

循环式空气源热泵加热系统 运行特性研究

浙江大学建筑设计研究院有限公司——桑松表

2024年04月

CONTENTS 目录

01

课题背景

02

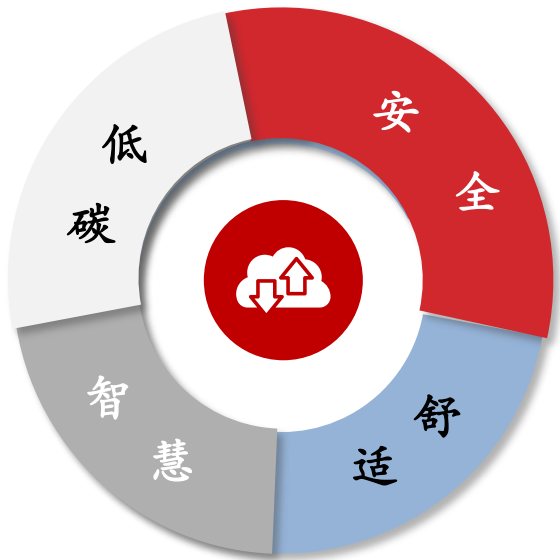
研究内容

03

案例分析与应用

04

智慧型集成热水系统的研究前瞻



课题背景

浙江省建科研项目（2019K032）

可再生能源与集成机组组合的生活热水系统运行特性与优化研究

一、无冷温滞水区水加热设备的研发和测试

二、恒温蓄热机组的研发和测试

三、集成热水机组的研发和应用



HEAT EXCHANGE EQUIPMENT
& INTEGRATED HOT WATER SYSTEM
换热设备&集成热水系统

- 1~4、最新HTRJ系列集成换热机组
- 5、空气源热泵
- 6、99kw燃气水加热器
- 7、低氮锅炉
- 8、体验浴室（10个标准带花洒龙头）
- 9、无动力太阳能

