

文章编号: 1671-6612 (2019) 06-641-08

# 某医院影像科空调通风设计

聂 贤<sup>1</sup> 娄 君<sup>2</sup> 张 宁<sup>3</sup>

- (1. 中国建筑西南设计研究院有限公司广东分公司 广州 510000;
2. 中国建筑西南设计研究院有限公司 成都 610041;
3. 中国建筑西南设计研究院有限公司重庆分公司 重庆 400000)

**【摘 要】** 医用设备的正常、高效运行需要营造适宜的空气环境, 其空调通风系统首先需满足工艺要求, 与常规舒适性空调系统设计有很大差别。给出了某医院影像科主要医用设备的环境要求, 介绍了影像科医用设备用房的空调通风设计, 通过对项目使用过程中反馈问题的剖析, 总结了 MRI、LA、CT、DSA、DR 等的空调通风设计要点。

**【关键词】** 影像科; 医用设备; 医技用房; 空气环境; 通风空调设计  
中图分类号 TU83 文献标识码 A

## The Design of Air Condition and Ventilation about a Hospital Imaging Department

Nie Xian<sup>1</sup> Lou Jun<sup>2</sup> Zhang Ning<sup>3</sup>

- (1. Guangdong branch of China southwest architectural design and research institute Co., Ltd, Guangzhou, 510000;
2. China southwest architectural design and research institute Co., Ltd, Chengdu, 610041;
3. Chongqing branch of China southwest architectural design and research institute Co., Ltd, Chongqing, 400000 )

**【Abstract】** The normal and efficient operation of medical equipment needs suitable air environment. The air conditioning and ventilation system must meet the technological requirements firstly, which is quite different from the comfortable air conditioning system design. This paper presents the environmental requirements of major medical equipment in a hospital imaging department, introduces the air condition and ventilation design of medical technology room in imaging department. Through the analysis of the feedback problems during the use of the project, the key points of air conditioning and ventilation design of MRI, LA, CT, DSA and DR are summarized.

**【Keywords】** Imaging department; Medical technology equipment; Medical technology room; Indoor air environment; HVAC design

## 0 引言

随着医疗技术的发展, 各种影像科医用设备已成为诊疗疾病的必备工具。影像科医技用房的空调通风系统的设置需要同时满足医用设备运行的室内空气环境要求及医护人员、病人的舒适性要求。

影像科的主要设备为乙类大型医用设备, 一般有医用磁共振成像设备 (MRI)、医用电子直线加速器 (LA)、数字减影血管造影 X 线机 (DSA)、

X 射线电子计算机断层扫描装置 (CT)、直接数字化 X 射线摄影系统 (DR) 等。

本文所介绍的影像科于 2013 年设计, 2017 年投入使用。

## 1 医用设备工作环境要求

医用设备需在一定的温度、湿度范围内运行。温度过高易导致报警, 损坏运行部件。湿度过低可

能会产生静电,湿度过高则易引发生锈,短路等风 空调负荷。影像科主要医用设备散热量及温湿度要  
险。同时,医用设备将产生一定的散热量,需计入 求,如表1所示。

表1 影像科主要医用设备散热量及温湿度要求

Table 1 The heat dissipation, temperature and humidity requirements of major medical equipment in imaging department

