

## 小型生物质采暖炉供暖的经济性分析

山东华宇工学院 赵玉磊 刘春花

摘要：发展小型生物质清洁采暖，代替小煤炉，是推进北方清洁采暖工作的重要措施。本文通过跟踪小型热水式生物质采暖炉的实际应用案例，对产品的舒适性和经济性进行分析，并与电、燃气采暖进行了费用对比，生物质采暖具有系统成本低，运行费用低的优势。现在生物质颗粒的成本虚高是由于多流通环节造成的成本积累，应采用代加工方式来减少中间环节，可以将采暖成本降到燃煤采暖的成本以下。相关主管部门加强监管，建立相关标准，以便提高产品质量。通过政府支持引导，有助于生物质采暖推广，为实现北方村镇分散式清洁采暖替代提供重要支撑。

### 引言

生物质成型燃料是目前生物质能源商业化应用的四类技术路线“发电、燃气、液体燃料、成型燃料”中唯一不经过二次能源转化，能以小投入和低消耗实现大规模应用的产品。美国自二十世纪三十年代开始研究生物质燃料成型技术及燃烧技术至今已有将近90年的历史[1]。我国自1980年开展相关研究。2016年国家《可再生能源发展“十三五”规划》中提出，到2020年，生物质成型燃料年利用量达到3000万吨。随后山东省、河北省、黑龙江省等多个省的主管部门下发了支持生物质采暖的政策文件。截至2016年底，天然气、电、地热能、生物质能、太阳能等清洁能源采暖面积合计约35亿 $m^2$

，如图1所示。在所有分散式清洁采暖中，生物质采暖具有设备投入低，运行成本低的优势，更适合农村清洁采暖的改造工程[2]，根据国家发展改革委等十部委发布的《北方地区冬季清洁采暖规划（2017-2021年）》，到2021年我国清洁能源采暖面积将新增54.3亿 $m^2$

，各类清洁能源采暖方式占比如下

图2所示，生物质采暖的预期推广面积达19亿 $m^2$

。未来生物质采暖具有非常大的市场容量，可实际上在京津冀鲁地区进行清洁能源改造的项目中，绝大部分采用燃气与电。燃气需要铺设燃气管路，投资大，建设周期长。电采暖功率大，需要电力扩容，会限制产品的推广。本文通过跟踪实际案例，介绍分散式生物质采暖使用状况，分析市场发展缓慢的原因，寻求产业发展的思路。

