

空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统在矿区的应用研究

王刚¹ 杨永平² 刘璐¹

1 陕西陕煤澄合矿业有限公司, 陕西 渭南 715200

2 陕西董东煤业有限公司, 陕西 渭南 715200

[摘要] 随着国家环保部门对大气污染指标的不断升高, 对雾霾防治力度的不断加大, 政府相继颁布“政策”要求采用清洁能源替代燃煤锅炉采暖。针对公司燃煤锅炉配套设施较多, 系统复杂, 锅炉本体维护保养成本较高, 并且对水质要求较高, 需用人员较多, 人员素质要求高, 用时用工多等缺点。提出采用太阳能及空气源热泵复合热能代替锅炉洗浴热水, 首先分析了太阳能及空气源热泵的技术特点, 设计了一套以太阳能为主, 空气源热泵为辅助的洗浴热水系统, 并针对不同的运行方式进行了测试研究。通过大量的测试数据研究分析, 最后, 基于太阳辐射强度、温度等气候条件的变化, 对空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统提出了一种高效、节能的最优运行方式。

[关键词] 空气源热泵; 太阳能洗浴; 应用研究

DOI: 10.33142/ec.v4i3.3515

中图分类号: TQ051.5;TK515

文献标识码: A

Application and Research on Air Source Heat Pump Assisted Solar Bath Hot Water System in Mining Area

WANG Gang¹, YANG Yongping², LIU Lu¹

1 Shaanxi Coal Chenghe Mining Co., Ltd., Weinan, Shaanxi, 715200, China

2 Shaanxi Dongdong Coal Industry Co., Ltd., Weinan, Shaanxi, 715200, China

Abstract: With the improvement of air pollution index and the increasing prevention and control of haze by the national environmental protection department, the government has issued "policy" to replace the heating of coal-fired boilers with clean energy. In view of the company's coal-fired boiler supporting facilities, complex system, high maintenance cost of boiler body, and high water quality requirements, more personnel, high quality requirements, more time use and other shortcomings. The paper proposes that the solar energy and air source heat pump are used to replace the bath hot water of boiler. Firstly, the technical characteristics of solar energy and air source heat pump are analyzed. A set of hot water system is designed, which is mainly based on solar energy and assisted by air source heat pump. The test and research are carried out for different operation modes. Finally, through a large number of test data research and analysis, based on the changes of the solar radiation intensity and temperature, an efficient and energy-saving optimal operation mode is proposed for the air source heat pump assisted solar bath hot water system.

Keywords: air source heat pump; solar bath; application research

引言

公司原洗浴采用 1 台 6t/h 燃煤锅炉热水, 此外, 燃煤锅炉需要亟待改造提升, 探索寻求一种适合煤矿应用的环保、节能、高效型的洗浴热水系统。

本项目针对以上问题, 首先, 研究了空气源热泵及太阳能等清洁能源洗浴热水系统的相关理论, 针对太阳能热水器易受气候的影响, 在阴雨天气时制热效果有所下降, 空气源热泵热水机组作为一种高校节能装置, 其应用也越来越广泛, 但空气源热泵在天气极度寒冷时制热效果不佳的现象, 综合二者的优点, 提出了由空气源热泵及太阳能复合而成的煤矿洗浴热水系统, 该系统可最大程度的克服两者的缺点, 最大化发挥两者的优点。其次, 设计了一套空气源热泵辅助太阳能热水系统, 该工程方案实施后, 针对该工程实际案例, 测定了四季典型气象条件下运行的热力性能, 通过热力性能测定, 验证了热力特性与外界环境(供回水温度、室内温度、环境温度、相对湿度等)之间的定性定量关系, 随着环境的不断变化, 通过改变系统运行方式来寻找得出最佳配合控制点, 通过热力性能反复测定、试验, 得出了一般重要的结论, 根据太阳辐射强度、温度等气候条件的变化, 对空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统提出了一种以时间为控制变量的复合高效、节能的最优运行方式, 此控制策略使得该系统供热性能系数大, 系统运行能耗低, 节能效果最佳, 此最佳配合控制点对于矿区洗浴热水系统安全、可靠、节能运行具有一定的指导意义和推广价值, 此