类别	房间名称	品牌	散热量 (kW)	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度变化率 (°C/h)	湿度变化率 (%/h)	通风换气次数
MRI	检查室	A	2 (1.5T/3T)	20~24	40~60	5/10min	/	5次/h 或至少 500m³/h
		B	3 (1.5T/3T)	18~24 (1.5T) 18~22 (3T)	40~60	1/5min	/	当地标准和规定
		C	4 (1.5T/3T)	15~21	30~60	≤3	≤5	紧急排风大于 34m³/h 房间换气次数大于 12次/h
	设备室	A	8 (1.5T) 12(3T)	15~24	30~70	5/10min	/	/
		B	5 (1.5T) 1 (3T)	15~30	40~80	1/5min	/	当地标准和规定
		C	22.4 (1.5T) 20.1 (3T)	15~32	30~75	≤3	≤5	/
	控制室	A	0.5 (1.5T/3T)	18~24	30~70	5/10min	/	/
		B	2 (1.5T/3T)	15~30	40~80(1.5T) 40~60 (3T)	1/5min	/	当地标准和规定
		C	1.45 (1.5T/3T)	15~32	30~75	≤3	≤5	/
	LA	检查室	D(10MV)	5	24~26	40~60	/	/
E(10MV)			5	22~24, ≤26	30~70, ≤70	/	/	10~12次/h
控制室		D(10MV)	5	24~26	40~60	/	/	按普通办公设计
		E(10MV)	2	22~24	30~70	/	/	/
水冷机房	设备室	D(10MV)	0.75	20~25	/	/	/	/
	E(10MV)	15	5~40	/	/	/	85m³/min 或空调降温	
DSA	检查室	A	0.81	22~26	30~70	/	/	/
		B	/	22±2	20~75	≤10	/	/
	控制室	A	0.63	20~24	30~70	/	/	/
		设备室	A	7.95	18~22	30~70	/	/
CT	检查室	A	6.17	20~24	30~70	/	/	/
		B	/	24±2	30~60	/	/	/
	控制室	C	8.3	18~26	30~70	≤3	≤5	/
		A	1.33	20~24	30~70	/	/	/
DR	检查室	A	1.5 (双板) 1.2 (单板)	22±2	35~70	≤5	/	/
		B	10.8 (双板)	18~30	20~75	≤10	/	/
	控制室	B	0.83 (双板)	/	/	/	/	/

## 2 本项目影像科医技用房的空调通风设计

影像科医技用房的温湿度要求、换气次数及运行时间等都与医院其他科室和区域有很大差异。为满足影像科医用设备对室内空气环境的需求及运

行时间的需要, 一般采用独立的空调通风系统。

大型医用设备按高低阶梯分型为科学研究型、临床科研型和临床实用型等三类, MRI、LA 和 CT 等乙类大型医用设备按高低阶梯分型, 详表 2。

表 2 乙类大型设备阶梯分型表<sup>[1]</sup>

Table 2 Classification of class B medical equipment

设备	科学研究型	临床科研型	临床实用型
MRI	3.0T 及以上	1.5T	1.0T 及以下
LA	容积调强(旋转调强)放疗设备。	图像引导放疗设备、调强放疗设备。配备 CT 模拟定位机、剂量验证系统、治疗计划系统等配套设备。	常规放疗设备、三维适形放疗设备、立体定向放疗设备。配备 CT 模拟定位机、剂量验证系统、治疗计划系统等配套设备。
CT	128 排及以上、 双源 CT、能谱成像 CT	64 排及以下	16 排及以下

本项目为临床科研型医院, MRI、LA 和 CT 均按表 2 临床科研型配置。MRI 磁场强度 1.5T, CT 扫描机探测器阵列数为 64 排。

### 2.1 MRI

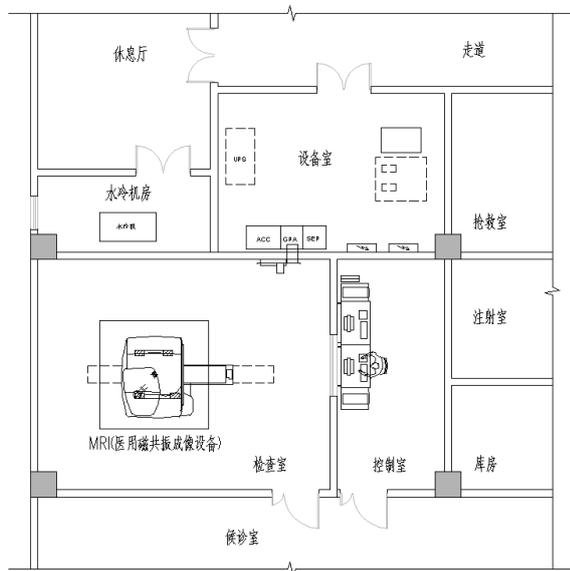


图 1 MRI 工艺设备布置图

Fig.1 Arrangement of process equipment for MRI

MRI (Magnetic Resonance Imaging, 磁共振成像) 是利用原子的核磁效应成像, 其基本原理是将人体置于特殊磁场中, 用无线电射频脉冲激发人体内氢原子核共振, 吸收能量, 在停止射频脉冲后, 氢原子核按特定频率发出射电信号, 将吸收的能量释放, 经计算机处理获得图像。此过程中氢原子释