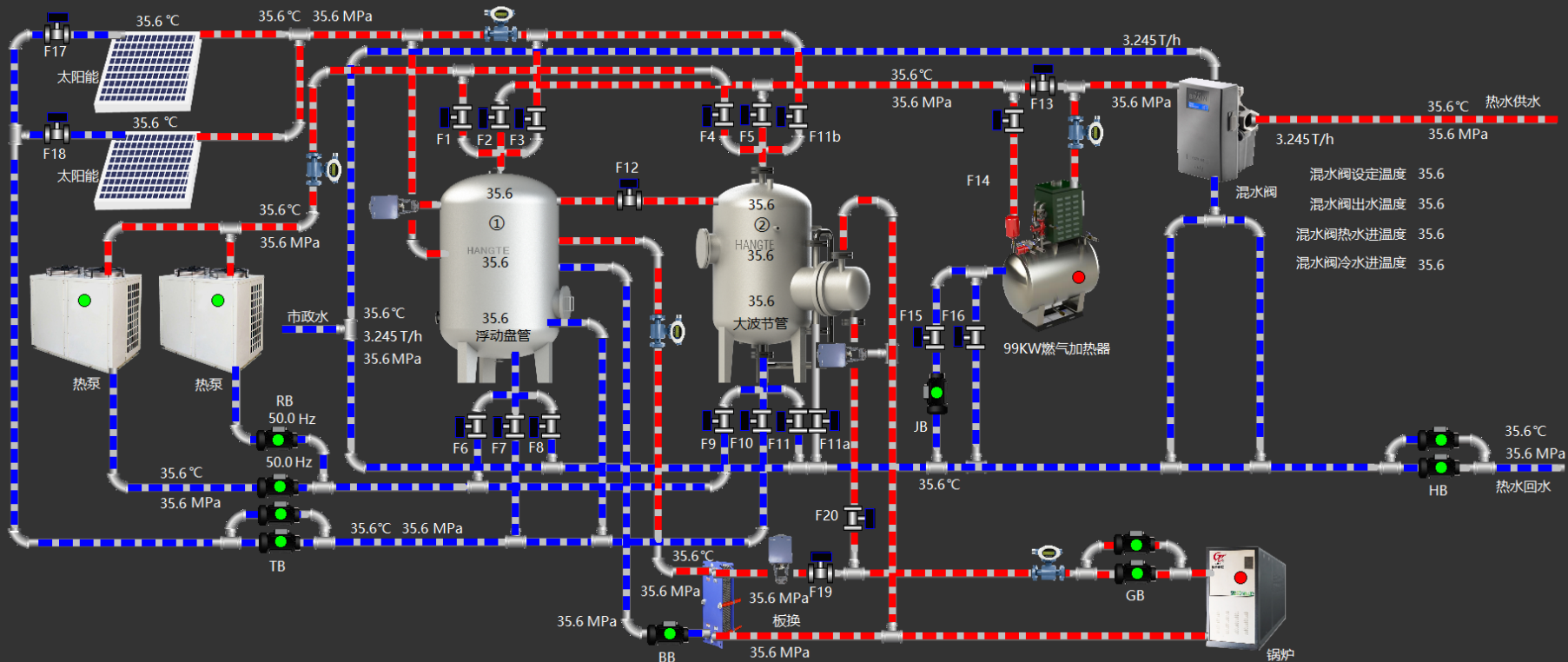


HANTE 杭特热水系统展示中心

2020/12/31 13:48:56

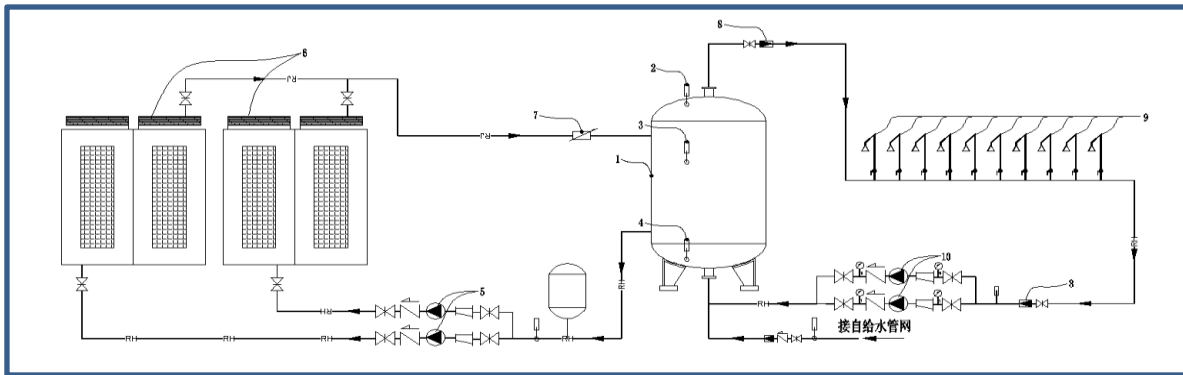
系统管理 趋势图 报警信息 模式 参数设置 设备操作

用户名: 管理工程师



研究内容

1. 空气源热泵单罐加热热水系统

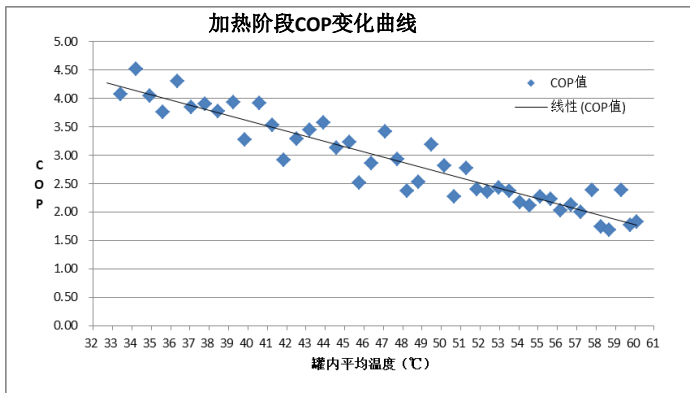


- 1、承压储热水罐；2、罐顶测温点；3、罐中测温点；4、罐底测温点；5、热泵循环加热泵组；
6、循环式空气源热泵；7、热量计；8、水表；9、淋浴龙头；10、回水循环泵

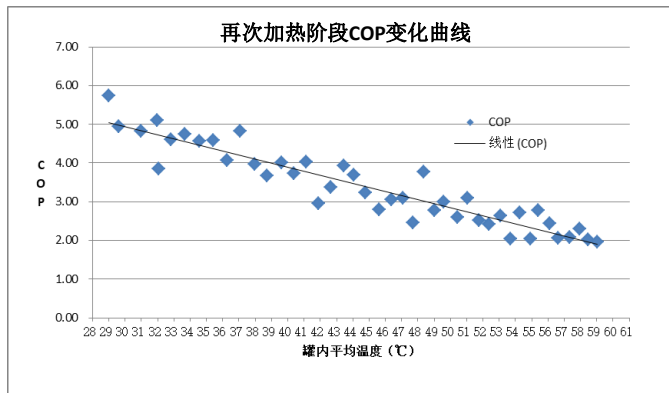
测试方法：

- 加热阶段 在环境温度 35°C 条件下，将储热水罐注满冷水，关闭用水端淋浴龙头，开启空气源热泵机组及热泵循环加热泵组加热模式，将储热水罐内平均水温从初始温度（ 32.5°C ）加热到设定温度（ 60°C ）时停止加热。
- 使用阶段 在冷水进水水温 22.7°C 条件下，关闭热泵加热模式，同时开始10个淋浴龙头（出水量为 $3\sim 3.2\text{m}^3/\text{h}$ ），当储热水罐罐顶温度下降至 52.5°C 时，关闭淋浴龙头，停止使用。
- 再加热阶段 关闭用水端淋浴龙头，开启空气源热泵机组及热泵循环加热泵组加热模式，将储热水罐内平均水温从初始温度（ 29°C ）加热到设定温度（ 60°C ）时停止加热。

