

空气源热泵热水系统实际应用

杨俊勇

中国重型机械有限公司 北京 100070

摘要: 本文采用空气源热泵技术解决健身房浴室的热水供应与采暖需求, 结合实际工程案例对系统进行深入设计, 确保空气能热泵热水器具具备高效节能的性能。

关键词: 节能; 空气能热泵; 热水器

引言

随着我国新能源研究的不断推进, 利用太阳能、空气能等可再生能源制取热水已成为趋势, 有助于减少煤炭、天然气等不可再生能源的使用, 同时具有节能环保、安全可靠的优势。本文以北京某公司办公楼地下室健身房浴室的空气源热泵热水系统设计为实例, 系统阐述了热泵机组的设计方法和实施步骤, 并通过设置多个储热罐及辅助加热装置的优化方案, 提升系统的整体运行效率, 确保其在北京冬季严寒条件下仍能稳定高效运行。

1 空气源热泵的工作原理

空气源热泵是一种利用高位能驱动, 使热量从低温热源(空气)向高温热源转移的节能设备, 属于热泵技术的一种。顾名思义, 热泵如同水泵, 可将原本难以直接利用的低位热能(如空气中所蕴含的热量)转化为可利用的高位热能, 从而实现节约传统能源(如煤、燃气、电等)的目的。应用该技术制造的热热水设备, 即为空气源热泵热水器。

2 工程实例

北京某公司办公楼位于地下一层建设职工健身房, 为此配套修建了一个男女各四个花洒的浴室, 预计使用人数80人/日, 按照每天热水系统提供4个小时55°C的生活热水。为能给职工提供能够更好的健身体验, 增加一套空调系统, 满足健身房和浴室温度控制的要求, 设计采用商用承压式空气能热泵电热水机组、VRV多联机空调系统和地暖系统提供上述服务。

2.1 设计依据

- (1) 《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003(2009版);
- (2) 《全国民用建筑工程设计技术措施》2009版;
- (4) 《热泵热水系统设计、安装及使用规范》CRAA311-2009;
- (5) 公共浴室给排水设计规程

2.2 设计参数

北京位于北纬39°48', 东经116°28', 地处暖温带半湿润地区, 气候受蒙古高压的影响, 春温夏热秋凉冬冷。综合考虑机组的能效以及最佳运行状态, 系统的设计参数如下:

热水设计温度: 55°C, 冷水计算温度: 非冬季15°C, 冬季4°C热泵选型计算温度。该方案环境温度高于5°C时(245天), 年平均环境温度18°C, 冷水平均温度15°C, 热水目标温度按55°C计算。

2.3 总体设计思路:

根据工程实际情况, 采用空气源热泵热水机组制备热水和辅助供暖, 按照“确保满足4个小时热水用量的前提下, 热泵热水系统中增加辅助供暖功能。通过热水换热罐采用地面辐射方式对公共浴室进行供暖, 达到既舒适又节能的效果。

考虑北京地区冬季极端低温, 设计采用两套独立运行加热系统, 即空气能热泵加热系统和纯电加热系统, 当空气能热泵加热系统在极端低温天气下, 加热温度无法满足要求时, 电加热系统自动启动, 同时配置储热罐, 利用夜间用电低谷时段电加热蓄热。提高系统运行的可靠性, 大大降低高峰用电负载, 避免设备频繁启动。

空气源热泵控制系统由空气能热泵机组、加热罐、储热罐、一次泵循环系统、供水系统、回水系统组成。

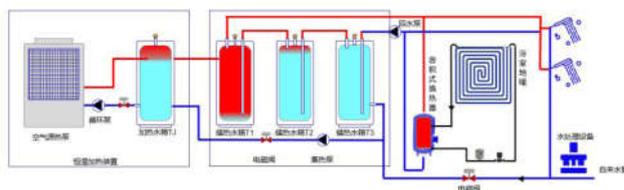


图1 空气能热泵热水原理图

2.4 空气源热泵机组选型计算

2.4.1 热泵设备选型:

热泵的选择要求在不需要辅助热源的情况下能够满足北京地区冬季热水需求为准则。

2.4.1.1 最大日用水量计算

热水系统最大日热量按以下公式计算:

$$M = qm = 40 \times 8 \times 4 \times 4 = 5120L$$

式中:

