

文章编号: 1671-6612 (2021) 05-742-06

华北地区农宅清洁供暖激励政策比对分析

张华玲 牛高攀

(重庆大学土木工程学院 重庆 400044)

【摘要】 针对华北地区农村推行供暖清洁能源改造各地政府制定的激励政策不同,通过对北京市、保定市和焦作市部分农村清洁供暖实施现状进行调研,获得不同地区农村清洁供暖的具体补贴措施及改造前后供暖费用情况。然后,基于同一基准建筑并结合各地补贴政策及农户使用情况,通过负荷计算、机组容量选配与运行费计算,对不同地区、不同供暖形式的经济性进行分析,发现北京地区无论是在补贴期内还是设备寿命周期内,总费用都最少,其他两个地区补贴期结束后运行费用都有不同程度增加,保定地区运行费用最高可达补贴期的 1.63 倍。研究成果可为各地政府推进清洁供暖持续改造、降低“返煤”风险、减轻农户供暖经济负担提供参考。

【关键词】 华北地区;农村;清洁供暖;激励政策;经济分析

中图分类号 TU832 文献标识码 A

Comparative Analysis of Incentive Policies for Clean Heating of Rural Houses in North China

Zhang Hualing Niu Gaopan

(School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing, 400044)

【Abstract】 In view of the different incentive policies formulated by local governments for the rural heating clean energy transformation in North China, the specific subsidy measures for rural clean heating and the heating cost before and after the transformation were obtained by investigating the implementation status of clean heating in some rural areas in Beijing, Baoding and Jiaozuo. Then, based on the same benchmark building and in combination with local subsidy policies and farmers' use conditions, through load calculation, unit capacity selection and operation cost calculation, the economic analysis of different regions and different heating forms is carried out, and it is found that the total cost in Beijing is the least in both subsidy period and equipment life cycle. After the end of the subsidy period in the other two regions, the operating costs have increased to varying degrees, and the operating costs in Baoding region can reach up to 1.63 times of the subsidy period. The research results can provide reference for local governments to promote the continuous improvement of clean heating, reduce the risk of "coal return" and reduce the economic burden of household heating.

【Keywords】 North China; The rural area; Clean heating; Incentive policy; Economic analysis

0 引言

随着我国经济的快速发展,农村地区生活质量也在不断地提升,近年来,农村住宅的建筑能耗也在迅速增加,据统计,截至 2016 年,我国农村住宅的商品能耗已达 2.08 亿吨标准煤,占建筑总能

耗的 25%,其中北方农宅供暖能耗总量已达 1.05 亿吨标准煤^[1]。在农村地区,因位置偏僻、条件相对落后、居住分散等原因,使得集中供暖难以实现,分散供暖极为普遍,主要形式为散煤燃烧,煤炭所提供的能量占供暖能耗的 74%^[2],而且农村地区技

基金项目:国家“十三五”国家重点研发计划项目(编号:2018YFD1100704)资助

作者(通讯作者)简介:张华玲(1967-),女,博士,教授,E-mail:hlzhang@cqu.edu.cn

收稿日期:2021-09-29

术有限, 煤炭不能充分燃烧, 其燃烧产物中含大量的有害化合物和烟尘, 严重污染环境, 导致供暖季天气恶化、雾霾天气频现, 危害人体健康^[3]。

为切实解决这一环境问题, 提高北方农村地区的清洁供暖比例, 中央号召“坚决打好蓝天保卫战”, 并出台“北方地区冬季清洁供暖规划(2017-2021年)”, 对“2+26”个重点城市作出了清洁供暖规划。政策一经推出, 各地政府积极响应, 环境问题得以缓解, 但是同时也暴露出了供暖费用高、效果差等问题。

政策实施之后, 部分学者对北方农村地区的清洁供暖状况进行了研究探讨。尹波等^[5]分析了不同清洁供暖技术的特点, 并对耦合太阳能的多种清洁供暖技术进行了经济性分析, 发现不同供暖技术经济性各异; 于克成等^[6]对北方农村 3 栋不同特点的住宅进行了能耗测试和对比分析, 发现传统农宅具有很大的节能潜力, 对围护结构保温可以有效降低单位面积能耗; 王惠等^[7]对不同清洁供暖技术在华北地区农村的适用性进行了研究, 认为空气源热泵