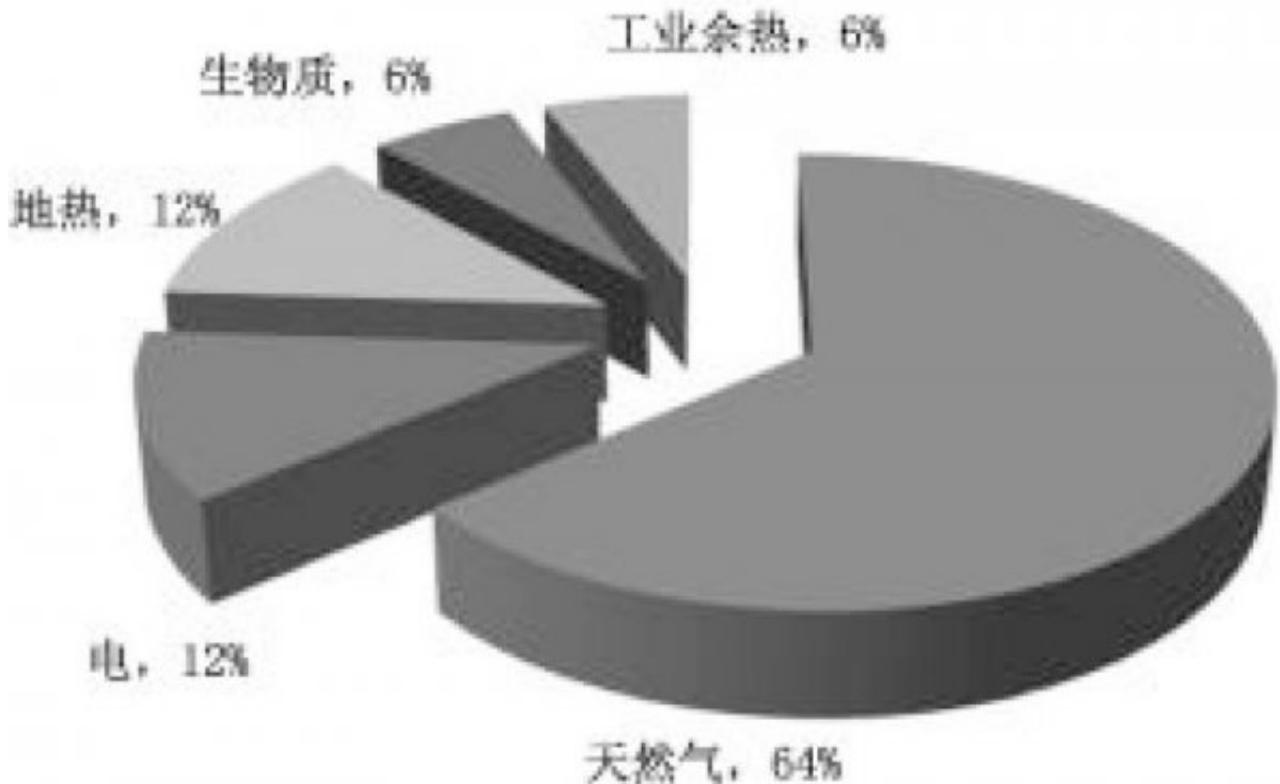


图 1 2016 年清洁能源采暖热源分布情况

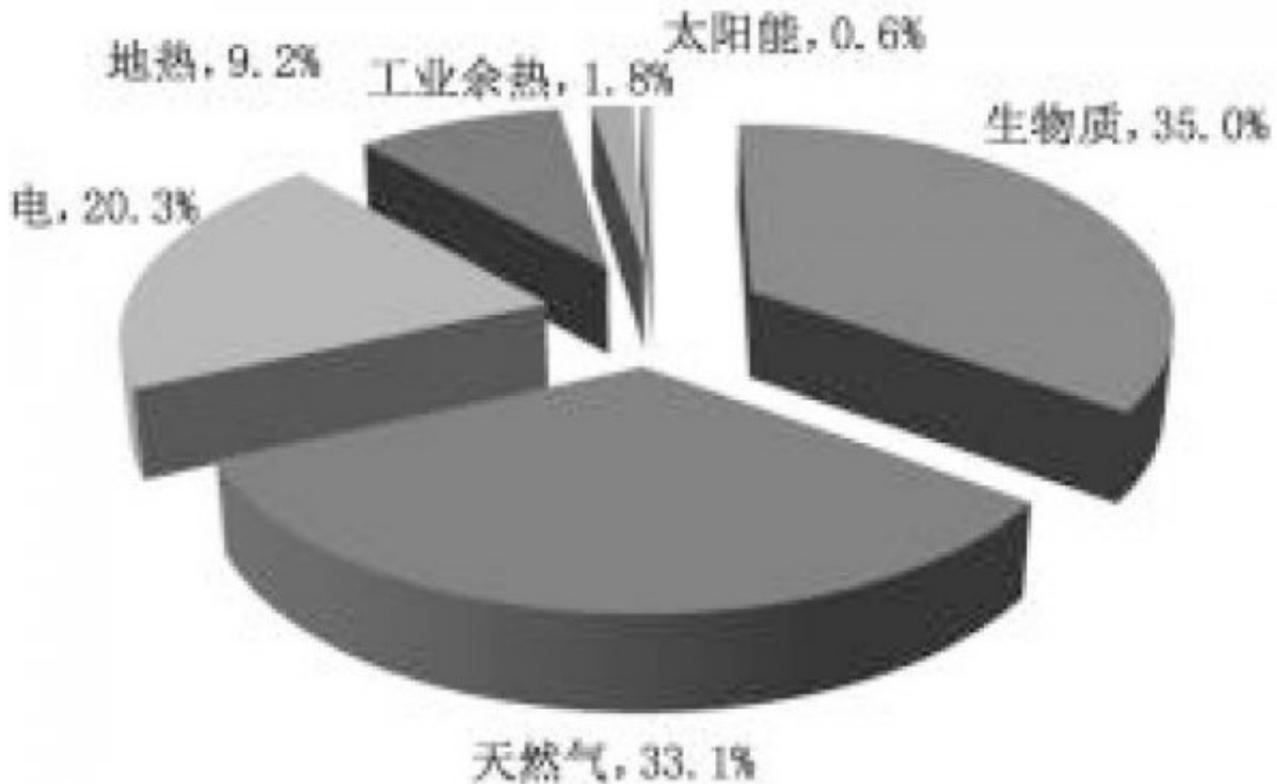


图 2 2017—2021 年规划清洁采暖方式情况

#### 1 案例介绍

##### 1.1 系统组成

应用于分散式采暖的小型生物质采暖炉是近几年市场上新推出的产品，包含给料系统、燃烧系统、送风系统和自动控制系统等几大部分。采暖炉大都可以一键启动，自动点火，根据回水温度，控制系统控制给料的多少，送风量的大小，保证燃烧的效果和室内温度稳定[3]。