M——最大日热量 (L)。

m——用水计算单位数 (人数), 每人淋浴时间15分钟计算, 8个淋浴器4个小时淋浴总人数128人。

q—热水用水定额 (L/床), 按照公共浴室每人40L/人计算。

2.4.1.2 非冬季设计工况时, 热水系统及采暖负荷的设计计算

非冬季设计工况时热水负荷按以下公式计算:

$$q_1 = KK_1 Q_s \times 860 / (T_r - T_1) = \frac{1.0 \times 42 \times 860}{55 - 15} = 903L$$

式中:

Q_s—选型计算温度时热泵机组制热量, 拟用热泵机组其制热量约为42kW。

k₁—热泵除霜系数0.9-1.0, 环境温度 < 10°C时取0.9, ≥ 10°C时按1.0计算

T_r—热水设计温度, 55°C。

T₁—冷水计算温度, 15°C。

2.4.1.3 热泵机组台数计算

根据以上计算, 系统所需热泵机组台数按以下公式计算:

$$N \geq \frac{M}{q_1} / T_1 \geq 5120 / 903 / 8 = 0.7 \approx 1台$$

式中:

T₁—单台机组每天运行时间, 根据规范要求, 热泵机组每天运行时间应不超过18小时。根据以上校核计算, 选择1台CAHP-PI-42热泵主机可满足该项目非冬季极端天气生活热水需求。

2.4.2 冬季工况加热设备选型校核

2.4.2.1 冬季设计工况时热泵小时产水量q₂计算

设计工况时热泵机组小时产水量q₂按以下公式计算:

$$q_2 = k_1 Q_s \times 860 / (T_r - T_1)$$

式中:

Q_s—选型计算温度时热泵机组制热量, 查CAHP-PI-42热泵机组参数在最冷月最低平均温度-10°C时, 热泵不工作, 其制热量为0kW。

2.4.2.1 设计工况时电加热小时产水量q₂计算

设计工况时电加热小时产水量q₂按以下公式计算:

$$q_3 = Q_d \times 860 \div (T_r - T_1) = 45 \times 860 \div (55 - 4) = 759L$$

式中:

Q_d——电加热功率, 拟用电加热水罐电加热功率45kW。

2.4.2.2 冬季加热设备台数校核

根据以上计算, 系统所需加热设备台数按以下公式计算:

$$N_1 \geq \frac{M}{T_1} \geq \frac{5120}{8} = 0.84 \approx 1台 = N$$

式中:

T₁—单台机组每天运行时间, 根据规范要求, 热泵机组每天运行时间应不超过18小时, 此处T₁按8小时计算。

根据以上计算建议采用1台CAHP-TANK-A45加热水箱, 可满足冬季极端天气生活热水需求。

2.5 系统水箱数量计算

2.5.1 高峰期热水用量计算

该项目按11:30-13:30高峰期2小时用水量占全天用水量的80%, 则高峰期用水量为:

$$M_1 = k_2 M = 80\% \times 5120 = 4096L$$

式中:

k₂—高峰期用水量占全天用水量比例, 该项目按80%计算。

2.5.2 系统小时产水量确定

非冬季工况时, 系统小时产水量为: q₁ = 903L

冬季工况, 系统小时产水量为: q₂+q₃ = 0+759 = 759L

根据以上计算, 系统小时产水量取两者之小值, 即: q₂+q₃ = 0+759 = 759L

2.5.3 高峰期前水箱所需储水量计算

高峰期前热水系统水箱所需储水量按以下公式计算:

$$M_2 = M_1 - NqT\eta = 4096 - 1 \times 759 \times 2 \times 100\% = 2322L$$

式中:

T—高峰期用水持续时间, 对于本项目建议按T = 2小时计算

η—高峰期间热水恢复率, 按100%计算。

2.5.4 系统水箱数量计算

根据以上计算, 则整个热水系统所需的水箱台数按下式计算:

$$n = k_z \times \frac{M_2}{V} = 1.1 \times \frac{2322}{430} = 5.94 \approx 6台$$

式中:

n—系统所需储热水箱数量, 不含加热水箱。

k_z—安全系数1.1-1.2, 这里按1.1计算。

V—单台水箱有效储水容积, 单个水箱的有效出水容积建议按430L计算。

根据以上计算, 同时考虑到热水系统的水力平衡和单排最大储热水罐数量, 热水系统最终配置6台储热水罐CAHP-TANK-120B。

2.6 系统选型结果

根据上述计算, 整个热水系统最终选型结果如下: CAHP-PI-42 (热泵主机) 1台, CAHP-TANK-A45 (加热水箱) 1台, CAHP-TANK-120B (储热水箱) 6台。