供暖是华北农村地区最适用的清洁供暖技术。

为更好地了解华北地区农村清洁供暖改造后的使用情况, 首先对华北地区的部分农村进行了实地调研, 然后基于调研数据, 计算分析了不同地区的清洁供暖的经济性, 为以后进一步降低农户清洁供暖费用, 更好地推进该地区的清洁供暖提供参考与建议。

1 现状调研

1.1 调研概况

2019 年 11 月对寒冷地区北京市、河北省保定市及河南省焦作市郊农村“煤改电”住宅供暖现状展开实地调研, 共调研了 189 户, 调研内容如下。

1.2 调研数据分析

分析整理调研数据, 表 1 为不同地区清洁供暖补贴政策, 可见不同城市由于经济状况与能源供给情况不同, 设备补贴与能源优惠方式与力度也不同。表 1 所示为不同地区农村居民的用能特点。

表 1 不同地区清洁供暖补贴政策

Table 1 Clean heating subsidy policies in different regions

所属地区	初投资	运行费用
北京	根据住宅面积配置容量 3~8 匹的热泵机组, 机组及安装免费, 免费改造部分围护结构	8:00-20:00 电价 0.48 元/kWh, 20:00-8:00 电价 0.1 元/kWh
保定	根据住宅面积配置容量 3~8 匹的热泵机组, 每台机组补贴 1.7 万元; 改造费 800 元/房间, 新购热风型末端 500~700 元/个, 散热器 200 元/个, 地暖 80-110 元/m ²	供暖季耗电 10000 kWh 以内 0.32 元/kWh, 超过部分电价为 0.52 元/kWh, 限期三年
焦作	机组及安装免费, 有三种选择①空气源热风机。每户一台 1.5 匹机组免费, 2 匹机组补交 400 元。(新购 1.5 匹机组 2500 元/台, 安装费 500 元/台)②电供暖。每户一台 3100W 电暖桌与两台 2000W 散热器免费。③燃气壁挂炉供暖	供暖季耗电 280kWh/月内电价 0.44 元/kWh, 超出部分 0.50 元/kWh, 限期两年; 供暖季耗燃气在 150 方/月以内燃气价 2.37 元/方, 超出部分 2.67 元/方, 无时限

表 2 不同地区农村居民的用能特点

Table 2 Characteristics of energy use of rural residents in different regions

项目/地区	北京	保定	焦作
供暖期	120-150 天	105-120 天	120 天
运行模式	全天运行, 偶尔有简单调节	全天运行不调节	间歇运行, 不调节
机组使用季节	冬季	冬季	空气源热风机冬夏季两用
围护结构	部分屋顶/后墙有保温	基本无保温	无保温

调研发现, 各个地区农户对清洁供暖改造后的供暖费都表现出担忧, 特别是保定市与焦作市经济

水平相对北京市更低, 供暖能源费的补贴优惠期只有 2 年或 3 年, 图 1~3 分别为北京市、保定市、焦

作市所属地区典型农户清洁供暖改造前后调研获得的大致运行费用对比。

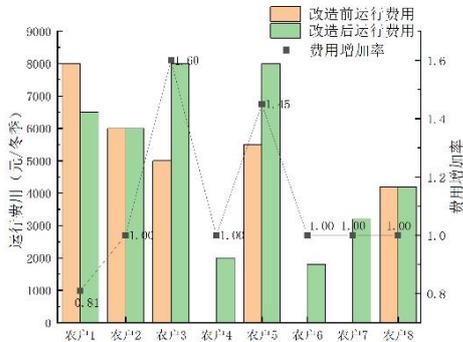


图1 北京市农村典型农户清洁供暖改造前后运行费用对比

Fig.1 Comparison of operating costs of typical rural households before and after clean energy transformation in Beijing

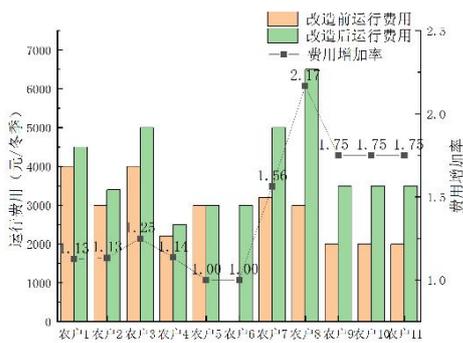


图2 保定市农村典型农户清洁供暖改造前后运行费用对比

Fig.2 Comparison of operating costs of typical rural households before and after clean energy transformation in Baoding

