

某综合医院空调系统问题分析及对策*

沈斌¹, 魏晓阳¹, 史文利²

(1. 复旦大学附属华山医院 后勤保障部, 上海 200000; 2. 上海复医天健医疗服务产业股份有限公司, 上海 200000)

摘要: 某综合医院已正式运营5年有余, 医院空调系统设计和施工阶段考虑不全面的问题逐步凸显。该文列举了空调系统思路以及日常运行中遇到的过渡季节内外区冷热不均, 发热门诊空调选型偏小, 某些机组安装位置不便于维修与更换, 某些区域空调设置不合理等问题, 并给出建议或解决方案。

关键词: 医院; 空调系统; 新风系统; 水系统

中图分类号: TB657.2

Analysis and countermeasures of air conditioning system problems in a comprehensive hospital*

SHEN Bin¹, WEI Xiaoyang¹, SHI Wenli²

(1. Logistics Support Department, Fudan University Huashan Hosipital, ShangHai 200000, China;

2. Shanghai Fumed Tianjian Co., Ltd., ShangHai 200000, China)

Abstract: A general hospital has been officially operated for more than 5 years, and the problems of incomplete consideration in the design and construction stage of the hospital air conditioning system gradually highlighted. This paper listed the design ideas of the air conditioning system and the problems encountered in daily operation, such as uneven cooling and heating in the transition season, small selection of air conditioning in the fever clinic, inconvenient installation position for maintenance and replacement of some units, and unreasonable setting of air conditioning in some areas, and gave suggestions or solutions.

Keywords: hospital; air conditioning system; fresh air system; water system

医院具有门诊量大、人员流动性强、功能分区多、管理复杂的特征^[1]。其空调系统不仅保障人员的舒适性, 也要包含一定的功能要求, 如保持特定的温湿度、良好的空气品质等。因医院建筑功能较多, 空调系统配置较为复杂。空调系统的好坏, 直接关系到医务工作者和患者的满意度。本文以某一综合医院为实例, 简单介绍其工程概况与空调设计思路, 将四年来运行过程中遇到的问题进行分析研究, 并提出相应的应对措施, 希望能为类似项目的设计提供相关的参考。

1 工程概况

该医院位于上海, 于 2018 年 6 月开业试运行。占地 100 亩, 建筑面积 13 万 m², 共 11 层, 建筑高度约 53 米, 核定床位 800 张 (包含 ICU 床位 100 张), 手术室 40 间。主要包括门诊、医技、住院、科研等功能用房。B1~4 层为门诊、医技、手术室、ICU、科研、各类辅助用房, 5 层及以上为病房。

2 空调系统概况

该医院地处上海市某国际医学园区, 园区内

收稿日期: 2023-11-22

* 基金项目: 医学园区区域供能情况下的末端用能分析 (GYZ2022HQ35)

[通信作者] 魏晓阳, Tel: 13817840058; E-mail: wei_xiaoyang@126.com

设有能源站。医院的冷热媒水，生活用手热媒水均由能源站供应，能源站冷、热媒水经医院板式换热器换热后返回能源站。医院空调水系统为一级泵变流量闭式机械循环系统。空调水系统为两管制和四管制结合系统，B1~4 层采用四管制系统，5 层及以上病房采用两管制系统。大型影像区、核医学区、检验科，采用多联机空调系统+新风空调箱的形式。门诊、急诊候诊大厅等公共区域采用全空气定风量系统。诊室、医技部门、病房采用风机盘管+新风空调箱形式。发热门诊采用直流式空调系统。

3 空调系统存在的问题及问题分析

3.1 病房内外区温度不均

该医院病房楼形状窄长，每层有 3 个独立的

病区。病房靠外墙布置，有可开启外窗。内区主要是医生办公室、会议室、治疗室、休息室等。建筑物外区可按季节实现供冷或供热，内区因全年存在余热，可全年供冷。大进深空间的内区在供暖季节仍需供冷^[2]。每年 3 月初至 4 月初，当病房还有制热需求时，内区温度已高达 26℃左右，会持续接到医务工作者投诉。

