

医院影像与放疗机房及其 暖通空调设计简介

中国中元国际工程公司 黄 中[☆]

解放军总医院 王 勇

摘要 介绍了医院影像与放疗机房的各种设备,总结了医院设计中各种影像与放疗机房的暖通空调设计。

关键词 医院 影像机房 放疗机房 设计 暖通空调

Image medical and radioactive plants of hospital and their HVAC design

By Huang Zhong[★] and Wang Yong

Abstract Describes the facilities of image medical and radioactive plants of hospital and sums up the HVAC design of these plants.

Keywords hospital, image medical plant, radioactive plant, design, HVAC

★ China IPPR International Engineering Corporation, Beijing, China

①

0 引言

随着医学技术的发展,影像技术已经在临床医学上被广泛使用,并成为病案诊断的科学手法之一,同时可为医学研究提供量化资料。

随着环境的恶化及社会发展带来的压力增大,恶性肿瘤、血液病、免疫缺陷等病例的发生呈现上升趋势,放射治疗技术和设备随之迅速发展,相应的医疗设备的技术更新日新月异。

影像与放疗有着密切联系,准确的影像才能帮助医生正确判断病因、确定精准的病变部位,在此基础上,放疗可以更精确地对病变细胞实施放射处理;正是由于影像与放疗在医院中起到诊断与治疗的关键作用,因此作为现代医院建设中的设计者,就必须对影像与放疗的新医学技术充分了解,为影像与放疗机房提供合理的环境条件,满足其设备良好运行的需要,并延长设备的使用寿命、降低维修成本。笔者对近几年来医院设计中各种影像及放疗机房的暖通空调设计予以总结,抛砖引玉,冀望能对从事医院暖通空调设计的同行有所帮助。

1 影像机房

影像就是将可能病变的部位拍片成像并提供量化数据以供医生诊断的技术,有以 X 射线为代表的一系列成像技术以及核医学影像、MRI

(magnetic resonance imaging,磁共振成像)、DSA (digital subtraction angiography,数字减影血管造影技术)、超声影像等。

X 射线机在各种类型医院中被广泛应用,传统 X 射线机成像是模拟影像,近年来数字化技术的应用产生了两种成像技术,一种是影像板,简称 CR (computer radiology),它采用影像板代替 X 射线胶片接受 X 射线照射,影像板感光后,采用激光扫描仪扫描出数字化图像;另一种是电子成像板,简称 DR (digital radiology),电子成像板上分布大量的 X 射线感光元件,感光元件接受 X 射线照射后曝光,其曝光量直接转变为数字信号并通过图像软件成像。采用传统成像方法的 X 射线机必须在机房附近设置暗室供洗胶片用,暗室使用时间比 X 射线机透视室长,其通风宜采用独立系统把空气排到室外,换气次数要求大于 8 h^{-1} 。X 射线机透视室在温度要求方面并不严格,一般舒适性空调便可满足要求,但要注意设备散热的影响,尤其是 DR

①☆ 黄中,男,1974 年 3 月生,大学,高级工程师
100089 北京西三环北路 5 号医疗建筑设计研究院
(010) 68732424
E-mail: y4405@163.com
收稿日期:2009-02-18
修回日期:2009-03-06

设备,设备散热量差异较大,最小的为 1 kW 左右,最大的达到 6 kW,设计时应考虑过渡季及冬季利用室外自然风降温;X 射线机透视室相对湿度要求不大于 65%,换气次数要求大于 3 h^{-1} 。X 射线机房附近需设置存片间,要求换气次数大于 3 h^{-1} 。

CT(computerized tomography,计算机断层摄影术)主要用于诊断头部肿瘤、脑溢血,它是用 X 射线对检查部位的多个层面进行扫描,用高灵敏度的监测器记录透过人体的 X 射线强度,经信号转换和计算机处理获得各断面层图像。CT 机房包括扫描室、控制室、设备室(多与控制室合用),扫描室为 CT 机所在房间,病人在此接受检查,CT 机电压为 120~140 kV,一般以其电流强度分类,不同机型的发热量在 8~13 kW 之间(如 380 mA 的 CT 机发热量大约为 9.5 kW,某公司 64 排双螺旋 CT 机发热量为 12.8 kW),控制室内设有扫描控制台、打字机、显示器等,设备发热量大约为 3 kW。CT 机房温度要求为 20~24 °C,相对湿度要求为 40%~60%,无控制精度要求,空调系统宜设置独立的风冷分体机,并要求其在室外低温时可正常制冷。由于接收病人的特殊性,扫描室要求新风量(换气次数)大于 4 h^{-1} ,并设置氧气、吸引气体端口。

