

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-485-04

# 重庆市江津区中心医院 放射治疗中心空调通风设计探讨

牙侯专

(重庆市设计院 重庆 400015)

**【摘要】** 概要介绍了重庆市江津区中心医院医用直线加速器放疗中心空调、通风系统的设计方案, 分析了医用直线加速器治疗室室内工作环境、空调、通风的特殊性, 对一些设计技术、施工要求、技术措施、管道预留预埋等问题进行了探讨。

**【关键词】** 放疗中心; 直线加速器; 空调; 预埋管; 辐射

中图分类号 TU831 文献标识码 A

## Discussion on Air Conditioning and Ventilation Design of Radiotherapy Center in Chongqing Jiangjin District Central Hospital

Ya Houzhuang

(Chongqing Architectural Design Institute, Chongqing, 400015)

**【Abstract】** Briefly introduces the design scheme of air conditioning and ventilation system for medical linear accelerator radiotherapy center of Chongqing Jiangjin district Center Hospital, and analyzes the particularity of indoor working environment, air conditioning and ventilation for medical linear accelerator treatment room, and some problems such as design technology, construction requirements, technical measures, pipeline reservation and embedment are discussed.

**【Keywords】** radiotherapy center; linear accelerator; air conditioning; buried pipe; radiation

作者(通讯作者)简介: 牙侯专(1971-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, E-mail: 1070255924@qq.com  
收稿日期: 2020-06-01

### 0 前言

重庆江津区中心医院放射治疗中心位于江津区中心医院内, 放射治疗中心项目为多层建筑, 建筑面积 3210m<sup>2</sup>, 用地面积约 1000m<sup>2</sup>, 建筑层数 4 层(其中地下一层, 地上三层), 建筑高度 13.65m, 建筑功能主要包括诊断、治疗、检查、办公及各种设备间辅助用房。全楼除一般区域的空调、通风问题由建设方自行考虑外, 着重要求解决位于地下一层的电子直线加速器治疗室部分的空调、通风设计。直线加速器治疗室包括有两台直线加速器(15MV, II类射线装置), 一台 CT 模拟定位机(140kV/500mA, III类射线装置)及其一些附属房

间, 其平面布置如图 1 所示。

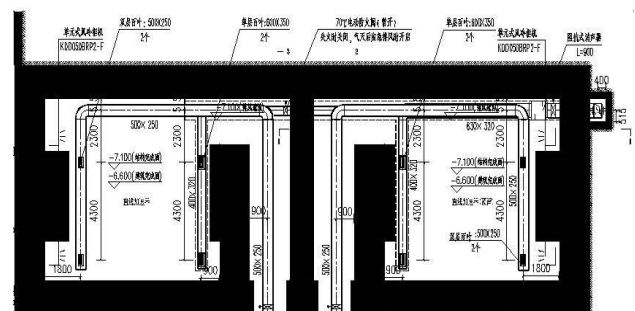


图 1 直线加速器治疗室平面图

Fig.1 Plan of linear accelerator treatment room

医用直线加速器是产生高能电子束的装置, 为

远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶向物质相互作用时产生辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。这样就可以在不用切开人体组织的情况下，把癌细胞消灭或抑制，其次射线可以把射线的能量集中在预定的位置上，从而保护周围的正常组织。

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用电子直线加速器内部结构框图如图 2 所示。

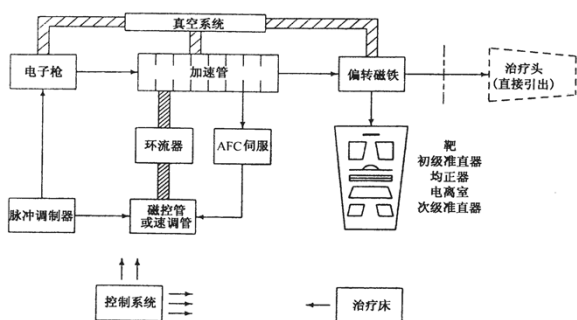


图 2 加速器内部结构框图

Fig.2 Block diagram of accelerator internal structure

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶向物质相互作用时将产生高能 X 射线。直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时，加速器产生的 X 线或电子线，与物质作用都可能发生光致核反应 ( $\gamma, n$ )，产生中子和感生放射性物质：其中中子及种子俘获  $\gamma$  射线属于瞬发辐射，感生放射属于环发辐射。中子在慢化、吸收过程中都将放出  $\gamma$  射线，引起缓发辐射。此外 X 射线有很强的穿透力，能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物，使周围环境受到辐射污染和臭氧、氮氧化合物的影响。此时，主要的污染因子是 X 射线、电子线和中子污染、缓发