空调系统设计时，考虑内区属于医疗配套用房，散热量小。故采用了两管制系统，并未对新风系统进行内外分区。随着信息化办公的普及，办公室与会议室增加了许多负荷计算时未包含在内的电脑或大尺寸电视等散热设备，导致内区实际发热量较设计计算值大很多。实际运行发现，目前新风系统输送的冷量不足以抵消病房内区的冷负荷。病房楼中间病区平面图见图 1。

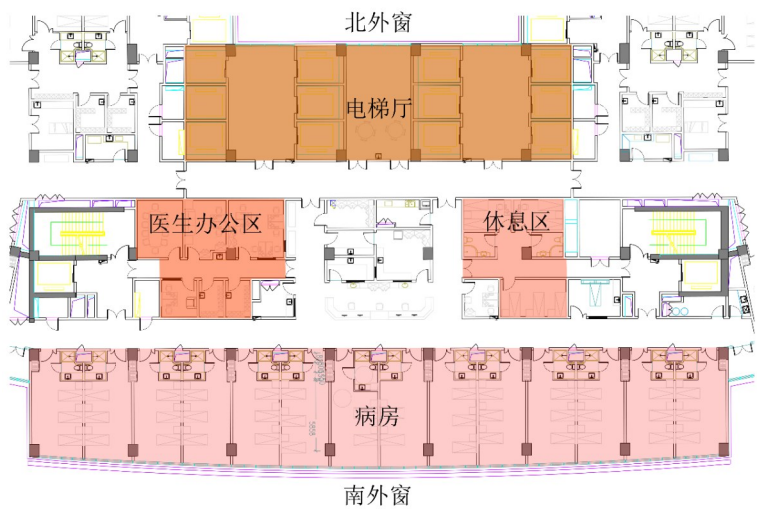


图 1 病房楼中间病区平面图

针对此问题，共拟定两个解决方案。方案一：增加病房内区独立新风系统。方案二：在病房内区几个房间安装多联机空调系统，5~8 层室外机放置在 4M 设备层，9~11 层室外机放置在屋面。方案一需考虑风机房是否有足够的空间增加送风机及走道吊顶上方是否有足够空间增加送风管道。方案二会增加较大的用电负荷。

考虑到工程造价，施工对病房的影响等问题，最终选择了方案一，过渡季节内区房间由新风抵消房间热负荷，使房间温度不超过 26℃，保障了较好的舒适度。

3.2 发热门诊空调设备选型偏小

本案例发热门诊区域采用全新风直流系统。

设备为自带压缩机的冷凝热回收新风机组，机组带有粗、中效过滤段、蒸发器段和送风段等功能，该机组安装在一层发热门诊机房内。该机组全负荷运行时，室内温度与设计温度基本相当。现有空调机组基本参数见表 1。但因发热门诊医务工作者工作期间需要穿戴防护服，N95 口罩等防护用品，需更低的环境温度才能保障其舒适度。

瞥洁等^[3]在《应急发热门诊、留观病房暖通空调设计探讨》一文中指出防止出现医护人员和患者之间的交叉感染，主要靠划分清洁区，污染区、半污染区。并有效控制各区之间的压力梯度和气流方向。该文献建议新风机组采用直膨式组合空调机组，通风设备选用节能设备。并且设计

参数应位于设备的高效运行区。本案例的发热门诊空调系统只有 1 台整体式冷凝热回收型新风空调机组承担整个区域的冷负荷与新风负荷。只运行现有空调机组的情况下，夏季室内环境温度经常超过 26℃，医护人员体感舒适度较差。由机组参与室内设计参数可知，设计参数并非位于设备的高效运行区。故考虑对目前空调系统进行改造，

另增加空调机组来承担一定的冷负荷。
解决方案：从工程造价与工程改造难易程度两方面考虑，最终选择在候诊大厅增加两台柜式分体空调。新增空调的冷凝水接入卫生间，与生活污水统一排放至院区室外污水管网的预处理池，经预处理后，排向医院的污水处理站。

