

温泉洗浴节能（改造）工程技术研发与应用

王艳超

长春国信金润科技有限公司 吉林 长春 130000

【摘要】：温泉洗浴中心节能减排，热回收，降低碳排放；采用空气源热泵与污水源热泵相结合，板式换热器辅助传热；作为节能改造项目，通过热量计算，热备选型，运行分析，减少运行费用；达到“碳”零排放，响应国家碳中和碳达峰的政策。

【关键词】：空气能；污水源热泵；温泉水；洗浴中心；热水工程

R&D and application of energy-saving (transformation) engineering technology for hot spring bathing

Yanchao Wang

Changchun Guoxin Jinrun Technology Co., Ltd. Jilin Changchun 130000

Abstract: Hot spring bath center energy saving and emission reduction, heat recovery, reduce carbon emissions; the use of air source heat pump and sewage source heat pump combination, plate heat exchanger auxiliary heat transfer; as an energy-saving renovation project, through heat calculation, heat alternative, operation analysis, reduce operating costs; to achieve "carbon" zero emissions, in response to the national carbon neutrality carbon peak policy.

Keywords: Air energy; sewage source heat pump; hot spring water; bath center; hot water project.

为达到碳中和碳达峰目标，近年来，随着新能源的开发和环境保护意识的增强，太阳能、空气能、水源热泵（地源热泵、污水源热、土壤源热泵）等资源的利用，越来越受到世界各国的重视，在许多西方发达国家已经得到了广泛的应用。在我国东北方地区，由于冬季温度的变化，一些新能源受到了环境因素的影响，温度降低时，机组热效率降低，运行成本增加，并不受到广大人民的接受。但在多种能源相结合的新型、节能、环保的能源利用形式已在国内受到了广泛关注，它具有许多有点，如属于可再生能源利用技术，运行安全可靠，以及高效节能等。

1 工程概述

某温泉酒店远离市区，温泉酒店内有若干温泉泡池，温泉水为2000米以下地下温泉水，每日最多温泉水排水量500T左右，温泉水排水温度30℃左右，高峰期（一年中有100天为高峰期）每日需要生活热水量300T，低谷期（一年中有265天为低谷期）每日需要生活热水量100T，热水温度为50℃恒温水，冬季自来水温度4℃；原燃气锅炉作为生活水热水加热热源，既不节能，又偏离碳中和碳达峰目标；本文采用污水源热泵和空气能机组替代锅炉，利用回收温泉（废水）排水自身的热源解决酒店供热水及温度要求以达到节能减排的目的。

1.1 温泉酒店中心简介

温泉酒店占地面积约七万平方米，温泉室内、外面积达2万平方米，现有冷水机房、冷冻水机房、温泉水泵房、燃气锅炉机房、洗衣机房、生活热水泵房等。客房共计320余间，客房及温泉区域的生活热水热源为燃气锅炉供给。其中生活热水用于：酒店房间喷淋，酒店温泉区域喷淋，酒店厨房热水，

洗手区域用热水等；

1.2 生活用水温度要求

24小时全天供热，温度50℃恒温水。

1.3 洗衣机房用水温度要求

白天用水，温度要求80℃高温热水。

2 系统的设计与设备选型

本设计方案，采用污水源热泵为温泉酒店一年四季制热水，用于酒店喷淋，厨房等地使用热水。但是由于水箱中热水经过温泉酒店的热水管路，会散失热量，温泉泵房内为保持恒温供热水，所以采用空气源热泵为生活水箱保证恒温水。

该酒店有自己洗衣房，洗衣房内洗衣液需要用高温热水80摄氏度融化，需要改造洗衣机房高温热水系统。洗衣机房内原有一座6吨水箱，水箱补水由原来的冷水，改成50℃的热水作为补水，这样可以减少机组制热功率，大大节约投资成本，节约机组占地空间。

