万 t；林业用地面积 4.7 万公顷，园林水果面积 20.3 万亩，森林覆盖率（含四旁树及灌木林）为 14.25%，林木绿化率为 15.1%。总体而言农业、林业、畜禽粪污等生物质资源十分充足。

二、技术路线及工艺流程

（一）负荷情况

1. 用能需求

主要为公共建筑单位及农村居民住宅建筑冬季供暖需求，供暖期约 5 个月（每年 11 月 1 日开始，到次年 3 月 31 日停止）。

2. 项目负荷核算

表 2 供暖室内计算参数

建筑类型	温度（℃）	相对湿度（%）	室内噪声标准（dB）
农村公共建筑及农村居民住宅	18	≥20	≤45

农村地区公共建筑密封性较好，具有一定保温措施，以 80W/m²热指标测算；农村居民住宅普遍无保温措施，窗户及门的密封性较差以 100W/m²热指标测算，按照 60

m²计算单户供暖系统热负荷为 6.0kW。



图 6 项目区农宅现状（一）



图 7 项目区农村居民住宅现状（二）



图 8 项目区农村地区公共建筑现状（三）



图 9 项目区农村地区公共建筑现状（四）

（二）技术思路

1. 技术思路概述

针对青铜峡市农村地区部分公共建筑及居民住宅分布较为分散，无法实施集中供暖，且存在无法铺设天然气管道及“煤改电”成本过高等问题，农村地区冬季供暖仍大量使用燃煤供暖设备，瑞威尔公司采用“生物质成型燃料+生物质专用锅炉（炉具）+水暖系统”清洁供暖技术，以生物质成型燃料生产技术和生物质锅炉技术为核心，结合生物质原料选型、原料收储运等相关配套技术，根据青铜峡市农村地区实际情况，采取分布式和分散式生物质清洁低碳供暖技术模式，对原有燃煤供暖设施进行替代或改造，取得了良好的效果。

（1）生物质成型燃料

生物质成型燃料是以农业废弃物、林业“三剩物”（农业废弃物如秸秆、稻壳等；林业废弃物如采伐剩余物、清林抚育剩余物和木材加工剩余物等）为原材料，经过粉碎、烘干、成型等工艺（纯物理加工，无任何添加剂）制成粒状、块状、柱状，一定规格和密度的，可在生物质专用锅炉直接燃烧的新型清洁燃料。生物质气化供暖一般采用颗粒状生物质成型燃料。

（2）生物质专用锅炉（炉具）

生物质专用锅炉（炉具）是以生物质成型燃料作为主要能源燃料的锅炉或炉具设备，分布式生物质成型燃料清洁供暖一般采用的是生物质热水锅炉，分散式生物质成型燃料清洁供暖一般采用生物质水暖炊事炉具。

（3）水暖系统

采用水暖方式把生物质专用锅炉（炉具）与水箱、管道、管件和散热器相连接，组成独立供暖系统，通过燃烧生物质成型燃料加热介质（一般为水），加热的水通过管道流通至每个房间的散热终端暖气片，最终通过暖气片将热量散热出去。水变冷后回到供暖炉，再加热，再循环，达到室内冬季供暖的目的。

2. 系统设计说明

（1）主要设备：生物质专用锅炉（炉具）、散热器；

（2）系统功能：分布式为供暖，分散式为供暖+辅助炊事；

(3) 供暖末端：散热器（暖气片或地暖）；

(4) 系统说明：生物质成型燃料清洁低碳供暖系统采用常压系统设计，所属管道及设备均与大气相通，并在锅炉（炉具）上设有防爆阀和系统放水阀从而保证设备安全运行。整个供暖系统为强制循环，依靠循环泵工作在系统内对工质进行循环，通过调整循环水泵增强系统内部工质流速运动从而更好地进行换热工作，提高换热效率。锅炉（炉具）设备供回水温度 $85^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ ，完全能够满足用户取暖需求。锅炉（炉具）燃烧采用气化燃烧方式，燃料通过绞轮进入炉膛，通过鼓风机进行合理配风进行气化燃烧。