放的电信号十分微弱, 极易受到外界干扰, 因此对核磁机房建设提出很高要求<sup>[2]</sup>。

本项目有两个 MRI 单元, 每个 MRI 单元由检查室、控制室和设备间组成。其中 MRI 检查室为病患接受检查的区域, 也是 MRI 产生磁场之处。控制室为工作人员后台操作设备的场所。设备间则放置支持 MRI 运行的相关设备。

MRI 单元位于首层西南侧, 层高 5m。

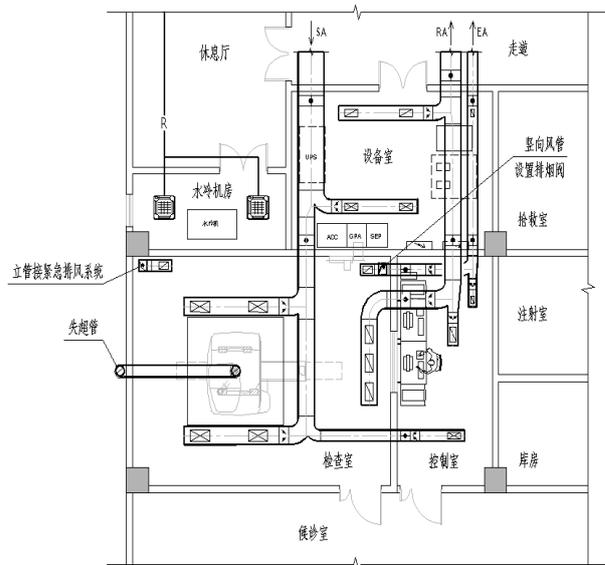


图 2 MRI 空调通风平面图

Fig.2 Air-conditioning and ventilation plan of MRI

根据现行规范和业主要求, 检查室温度 22℃ ± 2℃, 相对湿度 60% ± 10%, 温度变化率 ≤ 3℃/h,

湿度变化率 $\leq 5\%/h$ ；设备室温度  $15\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $30\sim 75\%$ ；控制室温度  $15\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $30\sim 75\%$ 。检查室散热量  $4\text{kW}$ ，控制室散热量  $1.45\text{kW}$ ，设备室散热量  $22.4\text{kW}$ 。为保证设备运行的安全性，考虑  $60\%$  冗余量。

每个 MRI 单元（检查室、设备室和控制室）采用一套独立的双压缩机恒温恒湿空调系统，气流组织上送上回。

水冷机房设置独立的多联式空调系统。

检查室需考虑平时排风、气体灭火后排风和液氮、液氙泄漏的紧急排风<sup>[3]</sup>。平时排风系统排风量与新风量基本平衡，排风换气次数  $3\text{次}/h$ ，气体灭火后排风换气次数  $5\text{次}/h$ ，紧急排风量大于  $34\text{m}^3/\text{min}$  且换气次数不小于  $12\text{次}/h$ 。

平时排风和气体灭火后排风共用一套管路系统，风机分设。穿越检查室的风管穿墙处设置防烟防火阀（平时和气体灭火后排风时开启，火灾时关闭）。气体灭火设置下排风口，竖向风管设置排烟阀（平时及火灾均关闭，气体灭火后排风时开启）。紧急排风口安装在失超管同侧的吊顶最高处，控制室操作台旁和检查室屏蔽门旁分别设置紧急排风开关。

MRI 空调通风平面图详图 2，失超管安装示意图 3。

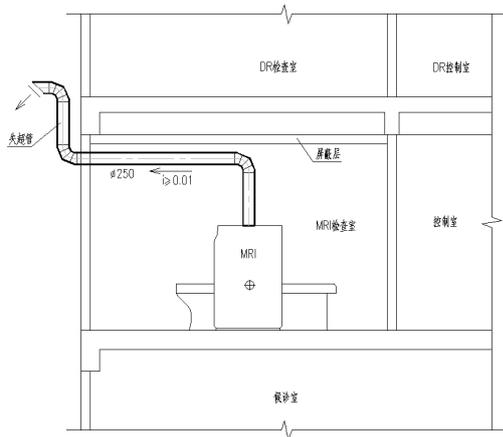


图 3 失超管安装示意图

Fig.3 Schematic diagram of quench tube installation

2.2 LA

LA (Linear Accelerator 直线加速器) 利用高频电磁波在加速管内加速，由电子枪所产生高能量的电子束，经由偏转磁场引导出治疗机头，可治疗肤浅部之肿瘤，或者撞击金属靶极产生 X 光束，来