按照结构的不同，分为热风式和热水式[4]。热水式类似于现有的燃煤供暖系统，颗粒燃烧加热盘管里的水，热水循环到室内，放热冷却后返回炉内进行加热，如图3所示。

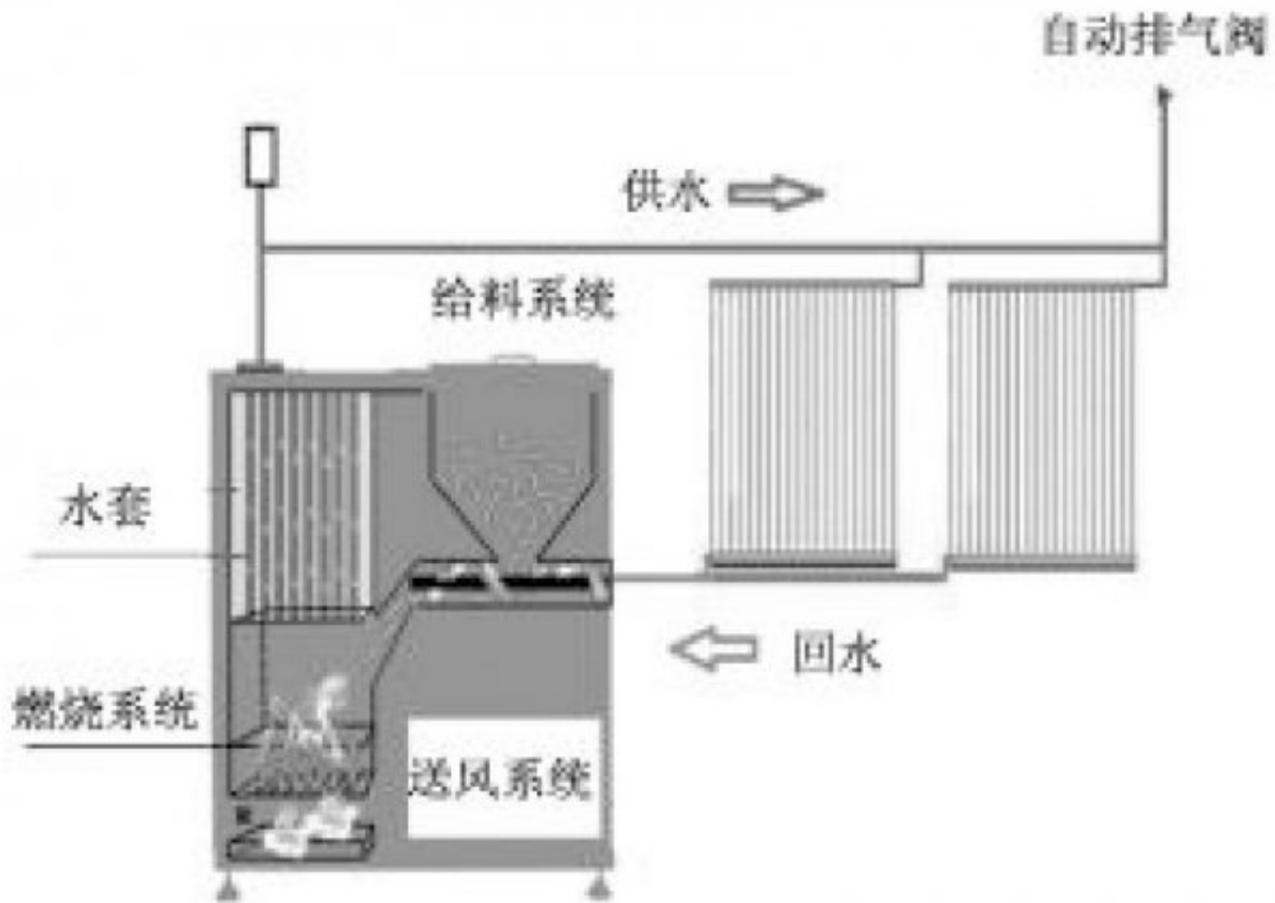


图3 热水炉系统结构图

分散式生物质采暖的燃料是生物质颗粒，这是一种环保燃料，热值3500kcal/kg~4500kcal/kg，由秸秆、稻草、稻壳、棉秆、木屑等生物质经过烘干、粉碎、除尘、压缩加工形成的小颗粒，直径6mm~10mm，长3cm~8cm，如图4所示。产品成型后，形状规则，密度大，包装简单，运输方便。