表 1 发热门诊整体式冷凝热回收型新风空调机组基本参数表

参数	数值
名义制冷量(室内 27℃干球温度,19.5℃湿球温度/室外 33℃干球温度,27℃湿球温度)	63 kW
名义制热量(室内 20℃干球温度,13.8℃湿球温度/室外 7℃干球温度,6℃湿球温度)	67 kW
送风量	6 500 m³/h
排风量	8 150 m³/h
机外余压	400 Pa

3.3 全院空调系统循环泵设置方式

一级泵系统的水泵设置方法有两种：一套水泵服务于不同区域和多套水泵服务于不同区域。本项目因 3 个功能区最不利环路距离基本相等，阻力相差较小，故选用了一套水泵服务于不同区

域的设置方式。即病房楼、门急诊医技楼、重要区域（手术室、ICU、急诊）采用一套共用空调水泵，同在一个空调水系统。医院空调冷水供回水系统图见图 2。

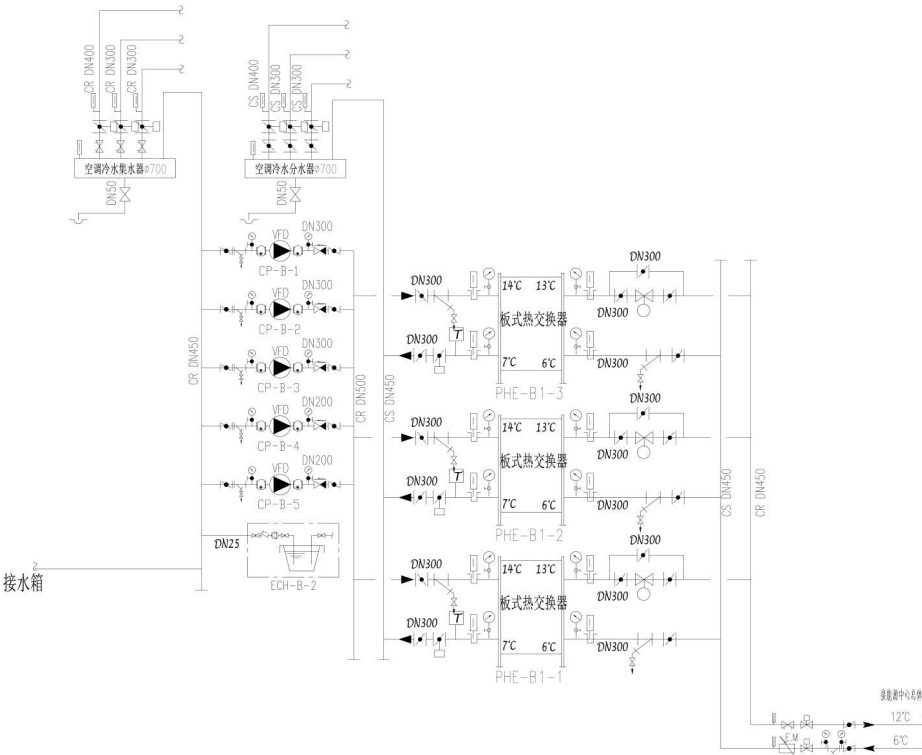


图 2 空调冷水供回水系统图

此方案的缺点：①重要区域需要全年同时供冷与供暖，导致所有水管全年需保持满流状态，水处理工作压力较大。同时导致大楼空调水管不能排

空，分集水器压力表损坏后也无法更换。②因手术室对室内温湿度有较为严格的要求，故对供回水温度要求较高。根据国家现行规范《医院洁净手术部

建筑技术规范》(GB 50333-2013)要求, I~IV 及洁净手术室室内设计温度为 21℃~25℃, 相对湿度为 30%~60%。空调系统供回水温度要维持在 7℃/12℃才能满足规范要求的温湿度。

