

文章编号: 1671-6612 (2019) 06-605-04

# 河南某项目冷暖及洗浴热水供应系统方案分析

惠豫川 黄书晨

(重庆大学土木工程学院 重庆 400045)

**【摘要】** 以河南省某在建项目为例,阐述了该项目的四季空调冷热源方案和洗浴中心的全年热水供应措施,包括系统的控制策略及全年运行方案等。在供冷季将洗浴中心与机房冷源相结合,对水源热泵主机冷凝器侧的出水进行热回收,根据计算结果,分析了该系统较常规系统的经济效益和节能效果,为该技术在工程中的应用和推广提供设计参考。

**【关键词】** 冷热源; 热水供应; 热回收; 经济效益; 节能效果

中图分类号 TK02 文献标识码 A

## Project analysis of Cooling, Heating Capacity and Bath Water Supply System for a Project in Henan Province

Hui Yuchuan Huang Shuchen

(School of civil Engineering, Chongqing University, Chongqing, 400045)

**【Abstract】** Based on a project under construction as an example of Henan province, this paper expounded the four seasons air conditioning heat and cold source schemes and annual hot water supply measures for the bath center, including the system of control strategy and annual operation plan and so on. In the cold season, the bath center was connected with the cold source of the machine room, and heat recovery was carried out for water source heat pump main condenser. According to the calculation results, the economic benefit and energy saving effect of the system compared with the conventional system were analyzed, which provided design reference for the application and promotion of this technology in engineering.

**【Keywords】** Cold and heat source; Hot water supply; Heat recovery; Economic benefit; Energy saving effect

## 0 引言

随着城市现代化的快速发展和人民生活水平的普遍提高,我国社会经济在飞速发展的同时,也面临着能源日益枯竭的问题,能源生产量和消费量虽同步快速增长,但存在较大的能源缺口且呈逐步变大的趋势(如图1)。相关资料显示,一些欧美等发达国家,建筑能耗占总能耗近40%,国内建筑能耗约占总能耗的1/3,已与工业能耗、交通能耗一道成为我国三大“能耗大户”,其中50%以上的建筑消耗大多集中在冬季采暖与夏季制冷空调<sup>[1,2]</sup>。节约能源是我国的一项基本国策,为了推动全社会节约能源,提高能源利用效率,保护和改善

环境,促进经济社会全面协调可持续发展,我国出台了《中华人民共和国节约能源法》等一系列相关法律法规。创新发展节能技术、实现节能减排对中国来说是一个挑战<sup>[3,4]</sup>。因此设计合理的冷热源方案和采取有效的节能技术措施势在必行,关系着社会的可持续发展。

本文以实际工程为例,结合项目所处地域,为工程范围内的空调系统和洗浴中心设计合理的冷热源及热水供应方案,在供冷季将洗浴中心与水源热泵主机相结合,对主机冷凝器侧的散热量进行有效回收,用以洗浴中心储热罐内水的预加热,以期获得较好的节能效果。