## 图 4 生物质颗粒

河北省新能源产品工程设施设备质量检验检测中心对由小麦秸秆、棉花秸秆和玉米秸秆三种生物质混合制成的成型燃料的污染物排放进行检测，烟尘、二氧化硫、氮氧化物的排放分别达到 $31\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $122\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合国家、地方相关标准的要求[5]。

### 1.2 建筑情况

笔者跟踪了山东省德州市平原县小型热水式生物质采暖炉用户的实际使用情况。本项目建筑外围护结构长16m，宽6m，面积 $96\text{m}^2$ ，外墙有25mm聚氨酯保温。包含卧室两间，客厅一间，餐厅一间，如图5所示。房间内净高度3.5m。安装推拉式铝合金门窗，采用双层中空玻璃，选用国产XX牌XX型号热水式生物质采暖炉，采暖炉价格5000元，如图6所示。采用4组钢板式散热器，此散热器具有储水量少，热惰性低，启动速度快的优点，总价1600元。管路阀门等辅料共计600元，系统合计7200元。与用户沟通后，结合用户的实际情况，考虑运行成本，项目要求：

系统运行时间院2018年11月15日-2019年3月15日，合计120天。

室内温度要求院室内温度不低于14。

为对比生物质采暖的运行效果，特在周边找一与此建筑结构相近的燃煤采暖热水炉进行对比测试。

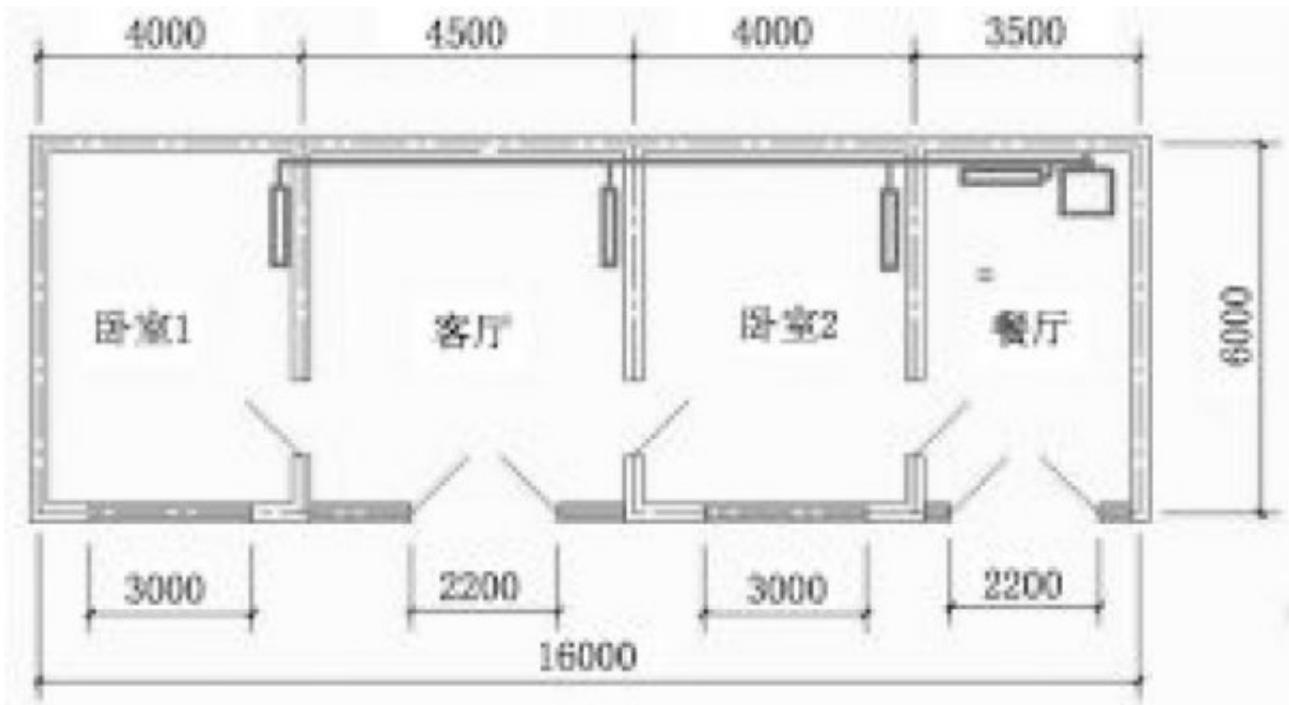


图 5 热水炉系统结构图



**图 6** 热水式生物质采暖炉

1.3建筑热负荷测算

1.3.1维护结构耗热量

$$Q_1 = \alpha K F (t_n - t_w) (1 + f_x) (1 + f_{cx}) (1 + f_m) \quad (1)$$

式中： $Q_1$ —围护结构的基本耗热量，W；

$\alpha$ —围护结构的温差修正系数，外围护结构取 1；

$K$ —围护结构的传热系数，W/(m<sup>2</sup>·℃)，外墙传热系数取 0.79W/(m<sup>2</sup>·℃)，门窗传热系数取 2.57W/(m<sup>2</sup>·℃)，屋顶传热系数取 0.7 W/(m<sup>2</sup>·℃)；

地面负荷计算采取划分地带法，从外墙内表面起 2m 为一个地带，第一地带靠近墙角处的面积计算两次，本建筑各个房间的地面共划分两个地带，其中地带一传热系数取 0.47W/(m<sup>2</sup>·℃)，地带二传热系数取 0.23 W/(m<sup>2</sup>·℃)；

$F$ —围护结构的面积，m<sup>2</sup>

$t_n$ —冬季室内计算温度，本建筑取 18℃；

$t_w$ —冬季室外计算温度，本建筑取 -7℃；

$f_x$ —风力附加率,本建筑取 **0.05**;