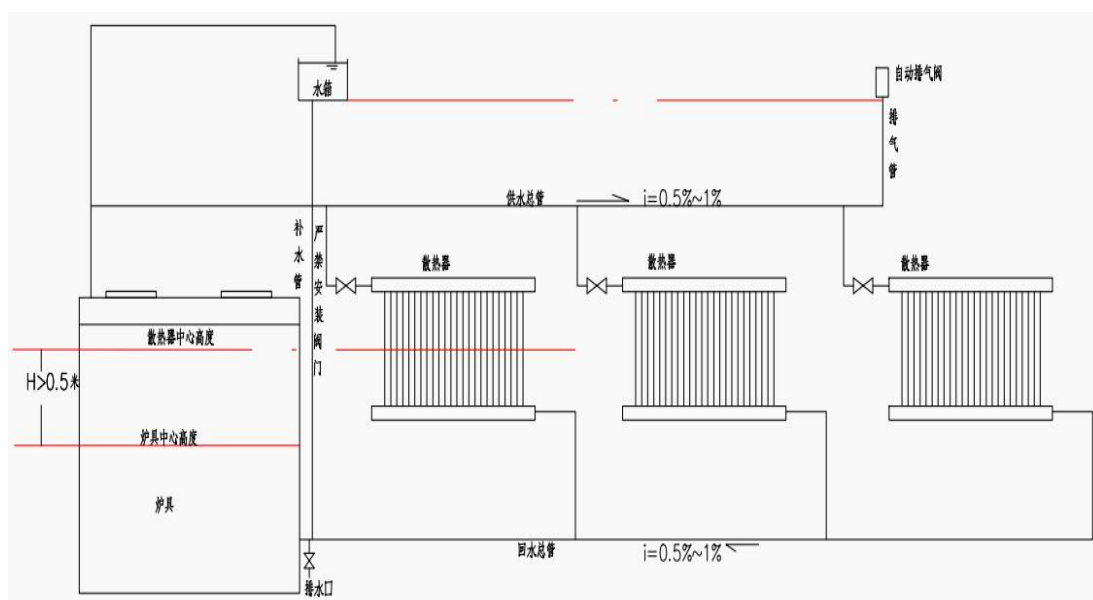


图 10 生物质成型燃料清洁供暖系统示意图

3. 技术要点说明

(1) 生物质成型燃料

①清洁供暖用生物质成型燃料，一般应选择采用木质类原料（“林业三剩物”、树木修剪枝条、葡萄枝条等）为主生产的生物质颗粒燃料，燃料高位热值应在 3800kcal/kg 以上，燃料水分应控制在 $10\sim 15\%$ 之间，燃料灰分控制在 $4\sim 4.5\%$ 之间；

②生物质成型燃料不含硫，燃烧中烟气排放的氮氧化物及烟尘浓度符合国家环保标准；

③生物质成型燃料燃烧过程中净零碳排放，在生物质原料生长—燃料生产加工—

燃料燃烧使用，整个循环过程中二氧化碳排放相抵消，属于可再生低碳能源。

（2）生物质专用锅炉（炉具）

①生物质专用锅炉（炉具）只能使用生物质成型燃料，因燃烧方式与传统燃煤锅炉不同，生物质专用锅炉（炉具）无法使用煤炭作为燃料，生物质成型燃料属于可再生清洁能源，燃烧无二氧化硫排放，在生物质专用锅炉（炉具）燃烧氮氧化物及烟气排放均符合《锅炉大气排放标准》相关要求。

②生物质锅炉的效率一般都在 85%以上，生物质水暖炊事炉具的效率一般都在 75%以上，比传统燃煤锅炉平均效率水平高 20~30%。

③生物质水暖炊事炉具可辅助炊事功能，符合农村居民冬季取暖生活习惯，同时设备通过调节控制系统，可方便控制燃料消耗量和火力大小，界面简单易懂，大、中、小火、点火按键明朗，适合农村老年人操作。

