

# 佛山市第一人民医院暖通空调设计

中国中元国际工程公司 林向阳<sup>☆</sup> 黄 中 史晋明

**摘要** 该医院建成时是当时国内最大的综合医疗单体建筑,加上 2009 年建设的肿瘤中心,总建筑面积达 20.1 万 m<sup>2</sup>。简要介绍了医院暖通空调系统的设计,其中包括室内设计参数的确定以及空调冷源、水系统、通风系统、DDC 自动控制系统的设计,并介绍了医院中不同场所的空调系统的选用原则及应用。分析了两管制与分区两管制水系统的使用效果,着重介绍了烧伤病房、肿瘤中心等净化空调的设计。

**关键词** 医院 暖通空调 设计 净化空调 烧伤病房

## HVAC system design for the First People's Hospital of Foshan

By Lin Xiangyang<sup>★</sup>, Huang Zhong and Shi Jinming

**Abstract** The hospital as the largest single general medical building in China as built, plus the tumour centre built in 2009, the total floor area of it is 201 000 m<sup>2</sup>. Presents briefly the design of HVAC system for the hospital, including the selection of indoor design parameters and design of the cold source, water system, ventilation system and direct digital control system. Outlines the selection and application of air conditioning in different functional rooms of the hospital. Analyses the application of two-pipe and zoned two-pipe water system. Details design of the cleaning air conditioning system for the burn wards and tumour centre.

**Keywords** hospital, HVAC, design, cleaning air conditioning, burn ward

① <sup>★</sup> China IPPR International Engineering Corporation, Beijing, China



### 1 工程概况

佛山市第一人民医院前身是英国基督教医院,始建于 1881 年,1993 年佛山市第一人民医院易地重建,新建门急诊医技病房楼总面积达 14 万 m<sup>2</sup>,建筑高度 77.65 m;主要功能包括:诊室、放射科、MRI(磁共振成像仪)室、核医学科、中心制剂室、病理科、人工透析室、内窥镜室、理疗科、手术部、ICU(重症监护治疗病房)、病房等,为当时国内最大的综合医疗单体建筑,1997 年建成投入使用后,获得

多个部级奖项,被卫生部领导誉为“我国现代化医院建设起点”,是笔者所在单位医疗建筑设计的首个标志性项目。

随着医院不断发展壮大,2009 年肿瘤中心建成,肿瘤中心建筑面积为 6.1 万 m<sup>2</sup>,建筑高度 54.75 m,由 A、B、C 区三栋功能相对独立又紧密联系的建筑构成,主要功能包括:放射、放疗、透析、医学美容、牙科、病房等。工程实景见图 1,右侧为 1997 年建成的门急诊医技病房楼,左侧为 2009 年建成的肿瘤中心。

目前医院总建筑面积 20.1 万 m<sup>2</sup>,临床科室 58 个,医技科室 22 个,拥有 256 层 iCT(极速 CT)、PET/CT<sup>①</sup>、3.0T 磁共振仪、大口径 16 排螺

①<sup>☆</sup> 林向阳,男,1962 年 11 月生,大学,教授级高级工程师,注册公用设备工程师

100089 北京西三环北路 5 号中国中元国际工程公司医疗建筑设计研究院

(010) 68732422

E-mail:linxiangyang@ippr.net

收稿日期:2012-11-29

修回日期:2012-12-20

① PET/CT 是将 PET 与 CT 有机结合的新型医疗设备,PET 为正电子发射计算机断层扫描仪。



图1 工程实景

旋CT、直线加速器、单光子发射计算机断层扫描仪(SPECT)等先进医疗设备。

2 室内设计参数(见表1)

3 主要设计指标(见表2)