$\gamma$  辐射污染和有害气体（臭氧和氮氧化合物）。如何确保治疗设备的正常工作，同时尽可能减少或避免这些有害射线的泄漏及对人体的危害，这些问题显得十分重要，除建筑、工艺方面采取必要的防护措施外，有待空调、通风设计一一加以解决。

## 1 主要设计参数与冷热负荷

### 1.1 主要室外计算参数

夏季空调室外计算干球温度为 35.5℃，夏季空调室外计算湿球温度为 26.5℃；冬季空调室外计算干球温度为 2.2℃，冬季空调室外计算相对湿度为 83%。

### 1.2 室内空调设计标准

直线加速器机房、模拟定位机房和控制室的室内设计标准如表 1 所示。

表 1 室内设计参数

Table 1 Interior design parameters

空调房间	室内温度/℃	相对湿度/%	新风量/次/h <sup>-1</sup>	A 声级噪声标准/dB
直线加速器	23±1	<60	10	40
CT 模拟定位	23±1	<60	3	40
控制室	23±1	<60	3	40

### 1.3 空调设计冷热负荷

为防止射线泄漏室外，治疗室要建成全屏蔽钢筋混凝土建筑物。直线加速器机房和模拟定位机房的外墙厚度分别达到 1.5m，0.4m。相应地，其外墙传热系数 K 值分别为 0.78W/(m<sup>2</sup>·℃)，0.95W/(m<sup>2</sup>·℃)。在正常治疗状态下，通常治疗室内只有一个病人和一名操作人员。治疗室内照明设备主要是日光灯和白炽灯。加速器机房照明总功率达 1000W，而模拟定位机房为 400W。

加速器机房的用户隔断板后侧，机架和接口柜的散热在正常治疗时接近 5kW，通常，一天工作中治疗状态只占所有时间的一部分，所以最大的平均散热为 4.3kW；模拟定位机房平均散热量均为 1kW 左右。

直线加速器治疗室为全面保证空调效果，需要使用足够的新鲜空气量。按工艺要求，加速器机房需保持室内通风在 10~12 次/小时；控制室和模拟定位机房通风量均为 3 次/小时。

结合以上给出的计算条件,作者利用暖通天正空调负荷计算软件进行计算,得出直线加速器房、模拟定位机房的冷负荷分别为 22.4kW、22.8kW、13.4kW (含新风冷负荷);热负荷分别为 14.5kW、15.3kW、6.3kW。

## 2 空调、通风系统设计

### 2.1 设计特点

直线加速器在常规的治疗模式下,即每个治疗仅给很少的剂量时,通常不会产生有害气体或使空气活化。当直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时,加速器产生的 X 线或电子线,与物质作用都可能发生光致核效应,特别是高于 12MeV 时增加得更快。这样会造成辐射源头,室内其他物质包括周围空气在内的放射性核的形成,同时产生少量有害的放射性气体:  $O_3$  及  $NO_2$ 。如果治疗室的通风量足够,那么有害气体的累积不会达到危害人体的程度,而且良好通风还能有效地去除异味。本工程的加速器机房的直线加速器能量级为 15MeV,在正常的治疗状态下不可避免地产生放射性气体。

### 2.2 设计方案和主要设备

基于治疗室在正常治疗过程中有放射性气体及臭氧等有害气体的产生,故其空调、通风系统相应地采用独立空调新风系统+分体空调+独立排风系统。即将室外的新风经过空调器冷却(加热),除湿后送到各治疗室的顶棚内,然后通过散流器直接送到室内,新鲜空气再将部分室内的余热、余湿带走,并经过排风口、排风地沟及竖井进行高空排放,而分体空调承担大部分室内冷、热负荷。