污水源热泵机组主要由（螺杆式）压缩机、冷凝器、蒸发器，膨胀阀等配件，污水源热泵有制冷和制热功能，工作原理如下：

制冷原理：制冷剂在蒸发器内吸热蒸发，制取冷水进入房间使用，制冷剂在经过压缩机压缩成高温高压的过热蒸汽进入到冷凝器，由污水带走热量并回到市政污水干渠当中。

制热原理：蒸发器变成冷凝器，冷凝器变成蒸发器。制冷剂在蒸发器内吸收污水热量蒸发，污水回至市政污水干渠中；制冷剂在经过压缩机压缩成高温高压的过热蒸汽进入冷凝器，加热循环水，制取热水。

通过水源水管路和冷热水管路的水源系统、热泵系统、末端系统等部分相连接组成。根据原生污水是否直接进热泵机组蒸发器或者冷凝器可以将该系统分为直接利用和间接利用两种方式。

污水源热泵工况：

表 1 污水源热泵工况

名义参数	制热量	KW	400
	制热输入功率	KW	81.3
	制热能效 COP	KW/KW	4.92
	全年综合能效	KW/KW	5.43
壳管参数	制冷水流量	m ³ /h	65.19
	制冷水压力	kPa	49.0
	制热水流量	m ³ /h	81.49
	制热水压降	kPa	72.0
	接管直径	mm	DN125
运输重量	总重量	KG	2200

污水源热泵机组效率高，热效率 COP 值为 4.9 以上，节省运行费用。

空气源热泵机组主要由（涡轮式）压缩机、冷凝器、蒸发器，膨胀阀等配件，空气源热泵机组制热功能：空气源热泵用逆卡诺原理，以极少的电能，吸收空气中大量的低温热能，通过压缩机的压缩变为高温热能，传输至水箱，加热热水，所以它能耗低、效率高、速度快、安全性好、环保性强，源源不断的供应热水。

本工程有两套空气源热泵系统：热水恒温系统，采用低温空气源热泵，两台空气源热泵。洗衣机房高温热水系统，采用工业高温空气源热泵，特种配备热备。

空气源热泵工况：空气源热泵机组效率高，热效率 COP 值为 4.25 以上，节省运行费用。

表 2 空气源热泵工况

高温空气源热泵			
名义参数	制热量	KW	105
	制热输入功率	KW	50
	制热能效 COP	KW/KW	2.1
	全年综合能效	KW/KW	1.94
壳管参数	制热水流量	m ³ /h	18
	制热水压力	kPa	50
	接管直径	mm	DN80
运输重量	总重量	KG	1160
低温空气源热泵			
名义参数	制热量	KW	193
	制热输入功率	KW	45.4
	制热能效 COP	KW/KW	4.25
	全年综合能效	KW/KW	3.69
壳管参数	制热水流量	m ³ /h	25.8
	制热水压力	kPa	85
	接管直径	mm	DN65
运输重量	总重量	KG	910

3 热负荷计算

酒店高峰时期用热水量 300T，初始水温 4℃，温度设定 50℃。需要热负荷为： $Q=C*m*\Delta t$ 式中：Q—是热量。C—表示比热容。m—表示物体的质量。 Δt —表示物体的变化温度，即 $t-t_0$ 。1 度(1kw·h)=3.6×10⁶ 焦耳(J)，1GJ=1000000000J，1 度=1KW*h。

4 板式换热器选择

4.1 使用参数

一次进水温度：32℃。一次出水温度：10℃。二次进水温度：4℃。二次出水温度：25℃。

4.2 每小时热负荷

热负荷为： $Q=C*m*\Delta t$ 式中：Q—是热量。C—表示比热容。m—表示物体的质量。 Δt —表示物体的变化温度，即 $t-t_0$ 。

4.3 初选换热面积

平均对数温差法： $A=Q/K*\Delta t_m$ 式中：A—面积；K—传热系数； Δt_m —平均温差；即 $\Delta t_m=[(t_2-t_3)-(t_1-t_4)]/\ln(t_2-t_3)/(t_1-t_4)$ 取设计余量为 17%（如介质比较洁净不易结垢，设计余量可偏小些。余量一般在 10%—30%）