外部环境：25℃，热泵10P 两台，热泵加热循环泵流量14t/h，储热水罐有效容积1.5m³。



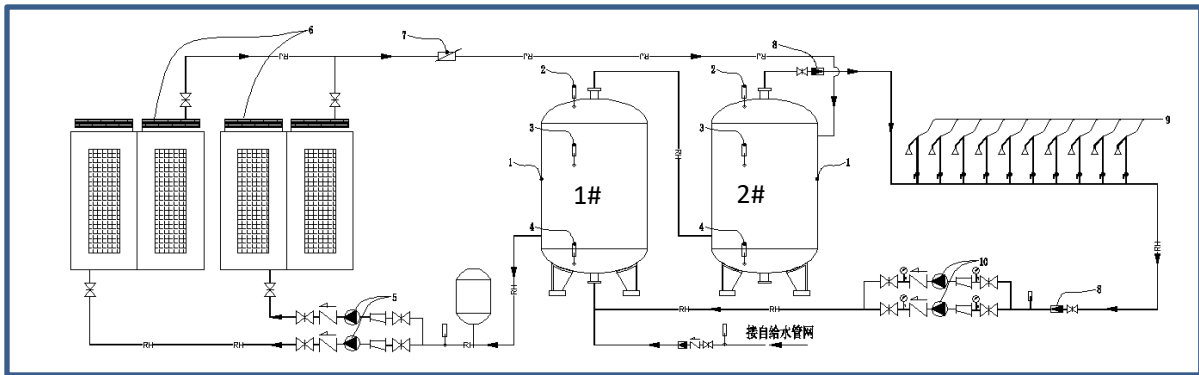
储热罐内平均水温从32.5℃加热到60℃，系统运行平均COP值为2.70。



储热罐内平均水温从29℃加热到60.1℃，系统运行平均COP值为3.12。

罐内初始水温对空气源热泵机组加热过程中的COP值影响较大，罐内水温越低，系统COP值越高。在加热过程中，随着罐内水温的升高，系统COP值呈线性下降趋势。

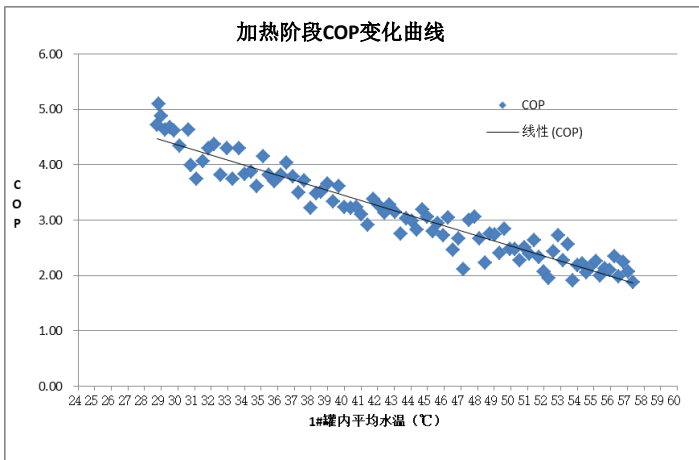
2. 空气源热泵双罐串联加热热水系统



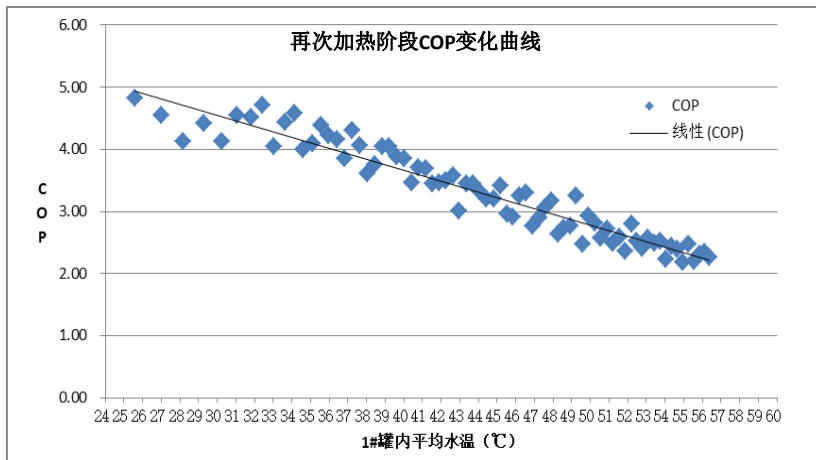
测试方法:

- 加热阶段** 在环境温度 35°C 条件下, 将1#和2#储热水罐注满冷水, 关闭用水端淋浴龙头, 开启空气源热泵机组加热模式, 热泵循环加热泵组从1#储热水罐吸水经热泵机组加热后进入2#储热水罐, 将2#储热水罐内平均水温从初始温度 (29°C) 加热到设定温度 (60°C) 时停止加热。
- 使用阶段** 在冷水进水水温 22.7°C 条件下, 关闭热泵加热模式, 同时开始10个淋浴龙头 (出水量为 $3\sim 3.2\text{m}^3/\text{h}$), 当2#储热水罐罐顶温度下降至 52.5°C 时, 关闭淋浴龙头, 停止使用。
- 再加热阶段** 关闭用水端淋浴龙头, 开启空气源热泵机组加热模式, 热泵循环加热泵组从1#储热水罐吸水经热泵机组加热后进入2#储热水罐, 将2#储热水罐内平均水温从初始温度 (28°C) 加热到设定温度 (60°C) 时停止加热。

外部环境：25℃，热泵10P 两台，热泵加热循环泵流量14t/h，储热水罐有效容积3.0m³。

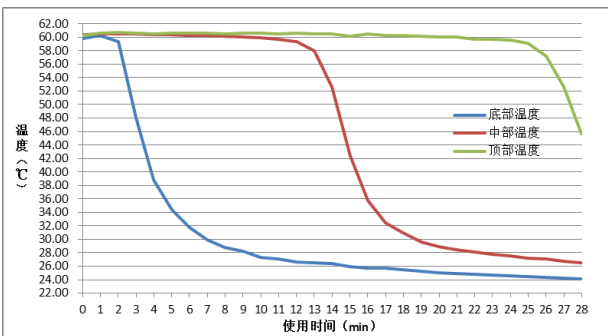


热泵将1#储热水罐内平均水温从28.7℃加热到58.3℃，2#储热水罐内平均水温从29.2℃加热到60.4℃，系统运行平均COP值为3.1。

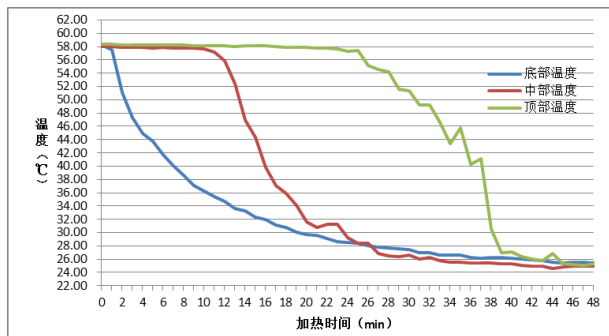


热泵将1#储热水罐内平均水温从27℃加热到57.3℃，2#储热水罐内平均水温从38℃加热到59.6℃，系统运行平均COP值为3.23。

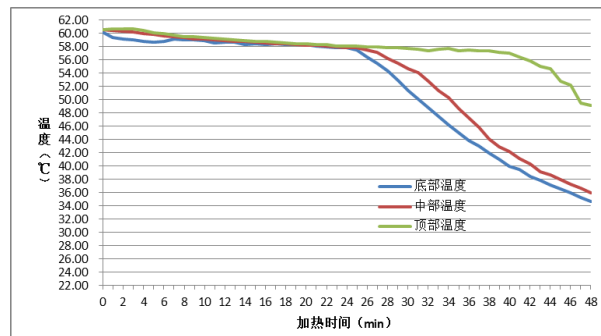
在外界环境温度相同的条件下，双罐加热系统中，1#储热水罐内的初始水温对空气源热泵机组加热过程中的COP值有较大的影响，罐内水温越低，系统COP值越高。在加热过程中，随着罐内水温的升高，系统COP值呈线性下降趋势，这与单罐加热系统是一致的。



单罐罐内水温变化曲线



双罐串联1#罐内水温变化曲线

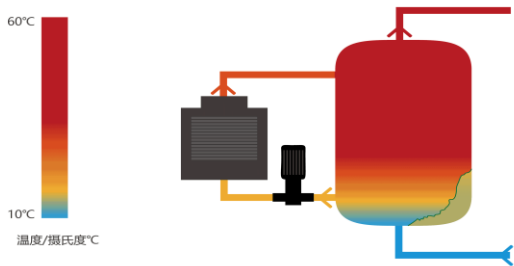


双罐串联2#罐内水温变化曲线

在使用阶段，双罐串联系统1#罐内的水温变化曲线基本与单罐系统罐内的水温变化曲线一致。这表明双罐串联系统罐内水体基本以层流方式推进。相比单罐系统使用结束时罐内平均水温34.5℃，双罐串联系统中的1#罐内平均水温25.2℃更低，更有利于提高系统再次加热阶段时的能效。