治疗位于身体内部的肿瘤，其能量约大于一般放射诊断 X 光机数百倍<sup>[4]</sup>。

本项目有 7 个 LA 单元，每个 LA 单元由治疗室、控制室、设备室组成。治疗室为放置 LA 设备及为病人检查治疗的区域，控制室为医护人员操作所在区域。

LA 分为一体式与非一体式，其中非一体式 LA 将治疗室分隔为独立的两个空间，前部为治疗区，后部为主机区。

本项目 LA 室位于地下一层。每间 LA 室的工艺设备布置详图 4。

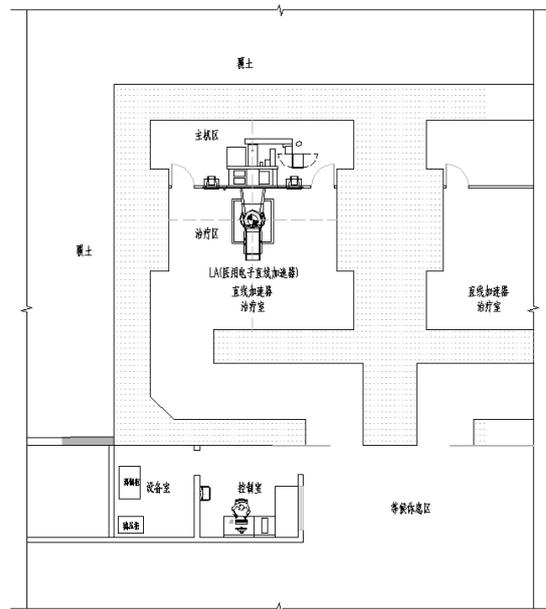


图 4 LA 工艺设备布置图

Fig.4 Arrangement of process equipment for LA

治疗室散热量  $5\text{kW}$ ，控制室散热量  $5\text{kW}$ ，服务器机房散热量  $0.75\text{kW}$ ，水冷机房散热量  $15\text{kW}$ 。治疗室温度  $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $30\sim 70\%$ ；控制室温度  $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $30\sim 70\%$ ；设备室温度  $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $30\sim 70\%$ 。

每个 LA 单元（治疗室、设备室和控制室）采用一套直接膨胀式空调机组（直膨式机组）的全空气空调系统，气流组织上送上回。本项目的 LA 为非一体式，前部治疗区与后部主机区均设有空调风口及排风口。