当手术部采用非独立冷源, 和大楼合用冷源时, 应充分考虑手术室的使用要求和医疗要求, 减少影响水温波动的因素, 提高手术室空调水系统的稳定性^[4]。整个院区全年供水温度不能超过 6℃, 回水温度不超过 12℃。因对供回水温度要求较高, 医学园区能源站的运行压力也较大。由于手术部全年都有温湿度控制要求, 且手术部多位于内区, 全年需要制冷, 洁净手术部净化空调可采用独立的冷热源, 也可采用集中冷热源加空气源热泵系统^[5]。空气源热泵系统可在过渡季节开

启, 增强医院洁净空调运行的稳定性。

本项目空调的解决方案: ①重要区域与一般区域空调水系统分开设置, 使其互不影响。②增加风冷热泵机组作为手术室洁净空调系统的备用冷热源, 提高手术室空调设备运行的可靠性。

3.4 局部区域空调设置不合理

门诊大厅的检查预约、报告打印、便民服务窗口, 2 楼抽血室等区域, 因不是全封闭空间, 设计时将该区域空调与门诊大厅归为一个系统。实际使用时, 因房间内有打印机等散热量较大的设备, 导致该区域环境温度偏高。夏季门诊大厅空气温度为 26℃时, 便民服务窗口内温度可达 28℃以上。门诊大厅检查预约、报告打印处空调风管平面图见图 3。该位置窗口图片见图 4。

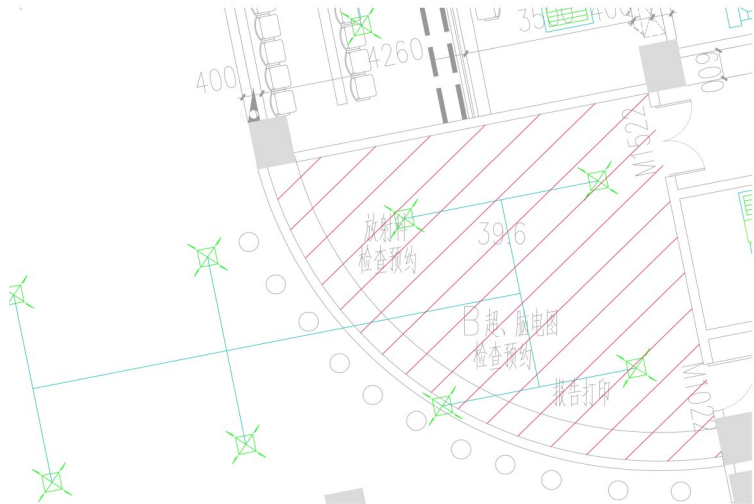


图 3 门诊大厅检查预约、报告打印处空调风管平面图



图 4 门诊大厅检查预约、报告打印处窗口

解决方案: ①在便民服务中心和抽血室等房间增加风机盘管。②在便民服务中心和抽血室等房间增加分体空调或多联机空调。本项目因不具备安装分体空调或多联机空调的条件, 故在上述

区域增加了风机盘管。

某些带窗口开敞式房间的冷负荷较开敞式大厅大很多, 与大厅共用一套全空气空调并不合理, 需单独设置合适类型的空调。

3.5 局部区域冬冷夏热

医院门诊大厅为中庭设计, 有文献对上海某高层办公建筑的中庭热环境经 IES-VE 软件 CFD 模块进行气流组织分析得出, 中庭设计时透明屋面建议采用外遮阳或内遮阳+排风方式来减弱夏季太阳辐射的影响作用^[6]。医院总咨询台(导诊台)位于 1 层门诊大厅的中庭, 有预约、咨询、导诊等功能。该区域距北侧风口最近距离为 14 m, 距南侧风口最近距离为 7 m, 层高 17.5 m。该区域基

本没有吹风感。冬季病人从西侧玄关进出，会带入大量室外冷空气；西外墙有大面积玻璃窗，夏季西晒情况严重。在此区域工作的医务人员舒适性较差。总咨询台空调风管平面图见图 5。