系统为公司洗浴热水系统的应用提供技术支持。最后，本项目对适合该地区环境条件下洗浴系统的最优运行方式在节能和环保两方面，进行了综合评价。

1 项目主要研究内容及创新点

1.1 运行性能

本项目基于太阳能和空气源热泵组成的复合系统，对两者之间相互配合洗浴热水系统进行研究，分析此系统在不同运行方式下的运行性能。

(1) 分析太阳能、空气源热泵、太阳能辅助空气源热泵洗浴热水系统的基本原理，结合实际工程介绍该系统的设计方法和要点。

(2) 分析太阳能热水单元和空气源热泵热水单元的特性及其性能影响因素，并分析该系统的年运行性能，优化系统的运行方式，通过测定热力参数，研究系统热力性能（COP），提出太阳能和空气源热泵随着外界环境变化的最优控制策略。

(3) 对空气源热泵辅助太阳能热水系统的经济性和节能环保效益进行分析。

1.2 创新点

(1) 空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统集成了热泵及太阳能各自优点，形成了一种复合高效的洗浴热水系统。

(2) 根据太阳辐照强度、温度等气候条件的变化，对空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统提出了一种以时间为控制变量的复合高效、节能的最优运行方式。

2 空气源热泵辅助太阳能洗浴热水系统简介

(1) 空气源热泵辅助太阳能热水系统，两套系统并联运行，各自独立运行、互为辅助，集热器收集的太阳辐射能作为太阳能热水系统的热源，环境空气则作为热泵的热源。若太阳辐射照度大，则仅太阳能热水系统工作，反之，则仅热泵系统工作，其本质为用空气源热泵代替传统燃气辅助加热。当太阳能的辐射照度较大时，能够有效的利用太阳能来加热冷水，可最大程度减少高品位热源的使用。

(2) 系统结构原理空气源热泵辅助太阳能热水系统主要由空气源热泵单元、太阳能集热单元、供热单元三部分组成。其中太阳能集热单元主要包括太阳能集热器、太阳能热水循环泵、制热水箱组成；空气源热泵单元主要包括蒸发器、冷凝器、压缩机、膨胀阀、热水循环泵、制热水箱组成；供热单元主要包括供热水箱、闸阀、增压泵等。（附原理图）

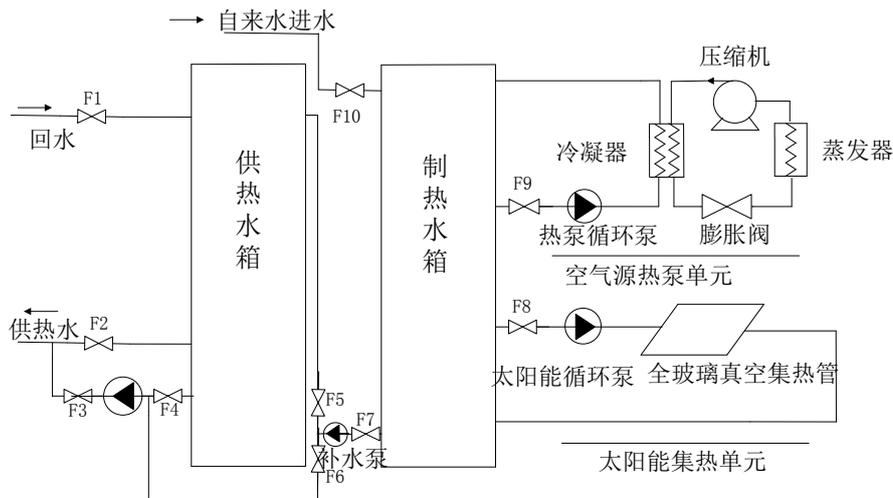


图1 空气源热泵辅助太阳能热水系统原理图

3 系统运行模式

洗浴系统按照全日洗浴设计（24h），为保证用水的安全性，同时使用两个水箱。如上图所示，按照太阳能、太阳能和空气源热泵双热源、空气源热泵三种不同模式运行，既充分利用太阳能，提高热泵效率，同时在太阳辐射不足时，在空气中获取热量进行补充，有效提高系统全年各种天气工况下运行的稳定性和可靠性。