水冷机房设置独立的多联式空调系统。

平时排风、排烟共用一套管路系统。治疗区和主机区均设置下排风口，排风经高效活性炭处理后高空排放。设置常闭排烟口。

送风管、回风管及排风（烟）管通过防护墙上预留的 45° 折线风管接入治疗室内。

LA 空调通风平面图详图 5。

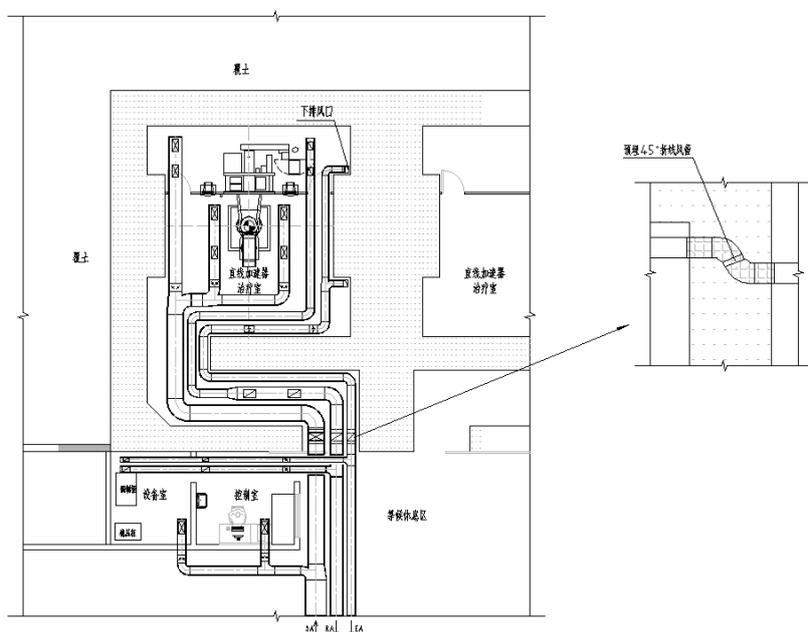


图 5 LA 空调通风平面图

Fig.5 Air-conditioning and ventilation plan of MRI

### 2.3 DSA, CT 及 DR

查室、控制室和设备间组成。

检查室温度 22~26℃，相对湿度 30~70%，散热量 0.81kW；控制室温度 20~24℃，相对湿度 30~70%，散热量 0.63kW；设备室温度 18~22℃，相对湿度 30~70%，散热量 7.95kW。

本项目 DSA 室位于三层，工艺设备布置详图 6。

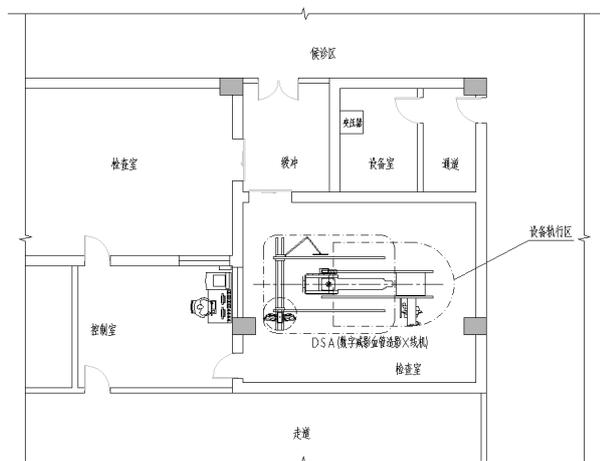


图 6 DSA 工艺设备布置图

Fig.6 Arrangement of process equipment for DSA

DSA (Digital subtraction angiography, 数字减影血管造影) 适用于心脑血管、外周血管、肿瘤的检查 and 介入微创治疗。进行影像检查时，将造影剂注入需要检查的血管中，然后通过 X 射线和计算机图像处理，获得清晰的纯血管影像，便于医生诊断或进行手术。

本项目有 4 个 DSA 单元，每个 DSA 单元由检

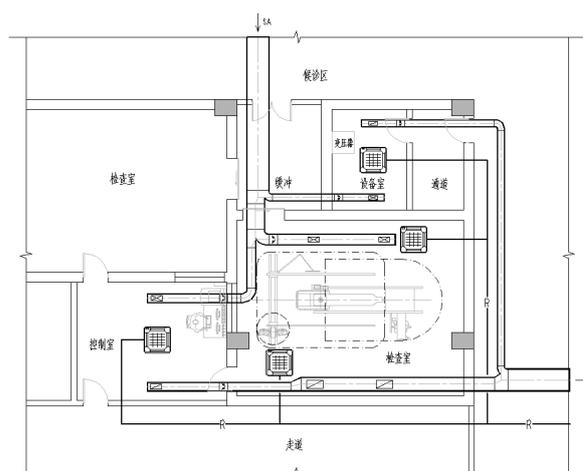


图 7 DSA 空调通风平面图

Fig.7 Air-conditioning and ventilation plan of DSA

每个 DSA 单元采用一套独立的多联式空调系统，空调通风平面图详图 7。

CT (Computed Tomography, 电子计算机断层扫描)、DR (Digital Radiography, 直接数字平板 X 线成像系统) 均属于 X 射线的相关设备, 为发射医用 X 光, 具有穿透和电离作用, 穿过人体, 在胶片或数字化系统上成像, 用以判定人体病情。