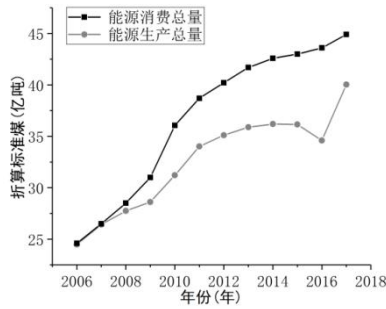


图1 近年来我国能源生产与消费情况

Fig.1 Chinese energy production and consumption in recent years

### 1 系统冷热源和热水供应方案

本工程位于河南省，地处我国寒冷地带，属于暖温带大陆性季风型气候，供暖季有集中供热（市政热源）。本方案的设计系统原理图见图2，各阀门的开闭情况如表1所示。

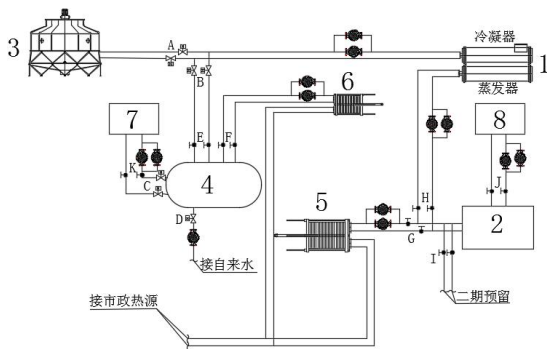


图2 系统原理图

Fig.2 System schematic diagram

- 1—水源热泵主机；2—酒店大楼空调系统；3—冷却塔；
- 4—洗浴中心储热水罐；5—大板换（70 平米）；
- 6—小板换（10 平米）7—空气源热泵热水机（2 台）；
- 8—空气源热泵热水机（8 台）

表1 各阀门的开闭情况

Table 1 Opening and closing conditions of each valve

季节模式	阀门代号						
	E	F	G	H	I	J	K
供冷季	√	×	×	√	×	×	√
过渡季	×	×	×	×	×	√	√
供暖季	×	√	√	×	×	×	×

注：A—D 为电磁阀（组），E—K 为截止阀组，“√”表示开启，“×”表示关闭，电磁阀的开闭状态将在后文详细说明。

#### (1) 供冷季方案

截止阀组 E、H、K 开启，其余各截止阀组关闭，系统进入供冷季运行模式。

酒店大楼空调系统冷源采用水源热泵主机，主机位于已建好的冷热源机房内，其蒸发器侧通过双管系统与酒店大楼各层末端相连，以满足大楼冷量需求，并根据后期扩展需要，施工时预留有两根 DN200 的二期建设管道。洗浴中心热水供应采用热泵主机与空气源热泵热水机相结合的方式，水罐内冷水先由冷凝器侧冷却水直接混合预热，水温达到设定温度后，再由 2 台空气源热泵热水机对罐内水进行再加热，以达到洗浴中心对水的质和量的需求。值得一提的是，在上述方案基础上并联接入冷却塔，从而能够持续稳定地提供给水源热泵主机冷凝器需求的冷却水，且不影响主机的正常运行效果。

#### (2) 过渡季方案

需要说明，过渡季市政集中供热尚未开始或刚刚结束的时间段内，由于天气较冷，室内仍需供热。采用 10 台空气源热泵热水机，其中 2 台为洗浴中心提供洗浴热水，8 台为酒店大楼服务。此时，打开截止阀组 J、K，其余各截止阀组关闭，系统进入过渡季运行模式。

#### (3) 供暖季方案

开启截止阀组 F、G，关闭其余各截止阀组，利用市政集中供热管网，采用两个板式换热器，大板换（70m<sup>2</sup> 换热面积）提供酒店大楼所需热量，小板换（10m<sup>2</sup> 换热面积）加热洗浴中心用水。

## 2 供冷季冷却水利用和系统控制策略

### 2.1 常规冷却水处理方式

热泵主机等冷热源系统中冷却水温度较高，常规手段通过冷却塔或其它冷却水方式实现热泵的正常运行，不仅会增加常规冷却系统的冷却任务、使得冷却系统结构庞大、初投资和运行费用增加，而且没有有效利用冷凝器的散热，不利于节能。

### 2.2 储水罐液位控制策略

系统正常运行时，储热罐内液位控制装置自动监测洗浴中心热水使用情况，热水的使用导致水罐内的液位下降，液位达到罐体内设定高度后，罐内的液位控制传感器感受变化、将信号传递给液位控制继电器，此时电磁阀 D 和补水泵开启进行补水，

