

浅析生活区锅炉房到空气源热泵设备节能改造

周峰

(上海振华重工(集团)股份有限公司长兴分公司 上海 200125)

摘要: 为节能环保和提高效益,把生活区现有的燃油锅炉进行改造,根据逆卡诺循环原理,结合设备使用功率以及目前锅炉房的布局,把锅炉系统整体更换成节能效果较好的空气源热泵,有利于保障热水系统的可靠性,在保证供热需求的前提下降低供热成本。在现有锅炉房及周边加装空气源热泵系统,采取多种方式作为厂区及生活区提供热水,通过数据分析对比,取得了良好的效果。

关键词: 设备管理;设备节能改造;逆卡诺循环;空气源热泵

0 引言

随着经济的发展和科技的进步,极大地提高了生产效率,为人类生活带来了轻松便利。同时,全球能耗也飞速增长,过量的碳排放引起温室效应,化石燃料的燃烧造成大气污染,环境承载能力日益严峻。根据上海市环境保护局、上海市质量技术监督局发布的《锅炉大气污染物排放标准》和上海市人民政府办公厅文件《关于加快推进本市中小锅炉提标改造工作的实施意见》的通知,对气态燃料锅炉颗粒物、二氧化硫及氮氧化物限值要求均有所提高。长兴分公司目前在用的锅炉均为柴油锅炉,鉴于环保及相关文件的要求,需要控制氮氧化物排放,进一步改善环境空气质量,燃油锅炉改造工作势在必行。

1 设备节能改造总体描述

将原有生活区锅炉房,宾馆热水锅炉房合计 6 台燃油锅炉替换为空气源热泵机组(详见表 1 清单),以满足燃油锅炉改造工作,同时降低厂内热水成本。

(1) 把锅炉替换成空气源热泵来为宾馆及生活区提供洗澡热水;

(2) 把通过燃油加热热水的工作模式更新为通过电力来加热热水,减少污染排放的同时来降低实际运行成本;

(3) 空气源热泵是按照“逆卡诺循环”原理工作的,具体来说,就是“室外机”作为热交换器从室外空气吸热,加热低沸点工质(冷媒)并使其蒸发,冷媒蒸汽经由压

缩机压缩升温进入水箱,将热量释放至其中的水并冷凝液化,随后节流降压降温回到室外的热交换器进入下一个循环,简单来说就是吸收空气中的热量来加热水;

(4) 把锅炉拆除后,保留原有热水水箱,在室外新增空气源热泵及其配套管路、水泵、阀件等;

(5) 由于空气源热泵机组特性,本项目在原有水箱基础上增加新的水箱,增加后的水箱总容量将满足每日最大用水量需求,以保证每日用水需求不会因为设备可能存在的故障而无法满足。

2 设备具体改造情况

通过参考相关规范、环境温度数据、原有锅炉及新的空气源热泵机组参数,分区实行改造,满足热水供应需求,同时进行综合利用,达到节能环保要求。改造后的空气源热泵系统,如图 1 所示。

2.1 设计依据

设计参考规范:

- (1) GB 50015-2019《建筑给水排水设计规范》;
- (2) GB 50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》;
- (3) GB 50242-2002《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》;
- (4) GB 50242-2002《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》;
- (5)《给水排水设计手册》(2002);
- (6)《全国民用建筑工程设计技术措施/给水排水》(2009);
- (7) GB 5749-2006《生活饮用水卫生标准》;

2.2 空气源热泵机组设备参数

KRS-800X/R2 空气源热泵具体参数见表 2。

2.3 生活区 1 号锅炉房的改造方案

(1) 1# 锅炉房原有最大用水量每天约为 180t(日

表 1 原有锅炉房(燃油锅炉)设备配置清单

锅炉地点	锅炉型号	数量	单位	水箱容量 /m³	峰值用水时间段
1# 锅炉房	ZWNS1.5-80/60-Y	3	台	90	17:00 ~ 21:00
宾馆锅炉房	POW1750	3	台	50	全天