本项目有 4 个 CT 单元, 每个单元由检查室、控制室及设备室组成。

CT 室位于一层和二层, 工艺设备布置详图 8。

检查室温度 20~24℃, 相对湿度 30~70%, 散热量 6.17kW; 控制室温度 20~24℃, 相对湿度 30~70%, 散热量 1.33kW; 设备室温度 18~22℃, 相对湿度 30~70%, 散热量 3kW。

CT 单元设置独立的多联式空调系统。空调通风平面图详图 9。

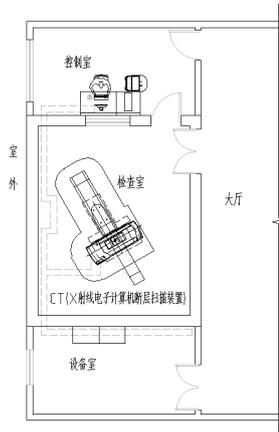


图 8 CT 工艺设备布置图

Fig.8 Arrangement of process equipment for CT

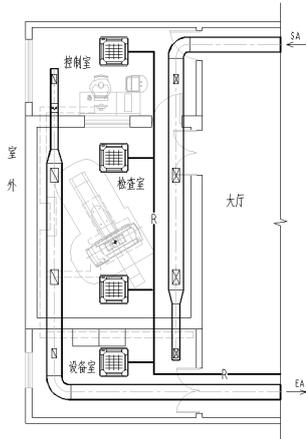


图 9 CT 空调通风平面图

Fig.9 Air-conditioning and ventilation plan of CT

DR 单元由检查室、控制室组成。DR 室位于一层, 工艺设备布置详图 10。

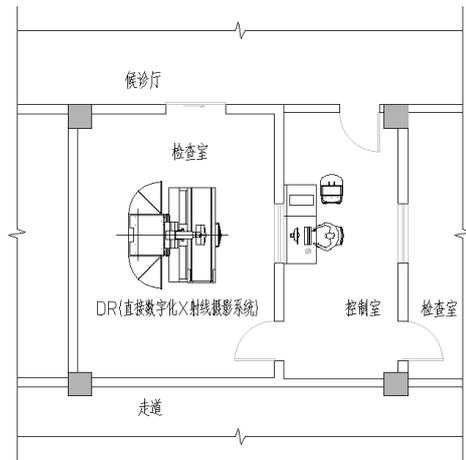


图 10 DR 工艺设备布置图

Fig.10 Arrangement of process equipment for DR

检查室温度 18~30℃, 相对湿度 20~75%, 散热量 10.8kW; 控制室散热量 0.83kW。

MDR 单元设置多联式空调系统。空调通风平面图详图 11。

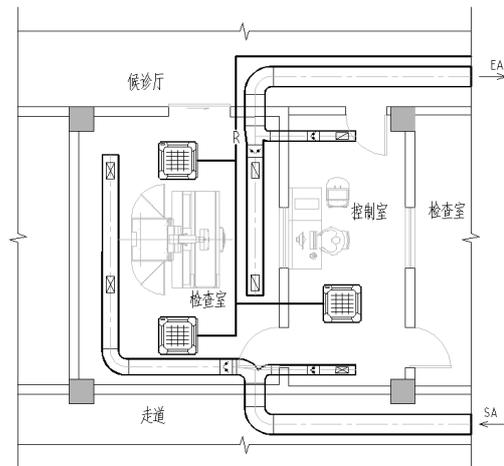


图 11 DR 空调通风平面图

Fig.11 Air-conditioning and ventilation plan of DR

### 3 使用中反馈的问题及分析

项目投入使用一年多, 陆续反映出一些与设计相关的问题, 下面对收集到的问题进行分析:

问题 1: 部分医技用房控制室的室内环境要求与共用空调系统的诊室、办公等房间的舒适性要求发生冲突

分析: 控制室的工艺性空调和诊室、办公等房间舒适性空调有差异, 不宜合用一个空调系统。

问题 2: MRI 设备室温度偏高

分析: MRI单元(检查室、设备室、控制室)采用一套独立的双压缩机恒温恒湿空调系统。设备室和检查室负荷特性不一致,需增加一台独立空调机,为设备室全年供冷。

问题3: CT控制室冬天冷,检查室过渡季节不能单独制冷

分析: CT单元(检查室、设备室、控制室)设置一套独立的多联式空调系统。检查室和设备室的设备发热量大,控制室发热量小,外围护结构较多,控制室需要供热的时候空调系统可能在供冷,不能同时满足医用设备的环境要求和控制室医护人员的舒适度要求。