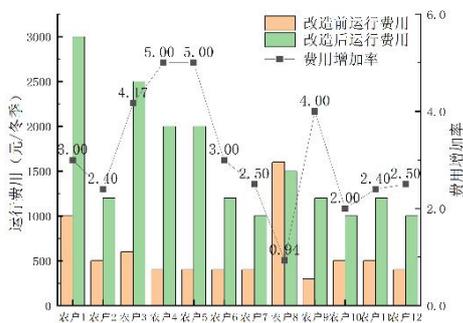


图3 焦作市农村典型农户清洁供暖改造前后运行费用对比

Fig.3 Comparison of operating costs of typical rural households before and after clean energy transformation in Jiaozuo

对比改造前后农宅的供暖费用，运行费用增加

率最低的是北京地区，改造前供暖季运行费在4200~8000元不等，改造后运行费用为原来的0.8~1.6倍，其次是保定地区，改造前供暖季运行费在2000~4000元范围，改造后补贴期内的运行费为原来的1~2.2倍，焦作地区改造前供暖季运行费在300~1600元之间，改造后补贴期内的运行费为原来的1~5倍。可以直观地看到，保定、焦作地区虽然对电价或者气价有不同程度的补贴，但大部分农户改造后供暖费用仍显著增加，关键这个费用还在优惠补贴年限内。可以预见，优惠期结束后农户“返煤”风险极高。

2 不同地区清洁供暖激励政策比对

为分析并对比不同地区实施清洁供暖激励政策对农户的影响，基于调研数据与同一基准建筑，定量计算不同地区农村清洁供暖的初投资和运行费用。

2.1 典型建筑及热负荷计算

基准建筑概况如图4所示，面积为100m²的单层平房，一室两厅，外墙为37墙，内墙为24墙，层高3.5m，坐北朝南。

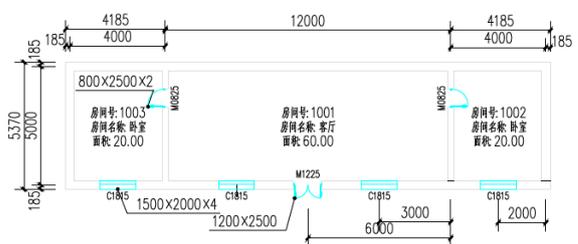


图4 房屋平面图

Fig.4 Floor plan

根据调研信息给出围护结构的基本参数，外墙：页岩多孔砖， $K=1.19W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；内墙：粘土砖墙， $K=2.439W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；外窗：铝合金中空玻璃，尺寸1.5m×2m， $K=3.4W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；外门：金属框单框双玻门，尺寸：1.2m×2.5m， $K=4.5W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。屋顶：平屋面（硬质岩棉板）， $K=0.93W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；地面：不保温地面，采用平均传热系数法计算， $K=0.35W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

根据北京市、河北省保定市和河南省焦作市的气象参数，用T20天正暖通V4.0计算得到供暖负荷如表3所示^[8,9]。

表 3 不同地区的计算参数及供暖负荷

Table 3 Calculation parameters and heating loads in different regions

项目/地区		北京	保定	焦作
气象参数	供暖室外计算温度/°C	-7.6	-7.0	-3.8
	冬季空气调节室外计算温度/°C	-9.9	-9.5	-6
	室内供暖设计温度/°C		18	
供暖负荷	散热器/kW	9.10	8.91	7.76
	空调器/kW	—	9.76	8.52
	地暖/kW	—	7.40	—

2.2 初投资及运行费用比对的供暖设备配置及初投资费用如表 4 中所示。结合上述供暖负荷计算及调研数据, 不同地区

表 4 三个地区农宅清洁供暖初投资费用对比

Table 4 Comparison of the initial investment cost of clean heating for rural houses in three regions

项目/地区		北京		保定		焦作		
供暖设备	主机	空气源 热泵	空气源 热泵	空气源 热泵	空气源 热泵	空气源 热泵	电供暖	燃气壁 挂炉
	机组容量	五匹	五匹	五匹	五匹	两台 1.5 匹	—	—
	末端装置	散热器	散热器	热风机	地暖	热风机	散热器	散热器
初投资/10 ³ 元	末端数量	4	4	3 ^①	—	2	3 ^②	4
	机组	0	3.00	3.00	3.00	2.50	0	0
	安装	0	3.20	4.10	8.00	0.50	0	0
	总计	0	6.20	7.10	11.00	3.00	0	0