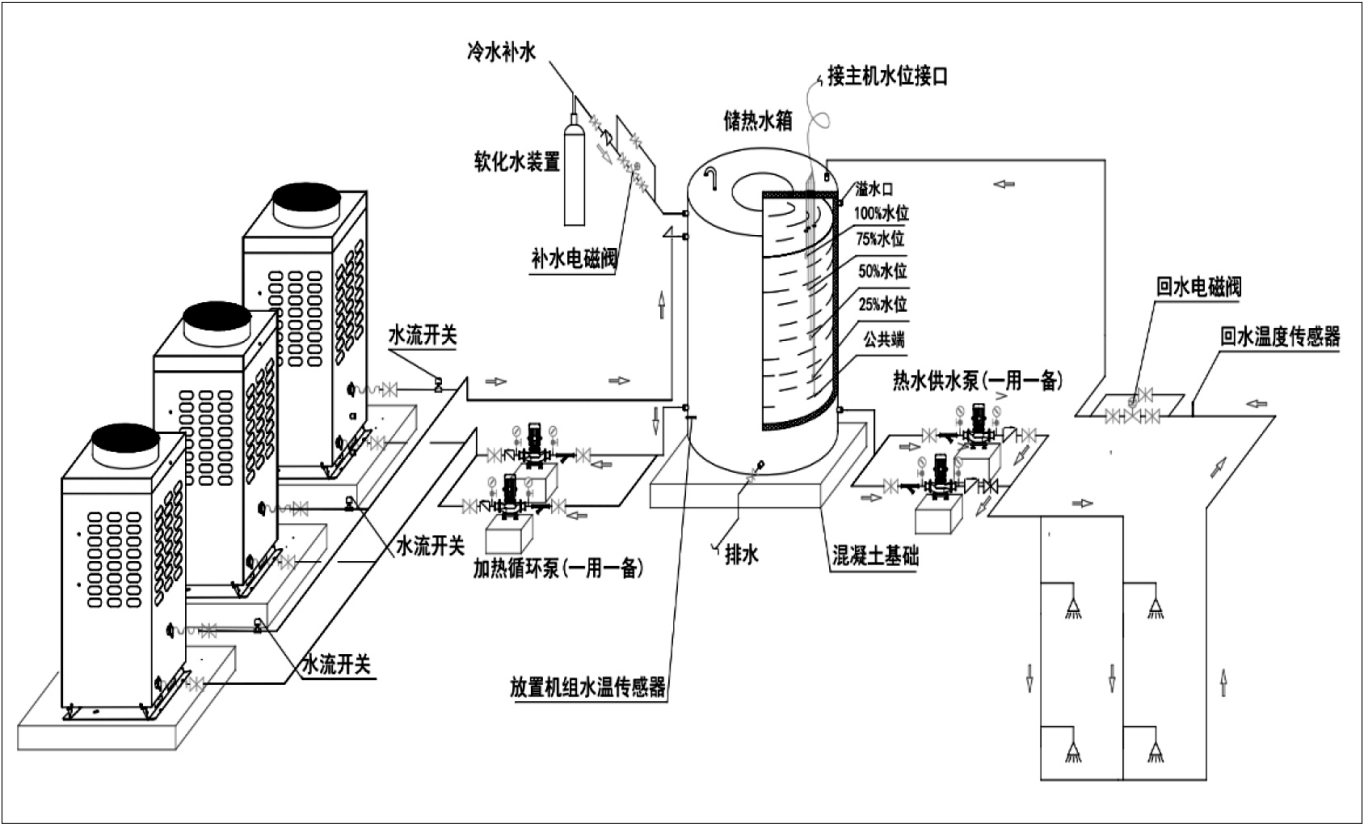


图 1 改造后的空气源热泵系统

表 2 KRS-800X/R2 空气源热泵具体参数

机型	环境温度 /℃	50	40	30	20	15	10	0	-10	-15
KRS-800X/R2	制热量 /kW	118.33	105.55	92.78	80.00	73.61	67.22	54.45	41.67	36.98
	制热功率 /kW	24.29	22.68	21.10	19.50	18.71	17.90	16.32	14.71	14.13
	制热量 / (m³/h)	2.55	2.27	2.00	1.72	1.58	1.45	1.17	0.90	0.80

