

农村沼气和太阳能联合供暖系统的实验研究

李林光

(南城县上唐镇综合便民服务中心, 江西 南城 344300)

摘要 本研究设计了一种农村沼气和太阳能联合供暖的系统。在室外环境基本一致的条件下, 将该系统和传统农村燃煤供暖系统进行对比实验, 分析得出沼气与太阳能联合供暖系统的运行效果。结果表明: 新研发的系统运行稳定且供暖能力强, 能够有效缓解农村地区冬季沼气资源的紧张, 具有推广作用。

关键词 沼气 太阳能 联合供暖 传统燃煤供暖

中图分类号: TU111.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)06-0070-03

由于沼气是农村地区普遍使用的生物能源, 所以将其与太阳能联合应用供暖是具有可行性的^[1-2]。这样的供暖系统不仅节约能源, 还能有效降低污染物的排放量, 使得太阳能和沼气得到最大程度的利用, 解决了单一能源供暖效果不好的问题。

1 系统简介和测试说明

1.1 系统介绍

沼气生物能与太阳能联合供暖的热水循环系统由太阳能热水器、蓄能水箱、控制器、供水管、温控阀、沼气池、循环水泵、温控阀和壁式沼气热水器 9 个部分构成^[3]。本试验场所设在河南省商丘市某农场, 冬季较为寒冷, 使用该系统, 可以在冬季维持室温在 18℃~22℃之间。

1.2 测试方法

本试验重点检测环境温度、热力、能耗和高压煤量, 检测装置一般有 Pt 一百铂电阻、安捷伦公司数据采集仪、计算机、TDS-100P 便携式超声波热量计、电度表等。

利用导体电阻随温度变化这一特征, Pt 一百铂电阻用于测量的时候, 要求电阻温度系数大, 电阻率高, 电阻与温度之间最好有线性关系。常用铂电阻测温范围在 0℃~630.74℃以内, 电阻 R_t 与温度 t 之间的关系如下: $R_t=R_0(1+At+Bt^2)$ 。其中 R_0 是温度为 0℃时的电阻。本实验 $R_0=100\Omega$, $A=3.9684\times 10^{-2}\text{℃}^{-1}$, $B=-5.847\times 10^{-7}\text{℃}^{-2}$, 铂电阻内部应先方式有两线制、三线制和四线制, 本实验是三线制连接。实验数据如表 1 所示。

2 系统运行与分析

笔者于 2020 年 1 月 17~23 日测试该供暖系统的运行并将其与传统燃煤取暖系统的运行效果进行对比, 测试并分析该系统的运行参数是否合理有效。实验时

间的商丘市正处于冬季, 并已经开始供暖。本研究提出的供暖系统属于能够根据室内温度自动掌控运行时间的系统。当系统的温控阀检测到室内温度超过 22℃的时候, 该供暖系统就会自动进入半关闭的状态。总的来说, 在测试的一周之内, 该系统运行状况总体比较良好。并于 2020 年 1 月 25~31 日对该测试房间采用传统燃煤系统取暖。

室内空气温度随着房间进水温度的起伏而发生变化, 总体来说, 房间内的温度较为稳定。太阳辐射能在 10:00~17:00 之间比较充足, 随着太阳能热水的流入, 以及太阳辐射能对墙壁的照射, 室内的温度逐渐得到升高, 在 15:00 左右室内温度达到最高, 接着随着太阳辐射能的降低, 室内温度逐渐降低, 又因为土壤散热较慢的原因, 沼气池在夜间的温度较为稳定。沼气池消耗总量是呈现上升趋势的, 但是在 10:00~17:00 之间, 沼气消耗量的增长速度较慢, 这是因为白天太阳辐射能补充一部分热量, 而夜间就主要靠消耗能量加热热水进行供暖。

在采用普通燃煤炉加热热水为测试房间供暖的实验中, 室内空气温度从 22:00~次日 6:00 呈现持续降低的趋势。6:00 之后开始添加燃煤, 对测试房间进行供暖。室内温度超过 22℃时, 则停止添加燃煤。

3 测试结果分析

3.1 能耗分析

首先, 标准煤的地位发热量是 29307 kJ/kg, PE 为基础能源消耗量, 按式 (1) 计算:

$$PE = \frac{Q_{t,f}}{\eta_{t,f}} + \frac{3600E_e}{\eta_{e,f}} \quad (1)$$

上式中, PE——基础能源消耗量, kg; $Q_{t,f}$ ——供

表1 Pt一百铂电阻测温实验报告

T/OC			50	55	60	65	70	75	80	85
V0/mv6.	第一组	升温	0.00	1.13	2.28	3.21	4.25	5.32	6.06	6.92
		降温	0.11	1.10	2.14	3.10	4.07	4.94	5.86	6.73
	第二组	升温	0.03	1.11	2.08	3.03	3.97	4.88	5.91	6.79
		降温	0.24	1.20	2.29	3.09	3.78	5.42	6.12	6.98
	第三组	升温	0.11	1.25	2.30	3.28	4.18	5.11	6.10	6.89
		降温	0.15	1.10	2.25	3.17	4.07	4.72	5.96	6.70

表2 农村太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统耗电量

日期	联合系统耗电量 /kWh
2017-01-17	3.2
2017-01-18	3.5
2017-01-19	3.4
2017-01-20	3.8
2017-01-21	3.6
2017-01-22	3.7
2017-01-23	3.6
合计	24.8