表 3 板式换热器参数

设计参数			
	单位	热侧	冷侧
流体名称		水	水
进口温度 / 出口温度	° C	32.0 / 10.0	4.0 / 25.0
-液体分率		1.0	1.0
-可凝气体分率		0	0
-不凝气体分率		0	0
液相密度 / 汽相密度	kg/m3	985.6 / -	993.6 / -
比热容	kJ/(kg.K)	4.183	4.179
导热系数	W/(m.K)	0.6490	0.6250
平均粘度	cP	0.4060	0.6190
潜热	kJ/kg	-	-
允许压降	kPa	50.0	50.0
工作压力	MPa	1.0	1.0
设计压力 / 试验压力	MPa	1.6 / 2.08	1.6 / 2.08
设计温度	° C	135.0	135.0
热负荷	kW	420.00	
设计结果			
换热面积	m2	41.07	
总传热系数	W /(m2.K)	2680.	
平均温差 / 修正系数	℃	16.64 / 1.00	
并联台数 / 串联台数		1 / 1	
板间流速	m/s	0.26	0.96
计算压降	kPa	4.7	42.8
流程数		1	1
板片数（组合）		81 (X81)	
板片厚度	mm	0.50	
净重 / 工作重量	kg	1042.0 / 1146.0	

长 / 宽 / 高	mm	1256 / 610 / 1896	
板片材料		304(06Cr19Ni10)	
垫片材料 / 形式		EPDM / Glued Free	
框架材料		碳钢	
设计标准		NB/T 47004.1-2017	
接口标准		GB/T 9119-2010	GB/T 9119-2010
接口口径, 进口 / 出口		DN150 / DN150	DN150 / DN150

(注: 上接表3)

5 过滤器选择

本工程利用提取污水的热量, 来设计, 所以要考虑污水过滤问题, 温泉水中杂质较多, 采用全自动刮刷清洗过滤器; 全自动刮刷清洗过滤器(简称 SCFB 刷式自清洗过滤器), 是新型高能自清洗过滤器, 通过机械方式来自动清扫滤元内表面的颗粒杂质, 能够连续在线过滤。SCFB 刷式自清洗过滤器能快速地将杂质从滤网表面清扫, 从而有效的去除更多杂质, 适合水及各种低粘度液体的过滤工作。SCFB 刷式自清洗过滤器遵循高性能、高品质、高可靠性的标准设计制造。

SCFB 刷式自清洗过滤器以先进的自清洗方式始终定期保持清洁, 并排出含高浓度杂质的废液, 减少物料浪费, 过滤较差水质的水和低粘度液体优势明显效率更高。SCFB 刷式自清洗过滤器正以其明显的技术优势及低运行成本。

SCFB 过滤器配备自动清洗控制系统, 集成压差清洗与定时清洗并行控制功能, 可根据工况控制过滤器高能运行。如需要, 经定制也可实现 DCMF 远程实时监控。压差清洗适用多数场合, 是有效的清洗模式, 压差反映的是滤网内表面滤饼的累积情况或滤元堵塞情况, 当达到设定压差值时, 即启动自清洗动作, 建议清洗压差值为 0.1MPa, 可根据工况在 0.01-0.1MPa 范围内调节。定时清洗可以在 0-24 小时之间设置, 如压差模式

