

空气源热泵辅助热水系统的优化

郝小龙 (山西西山煤电股份有限公司西铭矿选煤厂, 山西 太原 030052)

摘要: 利用空气源热泵进行热水系统优化, 形成新的空气源热泵辅助热水系统, 可有效降低能耗。本文首先对空气源热泵进行了简介, 其次分析了空气源热泵的主要影响因素, 最后结合实际项目提出了空气源热泵辅助热水系统的优化策略。

关键词: 空气源热泵; 辅助; 热水系统; 优化

Abstract: using air source heat pump to optimize the hot water system to form a new air source heat pump auxiliary hot water system can effectively reduce energy consumption. This paper first introduces the air source heat pump, then analyzes the main influencing factors of air source heat pump, and finally puts forward the optimization strategy of air source heat pump auxiliary hot water system combined with the actual project.

Key words: air source heat pump; Auxiliary; Hot water system; optimization

节能降耗是现代发展的重要原则, 而若想实现节能降耗目标, 则需要采取一些先进的技术手段。在热水系统设计领域, 为实现节能降耗目标, 可利用空气源热泵来进行热水系统优化。不过, 在进行改造前需要先充分了解空气源热泵的原理和特点, 并深入分析空气源热泵的相关影响因素。

1 空气源热泵简介

空气源热泵是一种借助高位能使热量由低位热源空气流向高位热源的设备。空气源热泵在工作运行中应用的是逆卡诺循环原理, 即: 利用室外机充当热交换器实现从室外空气中吸收热量, 加热冷媒使其蒸发, 冷媒再经由压缩机压缩进行升温并进入水箱释放热量, 并进行冷凝液化, 最后经节流降压降温后回到室外的热交换器中, 如此循环。空气源热泵拥有许多不同类型, 根据压缩机型的不同可分为全封闭活塞式压缩机空气源热泵、半封闭活塞式压缩机空气源热泵、涡旋式压缩机空气源热泵、半封闭螺杆式压缩机空气源热泵; 根据机组容量的不同可分为别墅式小型空气源热泵机组、中大型空气源热泵机组; 根据机组结构的不同可分为整体式空气源热泵机组、模块化空气源热泵机组。空气源热泵的主要特点和优势主要有以下几点: ①冷热源合一, 无须专门设置冷冻机房和锅炉房; ②无冷却水系统, 相应的也无冷却水消耗及污染; ③无须锅炉及锅炉燃料供应系统、排烟系统、除尘系统等, 安全可靠、污染小; ④机组多采用模块化设计, 无须设置备用机组; ⑤系统运行可进行电脑自动控制, 智能化程度高; ⑥可根据室外气候变化而自动调节性能。

2 空气源热泵的主要影响因素

2.1 膨胀阀开度的影响

首先, 膨胀阀开度会对 COP 产生重要影响。研究发现, 在不同的膨胀阀开度下, COP 的下降趋势有所不同, 因此导致在加热过程中 COP 会出现交叉现象。当加热温度为 20~30℃时, 膨胀阀开度与 COP 之间是呈正比关系, 即膨胀阀开度越大则 COP 越大; 当加热温度为 45~55℃

时, 膨胀阀开度与 COP 之间是呈反比关系, 即膨胀阀开度越大则 COP 越小。其次, 膨胀阀开度会对制热量产生重要影响。研究发现, 在不同的膨胀阀开度下, 制热量先增大后降低, 并且具有同 COP 一样的交叉区间。在加热初期, 膨胀阀开度与制冷剂质量和流量之间是呈正比关系, 且制热量开始逐渐增多; 随着膨胀阀开度不断增加, 蒸发温度和吸排气压比分别不断上升和降低, 系统耗功开始逐渐下降。再者, 膨胀阀开度会对过热度产生重要影响。研究发现, 在持续加热过程中, 过热度是呈下降趋势, 至降为 0℃时压缩机会启动吸气带液; 随着膨胀阀开度不断增加, 至过热度达到 0℃时, 水箱中平均水温会呈现出下降趋势, 制冷剂质量和流量均不断增加。基于此, 当蒸发温度上升时, 制冷剂与空气间的换热温差会发生下降。所以若水箱中平均水温不变的话, 膨胀阀开度与过热度之间是呈反比关系。

2.2 初始水温的影响

在膨胀阀开度不同、初始水温也不同的情况下, 在加热期间 COP 是呈下降趋势。具体来说, 在加热初期, COP 先是缓慢地进行下降; 至加热后期, 由于系统性能受压缩机吸气带液增大的影响而出现恶化, 因此 COP 的下降速度会出现加快。研究发现, 在不同的膨胀阀开度下, 膨胀阀开度与制冷剂质量和流量之间均是呈正比关系; 为方便换热器换热, COP 会上升, 但受制冷剂质量和流量增加的影响, 水箱过热度会发生降低。故而在系统运行后期, COP 会随压缩机吸气带液的不增大而出现快速降低。在不同的初始水温下, 由于系统启动后需进行短暂预热, 因此在加热初期水箱温度一致时, 低水温系统的 COP 会出现持续下降现象, 不过此时其不会低于启动时的数值; 而随着加热持续, 低水温系统会更早降至 0℃, 所以后期 COP 的下降幅度会不断增大, 最终低于高水温系统数值。

