

宁夏农村地区清洁供暖技术现状研究

慈强¹ 王涛² 张小艳³

宁夏建筑科学研究院集团股份有限公司 宁夏 银川 750021

摘要：本文介绍了清洁供暖技术的定义和在北方地区的重要性，并分析了宁夏地区农村清洁供暖技术的现状。文章梳理了适宜农村的热源侧清洁供暖技术，并探讨了推广应用时应注意的问题。本文通过分析宁夏地区农村清洁供暖技术的现状以及探讨推广应用时应注意的问题，旨在为宁夏农村地区清洁供暖技术提供一些有益的参考和指导。

关键词：农村；清洁供暖；技术现状；实践研究

前言

清洁供暖是指通过高效用能系统，利用清洁化燃煤（超低排放）、天然气、电、地热、生物质、太阳能、工业余热、核能等清洁能源，实现建筑低能耗、低排放的供暖方式^[1]。北方地区建筑供暖能耗是建筑能源消耗的主要构成部分，清洁供暖是我国应对雾霾问题的关键措施。为分析宁夏地区清洁供暖技术现状，本文结合农村地域及用能特点，梳理了农村地区的适宜热源侧清洁供暖技术，结合宁夏农村地区清洁供暖技术实践，分析测

算了各类技术的技术经济指标，探讨了不同技术的推广应用应注意的问题。

1 农村地区清洁供暖技术

1.1 采暖热环境概况

农村建筑密度低，适宜采用分散、投资小的热源形式。从热源侧来看，当前在农村地区实施的清洁供暖技术主要包括清洁煤、天然气、电供暖和可再生能源供暖技术。

上述清洁供暖方式的应用条件及适用范围对比如下：

表1 各清洁供暖技术的应用条件及适用范围

清洁供暖技术	应用条件	适用范围	污染情况	
清洁燃煤分散供暖	供暖期需具备充足的供应能力	适用于农村住宅、村部、学校等公共建筑	会产生空气污染	
天然气供暖	受天然气管网范围限制，安全要求较高	适用于管道天然气管网覆盖的城郊	会产生少量空气污染	
电直接供暖	需电力增容，运行成本高	适用于经济条件好、电力设施完善的地区	末端清洁	
可再生能源供暖	太阳能供暖	太阳能资源丰富地区，屋面安装时对结构要求高，需辅助热源	适用于无设施或绿化遮挡的农村住宅、村部、学校等公共建筑	清洁
	空气能供暖	易受室外温湿度影响，有一定电力增容要求	适用于农村住宅，村部、学校等公共建筑	末端清洁
	地热能供暖	受地热资源限制，初投资高	适用于学校、卫生院等较大型的公共建筑	末端清洁
	生物质能供暖	供暖期需具备充足的供应能力	适用于农村住宅、村部、学校等公共建筑	会产生少量空气污染

2 宁夏农村地区清洁供暖实践

2.1 应用技术类型

当前宁夏农村地区应用的清洁供暖技术主要包括：天然气供暖、电热直接供暖、空气源热泵、太阳能+采暖、生物质能供暖、地热能供暖。

上述技术中，由于天然气接入限制，天然气供暖技术应用较少；地热能初投资较大，且适用于较大型项目，区内应用案例也较少；太阳能+采暖技术是可再生能源示范项目主推的技术，在全区村部、农宅、农村地区学校等建筑已有大量示范应用案例，技术逐渐成熟，且

本地企业具备设备生产及施工、运维能力，光伏+空气源热泵技术尚处于初步探索阶段，效果如何还需进一步观察；电热直接供暖、空气源热泵及生物质能供暖在清洁供暖示范项目中也较多应用案例，其中空气源热泵供暖技术是目前“煤改电”项目中应用最广的技术。

2.2 太阳能+采暖技术

太阳能供暖技术主要指利用太阳能资源，通过太阳能集热装置向用户供暖的技术。太阳能+采暖技术指太阳能与其他供暖技术联合供暖的多能互补供暖系统。宁夏地区属于太阳能资源Ⅱ类地区，着力示范推广太阳能+采暖技术。当前推广的太阳能+采暖技术主要分为两种，分别为：（1）太阳能+空气源热泵技术。该技术白天利用平板太阳能蒸发器吸收太阳热量输送给空气源热泵，