$f_{cx}$ —朝向修正率,本建筑北向取 **0.05**,东、西向取 **-0.05**,南向取 **-0.2**;

$f_m$ —外门开启附加率,本建筑取 **65%**。

围护结构耗热量的具体计算结果详见表 1、表 2。

### 1.3.2 冷风渗透耗热量

$$Q_2=0.278V\rho_w\cdot c_p(t_n-t_w) \quad (2)$$

式中: $Q_2$ —冷风渗透耗热量,W;

**0.278**—单位换算系数;

$V$ —经门、窗缝隙渗入室内的总空气量, $m^3/h$ ;

$\rho_w$ —室外供暖计算温度下的空气密度,  
 $\rho_w=1.3kg/m^3$ ;

$c_p$ —冷空气的定压比热, $c_p=1kJ/(kg\cdot^\circ C)$ ;

$t_n$ 、 $t_w$ —室内、室外计算温度, $^\circ C$ 。

经门、窗缝隙渗入室内的空气量：

$$V=kV_F \quad (3)$$

式中： $V$ —经门、窗缝隙渗入室内的总空气量， $m^3/h$ ；

$k$ —换气次数(次/h)，本建筑取 0.5 次/h；

$V_F$ —房间的体积， $m^3$ 。

各个房间冷风渗透耗热量的计算结果详见表 3：

### 1.3.3 全天热负荷

整个建筑全天热负荷值为：

$$Q_t=8.64\times 10^4(Q_1+Q_2)\alpha \quad (4)$$

式中： $Q_t$ —整个建筑全天热负荷值，J；

$8.64\times 10^4$ —时间单位换算系数， $1d=8.64\times 10^4s$ ；

$Q_1$ —围护结构的基本耗热量，8473W；

$Q_2$ —冷风渗透耗热量，694.96W；

**表 1 卧室 1 围护结构耗热量计算表**

围护结构		室内	室外	计算	温度修正	围护结构	附加			维护结构
名称及朝向	面积 $F(m^2)$	计算温度 $t_w(°C)$	计算温度 $t_w(°C)$	温差 ( $°C$ )	系数 $\alpha$	传热系数 $K(W \cdot m^2/°C)$	朝向修正率 $f_{cc}$	风力附加率 $f_w$	外门开启附加率 $f_m$	耗热量 $Q_1(W)$
北外墙	15.2	18	-7	25	1	0.79	0.05	0.05	0	331
西外墙	22.8	18	-7	25	1	0.79	-0.05	0.05	0	449
南外墙	9.2	18	-7	25	1	0.79	-0.2	0.05	0	153
南外窗	6	18	-7	25	1	2.57	-0.05	0.05	0	385
地面一	28	18	-7	25	1	0.47	0	0	0	329
地面二	4	18	-7	25	1	0.23	0	0	0	23
屋顶	24	18	-7	25	1	0.7	0	0	0	420
卧室 1 围护结构的总耗热量										2089