④生物质专用锅炉（炉具）具有自动进料和强制供风功能，实现炉具自动运行。

（3）分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖技术

该技术模式主要针对乡镇政府、农村村部、中小学校、卫生院等农村公共建筑单位，供暖面积在 500~10000 m²，一般采取合同能源管理（EPC）、供热服务委托等方式，由专业第三方企业投资建设并运行生物质清洁供热项目。分布式供暖可解决乡镇地区公共建筑冬季供暖效率低，供暖成本高，能源消耗大等问题，在不增加投资改造的前提下，为公共设施节能减排提供有效模式。

（4）分散式生物质成型燃料清洁低碳供暖技术

该技术模式主要针对人口居住分散、不宜铺设供暖管网的农村居民用户，供暖面积在 60~200 m²，可以有效替代农村散煤，解决农村居民户用取暖及炊事的用能需求。

（三）系统配置

1. 分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖

分布式生物质成型燃料供暖，根据用户单位面积选择生物质专用锅炉型号，一般选择方式为 1000 m²供暖面积对应设备型号为 10 万 kcal。系统主要配置如下：

表 3 分布式生物质成型燃料供暖系统配置

项目名称	说明	单位	数量
生物质热水锅炉	1.额定制热量：10×10 ⁴ ~120×10 ⁴ Kcal 之间； 2.额定出水压力：常压； 3.出/回水温度：85℃/60℃ 4.热效率≥85%； 5.电功率：5~15kW 6.适用燃料为生物质颗粒燃料 7.设备自带一级除尘	台	1
烟气处理设备	1.锅炉配套	套	1
生物质颗粒燃料储料仓	1.有效容量：5~10t 2.含自动上料及自动进料系统	套	1
循环水泵	根据锅炉设备选择，一备一用	台	2
水箱	1.有效容积：0.5~1.5t，根据锅炉设备及供暖面积选择； 2.含水箱支架	套	1
阀门、仪表	1.涡轮蝶阀、球阀、启闭阀、温度计、压力表等； 2.DN40~DN100	套	1
配管	DN40~DN100	套	1
电控柜	1.自动化配电系统 2.含锅炉房内电缆及电工配件	项	1



图 11 生物质专用锅炉

2. 分散式生物质成型燃料清洁低碳供暖

根据青铜峡市农村居民住宅取暖面积不同，按照 60～80 m²、80～120 平m²、120～200 m²三种取暖面积，对生物质清洁取暖设备及水暖系统进行系统配置。系统主要配置如下：

表 4 分散式生物质成型燃料供暖系统配置

模式	设备技术参数						供暖末端技术参数			
	取暖面积m ²	电功率w	供热量kW	热效率≥	料仓容积≥	自动控制装备	暖气主管道参数	暖气片参数	组数	柱数
配置一	60-80	40	9	75	25kg	自动点火、自动填料	均为 PPR 管 Φ25-Φ32	钢制 60 柱；一柱宽度 80mm、厚度 50mm、壁厚 1.4mm 以上、内置防腐层	3 组	60 柱
配置二	80-120	60	15	75	25kg		均为 PPR 管 Φ25-Φ32	钢制 120 柱；一柱宽度 80mm、厚度 50mm、壁厚 1.4mm 以上、内置防腐层	6 组	120 柱
配置三	120-200	120	20	80	70kg		均为 PPR 管 Φ25-Φ32	钢制 180 柱；一柱宽度 80mm、厚度 50mm、壁厚 1.4mm 以上、内置防腐层	9 柱	180 柱



图 12 生物质水暖炊事炉具

（四）运行情况

1. 使用效果

分布式生物质清洁供暖由瑞威尔公司负责运营管理，自 2017 年以来，供暖期内均能保持正常稳定运行，供暖期内室温保持在 18℃左右。分散式生物质清洁供暖，通过对用户 2022—2023 年供暖期入户监测分析，居民建筑室内温度均可维持在 18℃左右，体感舒适性较高。