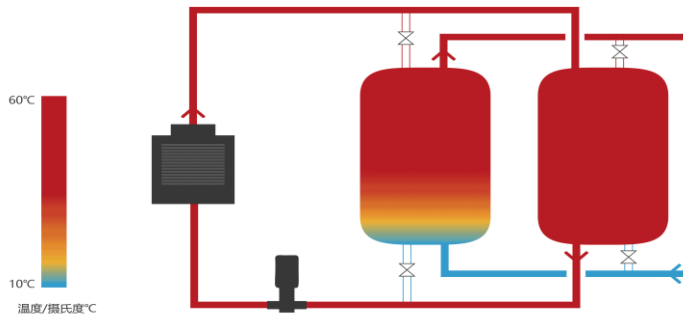
从实验数据可以得到，热泵加热系统将罐内1.5m³的水温从50.4℃加热到60.6℃，系统COP值为2.34。而相同环境条件下，热泵加热系统将罐内1.5m³的水温从29℃加热到60.1℃，系统运行平均COP值为3.12。相比传统边加热、边供热的热泵加热系统，热泵并联切换供热系统的节能效率提高**33.3%**。

传统循环式热泵加热系统

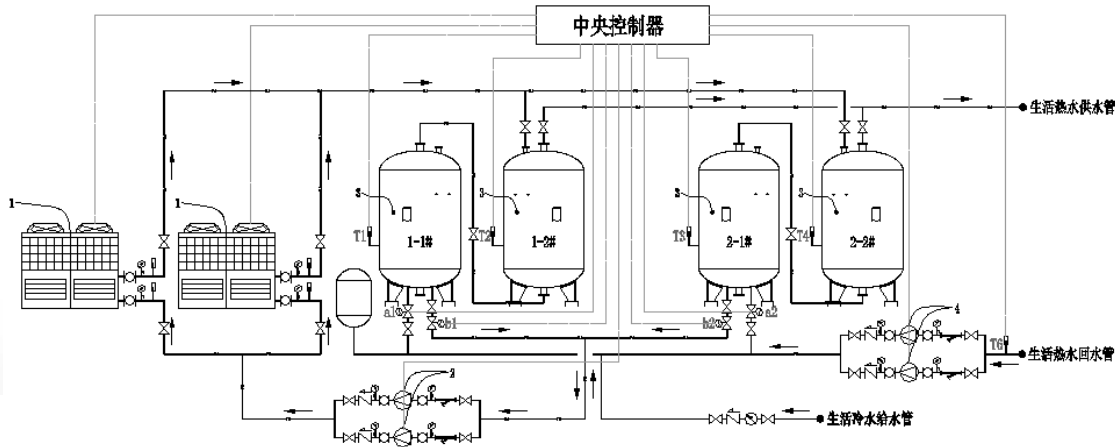


传统循环式热泵加热系统：储热罐边加热、边供热，热泵始终在高温热水区加热，热泵效率（COP值）偏低。

双罐并联热泵加热系统



双罐并联热泵加热系统：一个储热水罐供热时，则系统对另一个储热水罐加热，供热、加热**互不干扰**。储热水罐通过并联设置的方式达到供水水温及水压的**稳定性**，从而大大提高热泵效率（COP值）。



空气源热泵并联供水热水系统原理图

根据空气源热泵并联供水热水系统的控制原理，我们为此提出了恒温蓄热机组的概念。该机组通过储热水罐、热泵循环加热泵组、膨胀罐及控制系统集成，通过数字化智能控制系统与热泵机组联动，将储热水罐加热、供热独立切换运行，以达到系统运行效能的最优化。恒温蓄热机组可通过多组并联，机组内的罐体串联模式适用于不同大小的热水系统。通过实地调研分析，建议恒温蓄热机组的单个储热水罐容积 $\leq 5\text{m}^3$ 对系统的水质保障和恒温运行较为合理。

案例分析与应用

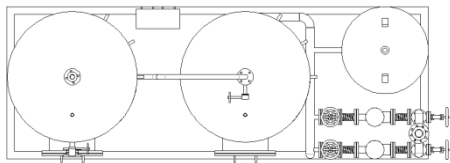
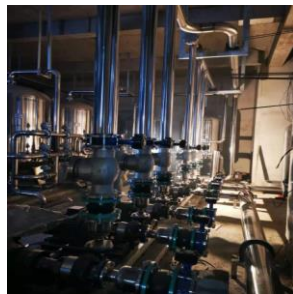