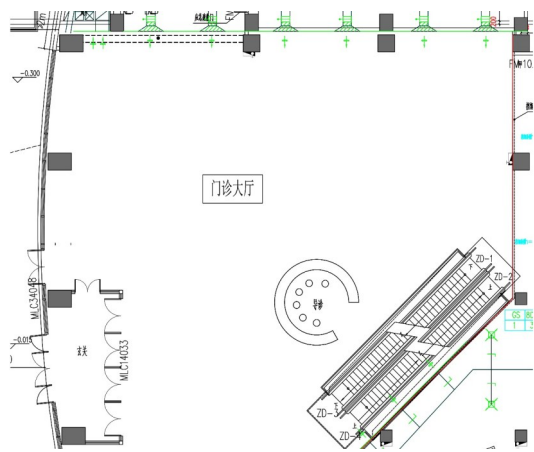


图 5 总咨询台空调平面图

文献调研发现，某一医院工程，门诊大厅面积为 830 m²，其层高为 17.7 m，侧墙与本项目类似，均为大面积玻璃结构。为保证冬季室内温度，其门诊大厅采用地面辐射供暖系统。大楼正式投入运行后，医护人员及病患对大厅的室内温度均比较满意^[7]。根据此文献思路，列出解决方案如下：①导诊台下方铺设地暖，解决冬季偏冷问题。②西侧玻璃幕墙选择低辐射 low-e 玻璃，减轻西晒问题。或在玻璃幕墙安装电动遥控窗帘，降低该区域的辐射得热。目前已在玻璃幕墙安装电动遥控窗帘，提高了员工及病患对门诊大厅温度的满意度。

3.6 部分机组不具备大修空间

位于地下室的放疗科直线加速、射波刀，影像科大型医疗机房（MRI、CT、DR 等）均采用变制冷剂流量多联式空调系统+溶液调湿新风系统。其候诊室、办公区域等采用风机盘管+独立新风系统。该区域的空调机组与溶液除湿机组位于公共卫生间上方夹层。吊装孔封堵以后，仅有一个长 1 m，宽 0.6 m，且部分区域被管道遮挡的检修口供工人进入夹层巡检、维保。夹层内空调机房共有两台新风空调箱，一台溶液除湿机组。若设备需拆装、大修，则无法从检修口拿出，新设备也无法从检修口进入。只有敲掉部分隔墙，将设备吊装至设备机房内。检修口平面图见图 6，上述设备机房平面图见图 7。