**表 2 建筑各个房间围护结构耗热量表**

房间名称	卧室 1	客厅	卧室 2	餐厅	合计
围护结构耗热量(W)	2089	2373	1522	2489	8473

**表 3 建筑冷风渗透耗热量计算表**

房间名称	房间净体积 $V_f(m^3/h)$	渗入室内的空气量 $V(m^3/h)$	冷风渗透耗热量 $Q_2(W)$
卧室 1	75.80	37.90	342.48
卧室 2	75.80	37.90	342.48

$\alpha$ —建筑热负荷系数,0.6。

代入公式计算，每天建筑的采暖热负荷  
 $Q_t=4.75\times 10^8(J)$ 。

## 1.4 生物质消耗量

$$T=Q_t/(q_s\times\eta_s) \quad (5)$$

式中： $T$ —每天生物质颗粒消耗量,kg；

$Q_t$ —建筑每天热负荷,J；

$q_s$ —生物质颗粒的热值,生物质杂木颗粒的热值  $1.76\times 10^7J/kg$ ；

$\eta_s$ —生物质热水采暖炉的热效率,0.85<sup>[6]</sup>；

平均每天生物质颗粒消耗量 **31.8kg**，整个采暖季的消耗量预计为 **3816kg**。

### 1.5运行状况

运行时间院2017年11月15日-2018年3月15日，合计120天。

测量时间院2018年1月15日

测量仪器院精创RC-4温度记录仪，测温范围-40 ~85 ，精度依0.5 。

测量位置院在客厅中央距地面1.2米处天气状况院当天天气晴朗，室外最高气温5.2 ，最低气温-9 ，是一月气温最低的一天。

运行情况院相比于小型燃煤采暖锅炉，生物质采暖室内温度波动更小，当天温差5.1 ，小于燃煤锅炉的9.7 ，如图7所示。当天消耗生物质颗粒约28.4kg，是估算值的89.3%。通过一周的实际测量，也验证了生物质采暖室内温度波动更小，如图8所示。