3.1 模式一(单一太阳能热水系统运行模式)

在太阳能辐射情况良好,并且日照时间充足的情况下,则关闭空气源热泵热水单元,仅需要运行太阳能热水单元。由太阳能热水单元对储水箱内水进行循环加热,将加热过后的热水储存到热水箱,空气源热泵辅助太阳能热水系统以常规太阳能热水系统模式进行运行。

3.2 模式二(单一空气源热泵热水系统运行模式)

在太阳辐射很弱或在没有太阳辐射的情况下,如夜晚或阴雨天,开启空气源热泵,太阳能单元停止运行,由空气源热泵单独进行加热,空气源热泵辅助太阳能热水系统以常规空气源热泵热水系统模式进行运行。

3.3 模式三(太阳能辅助空气源热泵热水系统运行模式)

在日照不足,太阳辐射情况较差时,单一的开启太阳能热水单元不能满足用户需要时,必须同时开启太阳能及空气源热泵进行加热,才能达到用户要求。

4 经济效益分析

4.1 原系统运行费用

由运行经验数据可知:采用原来6吨/h燃煤锅炉洗浴热水,每年可消耗燃煤2000吨。

1.原煤成本:300元/吨 \times 2000=60万元

2.人力成本节约:该系统需运行人员3人,运行费用:0.4万元/月/人 \times 3人 \times 12月=14.4万元

总消耗成本:60万元+14.4万元=74.4万元。

4.2 现系统运行费用(改造后)

年阴雨季节及年不定时开启空气源热泵时间按照2个月考虑(90天),每天运行按照16个小时统计,6台机组同时运行,每台机组功率13.5kW,空气源热泵运行费用约为:60 \times 13.5 \times 6 \times 16=5.9098万元

年节约费用:74.4万元-5.9万元=68.5万元。年节约效益统计分析如表1所示。

表1 年节约效益统计分析表

| 原系统(燃煤锅炉) | 人力成本/万元 | 燃煤成本/万元 | 成本小计/万元 |
|----------------------|-----------|---------|---------|
| | 14.4 | 60 | 74.4 |
| 改造后系统/万元(空气源热泵辅助太阳能) | 空气源热泵耗电成本 | | 5.9098 |
| 节约成本 | | | 68.5 |

5 社会效益分析

据统计,少燃烧1吨标准煤,可减少CO₂的排放量为:2662kg;SO₂的排放量为:20kg;烟尘的排放量为:15kg;灰渣:260kg。太阳能辅助空气源热泵热水系统每年节省标准煤:

原锅炉每年可消耗原煤2000吨(发热量4000kcal/kg),标准煤(发热量7000kcal/kg)折算到标准煤:2000 \times 4/7=1142.86吨。经计算,每年可减少污染物排放量为下表2所示:

表2 每年可减少污染物的排放量(标准煤1142.86吨)

| 污染物 | CO ₂ /吨 | SO ₂ /吨 | 烟尘/吨 | 灰渣/吨 |
|--------|--------------------|--------------------|-------|--------|
| 减少的排放量 | 3042.3 | 22.86 | 17.14 | 297.14 |