核医学影像主要采用 ECT (emission computerized tomography,放射性核素发射型电子计算机断层摄影术),其基本原理是在体外从不同角度采集体内某脏器放射性核素分布的二维影像,而后经计算机数据处理重建,并显示出三维图像,可获得脏器的水平切面、冠状切面及矢状切面或一定角度的剖面影像,不仅可以使定位准确,提高图像的质量,还可为定量分析提供有关数据。与 CT 相比,ECT 的图像比较粗糙、空间分辨力较差,但 CT 是依赖于组织密度的差异作出有无异常的判断,若病变组织与正常组织无密度差异或差异在仪器分辨能力以下时,则难以显示脏器的客观状况,而 ECT 是依赖于脏器组织对注入体内的放射性药物吸收的多少及其发射 γ 光子的量构成影像,它显示的是正常组织与病变组织功能的变化和差异,因此 ECT 具有两个重要特点:1) 定位准确,2) 可做脏器功能检查。ECT 可分两类,一是 SPET (single photon emission computerized tomography),以 γ 光子发射核素为探测对象的单光子发射型计算机断层仪,为目前医院常用的

ECT,病人平均检测时间为 30 min 左右;二是 PET (position emission computerized tomography),以正电子发射核素为探测对象的正电子发射型计算机断层仪,PET 所用放射性核素如 C_{11} , N_{13} , O_{15} , F_{18} 的半衰期都比较短,检查时可给予较大的剂量从而提高图像的对比度和空间分辨力,可获得比 SPET 更清晰、更真实的图像。由于 PET 所用核素的半衰期很短,故在 PET 机房附近一般设有生产这些短半衰期核素的回旋加速器,并设有快速制备这些短半衰期核素标记放射性药物的设备和实验室。PET 诊断流程一般是先给病人注射或服用同位素药剂,然后用 PET 机扫描,确定病变部位,主要用于肿瘤的早期诊断和心脑血管疑难病例的确诊。由于注射后的病人也是放射源,故需设置病人单独的休息室及厕所。PET 机房各房间放射性由高到低依次是:药剂制备室→回旋加速器室→实验室→注射室→PET 扫描室→病人休息室、厕所,通风设计应维持各房间之间一定的压力梯度,严格保证空气由低辐射区流向高辐射区,这些房间应设计独立的排风系统,并相对于相邻医用房间及室外维持负压,排风换气次数大于 6 h^{-1} 并高空排放,图 1 为某典型回旋加速器区域空调通风平面图。ECT 设备散热量差异较大,最小的为 2 kW 左右,最大的达到 9 kW,扫描室要求室内温度为 18~24 °C,相对湿度为 30%~60%,但 ECT 的晶体探测器要求温度变化率控制在 3 °C/h 以内,宜采用恒温恒湿空调,空调送风口应避开探测器活动范围。回旋加速器室要求室内温度 18~24 °C,相对湿度 55%~60%,加速器散热量 8~15 kW。回旋加速器又分自屏蔽与非自屏蔽两种,自屏蔽回

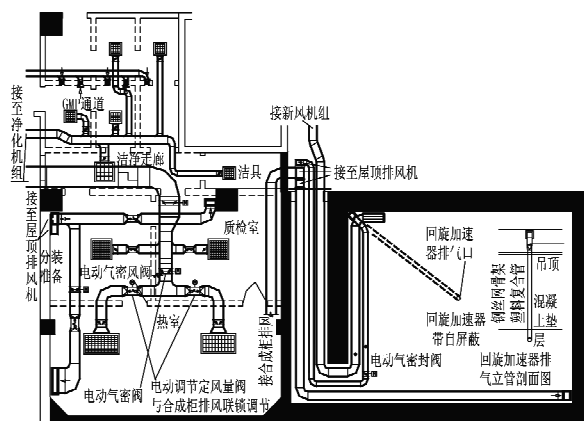


图 1 回旋加速器区域空调通风平面图

旋加速器机柜底部本身带有排风接口,管径一般约为 $\varnothing 150$,设计时应考虑设置独立的排风系统。与 CT 相似,ECT 扫描室、病人休息室等房间应设置氧气、吸引气体端口。

国内近期新引进的 PET-CT 机是将反映人体组织、脏器高分辨率解剖结构的 CT 设备和在分子水平进行影像研究的 PET 设备有机融合在一起的、全新的、最先进的功能分子影像设备,主要用于肿瘤、神经系统、心脏等疾病的早期诊断、治疗方案选择和疗效效果监测。PET-CT 机对温湿度的要求与 CT 相似,扫描间散热量大约为 18 kW,医生操作间内计算机、工作站等散热量约为 3 kW,设备间内配电柜、电力分配单元等散热量约为 1.5 kW。