2. 使用成本

分布式生物质清洁供暖由瑞威尔公司负责运营管理，用户单位仅需按照供暖面积向瑞威尔公司支付供暖费用即可，无其他费用支出。

分散式生物质清洁供暖成本费用主要为燃料采购费用，提供对试点户使用数据监测分析，在生物质颗粒燃料市场价格为 1000 元/t 情况下，取暖面积 60~80 m²供暖期生物质颗粒燃料用量约为 2~3t，费用约为 2000~3000 元，取暖面积 80~120 m²供暖期生物质颗粒燃料用量约为 4~5t，费用约为 4000~5500 元，取暖面积 120~200 m²供暖期生物质颗粒燃料用量约为 6~7t，费用约为 6000~7000 元。

三、经营模式

（一）投资方式

1. 分布式生物质成型燃料清洁供暖模式，由瑞威尔公司负责项目改造全部投资，包括锅炉设备采购、系统安装、燃料供应等，自 2017 年项目实施至今，瑞威尔公司已累计投资资金约 300 万元，用于青铜峡农村地区公共建筑单位清洁供暖改造。

2. 分散式生物质成型燃料清洁供暖模式，由青铜峡市政府实施青铜峡市冬季清洁取暖项目，生物质清洁取暖模式单户投资金额为 6300 元/户（60 m²），其中中央补助资金 3500 元/户，地方配套资金 1800 元/户，用户自筹资金 1000 元/户，自 2022 年项目实施以来，生物质清洁取暖模式安装用户约 1 万户，总投资金额为 6300 万元。

（二）经营方式

1. 分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖项目，由瑞威尔公司全面负责清洁供暖改造与运营管理工作，用户单位采购瑞威尔公司提供的清洁供暖服务。供暖服务期内用户单位的生物质供热系统改造、供热运行维护、生物质燃料运输与使用、司炉工管理等涉及供热相关工作，全部由瑞威尔公司负责，用热单位只需按照供热面积向瑞威尔公司支付供热费用，即可享受清洁优质的供热服务，2017—2023 年供暖期用户单位供暖费用为 35 元/m²（学校单位为 28 元/m²）。

2. 分布式生物质成型燃料清洁低碳供暖项目，为生物质成型燃料市场化销售，瑞威尔公司根据市场情况适时推出相关优惠政策鼓励居民购买和使用生物质成型燃料。一是瑞威尔公司推广生物质成型燃料换购政策，即以符合公司标准的农林废弃物（树枝条、秸秆、干牛粪等）按照一定比例换购生物质颗粒燃料（3~4t 农林废弃物置换 1t 生物质颗粒燃料），直接降低农村居民冬季取暖成本；二是公司出台优惠政策，鼓励居民错峰购买生物质成型燃料，在非供暖期（4—10 月），给予居民用户低于高峰期价格 100~200 元的优惠价格，让农村居民对生物质清洁燃料能够用得起、用得上、用得好。

四、效益分析

（一）经济效益

实施生物质成型燃料清洁供暖项目，只需将原有燃煤锅炉设备替换为生物质专用

锅炉设备就可以达到清洁取暖的要求，建设成本低。对天然气管网铺设不到的地区，生物质成型燃料具有较好的灵活性，可以补充天然气管网建设中的不足。

通过对生物质成型燃料供热经济性分析，与传统化石能源，包括煤、重油、柴油、天然气、商业用电和生物质成型燃料进行比较，基于单位热价及使用效率，生物质颗粒单位热费仅比煤炭稍高 18%，但在同等排放标准下，木质颗粒的成本要远低于燃煤，生物质成型燃料取代燃煤，具有显著经济优势。对比天然气，基于单位热价及使用效率，生物质颗粒单位热费要比天然气低 20%，如果出现天然气紧缺情况，导致天然气价格持续上涨，天然气的单位热费要远高于生物质颗粒，可见生物质成型燃料是补充天然气缺口的最佳能源。