峰值),出水水温 65℃。按能量守恒定律计算,将 180t 热水从 5℃加热至 65℃,所需热值为 $Q_1=(180\times1000\text{kg})\times(65-5)\text{℃}\times4.2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})=45360000\text{kJ}$ 。

(2) 每日空气源热泵所需制水量 216t,每小时制水量 1.17t,按每天运行时间 16h 计算,所需空气源热泵 16 台,占地面积约 76m²。另原有水箱 90t,所需新增水箱 120t。合计设备用电功率约为 377kW。

2.4 宾馆锅炉房的改造方案

(1) 宾馆锅炉房原有最大用水量每天约为 58t (日峰值),出水水温 65℃。按能量守恒定律计算,将 58t 热水从 5℃加热至 65℃,所需热值为 $Q_1=(58\times1000\text{kg})\times(65-5)\text{℃}\times4.2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})=14616000\text{kJ}$ 。

(2) 每日空气源热泵所需制水量 70t,每小时制水量 1.17t,按每天运行时间 16h 计算,所需空气源热泵 5 台,占地面积约 27m²。另原有水箱 50t,无需新增水箱。合计设备用电功率约为 230kW。

3 项目改造能源及费用数据统计分析计算

(1) 加热用水量统计 (2016 ~ 2019 年): 生活

区加宾馆,平均年用水量为 131123t,去掉余热回收 70043t (详见表 3),则平均年净用水量 61080t 热水。余热回收 70043t 热水由燃油锅炉二次加热,从 20℃加热至 65℃;直接加热水量 61080t 水,由自来水实际温度加热至 65℃;其中年加权平均自来水实际温度 8.06℃,另外宾馆每年加热热量 20000t,由自来水实际温度加热至 65℃,且循环保温。

(2) 加热有用功耗能计算: 实际年平均直接加热水耗能为 $(61080+20000)\times1000\text{kg}\times(65-8.06)\text{℃}\times4.2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})=19390119840\text{kJ}$; 余热回收水加热能耗为 $70043\times1000\text{kg}\times(65-25)\text{℃}\times4.2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})=11767224000\text{kJ}$; 总耗能为 $19390119840\text{kJ}+11767224000\text{kJ}=31157343840\text{kJ}^{[1]}$ 。

(3) 锅炉用燃油及费用计算: 燃油平均单价 6.14 元 /L (2016 ~ 2019 年统计平均值), 燃油热值 38376.6kJ/L (查表)。燃油总消耗为 $31157343840\text{kJ}\div38376.6\text{kJ/L}=811883.9\text{L}$; 燃油费用为 $811883.9\text{L}\times6.14\text{元/L}=4984967.17\text{元}$ 。

(4) 改造为空气源热泵系统的耗电量及电费计算 (参照表 4 计算): 空气源热泵出水温度 55℃ (设定值), 电费单价 0.9 元 /kWh, 空气源热泵制热水能力 1.17t/h (查表), 空气源热泵室外温度效率系数 0.5 (查表), 空气源热泵功率 16.32kW。空气源热泵

表 3 统计表（三个生活区）

1 ~ 12 月份	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	月平均用量
锅炉热水用量 /t	151922	126288	127667	118615	131123
余热回收量 /t	77943	70039	73416	58774	70043