由于直线加速器的使用时间与本大楼办公等其他房间不同,本设计直线加速器机房采用单元(分体)式空调机组,空调室外机分别放置二层连廊平台、一层室外地面。每个直线加速器机房分别设置两台单元式风冷柜机,单台机组制冷量、制热量分别为 12kW、13kW;单台机组额定风量为  $2500m^3/h$  (侧出风)。新风机组选用 DBFP050I 型一台,额定风量  $5000m^3/h$ ,制冷量 64.1kW,制热量 65.7kW,电机功率 1.6kW,出口余压 375Pa。新风机组置于地下一层的门厅吊顶内。CT 模拟定位机房、控制室空调末端及空调新风机组等均采用本大楼的集中空调系统。

由于治疗室内要求相对湿度在任何时间都不

能超过 70%,故在每个治疗室内加装一台自动控制除湿机,除湿机选用 CF(Z)0.60D 型,除湿量  $0.60kg/h$ ,功率 510W。屋顶排风机选用 DWT-II-5 型一台,风量  $5438m^3/h$ ,静压 485Pa,功率 2.2kW。

### 2.3 送风管及地沟设计

加速器机房的迷路走廊外墙,屏蔽门及迷路入口的设计必须对散射辐射和中子辐射引起足够的重视。一方面,当主射线射入某种物质时,会产生一个各个方向上的次级散射辐射,这种散射射线能量和剂量率比主射线低得多,但其剂量率却决定于被照区域、初级射线能量和散射角度;另外,在高能 X 线模式会产生一定数量的中子,在通常情况下,无论在高能电子线或低能 X 线模式都只有很低的能级水平,在设计屏蔽和迷路通道时可以忽略。但在高于 10MeV 的 X 线模式中,迷路入口的设计必须对 neutron 剂量率加以考虑。

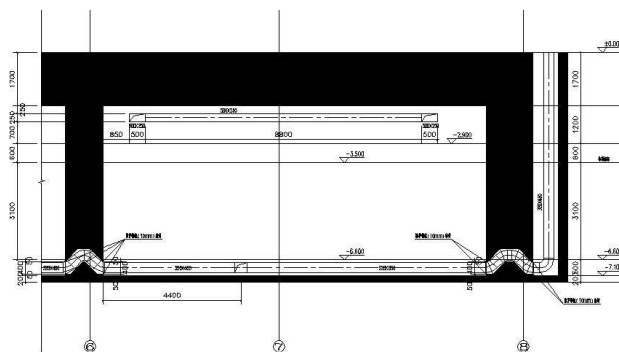


图 3 排风管穿墙剖面图

Fig.3 Exhaust pipe through wall section

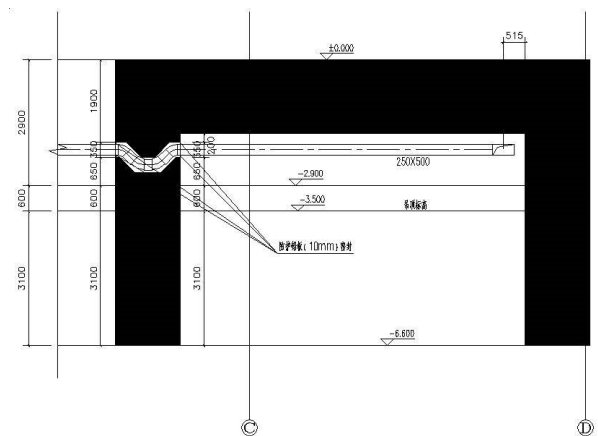


图 4 机房新风管穿墙剖面图

Fig.4 Cross section of new air duct through wall in machine room

空调送风管由屏蔽口上方穿过机房防护墙,通过防护迷路到达治疗室,这些通道往往容易成为放射线的直通通道。为了避免辐射泄漏,风道在穿墙时必须使用折形通道,对于预埋在墙体中的穿墙管道应与墙体成 45 度角穿出室外,同时,在迷路的风道出口处应有水泥或铅板保护。风道穿墙做法如图 3、图 4 所示。