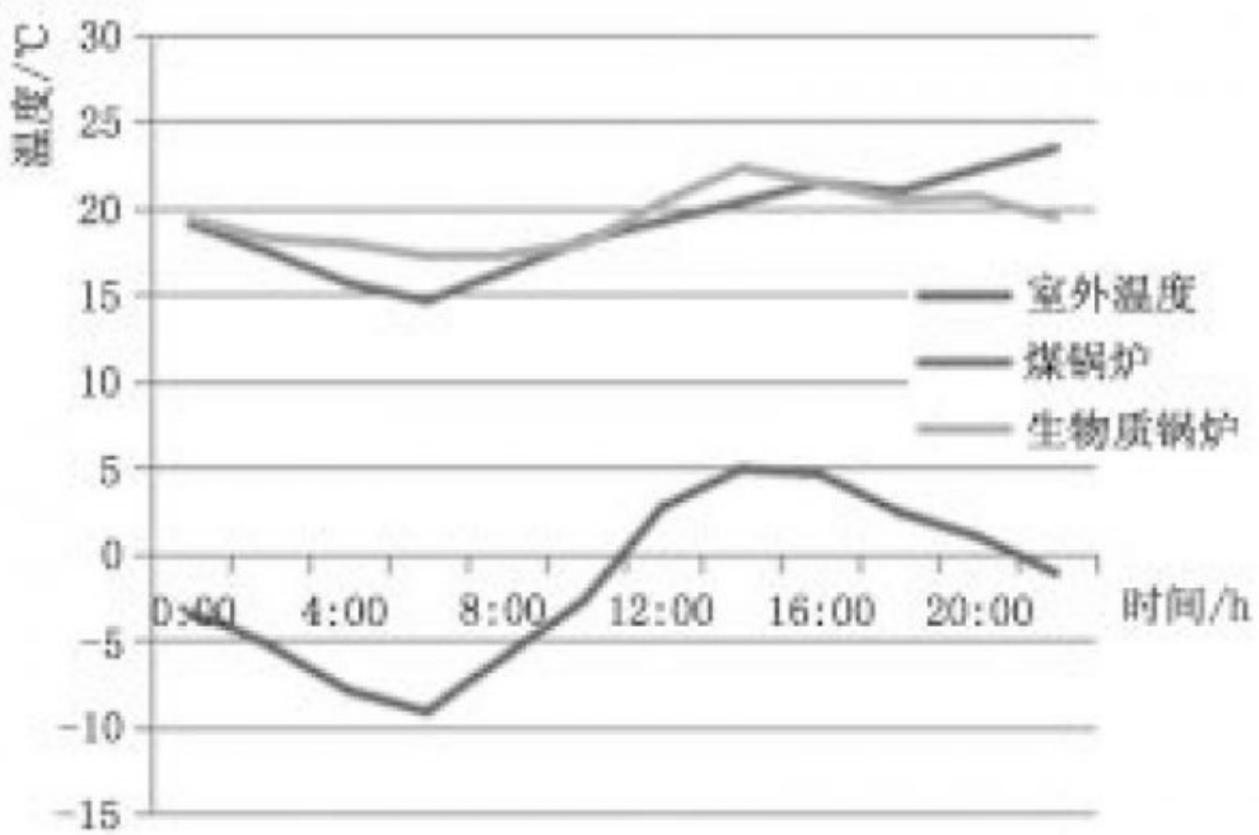


图 7 室内外温度变化曲线

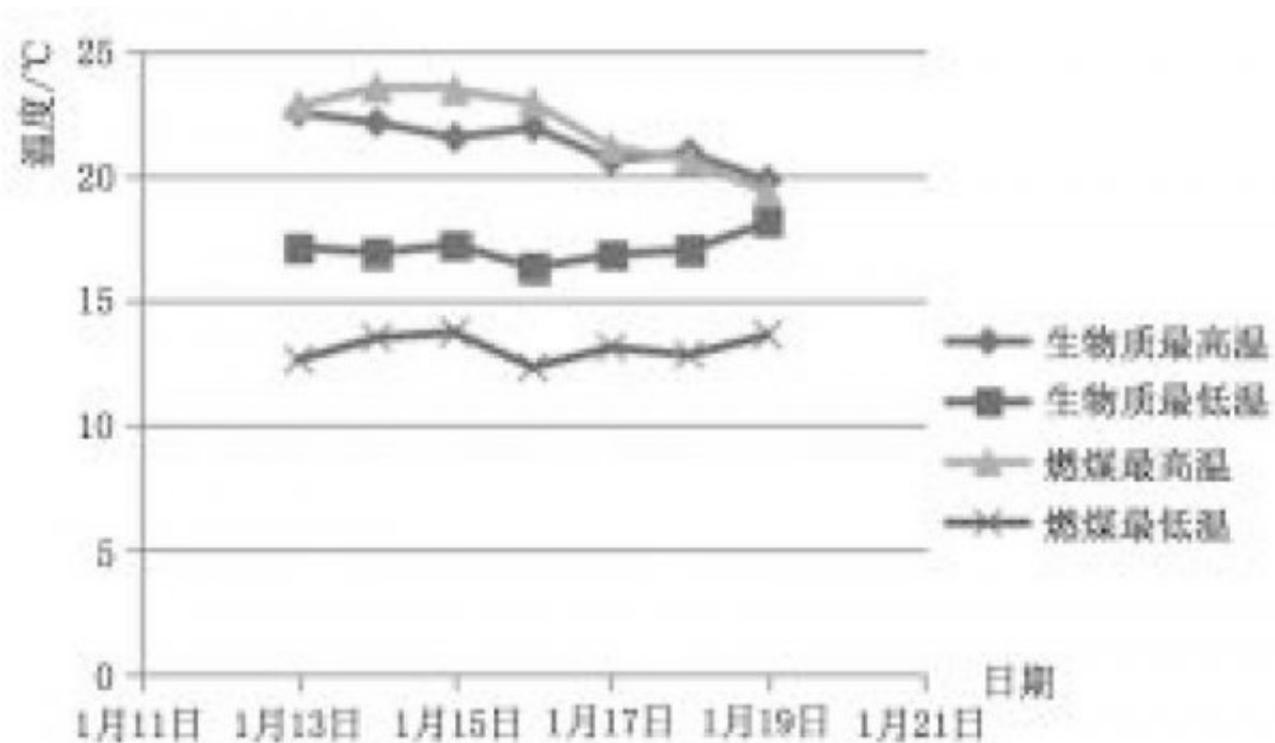


图8 生物质采暖炉与燃煤锅炉温度曲线

运行费用院整个采暖期消耗生物质颗粒3300kg，是估算值的86.5%。燃料费用3300元。不包含因水泵、风机、控制系统运行消耗的电费。

## 2对比与建议

### 2.1几种清洁采暖成本对比

按照生物质颗粒的实际用量计算所产生热量，计算燃气壁挂炉和空气源热泵的实际运行成本，根据山东省冬季电采暖政策，燃气成本2.5元/m<sup>3</sup>；电采暖每天8院00-20:00电价为0.5769元/kWh，20:00-次日8:00电价0.3769元/kWh，夜间和白天的能耗按5院3计算。具体比较情况如表4。