备注: ①两小一大三个热风型末端; ②一个电暖桌, 两个电散热器。

除初投资外, 不同地区的清洁供暖运行费用也因激励政策和农户供暖习惯的不同。对于使用空气源热泵机组供暖的农户, 运行费按式 (1) 计算:

$$C_{\text{热泵}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{3600 \times COP_h} \times p_{\text{电}} \quad (1)$$

其中, $C_{\text{热泵}}$ 为使用空气源热泵供暖的农户供暖季的运行费用, 元/冬季; n 为供暖季天数, 取 120; Q_i 为农户单日所需的供热量, kJ; COP_h 为空气源热泵的制热性能系数, 结合实地调研及相关文献^[7]可知, 北京地区冬季空气源热泵的 COP_h 处于 2.5-3, 综合考虑多方面因素, 本文取 $COP_h=2.5$; $p_{\text{电}}$ 为当地的电价, 元/kWh。

对于电供暖的农户, 运行费按式 (2) 计算:

$$C_{\text{电}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{3600} \times p_{\text{电}} \quad (2)$$

其中, $C_{\text{电}}$ 为电供暖的农户供暖季的运行费用, 元/冬季。

对于使用燃气壁挂炉供暖的农户, 运行费按式 (3) 计算:

$$C_{\text{燃气}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\eta \times q} \times p_{\text{燃气}} \quad (3)$$

其中, $C_{\text{燃气}}$ 为使用燃气壁挂炉供暖的农户供暖季的运行费用, 元/冬季; η 为燃气壁挂炉的供暖热效率, 根据调研数据, 取 89%; q 为天然气的低位发热量, 取 35580 kJ/Nm³; $p_{\text{电}}$ 为当地的天然气价格, 元/Nm³。

值得一提的是, 在河南焦作地区, 由于农户习惯及气候原因, 供暖系统均间歇运行, 大致分为两类: 空气源热泵和燃气壁挂炉用户, 运行时段为 7:00-17:00 停暖, 其他时间供暖; 电暖用户, 其供暖时段较为灵活, 00:00-04:00, 07:00-11:00,

13:00-17:00 停暖, 其他时间供暖。分别考虑其间歇供暖负荷附加率为 13%和 30%^[10]。由此可计算得

出三个地区农宅清洁供暖五年内的运行费用(见表 5)及设备寿命期内的总费用(见表 6)。

表 5 三个地区农宅清洁供暖五年运行费用对比

Table 5 Comparison of five-year operating costs of clean heating for rural houses in three regions

项目/城市	北京		保定			焦作		
	散热器	散热器	空调器	地暖	空气源热风机	电供暖	燃气壁挂炉	
运行费用/10 ³ 元	第 1 年	2.38	3.34	3.85	2.73	3.17	7.19	4.29
	第 2 年	2.38	3.34	3.85	2.73	3.17	7.19	4.29
	第 3 年	2.38	3.34	3.85	2.73	3.94	8.94	4.29
	第 4 年	2.38	5.34	5.85	4.43	3.94	8.94	4.29
	第 5 年	2.38	5.34	5.85	4.43	3.94	8.94	4.29
	合计	11.88	26.90	30.34	28.04	21.17	41.19	21.45

表 6 三个地区农宅清洁供暖设备寿命周期内总费用对比

Table 6 Comparison of the total clean heating costs of rural houses in three regions during the equipment life cycle

项目/城市	北京		保定			焦作	
	散热器	散热器	空调器	地暖	空气源热风机	电供暖	燃气壁挂炉
初投资/万元	0	0.62	0.71	1.1	0.3	0	0
总运行费用/万元	3.56	7.40	8.17	6.13	5.76	13.06	6.43
合计/万元	3.56	8.03	8.88	7.23	6.06	13.06	6.43

运行费用昂贵, 不推荐使用。

(2) 改造之后的五年内, 北京地区运行费用最低, 其他两个地区补贴期结束后运行费用都有不同程度增加, 尤其是保定市, 运行费用最高可达补贴期的 1.63 倍。

(3) 无论是五年内还是设备寿命周期内, 北京地区总费用最少, 分别为 11878 元和 35635 元, 其余两地因经济较北京落后, 政府财政能力有限, 补贴力度小且有时间限制, 导致农户供暖费用高。