MRI 的工作原理:利用磁场标定人体层面的空间位置,再用无线电波进行照射,激发原子核产生磁共振现象,探测器将共振信息输入计算机,转换成人体纵断面图像。MRI 对软组织病变的发现比 CT 要敏感,有利于颅脑、脊椎等部位病变的早期发现,磁场强度一般在 0.1~4 T,设计中应注意:离磁体中心 7.5 m 以内不得有电梯、汽车等大型运动金属体,离磁体中心 1.1 m 以内不得有铁磁物质(如管道、线缆);由于目前医院多采用高场 MR 机,病人被罩在很小的设备空间内,容易导致缺氧,故需设置氧气端口,机房内各种管道需用铜皮板包扎防止射频;建筑需用铜板屏蔽磁场以防对周围人员(如携带心脏起搏器的人员)的影响。超导型 MR 机的防护罩顶部有氮气排出,应设管道与机身附带排气管(失超管)连接,管径约 $\varnothing 200$,管材可采用无磁不锈钢;扫描室(磁体间)应设置事故排风系统,防止液氮、氮泄漏造成室内人员缺氧窒息,事故排风量为 2 050 m^3/h ,MR 区域空调通风平面图见图 2。扫描室要求室内温度 18~20 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 55%~60%,MR 机发热量约 5 kW,设备维修时散热量超过 4 kW,空调一般设计为恒温恒湿空调,采用上送上回的气流组织方式,操作控制间设备散热量约为 3.5 kW,放置水冷机、稳压柜等的设备间散热量约为 24 kW。

DSA 是用一根极细的导管插入病人的血管内,在造影剂注入体内之前摄一张 X 射线片,数字减影装置将这幅图像转换后在计算机内暂存,之后通过导管注入造影剂再摄一张 X 图像并转换为数字图像,计算机利用减影消除诊断不需要的影像,

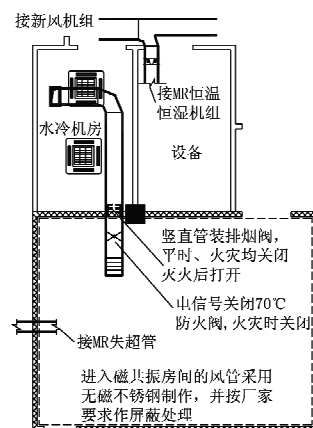


图 2 MR 区域空调通风平面图

只保留血管影像,这样可以将血管的形态和分布情况清晰地反映在荧光屏和 X 光胶片机上。DSA 机房可利用导管实施介入治疗,即利用导管直接注射化疗药物,可用于治疗肝癌、肺癌、脑出血、肾动脉狭窄等疾病,因此机房也兼作手术室。室内温度要求为 20~24 $^{\circ}\text{C}$,目前没有对其室内空气净化级别的要求,笔者认为按照 III 级洁净附房设计便可,但室内送风口应集中设置在导管插入口及导管输送范围内。

2 放疗机房

放疗是放射治疗的简称,是利用 X、 γ 等射线或高能粒子破坏肿瘤细胞的一种治疗方法,放疗机可分两大类,一类是利用放射源本身的放射性产生射线,如后装机、 Co_{60} 治疗机、 γ 刀、放射介入治疗等;另一类是利用电场对粒子进行加速而产生射线,如电子加速器、X 刀、粒子刀等。

放射性同位素钴、铯后装腔内照射治疗简称后装。所谓后装,是相对于前装而言的,是将金属或塑料容器植入患者病灶部位固定,容器中放射性同位素经一定时间放射剂量的积累而达到治疗目的,尤以治疗妇科宫腔疾病如宫颈癌症为主;前装是指同位素在容器植入患者体内之前就已装入,后装是在容器植入患者体内之后,采用大剂量同位素经电流加压进入容器进行腔内照射治疗;前装一个疗程需 12~24 h,需要病房,习惯称为“镭病房”“铯病房”,治疗过程为防止反射源相对病灶移位,病人必须相对静卧,而后装仅需 15 min 左右,不需专用病房。

Co_{60} 治疗机放射 γ 射线,平均能量约 1.25 MeV,停机后也有一定射线泄漏,剂量为 250~8 000 Ci。目前逐渐被电子加速器、X 射线深部治疗取代。