液位控制装置控制原理如图 3 所示。

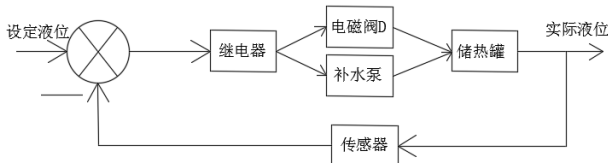


图 3 液位控制装置控制原理图

Fig.3 Control schematic diagram of liquid level control device

### 2.3 储水罐与冷却塔的切换控制策略

循环水泵设置于冷却水回水管道上, 为储水罐和冷却塔共用。温度传感器设置于储热水罐内, 通过控制器控制电磁阀组 A、B、C 及空气源热泵热水机 7 的水泵的启闭。温度传感器可实时将检测到的温度信号传递给各电磁阀组, 当储热水罐内水温低于设定值时, 电磁阀组 B 开启, 同时联动电磁阀组 A、C 和水泵关闭, 罐内冷水被循环预热, 此时空气源热泵热水机二次加热到洗浴用热水温度后供给洗浴中心, 同时电磁阀组 A、C 和水泵开启, 联动电磁阀组 B 关闭, 此时主机冷凝器的冷却水出水进入冷却塔被冷却后回流入热泵主机, 温度控制装置原理如图 4 所示。

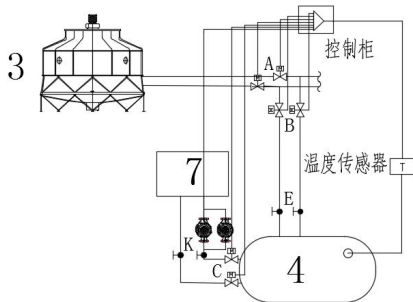


图 4 温度控制装置原理

Fig.4 Principle of temperature control device

水源热泵主机制冷量随冷凝器进水温度的升高而降低且变化较缓慢, 而输入功率随进水温度的升高而升高变化较快<sup>[5]</sup>。本方案考虑制冷量、输入功率及水源热泵自身的制冷特性, 将洗浴中心的储热水罐与冷却塔的切换温度设置为 32℃, 即可保证水源热泵主机的制冷效率不受影响。且如果洗浴热水需求量减少, 可以将切换的温度值设定的更低, 既能满足洗浴中心热水供应, 又可使热泵主机的运行效率更高。

从热力学原理上讲, 高低温混合, 是一个熵增过程, 但对能源效率影响不大<sup>[6]</sup>。利用热泵热水机

或板换先将水加热到较高温度, 使用时冷水与储热水罐内热水混合调温, 以达到最适宜的用水温度。在一定条件下, 热泵的出水温度越高, 主机能耗越大, 但从灭活军团菌的角度出发, 热水温度越高对灭活军团菌越有利, 综合考量灭活军团菌的效果、热泵的能效比、以及防烫伤的安全性等多种因素, 确定洗浴中心热水供水温度为 55℃ 左右<sup>[7]</sup>。

### 3 系统经济性分析

结合实际情况, 洗浴中心与冷热源机房距离较近, 增加的管道及温度控制装置等的投入成本相比于项目总投资可忽略不计, 所以该方案相比于常规方案, 基本未有设备、管道或附件等的购置费用的增加。下面分别从洗浴中心空气源热泵热水机侧和冷却塔侧两个方面分析供冷季系统的经济性。

#### 3.1 洗浴中心空气源热泵热水机侧运行费用分析

洗浴中心储热罐内的水由自来水储水管组补入, 初始水温仅 20℃ 左右。设计方案将储热水罐和水源热泵主机相结合, 通过冷凝器侧的出水与罐内水的混合对洗浴用热水预热, 经前文分析可知预热温度可达 32℃ 左右。在计算年逐时气象条件下, 供冷季水源热泵主机运行时间为每年的 5~9 月份, 洗浴中心每日运行时间为 8:00~20:00, 在冷却水量能够满足洗浴中心用水预热的情况下, 空气源热泵热水机的年均运行时间较常规方案减少了  $\Delta\tau = 5 \times 30 \times 12 = 1800\text{h}$ 。供冷季洗浴中心的平均热水用量为 200t/天, 折算成热水小时用量为  $m = 16.67\text{t/h}$  (每日按 12h), 预热前后水的温差为  $\Delta t = 32 - 20 = 12\text{℃}$ , 由此可计算得出储热罐内水的平均小时预热得热量  $Q_r$  (kW):

$$Q_r = m \times c \times \Delta t \quad (1)$$

式中,  $c$  为水的比热容, 取  $4.2\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{℃})$ , 计算得出  $Q_r \approx 233.38\text{kW}$ 。