图2 空气能热泵热水系统透视图

3 系统能耗及经济分析

1套CAHP-PI-42承压式热泵电热水系统, 1个加热水箱, 电辅热45kW, 6个储热水箱。其中热泵运行费用计算如下:

供热方式	燃气锅炉	燃油锅炉	燃煤锅炉	电加热	热泵热水机
燃料	天然气	柴油	煤	电	电
燃烧值	8500	10300	7000	860	860
单位	Kcal/ (m ³ .h)	Kcal/ (kg.h)	Kcal/ (kg.h)	Kcal/h	Kcal/h
效率	90%	75%	80%	95%	300%
能源需求量	12.71m ³	12.58kg	17.36kg	118.97kw.h	39.66kw.h
燃料单价 (元)	3	4.8	2.0	1.0	1.0
日耗能费用 (元)	38.12	60.4	34.71	118.97	39.66
月耗能费用 (元)	1143	1811.88	1041.43	3569.16	1189.72

注: 空气能热泵的效率受到环境温度的影响较大, 在北方寒冷的冬季, 空气中热量减少, 因此普通空气能热泵能效比降到2-3左右。

3.2 节能减排分析 (社会效益)

根据运行耗能费用对比表分析, 对比电加热作为热源, 空气能热泵每吨热水节约用电79.31度/天, 2024年公司工作日235天一年则节约79.31×235 = 18637.85度/年, 以燃烧煤炭火力发电, 每发一度电排放二氧化碳0.997kg (约1kg)、排放碳粉尘0.272kg、排放二氧化硫0.03kg计算, 全年则排放二氧化碳18638kg (即19吨/年), 排放碳粉尘5068kg (约5吨/年)、排放二氧化硫559kg (约0.5吨/年)。

4 总结

4.1 该套空气能热泵热水系统, 在公司健身房浴室使用中, 热水使用量比设计使用量要少很多, 不能按照营业性质的健身房浴室标准设计。用水有明显的特点, 早中晚3个时间点用水有规律, 利用储热罐储热, 大大地减少机组的运行时间, 降低机组的运行费用。

该系统于2025年1月-3月总共用水217吨。按照热水占混合水的百分数系数:

$$k_r = \frac{t_h - t_l}{t_r - t_l} = \frac{40 - 15}{55 - 15} = 0.625$$

式中:

t_h ——热水系统供水温度, °C

t_r ——混合后卫生器具出水温度, °C

t_l ——冷水计算温度, °C

实际使用热水136吨热水, 1-3月公司实际工作日为56天, 平均每天需要热水2.43吨。

3.1 空气能热泵热水机与其他热源热水器运行耗能费用对比

每天热水用量以2.43吨水为例, 把水从15°C加热到55°C, 则热量值 (Kcal) = 水的比热 (Kcal/kg.°C) × 日需水量 (kg) × 水温差 (°C) = 1×2430×(55-15) = 97200Kca

4.2 为保证冬季严寒天气热水正常供应, 厂家设计人员设置辅助热源, 带45kw电加热储水罐。在实际使用过程中, 由于空气能热泵室外机安装在带玻璃顶的天井中热效率高, 实际运行时辅助加热很少参加工作; 夏季空气能热泵热水系统运行效率更好, 缩短了设备的工作时间, 节能效果显著。

4.3 该套空气能热泵热水系统, 设备简单, 结构紧凑, 占地面积小, 因地制宜安装方便, 自动化程度高无需专人管理。

参考文献

- [1] 《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003 (2009年版)
- [2] 《热泵热水选用及安装》06SS127
- [3] 《采暖与卫生工程施工及验收规范》GBJ242-82
- [4] 《2009全国民用建筑工程设计技术措施—给水排水》
- [5] 《2009全国民用建筑工程设计技术措施—暖通空调·动力》