表 5 生物质成型燃料与煤、天然气、油化石能源热费对比

品种	热值 (净含)	单位价格	单位热价 (元/GJ)	使用 效率	热量费 用比	备注
煤	5000 Kcal/kg	800 元/t	51.5	65%	0.82	
生物质木 质颗粒	4200 Kcal/kg	1000 元/t	63.2	90%	1	生物质木质颗粒为热 量费用比基数
天然气	8600 Kcal/m ³	2.5 元/m ³	75.5	92%	1.2	按生活、商业和工业用 气均价计算
重油	10000 Kcal/kg	4600 元/t	124.9	88%	1.98	
柴油	12000 Kcal/kg	7300 元/t	158	92%	2.5	根据国内成品油调价 窗口价格计算
商业用电	860 Kcal/kWh	0.7 元/kWh	200.6	97%	3.17	按商用平均电价结算

在农村居民用户端，生物质成型燃料清洁供暖未增加农村居民的冬季取暖成本，以 2022—2023 年供暖期冬季燃煤价格为例，户用燃煤价格在 1300~1800 元，燃煤采购平均价格以 1500 元/t 计，在取得良好的供暖效果和生态环境的效益前提下，使用生物质成型燃料取暖费用还比使用燃煤平均下降了 16.46%。

表 6 2022-2023 供暖期燃煤与生物质燃料运行对比表

取暖 面积 m ²	燃煤			生物质颗粒燃料							费用比较
	平均 用量 /t	市场平 均价格/ 元	取暖费 用/元	平均 用量 /t	市场平 均价格/ 元	燃料费 用/元	燃料费 用较燃 煤/元	用电量	电费/ 元	取暖费 用/元	降低比例
60	2	1500	3000	2.5	1000	2500	500	134.4kW	40.32	2540.32	15.3%
100	4	1500	6000	5	1000	5000	1000	201.6kW	60.48	5060.48	15.7%
≥120	5	1500	7500	6	1000	6000	1500	403.2kW	120.96	6120.96	18.4%

(二) 环保效益

通过项目实施，青铜峡市利用生物质清洁取暖年利用生物质颗粒燃料 4 万 t。减少林业三剩物及秸秆等废弃物排放约 6 万 t。该项目每年利用的生物质燃料可替代标准煤 2.3 万 t，减少二氧化碳排放约 6 万 t。通过项目的推广实施，以生物质能供热代替传统燃煤取暖方式，利用青铜峡市的林业“三剩物”及秸秆生产生物质颗粒燃料，

生产出的颗粒燃料又用于替代燃煤进行清洁供暖，既解决了青铜峡市林业“三剩物”及秸秆焚烧造成的环境污染问题，又可以减少燃煤造成的大气污染问题。

通过对示范户生物质取暖和燃煤取暖方式进行了环境质量检测对比，对生物质颗粒燃料在生物质燃料专用炉具的燃烧过程进行废气采样，并选取燃煤方式取暖的农户进行了比对检测。检测结果：生物质颗粒燃料的废气排放能够达到国家相关标准，且使用生物质燃料对周边环境的影响优于使用燃煤对周边环境的影响；生物质与传统燃煤对比，颗粒物排放下降 7.75%，二氧化硫排放下降 65.17%，氮氧化物排放下降 49.11%。