项目基金：自治区乡村振兴科技成果引进示范推广项目“村镇建筑抗震节能结构体系与成套技术引进示范推广”（2022CGSF0216）。

提高压缩机能效,太阳辐射量不足时自动切换为空气盘管蒸发器吸收空气中热量。应用于村委会、农宅等采暖面积小于300平方米的建筑。(2)太阳能+水源热泵+空气源热泵技术。该技术利用平板太阳能集热器吸收太阳辐照能,通过储热水箱蓄热,太阳能换热机组(水源热泵)利用采集到的太阳能热量将水温提升至35~70℃进入供热水箱,满足采暖系统供热需求;太阳能集热系统无法满足供暖需求时,空气源热泵启动辅助供暖。通常应用于供暖面积大于1000平方米的学校、卫生院等公共建筑。太阳能+采暖供暖解决太阳一定程度上可解决太阳能采暖易受昼夜时间限制及空气源热泵冬季制热效率低的问题,多能互补,提高系统的运行效率,节省运行费用。但该系统初投资较大,投资回收期较长,技术相对复杂,需配备专业人员进行日常运行维护。

2.3 技术应用效果

表2 清洁供暖技术一次能源利用系数对比

清洁供暖技术		机组运行效率	一次能源利用系数
小型燃煤炉		0.4-0.5	0.4-0.5
天然气供暖壁挂炉		0.89	0.89
蓄热式电暖器		0.85	0.33
空气源热泵热风机		2.2	0.85
空气源热泵热水机		2.4	0.92
光热+空气源热泵	平板蒸发器+空气源热泵	最高可达3.0以上	1.16
	太阳能集热器+水源热泵+空气源热泵	3.0以上	1.16
地热能	中深层地热能	5.0以上	1.93
生物质锅炉		0.75	0.75

注:1.机组运行效率数据依据测试数据,并参考相关标准。
2.发电效率和输配电效率乘积取值0.385^[2]。

(3) 运行成本

供暖系统运行成本受建筑形式、经济水平、能源价格、生活方式等多种因素制约,同类型建筑采用同一供暖技术,用户之间采暖费用会有很大差异。为便于比较,以下以100m²典型农宅为对象,分析计算各类供暖技术的投资、成本及经济性差异。

首先,通过调查,当前能源价格为:

(1) 采暖效果

清洁供暖技术成熟,在项目正常实施的情况下,即便建筑物无保温措施,冬季采暖室内温度基本能满足供暖需求。在建筑采取保温措施的情况下,采暖效果更好。采用水系统即末端为散热器或地暖管的情况下,建筑采暖温度受室外环境温度的影响较小,稳定性更好。

通过某学校11月室内采暖温度监测,室外温度在-5~2℃区间时,室内温度基本在20℃以上。

(2) 能源使用效率

通常采用效率反映供暖设备对能源的有效利用程度,采用一次能源利用系数反映供暖设备将初级能源转化为热量的能力。

结合相关标准及研究数据,各类技术一次能源利用系数如下:

基于100m²非保温典型农宅连续供暖场景,简化计算相关指标。参考《宁夏农村房屋能耗测评项目调研总结报告》,该典型建筑耗热量指标76.8为W/m²,按采暖季150天计算,建筑采暖季累计热负荷为27648kWh,折合9.95×104MJ。利用各类燃料低位热值及系统效率数据,简化计算该典型农宅供暖能耗。

