

上海某医院空调系统设计

陈继辉

上海建筑设计研究院有限公司 上海 310000

摘要: 上海某综合医院空调系统设计, 从冷热源分析、末端送风形式、高大空间气流组织分析、特殊区域的BIM指导施工等方向, 为医院提供安全、健康、高效的室内环境, 同时降低长期运营能耗与维护成本。

关键词: 医院; 冷热源; 风冷热泵; 运行特点; 气流组

1 引言

本项目为进一步提升上海地区医疗服务水平、完善区域医疗资源配置, 建设一所集医疗、实验、病房于一体的综合三甲医院。项目总建筑面积约6.7万方, 为医院的二期建设, 涵盖门诊、急诊、病房、手术部、ICU、实验室、动物房等全功能板块的综合三甲医院。

2 冷热源系统

2.1 舒适性空调

根据不同使用功能, 本项目采用多能互补、系统继承的多能源耦合功能模式, 以天然气、电能、空气源为主要能源, 通过能量转换、梯级利用, 实现电、热、冷多能流高效耦合。本项目采用燃气-电能-空气能多能源耦合系统, 通过热电联产、空气源热泵、余热回收与智能调度, 实现冷、热、电协同供应与高效利用, 构建清洁低碳、安全高效的综合能源供应体系^[1]。

项目一期二期采用集中的能源站, 冷水机组和水泵采用一对一模式, 溴化锂机组与水泵也是一对一的模式, 目前在建设阶段, 水泵采用变频水泵, 后期拟建设为高效冷冻机房。目前要求的冷水机组为高效, 变频机组; 可采用定频+无油悬浮变频离心机组, 降低机组在部分负荷时的能耗可。水泵更换为自带变频器的智能泵。设备性能满足现行国家标准《清水离心泵能效限定值及节能评价》GB19762节能评价要求。设备具备自动控制、效率寻优、数据读取等功能, 简化控制环节。降低系统水利损失: 低压降主机、低阻阀门、低阻过滤器。采用高精度的传感器(温度传感器、压力传感器)。整个冷冻机房的控制策略: 对整个项目引入AI算法进行群控寻优, 充分考虑设备耦合关系, 采用“负荷预测+能效拟合”算法, 已达到冷站耗能最低。

二期新增的2台磁悬浮离心机组设于一期后勤综合楼二层机房内预留机组位置, 新增的1台溴化锂机组设于一期后勤综合楼一层。相应增加2台冷却塔, 一台1000T/h及一台400T/h, 设于能源站屋面。能源站主系统配置如下: 容量

1710KW的螺杆机×2; 容量3410KW溴化锂机组×1; 容量1710KW溴化锂机组×1; 容量1850KW磁悬浮离心机组×2。

2.2 手术室、ICU、动物房

空调特性: 洁净度等级高, 温度与压力精准可控, 防止交叉污染, 运行时间灵活多变。空调末端均采用独立全新风直流系统。

手术室、ICU设置独立四管制风冷热泵, 动物房设置独立四管制风冷热泵系统^[2]。四管制风冷热泵工作原理是冷热量的回收和综合利用, 由压缩机、冷凝器、蒸发器、可变频换热器等组成。采用二个独立回路的四管制水系统, 一年四季可实现五种运行模式, 单制冷、单制热, 制冷+制热(设备自动平衡冷热量)、制冷热回收(制冷优先, 制冷量大于制热量)、制热冷回收(制热优先, 制热量大于制冷量)。

在洁净手术部、动物房的冷热源四管制设计中, 机组壳管式蒸发器生产冷冻水, 作为系统的冷源, 壳管式冷凝器生产热水, 作为系统的热源, 翅片式换热器既可作蒸发器也可作冷凝器, 并根据系统需要可实现蒸发器功能和冷凝器功能之间进行切换, 进行冷热量平衡调节。机组的工作原理如图所示。这样四管制冷水机组可代替锅炉(或电加热)+冷水机组模式, 实现一机多功能使用, 同时满足洁净空调箱冷冻去湿、再加热的要求, 达到洁净手术室恒温恒湿的要求, 实现节能的目的。