综上可知,通过洗浴热水系统的改造,探索寻找出了一套环保、节能、高效复合的可再生清洁洗浴热能系统,该系统具有可观的经济效益和社会效益。

6 项目主要成果

本项目实施后,从源头上解决了环境污染难题,达到了国家环保污染指标的要求,符合国家节能减排的方针政策,具有技术先进性和一定的实用性,取得了以下技术成果。

(1)根据陕西渭南气候环境,提出了采用空气源和太阳能组成的并联复合热源系统,根据日照情况,提出采用以太阳能为主,空气源热泵为辅助的供热运行方式。

(2)根据太阳能热水循环动力,此项目采用主动循环式太阳能热水系统,大大增加了循环动力,有利于提高换热

效率,实现系统的多种功能和控制。

(3)通过系统实际运行工况热力性能的测定,进一步验证了空气源热泵和太阳能制热性能与能耗随外界环境变化的定性定量关系,并进一步提出采用太阳能和空气源热泵组成的复合系统进行洗浴加热具有一定的可行性。

(4)通过对系统进行热力性能测定,并反复试验,得出了一般重要的结论,对于冬季而言,12:00~15:00左右运行空气源辅助热泵,比其他时段运行热泵,制热系数高,单位能耗低;对于夏季晴天而言,只运行单一的太阳能热水系统,与其他运行方式相比,系统制热系数COP较大,能耗最低;对于夏季多云或雨季而言,单一热泵运行,与其他运行方式相比,系统制热系数COP较大,能耗最低。对于过渡季(春季或秋季)来讲,11:00~14:00左右时段运行空气源辅助热泵,制热系数高,单位能耗低。

(5)该系统实现了无人值守的基本条件,提高了矿区的综合自动化水平。

项目的成果对于后续的矿山洗浴热水系统的建设和改造,具有重要的参考价值,总之,项目实施后,取得了一定的社会效益、安全效益和经济效益,该洗浴热水系统,达到了国内同类技术的先进水平。

此项目研究成果可以在公司的其他煤矿等生产单位中推广应用,也可以在类似的其他单位矿区供暖系统中应用。

7 同类项目技术比较

(1)目前,从节能环保角度来讲,煤矿上还没有一款应用较好的洗浴热水系统,本文正在研究探索阶段,通过测试研究,结合空气源热泵和太阳能各自的优点,提出了复合高效的煤矿用洗浴热水系统,并通过测试寻求了复合热源最佳的匹配方式,该系统与其他煤矿用洗浴热水系统相比较,具有高效、节能环保的特点,其中,环保是本复合洗浴热水系统的一大亮点。

(2)复合高效的煤矿用洗浴热水系统较其他单一热源的洗浴热水系统相比较,运行方式更灵活,便于选取更优的高效、节能的运行方式。

总之,该项目取得了一定的社会效益、安全效益和经济效益,项目的成果对于后续的矿山洗浴热水系统的建设和改造,具有重要的参考价值,该复合的洗浴热水系统,达到了国内同类技术的先进水平。

[参考文献]

- [1]王映清.智能太阳能加空气热泵技术在澡堂供水中的应用[J].铁道劳动安全卫生与环保,2010,37(1):20-22.
- [2]钟浩,李志民,罗会龙等.空气源热泵辅助供热太阳能热水系统实验研究[J].建筑节能,2011(03):11.
- [3]韦雪松.太阳能集中热水系统在酒店式公寓中的应用[J].住宅科技,2008(03):65.
- [4]杨前明,衣秋杰,李志敏,等.新型太阳能热泵多功能复合机原理与热力学分析[J].山东科技大学学报(自然科学版),2004(4):46.

作者简介:王刚(1988.9-),毕业于西安科技大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职于:陕西陕煤澄合矿业有限公司,职务:业务主管,职称:机电工程师;杨永平(1985.2-),毕业于西安科技大学,所学专业:机械电子工程,当前就职于:陕西澄城董东煤业有限责任公司,职务:机电部部长,职称:机电工程师;刘璐(1989.7-)毕业于西京学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职于:陕西陕煤澄合矿业有限公司,职务:业务主管,职称:机电工程师。