3 空气源热泵辅助热水系统的优化策略

3.1 项目概况

某企业的职工生活区和来宾接待区过去一直是采用

柴油锅炉进行热水制取,热水的主要用途是职工洗浴和食堂供应。目前该企业共有 14 台柴油锅炉,包括职工生活区 9 台、来宾接待区 3 台及冷饮车间 2 台,柴油年消耗量约为 596t、热水年产量约为 14 万 t。为降低能耗,本项目计划改用空气源热泵辅助热水系统来代替 14 台柴油锅炉。

3.2 空气源热泵辅助热水系统的优化方案

3.2.1 改造方案

本项目计划将燃煤锅炉均替换为空气源热泵辅助热水系统,其中生产区 29 台替换为空气源热泵机组、车间 2 台替换为小型电锅炉。拆除原有的燃煤锅炉后,将原有的热水水箱保留并增加新水箱,在室外增设新的空气源热泵及相关配套设施。采用统一控制系统对现有的 2 套空压机余热回收系统与空气源热泵机组进行控制,从而优先利用空压机余热回收系统的热水,空气源热泵则作为辅助加热。空压机余热回收系统中采用的是双水箱(贮热和供热)系统,其中供热水箱与空气源热泵合并使用,借助供热水箱的恒温性能来保证水温。具体的空气源热泵形式选择为循环式。本项目改造完毕后,可通过职工办公区的锅炉房来控制空压机余热回收系统及观测水箱。

3.2.2 控制系统设计

在本项目的控制系统设计中,主要对以下几个内容进行分别设计:①温度传感器设计:在贮热水箱底部、集热系统出水口、贮热水箱内部、供热水箱内部、热水回水管末端、集热系统进水口各设置 1 个温度传感器,编号分别为 T1-T6;②水位传感器设计:在贮热水箱内部和供热水箱内部各设置 1 个全程水位传感器,编号分别为 H1 和 H2;③水泵设计:设置集热系统循环泵、热水提升泵、冷水补水泵、热水供水泵、热水回水泵、空气源热泵循环泵、空气源热泵冷水补水泵各 1 个,编号分别为 B1-B7。

3.2.3 控制模式设计

3.2.3.1 水位控制模式设计

当贮热水箱水位降至低位时,控制器控制 B2 热水提升泵自动关闭,并启动补水,依靠 B3 冷水补水泵进行补水;当 H1 全程水位传感器提示水位提升 $>30\%$ 时,控制器控制 B1 集热系统循环泵进行循环加热;当 H1 全程水位传感器提示满位后,控制器控制 B3 冷水补水

泵自动关闭。当供热水箱水位降至低位时,控制器控制 B6 空气源热泵循环泵自动停运,并启动补水;当 H2 全程水位传感器提示水位提升 $>30\%$ 时,启动 B6 空气源热泵循环泵进行循环加热;当 H2 全程水位传感器提示满位时,控制器控制 B2 热水提升泵自动关闭。

3.2.3.2 温度控制模式设计

B1 集热系统循环泵与空压机运行系统进行联动,同时其还受贮热水箱水温的控制,当 T1 温度传感器提示低于设定温度时,将启动 B1 集热系统循环泵,利用空压机余热完成贮热水箱的循环加热。当 T3 温度传感器提示达到设定温度时,B1 集热系统循环泵关闭,控制器控制 B2 热水提升泵启动,对供热水箱进行供水。当 T4 温度传感器提示温度不超过 50°C 时,控制器控制电磁阀及 B6 空气源热泵循环泵;当 T4 温度传感器提示温度升至 55°C 时,控制器控制电磁阀及 B6 空气源热泵循环泵关闭。当 T5 温度传感器提示温度不到 45°C 时,控制器控制 B4 热水供水泵和 B5 热水回水泵启动;当 T5 温度传感器提示温度升至 50°C 时,控制器控制 B4 热水供水泵和 B5 热水回水泵关闭。

3.2.4 改造效果检验

本项目改造完毕投入使用前后一年的能源消耗、热水产量详见表 1。可见改造后的空气源热泵辅助热水系统可显著降低能耗。

4 结语

综上所述,空气源热泵具有冷热源合一、安全可靠、污染小、智能化程度高、可自动调节性能等优势,所以可利用空气源热泵来进行热水系统优化。实践表明,改造后的空气源热泵辅助热水系统可显著降低能耗。

参考文献:

- [1] 于涛,张录陆,楚广明.空气源热泵辅助太阳能热水系统分析与优化[J].山东建筑大学学报,2021,36(04):27-34.
- [2] 王亚明.空气源热泵辅助热水系统的优化[J].中国高科技,2021(09):112-113.
- [3] 张录陆.空气源辅助太阳能热水系统在驻济高校的应用研究[D].济南:山东建筑大学,2020.
- [4] 曾乃晖,袁艳平,孙亮亮,曹晓玲,邓志辉.基于 TRNSYS 的空气源热泵辅助太阳能热水系统优化研究[J].太阳能学报,2018,39(05):1245-1254.

表 1 本项目改造完毕投入使用前后一年的能源消耗、热水产量对比表

设备	类别	使用前一年		使用后一年	
		1-9 月	10-12 月	1-9 月	10-12 月
燃煤锅炉	煤消耗量 /L	708937	229361	488600	0
	热水产量 /t	118615	29974	66747	0
空气源热泵	用电量 /kW·h	0	0	0	632734
	热水产量 /t	0	0	0	29741