表3 典型农宅不同清洁供暖技术供暖能耗及经济性对比

供暖技术	供暖设备配置	供暖系统投资成本(元)	燃料消耗量		供暖系统运行成本			静态投资回收期(年)
			单位	数值	总成本(元)	单位成本(元/m ²)	每天采暖成本(元/m ²)	
煤炉	普通煤炉	500	吨	7.56	13608.00	136.08	90.72	--
生物质锅炉	供热量14kW生物质锅炉	7500	吨	7.85	6280.00	62.80	41.87	1.0
蓄热式电暖器	供热量12kW电暖器	12000	kWh	32527.06	14456.11	144.56	96.37	--
天然气供暖壁挂炉	20kW壁挂炉	5000	Nm ³	3146.37	6892.09	68.92	45.95	0.7
空气源热泵热水机	5P热泵	12000	kWh	11520.00	5119.87	51.20	34.13	1.4

续表:

供暖技术	供暖设备配置	供暖系统 投资成本 (元)	燃料消耗量		供暖系统运行成本			静态投资 回收期 (年)
			单位	数值	总成本 (元)	单位成本 (元/m ²)	每天采暖成本 (元/m ²)	
太阳能+空气源热泵	5P热泵+9.6m ² 太阳能平板蒸发器	30000	kWh	9216.00	4095.90	40.96	27.31	3.1

注: 基于2022年能源费用, 电价采用峰谷电价加权平均值计算。

上表数据为简化后的理论计算值, 数据仅供对比参考。从上表可以看出, 采用蓄热式电暖器采用电直接供暖, 成本最高, 其次为煤炉供暖, 生物质锅炉与燃气壁挂炉供暖成本相当, 可再生能源供暖技术成本最低, 太阳能+空气源热泵技术比纯空气源热泵技术节约运行成本约20%。相比燃煤取暖, 除蓄热式电暖器技术外, 其他可再生能源供暖技术投资回收期均较短。从实际运行来看, 由于除生物质能外, 可再生能源本身不用付出成本, 仅需支付驱动能源的费用, 且可再生能源技术一次能源利用系数较高, 再加上当前煤炭价格处于高位, 因此可再生能源供暖技术运行成本相对较低。通过调研, 某卫生院生物质锅炉连续供暖建筑采暖费用35元/m², 间歇供暖建筑采暖费用28元/m²。对于太阳能+采暖系统, 平均来看, 适用于村部、农宅的小型太阳能+空气源热泵系统年采暖费用约30元/m²左右。适用于学校、卫生院等较大型公共建筑的太阳能+水源热泵+空气源热泵系统年采暖费用约20元/m²左右。

(4) 增量投资

相对来看, 可再生能源供暖技术增量成本较大, 太阳能+空气源热泵系统, 增量成本约在300元/m²左右; 空气源热泵由于缺少太阳能集热装置, 且系统相对简单, 增量成本有较大幅度降低, 增量成本在100元/m²左右; 蓄热式电暖器的增量成本也在100元/m²左右; 燃气、生物质锅炉增量成本相对较低, 约在50-80元/m²左右。

结论

(1) 宁夏农村地区使用了多种清洁供暖技术, 包括天然气、电热、空气源热泵、太阳能+空气源热泵、生物质能和地热能等。

(2) 可再生能源供暖技术的增量成本相对较高, 其中太阳能+水源热泵+空气源热泵技术投资较大, 适合大型公共建筑。

(3) 可再生能源供暖技术的运行效率和能源利用率最高, 供暖费用相对较低。对于农宅, 太阳能+空气源热泵技术和纯空气源热泵技术的采暖费用最低, 生物质锅炉和天然气壁挂炉的费用相当, 而蓄热式电锅炉等电直热供暖技术的费用最高, 不适合农宅。除电热直接供暖技术外, 其他技术的投资回收期在1-3年, 具有推广价值。应根据农户经济水平和项目特点选择清洁供暖技术。

(4) 农村地区农宅绝大部分没有保温措施, 建筑节能潜力巨大。在推广清洁供暖技术的同时, 进行建筑围护结构节能改造可以降低建筑采暖热负荷和设备初投资及运行费用, 提高清洁供暖技术的应用效果。

参考文献

- [1] 国家发展改革委. 北方地区冬季清洁取暖规划(2017-2021年)[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-12/20/content_5248855.htm.
- [2] 傅旭辉. 寒区空气源热泵供暖系统现场试验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018: 37.