浙江某万豪酒店

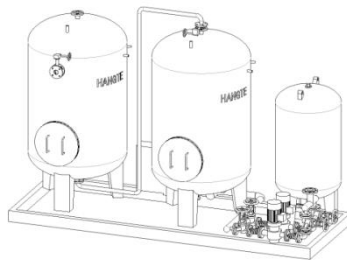
厂区实拍



现场实拍

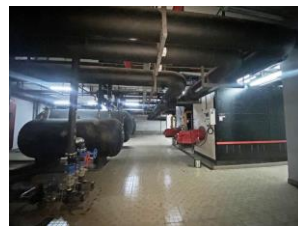
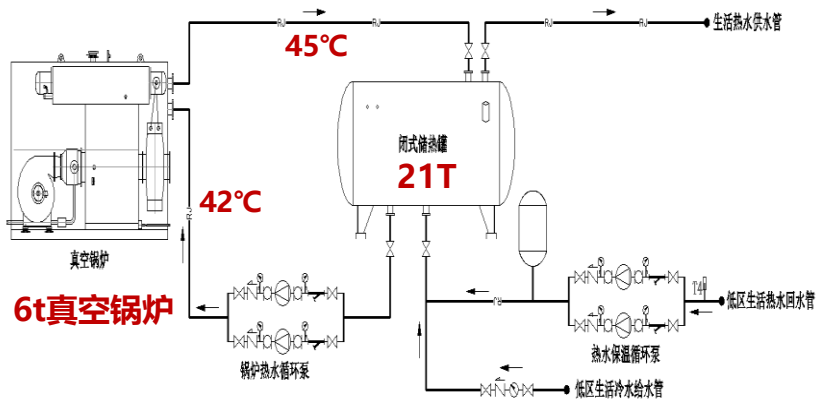


恒温蓄热机组平面图



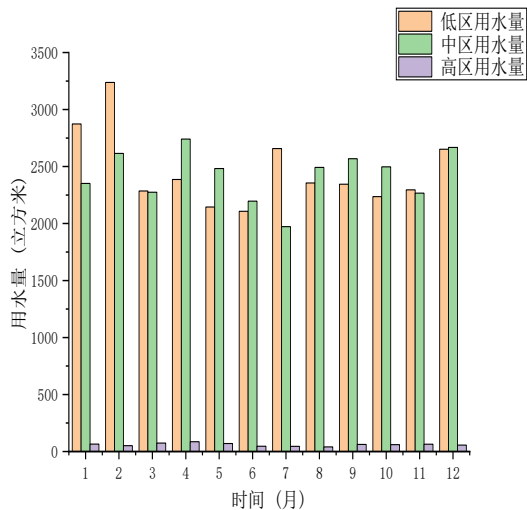
恒温蓄热机组轴承图

绍兴某开元酒店 总客房数485间，热水系统分三个区独立供应：低区裙房、中区客房、高区客房。热源真空锅炉直接加热式。

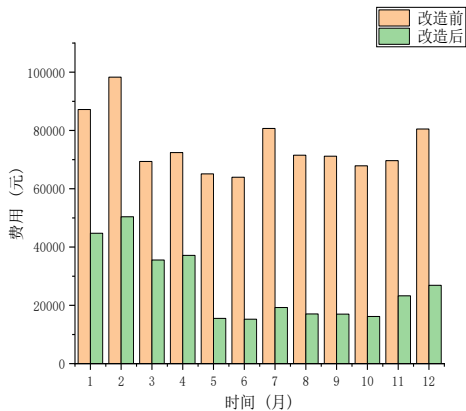


1. 热水水质无法保证。真空锅炉加热盘管和腔体为碳钢材质，与生活热水长期接触后出现氧化现象，铁锈等杂质进入水体影响水质安全。
2. 储热水罐存在滞水区，容积利用率不高。现场勘查发现21T储热水罐罐体上部水温与下部水温温差明显，导致储罐整体容积利用率不高。
3. 锅炉易频繁启动，耗能较大。储热水罐的温度探头停炉温度设置偏高，容易导致锅炉频繁启动。

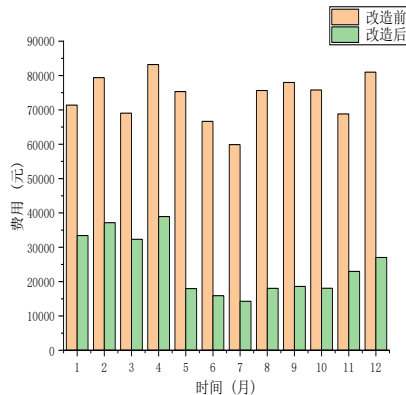
根据酒店提供的热水用水量和燃气用量数据，对改造前、后各区热水制水成本进行分析。电价：**0.83元/度**；燃气价：**4.67元/m³**。