表 4 生活区和宾馆锅炉房燃油锅炉与空气源热泵年平均总能耗计算

名称	燃油锅炉系统	空气源热泵系统	备注
设计室外温度 /℃	0	0	设定值
年加权平均进水温度 /℃	8.06	8.06	设定值
出水温度 /℃	65	55	设定值
年平均用水量 /t	—	158040.37	
生产热值 /kJ	31157343840	31157343840	计算值
使用燃料	燃油	电	
燃料单价 /（元 /L；元 / kWh）	6.14	0.9	
燃料热值 /（kJ/L）	38376.6	—	查表
燃料消耗 /L	811883.9	—	
燃料合计 / 元	4984967.17	—	
空气源热泵小时制水量 /t	—	1.17	查表
空气源热泵室外温度系数	—	0.5	查表
空气源热泵制热功率 /kW	—	16.32	查表
空气源热泵耗电量 /kWh	—	4408921.23	
空气源热泵费用 / 元	—	3968029.11	
费用节俭率 /%	20.40%		

年平均用水量为 $31157343840\text{kJ} \div 4.2\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \div (55-8.06)^\circ\text{C} = 158040375\text{kg} = 158040.37\text{t}$ ；空气源热泵年平均耗电量为 $158040.37\text{t} \div 1.17\text{t/h} \times 16.32\text{kW} \div 0.5 = 4408921.23\text{kWh}$ ；年平均电费为 $4408921.23\text{kWh} \times 0.9\text{元/kWh} = 3968029.11\text{元}$ 。

(5) 改造后，年平均节约的能源费用为 4984967.17 元 -3968029.11 元 =1016938.06 元，年平均能源费用节俭率为 20.40%^[2]。

4 改造效果

该节能改造项目已经正常投产使用，满足了生活区原有各种供热需求，达到了节能环保的要求，产生了良好的社会效益，收获颇多。具体如下：

- (1) 降低了成本，年平均能源费用节俭率为 20.40%。
- (2) 节约能源。改造后年平均用电 4408921.23kWh，年均生产热值 31157343840kJ，节能量为 $31157343840\text{kJ}-4408921.23\text{kWh} \times 3600=15285227412\text{kJ}$ ，节能率为 49%。

(3) 保护环境。减少了二氧化碳排放，避免了化石燃料燃烧污染附近空气，本项目年平均减少 811883.9L 燃油燃烧引起的废气排放污染。

(4) 便于运营管理。改造前，用燃油锅炉，油料需要购买储存，设专人管理，操作复杂；改造后，空气源热泵用电可省去上面的步骤，要方便很多。

(5) 用热思维方式的创新转变。传统的燃油锅炉是通过燃烧把燃油的化学内能转化为所需热能，整体环境热量增加；而空气源热泵是把引起闷热问题的无用热量转移到热水洗澡等需要用热量的地方，除去压缩泵耗能，环境整体热量没有增加^[3]。

(6) 节能环保和专业管理理念的推广。现在国家社会都在宣传提倡节能减排、低碳生活，通过生活设备实际项目的改造实践，节能环保观念更加深入人心；此外，空气源热泵系统可以采用合同能源管理模式，由专业团队人士专业管理，得到更好的推广应用。

5 结语

通过对生活区的锅炉房技能设备进行改造，可以大幅度提升环保效果，降低使用老旧设备的使用成本，节约水、气等资源。在新的环保形式下，越来越多的老设备将面临淘汰或者改造，这需要更多力量的共同参与。

参考文献：

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部．建筑给水排水设计规范：GB 50015-2019[S]．北京：中国标准出版社，2019.

[2] 中国建筑科学研究院．民用建筑供暖通风与空气调节设计规范：GB 50736-2012[S]．北京：中国标准出版社，2012.

[3] 同济大学．锅炉及锅炉房设备 [M]．北京：中国建筑工业出版社，1985.

作者简介：周峰（1981.04-），男，汉族，江苏张家港人，本科，工程师，研究方向：设备管理。