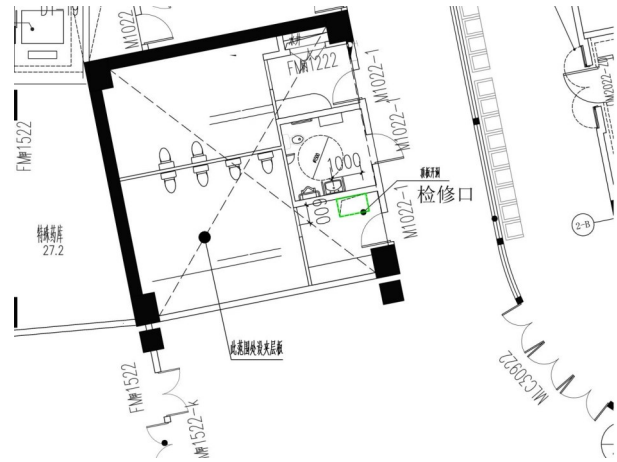


图 6 检修口平面图

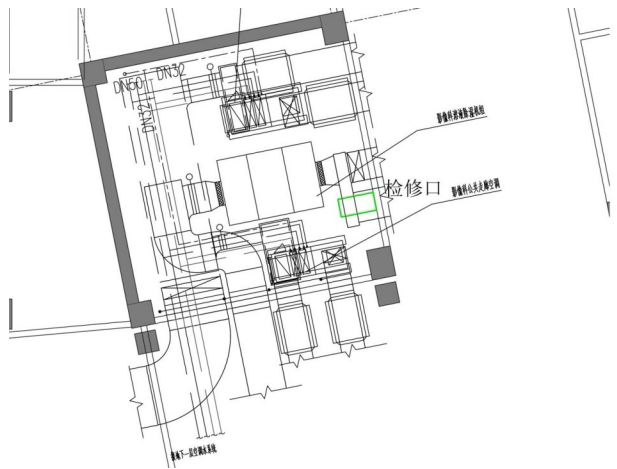


图 7 设备夹层设备机房平面图

解决方案：新工程一定要考虑预留设施设备大修或拆除的运输出入口。

3.7 散热量较大的配电柜需设置空调

配电柜是一种常见的控制电能分配的电气设备，广泛应用于电力系统各级回路中。配电柜中的电器元件，工作时会产生大量热量。若不合理设计风道，造成热量聚集，轻则影响电器元件的工作效果，重则引起负荷端的电压波动。环境温度对配电柜运行温度影响显著^[8]。设计时需考虑配电柜的运行环境。

本院区变配电机房采用机械通风系统与自带压缩机的中高温降温变频空调机组供冷相结合的方式，以消除设备放出的余热。整体运行状况良好。但位于地下室板交机房内的成排 PLC 控制柜所在区域未设置空调，夏季控制柜内部温度过高，从而导致变频器故障。图 8 为本院某处分部较为集中的 PLC 控制柜。



图 8 机房内 PLC 控制柜因温度过高开门散热

建议：除变配电机房、消防控制室等需要配置空调，散热量较大的控制柜、配电柜也需要考虑夏季运行环境温度是否会超过电器元件正常工作温度。进一步判断是否需要配备空调。

4 结束语

医院建筑因其功能的多样化，注定其空调系统的复杂化。不同功能区域的运行时间也各有不同。该项目已运行了 4 个完整的运行周期，整体情况良好，暴露出来的部分问题也都能通过各种方式进行优化。

总结来说，在以后设计中可加以改进的方面有：①存在内区房间时，尽量放大内区的新风量，或设置单独新风，来抵消过渡季节房间的热负荷，使内区在过渡季节也有较好的舒适度。②发热门诊空调设备选型要略大。考虑到医务工作者在此区域需要穿戴防护服，佩戴 N95 口罩等防护用品，室内设计温度应低于普通诊室室内设计温度。③重要区域与一般区域空调水系统分开设置，使其互不

影响。④检查预约、报告打印等与大厅互通的窗口，其房间冷负荷较开敞式大厅大，与大厅共用一套全空气空调并不合理，需单独设置合适类型的空调。⑤中庭或高大空间局部设置有护士台、咨询台等情况，需要考虑局部采暖和制冷问题。⑥机组与管道、机组与机组之间应严格按照标准预留检修距离。而且要考虑机组报废后的出场路径。⑦较为集中的、散热量较大的配电柜需考虑是否设置单冷空调，保障电器元件的正常运行，延长电器元件的寿命。

在空调运行过程中，要从制度上进行规范管理，还要结合自身情况，优化整体系统，确保空调系统安全稳定运行，保障医教研的正常进行。

参考文献

- [1] 束羽嘉. 综合医院候诊空间优化设计研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2019.
- [2] 解勇, 桑海龙, 于晓明. 某医院门诊医技综合楼暖通空调系统设计及实测运行数据分析[J]. 暖通空调, 2018, 48(4): 42-45, 56.
- [3] 菅洁, 胥崇慧, 吴海燕. 应急发热门诊、留观病房暖通空调设计探讨[J]. 建筑热能通风空调, 2022, 41(1): 66-68.
- [4] 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(6): 70-74.
- [5] 周磊, 杨顺华, 张倩. 医院洁净手术部双冷源设计及其优化[J]. 暖通空调, 2022, 52(S1): 60-63.
- [6] 杨柳柳. 大型公共建筑中庭光热环境与节能设计策略研究[D]. 苏州: 苏州科技大学, 2018.
- [7] 王俊, 王哲. 江苏某医院感染楼暖通空调设计[J]. 制冷与空调, 2023, 23(7): 39-42, 73.
- [8] 黄明强. 浅谈几种常见空调水系统管制适用场合[J]. 制冷, 2022, 41(2): 70-76.

(方丽蓉 编辑)