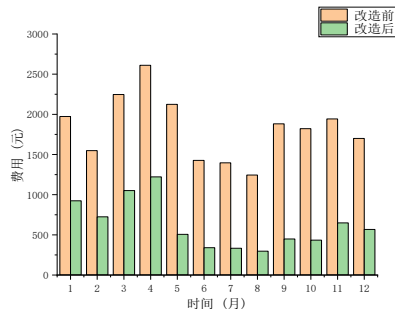
月用水量



低区改造前后费用对比测算



中区改造前后费用对比测算

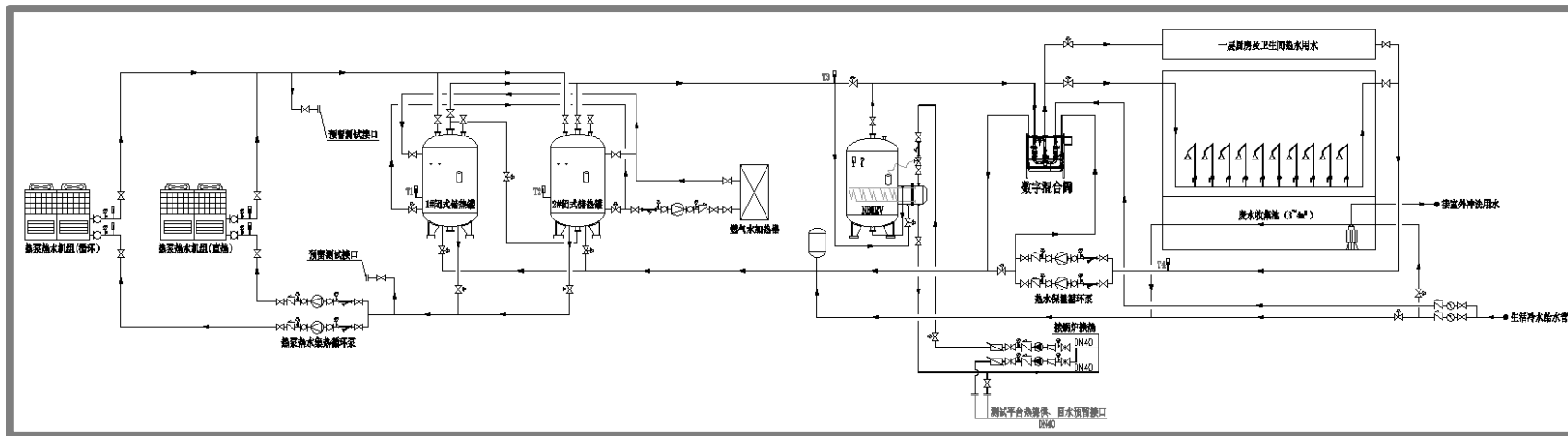


高区改造前后费用对比测算

据测算：改造前原热水机房热水制热成本为**30.3元/m³**，改造后热水制热成本为**13.9元/m³**左右。

智慧型集成热水系统的研究前瞻

1. 空气源热泵热水系统+辅助燃气加热



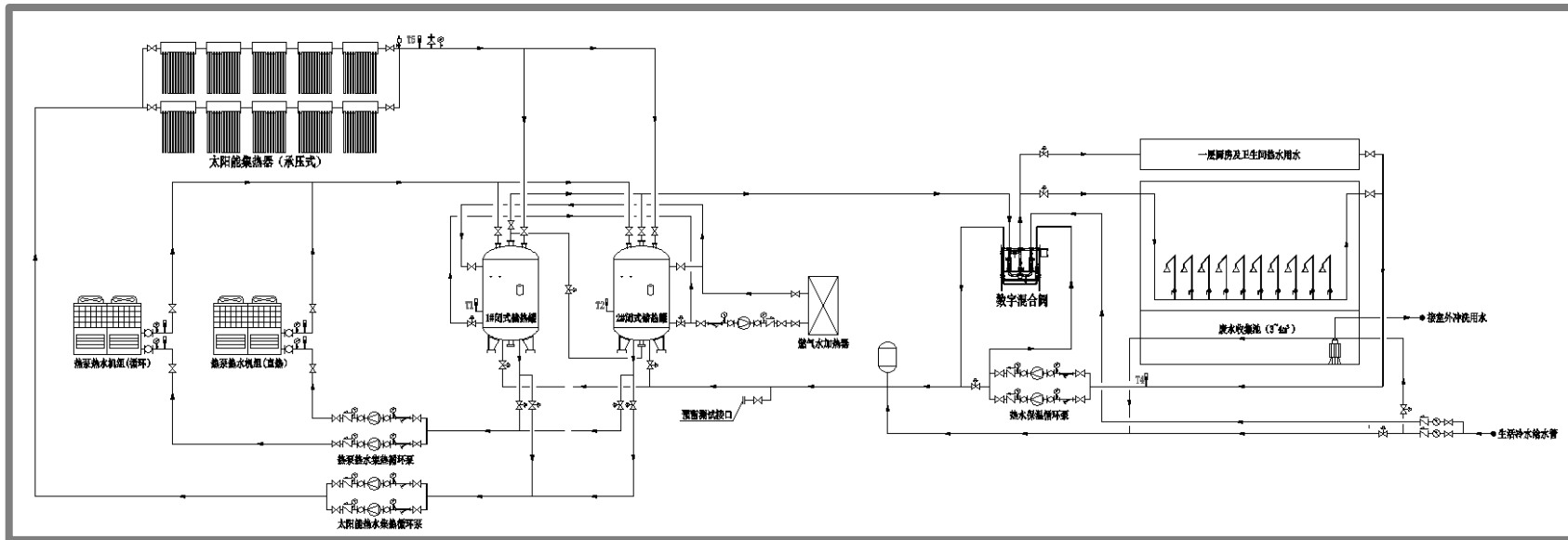