4 空调冷热源

空调冷水供回水温度为7℃/12℃,热水供回水温度60℃/50℃。

4.1 空调冷源

|         | 夏季     |        | 冬季     |                       | 新风量                       | A声级噪声/dB |
|---------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------------|----------|
|         | 干球温度/℃ | 相对湿度/% | 干球温度/℃ | 相对湿度 <sup>1)</sup> /% |                           |          |
| 直线加速器室  | 22     | 60     | 22     |                       | 6 h <sup>-1</sup>         | ≤50      |
| 烧伤病房    | 31     | 50     | 31     | 50                    | 300 m <sup>3</sup> /(间·h) | ≤45      |
| 病房      | 26     | 50     | 18     |                       | 50 m <sup>3</sup> /(人·h)  | ≤40      |
| 检查室     | 26     | 50     | 18     |                       | 3~6 h <sup>-1</sup>       | ≤55      |
| 候诊室     | 26     | 50     | 18     |                       | 3 h <sup>-1</sup>         | ≤55      |
| ICU     | 24     | 55     | 22     | 50                    | 3 h <sup>-1</sup>         | ≤40      |
| 净化手术室   | 24     | 50     | 22     | 50                    | 按规范                       | ≤50      |
| 洁净走廊    | 26     | 55     | 22     | 50                    | 3 h <sup>-1</sup>         | ≤45      |
| 术后恢复室   | 26     | 50     | 22     | 45                    | 4 h <sup>-1</sup>         | ≤50      |
| 试验室     | 26     | 45     | 18     |                       | 4 h <sup>-1</sup>         | ≤50      |
| 药品储藏室   | 22     | ≤60    | 16     |                       | 2 h <sup>-1</sup>         | ≤50      |
| 放射线室    | 26     | 50     | 23     |                       | 3~6 h <sup>-1</sup>       | ≤55      |
| 中心供应洁净区 | 26     | 60     | 18     | 40                    | 3 h <sup>-1</sup>         | ≤55      |
| 中心供应清洁区 | 26     | 60     | 18     |                       | 5 h <sup>-1</sup>         | ≤55      |

1) 普通舒适性空调房间未设置加湿措施,医疗设备机房冬季室内湿度不会超出要求。

表2 主要设计指标

| 项目名称    | 建筑面积/<br>万 m <sup>2</sup> | 设计冷负荷/<br>kW | 装机容量/<br>kW | 单位面积设计冷负荷/<br>(W/m <sup>2</sup> ) | 设计热负荷/<br>kW | 单位面积设计热负荷/<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|--------------|-------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 门诊医技病房楼 | 14                        | 14 120       | 13 716      | 101                               | 5 100        | 36.4                              |
| 肿瘤中心    | 6.1                       | 5 910        | 5 843       | 97                                | 2 300        | 37.7                              |

对于大型综合医疗单体建筑,由于存在明显的夜间负荷等特殊情况,为了节约能源并延长设备使用寿命,制冷机配置必须同时满足以下运行条件:

- 1) 建筑物的逐时冷负荷综合最大值;
- 2) 夜间冷负荷的估算值;
- 3) 特殊场所(如洁净手术部、医疗设备机房、内区房间等)过渡季冷负荷估算值。

根据以上制冷机配置原则及该医院负荷情况,门诊医技病房楼空调冷源设计为4台3 165 kW(900 rt)离心式冷水机组和1台1 055 kW(300 rt)螺杆式冷水机组,制冷剂为R22(设计时间为1993年)。肿瘤中心空调冷源设计为2台制冷量2 461 kW的离心式制冷机和1台制冷量921.4 kW的螺杆式制冷机,制冷剂为R134a。肿瘤中心空调冷源原理图见图2。

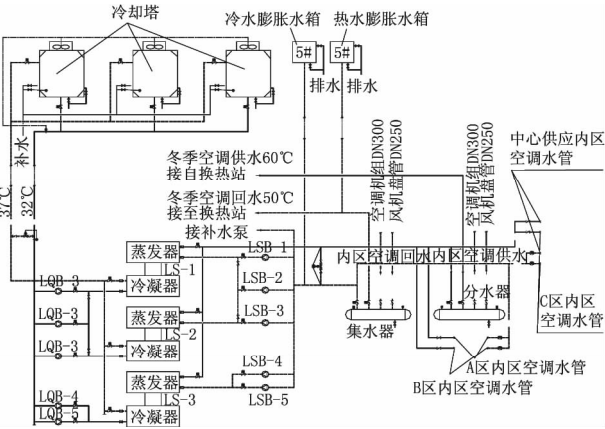


图2 肿瘤中心冷源原理图

4.2 空调热源

空调热源由锅炉房提供,锅炉蒸汽由换热器交换出60℃/50℃的空调热水。

### 4.3 控制

冷水系统采用一级泵系统,制冷机及冷水泵的控制采用负荷控制法。根据实测供回水温度及流量自动控制冷水机组投运台数。在分、集水器之间设置压差旁通控制装置,保持系统压差并使冷源侧流量恒定。

空调热水循环泵采用变频控制,根据系统压差变频运行,蒸汽供汽管上设置电动调节阀,根据空调回水温度自动调节。

## 5 空调通风系统

### 5.1 空调水系统

由于佛山处于夏热冬暖地区,年空调供冷时间长达 10 个月以上,从简化系统、节约投资角度考虑,门诊医技病房楼空调水系统采用两管制,而手术部由于需要全年供冷且供冷要求较高,所以从制冷机房单独敷设两根冷水管供至手术部的技术夹层,通过阀门调节,可在其他区域供热或不供空调时保证手术部正常供冷。实际运行效果表明,尽管未采用分区两管制水系统,但并未出现明显的内外区冷热问题。