空气源热泵热水机减少的电耗主要为电制冷机组耗电量  $E_L$ <sup>[8]</sup>:

$$E_L = \frac{Q_r \times \Delta t}{IPLV} \quad (2)$$

式中, IPLV 为综合部分负荷性能系数, 取  $IPLV = 4.36$ , 计算得  $E_L \approx 96350\text{kWh}$ , 焦作地区电费按 1 元/kWh 计算, 则洗浴中心侧每年节省的运行费用为  $\Delta S_1 \approx 9.64$  万元。

### 3.2 冷却塔侧运行费用分析

本工程,供冷季酒店大楼的总供冷面积约 2000 平方米,冷却塔的设计流量为 100t/h,水源热泵冷凝器侧出水经冷却塔散热后,温度可由 37℃ 降到 32℃,即  $\Delta_t^* = 5^\circ\text{C}$ ,某品牌冷却塔风机的配用电机功率为  $P=2.2\text{kW}$ 。为简化计算,考虑热泵机组在洗浴中心开放时间内全负荷运行,利用式(1)可计算出冷却塔每小时的散热量  $Q$  为 583.33kW,于是风机在供冷季运行时的总耗电量减少了  $E_L^*$ 。

$$E_L^* = \frac{Q_\tau}{Q} \times P \times \Delta\tau \quad (3)$$

计算得出  $E_L^* \approx 1584\text{kWh}$ ,于是冷却塔侧每年节省的运行费用为  $\Delta S_2 = 0.16$  万元。

上述计算分析得出的冷却塔侧和洗浴中心侧节省的年运行费用之和,即为该设计方案较常规方案节省的年运行费用为  $\Delta S = 9.64 + 0.16 = 9.8$  万元,年节约能耗折算成标准煤约 12.05 吨/年。

## 4 结论

(1) 该冷暖及洗浴热水供应系统可通过阀门的切换来调整四季系统运行模式,既能满足酒店大楼全年的冷暖需求,又能保证洗浴中心的四季热水供应。

(2) 供冷季采用洗浴中心与水源热泵主机相结合的形式,有效地回收了从热泵冷凝器的散热量,不仅减少了能量的浪费、节省了能耗,而且降低了冷却塔的冷却任务、减少了热污染,且如果洗浴热水需求量减少,可以将切换的温度值设定的更

低,如此热泵主机的运行效率便会更高。

(3) 该系统初投资与常规系统基本接近,而年运行费用节省了 9.8 万元,年节约能耗折算成标准煤约 12.05 吨/年,具有明显的经济优势和节能效益。

(4) 从整个能源发展战略上看,该系统的运行积极响应了国家“节能减排”政策,节能技术的创新和发展极具广阔的前景,符合可持续发展的战略要求。

### 参考文献:

- [1] 李一玮.几种主要建筑节能技术的发展现状和应用前景[J].价值工程,2017,36(24):150-152.
- [2] 李佐军,赵西君.我国建筑节能减排的难点与对策[J].江淮论坛,2014,(2):5-9.
- [3] 王涵.浅谈实现绿色建筑节能减排的思考与有效策略[J].河南科技,2017,(7):145-147.
- [4] ZHAO Zhenyu, CHANG Ruidong, George Zillante. Challenges for China's energy conservation and emission reduction [J]. Energy Policy, 2014,74:709-713.
- [5] 陈剑波,闵矿伟,潘际淼,等.R410A 水源热泵空调机组变进水温度运行特性分析[J].流体机械,2011,39(3):52-57.
- [6] 马一太,代宝民.空气源热泵热水机(器)的出水温度及能效标准讨论[J].制冷与空调,2014,14(8):123-127.
- [7] 车国平.某温泉酒店冷热源节能设计及分析[J].建筑热能通风空调,2016,35(5):85-89.
- [8] 胡桂霞,张伟.长沙某酒店冷却塔供冷系统节能性分析[J].暖通空调,2017,47(7):63-66.