研究内容：1. 直热式热泵与循环式热泵加热系统能效对比。

2. 热泵与变流量循环泵加热系统的能效研究。

3. 热泵加热与燃气辅助加热组合系统的研究。

4. 梯级储热设备的研究。

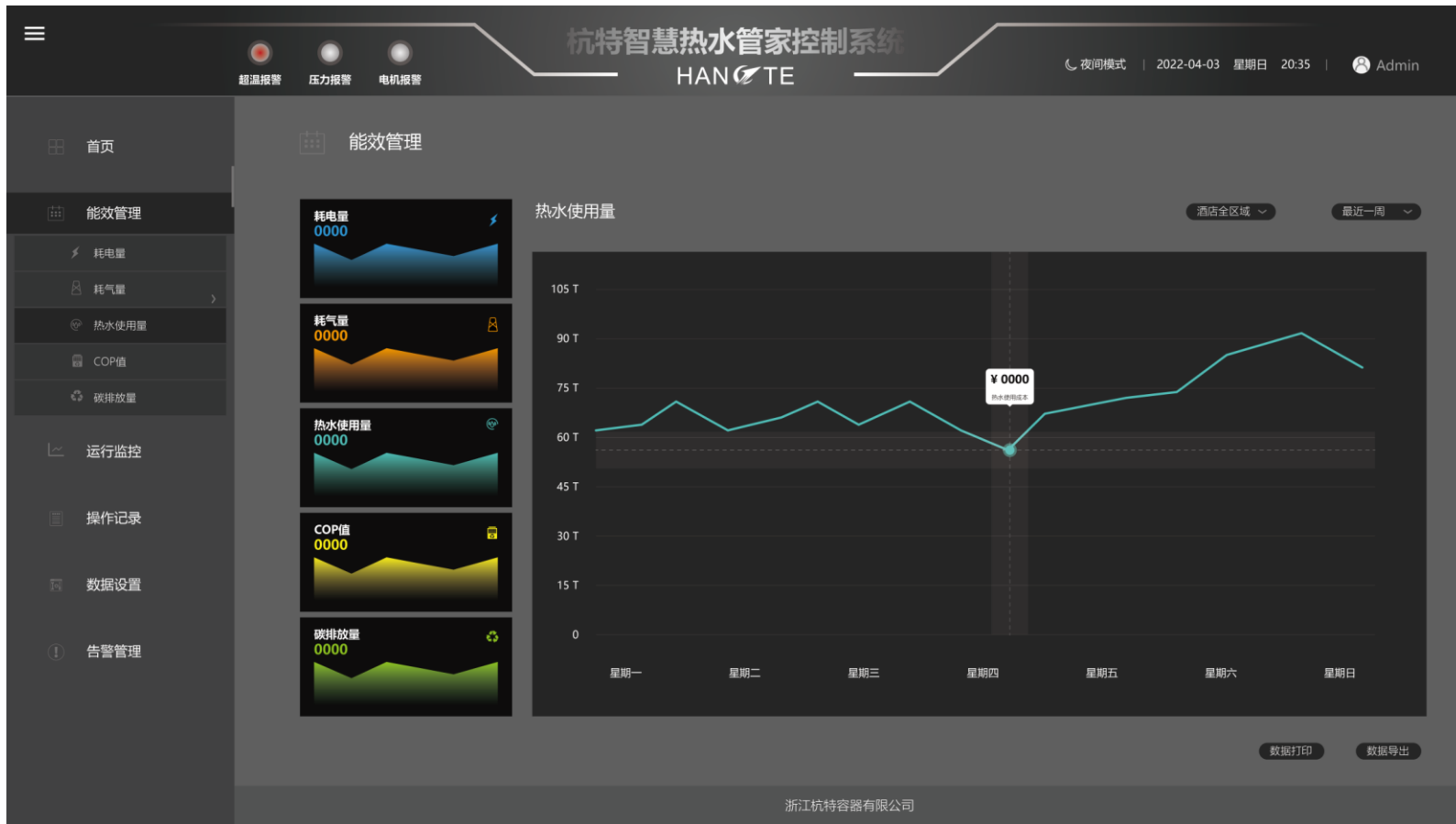
3. 太阳能+空气源热泵热水系统



研究内容：1.太阳能直接预热+空气源热泵辅热组合系统的研究（串联、并联）。

2.太阳能、空气源热泵直接预热+燃气热水器辅热组合系统的研究。

4. 热水控制系统的研究



谢谢