2004 年开始设计的肿瘤中心空调水系统采用分区两管制系统,并将净化空调系统纳入常年供冷的内区水系统。实践表明,虽然这两栋建筑一个采用简单的两管制,另一个采用分区两管制空调水系统,但由于佛山全年气候偏于湿热,因此两者在运行效果、运行能耗方面几无差异。考虑到建筑物形式、功能的特殊性,虽然本结论不具备对南方地区空调设计的广泛性,但有一定的参考价值。

本工程空调水系统均采用共用立管分层水平供回水形式,立管为异程式,每楼层水平干管为同程式。水平干管回水管设置静态平衡阀。

水系统均采用膨胀水箱定压,根据膨胀水箱高低液位控制补水泵启停。空调系统补水采用自来水。空调冷水采用全程水处理器处理。

### 5.2 空调风系统

#### 5.2.1 净化空调

门诊医技病房楼设计期间国内尚无医院洁净手术室设计的相关规范,只能依据工业行业的《洁净厂房设计规范》。手术部共有 16 间手术室,1~10 号手术室及手术复苏、清洁走廊设计洁净度 100 000 级,设计换气次数为 15~20  $\text{h}^{-1}$ ;11~15 号手术室设计洁净度 10 000 级,设计换气次数为 30  $\text{h}^{-1}$ ;16 号手术室设计洁净度 1 000 级,设计换

气次数为 50  $\text{h}^{-1}$ ;ICU、产房设计洁净度 100 000 级,设计换气次数为 18  $\text{h}^{-1}$ 。每间手术室均采用独立的净化空调系统,可预防交叉感染,保持无菌洁净;另外独立的系统便于调节,降低运行费用。手术室气流组织为:以手术台为中心的一定范围内顶送风,双侧下回风。采用集中的新风处理机组对新风进行过滤、冷却、除湿后送往每台净化机组。当时在手术室净化空调系统设计中采用的对新风过滤处理、集中高效送风等措施,设计理念领先,且与现行的 GB 50333—2002《医院洁净手术部建筑技术规范》的设计理念不谋而合。

肿瘤中心设置净化空调系统的场合包括:手术室、ICU、中心供应洁净区、烧伤病房。位于 C 区 2、3 层的医学美容科共设 5 间Ⅲ级手术室,由于建筑空间较小,结合医院手术量大的实际情况,净化空调仅设置两套系统,分别负担 2 间及 3 间手术室,设计送风量为 22  $\text{h}^{-1}$ ,新风量为每间 800  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

烧伤病房位于 A 区 13 层,包括 2 间Ⅲ级、3 间Ⅳ级洁净等级的烧伤病房,以及Ⅱ、Ⅲ级洁净等级的烧伤手术室各 1 间。每间手术室分别设置净化空调系统,洁净等级为Ⅲ级、Ⅳ级的烧伤病房分别合用一个净化空调系统,洁净等级为Ⅲ级、Ⅳ级的烧伤病房送风量分别按 20、13  $\text{h}^{-1}$  计算,新风量根据人员卫生需求与维持正压所需风量的最大值确定。烧伤病房净化空调平面图及系统原理图分别见图 3、4。

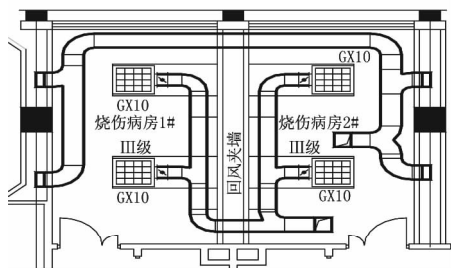


图 3 烧伤病房净化空调平面图

位于 B 区 5 层的 ICU 为Ⅲ级洁净辅助用房,设两套净化空调系统,送风换气次数为 13  $\text{h}^{-1}$ 时,新风换气次数按 3  $\text{h}^{-1}$  计算。

净化空调系统均为一次回风系统,气流组织为上送下回,夏季再热采用电加热,冬季加湿采用电热式干蒸汽加湿。新风由独立的净化新风机组经粗、中、亚高效三级过滤后送至净化机组与回风混合。