表3 传统供暖系统房间供热量

日期	房间供热量 /kWh
2017-01-25	30.6
2017-01-26	28.7
2017-01-27	29.4
2017-01-28	30.2
2017-01-29	28.6
2017-01-30	31.5
2017-01-31	29.3
合计	208.3

暖系统耗热量, kJ; $\eta_{t,f}$ ——传统供暖系统燃料转化为热能的效率, $\eta_{t,f} = \eta_b \eta_p = 75\% \times 95\% = 71.25\%$ (其中 η_b 为燃煤锅炉效率, η_p 为供暖水管输送效率); E_e ——太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统消耗的电能, kWh; $\eta_{e,f}$ ——从燃料转化成电能的转化效率, $\eta_{e,f} = \eta_e \eta_n \eta_m = 39\% \times 95\% \times 95\% = 35.2\%$ (e 为发电厂效率, η_n 为电网效率, η_m 为电机总效率)。

在相同的试验天数中对同一个房间分别使用太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统和以煤炭为主要燃料的传统加热热水供暖系统, 得出的耗电量如表2和表3中的数据所示。由表2和表3可知, 联合供暖系统一周总耗电量为24.8kWh, 传统燃煤系统一周的总耗电量为208.3kWh, 分别代入式(2)和式(3)进行计算之后, 可知这两种供暖系统一周的能源消耗

表4 农村沼气和太阳能联合供暖系统热量统计

日期	蓄能水箱集热量 /MJ	地板辐射换热总热量 /MJ	沼气池换热盘管换热量 /MJ
2017-01-07	328.89	228.12	98.27
2017-01-08	326.22	218.43	105.72
2017-01-09	320.98	232.78	86.1
2017-01-10	327.12	226.56	97.65
2017-01-11	325.19	230.15	94.78
2017-01-12	325.67	225.18	98.32
2017-01-13	326.56	228.49	95.89
合计	2280.63	1589.71	676.73

总量为 PE_1 和 PE_2 。

$$PE_1 = \frac{E_e \times 3600}{29037 \times 35.2\%} = 8.73\text{kg} \quad (2)$$

$$PE_2 = \frac{Q \times 3600}{29037 \times 71.25\%} = 36.25\text{kg} \quad (3)$$

由计算结果可知,太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统的基础能源消耗量为 8.73kg;以煤炭为主要燃料的传统加热热水供暖系统的基础能源消耗量为 36.25kg。进而可以计算出农村太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统的节能率是 75.92%。

因此,我们可以得出以下结论:农村太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统可以比农村以煤炭为主要燃料的传统加热热水供暖系统节约 75.92% 的燃料。传统供暖系统以不可再生资源——煤炭资源为主要燃料,且每天最多供暖时间是 16 小时,而本文所研究设计的供暖系统的能量则是以可再生能源——太阳能和沼气生物能为主要能源,有利于保护生态环境,符合可持续发展的理念。

3.2 经济环境效益分析

目前,农村沼气与城市太阳能热联合供暖系统的平均每天电能消耗为 2.03MJ,这是由于在供热过程中管道散热,蓄能水箱等部分散热所产生的电能损失。^[4-5]在试验过程中所有元件均已完成保温,而这些电能则在试验过程中所有元件均已完成保温,因此这些电能损失在目前条件下已降到了最低点。农村太阳能联合沼气生物质共同加热热水供暖系统每天都可以提供 90.65kWh 的实际热量,其中,提供给房间的热量有 63.08kWh,提供给沼气池的热量有 26.85kWh,代入下方式(4)中可得联合系统每日基础能源消耗总量 $PE_{\text{总}}$:

$$PE_{\text{总}} = \frac{Q_{\text{总}} \times 3600}{29037 \times 35.2\%} = 15.77\text{kg} \quad (4)$$

即农村地区传统燃煤供热设备每天需要耗费约 15.77kg 的基础燃料,方可实现沼气和太阳能联合加热系统的供热功效,而传统燃煤供热设备每天实际供热时间仅 16h/d,从舒适度上分析,由于沼气和太阳能联合加热系统为全日供热,所以室内气温波动较小,比传统煤源的供热舒适度高。

4 结论

农村沼气和太阳能联合供暖系统的建立供热能力强,运行稳定,具有可行性,能够有效解决由于冬季农村沼气池产气量低造成的供热不足的问题,且经济环境效益显著。

参考文献:

- [1] 季杰,于志,孙炜,等.多种太阳能技术与建筑一体化的应用研究[J].太阳能学报,2016,37(02):489-493.
- [2] 王纯,姜曙光,程博,等.太阳能集热墙与地下室复合系统冬季供暖试验研究[J].太阳能学报,2016,03(03):678-683.
- [3] 李潜葛,罗恩博,吴张华,等.太阳能热声发电技术研究进展[J].中国电机工程学报,2016,12(12):3242-3250.
- [4] 张甫仁,王乐祥,王建辉,等.农村沼气和太阳能联合供暖系统的实验研究[J].太阳能学报,2019,40(11):3179-3185.
- [5] 靳俊杰,虞婷婷,崔秋娜,等.一种农村家用太阳能联合沼气的毛细管供暖系统.CN209877075U[P].2019.