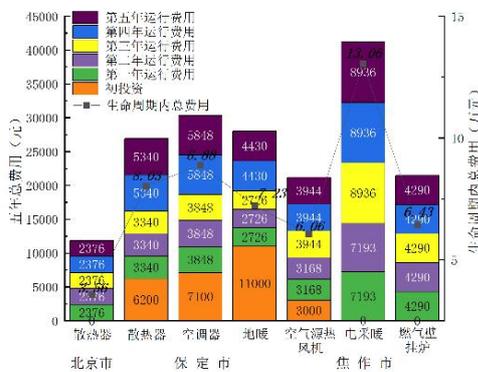


图 5 三个地区农宅清洁供暖五年及设备寿命期内总费用对比

Fig.5 Comparison of total clean heating costs in five years and equipment life period of rural houses in three regions

图 5 为三个地区农宅清洁供暖五年内的使用费用情况以及供暖设备寿命周期(十五年)内的使用费用情况, 可以看出:

(1) 北京地区无初投资, 其余两地选用空气源热泵供暖的投资在 3000~11000 元不等。焦作地区采用电直接供暖虽然安装和使用方便, 但其后期

3 结论与建议

通过调研华北地区农村供暖现状, 发现不同地区清洁供暖均有补贴方式的激励政策, 基于对同一基准建筑的计算、对比与分析, 可以得到以下研究结论:

(1) 各地区因经济水平不同对清洁供暖的激励政策有所差异。北京地区补贴力度大且持续时间长, 除基本的设备初投资和运行费用补贴外, 还对房屋围护结构改造进行了激励和补贴, 而保定和焦作地区只在改造后 2~3 年内对农户供暖费用有一定程度的补贴。

(2) 对比改造前后农宅的供暖费用的调研数

据,在补贴期内,运行费用增加率最低的是北京地区,其次是保定地区,焦作地区最高,改造后最高的运行费用为原来的5倍。

(3)北京和焦作地区对初投资补贴力度较大,针对同一基准建筑进行计算分析,北京地区和焦作地区采用电直接供暖及燃气壁挂炉供暖时无需初投资,保定地区与焦作地区采用空气源热泵供暖的初投资在3000~11000元不等。

(4)同样针对同一基准建筑,除北京以外,保定和焦作地区在补贴期结束后运行费用均有所增加,且采用不同的供暖方式其增加幅度也不同,保定地区增加幅度大于焦作地区,保定采用地暖供暖增幅最高,约4430元,约为补贴期1.63倍。在设备寿命周期内,北京地区总费用最少,约35635元,除电直接供暖外,保定地区采用空调供暖总费用最高,约88817元。

综上所述,运行费用过高是目前华北农村推进清洁供暖最突出的问题,其原因是现阶段的清洁能源改造仅仅是改变了供暖的用能形式,农宅围护结构热工性能仍然较差,导致机组安装容量大,运行成本高。因此,要减少供暖费用,减轻农户供暖负担,应该先从围护结构改造入手,降低农宅能耗,然后再结合当地政府政策,合理运用可再生能源和蓄热技术等,从根本上解决供暖“贵”的问题,这样才能真正摆脱政策扶持,加快清洁能源改造在农

村地区的可持续推进。

参考文献:

- [1] 清华大学建筑节能研究中心.2016年中国建筑节能年度发展报告[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [2] 袁鹏丽,端木琳,王宗山.基于实测能耗数据的农宅供暖能耗影响因素分析[J].建筑科学,2020,36(2):28-37.
- [3] 王庆一.我国农村地区居民室内污染严重[J].中国能源,2014,36(12):36-37.
- [4] 江亿.我国北方供暖能耗和低碳发展路线[N].中国建设报,2019-07-15(004).
- [5] 尹波,张涛,张成昱,等.北方农村清洁供暖技术经济性研究[J].科技资讯,2020,18(32):69-73.
- [6] 于克成,谭羽非,李佳楠.北方农村住宅供热能耗实测与分析[J].煤气与热力,2020,40(6):19-22,42-43.
- [7] 王惠,李义强,田拥军,等.华北地区农村清洁供暖方式适用性研究[J].建筑节能,2018,46(3):103-106,116.
- [8] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [9] 陆耀庆.实用供热空调设计手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [10] 陈玲,董重成.间歇供暖负荷计算方法研究[J].暖通空调,2012,42(7):42-48.
- [11] 张瑞雪,李骥,徐伟,等.间歇运行供暖系统设计日逐时热负荷附加计算[J].暖通空调,2018,48(7):17-21.