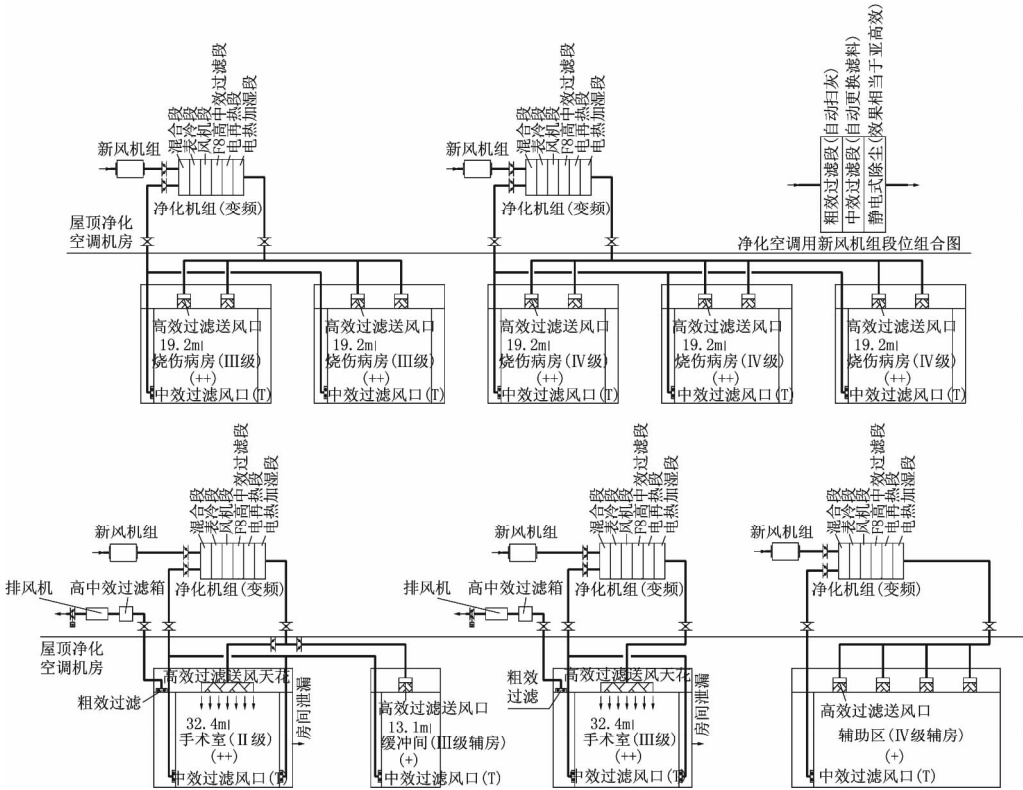


图 4 烧伤病房净化空调系统原理图

地下1层中心供应洁净区设净化风机盘管加新风系统,新风经过粗、中效过滤,夏季降温除湿到室内等湿线与风机盘管送风混合,经亚高效送风口送入室内。

5.2.2 工艺性空调

MRI室等房间设置恒温恒湿空调系统。

5.2.3 舒适性空调

诊室、候诊室、病房、病理检验室、内镜中心、急诊室、化验室、功能检查室等房间设置风机盘管加新风系统。新风由独立的新风口送入室内。考虑到佛山地区气候特点,要求新风机组有较大的潜热处理能力,能降温除湿到室内等湿线以下。新风系统的划分遵循节能、符合消防要求、大小适中的原

则,分层分区设置。

门诊大堂、多功能厅、会议厅等人员密集的大空间场合,以及书库、病案库等尽量避免水管穿越的大面积房间,均设置低速单风道全空气系统,全空气系统的新风引入管、新风百叶均按系统总风量计算尺寸,可实现100%新风运行,并设置变频排风机与空调机组新风阀联锁调节运行。

为避免空调水系统漏水影响医疗设备,也兼顾到其常年散热问题,放射影像、放疗等机房采用变制冷剂流量多联空调加新风系统。

5.3 通风系统

公共功能房间及医疗功能房间通风参数分别见表3、4。

表 3 公共功能房间通风

| 房间名称       | 系统形式      | 送风量               | 排风量(换气次数)/h <sup>-1</sup> |
|------------|-----------|-------------------|---------------------------|
| 地下停车场      | 机械送排风     | 80%排风量            | 6                         |
| 变配电室       | 机械排风、空调送风 | 等于排风量             | 按变压器损耗计算                  |
| 换热机房       | 机械排风、空调送风 | 90%排风量            | 按换热负荷计算                   |
| 制冷机房       | 机械送排风     | 90%排风量            | 按制冷机负荷计算                  |
| 生活用水泵及直饮水室 | 机械送排风     | 4 h <sup>-1</sup> | 4                         |
| 卫生间、污洗间    | 机械排风、自然进风 |                   | 10                        |
| 厨房         | 机械排风、空调送风 | 85%排风量            | 50                        |
| 洗衣房        | 机械排风、空调送风 | 85%排风量            | 30                        |
| 电梯机房       | 机械排风、自然进风 |                   | 12                        |