表4 三种清洁采暖系统对比表

设备类型	产品价格(元)	系统效率	能源消耗量	运行成本(元)	备注
生物质采暖炉	7200	0.85	3300kg	3300	
燃气壁挂炉+散热器	9000	0.9	1532m <sup>3</sup>	3830	燃气热值=35.8MJ/m <sup>3</sup>
空气源热泵+散热器	25000	COP=2.4	5726kWh	2588	

通过对比可以看出，在解决供暖问题上，生物质采暖比空气源热泵和燃气壁挂炉采暖具有投资少，运行费用相对较低的优势，但是相比于农民的心里预期，总成本及运行成本仍然偏高，最好能控制到2500元左右。

### 2.2建议

生物质供暖具有节能、环保、安全、稳定、操作简便、舒适度高等优点。现在的分散式采暖市场，用户对生物质采暖的接受度偏低，笔者通过分析原因，提出三条建议。

#### 1) 改变颗粒加工模式，降低成本

通过笔者调研走访发现，山东、河北等地农村的秸秆要加工成生物质颗粒，多通过秸秆经纪人收取农民的秸秆，进行简单的粉碎后，运输到加工厂。秸秆加工成颗粒后，再运输到颗粒经销商处进行销售（如图9所示）。



图9 生物质颗粒成本变化图

由图9可以看出农民以100元/吨出售秸秆，却要以800元/吨~1000元/吨的价格购买颗粒[6]。

由于环节众多，造成生物质颗粒成本增加，农民的采暖成本大大增加。如果可以采用来料加工的方式，保证加工厂利润情况下，农民的颗粒成本只有300元/吨~400元/吨，农民的采暖成本将会大幅下降。就本实例而言，采暖成本可以从3300元/年下降到1000元/吨~1300元/年。这在农村市场就会有很强的竞争力。

## 2) 制定标准，加强监管

当前，锅炉及颗粒生产企业的规模都比较小，研发能力弱，没有大的龙头企业带动，造成技术发展比较慢。国家没有针对小型生物质采暖炉的质量标准，造成产品品质良莠不齐。加之生物质颗粒由多种的材料加工而成，不同材料在燃烧时会有结渣、结焦的情况，影响产品使用感受[7]。建议相关主管部门加强监管，建立相关标准，以便提高产品质量。

## 3) 政府加大支持力度，促进行业快速发展

国家及地方政府更倾向于产品发展历史长的燃气、电采暖，尚没有针对生物质采暖的扶持政策。建议各级政府主管部门结合当地的状况进行推广，并给予一定的政策支持[8]。

## 参考文献

- [1]蒋剑春.生物质成型燃料生产发展历史与趋势[A].CIBEEEXPO第二届中国生物智能技术研讨会论文集[C].2010.
- [2]庄会永.清洁采暖选择:被忽视的生物质供热[J].能源, 2019(1): 25-26.
- [3]南秀杰.突破节能减排生物质锅炉核心技术[J].辽宁化工, 2016, 45(1): 45-47.
- [4]苗琪.探究生物质锅炉技术发展现状以及未来发展趋势[J].中国石油和化工标准与质量, 2016, 36(13): 74-75.
- [5]刘婷洁, 胡乃涛, 李俊韬, 张学敏.生物质颗粒燃料燃烧污染物排放特性[J].可再生能源, 辽宁:2016.34(12):1879-1883.
- [6]单明, 张双其, 邓梦思, 杨旭东.生物质成型燃料用于北方村镇清洁采暖的技术与模式[J].区域供热, 2018.(1):6-10.
- [7]侯书林, 赵立欣, 孟海波, 田宜水.典型生物质颗粒燃料燃烧特性试验[J].农业工程学报, 北京:2010.26(5):220-226.
- [8]徐伟, 袁闪闪, 孙峙峰, 程昌林, 等.清洁采暖技术应用适宜性研究[J].建筑科学, 北京:2018.34(12):1-5.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/175681.html>