由负荷特性差异较大的房间组成的检查单元,当共用一套全年制冷制热的空调系统时,CT检查

室宜增设一套空调系统,为过渡季节消除余热,或设置热回收型可以同时制冷制热的空调系统。

问题4: 医用设备运输通道问题

分析: 设计阶段采用BIM进行了管道综合和碰撞检查,对减小机电管线占用空间起到一定作用,但受项目规划条件制约,各层层高有限,实际安装完成后的净高仍然不理想,给医用设备的进场带来一定麻烦。

医技用房空调通风系统复杂,各专业管线较多,占用较大空间,建议设计初期充分考虑建筑层高,设计阶段做好管道综合,施工阶段各工种做好现场配合,以满足医用设备运输高度要求。

图12为机电管线碰撞调整对比模型。

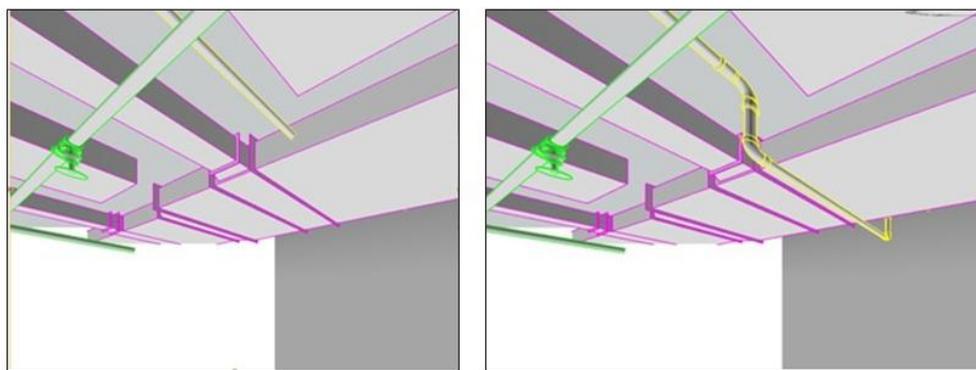


图12 机电管线碰撞调整对比模型

Fig.12 Contrast model for collision adjustment of electromechanical pipeline

## 4 医技房间的空调通风设计要点

### 4.1 医技用房的通用设计要点

(1) 设计期间,一般医用设备品牌和规格未能确定,需按2~3个品牌的工艺要求进行通用性设计或预留条件,在工程项目进行到必要阶段,应及时进行专项深化设计或由业主指定的医用设备供应商确认设计及预留条件。

(2) 医技用房一般没有或仅有少量外围护结构,医用设备对室内空气环境的要求各不相同,同时大多数医技房间全年有余热和需要独立运行,因此空调系统宜独立设置,同一系统冷热需求不同的房间,需增设空调系统以满足过渡季和冬季供冷要求。

(3) 医用设备一般较为贵重,医技用房的室内环境标准高,对空调系统的依赖性强,空调系统宜采用冷热源独立的、空调水管不接入医技用房的

直接膨胀式空调系统,并有一定的冗余量和备用,根据使用要求、冗余及备用的情况划分冷热源系统。

在满足设备供货商对空气环境具体要求(特别是温度变化率、湿度变化率和换气次数要求)的前提下,影像科医技用房(除MRI以外)可采用多联式空调系统或分体空调。供货商的技术要求欠缺时可参见表1。

(4) 不同品牌、同一品牌不同规格的医用设备,发热量不同,对室内空气环境要求有差异,如MRI不同的磁场强度或CT扫描机探测器不同的阵列数,空调通风设计时应针对这些特点进行相应设计。