表 4 医疗功能房间排风

|               | 排风量                     | 措施            |
|---------------|-------------------------|---------------|
| 直线加速器室        | 6 h <sup>-1</sup>       | 室内下排风、室外无人处排放 |
| 后装机房          | 6 h <sup>-1</sup>       | 无人处排放         |
| 口腔科技工室、手术部石膏室 | 1 500 m <sup>3</sup> /h | 中效过滤器过滤后排放    |
| 核医学科通风柜       | 面风速<br>0.5 m/s          | 亚高效过滤器过滤后高空排放 |
| 中心制剂室         | 6 h <sup>-1</sup>       |               |
| 放射科           | 4 h <sup>-1</sup>       |               |
| 病理解剖标本室       | 6 h <sup>-1</sup>       | 高空排放          |
| 人工透析室         | 4 h <sup>-1</sup>       |               |
| 内窥镜室          | 4 h <sup>-1</sup>       |               |
| 中心供应清洁区       | 5 h <sup>-1</sup>       |               |

5.4 空调通风系统自动控制

- 1) 室外温度低于 20℃时,变配电室及换热机房送风机电动水阀关闭。
- 2) 风机盘管配三速开关,回水管设置电动两通阀,根据室内温度决定电动两通阀的启闭。
- 3) 新风机组的回水管上设电动调节阀,根据

送风温度调节阀的开度。

- 4) 净化空调机组的回水管上设电动调节阀,根据室内的湿度调节冷水阀的开度(冬季调节蒸汽加湿阀的开度);根据室内温度调节电加热供热量;并设粗效、中效、高效过滤器的阻塞报警。
- 5) 组合式空调机组控制:回水管上设电动调节阀,根据回风温度调节阀的开度,过渡季采用焓值控制法调节新风比,对于单独设置排风机的全空气系统,排风机根据新风阀开度同步变频调节。
- 6) 手术室、ICU 排风机与空调送风机联锁,先开送风机,后开排风机,停机顺序相反,排风出口设电动阀与排风机联锁。
- 7) 所有空调机、通风机均有远距离启停,就地季节转换及检修开关。
- 8) 空调/新风机组自控原理见图 5。

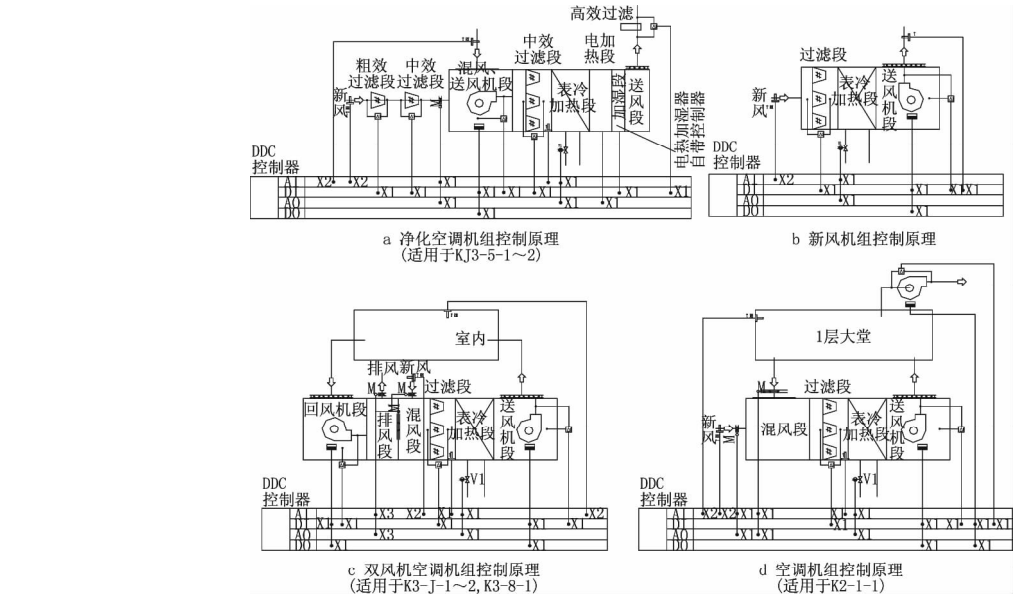


图 5 空调/新风机组自控原理