### 2.4 排风口与排风机设计

加速器在治疗区的散热量很小,而在用户隔断板后侧(放射治疗机机尾后部),机架和接口柜的散热在正常治疗时接近 5kW。另外,由于臭氧密度大,地面附近的臭氧浓度最高,故排风口应设在放射治疗机机尾后部的地面上。排风口及排风机安装参见图 5。

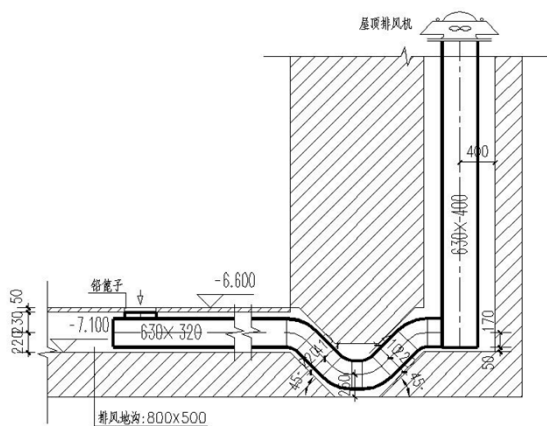


图 5 排风口、排风机剖面图

Fig.5 Cross-sectional view of exhaust port and exhaust fan

## 3 空调冷热源系统设计

本工程由于建筑规模较小,且建筑平面的医疗工艺用房布置得相当紧凑,所以无法设置中央空调冷热源机房。屋顶有限面积同时布置供热锅炉和制冷主机也不可能。考虑到重庆地区的气候特点比较适合用风冷热泵机组。鉴此,本工程的空调冷热源。采用风冷热泵机组,选用 30RQ432A 型一台,制冷量为 405kW,制热量为 14463kW,功率 147kW。机组带内置水力模块:水泵、过滤器、安全阀、膨胀水箱、压力表、防气阀、流量开关、流量调节阀等。内置循环水泵流量为 70m<sup>3</sup>/h, 扬程 20m, 功

率 8.5kW。风冷热泵机组设置于屋面。

## 4 结束语

(1) 放射治疗室的所有通道空间不应降低放射防护强度,风道穿墙处减薄的局部预埋部分墙体如达不到防护厚度要求,局部要加厚防护墙体。

(2) 直线加速器治疗室面积为 85m<sup>2</sup>,按现行的《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 相关规定,应设置机械排烟系统。但排烟管道、补风管道断面积较大,穿越防护隔墙难度极大,难以实现。考虑到直线加速器治疗室内平时不会有人经常驻留,每次病人治疗时间短,且有医生全程监控,发生火灾不能及时疏散的概率非常小。为避免图审时有违规之嫌,故把直线加速器后机架部分单独隔离成设备间,把治疗室面积缩小到 50m<sup>2</sup> 以下,从而满足无需设置机械排烟的条件。

(3) 本工程由于空调空间的湿负荷较小,而新风量较大,采用直流式空调系统,势必造成一些能量浪费。如能设计一套热回收装置从排风中回收数量可观的冷量或热量,则系统就能更完善一些。

(4) 两个直线加速器治疗室合用一个排风系统,从运行维护管理、防护安全性等角度考虑,不尽合理,这是本次设计有缺憾之处。

### 参考文献:

- [1] 聂贤,姜君,张宁.某医院影像科空调通风设计[J].制冷与空调,2019,(6):69-76.
- [2] 龙洋波,邢哲理,温旭怡,等.可正负压切换隔离病房通风空调设计探析[J].制冷与空调,2019,(1):44-48.
- [3] 王爱清.钴 60 放射治疗室通风设计[J].暖通空调,2000,30(5):55.
- [4] 何天祺.空气调节[M].重庆:重庆大学出版社,1995.
- [5] 胡遣民.肿瘤放射物理学[M]北京.原子能出版社,1999.
- [6] GB 18871-2002,电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [7] 黄中,王勇.医院影像与放疗机房及其暖通空调设计简介[J].暖通空调,2009,(4):47-50.
- [8] 梅自力.医疗建筑设计与设备[M].北京:中国建筑工业出版社,1991.