表 7 煤炭与生物质颗粒燃料有组织废弃检测对比表

检测项目		检测结果								指标分析	
		燃煤炉具				生物质炉具				生物质 较燃煤	降低比率
		第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值		
烟温（℃）		141.0	141.2	141.1	141.1	41.2	41.0	41.1	41.1	100	70.8%
流速（m/s）		4.2	4.2	4.1	4.17	5.2	5.2	5.2	5.2	/	/
烟气湿度（%）		3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.3	3.2	3.23	0.27	7.62%
含氧量（%）		18.6	18.6	18.6	18.6	14.8	14.8	14.8	14.80	3.8	20.4%
标干流量（nP/h）		269	270	261	266.67	109.0	109.0	111.0	109.67	157	58.8%
颗粒物	实测浓度（mg/m³）	24.8	23.7	23.8	24.1	22.6	22.1	22.0	22.23	1.87	7.75%
	排放速率（kg/h）	6.7*10 ⁻³	6.4*10 ⁻³	6.2*10 ⁻³	6.4*10 ⁻³	2.5x10 ⁻³	2.4x10 ⁻³	2.4x10 ⁻³	2.4x10 ⁻³	/	/
二氧化硫	实测浓度（mg/m³）	29	31	29	29.67	10.0	10.0	11.0	10.33	19.33	65.2%
	排放速率（kg/h）	7.8*10 ⁻³	8.4*10 ⁻³	7.6*10 ⁻³	7.9*10 ⁻³	1.1*10 ⁻³	1.1*10 ⁻³	1.2*10 ⁻³	1.1*10 ⁻³	/	/
氮氧化物	实测浓度（mg/m³）	94	94	93	93.67	46.0	48.0	49.0	47.67	46.00	49.1%
	排放速率（kg/h）	0.025	0.023	0.024	0.024	0.005	0.0052	0.0054	0.0052	/	/
林格曼黑度（级）		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	/

（三）社会效益

通过利用林业三剩物及秸秆生产新型燃料，实现了废物利用、高效转换和环保无害的生物质燃料，解决了林业三剩物及秸秆处理难、转换难、利用率低等难题。利用林业三剩物生产新型燃料，不仅能做到林业三剩物的变废为宝，为林业种植产业提高附加值，同时为林业三剩物综合利用探索可行道路，进而对推进农业种植的可持续发展具有重要的意义。同时，可推动青铜峡市新能源产业发展、低碳经济发展，促进青

铜峡市生物质能资源化利用。项目的实施对构建城镇分布式清洁供热体系，带动生物质能转型升级具有重大意义。

通过项目的实施，可以有效带动生物质炉具+生物质燃料清洁产业发展，每推广 1 万户生物质清洁取暖，预计可增加生物质能源及农林废弃物资源化利用方面产值 4000 万元，同时产业链上各环节将提供大量工作岗位，预计可直接和间接创造就业岗位 500 个以上，成为助力乡村振兴，提高农民收入的新渠道。同时，将有效减少生物质废弃物随意堆放、丢弃和燃料带来的污染问题，从而改善农村居住环境，推动美丽乡村建设；生物质清洁能源的利用，使农村生活成本降低，农民生活水平提升，有利于推动社会经济和谐发展，实现全面建成小康社会。

五、突出亮点

（一）生物质成型燃料清洁取暖符合农村地区实际需求。西北地区农村清洁取暖工作刚刚起步，但基础设施建设滞后、经济承受能力弱、取暖刚性需求大，在技术路径的选择上存在一定的局限性，而生物质成型燃料清洁供暖因地制宜，符合农村地区冬季取暖现状。一是从燃料来源方面，生物质取暖主要燃料为生物质颗粒燃料，是以农村地区农业生产过程中产生的农林废弃物为原料加工利用而成，将废弃物转变成可再生生物质能源，实现燃料清洁化；二是从取暖改造方面，实施生物质清洁取暖改造过程中，只需根据用户原取暖情况，将原有燃煤炉具（锅炉）直接替换为生物质清洁取暖设备，即可实现清洁取暖，无需改造电网、管网或增设其他设备；三是从取暖设备操作方面，生物质清洁取暖炉具自动化程度高，可根据温度设定自动添加燃料，自动恒温，操作简单，易于上手；四是从生活习惯方面，生物质清洁取暖炉具除为农户提供取暖外，还可以烧水、做饭，符合农村居民生活习惯。

（二）生物质清洁供暖是助力地方政府减碳降碳工作的有效手段。生物质能源的碳中性特点，使得生物质成型燃料清洁取暖在减碳降碳中具有明显优势，生物质燃料原料整个生长周期是碳中性，在生长过程中吸收二氧化碳等于燃烧时释放出的二氧化碳，所以在整个循环过程中二氧化碳净零排放，生物质燃料的推广应用，对青铜峡市发展低碳经济，改善区域大气质量具有重大意义，推广 1 万户生物质清洁取暖，年消耗生物质颗粒燃料约 4 万 t，每年可替代标准煤 2.3 万 t，每年减少二氧化碳排放约 1.53