γ 刀全称是伽玛射线立体定向治疗系统。它将许多束很细的伽玛射线从不同的角度和方向照射进人体,并使它们在一点上汇聚起来形成焦点,由于每一束射线的剂量都很小,不会对它穿越的人体组织造成损害,而许多束射线汇聚的焦点处则形成很高的剂量,只要将焦点对准病变部位,就可以像手术刀一样准确地一次性摧毁病灶;其主体结构是个半球形金属屏蔽系统,其中排列了多个 Co_{60} 放射源,发出的 γ 射线经准直器校正后,形成窄光束聚焦于半球中心。旋转式 γ 刀治疗时每个放射源体均以病灶为中心作锥面旋转聚焦运动,将病灶切除。

电子加速器断电后不产生射线,国内直线加速器电压一般为 4~15 MV,国外有达 20 MV 的;感应加速器电压为 18~25 MV,国外有达 45 MV 的,要求室内温度 20~22 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\leq 60\%$,接受治疗的病人不能经常洗澡,有异味,加速器工作时会产生少量臭氧和氮氧化物,需要设计下部排风系统。直线加速器散热量约为 7 kW,其散热部位主要在机架区,设计时应使空调送风最先到达该区域;感应加速器散热量约为 41 kW。调制柜、配电室散热量约为 3 kW。

直线加速器机房近年来在医院中大量建设,其设备也多种多样,有“单光子”“双光子”“三光子”等,目前某公司最新机型的直线加速器设备散热量约为 12 kW,机房要求空气洁净度等级为 8 级,并需从设备底部低温送风,要求送风温度 13 $^{\circ}\text{C}$ 左右,送风空气洁净度等级为 8 级。直线加速器机房空调通风平面图见图 3。

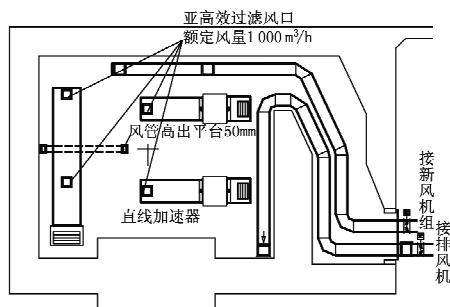


图3 直线加速器机房空调通风平面图

X刀利用直线加速器产生的高能射线,结合立体定向技术,使多束射线汇聚在病变部位从而达到治疗目的。目前的X刀多采用可旋转的直线加速器,放射源围绕等中心点作 270°~360°旋转,不同的立体定向框架可适用于不同部位的治疗。

随着科学的进步,质子、中子、重离子加速器等放疗设备相应产生,利用这些加速器形成了一种新的放疗设备——粒子刀,它能在组织深部形成一个高剂量区,有利于深部肿瘤治疗。目前形成的治疗手段主要有质子刀和重离子刀,技术先进、造价昂贵,20 世纪 90 年代以来才有一些发达国家用于临床治疗和研究。

以上所述的放疗机房都必须做好射线防护措施,根据不同能量的射线计算防护厚度,防护材料多采用混凝土和铅板等重金属材料,并利用射线折射衰减的原理,将机房出入口设置为“迷宫”形式,进出机房的通风空调管道均需按“迷宫”形式迂回布置,以防射线通过风管泄漏,风管穿越防护门处宜采用一定长度铅板进行外包防护。

医院多数贵重设备的机房如 MRI,ECT,加速器等房间均设置气体灭火系统,暖通专业设计时要求设置灭火后排风系统,排风量一般按 6 h^{-1} 设计,排风口应设在房间下部并远离门口。

大型医疗设备如 MR、直线加速器、回旋加速器等均配有水冷机组以带走设备内部散热量,水冷机组一般采用一体式,这样从设备带走的热量就全部散发到水冷机房中,由于热量巨大(如某公司回旋加速器的水冷机组散热量高达 91 kW),靠通风已经无法保证水冷机房需要的环境温度,因而需设置空调降温,很明显这样做能耗很高,目前笔者所在单位正努力联系各大医疗设备厂家,希望通过改变水冷机组的形式、改进水冷机组技术等措施能将水冷机组的散热直接排到室外,避免通过空调来给水冷机房降温。

3 结语

医疗设备的发展日新月异,20 世纪 90 年代以来,全球医疗器械产品销售总额增长率保持在 8%~10%之间,时值我国医疗体制改革的深入和卫生事业的高速发展,在近几年内将会有更多的具有更高新技术的诊疗设备被引进;作为专业的医院建筑设计单位,及时了解医学技术发展动态、积极配合满足各种设备的建筑要求既是发展之要求,也是责无旁贷之事。

参考文献:

- [1] 陈惠华,肖正辉. 医院建筑与设备设计[M]. 2 版. 北京:中国建筑工业出版社,2004
- [2] 周申. 核医学[M]. 4 版. 北京:人民卫生出版社,2001