2.2.1 规范对于同时供冷供热的说明如下:

①《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015: 对同时供冷、供暖的建筑, 宜选用热回收式热泵机组—摘自章节4.2.15-4。对冬季或过渡季存在供冷需求的建筑, 可利用具有同时制冷和制热功能的空调(热泵)产品—摘自章节4.2.20。

②《医院洁净手术部建筑技术规范》GB50333-2013 手术室洁净空调冷热源根据情况可采用四管制同时制冷制热多功能热泵^[3], 可显著降低能耗—摘自条文说明章节8.1.9、8.1.10。

2.2.2 对比传统解决方案如下约三种方式，冷水机组+锅炉；冷水机组+电加热；冷水机组+风冷热泵。特点如下：

- ① 两套设备，系统复杂，操作难度高，维护量大；
- ② 系统能耗高，两套系统，两份能耗，运行费用高；
- ③ 设备数量多，投入高，占用机房面积大；
- ④ 常规风冷热泵在过渡季和冬季制冷需做非标。

为保持建筑的恒温恒湿，过渡季需除湿再热，需要同时的冷热源，冬季部分时间需制冷，如采用常规两套系统的方案，需要在空气处理机组内配置电加热，能耗极高。

2.2.3 对于标况下冷热负荷的动物房分析比较

(1)运行费用对比

- ① 全年总负荷约1260KW；四管制风冷热泵按能效比3.53；
- ② 水冷冷水机组COP为5.4；天然气的发热量按35590 kJ/m³，价格为2.6元/m³，锅炉效率按0.8。电价0.8元/kWh。
- ③ 双冷源直膨机组制冷效率3.5，电加热效率按0.9。
- ④ 全年运行365天，每天运行24小时。全年负荷系数为0.51。

表1 运行费用对比表

费用（元）	多功能四管制机组	水冷机组+锅炉	双冷源直膨机组+电加热
制冷	1,293,817	930,452	1,305,050
制热		2,376,351	6,425,402
说明	显然采用多功能四管制机组节约运行费用，且没有污染物的排放，是节能环保的绿色系统。		

(2)初投资和运行费用对比

表2 初投资加运行费用对比表

项目	多功能四管制机组	水冷机组+锅炉	双冷源直膨机组+电加热
设备初投资	250万元	120万元	180万元
计算年运行费用（元）	1,293,817	3306803	7730452
静态投资回收期（与原方案相比）	/	投资低，运行费用约为四管制的2.5倍。	初投资低，运行费用约为四管制的6倍。

① 医院对于独立的、具有恒温恒湿要求的区域，建议用两台及以上多功能四管制机组作为独立冷热源，全年同时供冷供热，具有设备稳定可靠，使用效果好，运行费用低。因该区域整个空调容量在整个医院占比不大，对医院整体的空调投资增加幅度不高。