万 t。

（三）推广生物质成型燃料清洁供暖可直接推动农林废弃物资源化利用体系建设，促进生物质能产业发展。生产生物质成型燃料是对农林生物质废弃物进行资源化处理和综合利用，能有效地实现生物质资源的循环利用以及能量的多级流动，建立和完善生态农业、循环农业发展模式，促进农村清洁能源发展。通过对生物质废弃物资源进行收集、加工、专业化处理及环保生产，不会造成对现有生态、环境质量的破坏，而且通过林木废弃物、农作物秸秆回收，将极大地消除这些生物质资源的无价值堆放、焚烧，不仅能杜绝资源浪费，是实现废弃物的高效有价值综合利用，提供清洁能源，充分利用资源，实现可持续发展的一个综合性的基础产业。

（四）实施生物质成型燃料清洁供暖项目，可以有效带动联农带农工作开展。瑞威尔公司指导农村居民建立农林废弃物收储运合作社，由农民将农村地区树枝、秸秆、畜禽粪污等农林废弃物按照标准进行集中收储，由瑞威尔公司按照标准进行收购，变废为宝，实现废弃物资源化利用和农民增收，促进地区农业发展、农民增收和农村经济繁荣。

六、问题和建议

（一）地方政府对生物质清洁供热的重视程度不足。自 2021 年吴忠市作为宁夏首个被批准为北方地区冬季清洁取暖试点城市以来，银川市、中卫市、固原市也陆续被批准被列为试点城市，但各市在冬季清洁取暖技术模式选择上，仅吴忠市和固原市将生物质清洁取暖纳入推荐模式，且所占比例较低、补贴资金最低，大量资金都集中在“煤改电”“煤改气”，生物质清洁取暖未得到足够的重视。

建议：将生物质清洁取暖作为我区农村地区清洁取暖主要技术模式，增加生物质清洁取暖改造比例，提高补贴额度，给予重点推广，鼓励和支持居民选择生物质清洁取暖。协同推进清洁取暖改造、乡村振兴和碳减排工作，建议出台我区生物质清洁能源开发利用的相关政策文件，支持和鼓励生物质成型燃料制造、生物质供热供暖设备制造、生物质清洁取暖改造项目，加强地方政府对生物质能在推动碳减排、生态环境改善和乡村振兴方面重要作用的认识。

（二）缺少生物质清洁取暖长效机制。现阶段，在推广冬季清洁取暖项目中，各

市地方政府及相关部门主要工作重心都集中在项目建设上，补贴资金全部集中在项目投资，未出台相应的政策和资金计划以建立冬季清洁取暖的长效机制。

建议：受制于农村地区居民传统取暖习惯的影响，实现清洁取暖并非完成安装清洁取暖设备即可，而是要建立起一套完善的冬季清洁取暖的长效机制，以生物质清洁取暖为例，是否可以通过运行补贴或政策引导鼓励农村居民购买生物质颗粒燃料，使用生物质清洁取暖设备，逐步提高农村居民对清洁取暖的认识，培养居民使用清洁取暖设备的习惯，且通过长效机制的建立激励相关企业投入到生物质清洁取暖的售后维护、燃料供应、物流配送等服务体系之中，提高市场积极性，激活市场潜力，建立起多方共赢的长效机制。

（三）缺少生物质清洁供热供暖各项标准和监督体系。缺少国家或地方标准来指导和监督生物质清洁供暖工作的开展，导致生物质成型燃料、生物质炉具设备及生物质清洁供暖售后服务等质量良莠不齐，直接导致用户端对生物质清洁供暖供热的评价不一，极大地影响了生物质清洁供暖产业的发展。

建议：出台生物质成型燃料、生物质取暖设备等生物质清洁供热供暖全产业链的各项标准，同时建立从原材料到终端应用的生物质成型燃料及取暖设备的质量认证监管体系，保障生物质燃料质量，促进生物质取暖设备的技术创新。