(5) MRI、LA一般自带一体式水冷机组,将热量排至水冷机房内,需设置空调系统为水冷机房降温。

(6) 根据项目所在地室外空气质量状况, 空调通风系统设置相应的空气过滤设备。

(7) 医技用房存在辐射源, 需要通过放射防护专项评价和验收方能投入使用, 空调通风设计中采取的放射防护措施应符合国家有关放射防护法规和标准的要求。

(8) 设计应做好管道综合, 保证设备运输空间要求。医用设备运输对空间的要求见表 3。

表 3 主要医用设备运输空间要求

Table 3 Transportation space requirements for major medical equipment

设备	运输通道	备注
LA (品牌 E-10MV)	2600mm(高)×2200mm(宽) 2200mm(高)×2000mm(宽)	带包装 不带包装
MRI (品牌 A-3T)	2800mm(高)×2800mm(宽)	/
CT (品牌 A-128 排)	2100mm(高)×1500mm(宽)	/

#### 4.2 MRI

(1) 《综合医院建筑设计规范》GB 51039 规定磁共振室(MRI 检查室)宜采用恒温恒湿空调机组。为保证 MRI 系统的可靠运行, 宜采用双压缩机机组。

(2) 空调风口离磁体中心至少 1.5m 以上, 避免风直吹磁体。为防止空调冷凝水滴入电子器件损坏设备, 送回风口需避开过滤器和机柜。

(3) 超导磁共振由液态氦气用于维持超导状态。正常情况下有少量挥发, 紧急状态时将失超, 磁体内的氦气由液态变为气态, 氦气需通过失超管直接排出室外。失超管管材采用非铁磁性金属, 管径不小于 250mm, 应有良好的保温层, 防止低温管道冻坏相邻设施。失超管不宜经过人员逗留区, 排出口与人员活动区、左右开窗及下部开窗的间距不小于 3m, 与上部开窗的间距不小于 6m, 排出口的正下方严禁安装空调设备或设置新风入口。

(4) 为防止液氮、液氦泄漏造成室内人员缺氧窒息, 检查室应设紧急排风系统, 排风量大于 34m<sup>3</sup>/min 且确保磁体间换气次数不少于 12 次/h。紧急排风吸风口需安装在失超管附近的吊顶最高处, 出口需与失超管分开。紧急排风启动时需有对应排风量 5%~7% 的进风量。另外, 紧急排风开关, 需一路安装在操作间操作台旁, 一路安装在磁体间

内屏蔽门旁。

(5) MRI 检查室内的屏蔽层以上空间不得有任何管线穿越, 屏蔽层以下空间不得有任何磁性管线穿越, 各种管道需用铜皮板包扎对射频进行屏蔽, 风口应采用非磁性、屏蔽电磁波的风口。

#### 4.3 LA

(1) LA 分为一体机或非一体机, 不同 LA 治疗室的气流组织不同。非一体机的治疗室分隔为治疗区和主机区, 在治疗区和主机区均应设置空调送风口和排风口。

(2) LA 运行过程中会产生臭氧及氮氧化物等密度比空气大的污染物, 应设下排风, 下排风口下沿距地面高度≤300mm。排风应处理达标后高空排放。

(3) LA 治疗室墙体一般为厚度≥1000mm 的现浇混凝土墙体。为满足射线防护的要求, 所有穿越 LA 治疗室的风管均需通过 45°折线风管进出。此 45°折线风管需在墙体浇筑时预埋。因施工后无法修改, 治疗室墙体內的预留洞和预埋管在混凝土浇筑前应确保其正确性。

#### 4.4 DSA, CT 及 DR

(1) 风管及风口布置应避让设备天棚轨行区。空调通风风口及末端空调器不宜设于医用设备和病人正上方, 以防冷凝水滴落导致医用设备损坏或造成局部温差让病人感到不适。

(2) DSA、CT 及 DR 检查室均有射线防护要求, 管道穿越检查室墙体或楼板时应采取射线防护措施。

(3) DSA、CT 及 DR 检查室的机器等运行时产生的 X 射线, 随设备高压断开而消失。因此, 不存在放射性排风向环境释放或扩散的问题, 排风不需要特殊处理。

## 5 结语

影像科医用设备配置、医技用房的环境条件要求及医疗工艺设计是影像科医技用房暖通空调的基本设计输入条件, 设计人员应与建设方、医院方共同确定暖通空调设计技术标准及室内空气环境控制策略, 并以医疗工艺条件设计的成果文件(医疗工艺图及医疗工艺技术说明)为依据, 进行影像科医技用房的暖通空调设计。

(下转第 659 页)