② 水冷机组+锅炉适合用于大容量的空调系统，如医院主楼等区域，优势造价便宜，且夏季制冷冬季制热、无同时供冷供热场景，系统简单。

③ 双冷源直膨机组因使用电加热系统，运费费用较高，适合用普通实验室独立冷热源需求的使用情况。

2.3 普通实验室

由于存在大量的科研功能，无高精度要求，从使用灵活性和节能减排方向考虑，普通实验室采用多联机制冷剂系统。

① 分区设置温度，过渡区夏季设计温度比其他区域提高1-2℃，冬季可降低1-2℃。

② 室内温度、湿度、新风可根据要求独立调节控制。

③ 能耗分项计量，设置能源管理系统。

④ 多联机满足公共节能设计标注的同时，均采用一级能效产品。

2.4 其他区域

低温冰箱的房间等有设备发热的区域设置一套单冷型变制冷剂流量多联空调，室外机设置在屋面上。

MRI按要求设置恒温恒湿空调系统，预留机组机房位置。

对信息中心等弱电机房，另根据需要设独立冷源，根据业主要求可采用机房精密空调，确保其空调系统运行节能可靠。

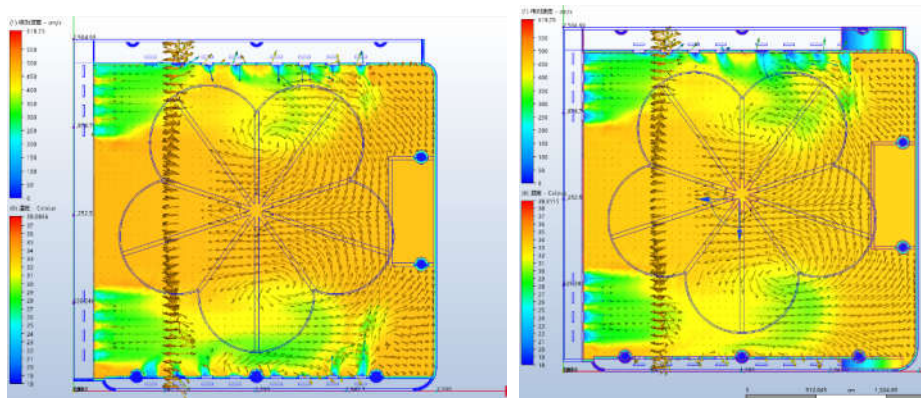
变电所、弱电间设变制冷剂流量多联空调机降温。

3 大堂气流组织模拟

本项目大堂三层通高，高度为15.5米；以生命树的概念，保持屋顶玻璃顶和树体的造型，东南侧为直对室外的全玻璃幕（如图1），夏季太阳辐射强度高，大堂为保证空调效果，进行气流模拟分析，分析对比2个风口设置方案分析如下：



图1大堂装饰效果图



方案一：温度和风速分布情况

方案二：温度和风速分布情况

方案一（南、西、北送风）存在冷量过剩的情况且局部降温过快过冷；方案二（西、北送风）局部降温过快，远端降温不均匀；

根据大堂温度场与速度场示意图分析和效果要求，采用方案一：同时优化靠近玻璃幕墙北侧送风风速保证 6m/s ，西侧送风风速降至 2.75m/s 。20分钟，一层人员活动区域的大堂保持温度 24°C 。大堂靠南侧高位设置可开启外窗，过渡季节自然通风。底部结合排烟系统设置机械排风系统，夏季分层空调，顶部快速散热。

4 利用BIM三维建模指导施工

能源站属于项目一期，已建成并投入使用。二期属于改建项目，需在不影响一期正常使用的前提下，将二期冷热源系统并入一期系统，并调试一期、二期同时、稳定、高效运行。需BIM提前建立模型，指导管线施工，减少工程拆改良，将对一期正常使用的影响降到可接受范围内。

塔楼屋面太阳能板位置的设置，利用BIM建模，避免遮挡多联机和风冷热泵的散热出风，对设备布置区域以及设备碰撞的地方进行合理取舍，最终确定布置太阳能板的范围。最后根据太阳能板下的设备高度来最终确定

太阳能板的安装高度，使屋面利用经济合理。

5 结论

本项目空调系统设计紧密贴合综合三甲医院“提升医疗水平、保障医疗安全、实现绿色运营”的核心定位，全面满足医院医疗工艺、卫生安全、舒适节能与智能管控的多重要求，技术经济指标符合上海地区相关规范^[4]。

利用BIM三维模型指导施工，保证系统的建成与运行，将为医院提供安全、健康、高效、舒适的室内环境，为医院开展高等级诊疗、科研教学工作提供坚实支撑，同时有效降低长期运营成本，助力医院实现高质量发展，进一步提升区域医疗服务水平。

参考文献

- [1]刘伟锋,杜涛,任照峰,等.某医院建筑空调冷热源方案选择及经济节能分析[J].暖通空调,2021,51(S2):106-108.
- [2]王亚林,毛希凯,余俊祥,等.夏热冬冷地区某大型动物实验室空调冷热源系统设计[J].暖通空调,2023,53(12):30-34.
- [3]郭康康,曹国庆,陈紫光,等.医院洁净手术部净化空调系统设计的几点思考[J].暖通空调,2023,53(06):70-74.
- [4]袁媛,朱伟峰,杜佳军.某综合医院建筑能耗诊断及节能改造[J].暖通空调,2020,50(12):59-64+35.