表4 制热水方式能源费用对比

现机组运行经济							改造后机组运行经济						
	冷凝燃气锅炉制热水		冷凝燃气锅炉洗衣机加热至 75℃		冷凝燃气恒温水（全年）		污水源热泵制热水		空气源制恒温水（全年）		高温空气源热泵		
设备能源	天然气		天然气		天然气		空气、电		空气、电		空气、电		
热效率	97%		97%		97%		492%		425%		210%		
用水量	1	T	1	T	1	T	1	T	1	T	1	T	
水初始温度	4	℃	50	℃	47	℃	4	℃	47	℃	50	℃	
水设定温度	50	℃	80	℃	50	℃	50	℃	50	℃	80	℃	
总耗热量	0.1932	GJ	0.126	GJ	0.0126	GJ	0.1932	GJ	0.0126	GJ	0.126	GJ	
能源单价	3.9	元/m³	3.9	元/m³	3.9	元/m³	1	元/度	1	元/度	1	元/度	
能源热值	0.033	GJ/m3	0.033	GJ/m3	0.033	GJ/m3	0.0036	GJ/度	0.0036	GJ/度	0.0036	GJ/度	
每吨热水费用	23.54	元	15.35	元	1.54	元	10.91	元	0.82	元	16.67	元	
酒店高峰期用水量	320	T	30	T	52.8	T	320	T	52.8	T	30	T	
高峰期天数	100	天	100	天	28.8	T	100	天	28.8	天	100	天	
日平均用水量	100	T	15	T	24	h	100	T	24	T	15	T	
日平均用水量天数	265	天	265	天	365	天	265	天	365	天	265	天	
全年运行费用	137.70	万元	10.71	万元	109.73	万元	63.81	万元	58.87	万元	11.63	万元	
全年运行总费用	258.14				万元		134.30				万元		
全年节省	123.84				万元		投资费用					万元	

失效时, 时间模式仍起作用, 可以作为终端保护, 清洗周期设定应接近过滤器压差清洗模式下的平均周期。自动控制系统压差发讯器有两种形式压差开关和差压变送器, 变送器可输出实时压差值, 灵敏度与可靠性更高, 便于 DCMF 远程实时监控。

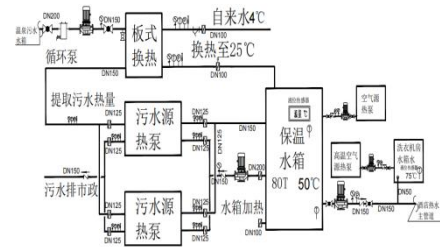


图1 节能改造系统流程图

6 污水源热泵与空气源热泵选择

本工程共选择 2 台污水源热泵机组, 高温空气源热泵 2 台, 低温空气源热泵 2 台。污水源热泵制热量为: 800KW, 制取 50℃ 热水; 高温空气源热泵制热量为: 210KW, 制取 80℃ 高温热水; 低温空气源热泵制热量为: 386KW, 用于水箱补热量(恒温水)。

7 新能源多样化系统节能改造经济分析

本工程采用高效清洁能源: 水源热泵机组与空气源热泵机组相结合与常规燃气锅炉经济分析对比:

例: 1 吨 4℃ 的水升到 50℃ 需要的热量, 而这写热量需要从锅炉或者新能源热泵中获得, 每一个热源的 COP 值都不一样, 进行对比核算。该温泉酒店节能改造, 全年节省约 123.84 万元。用水量越大, 越节能。

对于幼儿园、学校、养老院等特殊场所, 国家有相应政策补助与支持; 例如: 电价减半; 投资补助等。

8 结论

本文所介绍的温泉洗浴节能（改造）工程利用污水源热泵与空气热泵的结合，有两个能源回收利用：

（1）污水源热泵机组将充分回收温泉排（废）水中的热量，减少能量流失，去制取热水，并达到所需要温度。污水源热泵机组效率高，运行安全可靠，噪音低，加热效果快。

（2）空气源热泵机组去吸收泵房内的空气温度，减少能源流失，给保温水箱补热，并保证温泉酒店恒温供水的目的，

更好的服务，空气源热泵机组吸收空气中低温空气，提高水的温度，无污染，绿色节能机组。

由于自来水温度较低，利用板式换热器，既没有增加新的运行费用，巧妙的提取温泉排（废）水中的热量，有效的减少能量的损失。

为达到洗衣机房用水温度，将原洗衣机房内水箱补水方式从自来水补水改成生活热水补水，并用空气源热泵机组吸收洗衣机房内空气中的热量，用于提升水箱中水的温度，以便达到洗衣机房内需要的水温。

参考文献：

- [1] 张淼.《建筑给水排水设计规范》(GB 50015-2003)局部修订主要内容介绍[J].给水排水,2008,34(10):1-5.
- [2] 陆耀庆.《实用供热空调设计手册》修编信息[J].暖通空调,2008,38(1):1.
- [3] 关文吉.绿色通风空调设计图集[M].中国建筑工业出版社,2012.